



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN YARARLANARAK
FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERLE TAŞKIN ANALİZİNİN
YAPILMASI:
ÇAN (KOCABAŞ) ÇAYI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERCAN İLHAN

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ UMUT AYDAR

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN YARARLANARAK FOTOGRAMETRİK
YÖNTEMLERLE TAŞKIN ANALİZİNİN YAPILMASI:
ÇAN (KOCABAŞ) ÇAYI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERCAN İLHAN

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ UMUT AYDAR

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Sercan İLHAN tarafından Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR yönetiminde hazırlanan ve **03/04/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**İHA Görüntülerinden Yararlanarak Fotogrametrik Yöntemlerle Taşkın Analizinin Yapılması: Çan (Kocabaş) Çayı Örneği**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR

(Danışman)

Prof. Dr. Özgün AKÇAY

Prof. Dr. Murat YAKAR

İmza

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 03/04/2023

.....
DOÇ. DR. YENER PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././2023

ETİK BEYAN

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

Sercan İLHAN

03/04//2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR'a, çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen Harita Mühendisi Mahmut İsmail UYSAL'a ve Harita Teknikeri Mehmet ADIGÜZEL'e hayatımın her evresinde bana destek olan annem MürŐide İLHAN'a ve babam Sezayi İLHAN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.”

Sercan İLHAN

anakkale, Nisan 2023



ÖZET

İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN YARARLANARAK FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLERLE TAŞKIN ANALİZİNİN YAPILMASI: ÇAN (KOCABAŞ) ÇAYI ÖRNEĞİ

Sercan İLHAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR

03/04/2023, 70

Toplumlar için başta can ve mal kaybına neden olan, sosyal olarak da kayıplar oluşturan, hayatı ve insan faaliyetlerini süreli-süresiz kesintiye uğratarak, yaşanılan bölgeyi birçok yönden etkileyen, doğal veya insan faaliyeti kaynaklı olaylar genel bir ifade ile afet olarak tanımlanmaktadır. Doğal afetler arasında yer alan depremler ve taşkınlar ülkemizde en çok etkileyen iki afettir. Taşkınların ortaya çıkmasında arazinin jeolojik yapısı, eğimi, bitki örtüsü miktarı, insan etkisi ve yağış gibi faktörler etkili olmaktadır. Geçmişten günümüze ülkemizde yaşanan sel ve taşkın afetleri incelendiğinde ülkemizde pek çok maddi ve manevi kayıpların meydana geldiği görülmektedir. Buna göre meydana gelebilecek olası taşkın afetinin önüne geçebilmek için çeşitli önlemler almak şarttır. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber HEC-RAS, MIKE HYDRO gibi çeşitli yazılımlar kullanarak olası taşkın afeti ile ilgili tahminlerde bulunmak ve önlemler alabilmek mümkündür. Bu çalışmada yazılım olarak HEC-RAS yazılımı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Çan ve Biga ilçelerini kapsayan, Biga (Çan) Çayı Havzasının, Çan ilçe merkezinden geçen bölümünün eEbee X model sabit kanatlı insansız hava aracı (İHA) aracılığıyla resimleri çekilmiş, çekilen bu resimler çeşitli değerlendirme programları kullanılarak 3 boyutlu model haline getirilmiş ve taşkın analizi için gerekli veriler elde edilmiştir. Taşkın analizi için elde edilen geometrik ve hidrolojik veriler kullanarak HEC-RAS ile Çan (Kocabaş) Çayı'na ait sayısal yükseklik ve yüzey modelleri üzerinde 3 boyutlu taşkın modellemesi yapılmıştır. Son olarak ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısal yükseklik ve yüzey modelleri üzerinde Çan ilçesine ait 100 ve 500 yıllık taşkın haritaları koordinatlı bir şekilde üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İHA, 3B Modelleme, Fotogrametri, Taşkın

ABSTRACT

MAKING FLOOD ANALYSIS BY PHOTOGRAMMETRIC METHODS USING UAV IMAGES: THE EXAMPLE OF ÇAN (KOCABAŞ) STREAM

Sercan İLHAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Geomatics Engineering

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR

03/04/2023,70

Natural or human-induced events that cause loss of life and property for societies, create social losses, interrupt life and human activities for a while and affect the region in many ways, are generally defined as disasters. Earthquakes and floods, which are among the natural disasters, are the two most affecting disasters in our country. Factors such as the geological structure of the land, its slope, the amount of vegetation, human influence and precipitation are effective in the occurrence of floods. When the floods and flood disasters in our country from past to present are examined, it is seen that many material and moral losses have occurred in our country. Accordingly, it is necessary to take various measures in order to prevent a possible flood disaster that may occur. Today, with the development of technology, it is possible to make predictions and take precautions about possible flood disasters by using various software such as HEC-RAS, MIKE HYDRO. In this study, HEC-RAS software was used as the software. Within the scope of the study, photographs of the part of the Biga (Çan) Stream Basin, which includes Çan and Biga districts, passing through Çan district center, were taken by the eEbee X model fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV), these photographs were transformed into 3D models using various evaluation programs and flood analysis was carried out. necessary data have been obtained. Using the geometric and hydrological data obtained for the flood analysis, 3D flood modeling was performed on the numerical elevation and surface models of the Çan (Kocabaş) Stream with HEC-RAS. Finally, using ArcGIS software, 100 and 500 years old flood maps of Çan district were produced with coordinates on digital elevation and surface models.

Keywords: UAV, 3D Modeling, Photogrammetry, Flood

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

1

GİRİŞ

1.1. Taşkın Afeti.....	2
1.2. Taşkınlara Neden Olan Faktörler.....	2
1.2.1. Doğal Kaynaklı Sebepler.....	3
1.2.2. İnsan Kaynaklı Sebepler.....	4
1.3. Taşkın Türleri.....	5
1.3.1. Akarsu Taşkınları.....	5
1.3.2. Şehir Taşkınları.....	6
1.3.3. Kıyı Taşkınları.....	6
1.3.4. Dağlık Yer Taşkınları.....	7
1.4. Taşkınlara Ülkemize Etkileri	8
1.5. Taşkınlara Engellemek İçin Alınabilecek Genel Önlemler	8
1.6. Tez Çalışmasının Amacı	9

İKİNCİ BÖLÜM	
KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
2.1. Geçmiş Çalışmalar	11

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM	
3.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihsel Süreci	16
3.2. Fotogrametrinin Avantajları ve Uygulama Alanları	17
3.3. Yersel Fotogrametri ve Hava Fotogrametrisi.....	18
3.3.1. Yersel Fotogrametri	18
3.3.2. Hava Fotogrametrisi.....	19
3.3.3. Sayısal Yükseklik Modeli.....	20
3.3.4. Sayısal Yüzey Modeli.....	21
3.4. İHA Tanımı ve Tarihiçesi	22
3.5. İHA Fotogrametrisi	24
3.6. İHA Fotogrametrisinde Veri Toplama Teknikleri.....	26
3.6.1. YKN Kullanarak Veri Toplama	26
3.6.2. PPK Yöntemi Kullanılarak Veri Toplama.....	27
3.6.3. RTK Yöntemi Kullanılarak Veri Toplama.....	28
3.7. Çalışma Bölgesi.....	29
3.7.1. Yükseklik Verileri	31
3.7.2. Eğim Verileri	32
3.7.3. Hidrolojik Veriler.....	34
3.7.4. Pürüzlülük Verileri.....	34
3.8. Yöntem	37
3.8.1. Arazi Çalışmaları	38
3.8.2. Arazi Sonrası Görüntü İşleme Çalışmaları	42

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

59

4.1. Taşkın Haritalarının Üretilmesi ve Değerlendirilmesi 59

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER

69

KAYNAKÇA 71

ÖZGEÇMİŞ I

SİMGELER VE KISALTMALAR

HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
İHA	İnsansız Hava Aracı
DSM/SYM	Digital Surface Model
DEM/SYM	Digital Elevation Model
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
SYGM	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ÇEM	Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
m	Metre
m ³	Metreküp
cm	Santimetre
mm	Milimetre
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
sn	Saniye
dk	Dakika
SCP	Secure Contain Protect
QGİS	Açık Kaynak Kodlu ve Ücretsiz Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımı
YKN	Yer Kontrol Noktası
DN	Denetleme Noktası
LIDAR	Light Detection and Ranging
RADAR	Radio Detection and Ranging
TIN	Triangulated Irregular Network
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
IMU	Inertial Measurement Unit
SFM	Structure from Motion
PPK	Post Process Kinematic

RTK	Real Time Kinematic
TUSAGA	Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı
GSM	Global System for Mobile Communications
%	Yüzde
GSD	Ground Sampling Distance
ISO	International Standards of Organisations
UTM	Universal Transverse Mercator
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
RMSE	Root Mean Squared Error
Q	Debi
V	Dere güzergahından Geçen Suyun Hızı
n	Manning Pürüzlülük Katsayısı
R	Hidrolik Yarıçap
J	Zemin Eğimi
m	Kanal Kıvrımı Derecesi
n1	Kanal Şev Durumu
n2	Kanalın Kesit Değişimi
n3	Kanalda Bulunan Engellerin Etkisi
n4	Kanalda Bulunan Bitki Örtüsü

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Çan (Kocabaş) Çayı 100 ve 500 yıllık yinelemeli debi değerleri	34
Tablo 2	Modifiye Cowan metodu pürüzlülük katsayısı metodu (DSİ, 2016)	36
Tablo 3	Çalışmada kullanılan eBee X model İHA'nın özellikleri	39
Tablo 4	Çalışmada kullanılan eBee X model İHA'ya ait S.O.D.A marka kameranın özellikleri	39
Tablo 5	Tesis edilen noktaların yatay ve düşey yöndeki doğrulukları	41
Tablo 6	Uçuş bilgileri	41
Tablo 7	Sabit istasyonlara ait coğrafi koordinatlar	42
Tablo 8	Pix4d Mapper tarafından üretilen özet raporu	47
Tablo 9	Pix4d Mapper tarafından üretilen kalite kontrol raporu	47
Tablo 10	Yatay ve düşey yönde elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri	48
Tablo 11	Arazi ve model koordinatlarının karşılaştırılması	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Dere yatağına yapılan bina (Haber7, 2018)	4
Şekil 2	Akarsu taşkını örneği (AA, 2018)	5
Şekil 3	Şehir taşkını örneği (DHA, 2023)	6
Şekil 4	Kıyı taşkını örneği (Mersinportal, 2018)	7
Şekil 5	Dağlık yer taşkını örneği	7
Şekil 6	1975-2019 yılları arasında meydana gelen taşkınlar ve sonucundaki can kayıpları (DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı)	8
Şekil 7	Sayısal yükseklik modeli (Yastıklı ve Bayraktar, 2014)	21
Şekil 8	Sayısal yüzey modeli (Yastıklı ve Bayraktar, 2014)	22
Şekil 9	Döner kanatlı bir İHA	23
Şekil 10	Yer kontrol noktası (YKN)	27
Şekil 11	PPK yöntemi ile veri toplama (Pinteknik, 2023)	28
Şekil 12	RTK yöntemi ile veri toplama (Pinteknik, 2023)	29
Şekil 13	Çan ilçesi yer bulduru haritası	30
Şekil 14	Çalışma bölgesine ait yükseklik haritası	32
Şekil 15	Çalışma bölgesine ait eğim haritası	33
Şekil 16	Çan (Kocabaş) Çayı görünümü	37
Şekil 17	Çalışmada kullanılan e Bee X model İHA	38
Şekil 18	Çalışma anında statik ölçüm yapan GNSS alıcısı	40
Şekil 19	Tesis edilen noktaların konumsal dağılımı (Google Earth, 2023)	40
Şekil 20	Pix4d Mapper'de ilk işlemde seçilen özellik ayarları	44
Şekil 21	Pix4d Mapper'de 2. işlem adımında nokta bulutu sekmesinde seçilen özellik ayarları	45

Şekil 22	Pix4d Mapper’de 2. işlem adımında katı model sekmesinde seçilen özellik ayarları	45
Şekil 23	Pix4d Mapper’de 3. işlem adımında SYM, ortomozaik sekmesinde seçilen özellik ayarları	46
Şekil 24	Pix4d Mapper ile görüntülerin işlendiği bilgisayara ait özellikler	48
Şekil 25	Virtual Surveyor kullanılarak grid ağı oluşturulması süreci	50
Şekil 26	Çalışma alanına ait (DEM) geometrik verilerin ArcGIS HEC-GeoRAS ile çizimi	52
Şekil 27	Çalışma alanına ait (DSM) geometrik verilerin ArcGIS HEC-GeoRAS ile çizimi	52
Şekil 28	Sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan 1+692.52 km’de bulunan istasyona ait kesit	53
Şekil 29	Sayısal yüzey modeli kullanılarak oluşturulan 1+692.52 km’de bulunan istasyona ait kesit	54
Şekil 30	ArcGIS ile hazırlanan verilerin HEC-RAS’ta gösterimi	56
Şekil 31	Dere yatağı, sol ve sağ sahile ait pürüzlülük değerlerinin girilmesi	57
Şekil 32	Taşkın tekerrür debi değerlerinin girilmesi	57
Şekil 33	Kararlı akıma ait analizin başlatılması	58
Şekil 34	Kararlı akıma ait analiz sonuç ekranı	58
Şekil 35	Sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen 100 yıllık taşkın haritası	60
Şekil 36	Sayısal yüzey modeli kullanılarak elde edilen 100 yıllık taşkın haritası	61
Şekil 37	Sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen 500 yıllık taşkın haritası	63
Şekil 38	Sayısal yüzey modeli kullanılarak elde edilen 500 yıllık taşkın haritası	64
Şekil 39	Farklı pürüzlülük katsayısı kullanılarak üretilen DSM’e ait 100 yıllık taşkın alanı haritası	66

Şekil 40 Farklı pürüzlülük katsayısı kullanılarak üretilen DSM'e ait 500 yıllık taşkın alanı haritası

67



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Taşkın belirli bir kesit üzerinden geçen suyun zamanla kesit üzerinden taşması ve çevresindeki arazilere yayılarak ekonomik ve sosyal zararlar verebilmesi nedeniyle, dikkat edilmesi gereken önemli afetlerden biridir (Sargın, 2013). Taşkınların ortaya çıkmasında arazinin jeolojik yapısı, eğimi, bitki örtüsü miktarı, insan etkisi ve en önemlisi de kesit üzerinden geçen suyun miktarını belirleyen yağışlar etkili olmaktadır (Akman, 2021). Tarım ve Orman Bakanlığının hazırlamış olduğu verilere göre ülkemizde 2011-2020 yılları arasında 1266 sayıda taşkın gerçekleştiği, meydana gelen bu afetler sonucunda 127 kişinin hayatını kaybettiği ve yıllık olarak ortalama 300 milyon TL ekonomik zarar meydana geldiği belirtilmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Buna göre meydana gelebilecek olası taşkın afetinin önüne geçebilmek için yapılması gerekenlerin olduğu muhakkaktır. Bunlardan en önemlisi dere ıslah çalışmalarıdır (Ünal vd., 2015). Buna göre dere içinden geçen suyun akışını etkileyerek taşkınlara sebep olabilecek faktörler dere içinden temizlenmelidir. Ayrıca derenin sağına ve soluna yeterli yükseklikte taşkın koruma duvarları yapılarak meydana gelebilecek olası taşkınların önüne geçebilmek ve/veya etkisini azaltabilmek mümkündür. Tüm bu ve bunun gibi tedbirleri almanın yanında çeşitli taşkın analiz yazılımları kullanarak da taşkınların yayılım alanlarını önceden tespit edebilmek ve buna göre önlemler alabilmek mümkündür (Yılmaz, 2022).

Bu çalışmada geçmişten günümüze taşkınlara neden olan, Çanakkale iline bağlı Biga ve Çan ilçelerinden geçen Kocabaş Çayının, Çan ilçe merkezinden geçen bölümünün, HEC-RAS yazılımı kullanılarak taşkın analizi yapılmıştır. Çalışmada öncelikle hava fotogrametrisi yöntemi kullanılarak sabit kanatlı uçak (eBee X) ile çalışma alanını oluşturan Çan ilçe merkezinin hava resmi çekimleri oto pilot yazılımı (eMotion) aracılığıyla yapılmış, ardından Pix4dMapper ile şehrin 3B nokta bulutu, DSM ve ortofoto gibi çeşitli ürünleri oluşturulmuş, bu ürünler Virtual Surveyor 7 ve ArcGIS 10.5 gibi çeşitli programlar ile düzenlenerek DSM ve DEM üretilmiş ve taşkın analizinin yapıldığı HEC-RAS 6.1 programına kaynak oluşturmuştur. Son olarak HEC-RAS 6.1 programı ile Çan ilçe merkezinin 100 yıllık ve 500 yıllık gibi çeşitli taşkın analizleri gerçekleştirilmiş ve SYM ile DSM arasındaki sonuçlar irdelenmiştir.

1.1. Taşkın Afeti

Çeşitli iklim yapısına ve geniş bir coğrafyaya sahip olan ülkemizde taşkınlara neden olan çok sayıda yağışlar görülmekte ve bu yağışların zamanla afetlere dönüştüğü de bilinmektedir. Ülkemizde meydana gelen ve taşkınlara neden olan yağışlar yağmur, kar ve dolu olarak ifade edilmektedir (Uçar, 2010). Bu yağışların afetlere dönüşerek ülkemizde yol açtığı etkiler göz önünde olup geçmişten günümüze afetler sonucunda çok sayıda can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Günümüzde bu afetlere bir de insan etkisi eklendiğinde (çarpık kentleşme, doğaya verilen zarar vb.) meydana gelen afetlerin şiddetleri artabilmekte ve zamanla yeni afetler de meydana gelebilmektedir (Çanta, 2022).

Meteorolojik kökenli bir doğa olayı olan taşkın olayı, bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşarak can ve mal kaybı oluşturmak suretiyle etrafındaki alanlara yayılması olayıdır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2017). İstatistiklere göre ülkemizde afetlerin yol açtığı can ve mal kayıpları dikkate alındığında depremden sonra ikinci sırada taşkın afeti gelmektedir (Hırca, 2018). Bu da taşkınların ne derece tehlike arz ettiğini gözler önüne sermektedir. Taşkınların meydana geldiği sahaların arazi yapıları afet sonucunda zarar görebilmektedir. Bu arazilerin taşkınlar sonrasında jeolojik ve morfolojik özellikleri değişebilmekte, bitki örtüleri zarar görebilmektedir. Taşkınların meydana geldiği sahanın kapladığı alan, bu sahanın çeşitli özellikleri (eğimi, toprak yapısı vb.) taşkınların boyutunu etkileyen temel faktörlerdir (Beden, 2019). Bu faktörlere dışarıdan yapılan olumsuz müdahaleler de eklendiğinde son derece olumsuz sonuçların ortaya çıkması elbette kaçınılmazdır. Bu olumsuz müdahalelere taşkın koruma alanlarının planlı şekilde yapılmaması, çeşitli gerekçelerle taşkın riski bulunan yerlerin imar planına dahil olması gibi örnekler verilebilir. Taşkınların yol açtığı zararların minimum seviyeye indirilmesi doğru bir önlem ve planlama ile mümkün olabilir.

1.2. Taşkınlara Neden Olan Faktörler

Taşkınlar doğal kaynaklı ve insan kaynaklı olarak sebeplerden dolayı ortaya çıkmaktadır (Tektaş, 2021). Taşkınların meydana gelmesinde her zaman tek bir sebep bulunmayıp birden fazla faktörün etkisiyle de şiddetli taşkınlar meydana gelebilmektedir (Taşkesen, 2011).

Genel olarak taşkın sebepleri;

- Çeşitli hava olayları sonucunda dere havzasının su miktarının artması ve taşarak çevreye yayılması
- Dere yataklarının genişliğinin her bölgede aynı olmaması ve bunun sonucunda su seviyesinin, yatakların dar olduğu bölgelerde artarak taşması ve çevreye yayılması
- Projeye aykırı şekilde dere yataklarına yapılan, dereden geçen suyun akışını engelleyen yapılar
- Dere yataklarına atılan yabancı maddeler
- Dere yataklarının üzerinin imar planına dâhil edilmesi, risk taşıyan bölgelerin kullanımı
- Dere yataklarının etrafına taşkın koruma setlerinin yapılmaması
- Islah çalışmalarının yapılmaması, şeklindedir.

1.2.1. Doğal Kaynaklı Sebepler

Taşkınların oluşmasında etkili olan doğa kaynaklı temel sebepler; yağış miktarının fazla olması, bitki örtüsü ve arazinin jeoformolojik özelliğidir (Çanta, 2022).

Yağış miktarının fazla olması: İklimsel özelliklere bağlı olarak yağış miktarının fazla olması taşkın riski bulunan yerlerde taşkınlara neden olan faktörlerin başında gelmektedir. Bir bölgenin yağış ve sıcaklık durumu, özellikle son zamanlarda dünya üzerinde mevsim geçişlerinin anormal olması durumunda beklenmeyen şekilde farklılık gösterebilmektedir. Buna göre beklenenden daha fazla yağışın meydana gelmesi, kar kütlelerinin ani ve şiddetli sıcaklıkların çıkmasıyla erimesi su kütlesinin kontrolsüzce akışa geçmesine ve çevresine yayılarak taşkınlara sebebiyet vermesine neden olur (Çanta, 2022).

Bitki Örtüsü: Toprak üzerinde zamanla büyüyen bitkiler yağışın meydana gelmesiyle bu yağın su kütlesini 1/3 oranında üzerinde tutabilmektedir . Buna göre su kütlesinin akışı bitki tarafından engellenmekte ve suların zemine sızması sağlanmaktadır (Çanta, 2022).

Arazinin Jeolojik ve Jeoformolojik Özelliği: Suyun geçtiği havzanın arazi yapısı taşkın oluşumunu etkileyen faktörlerden biridir. Buna göre arazinin şekli, eğim, bakı gibi özelliklerinin yanı sıra arazinin kayaç yapısının özelliği suyun pik ve debi değerlerini

etkileyen faktörler arasındadır. Yağışın düştüğü zeminin geçirimsiz olması olası taşkın olaylarının daha hızlı ve kuvvetli yaşanmasına neden olur. (Özcan, 2006).

1.2.2. İnsan Kaynaklı Sebepler

Her ne kadar doğa kaynaklı faktörler taşkınlara sebep olsa da, taşkınların meydana gelmesinde en önemli etken insan kaynaklı sebeplerdir (Akman 2021). Buna göre dere, nehir, deniz, baraj gibi su kütlelerinin yanına yapılan beşeri yapılar taşkınların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Dere kesitlerinin daraltılması ve hemen yanındaki alanlara bina, otopark, pazar yeri vb. yapıların yapılması zamanla mabadan gelen su seviyesinin yükselmesine ve buna bağlı olarak dere kesitinden suyun taşmasına sebep olacaktır. Şekil 1’de ülkemizde dere yatağına yapılan örnek bir bina gösterilmiştir. Bu ve bunun gibi örnekler göz önüne alındığında belediyelerce hazırlanan imar planlarının olası taşkınların etki durumlarına bağlı olarak mümkün olduğunca su kaynaklarından uzak tutulması ve kentleşmenin düzenli şekilde olmasını sağlayacak şekilde hazırlanması son derece önem arz etmektedir. Ayrıca dere kesitini oluşturan yüzeyin geçirimli iken geçirimsiz hale getirilmesi, dere yataklarının çevresel atıklarla doldurulması da taşkınların meydana gelişini etkilemektedir.



Şekil 1. Dere yatağına yapılan bina (Haber7, 2018)

1.3. Taşkın Türleri

Ülkemizde ve Dünya’da meydana gelen ve geçmişten günümüze çok sayıda can ve mal kayıplarına sebebiyet veren taşkınları türlerine göre birkaç gruba ayırarak sınıflandırmak mümkündür. Buna göre taşkınların hangi alanlarda oluştuğu, meydana geldiği zamanlar ve meydana gelme süreleri şeklinde bir sınıflandırma yapmak taşkın afetinin öneminin daha da anlaşılmasını arttıracaktır. Taşkınlar oluşum zamanlarına göre ilkbahar taşkınları, yaz taşkınları ve kış taşkınları olarak 3 gruba ayrılabilir. Taşkınlar meydana gelme sürelerine göre ani gerçekleşen taşkın, hızla gerçekleşen taşkın ve yavaş şekilde gerçekleşen taşkın olarak 3 gruba ayrılabilir. Taşkınlar oluşum yerlerine göre ise akarsu taşkınları, şehir taşkınları, kıyı taşkınları ve dağlık yer taşkınları olarak 4 gruba ayrılabilir. (Kaya, 2022).

1.3.1. Akarsu Taşkınları

Kış mevsiminde yağın karın ilkbahar mevsiminde eriyerek akarsudan geçen suyun miktarının artmasına neden olması ve akarsu kesitlerinin bunu taşıyamaması sonucu suyun etrafa taşması, akarsu vadilerinde sıkça karşılaşılan bir durumdur (Utkan, 2021). Akarsu taşkının nedeni bir tek bunun ile sınırlı kalmayıp taşkın koruma alanlarının zarar görmesi ve suyun geçtiği kesitin çevresel atıklarla doldurulması da bu taşkın türünü tetikleyen faktörler arasındadır (Şekil 2).



Şekil 2. Akarsu taşkını örneği (AA, 2018)

1.3.2. Şehir Taşkını

Şehir taşkınlarında olası yağış durumunda suyun yapılaşmanın fazla olduğu bölgelerde birikerek fazlalığını çevreye aktaramaması belirli bölgede birikerek su seviyesinin yükselmesine neden olur (Kaya, 2022). Bu durumun önüne geçmek için yağmur ve kanalizasyon yerlerinin sayısına ve temizliğine dikkat etmek olası taşkınların etkisini azaltmaya yardımcı olacaktır (Şekil 3).



Şekil 3. Şehir taşkını örneği (DHA, 2022)

1.3.3. Kıyı Taşkınları

Taşkınlar sadece karalar üzerinde meydana gelmeyip etkilerini deniz, okyanus gibi su kütlelerinden de alabilir. Buna göre kıyı taşkınları tsunami, fırtına ve büyük dalgalar gibi sebeplerden dolayı oluşabilir (Şekil 4).



Şekil 4. Kıyı taşkını örneği (Mersinportal, 2018)

1.3.4. Dağlık Yer Taşkınları

Dağlık yer taşkınları, dağların yamaçlarında biriken kar kütlelerinin havaların ısınmasıyla birlikte çevreye yayılmasıyla meydana gelen taşkınlarıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Dağlık yer taşkını örneği (Milliyet, 2023)

1.4. Taşkınların Ülkemize Etkileri

Taşkın afeti ülkemizde depremlerin ardından en fazla ekonomik kayıplara sebep olan ikinci afet türüdür (Akman, 2021). Geçmişten günümüze ülkemizde çok sayıda taşkın afeti yaşanmış ve sonucunda maddi ve manevi kayıplar gerçekleşmiştir.



Şekil 6: 1975-2019 yılları arasında meydana gelen taşkınlar ve sonucundaki can kayıpları (DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı)

Yukarıda yer alan Şekil 6 incelendiğinde yıllar geçtikçe taşkınların sayısının arttığı, buna rağmen can kaybı sayısının azaldığı görülmektedir.

1.5. Taşkınları Engellemek İçin Alınabilecek Genel Önlemler

Taşkınları engelleyebilmek ve/veya etkisini azaltmak için birtakım önlemlerin alınması gerektiği aşıkardır. Buna göre alınabilecek önlemler genel olarak;

- Dere kesitinden geçen suyun akım rejimini etkileyecek etkenlerin ortadan kaldırılması
- Taşkın riski bulunan yerlerin önceden belirlenerek imar planlarının buna göre hazırlanması
- Taşkın riski bulunan yerlerin altyapı çalışmalarının yapılmış olması
- Dere yüzeyine çevresel atıkların atılmaması

- Dere ıslah ve taşkın koruma alanlarının yapılması
- Dere kesitinin mümkün olduğunca genişletilmesi
- Erken uyarı sistemlerinin kurulması
- Olası taşkın durumu sonrasında zarar gören yapıların ilgili birimlerce incelenmesi
- Taşkınlarla ilgili kuruluşların çalışmalarını koordineli şekilde yürütmesi, şeklindedir.

Ülkemizde taşkınlarla mücadele kapsamında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar ise aşağıdaki gibidir.

- Devlet Su İşleri (DSİ)
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)
- Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM)
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM)
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)
- Valilikler
- İl Özel İdareleri
- Belediyeler

1.6. Tez Çalışmasının Amacı

Ülkemizde geçmişten günümüze, özellikle başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere çoğu bölgemizde meydana gelen sel-taşkın olayları sonucunda ne yazık ki can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Bu felaketlerden etkilenen yerlerden biri de Marmara Bölgesinde bulunan Çan (Kocabaş) Çayı Havzasıdır. Her ne kadar günümüze kadar bu bölgede sel-taşkın sonucunda can kaybı olmasa da ciddi maddi hasarlar, bu bölge ve çevresinde meydana gelmiştir. Bu tür felaketlerin ortaya çıkması insanoğlunun yeni çalışma ve araştırmalar yapma gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Özellikle Coğrafya, Harita

Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği gibi bölümlerde eğitim alan kişilerin son zamanlarda meydana gelen bu felaketlerle ilgili birçok çalışması olmuştur. Sel ve taşkın modellerinin elde edilmesinde sayısal yükseklik ve sayısal yüzey modelleri olması gereken bir veri setidir. Sayısal yükseklik ve sayısal yüzey modellerin düşey ve yatay doğrultudaki doğruluğu ve çözünürlüğu, elde edilecek taşkın modellerinin doğruluğunda önemli role sahiptir. Sayısal yükseklik ve yüzey modelleri bulunduğumuz dönemde değişik harita üretim yöntem ve teknolojileri kullanılarak farklı doğruluk ve çözünürlükte elde edilmektedir. Bu tez çalışması ile yüksek çözünürlüklü İHA verilerini kullanarak, GIS ortamında olası taşkın durumunda hangi alanların etkileneceği hakkında öngörülerde bulunmak, bu konuyla ilgili bir taşkın yayılım haritası elde etmek, gelecek zamanda çalışma alanında yapılabilecek çeşitli projelerin, taşkın etkisi uzak alanlarda yapılmasına yardımcı olunması hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Taşkın modelleme çalışmaları yapılarak gelecekte meydana gelebilecek olası taşkın afetlerini önceden tahmin edebilmek günümüzde mümkündür. Gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli firmalar bu konuda yazılımlar üretmekte ve çalışmalar daha kapsamlı şekilde yürütülmektedir. Günümüzde taşkın analizi çalışmaları için HEC-RAS, MIKE HYDRO, NETCAD gibi yazılımlar kullanılmaktadır (Utkan, 2021). Literatür taraması kapsamında taşkın analizi ile ilgili yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntemler incelenmiştir.

2.1. Geçmiş Çalışmalar

2015 yılında taşkın analizi ile ilgili çalışma yapan Efe ve Önen, yaptıkları çalışmada Batman Çayı'nın taşkın analizini HEC-RAS programı ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanı olarak Batman Çayı'nın Malabadi Köprüsü ile Batman-Diyarbakır Karayolu Köprüsü arasında yer alan kısım belirlenmiştir. 1/1000 ölçekli veriler, Autocad Civil 3D ortamında sayısallaştırılmış ve dere güzergahına dik olacak şekilde 165 adet enkesit çizimi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan tüm veriler HEC-RAS programına girilerek tek boyutlu taşkın hidrolik analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda Q_{50} yıllık taşkın debilerinden itibaren dere kesitinin taşkınlara karşı çoğu bölgede yetersiz kalacağı tespit edilmiş, bu durumun Silvan Barajı'nın yapılmasıyla beraber büyük oranda azalıp taşkın riskinin düşürülebileceği anlaşılmıştır.

Taşkınlar ile ilgili bir çalışma da Taş, Zorluer ve İçer tarafından 2016 yılında yapılmıştır. Çalışmada, Akarçay Afyon Alt Havzası'nın taşkın yayılım haritası ve sonucundaki taşkın zarar analizi yapılmıştır. Taşkın analizi için çalışmada HEC-RAS programı kullanılmış ve analiz sonucunda taşkın riski taşıyan yerlerin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde yazarlar tarafından çeşitli öneriler sunulmuş ve taşkın riskinin azaltılması planlanmıştır.

Karadeniz Bölgesinde bulunan derelere ait taşkın risk analizinin yapılmasına katkıda bulunan Dolo 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada, Arhavi ilçesine ait taşkın yayılım haritalarını done verisi sonucunda elde ettiği resimleri işleyerek elde etmiştir. Taşkın yayılım haritasını oluşturmak için yine HEC-RAS programını kullanmış ve 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekrarlama periyotları için sel-taşkın modellemeleri oluşturmuştur. Buna göre, her 24 saat için 101,30mm, 120,36mm, 152,11mm, 247,38mm, 406,15mm ve 723,70mm yağış meydana gelebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca bu yağışlarla birlikte çalışma alanının su seviyesi değişimi gözlemlenmiştir. Analiz sonucunda suyun akışını negatif yönde etkileyen faktörlerin olduğu ve bunun için gerekli önlemler alınması gerektiği anlaşılmıştır.

Literatürde taşkınlar konusunda çalışma yapan kişiler arasında Oğraş ve Önen de bulunmaktadır. Oğraş ve Önen 2018 yılında HEC-RAS yazılımını kullanarak yaptıkları çalışmada; Dicle Nehri'nin Diyarbakır-Silvan karayolu ile tarihi On Gözlü Köprü arasındaki bölüm için taşkın analizini gerçekleştirilmişlerdir. Çalışma alanına ait 1/1000'lik haritalar Autocad Civil 3D programı ile sayısallaştırılmış, sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuş ve geometrik veriler hazırlanmıştır. Oğraş ve Önen, çalışma kapsamında oluşturulan geometrik verileri taşkın analizi programı olan HEC-RAS'a aktarmış ve çalışma alanına ait Q₂₅, Q₅₀, Q₁₀₀ ve Q₅₀₀ taşkın tekerrür debilerinin su yüzü profillerini elde etmiştir. Yapılan analiz sonucunda yatak genişliğinin 2.5 km'ye kadar olduğu gözlemlenmiş ve ayrıca nehrin etrafında bulunan yapıların taşkın riski taşıdığı tespit edilmiştir.

Taşkınlarla ilgili bir başka çalışmayı da Kuşoğlu yapmıştır. Kuşoğlu 2019 yılında yaptığı çalışmada, öncelikle taşkın afetinin Dünya'ya ve ülkemize verdiği etkilerden bahsetmiş, Kahramanmaraş'ın Göksun ilçesinde yer alan Törbüzek Çayı'nı çalışma alanı olarak belirlemiştir. AutoCad Civil 3D programı ile çalışma alanına ait verileri sayısallaştırmış, dere güzergahını ve enkesitleri program yardımıyla tanımlamıştır. Oluşturulan bu geometrik verileri analiz için HEC-RAS yazılımına girmiş ve Törbüzek Çayı'na ait 100 ve 500 yıllık taşkın yayılım haritalarını oluşturmuştur. Yapılan analiz sonuçlarına göre 3000'e yakın dekar alanın taşkın riski taşıdığı anlaşılmıştır.

Taşkın analizi ile ilgili bir başka çalışma da yine 2019 yılında Beden tarafından yapılmıştır. Beden 2019 yılında yaptığı çalışmada, Ordu iline bağlı Ünye ilçesinde bulunan Cevizdere Havzası'ndan bahsetmiştir. Taşkın debilerini hesaplamak için Kolmogorov-Smirnov uygunluk testini kullanılmış, taşkın hidrograflarını hesaplamak için ise DSİ Sentetik, Mockus ve Snyder metotları uygulanmıştır. DSİ Sentetik yöntemi ile bulunduğu taşkın debilerini taşkın modellemesinde kullanan Beden, çalışma alanına ait pürüzlülük değerlerini ise Cowan Yöntemi ile hesaplamıştır. Taşkın analizi için MIKE 11 ve MIKE 21 modüllerini tercih eden Beden, analiz sonucunda Q_{50} için %19.75, Q_{100} için %23, Q_{500} için %30, ve Q_{1000} için %32.25 oranlarında çalışma bölgesinin taşkınlara maruz kalacağını tespit etmiştir. Ayrıca bölge için çeşitli zarar hesaplama yöntemleri de uygulayan Beden, en yüksek zararları Pistrika ve Jonkman yöntemleri ile elde etmiştir.

Taşkın analizi yaparken NETCAD yazılımını da kullanan Seçkin (2021), Doğu Akdeniz Havzasında bulunan Çeşneli Deresi alt havzası için bir taşkın risk analizi gerçekleştirmiştir. Seçkin, çalışma alanına ait yükseklik modelini ve taşkın frekans analizlerini NETCAD yazılımı ile yapmıştır. Taşkın simülasyonun yapılması için HEC-RAS yazılımını kullanan Seçkin taşkın riski bulunan yerler için önerilerde bulunmuştur.

Utkan 2021 yılında yaptığı çalışmada Kırıkkale iline bağlı Yahşihan ilçesinde bulunan Karadere'nin bir bölümünde DSİ Sentetik ve Mockus Metotlarını kullanarak taşkın pik debilerini hesaplamıştır. Çalışmada dere üzerinden geçecek şekilde en kesit çizimleri yapılmış ve menfezlerin olası taşkınlara karşı etkileri belirlenmiştir. Her iki metotun kullanılarak HEC-RAS programında yapılan analizler sonucunda menfez kesitlerinin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık analizlerde büyük debilere karşı etkisiz kalacağı görülmüştür.

2021 yılında taşkınlar ile bir çalışma da Tektaş yapmıştır. Tektaş, Diyarbakır ili Çınar ilçesinde bulunan Çakmak Deresi'nin hidrolik modellemesini HEC-RAS programı ile yapmıştır. 1/1000 ölçekli halihazır harita ve dere üzerindeki menfezleri programa girilmiş ve 1B ve 2B hidrolik hibrit modeller üretilmiştir. Ayrıca çalışmada QGIS SCP eklentisi kullanılarak Sentinel-2 görüntüsüne ait kontrollü sınıflandırma yapılmış ve çalışma için

gerekli olan yerler elde edilmiştir. Ayrıca taşkın yayılımı ile arazi kullanımını karşılaştırılarak taşkın anında zarar görecekt alanlar tespit edilmiştir.

2021 yılında çalışmasına taşkınları konu edinen Wahidi yaptığı çalışmada, Yukarı Göksu Havzası'nın 12 km'lik kısmını ele almıştır. Havzanın sayısal yükseklik modelini ve havzanın yağış verilerini GIS ortamında işleyerek Q₂, Q₁₀, Q₅₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀ ve Q₁₀₀₀ gibi farklı tekerrürlerdeki taşkın debilerini bölgesel taşkın frekans analizi yöntemleri ile hesaplamış ve son olarak analiz için HEC-RAS programını kullanarak hidrolojik ve geometrik veri girişini yapmıştır. Analiz neticesinde dere boyunca çoğu noktada kanal yetersizliği tespit edilmiş ve havzanın etrafında bulunan tarım arazilerinin yüksek taşkın riski taşıdığı çalışmadan anlaşılmıştır.

Çanta, 2022 yılında yaptığı çalışmada, Artvin iline bağlı Kemalpaşa ilçesinde bulunan Çam, Köprücü ve Karaosmaniye derelerine ait taşkın analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışmada geometrik verilerin hazırlanması Arc-GIS programı ile yapılmış ve HEC-RAS programı ile de hidrolik modelleme işlemi yapılmıştır. Modelleme sonucunda farklı tekerrür debilerine ait yayılım ve derinlik haritaları oluşturulmuştur. Çanta, yaptığı çalışma sonucunda taşkından etkilenecek bölgeleri tespit etmiştir. Bu çalışmanın daha sonra çalışma bölgesinde yapılacak çalışmalar için referans olabileceği anlaşılmıştır.

Saltoğlu, 2022 yılında yapmış olduğu çalışmada, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanarak Söğütlü Deresi Havzasında taşkın riski taşıyan bölgeleri tespit etmiştir. AHS yönteminde yükselti, eğim gibi 9 adet coğrafi kriter kullanmıştır. Çalışma sonucunda çalışma bölgesinin %0.6 oranında çok yüksek taşkın riski, %62.1 oranında çok düşük taşkın riski taşıdığı gözlemlenmiştir.

2022 yılında çalışmasını gerçekleştiren Cantürk, Yozgat ilinde yer alan Kirazlı, Çiftlik Dere ve Bekir Cevdet Dünder Göletleri için yağmurlu ve güneşli günlere ait yıkılma ile taşkın yayılımlarına ait bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada hidrodinamik analiz için MIKE FLOOD yazılımını kullanan Cantürk, taşkın tehlike haritaları üretmiş ve göletlerde bulunan menfezlerin olası senaryodaki taşkınlar için gerekli olup olmadığının analizini

yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda, kapalı dere kesitlerinin ve çıkış menfezlerinin taşkınlara karşı yetersiz kalacağı ve şhirden geçen D200 karayolu ve altgeçitinin olası tahminlerin gerçekleşmesi durumunda sular altında kalacağı tespit gözlemlenmiştir.

Taşkın analizi için Analitik Hiyerarşi Yöntemini kullanan ve Osmaneli ilçesi için taşkın risk analizi haritasını üreten Dursun (2022), ALOS PALSAR uydu veri setinden indirdiği sayısal yükseklik modelini altlık olarak kullanmıştır. Dursun, yaptığı çalışmada yağış, yükseklik, eğim gibi 8 adet coğrafi kriter kullanmıştır. Çalışma yapılan alanın %35.98 oranındaki bölümünün, yüksek taşkın riski taşıdığı gözlemlenmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle çalışmanın Harita Mühendisliği bakımından temelini oluşturan fotogrametri ile ilgili bilgiler aktarılmış, sonrasında çalışma alanı olarak belirlenen Çan (Kocabaş) Çayı ve Çanakkale iline bağlı Çan ilçesiyle ilgili konumsal ve topografik bilgilere yer verilmiştir. Bu bilgilerden sonra tez çalışması kapsamında arazi ve arazi sonrası görüntü işleme kısmında yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

3.1. Fotogrametrinin Tanımı ve Tarihsel Süreci

Eski Yunanca'dan dilimize giren Fotogrametri (photos+gramma+metron), en bilinen tanımıyla ışık yardımı ile çizerek ölçme anlamına gelmektedir. Fotogrametri bir başka tanım olarak ise görüntüler yardımıyla güvenilir bilgiler elde etme sanatı ve/veya bilimidir (Çetin, 2019). Fotogrametri tekniği ile ölçülmesi planlanan objelerin ve yakın çevrelerinin resimleri elde edilir. Sayısal ortamda elde edilen görüntü üzerindeki konumlar ölçülür. Son olarak ise bilgisayar ortamında bu görüntüler işlenerek harita vb. çıktı ürünler elde edilmektedir. Fotogrametrinin sahip olduğu uygulama alanları çok fazladır. Özellikle nesnelerin değerlendirilmesi evresinde; nesnenin ne olduğu, cinsi, kalitesi ve niteliği ayrıca nesnenin ölçümü evresinde ise nerede olduğu, biçimi ve büyüklüğü dikkate alınır. Fotogrametrinin asıl ana kullanımı, topoğrafik harita üretimindedir. Üretilen haritalar çizgisel (grafik) ya da raster formda olabilmektedir. Bu harita ya da ürünler, gerekli ekipmanlar ile üç boyutta elde edildiklerinde sayısal yükseklik modeli (SYM) olarak adlandırılmaktadır. Arazi yüzeyinin kullanımı ve şekli ile ilgili bilgiler ise çeşitli şekillerde modellenerek CBS ortamında çeşitli formlarda işlenmektedir. Ayrıca, fotogrametri mülkiyet amaçlı kadastro çalışmaları için, sınır noktalarının belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda önemli olan gerekli doğruluğu sağlayacak ölçekte görüntülerin elde edilmesidir. Fotogrametrinin bir başka uygulama alanı ise, yakın saha fotogrametrisi olarak bilinmektedir. Fotogrametrinin bu uygulama alanında, obje uzaklığı ile resim platformu arasındaki uzaklık 1 m ile 100 m arasında değişmektedir. Mimarlık, arkeoloji, binaların veya mühendislik yapılarının hassas ölçümü, deformasyon ölçmeleri, kinematik ölçmeler ve pek çok uygulama yakın saha fotogrametrisinin çalışma alanı içerisindedir (Karslı, 2015).

Fotogrametri tarihsel gelişim olarak (değerlendirme yöntemine göre) günümüzde dört ana başlık adı altındadır. Bunlar;

- Plançete Fotogrametrisi,
- Analog Fotogrametri,
- Analitik Fotogrametri
- Dijital (Sayısal) Fotogrametridir (Avşar, 2006).

Plançete fotogrametrisi, kısaca yersel fotogrametride kullanım alanı bulmuştur. Kamera ile foto-teodalitler kullanılmıştır. Analog fotogrametri, analog kameralarla çekilen görüntü çiftlerinin optik mekanik aletlerle yöneltiylek streo modelin oluşturulmasını, değerlendirilmesini ve bu aletlere bağlanmış çizim masaları kullanılarak istenilen ölçekte çizim üretilmesini kapsamaktadır. Bu fotogrametri dalı ile çizgisel ürün kullanılarak arazi noktalarının koordinatları elde edilir. Analitik fotogrametride veri kaynağı olarak analog görüntüler kullanılır. Burada elde edilen çıktı ürünler bilgisayar ortamında elde edildiğinden bu ürünlerin CAD sistemlerine aktarılma imkanı bulunmaktadır. Dijital fotogrametride, analog resimler yerini dijital resimlere bırakmıştır. Buradaki ölçme ve değerlendirme işlemleri bilgisayar ortamında yapılmaktadır. Yapılan fotogrametrik işlemler sonucunda sayısal yüzey modeli (dsm), sayısal yükseklik modeli (dem) ve ortofoto gibi çeşitli sonuç ürünleri elde edilebilmektedir. Üretilen çıktı ürünler bilgisayar ortamında saklanabilmektedir. Dijital fotogrametrinin gelişimi ile fotogrametrik teknikler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile entegrasyon sağlamıştır (Karlı, 2015).

3.2. Fotogrametrinin Avantajları ve Uygulama Alanları

Fotogrametri yönteminin gelişmesiyle beraber fotogrametriye olan ilgi artmaya başlamış ve çalışmalar hızlı ve güvenilir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Fotogrametri yönteminin yersel yöntemlere göre avantajları;

- Objelere temas etmeden ölçümleri yapılabilmekte,
- Objelerin ölçüm işlemi istenildiği zaman yapılabilir ve tekrar edilebilmekte,
- Objelerin görüntü alımları kısa sürede yapılabilmekte,

- Hareketli nesnelere gibi doğrudan ölçümleri zor olan nesnelere resimler yardımıyla kolaylıkla ölçülebilmekte,

- Çekilen görüntüler üzerinden işlem yapılabildiğinden çalışmalar daha kolay ve ekonomik şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Fotogrametri harita üretimi ve 3D modelleme uygulamalarının yanı sıra pek çok alanda kullanılmaktadır (Yastıklı, 2009). Buna göre fotogrametrinin uygulama alanları;

- Jeoloji: Jeolojik sınırların tespit edilmesinde ve jeolojik haritaların yapımında kullanılır.

- Tarım: Toprak haritalarının yapımında ve çeşitli bitki hastalıkları ve zararlarında kullanılır.

- Foto Yorumlama: Objeye ve yakın çevresi hakkında bilgi üretmede, arazi yüzeyini incelemeye kullanılır.

- Kent Planlaması: Kent ile ilgili sayım, istatistik ve planların hazırlanmasında kullanılır.

- Mimarlık: Tarihsel önem taşıyan eski mimari yapıların belgelenmesinde, bu yapıların korunarak gelecek nesillere aktarılmasında kullanılır.

- Arkeoloji: Yol, yerleşim, sit alanı gibi bölgelerin saptanmasında ve çalışmalarının yapılmasında kullanılır

- Ormancılık: Orman sınırlarının belirlenmesinde ve orman kadastr haritasının yapımında kullanılır.

3.3. Yersel Fotogrametri ve Hava Fotogrametrisi

Fotogrametri, görüntü elde etme işleminde kameranın konumuna göre yersel ve hava fotogrametrisi olmak üzere ikiye ayrılır.

3.3.1. Yersel Fotogrametri

Yersel Fotogrametri, görüntü çekim noktasının yer yüzünde olduğu, yer yüzeyinde resimlenen nesnelere yapılan uygulamalardır (Atak, 2018). Yersel fotogrametri bir başka

tanıma göre ise, mesafenin kısa veya uzun alanlarda çizimlerin üç boyutlu olarak gerçekleştirilmesine olanak sağlayan yöntemdir. Durağan olmayan ve yakın çevresine ulaşılabilen objelerin görüntülenerek ölçümünde bu yöntemden sıklıkla faydalanılmaktadır (Yastıklı, 2016). Bu yöntem ile oluşturulan üç boyutlu modelin yüksek hassasiyetli olması istenir. Bu yöntem için resim çekim noktası yer yüzünde, çekim noktasının objeye göre doğru konumlandırılmış olması ve çalışma yapılacak sahanın etrafının açık olması gerekmektedir. Bu yöntem ile çeşitli kamera ve yazılımlar yardımıyla yöneltilmeler yapılabilmekte ve görüntülerden nesneye ait konum bilgilerine sahip üç boyutlu modeller üretilebilmektedir (Yılmaz vd., 2018). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları tek tip alanla sınırlı kalmayıp pek çok alanda kendini göstermektedir. Mühendislik, tıp, arkeoloji, endüstri, trafik kazaları, kriminoloji bu alanlardan bazılarıdır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte CAD formatındaki yazılımlar ile yersel fotogrametrinin uygulama alanları daha da genişlemektedir.

3.3.2. Hava Fotogrametrisi

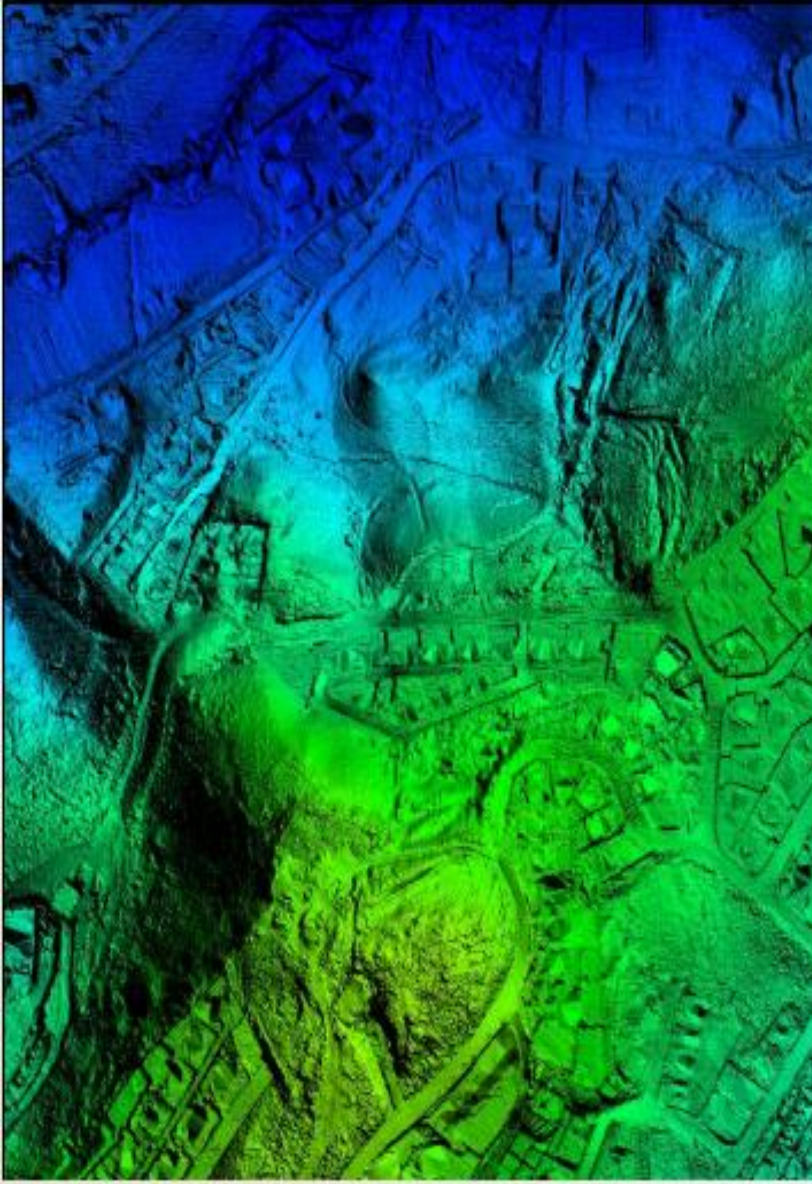
Fotogrametrinin ilk uygulamaları yersel fotogrametri alanında görülse de zamanla hava fotogrametrisinin çıkması ve gelişim göstermesiyle hava fotogrametrisine olan ilgi daha fazla olmuştur. Kısaca tanımlanacak olursa hava fotogrametrisi, çekim noktasının havaya çıkması sonucunda, havadan çekilen görüntülerle nesnelerin modellenmesi uygulamasıdır (Atak, 2018). Hava fotogrametrisinin gelişimi ile beraber daha geniş alanlar görüntülenebilmekte ve arazi yapısı çok daha iyi seviyede yorumlanabilmektedir. Bu görüntüleme işlemi uçak gibi araçlarla yapılabilmektedir. Günümüzde zamanla İHA'ların kullanılmasıyla da fotogrametrinin kullanım ve uygulama alanını genişlemiştir. İHA'lar klasik ölçme yöntemlerine alternatif oluşturmaya başlamıştır.

Hava fotogrametrisi yöntemi kullanılarak yapılacak olan çalışmalarda izlenecek yolu önceden belirlemek harita üretim aşamasında büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Buna göre fotogrametrik bir çalışmada sırası ile uçuş planlaması, arazi çalışmaları, arazide İHA ile görüntülerin elde edilmesi ve son olarak elde edilen görüntülerin işlenmesi ve değerlendirilmesi gibi temel çalışmaların yerine getirilmesi çalışmanın temel işlem adımlarını oluşturmaktadır. İlk işlem adımı olan haritası yapılacak bölgeye ait uçuş planının doğru bir şekilde yapılması, çalışmayı olumlu yönde etkileyecektir. Uçuş planı ile

kullanılacak kamera, görüntü ölçeği, uçuş yönü, uçulacak şerit sayısı, rüzgar şiddeti, enine ve boyuna bindirme oranları, uçuş süresi gibi harita üretimini etkileyecek temel fonksiyonların çalışmaya uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca yapılan uçuş planına göre araziye tesis edilecek olan yer kontrol noktalarının (YKN) jeodezik yöntemlerle koordinatlarının ölçümü ile çalışmaya dahil edilmesi, harita üretim aşamasında çıktı ürünlerin yüksek hassasiyet ile elde edilmesini sağlayacaktır (Avşar, 2006). Hava fotogrametrisi ile üç boyutlu kent modelleri, sayısal arazi modelleri, çeşitli topografik haritalar vb. gibi çok sayıda amaca uygun çıktı ürünler elde etmek mümkündür.

3.3.3 Sayısal Yükseklik Modeli

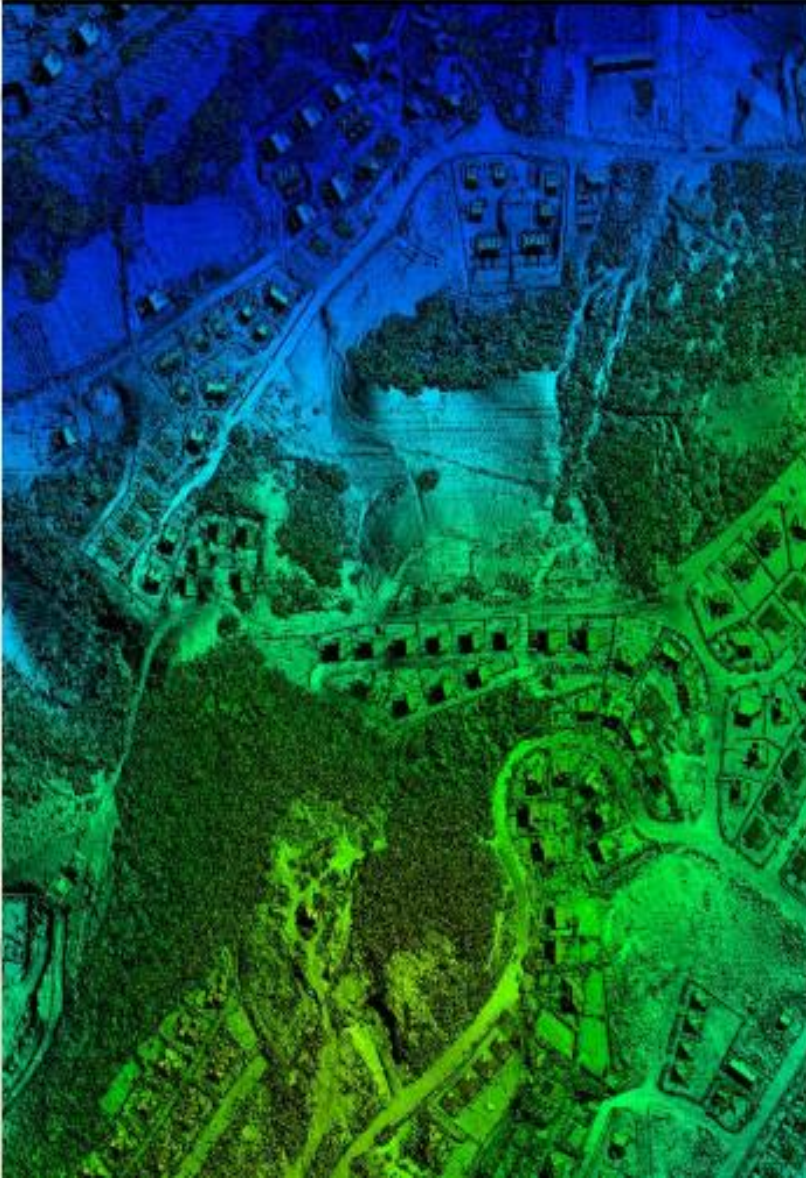
Sayısal yükseklik modeli (SYM/DEM) bir arazi yüzeyinin 3B olarak gösterimine olanak sağlayan ve bunu yaparken arazi yüzeyinin yükseklik bilgilerini de kullanıcılara aktaran sayısal modeldir. Sayısal yüksek modelleri arazi topografyasının doğal halini yani çıplak yüzeyini ifade eder (Şekil 7). Günümüzde hava ve uydu resimleri, lazer tarama teknolojisi (lidar) , radar vb. yöntemlerle SYM üretmek mümkündür. SYM genellikle raster ya da düzensiz üçgen ağ (TIN) yapıdadır. SYM'nin kullanıldığı çalışma alanları tek yönlü olmayıp bir çok alanda uygulamalarına rastlanılmaktadır. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak araziye ait kübaj hesabı, eğim, bakı,alan gibi özellikleri bulunabilmektedir (Karslı, 2015).



Şekil 7. Sayısal yükseklik modeli (Yastıklı ve Bayraktar, 2014)

3.3.4 Sayısal Yüzey Modeli

Sayısal yüzey modeli (SYM/DSM) tıpkı sayısal yükseklik modeli gibi bir arazi yüzeyini 3B olarak yansıtan sayısal modeldir. Sayısal yüzey modelleri araziye ait yükseklik bilgisinin yanında konum bilgisini de içermektedir (Karlı, 2015). Sayısal yüzey modelleri yükseklik modellerinden farklı olarak arazinin mevcut halini yani arazide yer alan ağaç, bina gibi unsurları da bünyesinde barındırmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Sayısal yüzey modeli (Yastıklı ve Bayraktar, 2014)

3.4. İHA Tanımı ve Tarihçesi

İHA veya diğer adıyla Drone, genel tanımıyla, içerisinde insan bulunmayan herhangi bir otomasyon sistemi veya uzaktan kumanda ile yönlendirilen hava araçlarıdır (Erdoğan, 2016). İHA'lar yapılarına göre sabit kanatlı ve döner kanatlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sabit kanatlı İHA'lar genellikle el ile fırlatılırken, döner kanatlı İHA'lar ise bulunduğu yerden uzaktan kumanda ile yönetilerek kullanılmaktadırlar. Şekil 9'da döner kanatlı bir İHA örneğine yer verilmiştir.

İHA'lar çeşitli sensörlere sahip kameralarla entegre edilerek resim çekme yeteneğine sahiptir. Ayrıca İHA üzerine entegre edilen GPS sistemleri ile koordinatlı olarak resimler çekilebilmektedir. Fotogrametrik amaçlı kullanılan İHA'lar önceden hazırlanmış olan uçuş planlamasına göre otomatik olarak görüntü elde etme yeteneğine sahiptir. Ancak gerek kalkış, gerekse olası olumsuzluklarda acil inişlerinde İHA kullanmasını bilen operatöre ihtiyaç vardır. İHA'lar insanlı hava araçları ile kıyaslandığında gerek boyut gerek maliyet gerekse kullanım kolaylığından dolayı günümüzde oldukça tercih edilen bir araç olmuştur.



Şekil 9. Döner Kanatlı bir İHA

Dünyadaki ilk hava resmi çekimi Gaspard Tournachon tarafından 1858 yılında balon üzerinden yapılmıştır. Yıllar geçtikçe yapılan çalışmalarla beraber model balonlar, insanlı balonların yerini almaya başlamıştır. Sonrasında ise zamanla ülkeler arasında dünya savaşı olarak adlandırılan savaşlar ortaya çıkmış ve bu savaşlarda özellikle gözetleme ve casusluk amaçlı olarak uçurtmalar, güvercinler vb. kullanılmıştır. Dünya savaşlarının ardından 1967 yılında Whittlesey, helyum gazı ile dolu bir balon yardımıyla arkeolojik çalışmalar yapmıştır. Tarih 1979 yılını gösterdiğinde ilk defa sabit kanatlı bir İHA kullanılmıştır. Yapılan ilk uygulama, 150 m irtifadan 11 m/s hıza sahip İHA ile yapılmıştır (Erdoğan, 2016). Fotogrametri de sabit kanatlı İHA'nın kullanımından sonra 1980 yılında ise ilk kez döner kanatlı İHA kullanımı Wester Ebbinghaus tarafından gerçekleştirilmiştir (Eisenbeiss, 2009).

1984 yılında GEFA-Flug şirketi tarafından zeplin üretildi ve Pakistan'da bulunan bir kasabanın mimari bilgilerini elde etme amacıyla kullanıldı. Bu tarihten sonra teknolojinin

daha da gelişmesi ile birlikte İHA kullanımı oldukça artmış ve çalışmalar klasik yöntemlere göre daha hızlı, daha az maliyetle ve yüksek doğrulukla elde edilmeye başlamıştır (Erdoğan, 2016).

3.5. İHA Fotogrametrisi

Genel tanımı ile içinde insan bulunmayan, kamera ile entegreli, otonom veya manuel olarak kontrol edilebilen hava taşıtları ile elde edilen görüntüler kullanılarak sayısal ortamda gerçekleştirilen fotogrametrik süreçtir (Eisenbeiss, 2009). İHA fotogrametrisi gelişen görüntü işleme yazılımları ile çalışmalarda çokça kullanılmaktadır.

Klasik konumsal veri elde etme yöntemlerine nazaran daha az maliyetle daha kısa sürede veri elde etme avantajı sağlayan İHA fotogrametrisi, birçok çalışmada kullanım alanı bulmuştur. Gelişen sensör teknoloji ile birlikte İHA'lara entegre edilebilir hale gelen Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) ve İnersiyal Ölçme Birimi (IMU) sistemleri sayesinde elde edilen görüntülerin yöneltme parametreleri resim çekim anında kayıt edilebilmektedir. Ayrıca resim çekiminin İHA tarafından otomatik olarak yapılması distorsiyon hatalarının azalmasına yardımcı olmaktadır.

İHA fotogrametrisinin bilinen diğer yöntemlere göre pek çok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlardan bazıları;

- ulaşılması güç ve eğimli arazi topografyasına sahip bölgeleri ölçebilme
- düşük maliyet
- yüksek hassasiyet
- yüksek veri işleme hızı
- işgücünü azaltma
- ölçekli olarak çalışabilme, şeklindedir.

İHA fotogrametrisinin bu ve bunun gibi pek çok avantajı bulunduğu gibi zaman zaman olumsuz etkenlerle karşılaşılan durumları da bulunmaktadır. Bunlar;

- havanın rüzgarlı ve/veya yağışlı olması
- hafıza kapasitesinin sınırlı oluşu

- bataryaların dış koşullardan etkilenecek ömrünün azalması
- sınırlı uçuş süreleri, şeklindedir (Kapıcıoğlu, 2019).

İHA görüntülerinin fotogrametrik değerlendirme işlemini gerçekleştiren ticari yazılımlar bulunmaktadır. (Pix4d, Agisoft, 3D Survey, Virtual Surveyor vb.) Bu yazılımların çoğu Hareketten nesne oluşturma-Structure from motion (SFM) tekniğine dayalı bir algoritma ile çalışmaktadır. SFM ile stereo görüntüleme tekniği kullanılarak iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu modeller üretilebilmektedir. SFM tekniği ile birbirleri arasında bindirme oranları bulunan resimler birleştirilerek üç boyutlu modeller elde edilir. Geleneksel stereoskopik fotogrametri ile SFM yöntemi arasındaki temel fark, 3B uzayda bir noktanın kesin konumunun elde edilmesi için gerekli hesaplamaların tam otomatik yapılması ve kameraların hassas konumlandırılmasına gerek olmamasıdır. Özellikle yüksek hacimli veri setlerinin modellenmesinde SFM tekniği kullanılmaktadır (Yakar vd., 2020).

İHA fotogrametrisinin genel olarak yapılan işlemler incelendiğinde hava fotogrametrisi ile temel akışın benzer olduğu gözlemlenmektedir. İHA fotogrametrisinde yapılan işlemler genel olarak;

- uçuş planının yapılması
- sabit GNSS alıcısı ve/veya yer kontrol noktası (ykn) tesisi ve ölçümü
- İHA ile görüntü çekiminin yapılması
- görüntülerin yazılıma yüklenmesi
- koordinatlandırma için tesis edilen ve ölçümü yapılan sabit noktaların yazılıma yüklenmesi
- dengeleme işlemlerinin yapılması
- seyrek ve yoğun nokta bulutunun üretilmesi
- katı (mesh) modelin üretilmesi
- sayısal yüzey modeli ve ortofonun üretilmesi şeklindedir.

3.6. İHA Fotogrametrisinde Veri Toplama Teknikleri

İHA'lara entegre olan yüksek çözünürlüklü kameralar ile belirli bindirme oranları olacak şekilde resim çekimleri yapılarak çekilen görüntüler üç boyutlu nokta bulutu haline getirilir. Değerlendirme yazılımları görüntülerden üç boyutlu nokta bulutu oluştururken Sfm algoritmasını kullanır. Böylece oluşturulan nokta bulutunun kullanılmasıyla orto-foto, SYM gibi fotogrametrik çıktı ürünleri elde edilebilmektedir (Boy ve Saraloğlu, 2016). Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber İHA ile veri toplama teknikleri gelişim göstermiş ve sonucunda yüksek hassasiyetli fotogrametrik çıktı ürünleri elde etme imkanı sağlanmıştır. Buna göre İHA fotogrametrisinde genel olarak veri toplama teknikleri üç adettir. Bunlar;

- YKN kullanarak veri toplama,
- PPK yöntemi kullanarak veri toplama,
- RTK yöntemi kullanarak veri toplama, olarak ifade edilmektedir.

3.6.1. YKN Kullanarak Veri Toplama

Yer kontrol noktaları (YKN), arazide uçuş sırasında resim çekimi yapan hava aracının çekeceği resimlerde görülebilecek şekilde araziye tesis edilen yer işaretlerine denmektedir. Bu yer işaretleri çalışma alanını kapsayacak şekilde araziye tesis edilir ve bu noktaların x,y ve z koordinatları GNSS alıcıları ile ölçülür (Şekil 10).

İHA'lar uçuş sırasında entegre GNSS alıcısı yardımıyla sahip oldukları GNSS verilerini kullanır. Fakat bu GNSS alıcısının sahip olduğu hassasiyet çoğu İHA'da oldukça düşüktür. Bundan dolayı değerlendirme aşamasına bu şekilde katılan resimlerden elde edilen modelin doğruluğu düşük olmaktadır. Bu durum da istenilen sonucun alınmasını engellemektedir. Bu durumun önüne geçmek için araziye belirli aralıklarla homojen olarak tesis edilen yer kontrol noktaları kullanılarak çalışmaların doğruluk ve hassasiyetini arttırmak mümkündür. Buna göre tesis edilen YKN'lerin GNSS alıcısı yardımıyla koordinatları ölçülmekte ve bu koordinatlar değerlendirme yazılımına girilmektedir. Böylece yazılım bu noktaları referans olarak kullanarak gerekli düzeltmeleri yapmaktadır (Boy ve Saraloğlu, 2016).



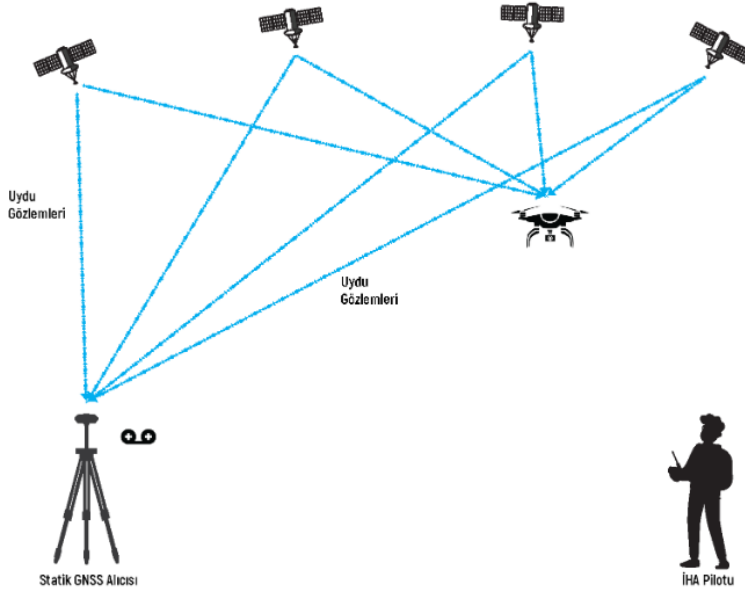
Şekil 10. Yer Kontrol Noktası (YKN)

Yer kontrol noktalarının kullanımı bahsedildiği üzere çalışmalarını olumlu yönde etkilemektedir. Fakat bu noktaların tesisi zaman zaman zor olmakta ve çalışmalar aksamaktadır. Özellikle eğimin fazla olduğu ve tesis edilebilecek sahanın olmadığı durumlarda ise farklı teknikler kullanmak gerekecektir.

3.6.2. PPK Yöntemi Kullanarak Veri Toplama

İHA'lar özelliklerine göre PPK veya RTK gibi iki farklı konumlama tekniği kullanılmaktadır. PPK özelliğine sahip olan İHA'larda uçuş anında bilinen bir noktaya kurulan GNSS alıcısı (veya TUSAGA-AKTİF istasyonlarının 1 sn'lik Rinex verisi de kullanılabilir) ile gerçek zamanlı veri aktarımı gerekmemektedir. Bundan dolayı PPK yöntemine göre GNSS alıcısı ile İHA arasında veri iletişimde herhangi bir problem olmaz (Şekil 11). Bu yöntemin kullanımı için statik ölçü yapabilen GNSS alıcısı kullanmak gerekmektedir. Uçuş anında hem İHA hem de GNSS alıcısı uydu gözlem verilerini kayıt altına alır. Bu şekilde arazide çalışmalar tamamlandıktan sonra değerlendirme yazılımını kullanarak elde edilen veriler işlenir ve sonuç olarak yüksek hassasiyet ve doğrulukta sonuç ürünler elde edilir. PPK yönteminde İHA ile GNSS alıcısı arasında bağlantı gerekmemesi,

uçuş planlamasının kısa sürmesi, veri çözümünün güvenilir olması, TUSAGA AKTİF istasyon verilerini kullanabilmesi yöntemin avantajları arasındadır.

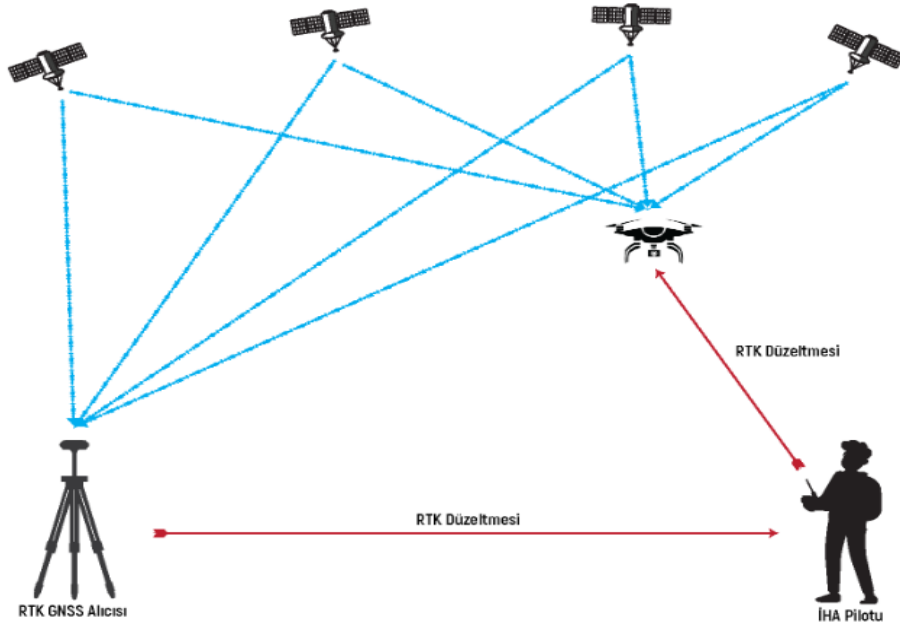


Şekil 11. PPK yöntemi ile veri toplama (Pinteknik, 2023)

3.6.3. RTK Yöntemi Kullanarak Veri Toplama

RTK özelliğine sahip olan İHA'larda PPK yönteminin aksine GNSS alıcısı ile anlık veri aktarımı gerekmektedir (Şekil 12). RTK düzeltmelerinin İHA'ya aktarımında problem olması durumunda yeniden çözümlene için zaman gerekir. Bu gibi durumlarda uçuşa devam eden İHA'nın çektiği görüntülerin koordinatları hassas olarak belirlenemez. RTK yönteminde, radyo ya da GSM modemi bulunan RTK özelliğine sahip bir GNSS alıcısı ve İHA ile birlikte kumanda arasında bir telemetri sistemi gerekmektedir. Uçuş anında hem İHA hem de GNSS alıcısı uydu gözlem verilerini kayıt altına alır. GNSS alıcısı ile kayıt altına alınan veriler İHA veya kumandasına aktarılarak uçuş anında resim orta noktalarının koordinatları hassas olarak hesaplanmış olur. Buna göre RTK yönteminde uçuş sırasında resimlerin orta noktalarının koordinatları belirlenmesi, GNSS alıcısının kullanılmadığı durumlarda TUSAGA-AKTİF istasyonlarından veri alabilmesi yöntemin avantajları arasındadır. Yöntemin en büyük dezavantajı ise yukarıda da bahsedildiği üzere İHA'nın

konumu, aradaki koşulları gibi etkenlerden dolayı veri aktarımında kesintiler yaşanması durumudur.

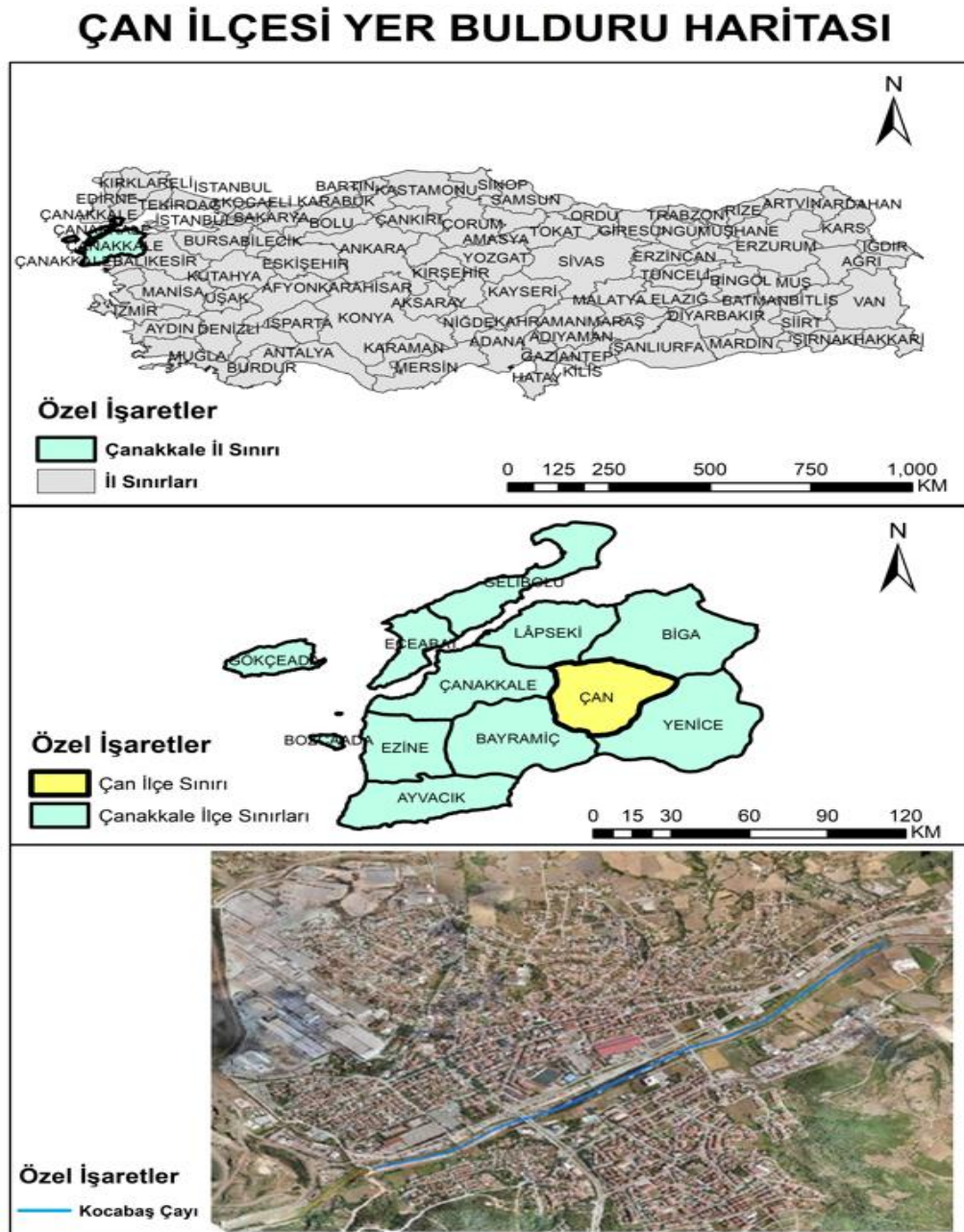


Şekil 12. RTK yöntemi ile veri toplama (Pinteknik, 2023)

3.7. Çalışma Bölgesi

Çalışma alanının yer aldığı Çan ilçesi Marmara Bölgesinde bulunan Çanakkale iline bağlı ve 88700 hektarlık bir yüz ölçüme sahip olan bir ilçedir. İlçenin kuzey tarafındaki komşuları Lapseki ve Biga ilçeleri, güney tarafındaki komşuları Yenice ve Bayramiç ilçeleri, batı tarafındaki komşuları Çanakkale il merkezi ve Yenice ilçeleri iken doğu tarafındaki tek komşusu ise Yenice ilçesidir (Şekil 13). Çan ilçesi coğrafi olarak 40. Enlem ve 27. Boyamlar arasında, yerleşim olarak çukur bir bölgede yer almaktadır (Wikipedia, 2023). Marmara denizinde bulunan akarsu havzalarından biri olan Çan (Kocabaş) Çayı, Çan ve Biga ilçelerinden geçerek Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Çay üzerinde geçmişten günümüze yaşanan taşkınlar jeolojik konumu nedeniyle geçtiği iki ilçeyi de önemli ölçüde olumsuz olarak etkilemiştir. Çayın havzası 1110 m'ye kadar varan yüksekliğe, 266.68 km'lik çevre uzunluğuna ve 2310.74 km² lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Bulunulan dönem içinde zaman zaman yağın yağışların etkisiyle çayın su seviyesi yükselmekte ve etrafına zarar vermektedir. Çay üzerinde daha önce yapılan çalışmalar ile ilgili literatür araştırması

yapıldığında yakın sayılabilecek zamanda çayın maksimum akım değerinin ölçüldüğü ve sonuçlara göre çay yatağında bulunan çarpık kentleşmeler ve hatalı arazi kullanımlarından dolayı oluşan taşkınların şiddetlerinin büyük olduğu gözlemlenmiştir (Utlı,2019). Çay üzerinde en son 2022 yılının Şubat ayında hem Çan hem de Biga ilçelerinde taşkınlar meydana gelmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında çayın Çan ilçe merkezinden geçtiği yaklaşık 2.6 km² lik uzunluğu ele alınmıştır.



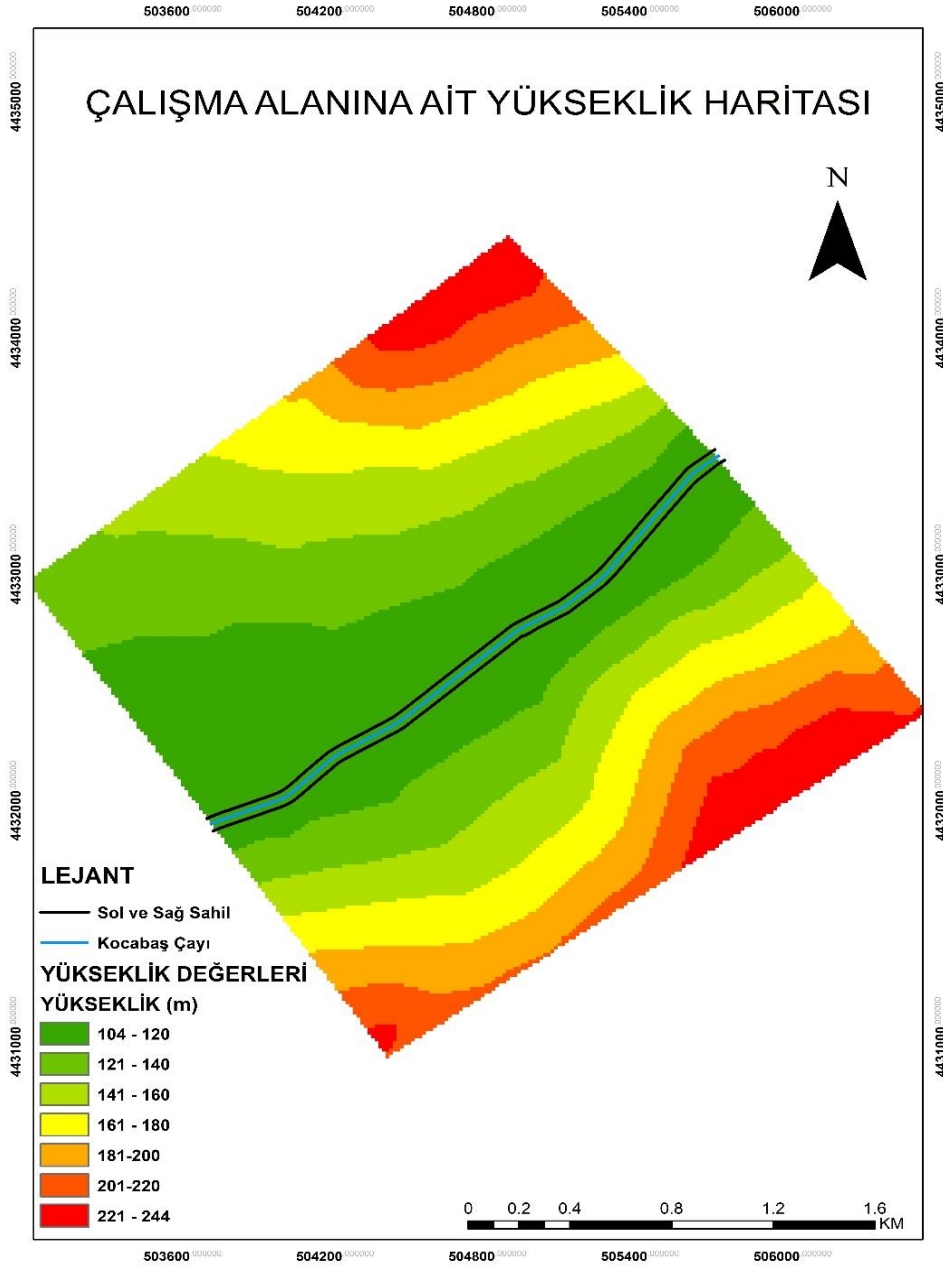
Şekil 13. Çan ilçesi yer bulduru haritası

3.7.1 Yükseklik Verileri

Taşkın analizi yapılacak yerlere ait yükseklik bilgilerine sahip olmak taşkın öncesi ve sonrasında değerlendirmelerde bulunmaya kolaylıklar sağlamaktadır.

Çan ilçesinde genel olarak çok yüksek olmayan dağ ve tepeler yer almaktadır. İlçenin en çukur bölümü ise literatürde Biga, Çan veya Kocabaş olarak adlandırılan çayın geçtiği yerdir. Çalışma alanında üretilen sayısal yükseklik modeli (DEM), yani çıplak yeryüzü topoğrafyası haritasına göre en düşük yükseklik 104 m iken, en büyük yükseklik 244 m'dir (Şekil 14).



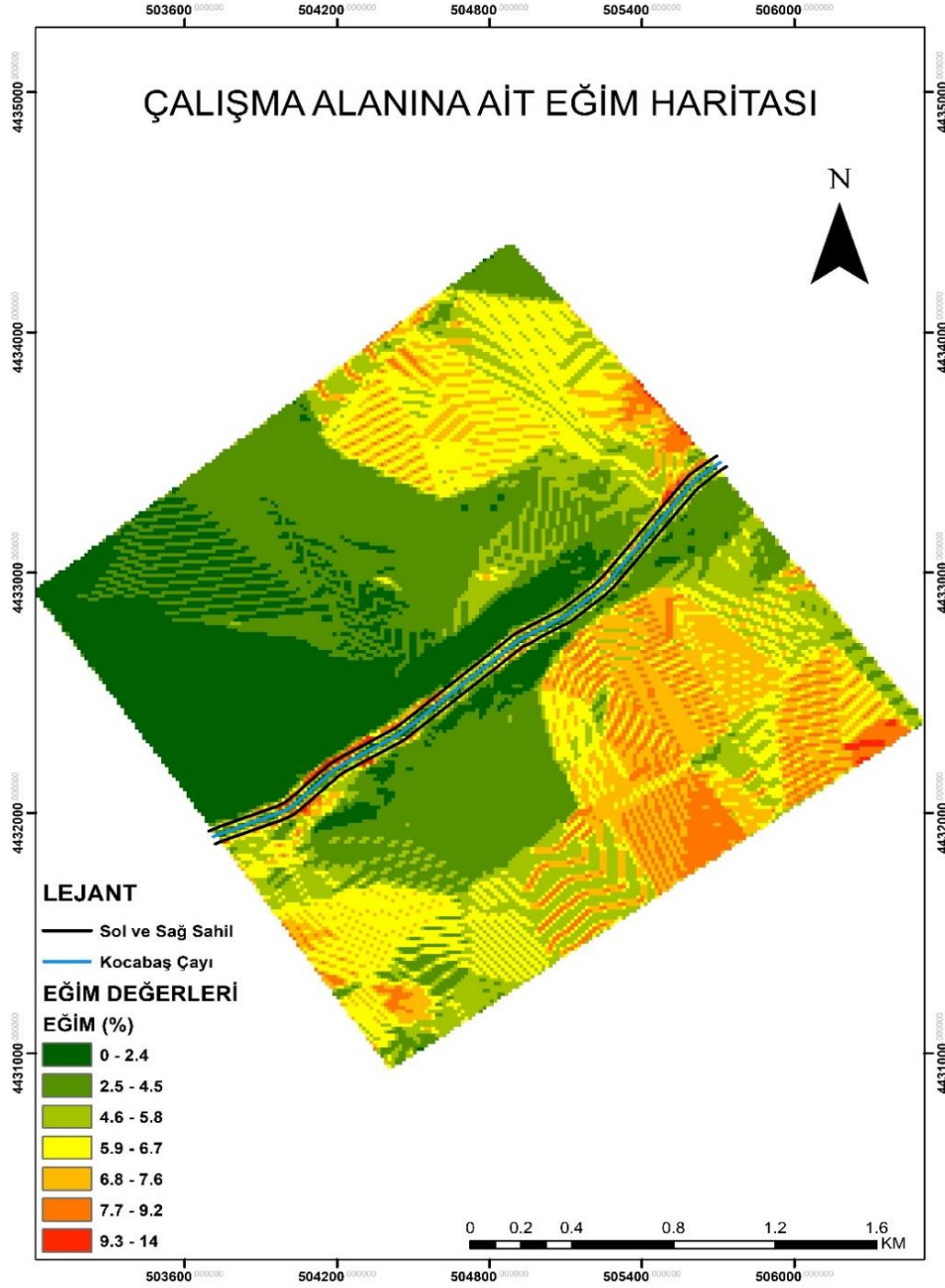


Şekil 14. Çalışma bölgesine ait yükseklik haritası

3.7.2 Eğim Verileri

Taşkın analizi yapılacak yerlere ait eğim bilgilerine sahip olmak taşkın öncesi ve sonrasında değerlendirmelerde bulunmaya kolaylıklar sağlamaktadır.

Çan ilçe merkezinin genel olarak coğrafi yapısına bakıldığında engebeli araziler dikkat çekmektedir. Çalışma alanında üretilen eğim haritasına göre eğimin %14'lere kadar çıktığı görülmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. Çalışma bölgesine ait eğim haritası

3.7.3 Hidrolojik Veriler

Çan ilçesinin bulunduğu konumun iklim yapısı Akdeniz İklimi yapısına sahiptir. Buna göre Çan ilçesinde kış aylarında yağışlar meydana gelirken yaz aylarında ise sıcak hava dönem olarak kısa olsa da etkili olmaktadır. Bölgenin yağış alma durumları incelendiğinde en çok yağışın yağdığı mevsim kış mevsimidir (%41-46). En az yağışın meydana geldiği mevsim ise yaz mevsimidir (%7-8) (Utlu ve Özdemir,2018). Çalışma bölgesine düşen yıllık yağış miktarı ise 600-850 mm'dir.

Hidrograf, birim alandan geçen debinin zamana bağlı olarak gösterdiği değişimleri belirten grafikdir (Sönmez vd., 2017). Birim hidrograf ile debi hesabı metodunda; hem akım gözlemleri hem de sentetik olarak birim hidrograf elde edilebilir. Fakat akım gözlemlerini kullanarak birim hidrografı bulmanın bazı koşulları bulunmaktadır. Bu koşullar ‘‘havza alanının 5000 km²’den küçük olması, havzada limnigraflı akım gözlem istasyonunun (AGİ) olması ve yeterli yağış istasyonunun olmasıdır’’. Sentetik olarak birim hidrograflar DSİ Sentetik, Sentetik Birim Hidrograf, Mockus, Snyder, Rasyonel yöntemler örnek gösterilebilir (SYGM, 2017). Çalışmanın taşkın analizi kısmında analiz için kullanılacak Çan (Kocabaş) Çayı ile ilgili Süperpozesiz Mockus Metodu kullanılarak elde edilen 100 ve 500 yıllık debi değerleri, DSİ 252. Şube Müdürlüğünden temin edilmiştir (Tablo 1). Tablo 1’de yer alan Q_{100} ifadesi yapılan analizler neticesinde 100 yılda bir gelme ihtimali olan en yüksek debi değerlerini; Q_{500} ifadesi ise 500 yılda bir gelme ihtimali olan en yüksek debi değerlerini ifade etmektedir. Çalışma alanında Süperpozesiz Mockus yönteminin kullanılmasının sebebi bu yöntemde hidrografların çiziminin, debi hesabının kolay olması ve Kocabaş çayına ait akım gözlem istasyonlarının bulunmamasıdır.

Tablo 1

Çan (Kocabaş) Çayı 100 ve 500 yıllık yinelemeli debi değerleri

K M	Tekerrür	Debi (m ³ /sn)
0+000.00-2+577.53	Q_{100}	711.60
	Q_{500}	957.90

3.7.4 Pürüzlülük Verileri

İrlandalı mühendis olan Robert Manning'in 1889'da çıkardığı günümüzde hala kullanımına devam edilen Manning Denklemi aşağıdaki gibidir.

$$V = (1/n) R^{2/3} J^{1/2}$$

Bu denklemde;

V= dere güzergahından geçen suyun hızı (m³/s)

n= Manning pürüzlülük katsayısı

R= Hidrolik yarıçap (m)

J= Zemin eğimi'ni ifade etmektedir.

Yukarıdaki denklemde geçen denklem parametrelerinden biri olan 'n' yani mannig pürüzlülük katsayısı, bir dere yatağında suyun akış hızını etkileyebilecek unsurları belirleyen katsayıdır. Manning pürüzlülük katsayısı çalışma alanları için oluşturulan taşkın haritalarının doğruluğunu etkiler. Buna göre bu katsayı belirlerken bilgi ve tecrübelerle hareket etmek çalışmaları olumlu ve doğru şekilde etkileyecektir. 'n' pürüzlülük katsayısını belirlemek için birçok metot mevcut iken ülkemizde DSİ tarafından dere yataklarındaki pürüzlülük katsayısını belirlemek için en iyi yöntemin Cowan Metodu olduğu açıklanmıştır. Cowan Metodu 1956'da W.L. Cowan tarafından ortaya atılmış ve geliştirilmiştir (DSİ, 2016).

DSİ taşkın ihtisas komisyonu tarafından geliştirilen ve pürüzlülük katsayısını bulmayı sağlayan Cowan Metodu aşağıdaki formüle sahiptir;

$$n = m.(n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \text{ Burada;}$$

n= Manning Pürüzlülük Katsayısı

m= Kanal Kıvrımı derecesi

n_b=Yataktaki malzeme cinsi

n₁= Kanal şev durumu

n₂= Kanalın kesit değişimi

n₃= Kanalda bulunan engellerin etkisi (birikinti, tümsek, menfez vb.)

n₄= Kanalda bulunan bitki örtüsünü ifade etmektedir

Tablo 2

Modifiye Cowan Metodu Pürüzlülük Katsayısı Metodu (DSİ,2016)

PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISI TABLOSU						
n=m*(nb+n1+n2+n3+n4)						
Modifiye Cowan Metodu (DSİ formatı)						
Yataktaki Malzeme Cinsi	Beton	Medyan Dane Çapı (mm)	--	nb	0,012-0,018	
	Kaya		--		--	
	Sert Toprak		--		0,025-0,032	
	İri Kum		1-2		0,026-0,035	
	İnce Çakıl		--		--	
	Çakıl		2-64		0,028-0,035	
	İri Çakıl		--		--	
	İri Taş		64-256		0,030-0,050	
	Yumru Kaya		>256		0,040-0,070	
Kanal Şev Durumu	Pürüzsüz			n1	0,000	
		Beton duvar			0,003	
	Önemsiz	Taş duvar			0,005	
		İstifli taş tahkimat			0,008	
	Orta	Ağaçsız kaya / toprak yamaç			0,010	
		İstifsiz taş tahkimat			0,015	
Kanal Kesit Değişimi	Şiddetli	Ağaçlı yamaç		n2	0,020	
	Aşamalı				0,000	
	Ara Sır Değişen				0,005	
Kanaldeki Engeller (Birikinti, Tümsek, Düşü, Kaya, Köprü, Ayağı)	Sık Değişen			n3	0,010-0,015	
	İhmal Edilebilir	Engel / Kesit alanı * 100	<% 5		0,000	
	Önemsiz		% 5-15		0,010-0,015	
	Kayda Değer		% 15-50		0,020-0,030	
Şiddetli	>% 50		0,040-0,060			
Kanal Bitki Örtüsü	Düşük			n4	0,005-0,010	
	Orta				0,010-0,025	
	Yüksek				0,025-0,050	
	Çok Yüksek				0,050-0,100	
Kanal Kıvrımı	Önemsiz	Dere uzunluğu / kuş uçuşu uzunluk	1-1,2	n5	1,000	
	Kayda Değer		1,2-1,5		1,150	
	Şiddetli		>1,5		1,300	
nb = 0,017		n1 = 0,003	n2 = 0,000	n3 = 0,000	n4 = 0,000	n5 = 1,000
n = 1*(0,017+0,003+0+0+0) = 0,020						

Çalışmada sol ve sağ sahil için de pürüzlülük katsayısı 0.02 olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Çalışmanın ilerleyen kısımlarında pürüzlülük katsayısının taşkın analizine olan etkisini görmek için farklı pürüzlülük katsayısı değerleri seçilerek sayısal yüzey modeli (DSM) üzerinde farklılıklar incelenecektir.

Şekil 16'da Çan (Kocabaş) Çayının suyun geliş tarafındaki, yani memba yönündeki görünümü görülmektedir.



Şekil 16: Çan (Kocabaş) Çayı görünümü

3.8. Yöntem

Taşkın analizi yapılacak çalışmalarda geometrik ve hidrolik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda çalışma alanına ait hidroloji verileri (debi ve pürüzlülük değerleri) DSİ 252. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik ve sayısal yüzey modelleri ile geometrik veriler (dere güzergahı, sol-sağ sahil, en kesit) Arc-GIS 10.5 yazılımında hazırlanmış ve analiz için HEC-RAS 6.1 yazılımına aktarılmıştır. HEC-RAS yazılımı ile Arc-GIS 10.5 yazılımı ile üretilen hem sayısal yükseklik modeli (DEM), hem de sayısal yüzey modeli (DSM) için ayrı ayrı hidrolik modellemeler yapılarak taşkın yayılım ve derinlik haritaları elde edilmiştir. Tez çalışması kapsamında çalışmanın temelini oluşturan geometrik verilerin oluşturulabilmesi için gerekli olan altlıklar için hem arazi hem de arazi sonrası görüntü işleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3.8.1 Arazi Çalışmaları

Uçuş planlaması yaparken çalışmadan istenilen hassasiyete doğrultusunda planlamalar yapmak çalışmaları doğruluk ve süre bakımından olumlu yönde etkiler. eMotion programı ile; uçağın resim çekimine başlayacağı ve bitireceği yer, uçuş yüksekliği, çekilecek olan resimlerin bindirme oranları, yer örnekleme aralığı (GSD) miktarı, uçuş süresi gibi parametreler kullanıcılar tarafından belirlenebilmektedir. Çalışmanın arazi çalışmaları kapsamında taşkın analizlerinin gerçekleştirileceği Çan ilçesi için eMotion programı kullanılarak resim çekiminden önce bir uçuş planlaması yapılmıştır. Bu kapsamda Google Earth üzerinde uçuşun yapılacağı bölgenin yaklaşık kotları incelenerek çalışma alanı 5 adet uçuş bölgesine bölünmüş, uçuş için gerekli olan yükseklik (220.8 m) ve enine ve boyuna bindirme oranları (%60-%80) tespit edilmiştir ve uygulamaya bu değerler girilmiştir. Yapılan uçuş planlamasının ardından çalışmanın arazi kısmına geçilmiştir.

Uçuş planlamasının ardından ikinci aşama arazide resim çekimlerinin yapılmasıdır. Çalışmada model üretimi için ihtiyaç duyulan resimler PPK özelliğine sahip olan Sensefly tarafından üretilen PPK özelliğine sahip eBee X model İHA ile çekilmiştir (Şekil 17). eBee X model İHA'nın resim çekimi için içerisine yine Sensefly tarafından üretilen S.O.D.A adlı kamera entegre edilmiştir. S.O.D.A marka kameraya ait teknik özellikler Tablo 4'teki gibidir. Çalışmada kullanılan İHA ve teknik özellikleri ise Tablo 3'teki gibidir.



Şekil 17: Çalışmada kullanılan eBee X model İHA

Tablo 3

Çalışmada kullanılan eBee X model İHA'nın özellikleri

Özellikleri	Değerler
Maksimum ağırlık/Kanat açıklığı	1.7 kg/116 cm
Seyir hızı	110 m/saniye'ye kadar
Maksimum uçuş süresi	90 dk'ye kadar
Görüntü kalitesi	24 MP
PPK/RTK özelliği	Var
Uydu konumlandırma sistemleri özelliği	Var
Radyolink mesafesi	3 km

Tablo 4

Çalışmada kullanılan eBee X model İHA'ya ait S.O.D.A marka kameranın özellikleri

Özellikleri	Değerler
Sensör	1''
Odak uzaklığı	10.5 mm
Görüntü Boyutu	5472 x 3648
ISO aralığı	125 - 6400

PPK özelliğine sahip olan İHA'lar, statik veri kayıt kapasitesine sahip olan bir GPS alıcısına veya TUSAGA-AKTİF sisteminin sabit istasyonlarının topladığı 1 saniyelik Cors düzeltme (Rinex) verilerine ihtiyaç duyarlar. Çalışmanın istenilen koordinatta (ITRF-96) gerçekleştirilebilmesi için sabit GPS alıcılarından yararlanılmıştır. Çalışmada statik ölçüm için Topcon CR-G5 sabit alıcısı kullanılmıştır (Şekil 18). Çalışmada ayrıca yapılacak modellemenin doğruluğunu kontrol etmek için önceden tesis edilen denetleme noktalarının (DN) TUSAGA-Aktif (Cors-Tr) sisteminden faydalanarak UTM projeksiyonu 27. dilim orta meridyenine ait 3 derecelik ITRF 96 koordinat sisteminde okumaları yapılmıştır.



Şekil 18: Çalışma anında statik ölçüm yapan GNSS alıcısı

Yapılacak olan modelleme sonrasında modelin doğruluğunu kontrol etmek için GNSS tekniği ile tesis edilen denetleme noktalarına (DN) ve çalışma alanında statik ölçüm için tesis edilen sabit istasyon noktalarına ait konum bilgileri aşağıdaki gibidir (Şekil 19, Tablo 5).



Şekil 19: Tesis edilen noktaların konumsal dağılımı (Google Earth, 2023)

Tablo 5

Tesis edilen noktaların yatay ve düşey yöndeki koordinatları

NOKTA ADI	X	Y	Z
DN1	504067.66	4431996.69	114.37
DN2	504171.75	4432392.83	113.88
DN3	504963.25	4432694.99	111.65
DN4	505411.05	4433224.97	111.89
DN5	505789.89	4433552.10	110.54
BASE1	505405.34	4431306.06	261.70
BASE2	505725.35	4431936.45	252.67
BASE3	504456.39	4433954.61	212.41

Çalışmanın arazi kısmında eBee X model İHA ile yaklaşık 2300 hektarlık alanda, 3662 adet resim çekilmiş ve çalışmanın arazi kısmı tamamlanmıştır. Çalışma alanında gerçekleştirilen uçuşlara ait bilgiler Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6

Uçuş bilgileri

UÇUŞ NUMARASI	BİNDİRME ORANLARI (E-B)	UÇUŞ YÜKSEKLİĞİ (m)	UÇUŞ SÜRESİ (dk)	RESİM SAYISI
1	%60-%80	220.8 m	70.28 dk	1170
2	%60-%80	220.8 m	17.14 dk	226
3	%60-%80	220.8 m	49.28 dk	783
4	%60-%80	220.8 m	54.57 dk	917
5	%60-%80	220.8 m	38.25 dk	599

Çan (Kocabaş) Çayının taşkın analizi için yapılan arazi çalışmalarının iş akışı özet olarak aşağıdaki gibidir.

- 1- Uçuş planlamasının gerçekleştirilmesi
- 2-Arazide sabit/denetleme noktalarının tesisi ve ölçümü
- 3- İHA ile havadan resimlerin çekilmesi, şeklindedir.

3.8.2 Arazi Sonrası Görüntü İşleme Çalışmaları

Görüntü işleme çalışmaları kısmında ilk aşama eğer çalışmanın değerlendirme kısmında yer kontrol noktaları kullanılmayacak ise PPK/RTK çözümü gerçekleştirmek yani sabit (base) noktalara ait dengelenmiş nokta koordinatlarını hesaplamaktır. Topcon marka cihazlar ile elde edilen statik gözlem verileri için yine Topcon markasına ait bir yazılım olan Topcon Magnet Field yazılımı ile araziye kurulan sabit istasyonların statik gözlem verilerine ait dengelenmiş nokta koordinatları ve koordinat dönüşümleri yazılım aracılığıyla elde edilebilmektedir. Buna göre çalışma kapsamında kullanılan Base 1, Base 2 ve Base 3 adlı 3 farklı sabit istasyona ait UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu 27. dilim orta meridyenine ait 3 derecelik ITRF 96 dengelenmiş koordinatlar enlem, boylam ve yükseklik olarak elde edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7

Sabit istasyonlara ait coğrafi koordinatlar

İstasyon Adı	Değerler (Enlem-Boylam-Elipsoidal Yükseklik)
Base 1	40°03'18.32229" - 27°00'05.31714" - 342.281 m
Base 2	40°01'17.98413" - 27°04'01.44352" - 252.671 m
Base 3	40°02'23.44465" - 27°03'07.98019" - 212.407 m

Gerçek zamanlı kinematik (RTK) yönteminde resimlerin orta nokta konumları uçuş anında hesaplanırken, ölçüm sonrası kinematik (PPK) yönteminde ardından da anlaşılacağı üzere uçuş sonrasında ofis ortamında gerekli yazılımlar kullanarak resim orta noktalarının konumları hesaplanabilmektedir. Sabit istasyon noktalarına (BASE) ait dengeleme ve dönüşüm işlemleri yapıldıktan sonraki aşama görüntülerin konumlarının düzeltilmesi işlemidir. Buna göre Tapcon Magnet Field yazılımı ile elde edilen sabit istasyonlara ait coğrafi koordinatlardan yararlanarak Sensefly tarafından üretilen eMotion yazılımı ile görüntü ait konum düzeltmeleri yapılmıştır.

Çan (Kocabaş) Çayının arazi çalışmaları kapsamında İHA ile çekilen 3662 adet resimden 2586 tanesinin kullanılmasının, değerlendirmede kullanılan bilgisayarın özellikleri göz önünde bulundurulduğu ve çalışma alanı için yeterli olacağı sonucuna varılmıştır. Buna göre eMotions yazılımı ile 2586 adet resmin konum düzeltmeleri yapılmıştır.

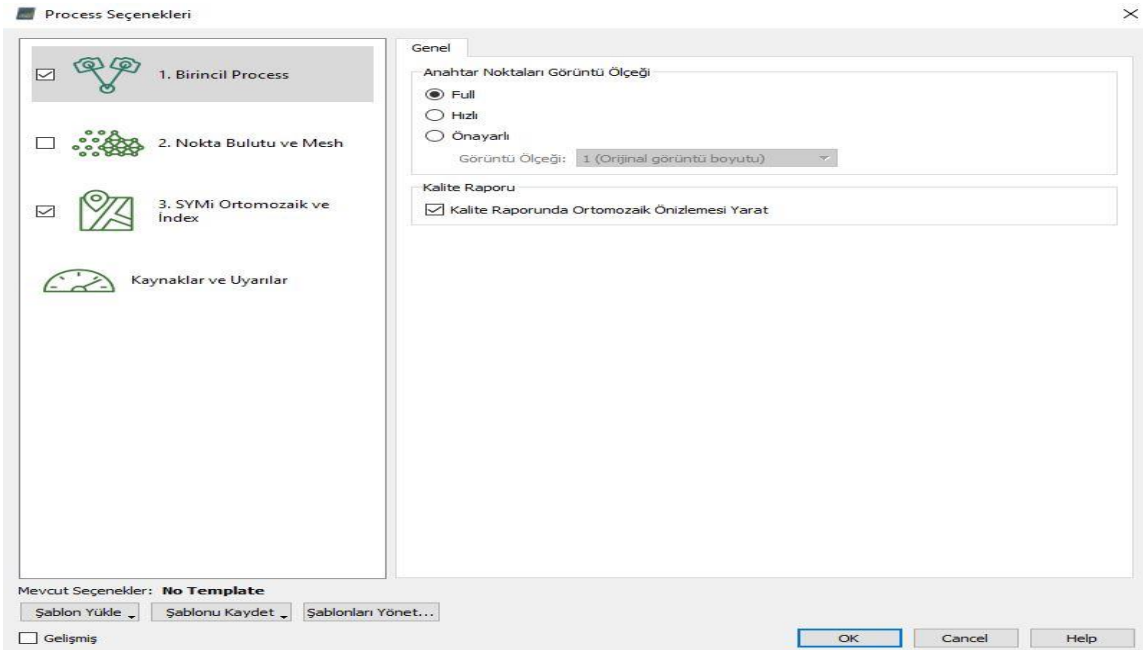
Pix4d yazılımı fotogrametrik değerlendirme yazılımları arasında en çok bilinen yazılımlardan biridir. Pix4d yazılımı ile İHA yardımıyla çekilen resimler kullanılarak 3B nokta bulutu, sayısal yüzey modeli (DSM) ve ortofoto gibi çıktı ürünleri elde edebilmek mümkündür. Ayrıca bu çıktı ürünler çeşitli ortamlarda (CAD, CBS) kullanılabilen ve sayısallaştırılabilmektedir. Çalışma alanına ait İHA tarafından çekilen 2586 adet resim, Pix4d yazılımı ile yer kontrol noktaları eklenmeden değerlendirmeye geçirilmiştir.

Fotogrametrik uygulamalarda değerlendirme işlemlerini yapabilmek için resimlere ait yöneltmeler yapılmaktadır. Yöneltme, resimlerin konumlarının çekim yaparken ki hale getirilmesidir. Yöneltmeler ile arazi koordinatlarına geçiş işlemi analog veya analitik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Analog yöntemde karşılıklı ve mutlak yöneltmeler stereo değerlendirme aletleri ile yapılır ve sonucunda arazi koordinatlarına geçiş sağlanır. Analitik yöntemde ise doğrusalılık ve eş düzlemsellik şartı ile arazi koordinatlarına geçiş yapılabilmektedir (Öztürk vd., 2011). Resimlerin yöneltme işlemleri ise iç ve dış yöneltme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İç yöneltme parametreleri piksel boyutu, odak uzaklığı, asal noktanın konumu, distorsiyon gibi parametrelerinden oluşmaktadır. Dış yöneltme parametreleri ise resimlerin çekim anındaki resim orta noktasının koordinatlarını (ϕ , ω , κ) ifade etmektedir. Kameralar özelliklerine göre ise metrik kameralar ve metrik olmayan kameralar olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Metrik kameraların iç yöneltme elemanları biliniyorken, metrik olmayan kameralarda iç yöneltme elemanları bilinmemektedir. Metrik olmayan kameralar uygun kalibrasyon işlemleri ile metrik hale getirilebilmektedir. İHA'larda kullanılan kameralar ise metrik özelliklere sahiptir. Bu tür kameraların kalibrasyonları daha önceden yapılmış ve iç yöneltme elemanları kameralara tanımlanmıştır.

Bu çalışmada daha önceden PPK çözümü yapılmış olan resimler programa yüklenmiştir. Bu resimlere ait iç ve dış yöneltme parametreleri ve değerleri program tarafından otomatik olarak tanımlanmıştır. Çalışmada model koordinat sistemi TUREF/TM27 olarak seçilmiştir. Hazırlık aşamasındaki son bölümde ise şablon olarak 3D Maps seçeneği seçilmiştir.

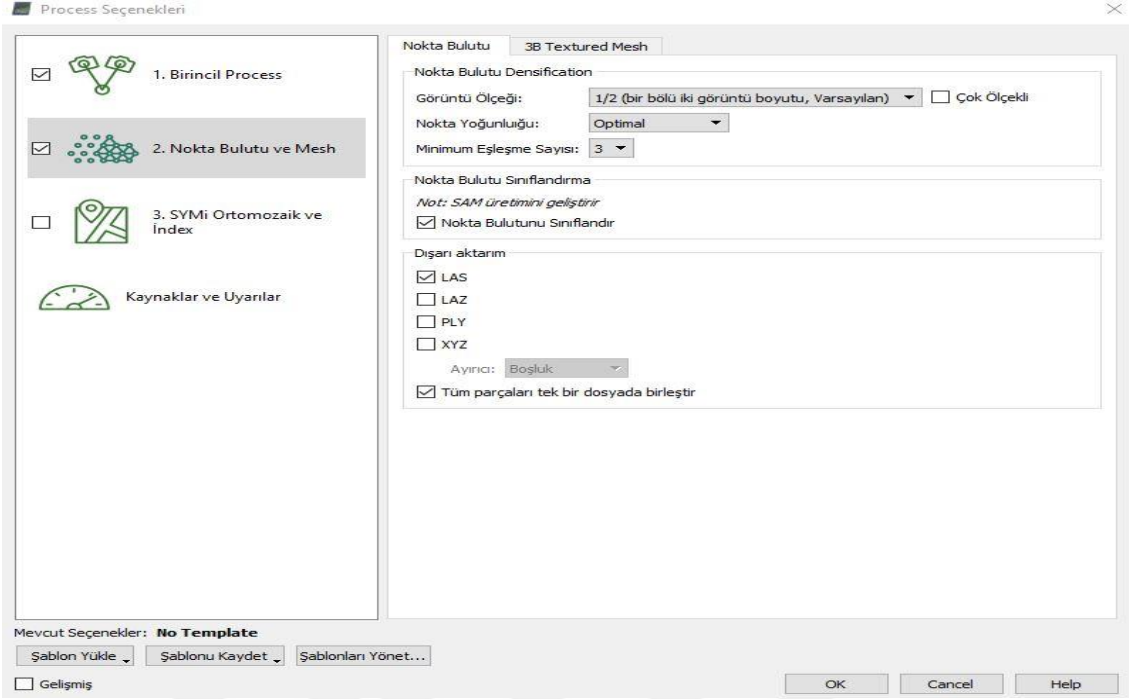
Pix4d yazılımında ön hazırlık aşaması tamamlandıktan sonra görüntü değerlendirme (process) bölümüne geçilmiştir.

Pix4d Mapper yazılımında ilk işlem adımında (initial processing) resimlere ait anahtar noktalar hesaplanır ve seyrek nokta bulutu oluşturulur. Bu kısımda anahtar nokta görüntü ölçeği seçimi yapılır. Bu adımda full seçeneği tercih edilmiştir. Ayrıca 1. adıma ait bir kalite raporu oluşturulması da Pix4d'den istenmiştir. Bu bölümde Şekil 20'de bahsedilenler yapılarak 1. adım yapılmıştır.

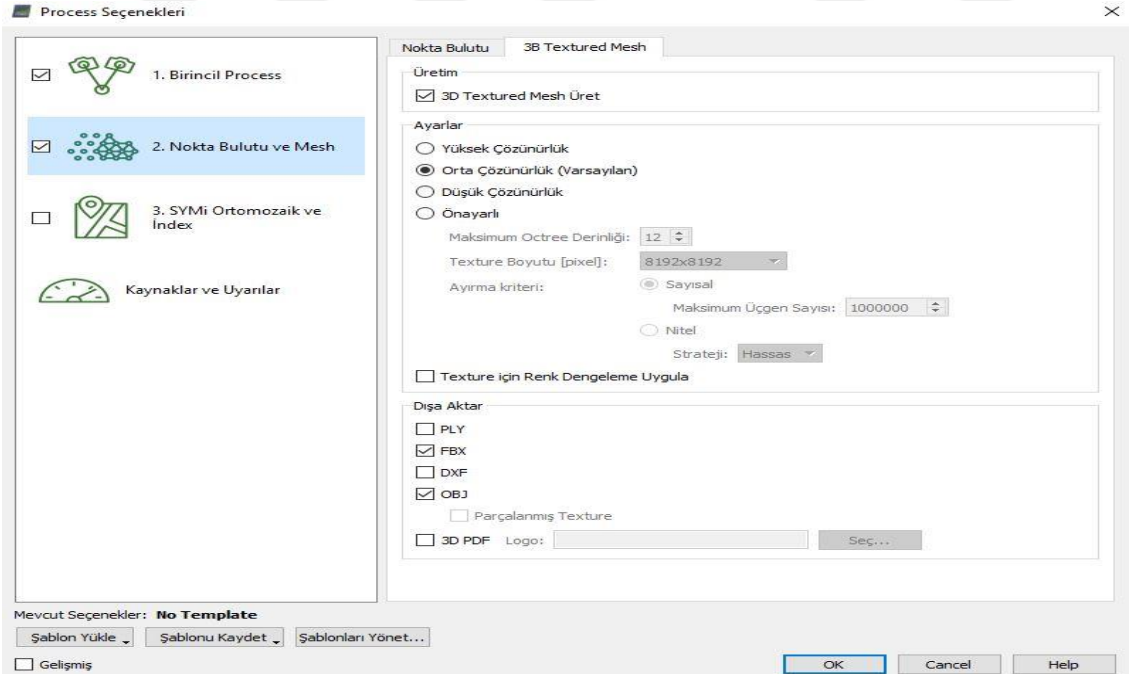


Şekil 20. Pix4d Mapper'de ilk işlemden seçilen özellik ayarları

Pix4d Mapper yazılımında 2. adım yoğun nokta bulutu ve katı (mesh) modelin üretilmesidir. Bu adımda görüntü ölçeği 1/2, nokta bulutu yoğunluğu optimum ve otomatik eşlemeye en az 3 resmin dahil olması programdan istenmiştir. Programdan ayrıca üretilecek nokta bulutunun las formatında dışarıya aktarılması da istenmiştir. Katı model üretim sekmesinde ise çözünürlük olarak orta ayar ve katı modelin dışarıya aktarım formatı olarak obj ve fbx formatları seçilmiştir. Buradaki değerler ne kadar büyük seçilir ise veri üretim süreci o kadar uzamaktadır. Bu yüzden bu bölümde nokta bulutu ve 3B textured mesh sekmelerinde Pix4d tarafından tavsiye edilen bu değerler seçilmiştir. Bu bölümde Şekil 21 ve Şekil 22'de bahsedilenler uygulanarak 2. Adım yapılmıştır.

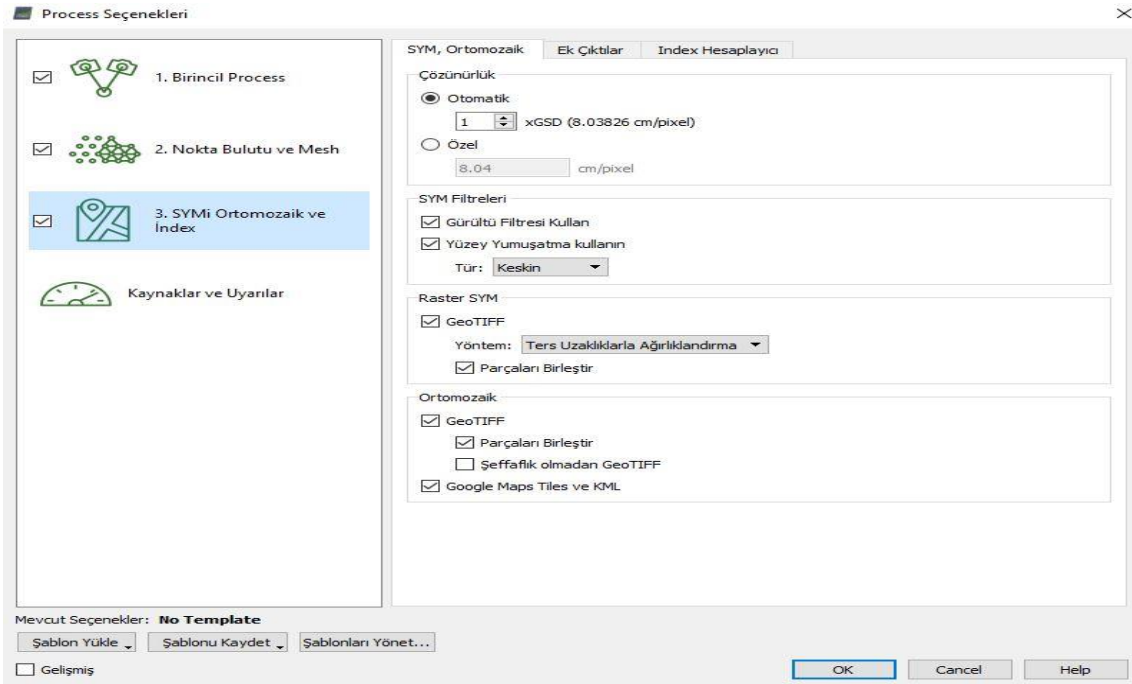


Şekil 21. Pix4d Mapper’de 2. işlem adımında nokta bulutu sekmesinde seçilen özellik ayarları



Şekil 22. Pix4d Mapper’de 2. işlem adımında 3B katı model sekmesinde seçilen özellik ayarları

Pix4d Mapper yazılımında 3. adım DSM, ortomozaik gibi çıktı ürünlerin üretilmesidir. Bu adımda yer örnekleme aralığı (GSD) program tarafından otomatik olarak belirlenen 8.04 cm/piksel olarak belirlenmiştir. DSM filtresi bölümünde gürültü ve yüzey yumuşatması (keskin) seçenekleri yapılsın olarak işaretlenmiştir. Ortomozaik'in parçaların bir araya gelmesiyle oluşturulması seçeneği ve kml dosyası olarak dışarı aktarılabilir seçeneği işaretlenmiştir. Bu bölümde yer alan ek çıktılar ve index hesaplayıcısı sekmeleri ile ilgili herhangi bir işlem yapılmamış ve 3.adım uygulanmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Pix4d Mapper'de 3. işlem adımında SYM, Ortomozaik sekmesinde seçilen özellik ayarları

Tüm işlemler tamamlandıktan sonra Pix4d Mapper, kullanıcılara yapılan işlem özetleri olarak bir sonuç raporu sunmaktadır. Çan (Kocabaş) Çayının taşkın analizi için hazırlanacak geometrik verilere altlık olacak çıktı ürünlere ait kalite raporuna ait özet raporu ve kalite kontrol raporu Tablo 8'deki ve Tablo 9'daki gibidir.

Tablo 8

Pix4d Mapper tarafından üretilen özet raporu

Proje adı	çan_sercan
İşlem tarih bilgisi	2022-09-21 11:22:49
Kamera modelinin adı	S.O.D.A._10.6_5472x3648 (RGB)
Yer örnekleme aralığı (YÖA)	8.04 cm / 3.16 in
Kapsama alanı	16.219 km ² / 1621.8808 ha / 6.27 sq. mi. / 4009.8291 acres
Toplam işlem zamanı	01h:44m:52s

Tablo 9

Pix4d Mapper tarafından üretilen kalite kontrol raporu

Her bir görüntüde ortalama anahtar nokta sayısı	6463	+
Projede işlenen görüntü sayısı	2566'de 2586 (%99)	+
Kameraya ait ilk ve hesaplanan pozisyon arasındaki parametrelerdeki değişim miktarı	0.57%	+
Yöneltilmiş her bir görüntü başına eşlenmiş orta nokta ortalaması	1742.51	+
YKN kullanım bilgisi	YKN kullanılmadı	-

Tablo 8'de 1621.88 hektarlık alanın modellendiği, 2586 adet resimden 2566 resmin kalibre edildiği ve işleme sokulduğu, yer örnekleme aralığının (YÖA) 8.04 cm/piksel olarak hesaplandığı ve herhangi bir koordinatı bilinen noktanın değerlendirilmeye katılmadığı gibi sonuç değerlerini gösteren bir rapor yer almaktadır.

Tablo 9'daki değerler incelendiğinde ortalama olarak her resim başına yaklaşık 6463 adet karakteristik nokta tespitinin yapıldığı belirtilmiştir. Görüntü işleme kısmında %99 oranında resimlerin kalibre edildiği tespit edilmiş, başlangıç ve optimize edilim sonrasında kalibre edilen iç yöneltme parametrelerinin ilk girdi değerleri ile çıktı değerleri arasındaki farkın %0.57 olduğu raporda belirtilmiştir. Bu yüzdelik orana göre çalışmada kullanılan sensörün fotogrametrik açıdan başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır. Raporda ayrıca kalibre edilen her bir görüntünün eşlenen orta nokta miktarı ortalama olarak 1742.51 olarak bulunmuştur. Çalışmada yer kontrol noktasının kullanılmadığı yine raporda belirtilmiştir.

Tablo 10’da İHA’nın uçuş anında elde ettiği ölçü değerleri ile dengeleme sonrasında elde edilen değerler arasındaki farklara ait karesel ortalama değerleri verilmiştir. Değerlendirme sonucunda x,y ve z yönündeki karesel ortalamalar (RMSE) ise x yönünde 5.0 cm, y yönünde 1.6 cm ve z yönünde ise 2.7 cm olarak bulunmuştur. PPK (Post Process Kinematic) yöntemine göre YKN kullanılmadan yapılan fotogrametrik değerlendirmede elde edilen bu ortalama hatalar, PPK yönteminin bu tür çalışmalarda kullanılabilirliğini göstermiştir.

Tablo 10

Yatay ve düşey yönde elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri

Min Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z [%]
-	-6.72	0.00	0.00	0.00
-6.72	-5.37	0.00	0.00	0.00
-5.37	-4.03	0.00	0.00	0.00
-4.03	-2.69	0.00	0.00	0.00
-2.69	-1.34	0.00	0.00	0.00
-1.34	0.00	49.03	49.03	49.73
0.00	1.34	50.97	50.97	50.27
1.34	2.69	0.00	0.00	0.00
2.69	4.03	0.00	0.00	0.00
4.03	5.37	0.00	0.00	0.00
5.37	6.72	0.00	0.00	0.00
6.72	-	0.00	0.00	0.00
Mean [m]		-0.004454	0.000222	-0.001452
Sigma [m]		0.049021	0.015911	0.027214
RMS Error [m]		0.049223	0.015913	0.027253

Pix4d yazılımı ile görüntü işleme sürecinde kullanılan bilgisayara ait kapasite ve donanım özellikleri ise Şekil 24’deki gibidir.

System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU @ 2.20GHz RAM 127GB GPU: NVDIA Quadro P2000 (Driver: 23.21.13.9133)
Operating System	Windows 10 Pro for Workstations, 64-bit

Şekil 24. Pix4d Mapper yazılımı ile görüntülerin işlendiği bilgisayara ait özellikler

Pix4d Mapper yazılımı ile elde edilen modelin doğruluğunu görebilmek için daha önce çalışmanın arazi kısmında TUSAGA-Aktif (Cors-Tr) sisteminden faydalanarak UTM projeksiyonu 27. dilim orta meridyenine ait 3 derecelik ITRF 96 koordinat sisteminde okumaları yapılan denetleme noktalarının model ve arazi koordinatları arasındaki farkları incelenmiştir. Buna göre x,y ve z yönündeki değerler ve arasındaki farklar Tablo 11'deki gibidir.

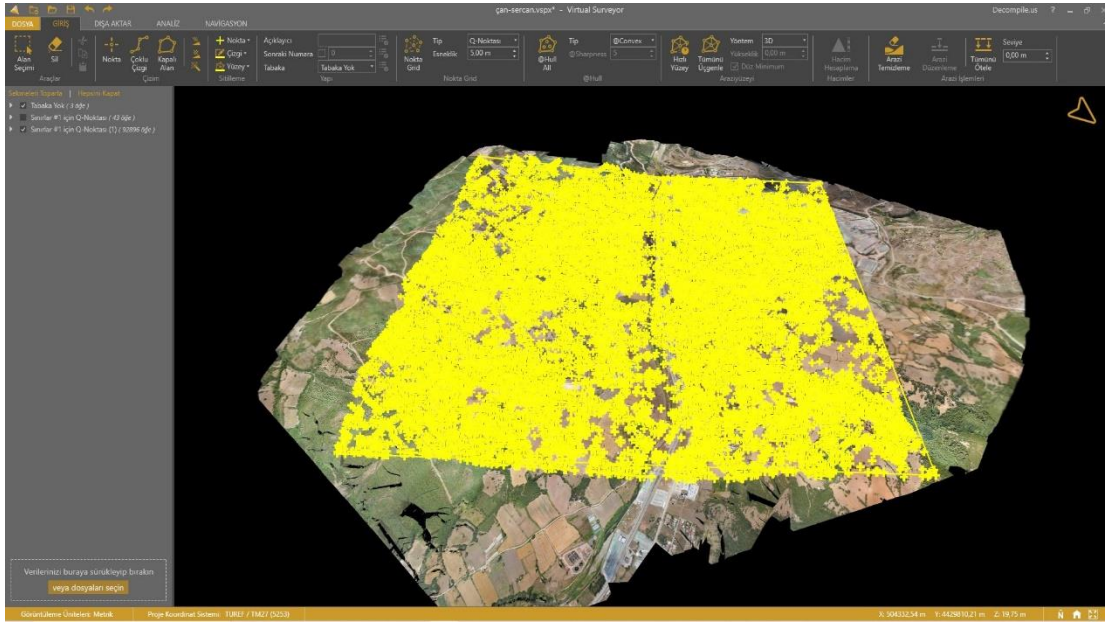
Tablo 11

Arazi ve model koordinatlarının karşılaştırılması

NOKTA ADI	ARAZİDE ELDE EDİLEN KOORDİNATLAR (ITRF 96) (m)			3B MODELDEN ELDE EDİLEN KOORDİNATLAR (ITRF 96) (m)			FARKLAR (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
DN1	504067.66	4431996.69	114.37	504067.69	4431996.75	114.36	3	6	1
DN2	504171.75	4432392.83	113.88	504171.67	4432392.72	113.94	8	11	6
DN3	504963.25	4432694.99	111.65	504963.30	4432694.13	111.71	5	14	6
DN4	505411.05	4433224.97	111.89	505410.91	4433224.98	111.90	14	1	9
DN5	505789.89	4433552.10	110.54	505789.76	4433552.20	110.48	13	10	6

İHA görüntülerinden yararlanarak taşkın analizinin yapılması: Çan (Kocabaş) Çayı örneği, adlı tez çalışması kapsamında çalışmanın son etabında taşkın analizi için modelleme yapılacak olan HEC-RAS yazılımında modelleme yapabilmek için çalışma alanına ait (DEM

ve DSM'e) düzensiz üçgen ağı (TIN) modeline ihtiyaç duyulmaktadır. DSM ve ortomozaik üzerinden nokta bulutu üretmek için İHA verilerini sayısallaştırmak için kullanılan, görüntü işleme yazılımları ile elde edilen verileri CAD ortamına düzgün bir şekilde aktarmaya yarayan yazılım olan Virtual Surveyor yazılımı kullanılmıştır. Virtual Surveyor yazılımına ilk olarak Pix4d Mapper ortamında üretilen sayısal yüzey modeli (DSM) ve ortomozaik üst üste eklenmiş ve bu iki ürün kullanılarak 5m aralıklı grid ağı oluşturulmuştur (Şekil 25). Çalışmanın bu aşamasında kullanılan bilgisayarın özelliklerinin düşük olması sebebiyle çalışma alanı küçültülmüş ve bu çalışma alanına göre 5 m aralıklı grid ağı oluşturulmuştur.



Şekil 25. Virtual Surveyor yazılımı kullanılarak grid ağı oluşturulması süreci

Sayısal yüzey modelleri (DSM), yeryüzüne ait tüm detayları (insan yapımı obje, ağaç, bina vb.) içerirken; sayısal yükseklik modelleri (DEM), sadece yeryüzüne ait çıplak arazi topografyasını temsil etmektedir. Virtual Surveyor yazılımı kullanılarak DSM'den DEM üretmek için arazi yüzeyinde bulunan detayları temizlemek mümkündür. Çalışma alanına ait tüm detaylar Virtual Surveyor ile temizlenmiş ve sonrasında 5 m aralıklı grid ağı oluşturulmuştur.

Çan (Kocabaş) Çayının taşkın analizi çalışmasında hidrolik modellemenin yapılabilmesi için geometrik verilerin (çay yatağı, sol ve sağ sahil, akış yolları, enkesit) tanımlanması gerekmektedir (Şekil 26,27). Çalışma alanına ait Virtual Surveyor yazılımı ile

üretilen grid ağlarından DEM ve DSM üretmek ve geometrik verileri tanımlamak için CBS yazılımı olan ArcGIS 10.5 ve yazılım içerisinde bulunan HEC-GeoRAS modülü kullanılmıştır.

ArcGIS yazılımı kullanılarak DEM ve DSM'e ait geometrik verilerin oluşturulması ve HEC-RAS yazılımına aktarımı sürecinde yapılanlar aşağıda maddeler halinde ifade edilmiştir.

- Virtual Surveyor yazılımı ile üretilen nokta bulutu yazılıma tanımlanmış, shp uzantılı olarak kaydedilmiş ve shp uzantılı nokta bulutuna ait prj uzantılı koordinat dosyası oluşturulmuştur.

- Shp uzantılı nokta bulutundan TIN modeli üretilmiştir.

- TIN to Raster denilerek raster forma dönüşüm yapılmıştır. Raster formdaki model oluşturulurken tif uzantılı olarak kaydedilmiştir.

- HEC-GeoRAS modülü kullanılarak mebadan mansaba olacak şekilde yaklaşık 2.6 km çay yatağı (river) güzergahı çizilmiştir.

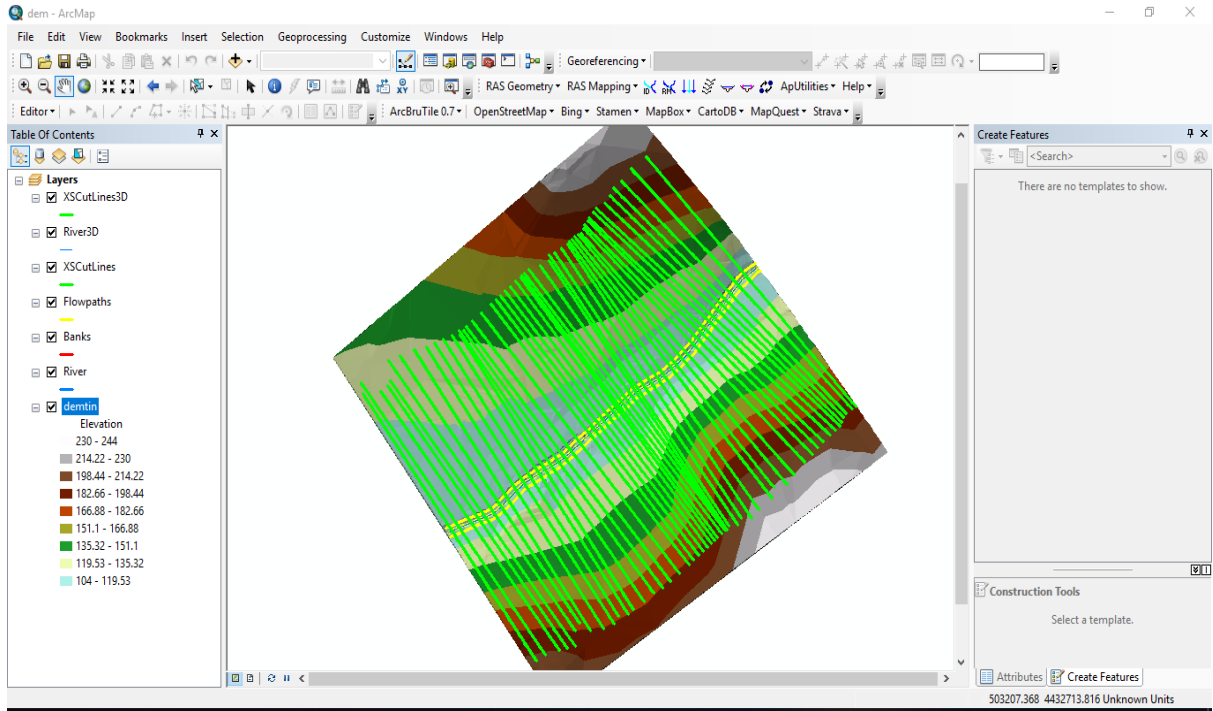
- HEC-GeoRAS modülü kullanılarak mebadan mansaba olacak şekilde sol ve sağ sahil (banks) çizimleri yapılmıştır.

- HEC-GeoRAS modülü kullanılarak flowpaths (akış yolları) çizimi yapılmıştır.

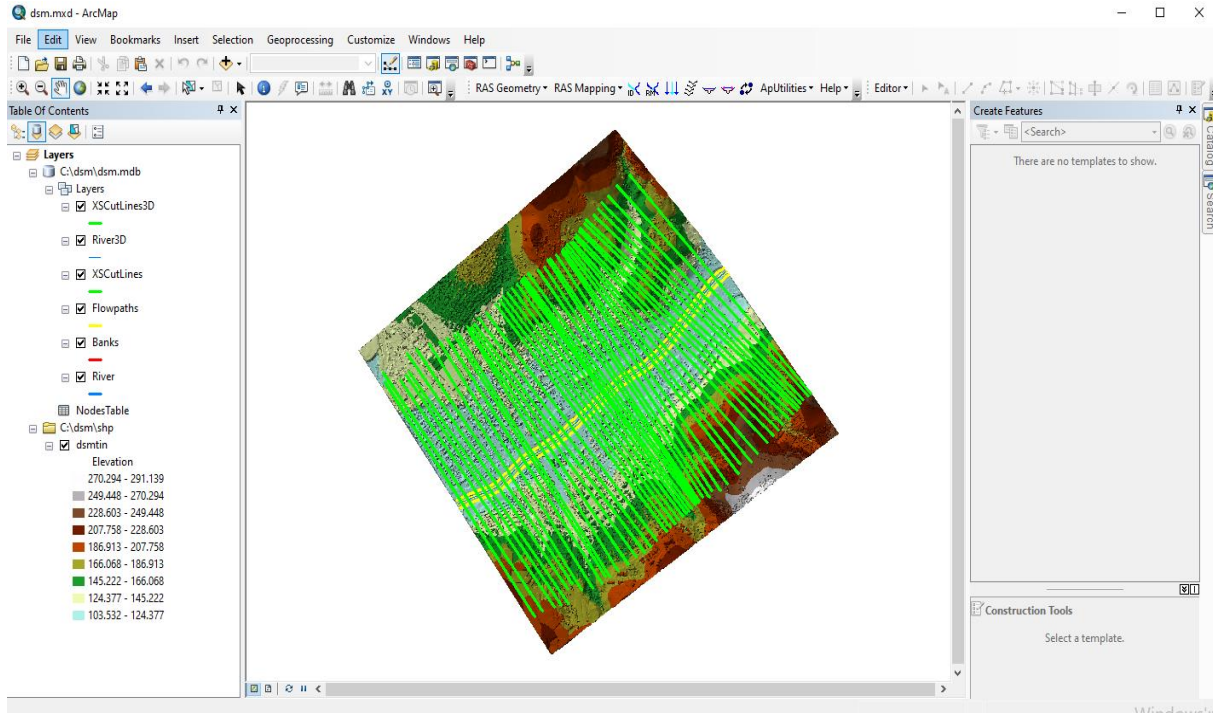
- HEC-GeoRAS modülü kullanılarak hem sayısal yükseklik modeli hem de sayısal yüzey modeli üzerinde 51 adet en kesit (XS Cut Lines) çizimi yapılmıştır (Şekil 26,27). Çizilen enkesitlerin genişliği yaklaşık 2 km'dir. Şekil 28'de ve Şekil 29'da 1+692.52 km'de çizimi yapılan istasyon gösterilmiştir. Şekil 28'de oluşturulan yükseklik modeline ait kesit incelendiğinde çalışma bölgesine ait topografyanın düzenli olduğu görülmektedir. Şekil 29'da oluşturulan yüzey modeline ait kesit incelendiğinde ise çalışma bölgesinin karmaşık olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise sayısal yüzey modellerinin gerçek topografyayı yansıtmasıdır. Bu çalışmada enkesit çizimi yapılırken en kesitlerin birbiriyle kesişmeyecek şekilde, akış yönüne dik ve akış yönüne göre sol taraftan sağ tarafa doğru olacak şekilde çizimleri yapılmıştır. Aksi halde analiz kısmında hata ile karşılaşılacaktır.

- Son olarak hidrolik modellemenin yapılacağı HEC-RAS yazılımına, hazırlanan bu geometrik verileri aktarmak için Export Ras Data sekmesinden sdf uzantılı bir veri dosyası

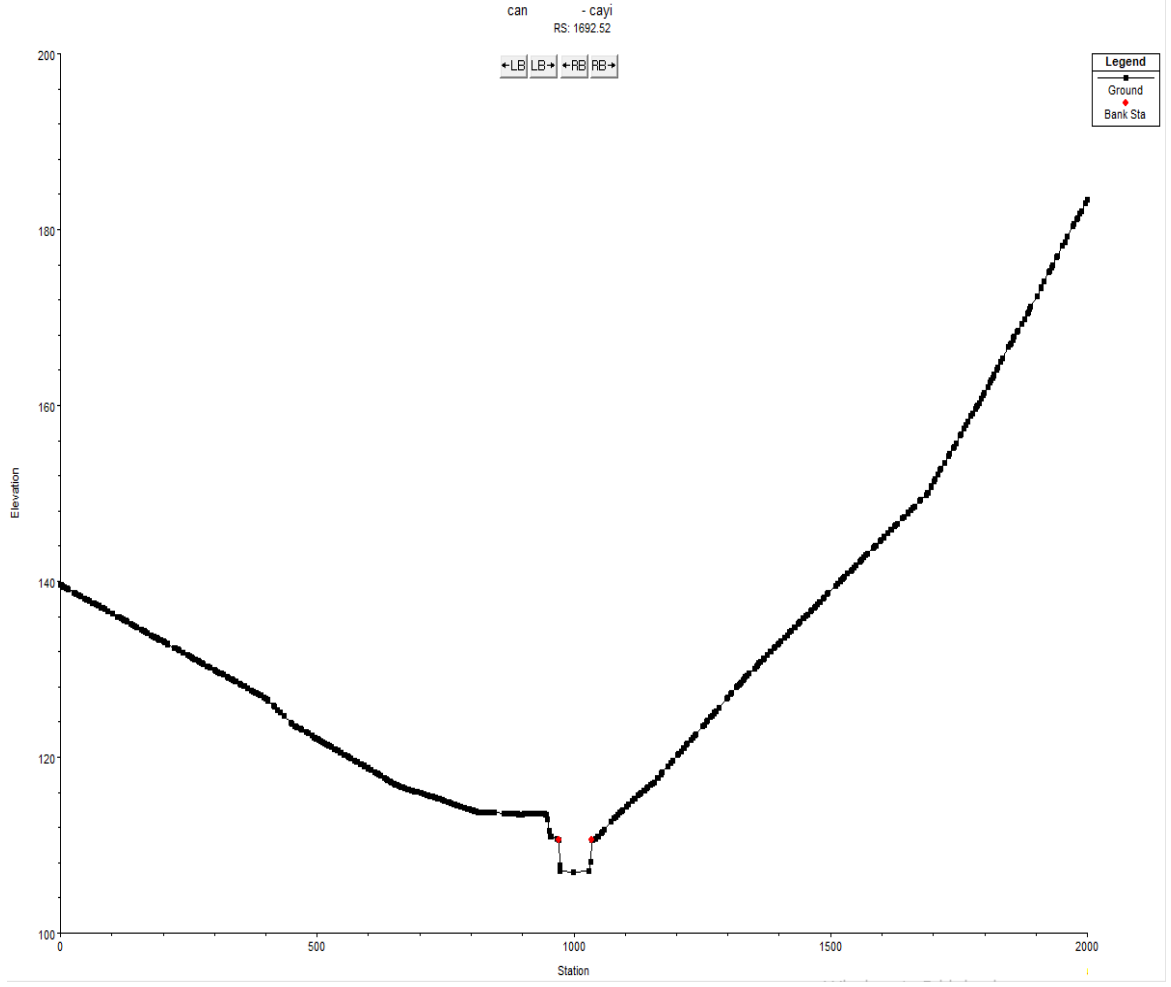
oluşturulmuş ve HEC-RAS'a geometrik veriler koordinatlı bir şekilde (ITRF96) aktarılmıştır.



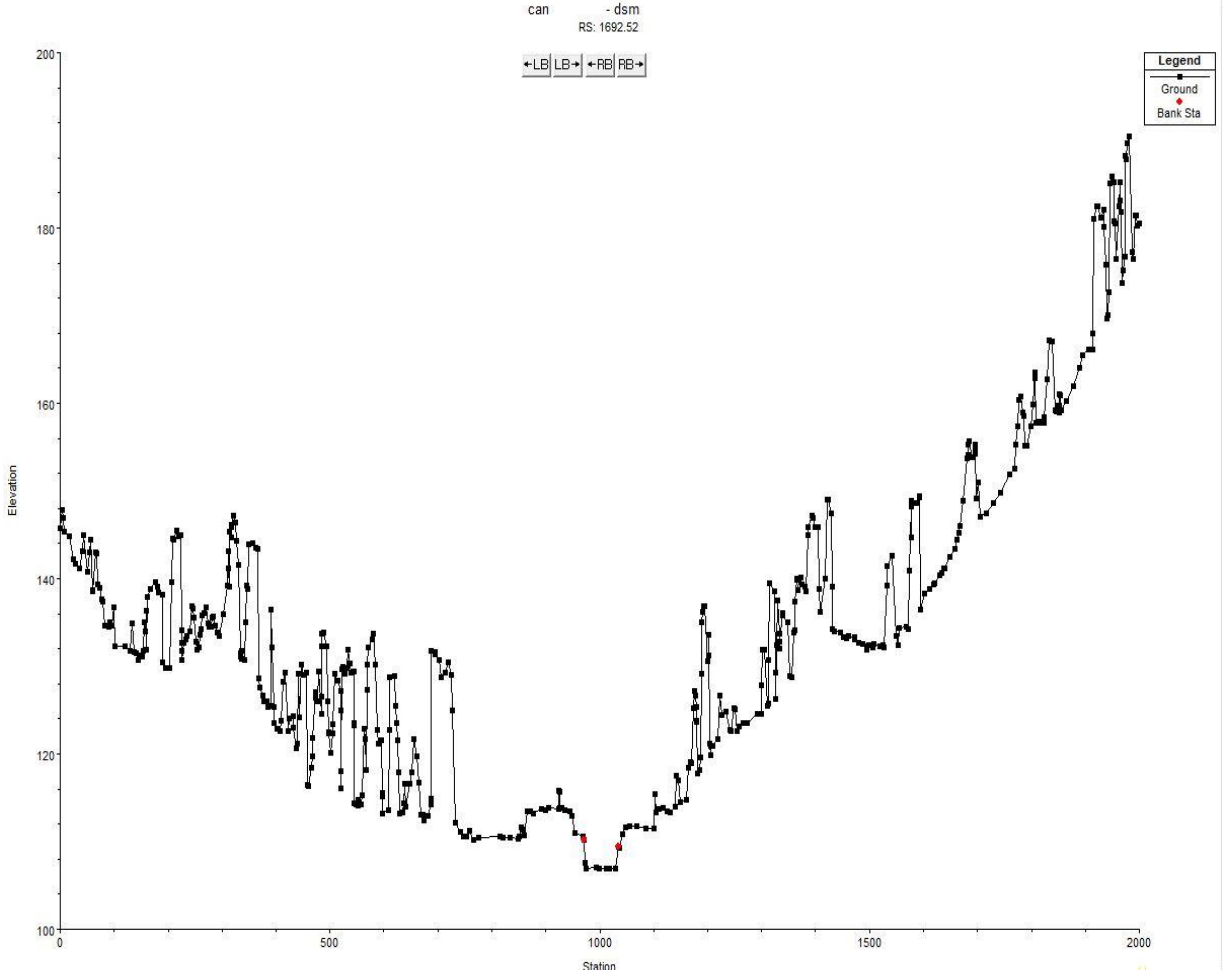
Şekil 26. Çalışma alanına ait (DEM) geometrik verilerin ArcGIS HEC-GeoRAS ile çizimi



Şekil 27. Çalışma alanına ait (DSM) geometrik verilerin ArcGIS HEC-GeoRAS ile çizimi



Şekil 28. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak oluşturulan 1+692.52 km’de bulunan istasyona ait kesit



Şekil 29. Sayısal yüzey modeli kullanılarak oluşturulan 1+692.52 km’de bulunan istasyona ait kesit

HEC-RAS, USACE (ABD Kara Kuvvetleri Mühendislik Birliği) tarafından geliştirilmiş, ücretsiz olarak kullanıcılara sunulan açık kanal ve taşkın analiz programıdır. HEC-RAS’ın Arc-GIS ile entegreli çalışma özelliği farklı meslekteki birçok disiplinin programı kullanması ve analizler yapabilmesini sağlamaktadır. Yazılım kullanıcılarla ilk defa 1995 yılında 1 boyutlu modelleme imkanı vererek buluşmuştur. Daha sonra program ile yapılan düzeltme ve geliştirmeler ile kullanıcılara 2 boyutlu analiz yapabilme imkanı sunulmuştur. 1D analizlerde çizilen enkesitler boyunca analiz yapılabilmekte yani enkesitlerin olmadığı eksik veya olmadığı yerlerde analiz program tarafından yapılamamaktadır. 2D analizlerde ise çeşitli boyutlarda ızgara ağ sistemi program ile tanımlanabilmekte ve analizler daha kolay bir şekilde yapılabilmektedir. HEC-RAS ile bir boyutlu olarak düzenli akım, düzensiz akım, sediment taşınımı ve suyun kalite

modellemesini yapabilmektedir (Tektaş, 2021). HEC-RAS'ın yeni sürümlerindeki özellik sayesinde programda bulunan RAS Mapper sekmesinin kullanılması ile yapılan analizlerin 3 boyutlu olarak görünümü görebilmek mümkündür. Program ile taşkın yayılım alanı, su derinliği, akım hızı gibi sonuçlara ulaşmak mümkündür. Programda analiz yapabilmek için geometrik ve hidrolojik veri kaynaklarının hazır olması gerekmektedir.

HEC-RAS'ta su yüzeyi profilinin oluşturulmasında kullanılan yöntem, iki kesit arasında enerji eşitliğinin yazılmasıyla bulunan denklemin iteratif hesabına dayanan Standart Adım Yöntemidir. Manning pürüzlülük katsayısının bulunması için Einstein – Horton yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşıma göre ıslak çevresi boyunca aynı olmayan pürüzlülük değeri bulunan kompakt kesitlerde, kesitler öyle parçalara ayrılır ki ortak olan ıslak bölgelerde kayma gerilmelerinin meydana gelmemesi sağlanır. Bu yaklaşıma göre kompakt kesitin tüm kısmi alanlarında kesitin kompakt olması sebebiyle aynı hızın olduğu ve bu hızın tüm kesit için geçerli olan ortalama hıza denk olduğu kabul edilmektedir (Özbek, 2009).

HEC-RAS, algoritma olarak kararlı akımlar için 4 adet varsayımı dikkate alır. 1. varsayıma göre akım kararlıdır. 2. varsayıma göre akım yavaş şekilde değişim göstermektedir. (Köprü, menfez gibi yapılarla karşılaşıldığında çabuk değişen akımlar için momentum eşitliği ya da diğer ampirik formüller kullanılmalıdır.) 3. varsayıma göre akım tek boyutludur. 4. varsayıma göre kanalın taban eğimi düşüktür. (Boyuna eğimleri %10 dan küçüktür.)

Kanal boyuna eğimi %10 olduğu durumda $\cos \theta$ değeri 0,995 olmaktadır. Kanalın taban eğiminin daha düşük olması durumunda $h \cdot \cos \theta$ değeri su yüksekliği olan h değerini alır. ($h \cdot \cos \theta \cong h$) Eğer kanal taban eğimi %10 un üstünde ise bulunan su derinlikleri $\cos \theta$ değerine bölünmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, eğimin dik olduğu durumlarda akım içine hava karışımı olacağı için hesaplarda bu durumun dikkat edilmesi gerekir (Özbek, 2009).

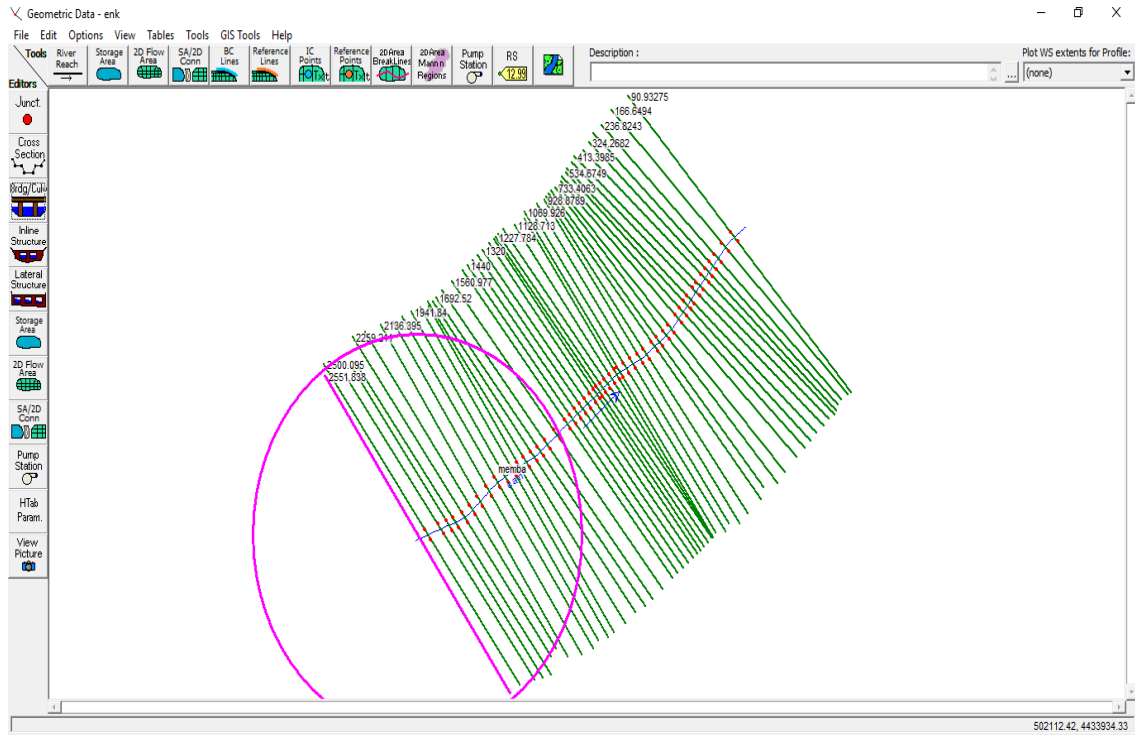
Çan (Kocabaş) Çayının taşkın analizi için Arc-GIS 10.5 yazılımında hazırlanan DEM, DSM ve bunlara ait olan geometrik verilerin çiziminin tamamlanmasının ardından HEC-RAS 6.1.0. sürümüne aktarım işlemi yapılmıştır. Çalışma kapsamında hem DSM hem de DEM için aynı işlem adımları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada DSM için farklı pürüzlülük değerleri programa girilerek denenmiş ve pürüzlülük katsayısının taşkın analizine olan etkisi gözlemlenmek istenmiştir.

HEC-RAS 6.1.0. yazılımı ile çalışmanın önceki kısımlarında hazırlanan geometrik ve hidrolojik verileri kullanarak 1 boyutlu (1D) taşkın yayılım ve derinlik analizleri yapılmıştır. Çalışmada;

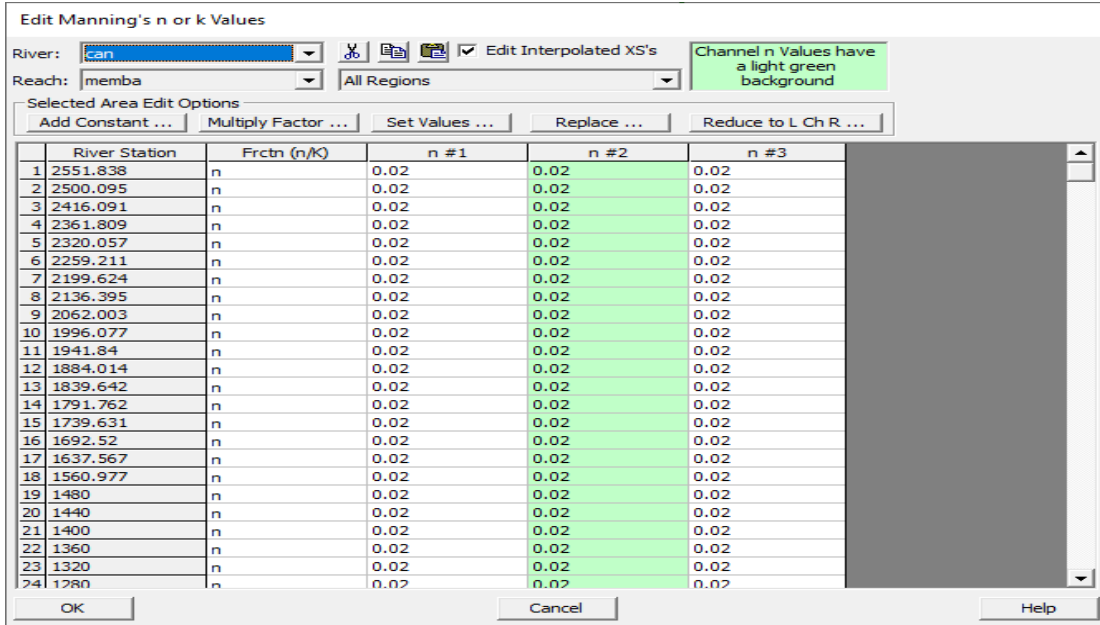
- ArcGIS ortamında hazırlanan geometrik veriler yazılıma tanımlanmıştır (Şekil 30). Sonrasında geometrik veri girişi penceresinde bulunan 'Tables' sekmesinin içinde bulunan 'Manning's n or k values' butonu tıklanmış ve buraya çalışmanın önceki kısımlarında DSİ tarafından alınan bilgiler doğrultusunda çaya ait pürüzlülük değerleri $n_1=n_2=n_3=0.02$ olarak girilmiştir (Şekil 31). Çalışmada ayrıca pürüzlülük katsayısının önemini daha iyi anlayabilmek için DSM'e ait bir adet daha analiz gerçekleştirilmiş ve $n_1=n_2=n_3=0.12$ olarak pürüzlülük değeri denenmiştir.

- Başlangıç ekranında bulunan düzenli akım veri girişi butonu tıklanmış, açılan pencerede yine çalışmanın önceki kısımlarında DSİ tarafından temin edilen Çay'a ait Q100 (711.60 m³/s) ve Q500 (957.90 m³/s) yinelemeli debi değerleri programa girilmiştir (Şekil 32).

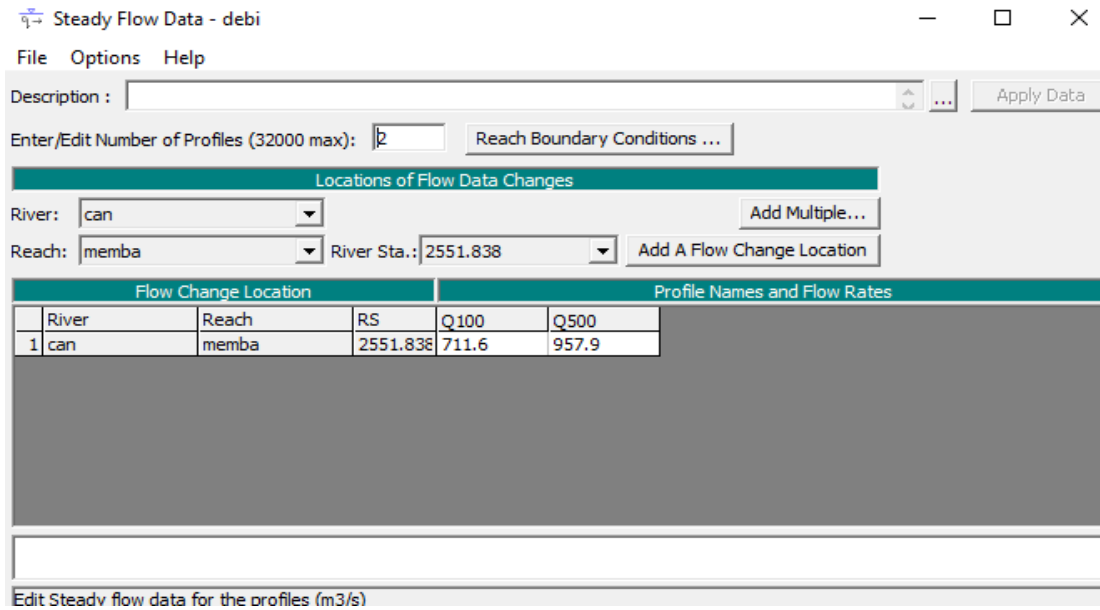
- Analiz yapmak için başlangıç ekranında bulunan düzenli akım analizi butonu tıklanmış ve analiz başlatılmış ve kısa bir süre sonra analiz tamamlanmıştır (Şekil 33 ve 34).



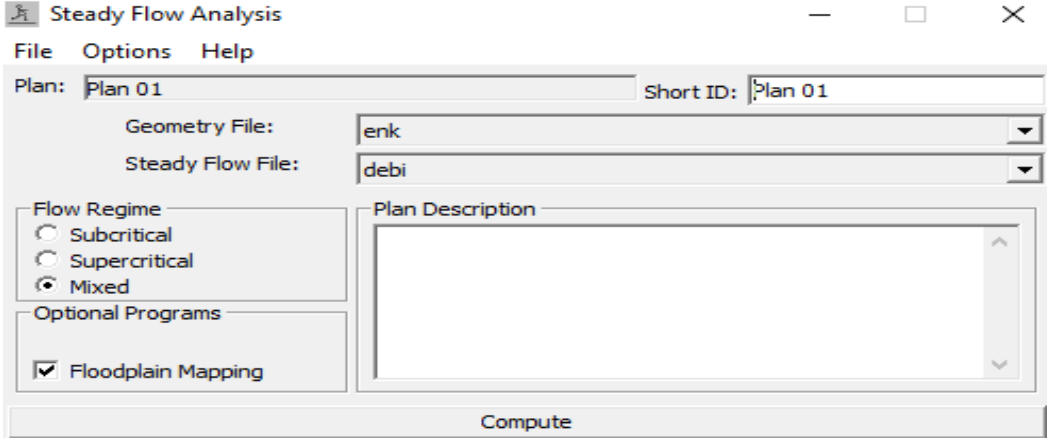
Şekil 30. Arc-GIS ile hazırlanan verilerin HEC-RAS'ta gösterimi



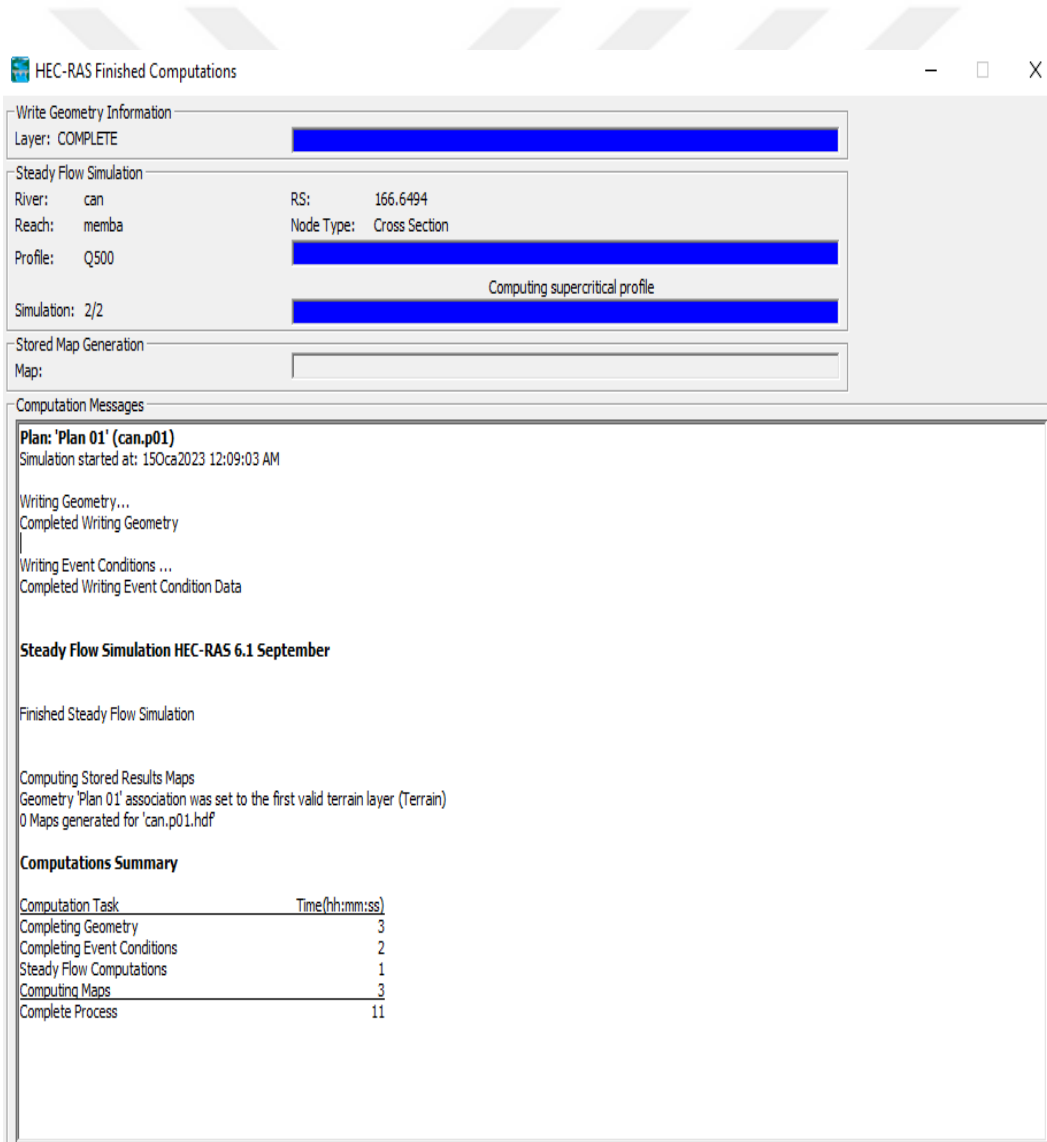
Şekil 31. Dere yatağı, sol ve sağ sahile ait pürüzlülük değerlerinin girilmesi



Şekil 32. Taşkın tekerrür debi değerlerinin programa girilmesi



Şekil 33. Kararlı akıma ait analiz başlatılması



Şekil 34. Kararlı akıma ait analiz sonuç ekranı

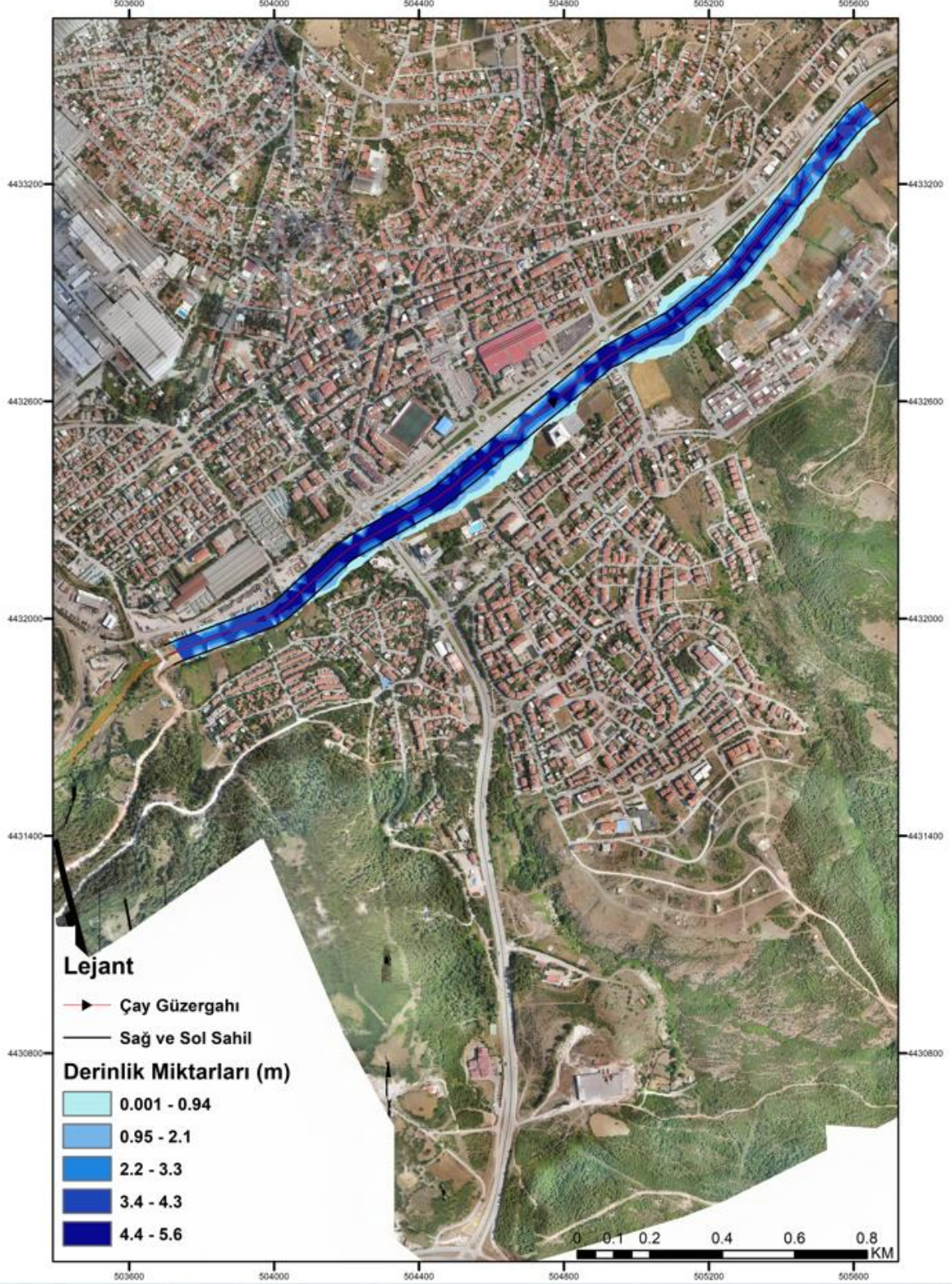
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

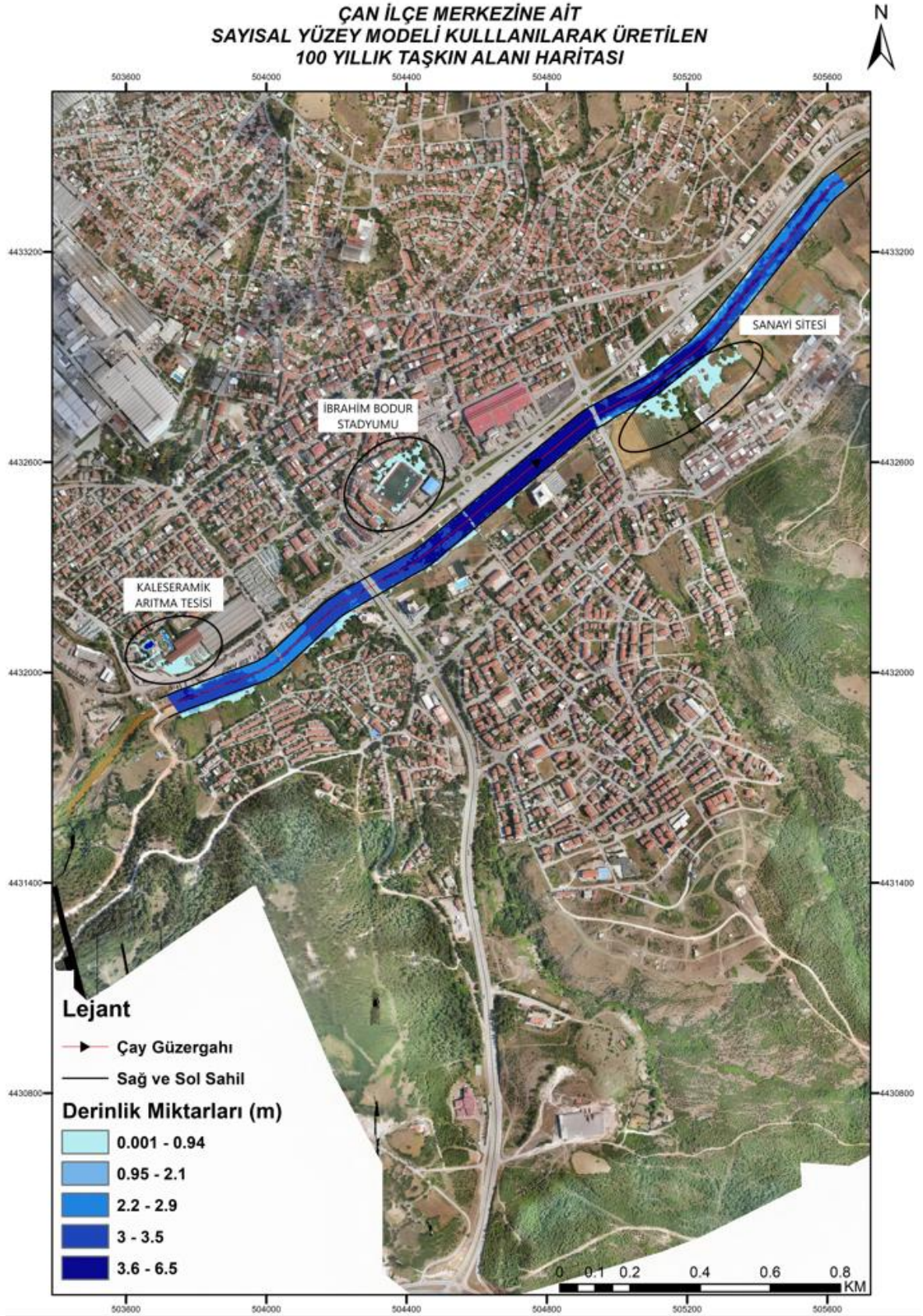
4.1. Taşkın Haritalarının Üretilmesi ve Değerlendirilmesi

Yapılan tez çalışması kapsamında HEC-RAS yazılımı ile Çan ilçesine ait Q_{100} ve Q_{500} tekerrür debilerini kullanarak DSM ve DEM altlıkları üzerinde taşkın derinlik ve yayılım analizleri yapılmıştır. Ayrıca çalışmada analiz için kullanılan ve DSİ'den temin edilen pürüzlülük katsayısı değeri ($n=0.02$) dışında pürüzlülük katsayısının taşkın analizine olan etkisini gözlemlemek için bitki örtüsünün yoğun olduğu varsayımı yapılmış ve farklı bir pürüzlülük katsayısı değeri ($n=0.12$) kullanılmıştır. Yapılan analizler son olarak Arc-GIS yazılımına aktarılarak analizlere ait 2B haritalar üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen haritalar aşağıdaki gibidir (Şekil 35,36,37,38,39,40).

ÇAN İLÇE MERKEZİNE AİT
SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK ÜRETİLEN
100 YILLIK TAŞKIN ALANI HARİTASI



Şekil 35. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen 100 yıllık taşkın haritası

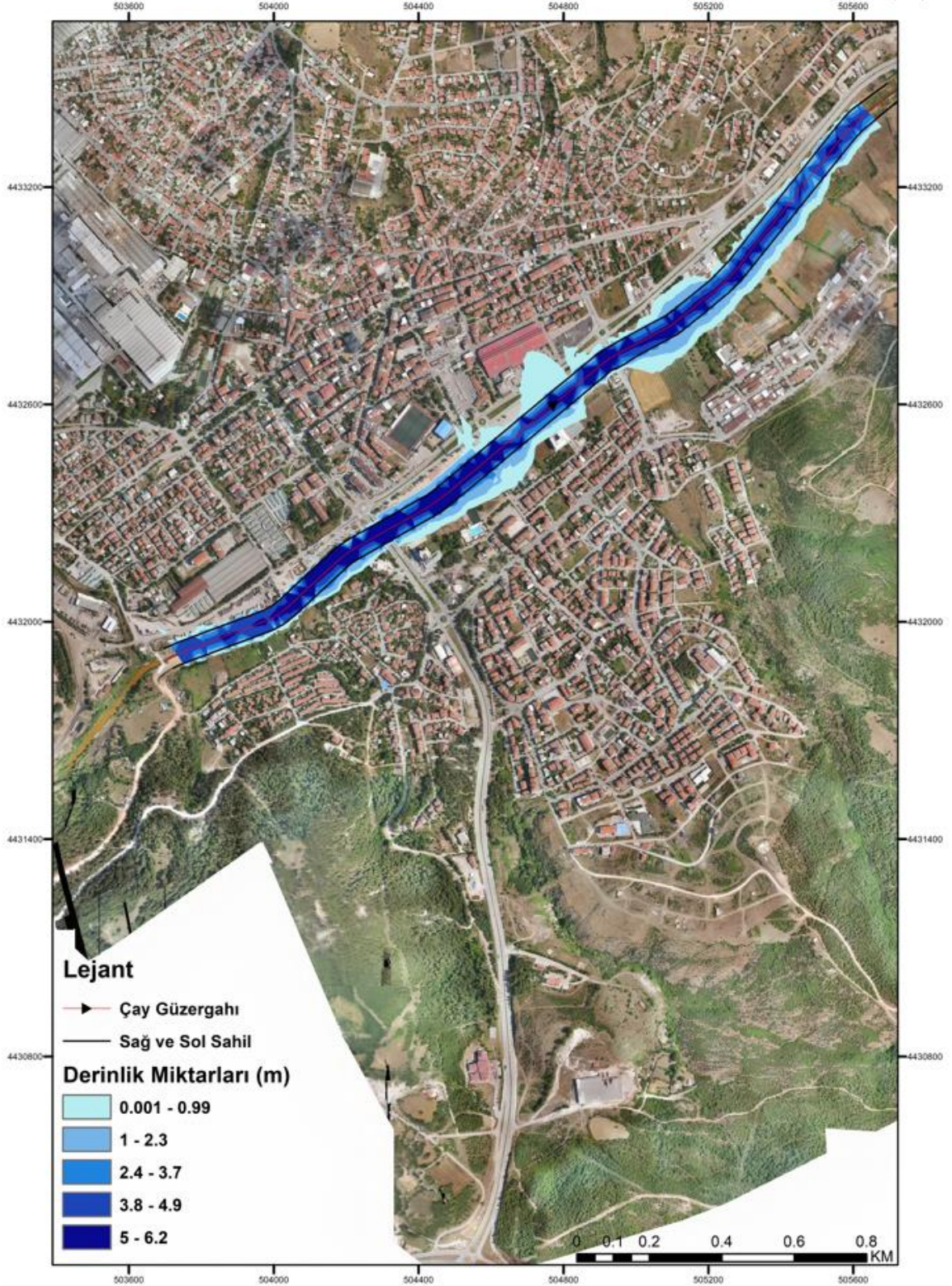


Şekil 36. Sayısal yüzey modeli kullanılarak elde edilen 100 yıllık taşkın haritası

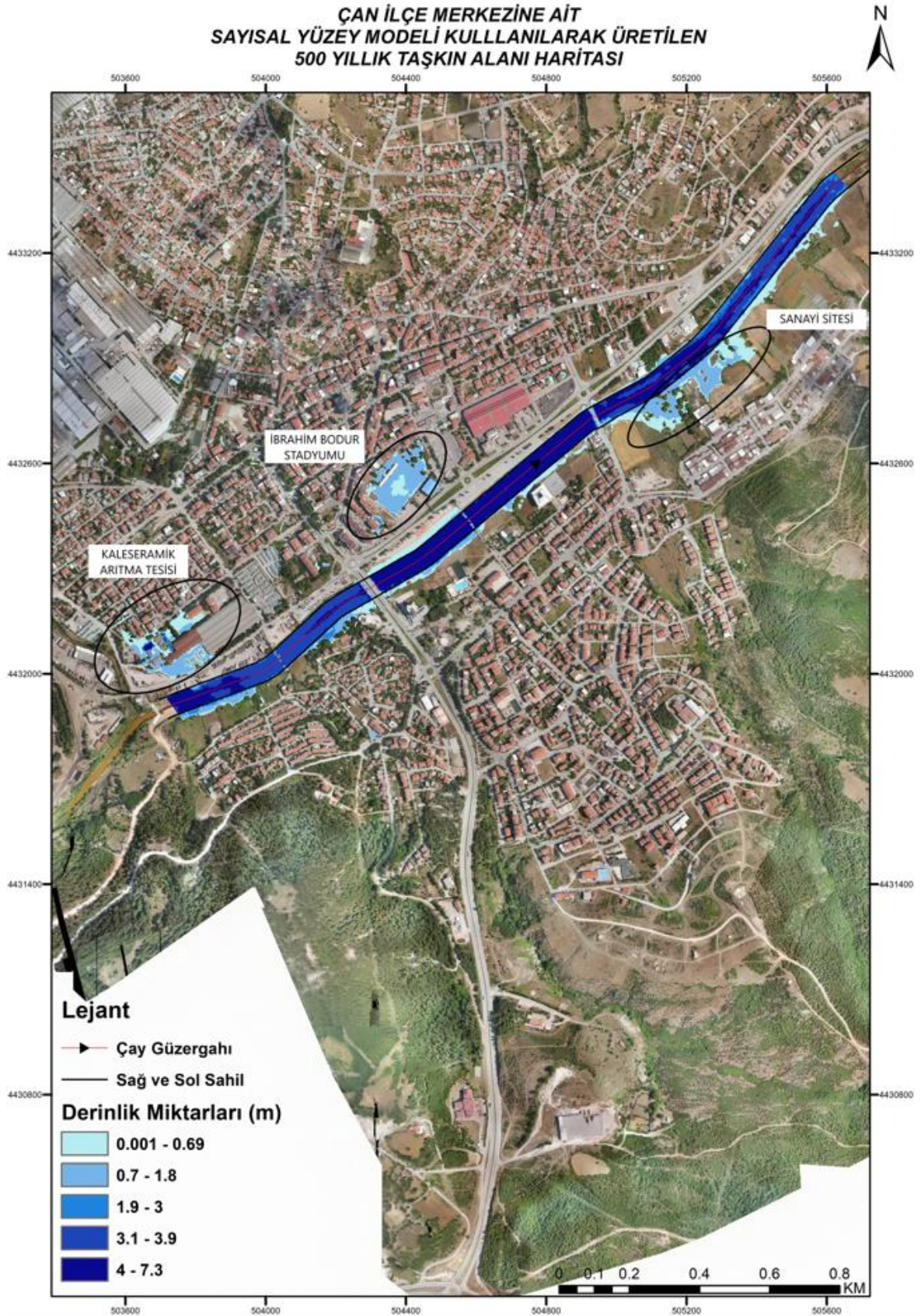
Sayısal yükseklik modeli ve sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen 100 yıllık taşkın haritaları incelendiğinde (Şekil 35,36), yükseklik modeline ait derinlik miktarının 5.6m'ye kadar yüzey modeline ait derinlik miktarının ise 6.5 m'ye kadar ulaştığı görülmektedir. Haritalar incelendiğinde DEM'e ait yayılımın düzenli olduğu görülmektedir. DSM incelendiğinde ise yayılım alanının düzensiz olduğu ve haritada gösterilen mevkilere kadar yayılımının genişlediği görülmektedir.



ÇAN İLÇE MERKEZİNE AİT
SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ KULLANILARAK ÜRETİLEN
500 YILLIK TAŞKIN ALANI HARİTASI



Şekil 37. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen 500 yıllık taşkın haritası

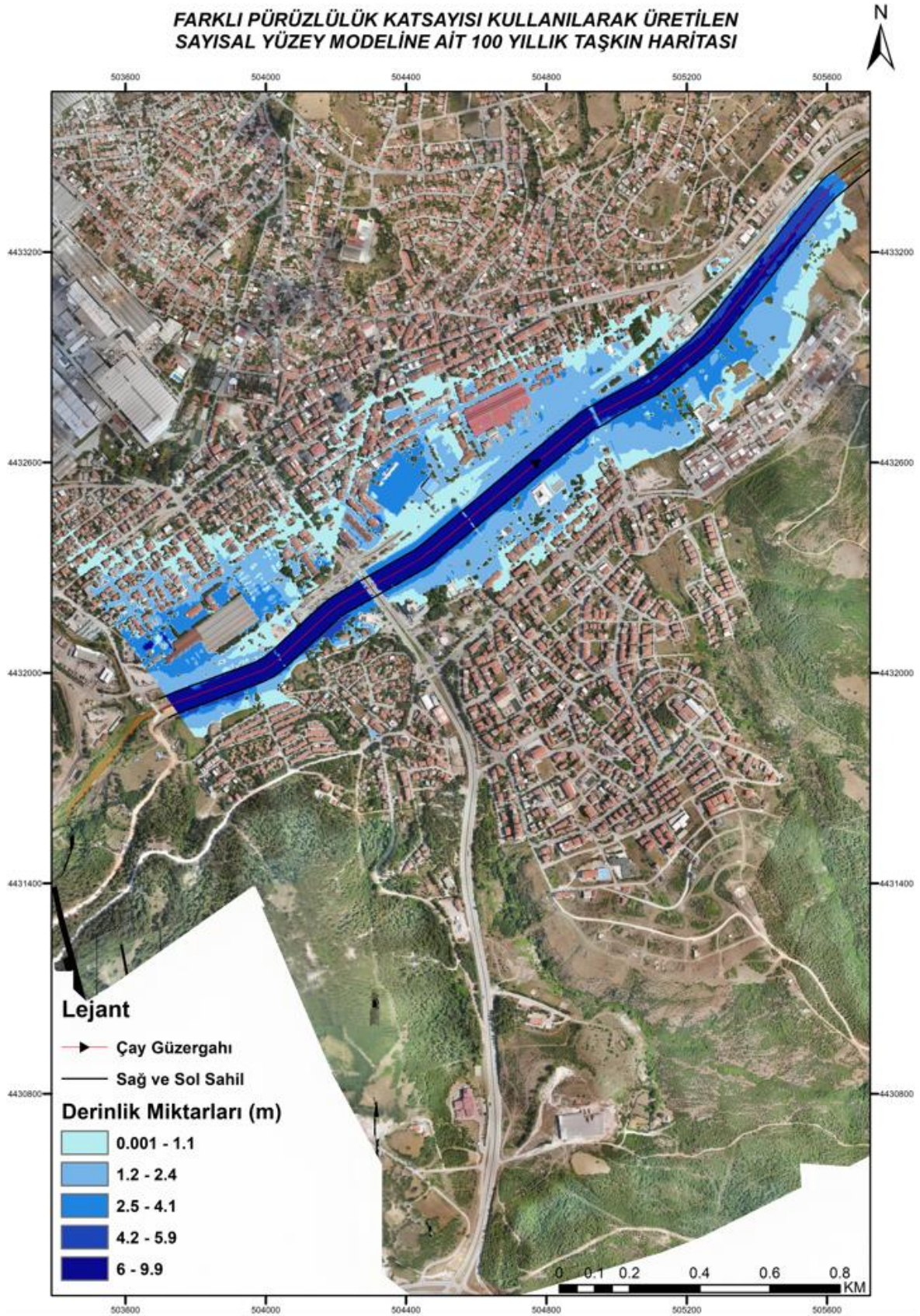


Şekil 38. Sayısal yüzey modeli kullanılarak elde edilen 500 yıllık taşkın haritası

Sayısal yükseklik modeli ve sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen 500 yıllık taşkın haritaları incelendiğinde (Şekil 37,38), yükseklik modeline ait derinlik miktarının 6.2m'ye kadar yüzey modeline ait derinlik miktarının ise 7.3 m'ye kadar çıktığı görülmektedir. DEM'e ait taşkın yayılımının yine düzenli olduğu görülürken DSM'e ait yayılımın düzensiz olduğu ve çeşitli bölgelere ulaştığı görülmektedir.

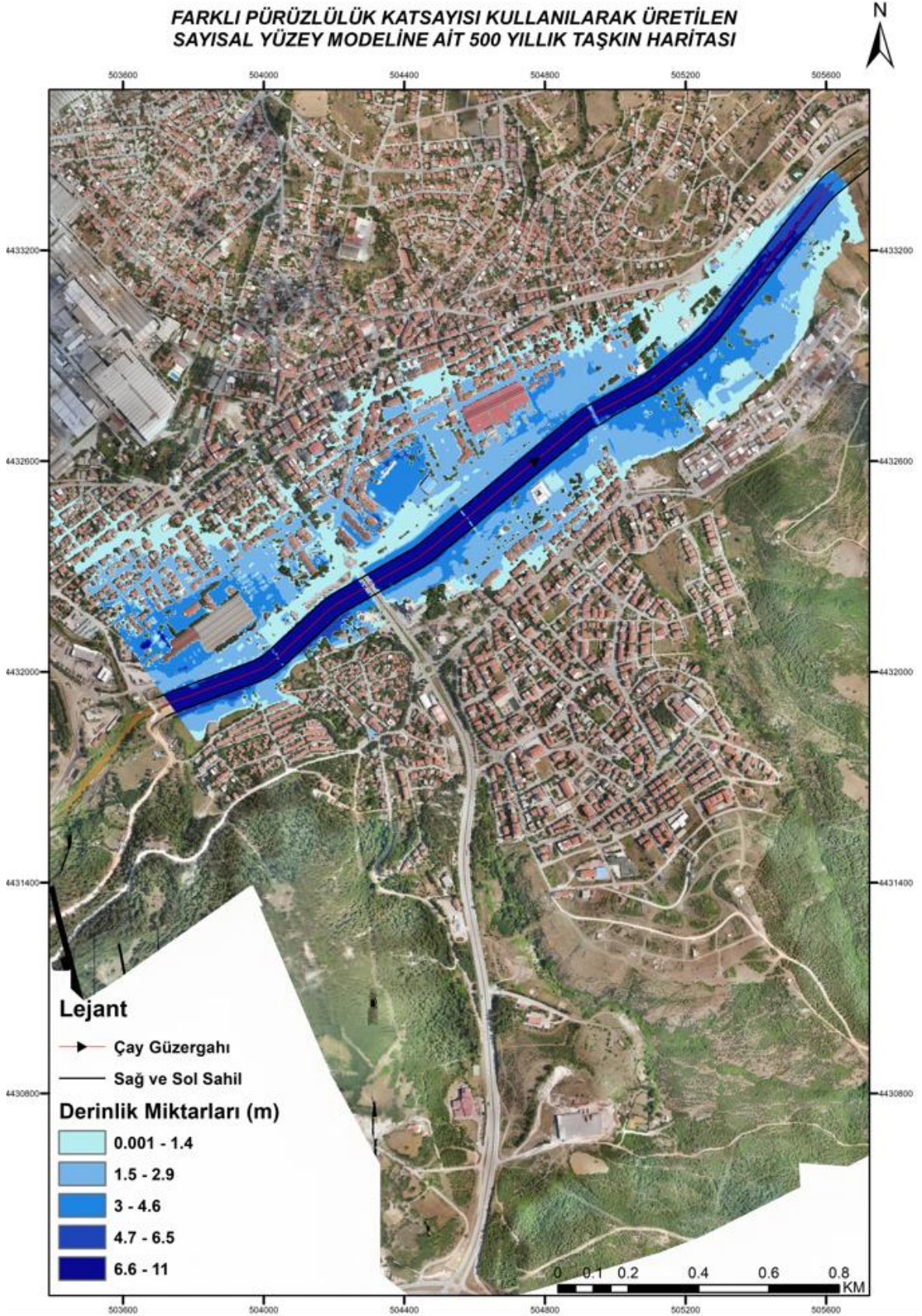


FARKLI PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISI KULLANILARAK ÜRETİLEN
SAYISAL YÜZEY MODELİNE AİT 100 YILLIK TAŞKIN HARİTASI



Şekil 39. Farklı pürüzlülük katsayısı kullanılarak üretilen DSM'e ait 100 yıllık taşkın haritası

FARKLI PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISI KULLANILARAK ÜRETİLEN
SAYISAL YÜZEY MODELİNE AİT 500 YILLIK TAŞKIN HARİTASI



Şekil 40. Farklı pürüzlülük katsayısı kullanılarak üretilen DSM'e ait 500 yıllık taşkın haritası

Farklı pürüzlülük katsayısının taşkın derinlik ve yayılım alanına etkisini gözlemek için çalışma kapsamında DSI'den temin edilen pürüzlülük katsayısı değerleri (Tablo 2) tablosundan kanal bitki örtüsü $n_4=0.1$ alınarak pürüzlülük katsayısı değeri yeniden hesaplanmış ve $n=0.12$ olarak bulunmuştur. Bu değer kullanılarak HEC-RAS ortamında hidrolik analiz yapılmış ve analiz sonuçları Arc-GIS ortamına aktarılarak analizlere ait 100 ve 500 yıllık taşkın haritaları üretilmiştir (Şekil 39,40). Üretilen haritalar incelendiğinde 100 yıllık analizde derinlik miktarının 9.9 m'ye, 500 yıllık analizde ise derinlik miktarının 11 m'ye ulaştığı görülmektedir. Taşkın yayılım alanlarının ise oldukça geniş alanlara ulaşacağı ve pek çok sayıda yapının taşkınlardan olumsuz etkileneceği tespit edilmiştir.



BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşkınlar ülkemizi önemli derecede maddi ve manevi yönden olumsuz olarak etkileyen afetlerden biridir. Özellikle kış aylarında yağan kar kütesinin havalarının ısınmasıyla birlikte erimesiyle su seviyeleri artmakta ve taşkınlar meydana gelmektedir. Bu tez çalışmasının konusunun geçtiği Çan ilçesinde son olarak 2022 yılının Şubat ayında artan yağış ile birlikte taşkın riskinin yaşandığı gözlemlenmiştir. “İHA görüntülerinden yararlanarak taşkın analizinin yapılması: Çan (Kocabaş) Çayı örneği” adlı tez çalışması ile Çan ilçesinden geçen Çan(Kocabaş) Çayı ile ilgili taşkın analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile 100 ve 500 yıllık yinelemeli taşkın tekerrür debilerine göre HEC-RAS yazılımı kullanılarak taşkın modellemeleri yapılmıştır. Çalışmada DSİ 252. Şube Müdürlüğünden temin edilen debi ve pürüzlülük değerleri kullanılarak hem arazinin çıplak yapısını gösteren sayısal yükseklik modeli üzerinde hem de arazinin gerçek topografyasını yansıtan sayısal yüzey modeli üzerinde taşkın analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde Çan (Kocabaş) Çayı'nın etrafında bulunan 3.7 m yüksekliğe sahip taşkın koruma duvarlarının olası durumlarda suyu taşıma kapasitesinin yetersiz kalacağı ve taşkınlara sebebiyet vereceği gözlemlenmiştir. Özellikle yüzey modeli üzerinde yapılan çalışmada ile taşkın derinlik ve yayılım alanlarının daha fazla bölgede etkisini gösterdiği analizler neticesinde belirlenmiştir. Bunun sebebinin gerçek arazi topografyası kullanıldığında suyun akışını etkileyen faktörlerinde hesaba katılması olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma ile ayrıca analizlerde kullanılan pürüzlülük katsayısının önemi incelenmek istenmiş, çay üzerinde bitki örtüsünün yoğun olduğu düşünülmüş ve daha yüksek değerli bir pürüzlülük katsayısı değeri kullanılarak yüzey modeli üzerinde 100 ve 500 yıllık analizler yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda ise pürüzlülük katsayısının taşkın analizlerine olan etkisi açıkça görülmüştür. Buna göre DSİ'den temin edilerek yapılan önceki analizlerin aksine taşkın derinlik ve yayılma miktarlarında önemli bir artış gözlemlenmiştir. Uygulama sonucunda taşkın alanının yer yer 600 m'ye kadar genişlediği ve çok sayıda yapıyı etkilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlardan taşkın koruma duvarlarının çalışma kapsamında yapılan tüm analizler neticesinde, olası ihtimallerin gerçekleşmesi durumunda taşkınlara karşı yetersiz kalacağı görülmektedir.

Yukarıda sözü geçen olası durumların gerçekleşmemesi için öncelikle Çan (Kocabaş) Çayı etrafında bulunan taşkın koruma duvarları analizleri karşılayacak şekilde genişletilmeli ve yükseltilmelidir. Çay içerine dışarıdan çayın akışını etkileyecek şekilde atılan/atılacak maddeler çay içerisinden temizlenmelidir. Özellikle çayın en önemli sorunlarından biri olan ve taşkın analizinde suyun geniş alanlara yayılmasına neden çay içerisinden kendiliğinden ortaya çıkan bitki örtüleri düzenli olarak temizlenmelidir. İlçeye ait mevcut imar planları yeniden gözden geçirilmeli ve taşkın riski olan yerlere inşaat ve kullanım izni verilmemeli, bu bölgeler yeşil alan olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca son olarak çayın geçtiği bölgeye erken uyarı sistemi kurulmalı ve olası taşkın durumunda tedbirler alınmalıdır.



KAYNAKÇA

- Ünal, H. (2022). Ergene Nehri: Tekirdağ Muratlı-Kırklareli Pehlivan köyü arası taşkın akımı belirlenmesi ve hidrodinamik taşkın analizi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye
- Efe, H. ve Önen, F. (2015). Batman çayı'nın taşkın analizinin HEC-RAS programıyla yapılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 6(2), 83-92.
- Yaylak, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Taş, E. İçağa, Y. ve Zorluer, İ. (2016). Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği.
- Erdoğan, A. (2016). Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Oğraş, S. (2019). Dicle Nehri'nin taşkın analizinin HEC-RAS programı ile yapılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10(3), 1087-1098.
- Sönmez, O. Hırca, T. ve Demir, F. (2017). Akım ölçümü olmayan nehirlerde farklı yağış akış modelleri ile tekerrürlü taşkın debisi hesabı: Mudurnu Çayı örneği. In 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan).
- Tektaş, Y. ve Polat, N. (2021). HEC-RAS İle Taşkın Modelleme ve Sentinel-2 Uzaktan Algılama Görüntüsünden Taşkın Hasar Analizi: Diyarbakır İli Çakmak Deresi Çınar Bölgesi Örneği. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 3(1), 28-35.
- Uysal, G. ve Taşçı, E. (2023). Batman Barajı'nın Yıkılması Durumunda Mansapta Taşkın Riskinin İki Boyutlu Hidrolik Modelleme ve Uydu Verileri ile Analizi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 9(1), 39-57.
- Kuşoğlu, Y. (2019). Törebüzek çayında taşkın analizi yapılması ve taşkın yayılım alanlarının HEC-RAS ile elde edilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Utlu, M. Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Cografya Dergisi*, 36, 49-62. <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>
- Bulu, A. ve Yılmaz, E. (2002). Serbest yüzeyli akımlarda pürüzlülük katsayısının belirlenmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 420(4), 79-81.
- Tuncer, İ. (2011). Açık kanallarda su yüzü profilinin belirlenmesi, Nakkaş dere örneğinde bir HEC-RAS uygulaması..
- Akar, A. Akar, Ö. ve Bayata, H F. (2021). SenseFly eBeeX İHA İle Üretilen Ortofotonun Konum Doğruluğunun İncelenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(2), 65-68.
- Kabadayı, A. (2022). Açık Maden Ocağında Hacim Hesabı için GNSS ve İHA Ölçümlerinin Karşılaştırıldığı Bir Çalışma Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 52-57.
- Şasi, A. (2020). Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 01-07.
- Pırtı, A. ve Kurtulgu, Z. (2021) Sürekli gözlem yapan referans istasyonları kullanılarak yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerdeki konum belirlemenin doğruluk analizi. *Geomatik*, 6(1), 01-14, DOI: 10.29128/geomatik.646674.
- Yılmaz, D. (2020). İnsansız Hava Aracı Destekli Değişim Analizleri: Kentsel Dönüşüm Alanları Uygulamaları Örneklemesi (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Kabadayı, A. ve Uysal, M. (2020). Yüksek çözünürlüklü İHA verilerinden bina tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 43-48.
- Yastıklı, N. ve Bayraktar, H. (2014). Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi.
- Türk, Y. , Balaban, B. Alkan, E. , Çınar, T. & Aydın, A. (2022). Açık maden sahalarında kazı sonrası zemin değişiminin izlenmesinde İHA-tabanlı RTK/PPK yönteminin kullanımı: Düzce-Tatlıdere taş ocağı örneği . *Ormancılık Araştırma Dergisi* , Karok 2021 , 76-85 . DOI: 10.17568/ogmoad.1093694

- İzci, V. ve Ulu, A. (2021). Yer Kontrol Noktalarının Harita Üretimine Etkileri. International Geoinformatics Student Symposium (IGSS), 40-46, Mersin, Turkey
- Saygili, B. (2019). İnsansız hava aracı ile fotogrametrik olarak üretilen verilerin konum doğruluklarının araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Tarık, T. Ü. R. K., & ÖCALAN, T. (2020). PPK GNSS sistemine sahip insansız hava araçları ile elde edilen fotogrametrik ürünlerin doğruluğunun farklı yaklaşımlarla irdelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(1), 22-28.
- Yılmaz, S. E. (2022). Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla Şuhut yerleşim birimlerinin taşkın modellemesi (Master's thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çanta, E. E., KILIÇER, S. T., & AKINCI, H. (2022). Flo-2d ve hec-ras yazılımları ile Ardanuç (Artvin) ilçesindeki Pona Deresi ve Örtülü Deresi'nin taşkın yayılım haritalarının karşılaştırmalı üretilmesi. Turkish Journal of Remote Sensing and GIS, 3(1), 50-64.
- Topcon Magnet Tools. (2022, 15 Aralık). Erişim adresi: <https://www.paksoytekni.com.tr/paksoy-topcon/yazilim/magnet-tools.html>
- Tunca Nehrinin taşkın alanı genişledi (2022, 10 Aralık). Erişim adresi: <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/tunca-nehrinin-taskin-alani-genisledi-357528.html>
- Taşkın Risk Yönetimi (2022, 10 Aralık). Erişim adresi: <https://sayistay.gov.tr/reports/download/wPoAKK1Qey-taskin-risk-yonetimi>
- Taşkın Yönetimi (2012, 10 Aralık). Erişim adresi: http://taskinyonetimi.tarimorman.gov.tr/_engine/_engine/file.axd?file=/Dokumanlar/Task%C4%B1n_Yonetimi.pdf
- Dere Yataklarına Yapılan Evler (2022, 10 Aralık). Erişim adresi: <https://www.ensonhaber.com/gundem/karadenizde-dere-yatagina-yapilan-evler-yikilacak>
- Taşkınlar (2022, 10 Aralık). Erişim adresi: <https://www.imo.org.tr/Eklenti/1547,ulkemizde-taskinlar-nedenleri-zararlari-ve-alinmasi-gereken-onlemlerpdf.pdf?0>

Taşkın öncesi ve sonrası alınacak önlemler (2022, 11 Aralık). Erişim adresi: <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/afaddan-sel-ile-taskinlarda-yapilmasi-gerekenler-icin-oneriler/1512593>

Pix4d (2023, 5 Ocak). Erişim adresi: https://ataymuhendislik.com/wp-content/uploads/2022/03/Atay_pix4Dmapper-KK.pdf.

Dere yataklarında yapılaşma (2022, 12 Aralık). Erişim adresi: <https://www.karar.com/guncel-haberler/sayistay-olume-davetiye-cikariyorsunuz-dedi-ve-uyardi-binlerce-bina-ve-1705455>

Virtual Surveyor (2023, 10 Ocak). Erişim adresi: <https://www.paksoytekniik.com.tr/paksoy-topcon/iha/virtual-surveyor.html>

Çan ilçesi (2022, 20 Aralık). Erişim adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87an,_%C3%87a

Biga Yarımadası Kuzeydoğu Kıyılarının Jeomorfolojik Özellikleri. Erişim: 20 Ocak 2023, https://www.academia.edu/4050828/Biga_Yar%C4%B1madasi%C4%B1_Kuzeydo%C4%B1y%C4%B1lar%C4%B1n%C4%B1n_Jeomorfolojik_%C3%96zellikleri_Geomorphological_features_of_the_coastal_part_on_the_Northeastern_part_of_Biga_Peninsula_NW_Turkey_

