



Mekânsal Analiz Yöntemleri İle Bergama Havzası Taşkın Tehlike Haritasının Oluşturulması

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans

Ahmet POLAT

ORCID 0000-0001-8135-3681

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sedat YALÇINKAYA

Mart 2022

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Ahmet Polat** tarafından hazırlanan **Mekânsal Analiz yöntemleri ile Bergama Havzası Taşkın Tehlike Haritasının Oluşturulması** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Doç. Dr. Sedat YALÇINKAYA**
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Mehmet SORGUN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali KUMANLIOĞLU
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Savunma Tarihi: **1 Şubat 2022**

Yazarlık Beyanı

Ben **Ahmet Polat**, başlığı **Mekânsal Analiz yöntemleri ile Bergama Havzası Taşkın Tehlike Haritasının Oluşturulması** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

İmza:

Tarih: 16.02.2022

Mekânsal Analiz Yöntemleri ile Bergama Havzası

Taşkın Tehlike Haritasının Oluşturulması

ÖZ

Taşkınlar, can ve mal kayıpları açısından dünyada önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Nüfus yoğunluğunun artması çarpık şehirleşme ve küresel ısınmanın etkisi ile birlikte taşkın sayılarının ve şiddetinin artması beklenmektedir. Son yıllarda yapılan taşkın araştırmaları ve çalışmaları ile bu kayıpların en aza indirilmesi için taşkın esnasında risk bölgelerinin tayin edilmesi önem arz etmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte arazi üzerinde topoğrafik verilerin alınması hızlanmakta olup bilgisayar tabanlı programlar ile simülasyonlar yapılarak risk oluşturan bölgeler önceden belirlenebilmektedir. Bu simülasyonlar belli bir veri tabanında kaydedilerek olası taşkınların etkilerini azaltmak için önlemler alınması ve taşkın anında can ve mal kayıplarının en aza indirilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımıyla Bergama Havzasında taşkın anında su yükseklikleri haritası oluşturulmuştur. Herhangi bir taşkın anında su altında kalabilecek bölgeler geometri esaslı CBS yöntemiyle önceden belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Harita Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılında çalışma alanında almış olduğu LIDAR (Light Detection and Ranging) nokta veri kümeleri kullanılarak CBS yardımı ile sayısal yükseklik modeline (SYM) dönüştürülmüştür. Daha sonra HAND (Height Above Nearest Drainage) metodu uygulanarak önceden tayin edilen nehir su yükseklikleri için taşkın yatağındaki riskli su yükseklikleri hesaplanmıştır. Akarsu seviyesindeki artışları gösteren bu metot, hangi bölgelerin su altında kalacağını göstermektedir. Bu yöntem ile Bergama Havzasının taşkın anında su yükseklik haritası oluşturularak hangi bölgelerin su altında kalacağı belirlenmiştir. Bu yöntemin üstünlüğü, uygulamasının hızlı olmasıdır. Fakat sonuçların doğruluğu hidrodinamik

modellere göre daha az hassastır. Dolayısıyla ileri (hidrodinamik) taşkın modelleme teknikleri ile taşkın anındaki su yükseklikleri bir n eleme analizi olarak kullanılması uygun görülmektedir. Bergama Havzasının su yükseklik haritasının oluşturulması ile daha detaylı taşkın modellemesi gerektiren alanların tespiti amalanmıştır.

Anahtar Szckler: Taşkın Yönetimi, Taşkın Anında Su Ykseklikleri Haritaları, CBS, HAND, LIDAR

Flood Inundation Mapping for Bergama Using Spatial Methods

Abstract

Floods pose is a significant threat to the world in terms of loss of life and property. The effects of unplanned urbanization and global warming have accompanied the increase in population density in recent years. It is expected that the number and severity of floods will increase. In recent years, it is important to identify risk zones during floods in order to minimize flood losses through research and studies. With the advancement of technology, the land acquisition of topographical data on the predetermination of risky areas by making computer based simulations and taking precautions to reduce the impact of possible flood by recording in the database with that study it is possible to minimize loss of life and property. In this study, with the help of geographic information system (GIS) flood hazard in the Bergama Basin map was created. Areas that can be flooded in any flood predetermined by the based geographic information system GIS method.

Within the scope of the study, it was taken in the study area of the General Directorate of Maps in 2017 GIS assistance using LIDAR (Light Detection and Ranging) point datasets, it was converted into a digital elevation model (DEM). Then, by applying the HAND (Height above Nearest Drainage) method, the predetermined river water heights and the risky water heights in the floodplain were calculated. Increases in water level in streams his method shows us which areas will be submerged under water. With this method by creating the flood hazard map of the Bergama Basin, which regions

will be flooded during the flood determined to be below. The advantage of this method is that its application is fast. But results are less accurate than hydrodynamic models. Therefore, this method detailed flood hazard areas with advanced (hydrodynamic) flood modeling techniques, it is appropriate to use it as a pre-elimination analysis in determining the places where work should be done. In this study, it was evaluated in this context and the method was applied to Bergama to determine the areas that require more detailed flood modeling.

Keywords: Flood Management, Flood Hazard Maps, GIS, HAND, LIDAR

Teşekkür

Tez çalışmam süresince benden desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarım; İnşaat Mühendisi Adem AY'a, Peyzaj Mimarı Gülay TAYLAN'a, Pazarlama ve Reklam biriminden Okan ŞENTÜRK'e, ve tez çalışmama katkılarından dolayı Doç. Dr. Sedat YALÇINKAYA'ya minnet ve teşekkürlerimi arz ederim.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı	ii
Öz	iii
Abstract	v
Teşekkür	vii
Şekiller Listesi.....	ix
Tablolar Listesi.....	xi
Kısaltmalar Listesi	xii
Semboller Listesi.....	xiv
1 Giriş	1
2 Materyal ve Metot	16
2.1 Çalışma Alanı.....	16
2.2 Sayısal Yükseklik Model'inin Oluşturulması	18
2.3 SYM Üzerinde Nehir Ağının Düzeltilmesi ve Köprülerin Giderilmesi	22
2.4 HAND (Height Above Nearest Drainage) İşlem Akışı	26
2.5 D8 ve D _{sonsuz} Algoritmalarının Alan Hesaplaması.....	34
3. Sonuç ve Öneriler	37
3.1.Bergama Havzası LIDAR Nokta Verilerinin Düzenlenmesi	39
Kaynaklar	53
Özgeçmiş	62

Şekiller Listesi

Şekil 1.1	Şekil 1.1 Dünya genelinde meydana gelen doğal afetlerin afet türlerine göre dağılımı (1980-1999/2000-2019).....	2
Şekil 1.2	LIDAR sistemi birleşenleri	4
Şekil 1.3	Sabit akışlı su yüzey profilleri.....	5
Şekil 1.4	Bir ve iki boyutlu kararsız akış simülasyonu	6
Şekil 2.1	Bergama Havzası Çalışma Alanı.....	17
Şeki 2.2	Bergama Havzası Çalışma Alanı.....	17
Şekil 2.3	Bergama havzası taşkın anında su yükseklikleri haritasının oluşturulmasında izlenecek iş akış şeması	18
Şekil 2.4	LIDAR nokta verilerinin sınıflandırılması.....	20
Şekil 2.5	LIDAR dosyaların birleştirilmesi.....	20
Şekil 2.6	LIDAR alımlarında gürültü (kuş veya su) noktaları	21
Şekil 2.7	SYM oluşturulması	21
Şekil 2.8	SYM üzerinde Akarsu Yatağının Düzenlenmesi	22
Şekil 2.9	Akarsu Ağı Başlangıç Noktaları Kabul Edilmesi	23
Şekil 2.10	Akarsu Çıkış Noktasının Belirlenmesi.....	24
Şekil 2.11	Köprülerin Yer Verişi Olarak Görülmesi.....	24
Şekil 2.12	Köprü Verilerinin Sınıflandırılarak Yer Verişinden Çıkarılmış Hali.....	25
Şekil 2.13	ArcMap’de Akarsu Başlangıç ve Boşaltma Noktası Sınıflandırması	26
Şekil 2.14	HAND işlemi izlenecek iş akışı şeması	27
Şekil 2.15	Dolgu İşlevi.....	27
Şekil 2.16	Engel Kaldırma İşlevi.....	28
Şekil 2.17	Akış Yönü Tayini	28
Şekil 2.18	8 Yönlü Akım Modeli Sayılara Karşılık Gelen Yönler.....	28
Şekil 2.19	D8 Akış Yönü Belirleme.....	29
Şekil 2.20	D8 ve D ∞ Modelleri.....	30
Şekil 2.21	Akış Birikimi (Flow Accumulation)	31
Şekil 2.22	Con Aracı Kullanılarak Akarsu Akış Izgarasının Oluşturulması.....	31

Şekil 2.23	D-Sonsuz Akış Yönünün Belirlenmesi Ekran Fotoğrafı.....	32
Şekil 2.24	D-Sonsuz Aşağı Mesafe Hesaplama	33
Şekil 2.25	Taşkın anında su altında kalacak bölgelerin harita üzerinde gösterilmesi	34
Şekil 2.26	Akış yönlerinin D8 algoritması ile belirlenmesi (a) Sayısal Yükseklik Modeli-Grid değerleri, (b) Akış yönü kodları, (c) Sayısal Yükseklik Modelinin akış yönlerine göre kodlanması, (d) Akış yönleri sembolik gösterimi.....	35
Şekil 2.27	D-sonsuz algoritması ile akış yönlerinin belirlenmesi	36
Şekil 3.1	Doğal arazi kotlarının noktalar ile sınıflandırılması	40
Şekil 3.2	Lidar nokta kümelerinden doğal arazi noktalarının belirlenmesi.....	41
Şekil 3.3	Bergama Havzası SYM.....	42
Şekil 3.4	Bergama Havzası SYM Topoğrafik Görüntüsü	43
Şekil 3.5	SYM Üzerinde Nehir Yatağının Belirlenmesi	44
Şekil 3.6	Nehir Yatağı Üzerindeki Köprülerin Kaldırılması.....	45
Şekil 3.7	Akarsu Başlangıç Noktaları ve Boşaltma Noktasının Belirlenmesi.....	46
Şekil 3.8	Bergama Havzası Akış Yönü Tayini.....	47
Şekil 3.9	Bergama Havzası Akış Izgaralarının Oluşturulması.....	48
Şekil 3.10	Bergama Havzası D- Sonsuz Akış Yönü Belirlenmesi.....	49
Şekil 3.11	Bergama Havzası D-Sonsuz Aşağı Yönlü Mesafe Hesaplama	50
Şekil 3.12	Bergama Havzası Taşkın Risk Bölgelerinin Harita Gösterilmesi.....	51
Şekil 3.13	Bergama havzası Taşkın Risk Bölgelerinin gösterilmesi.....	52
Şekil 3.14	Bergama havzası Taşkın Risk Bölgelerinin gösterilmesi.....	52

Tablolar Listesi

Tablo 2.1 Rigel LMS-Q1560 teknik özellikleri	19
--	----

Kısaltmalar Listesi

LIDAR	Light Detection and Ranging
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
GPS	Global Positioning System
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
HAND	Height above Nearest Drainage
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center's
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
FIM	Flood Inundation Mapping
UA	Uzaktan Algılama
SYzM	Sayısal Yüzey Modeli
SAM	Sayısal Arazi Modeli
3B	3 boyutlu
TauDEM	Sayısal Yükseklik Modelleri Kullanılarak Arazi Analizi
ArcGIS	Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Kullanılan Program
AUC	Alıcı Çalışma Karakteristiği
Dag-CDT	Dagging based Credal Decision Tree
ÇÖKA	Çok Ölçütlü Karar Analizi
HEC-GeoRAS	ArcGIS'te coğrafi verileri işlemek için kullanılan araç ve yardımcı programdır
ÇKKA	Çok Kriterli Karar Analizi
UA	Uzaktan Algılama
AGİ	Akım Gözlem İstasyonlarından

SAM	Sayısal Arazi Modeli
AHP	Analitik Hiyerarşı Yöntemi

Semboller Listesi

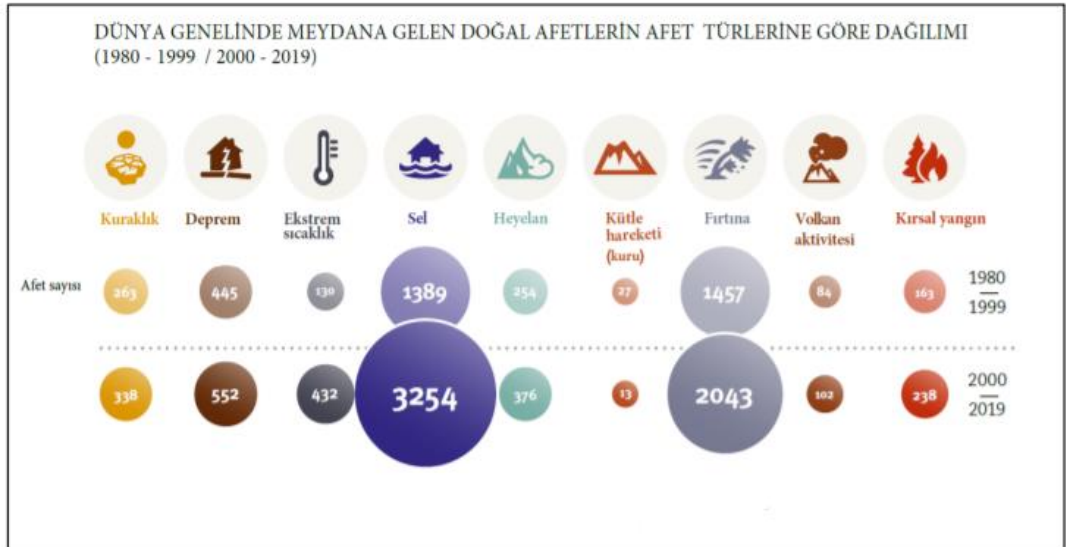
mX	Manyetik akı
HR	Tehlike dereceleri
KHz	Frekans tepkisi
2π	Radyan birimi
$r(x)$	Ağırlık alanı

Bölüm 1

Giriş

Su, ürettiğimiz her şeyin yaratılmasında büyük rol oynar ve yenilenebilir olsa da, yalnızca sınırlı bir miktarı vardır [1]. Dünya yüzeyinin dörtte üçünü çevrelemesine rağmen, tatlı su miktarı oldukça azdır. Suyun Dünya üzerindeki dağılımına bakıldığında, toplam miktar 1,4 milyon km³ iken, %97,5'i okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunur. Kullanılabilir sular kutuplarda ve yer altında da bulunur ve düşük miktardadır. Artan nüfusla birlikte ekonomik gelişmeler ve iklim değişikliği tatlı su kaynaklarının üzerindeki baskıyı ve su kaynaklarına erişimde rekabeti giderek artırmaktadır. Dolayısıyla bu durumun yakın gelecekte küresel bir su krizine yol açması beklenmektedir. Gelecekteki afet senaryolarının önüne geçebilmek için su kaynakları konusunda doğru bir planlama ve yönetim stratejisi tasarlamak gerekmektedir [2]. Ekosistemimizde sürekli dolaşımda olan su, küresel ısınma ve sonrasında yaşanan kuraklık nedeniyle artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Artan nüfus ve suya olan talep, su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin önemini artırmaktadır. Sürdürülebilirliğin temel itici güçlerinden biri olan nehir akışı yönetimi, havza taşkın kontrolü gibi etkenler toplulukları çevre üzerindeki etkilerden korumak için hayati önem taşımaktadır [3]. Su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve kullanılması için doğru planlama esastır. Bu planların en kritik adımı, kullanılacak su kaynağının mevcut ve gelecekteki potansiyelinin belirlenmesidir. Ayrıca, su kaynaklarının yönetimi, taşkın planlamasının yapılması, rezervuar dağıtımı, su kaynağı tahsisi, hidroelektrik santral işletimi ve benzeri durumlar için su kaynağının potansiyelini tanımlamak için doğru ve güvenilir havza taşkın haritalarının oluşturulması hayati önem taşımaktadır [4]. Dünya genelinde meydana gelen taşkın olaylarının türü, sayısı ve sıklığı değişmekle birlikte, birçok ülke taşkın afetine maruz kalmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle

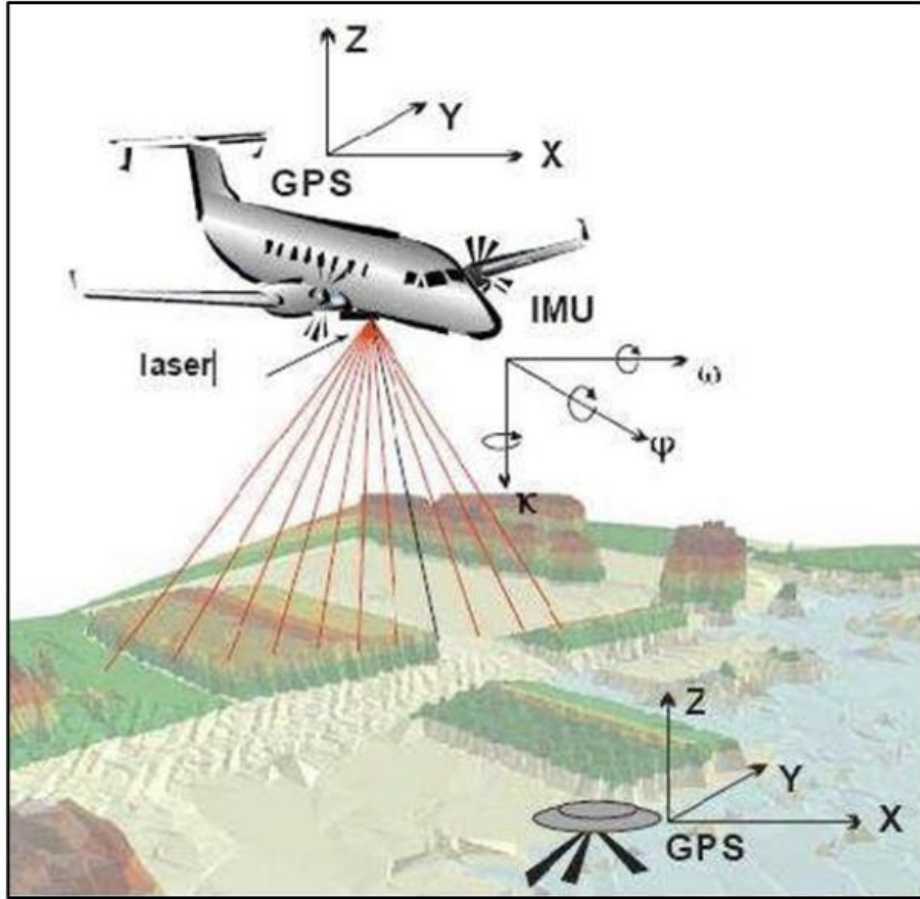
sıklığı ve şiddeti artan yağışlar, taşkın olaylarının sayısını ve şiddetini arttırırken, hızlı kentleşme ile yaygınlaşan sosyo-ekonomik faaliyetler sel havzalarında zarar gören varlıkların sayısını ve ekonomik değerini yükselterek, taşkın riskini arttırmaktadır [5-6]. Taşkınlar, dünyada neden olduğu can ve mal kayıpları açısından önemli bir tehdit oluşturur ve Dünya çapındaki tüm doğal afetlerin yaklaşık %40'ını taşkınlar oluşturmaktadır [7]. Taşkınlar ülkemizde de can ve mal kayıpları açısından tüm afetler arasında ikinci, meteorolojik afetler arasında da birinci sırada yer almaktadır. Taşkınların meydana getirdiği tahribatların bu kadar büyük olmasının en önemli nedenlerinden biri insanların akarsu yataklarına müdahale etmesidir. Taşkın alanlarına yakın yerleşimlerin artması, gelişen kentleşme ve sanayileşme nedeni ile yüzey akışlarındaki artışlar da taşkınlara sebep olmaktadır. İnsan etkisinin dışında küresel iklim değişikliğinin etkisi ile birim alana birim zamanda düşen yağış miktarında artışın olacağı beklenmektedir. Bu iki etmen ile birlikte hem taşkınların oluşma sayısında hem de oluşacak zarar ve can kayıplarında artış olacağı beklenmektedir [8].



Şekil 1.1: Dünya genelinde meydana gelen doğal afetlerin afet türlerine göre dağılımı (1980-1999/2000-2019)

Yaşamımızı etkileyen taşkınların maddi ve manevi zararlarını azaltmak için taşkını afet haline getiren mekanizmasının iyi bilinmesi ve taşkın meydana gelmeden önce önlemlerin alınması gerekmektedir [9]. Son yıllarda havza hidrolojik modellemeleri ve su kaynakları çalışmaları kapsamındaki bilimsel projelerde, taşkın alanlarının belirlenmesi ve taşkın risk analizleri çalışmalarında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) artan bir ivmeyle kullanılmaktadır. UA teknolojileri,

yersel ölçümlere, eski topoğrafik sistem ve yöntemlere göre çok daha hızlı, doğru ve ekonomik sonuçlar sunmakla birlikte daha kapsamlı ve karmaşık modelleme çalışmalarında net sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadırlar [10]. Gelişen teknoloji ile birlikte afetlere karşı önceden gereken önlemlerin alınmasının önemi büyüktür. Bu amaçla riskli bölgeye ait uydu görüntülerinden, hava fotoğraflarından ya da yeni bir teknoloji olarak Light Detection and Ranging (LiDAR)'dan elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Sayısal Yüzey Modeli (SYzM) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) vasıtasıyla topografik yapının yüksek doğrulukla ortaya konması ve taşkın riskine karşı gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır [11]. Taşkın modellerinin doğruluğunu artırmak için, LiDAR gibi kaynaklardan gelen yüksek çözünürlüklü SYM'ler oldukça tercih edilmektedir. LiDAR, dünyanın yüzeyini haritalamak için hızlı lazer darbeleri kullanan ve yüksek çözünürlüklü arazi ve yüzey SYM'leri oluşturmak için kullanılabilen bir uzaktan algılama teknolojisidir. LiDAR, ± 15 santimetre dikey doğruluğu ve 1 metreye kadar uzaysal çözünürlüğü nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. LiDAR teknolojisinin yersel ve havadan olmak üzere iki çeşit kullanımı mevcuttur. Yersel LiDAR kentsel bilgi sistemleri için binalar, yollar, köprüler vb. mühendislik yapılarının 3 boyutlu olarak belgelendirilmeleri, askeri ve kentsel çalışmalarında kullanılmaktadır. Hava aletlerine yerleştirilmiş LiDAR tarayıcı sistemleri (Airborne scanning laser systems) ile elde edilen veriler ise şehir adres bilgi sistemleri, arazi kullanımı, ormanlık alanlar, hidrolojik çalışmalar ve enerji nakil hatları gibi, ölçmelerin güçlüğüyle yapılacağı bölgeler için yeni imkânlar sunmaktadır [13]. Şekil 1.2'de tipik bir hava LiDAR sistemi gösterilmektedir.

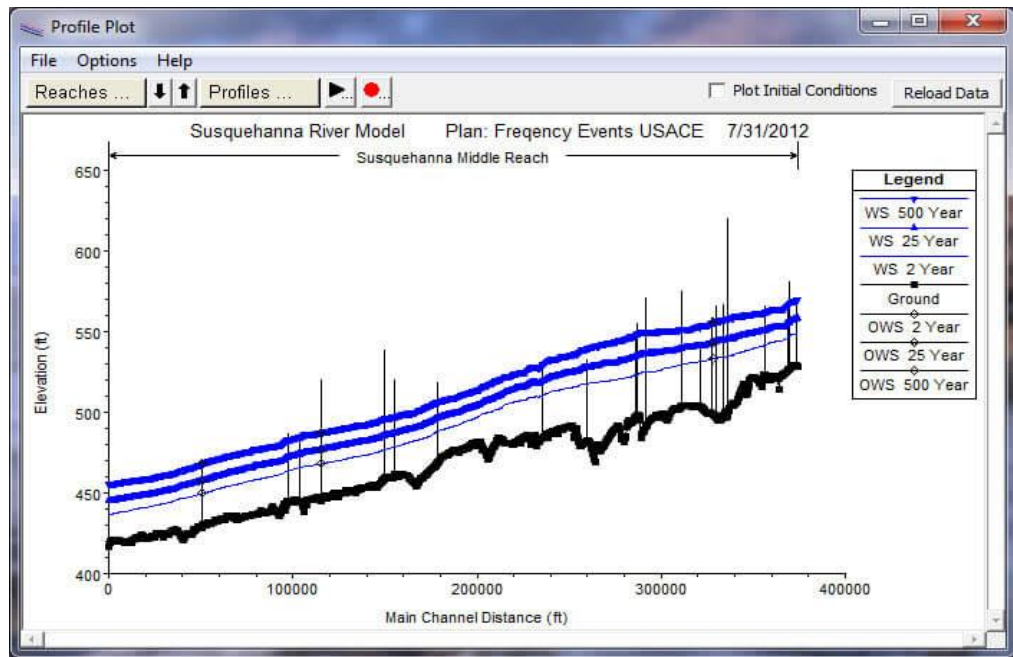


Şekil 1.2: LİDAR sistemi bileşenleri [11].

LiDAR sistemleri lazer sinyalleri yardımı ile uzaktan algılama yapmaktadır. LIDAR'ın lazer sinyalleri, kısa elektromanyetik dalgalar gönderip arazinin topoğrafik yapısı hakkında veri elde etmektedir. Uçuş bölgesinden saniyede binlerce sinyal göndermekte ve GPS/INS teknolojisi ile entegreli çalışarak 3 boyutlu (3B) veriler elde etmektedir. LIDAR, yüksek yoğunluklu ve geometrik özellikli sayısal yükseklik verileri, yer ölçümleri ile hemen hemen aynı olmaktadır. Bu sayısal yüksekliklerin doğru ve hızlı bir şekilde oluşturulmasında kolaylık sağlayan bir teknolojidir. LIDAR verilerinde mutlak doğruluk, uçuş anında hava şartlarının ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Şartlar sağlandığında yükseklik bilgilerinin mutlak doğruluğu 15 cm, bağıl doğruluğu 5 cm'den daha az olabilir. XY verilerinin mutlak doğruluğu uçuş yüksekliğine bağlı olmakla birlikte genellikle 10 cm ile 1 m arasındadır. LIDAR teknolojisi ile alınan yükseklik bilgileri, saniyede 1000 nokta alacak şekilde oluşturulur. LIDAR teknolojisi, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşturmadaki avantajlarının yanında Coğrafi Bilgi Sistem (CBS) yazılımları ile oluşturulacak hidrolojik modeller ve taşkın su yükseklik haritaları için önemlidir [14]. CBS (Coğrafi bilgi sistemleri); kentsel planlama ve arazi yönetim sorunlarının

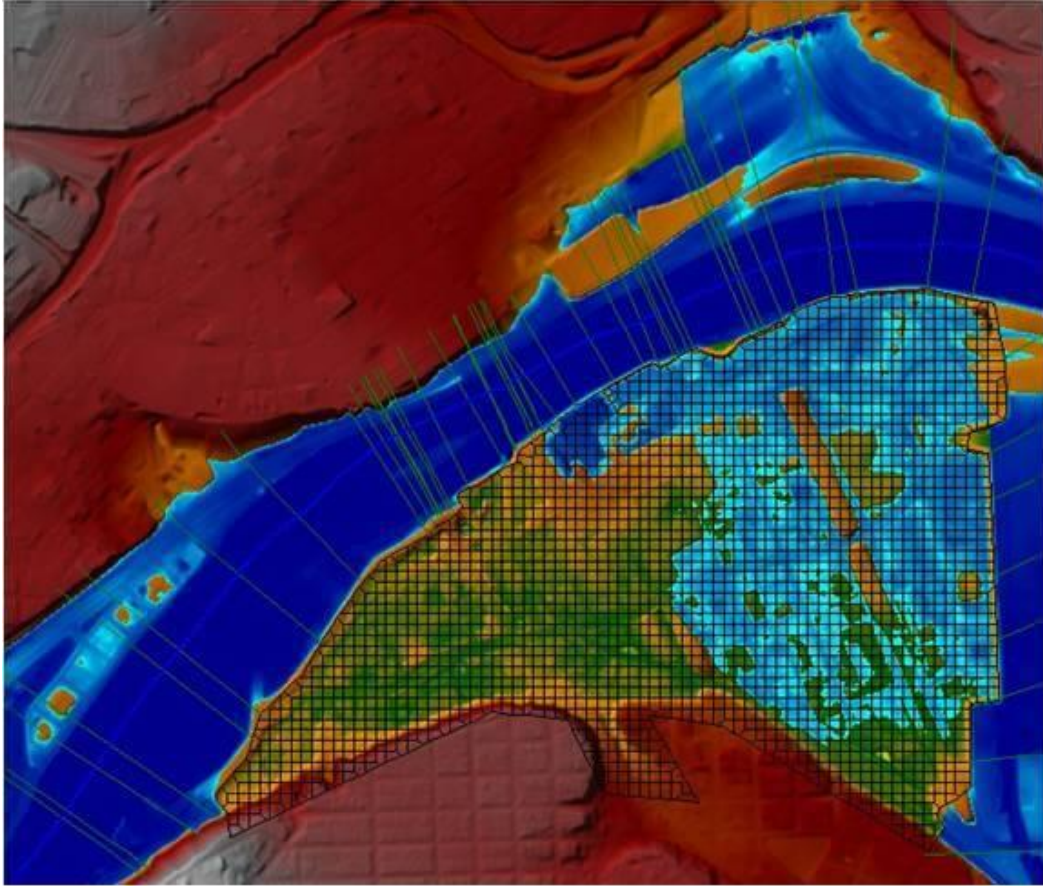
çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemidir. Ayrıca CBS; mekânsal verilere (akarsu, parsel, bina, yol vb.) ait sözel bilgileri bünyesinde bütünleşmiş bir şekilde saklayan sistemdir [15]. Arazi ve Havza taşkın kontrollerinde işlevselliği arttıran HAND (Height Above Nearest Drainage), HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), TauDEM (Sayısal Yükseklik Modelleri Kullanılarak Arazi Analizi) gibi CBS ile entegre çalışabilen modeller yer almaktadır.

HAND (Height Above Nearest Drainage); En yakın drenajın üzerindeki yükseklik anlamına gelmektedir. HAND arazinin SYM'ni kullanarak her bir kara yüzey ızgarası ile aktığı dere yatağı tabanı arasındaki yükseklik farkını hesaplar. HAND her bir kara yüzey ızgarasının su altında kalacağı su derinliğini hesaplar. Bu hesaplama yöntemi ile hangi bölgelerin su altında kalacağı önceden tahmin edilerek gerekli önlemlerin alınmasında önemli bir yer edinmektedir [7]. HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) tam bir doğal ve yapılandırılmış kanal ağı için bir ve iki boyutlu hidrolik hesaplamalar yapmak üzere tasarlanmıştır. HEC-RAS ile grafik tabanlı olarak, akarsuların bir boyutlu analizini gerçekleştirilebilmektedir. HEC-RAS yazılımı kullanılarak, düzenli ya da düzensiz akarsular için su yüzü profili oluşturma, su kalitesi ve sediment taşınımı analizleri yapılabilmektedir [16].



Şekil 1.3: Sabit akışlı su yüzey profilleri

Şekil 1.3’de yüzey profilleri belirtilen sürekli ve kademeli olarak değişen akarsular ve sabit akışlı su yüzey profilleri için HEC-RAS yazılımı kullanılır. Sistem, tam bir kanal ağını veya tek bir nehir erişimini idare edebilir. Sürekli akış bileşeni, su yüzeyi profillerini kritik altı, kritik üstü ve karışık akış rejimlerini modelleme yeteneğine sahiptir. HEC-RAS yazılımı sabit akışlı su yüzey hesaplama prosedürü, tek boyutlu enerji denkleminin çözümüne dayanmaktadır. Enerji kayıpları sürtünme (Manning denklemi) ve büzülme/genleşme (hız yükündeki değişimle çarpılan katsayı) ile değerlendirilir. Momentum denklemi, su yüzeyi profilinin hızla değiştiği durumlarda kullanılabilir. Bu durumlar, karma akış rejimi hesaplamalarını (yani, hidrolik sıçramalar), köprülerin hidroliğini ve nehir birleşim yerlerindeki (akarsu kavşakları) profillerin değerlendirilmesini içerir [17].



Şekil 1.4: Bir ve İki Boyutlu Kararsız Akış Simülasyonu.

HEC-RAS modellemesinin bir ve iki boyutlu kararsız akış simülasyonunun bileşeni, tek boyutlu simülasyon yeteneğine sahiptir; iki boyutlu ve açık kanallar, taşkın yatakları ve alüvyon yelpazelerinden oluşan tam bir ağ boyunca birleşik bir/iki boyutlu kararsız akışı göstermektedir. Kararsız akış bileşeni, kararsız akış hesaplama modülünde kritik altı, kritik üstü ve karışık akış rejimi (kritik altı, kritik üstü, hidrolik

sıçramalar ve düşüşler) hesaplamaları yapmak için kullanılabilir. Bir ve iki boyutlu kararsız akış simülasyonu Şekil 1.4'de gösterilmektedir.

Kararsız akış bileşeninin özellikleri; kapsamlı hidrolik yapı yetenekleri, baraj kırılma analizi, su setini kırma ve aşma, pompa istasyonları, navigasyon barajı operasyonları, basınçlı boru sistemleri, otomatik kalibrasyon özellikleri, kullanıcı tanımlı kurallar ve birleşik bir ve iki boyutlu kararsız akış modellemesini içermektedir [18].

HEC-RAS modellemesinin sabit taşıma/hareketli sınır hesaplamaları bileşeni, ılımlı zaman periyotları (tek taşkın olaylarına uygulamalar mümkün olsa da tipik olarak yıllar) boyunca oyulma ve tortu birikmesinden kaynaklanan tek boyutlu sediman taşınım/hareketli sınır hesaplamalarının simülasyonu için tasarlanmıştır. Tortu taşıma potansiyeli, tane boyutu farklılıkları ile hesaplanır, böylece hidrolik ayırma ve parçalama simülasyonuna izin verir.

Model, su deşarjı ve aşmasının frekans ve süresinin değiştirilmesinden veya kanal geometrisinin değiştirilmesinden kaynaklanabilecek bir akış kanalındaki uzun vadeli oyulma ve tortulaşma eğilimlerini bağdaştırmak için tasarlanmıştır. Bu sistem, rezervuarlardaki tortulaşmayı değerlendirmek, seyir derinliklerini korumak için gerekli kanal daralmalarını tasarlamak, taramanın tortulaşma hızı üzerindeki etkisini ve büyük taşkın olayları sırasında olası maksimum oyulmayı tahmin etmek ayrıca sabit kanallarda tortulaşmayı değerlendirmek için kullanılabilir [19].

Su Kalitesi Analizi; modelleme sisteminin bu bileşeni, kullanıcının nehir suyu kalitesi analizleri yapmasına izin vermeyi amaçlamaktadır. HEC-RAS'ın bu sürümüne su sıcaklığını modelleme yeteneği ekleyen bir adveksiyon-dağılım modülü dâhildir. Bu yeni modül, tam olarak uygulanmış bir enerji bütçesi ile kontrol hacmi yaklaşımı kullanarak tek boyutlu adveksiyon-dağılım denklemini çözmek için en hızlı ve nihai sayısal şemayı kullanır. Sınırlı bir dizi su kalitesi bileşeninin taşınması ve değişimi HEC-RAS'ta da mevcuttur [20].

TauDEM (Sayısal Yükseklik Modelleri Kullanılarak Arazi Analizi); ArcGIS (coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılan program) mekânsal analiz programının bir eklentisidir ve sayısal yükseklik modellerinin dijital analizini yapar. Drenaj yoğunluğunu nesnel olarak tahmin etmek için genelleştirilmiş kanal ağı modellerini tanımlar ve arazi eğriliğini kullanarak mekânsal analiz yapar. Dijital yükseklik modellerine dayalı arazi

analizi, hidrolojide giderek daha fazla kullanılmaktadır. Tudem, ulusal olarak USGS'den (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) ve dünya çapında NASA TOPSAR mekik görevinden elde edilen uzay tabanlı veriler dâhil olmak üzere oluşturulan dijital yükseklik verilerinde de kullanılmıştır [21]. Son 30 yıldan beri uygulayıcıları tarafından daha yararlı hale getirilebileceği anlaşılan CBS günümüzde hızla yayılmaya başlamaktadır. Literatürde taşkın analizi ile ilgili birçok yayın mevcuttur. Geçmişte genel olarak deterministik, stokastik analizlerle taşkın analizleri yapılırken günümüzde mevcut tekniklerin yeni geliştirilen yazılım ve modelleme tekniklerine uyarlanmasıyla daha detaylı ve gerçekçi taşkın analizleri yapmak mümkün olmaktadır. CBS'de taşkın anında farklı debilerin ne kadar su seviyesine ulaşacakları programlama dilleri yardımıyla, hidrolik analizlerin yapılacağı programlara geçiş için alt programlar geliştirilmiş ve CBS'ye entegre edilmiştir. Özellikle CBS tekniklerinin kullanılmaya başlamasıyla taşkın bölgelerinin daha gerçekçi modellenmesi analizi mümkün olmaktadır. CBS teknikleri yardımıyla taşkın analiziyle ilgili geniş bir literatür özeti verilmiştir:

Pham ve diğ. [22] ani taşkın duyarlılık haritalaması için makine öğrenimi yöntemlerinin birkaç yeni hibrit hesaplama yaklaşımını karşılaştırmıştır. Modellerin performansı, istatistiksel ölçümler ve Alıcı Çalışma Karakteristiği (AUC) eğrisi altındaki alan gibi çeşitli sağlam metrikler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sunulan yöntemlerden Dag-CDT modelinin doğruluk açısından en iyi tahmin yeteneğine sahip olduğu ve su havzası alanlarının ani taşkına duyarlı haritalarının geliştirilmesine yardımcı olduğu görülmüştür.

Tanrıverdi [23] CBS yardımıyla olası taşkın alanlarını belirleyerek oluşacak risk grupları ile arazi kullanım alanların maruz kalacağı risk süresi ve yaşanan taşkın olaylarıyla birlikte taşkın duyarlılık katmanlarının hazırlanması amaçlamıştır. Taşkın alanında CBS yardımıyla hidrodinamik modellerin yapılması ileride yaşanabilecek taşkın olaylarına karşı alınacak önlemler açısından önem taşıdığı gözlemlenmiştir.

Meena ve Gupta [24] CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak kentsel taşkın alanlarının haritalanması ve mekânsal analizine odaklanmıştır. Tahmin edilen taşkın bölgelerinin, bilinen taşkın eğilimli konum verileriyle bir uyum içinde olduğu bulunmuştur.

Oğuz ve diğ. [25] CBS ortamında Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemine göre derecelendirilmesi yapılmış taşkın risk haritasını belirlemeyi amaçlamıştır. Elde edilen risk haritasına göre “Çok Yüksek” ve “Yüksek” taşkın riskine sahip alanların yerleşim bölgesi üzerinde kaldığı ve çalışma alanının denize yakın kesimlerinde, eğimin düşük, yağışın fazla ve tarım alanlarının yaygın olduğu yerlerde taşkın riskinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Yaylak [26] hidrolik ve hidrolojik verilere dayalı olarak CBS yardımıyla havzada taşkın tahminleri yapmıştır. Taşkın analizleri, ArcGIS yazılımı ve bu yazılımla entegre kullanılabilen HEC-GeoRAS yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Haritalar ArcGIS yardımıyla sayısallaştırılarak havzanın sayısal yükseklik modelleri ve HECRAS'ta oluşturulan su yüzü profilleri tekrar HEC-GeoRAS'a (ArcGIS'te coğrafi verileri işlemek için kullanılan araç ve yardımcı programdır) aktararak taşkın haritaları elde edilmiştir. Farklı periyotlarda meydana gelebilecek farklı taşkın senaryoları değerlendirilmiş ve CBS ile taşkın analizlerinde sonucu etkileyen en önemli bileşenlerden biri olarak sayısal haritaların ölçek ve çözünürlüğü ön plana çıkmıştır. Daha büyük ölçek ve çözünürlüklü haritaların daha hassas sonuçlar ortaya koyabileceği görüşmüştür.

Selçuk ve diğ. [27] CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) kullanılarak, taşkın duyarlılığının değerlendirilmesini yapmıştır. Taşkın duyarlılık haritası tüm tanımlı faktörlerin birbiri ile kıyaslanmasından oluşan karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmiştir. Olası taşkınlardan korunmak amacıyla dere yataklarının ve alt yapı sistemlerinin iyileştirilmesinin en etkin yöntem olduğu görülmüştür.

Bayazıt ve Bakış [28] CBS ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemlerini kullanarak taşkın riskini incelemiştir. Belli yıllara ait taşkın debilerini belirlenerek taşkın yüzeyi kotlarına göre haritalandırma yapılarak yerleşim yerleri ve tarım arazilerine olan etkilerini ortaya koymuşlardır.

Tulger ve diğ. [29] endüstriyel, tarımsal ve ekolojik açıdan önemli bir yere sahip deltada denizde meydana gelen taşkın durumunu incelemiştir. Verilerin CBS ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile işlenmesiyle yapılan analizler sonucunda olası seviye yükselmelerinin deltanın düşük kotlu kıyı alanlarında ekonomik ve ekolojik kayıplara neden olacağını tespit edilmiştir.

Türkkan ve Korkmaz [30] derede oluşan taşkın durumunu incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Bölgenin SYM haritası CBS ve HEC-GeoRAS yazılımlarında işlenerek dere profili ve enkesitleri hazırlanmıştır. HEC-RAS'ta hidrolojik verileri 500, 1000, 10000 yıllık tekerrüre göre analiz ederek taşkın durumunu gözlemlemiştir.

Aydın ve Yaylak [31] CBS ile taşkın analizine örnek bir çalışma yaparak taşkın debilerinin analizini yapmıştır. SYM haritalarını kullanarak akarsu profilini ve kesitlerini oluşturarak çalışma alanına yakın Akım Gözlem İstasyonlarından (AGİ) temin edilen debilerin istatistiksel analizi ile belirlenen taşkın debilerinin analizi yapılmış ve haritalandırılmıştır.

Elsheikh ve diğ. [32] yaptıkları çalışmada yıllık yağış, havza eğimi, drenaj ağı ve toprak türü dikkate alınarak CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi kullanmıştır. Analiz sonucunda oluşturulan harita taşkın riskini değerlendirmek için değerli bir araç olabileceği belirtilmiş ayrıca karar vermede CBS'nin rolünü gözden geçirmiş ve karar sürecinde birçok kriter için değerlendirme yaklaşımını ana hatlarıyla ortaya koymuştur.

Geyikli [33] hem sayısallaştırılan haritalar hem de araziden alınan ölçümleri kullanarak CBS yazılımları yardımıyla taşkın analizleri yapmıştır. CBS yazılımı olarak ArcGIS ve NetCAD-GIS yazılımları taşkın hesaplamaları için ise HEC-RAS, HEC-GeoRAS yazılımları kullanmıştır. Taşkın ön değerlendirme çalışmasının ardından dere yatağında arazi ölçüm cihazlarıyla noktasal ölçümler yapılmış, elde edilen noktasal değerler NetCAD ortamına aktarılarak gerçek ölçülere göre dere kesitleri çıkarılmıştır. Elde edilen taşkın ön değerlendirme çalışmaları incelendiğinde mevcut köprü kesitinin, taşkın tekerrür debilerini karşılayamadığı gözlemlenmiştir.

Elçi ve diğ. [34] baraj gölleri ve mansap bölgeleri için taşkın yayılımını incelemiştir. Baraj göllerinin CBS ortamında oluşturulan haritaları, haznedeki su hacminin bir boyutlu model olan HEC-RAS ile elde edilen yıkılma hidrografi ve mansap bölgesinin arazi kullanımı ile pürüzlülük haritalarını birlikte kullanarak barajın ani bir yıkılma durumundaki etkisini gözlemlemiştir. Çalışmada su derinliğinin 10 m'ye kadar çıkabileceği ve su altında kalan toplam yerleşim alanının ise 9.5km² olabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Erdem [35] mevsimsel şiddetli yağmurlar sonucu nehir taşkınları, deniz taşkınları, jeolojik durumların ele alınması ve CBS’de SYM ve SAM yardımıyla bölgesel sakınım planlaması çalışması yapmıştır. Mevsimsel şiddetli yağmurlar nedeniyle kıyı taşkını afeti çalışma alanı kapsamında belirlenen afetlere karşı duyarlılığını ortaya koymaktadır.

Bağdatlı ve diğ. [36] ArcGIS yazılımı ve hidrolojik yaklaşımlar için ArcMap ve ArcCatalog modülleri yardımıyla taşkın alanlarını belirleyip CBS ortamına aktararak havzaya ilişkin önemli çalışmalar yapmıştır. Çalışmaların olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiş ve doğal afetler öncesinde yapılması gereken çalışmalar arasında öngörülmüştür.

Gökçe ve diğ. [37] muhtemel bir taşkının risk değerlendirmesi için CBS ve hidrolik model yardımıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Mevcut yerleşke ve hidrolik yapıların da analizlere dâhil edildiği çalışmada HEC-RAS tabanlı bir hidrolik model oluşturulmuştur. Birim Hidrograf ve Mockus yöntemlerini kullanarak elde ettikleri hidrolojik verilere göre 500 ve 1000 yıllık taşkın debisine göre inceleme yapılmıştır. Çalışma alanı içinde yer alan bölgede meydana gelebilecek taşkınlar için yetersiz kalacağı ve çalışma alanını su altında bırakma potansiyeline sahip olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Şahin ve diğ. [38] meydana gelen ani taşkının hidrolik ve hidrolojik modellemesini geliştirmiştir. Taşkın bölgesinde AGİ bulunmadığı için hidrolojik veri olarak sentetik birim hidrograf metoduyla tespit ettikleri debiyi tayin etmiştir. CBS yoluyla yapılan çalışmaların sadece taşkın analizleriyle sınırlı kalmayıp birçok farklı alanda da uygulanabilirliği sonucuna varılmıştır.

Özşahin [39] ekonomik kayıpların büyük olduğu ve can kayıplarının yaşandığı taşkın olaylarını incelemiştir. CBS yöntem ve tekniklerinden yararlanarak yapmış olduğu çalışmada hangi alanlarda hangi boyutlarda taşkın olacağını analiz etmiştir. Elde ettiği haritalardan jeoloji, jeomorfoloji, eğim, bakı, yağış, akarsuya uzaklık, yeraltı suyu, toprak ve arazi kullanımı özelliklerine ait verileri çakıştırma yöntemiyle birleştirip taşkın risk alanlarını belirlemiştir. Analiz sonucunda ülkenin %45’inin risksiz, %19’unun orta riskli ve %36’sının da risk altında olduğunu belirlemiştir.

Akkaya ve diğ. [40] CBS yazılımlarından ArcGIS ve hidrolik model yazılımlarından HECRAS yazılımlarını kullanarak yaptıkları taşkın analizi ile bölgeyle ilgili Devlet Su İşleri (DSİ) Bölge Müdürlüğüne ölçülmüş olan enkesitleri karşılaştırmıştır. DSİ'ye ait belirlenmiş olan kesitler ile beklenen taşkınlar arasında yaptıkları analiz ve simülasyonlar sonucunda hangi kesitlerin riskli hangilerinin emniyetli olduğu tespit edilmiştir.

Kaya [41] meteoroloji ve akım verilerine dayalı senaryolar üzerinden gerçekleştirilecek simülasyonlar ile taşkın risk haritalarının üretilmesini amaçlamıştır. ArcGIS ortamında simülasyon girdi altlıkları oluşturulmuş ve gerçekleştirilen simülasyonlar ile Taşkın Risk Haritaları üretilerek taşkın riski olan alanlar tespit edilmiştir.

Batur ve Maktav [42] taşkın öncesi, sırası ve sonrasında çekilen çok zamanlı Landsat 5 TM görüntüleri kullanılarak CSB yardımıyla taşkın boyutunu belirlenmeyi hedeflemiştir. Bu sınıflandırma teknikleri ile elde edilen ağırlıklı olarak tarım alanına ait veriler, zemin gözlemlerine dayalı verilerle karşılaştırılmıştır. DSİ sınıflandırma yöntemi ile elde edilen tarım alanı verilerinin DSİ zemin bazlı verilere göre %91 doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

Turoğlu [43] yapmış olduğu çalışmada sel ve taşkınların sebepleri, drenaj sistemi ve şehirleşme perspektifi üzerinde durmuştur. UA ve CBS yazılımlarını kullanarak yapmış olduğu analizler sonucunda yapılaşmanın akım yönünü ve akışı engelleyen, 16 akış hızını arttıran bir faktör olduğu sonucuna varmış ve şehirleşme ile ilgili çözüm önerilerini sunmuştur.

Sunkar ve Tonbul [44] sel ve taşkın risk analizini, taşkın frekansları büyük artış gösteren havzada 3 farklı yöntemle çalışmıştır. Bu yöntemlerin ilki geniş alanlı risk analizleri, ikincisi sel ve taşkından sonra yapılan gözlem ve hasar raporları ve üçüncüsü ise hidrolojik bir modele göre yapılan analizler kapsamında CBS yardımıyla sayısal topoğrafik haritalar kullanılarak sel ve taşkın analizleridir. Çalışma alanının sel ve taşkın açısından yüksek risk taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Akar ve diğ. [45], 50 ve 100 yıl tekerrürlü debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmiştir. Topoğrafik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS'a

aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS' ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla karşılaştırılıp, hangi bölgelerin sular altında kalabileceği 3 farklı senaryo için gösterilmiştir. Yaklaşık 9 km'lik nehir kolunun taşkın haritaları üretilmiştir.

Bastawesy ve diğ. [46] CBS, UA, Landsat Uydu Görüntüleri ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'den faydalanılarak taşkın analizi yapmıştır. Yüksek iletim kaybı nedeniyle, üst erişimlerde oluşan akış, havza çıkışında bulunan alüvyon yelpazesine iletilmiştir. CBS tabanlı analizlerin tek başına hidrografları güvenilir bir şekilde modellemesi yetersiz kalmıştır.

Tran ve diğ. [47] taşkın afetlerinin neden olduğu kayıp/hasar arasında ilişki için CBS kullanımını ve modern teknoloji ile bilgiyi afet yönetimine entegre etme ihtiyacını tartışmıştır. CBS taşkın riski haritalama projesinden öğrenilen dezavantajları ve avantajları bu çalışma aracılığıyla doğru bir şekilde iletilmiştir.

Özalp [48] havza taşkın risk analizini ortaya çıkarabilmek için havzanın fiziki özelliklerini ArcGIS programı yardımıyla incelemiştir. ArcGIS programı Spatial Analyst modülü ile derenin tüm havzasının 3 boyutlu arazi modellemesi yapılarak Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Derenin hidrodinamik modelinin oluşturulması için; HECRAS programı kullanılmıştır. Oluşturulan taşkın sınırları ArcGIS'e aktarılarak sayısal hali hazır paftalarla ve uydu görüntüleriyle karşılaştırılmış ve risk altında olan bölgeler tespit edilmiştir.

Özcan [49] havza taşkın risk analizini UA ve CBS yöntemlerinden faydalanılarak gerçekleştirmiştir. Topoğrafik haritalardan üretilen SAM, havzanın akış modeline girdi verisi olarak Hidrolojik ve Hidrolik Modelleme için kullanılmıştır. Havzada taşkın riski altında olan muhtemel alanlar belirlenmiş ve uygulanan iki yöntemin karşılaştırması yapıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

Kara ve Akar [50] CBS ve UA ile sel ve taşkınların belirlenmesi amacıyla çalışma yapmıştır. Bu çalışma kapsamında 1/100.000 ölçekli topoğrafya haritası, Landsat 1975 MSS, 1987 TM, 2000 ETM uydu görüntüleri, ArcGIS9.1 yazılımı ve Erdas 8.5 uzaktan algılama yazılımı ile uygun veri tabanı oluşturmuş, sel ve taşkınlarla ilgili risk faktörlerini saptamıştır.

Dutta ve diğ. [51] havzada oluşabilecek taşkın durumlarının etkisini incelemek ve gelebilecek taşkınları kontrol etmek amacıyla CBS programından yararlanmıştır. Önerilen taşkın kontrol planının havzada 50 yıllık ve 100 yıllık dönüş dönemi yağışları için taşkın taşkınlarını büyük ölçüde azaltılabileceği ve bunun sonucunda havzada meydana gelen kentsel ve tarımsal hasarın azaltılabileceği görülmüştür.

Rahmati ve diğ. [52] taşkın tehlikesi tahmin haritası oluşturmak için ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak ağırlıklı doğrusal kombinasyon yöntemiyle taşkınlar için HEC-RAS hidrodinamik programı kullanmıştır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) tekniğinin taşkın boyutu için doğru ve güvenilir tahminde bulunmasında umut verici olduğunu görülmüştür. Özellikle veri içermeyen bölgelerde taşkın tehlike durumunun değerlendirilmesi için AHP ve CBS teknikleri önerilmiştir.

Emin ve diğ. [53] havzada değişik dönüş aralıkları için hesaplanan taşkın debilerinde su seviyeleri ve su altında kalacak yerlerin HEC-RAS yazılımı kullanılarak hesaplanmasını incelemiştir. Daha sonra su derinliği ile mevcut çeşitli derinlik-zarar eğrileri yardımıyla taşkın zarar tahmini yapılmıştır. Entegre havza yönetimi kapsamında taşkın yönetimi sırasında CBS araçları, verilerin elde edilmesinden gerekli analizlerin yapılmasına kadar yönetim başarısının artmasında etkili olmuştur.

Bayazıt ve diğ. [54] UA ve CBS yöntemlerini kullanarak taşkın risk haritalarını elde etmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Elde edilen verileri analiz edilerek çaya ait enkesitler HEC-RAS yazılımına aktarılmış ve 50, 100, 1000 yıllık taşkın debilerine göre inceleme yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre, çayın geçtiği düzlükteki bazı mahallelerin taşkın riski taşıdığı görülmüştür.

Tonbul [55] dereye taşkın alanının belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu çalışma kapsamında CBS yardımıyla bölgenin yağış parametrelerini ele almıştır. Taşkından etkilenecek alanların 100 ve 500 yıllık periyotta alabileceği taşkın riskini incelemiştir. İklim değişikliğinin sonuçlarından biri olan deniz seviyesindeki yükselme kıyı alanları için su altında kalma analizlerinin önemini arttırmaktadır.

Uçar [56] ülkemizin en çok yağış alan doğu bölgesinde taşkın risklerini incelemek üzere kapsamlı bir çalışma yapmıştır. CBS programlarından ArcGIS ve hidrolik model yazılımlarından HEC-RAS ile taşkın analizini gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda

elde edilen taşkın alanının 3 boyutlu haritalarını oluşturarak çözüm önerileri geliştirmiştir.

Overton [57] taşkın bentleriyle düzenlenmiş çevre yönetimi ve taşkın koruması amacıyla CBS, UA Hidrolojik Modellerle ve Landsat Uydu görüntüleriyle 1-13 yılda gelebilecek taşkın olayını incelemiştir. Ortaya çıkan model, ayrıntılı yükseklik ve hidrodinamik modelleme maliyetinin yaklaşık onda biri ile geniş bir alan üzerinde sel baskınını belirleme yaklaşımını kanıtlamıştır.

Yalçın ve Akyürek [58] doğal felaketlerden biri olan selin meydana getirebileceği taşkınların hassas alanlarını belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. CBS yardımı ile havzaya ait büyüklük, eğim, ana drenaj kanalının gradyanları, drenaj yoğunluğu, arazi kullanımı ve toprak tipi ile hidrolojik yıllık yağış verilerinin de dikkate alınmasıyla havzaya ait taşkın alanlarını incelemiştir.

Demirkesen [59] SYM haritaları CBS programlarından biri olan River Tools'u kullanarak taşkın çalışması yapmıştır. Analiz sonucu yüzeydeki taşkın seviyelerinin sınırlarını belirlemiştir.

Bölüm 2

Materyal ve Metot

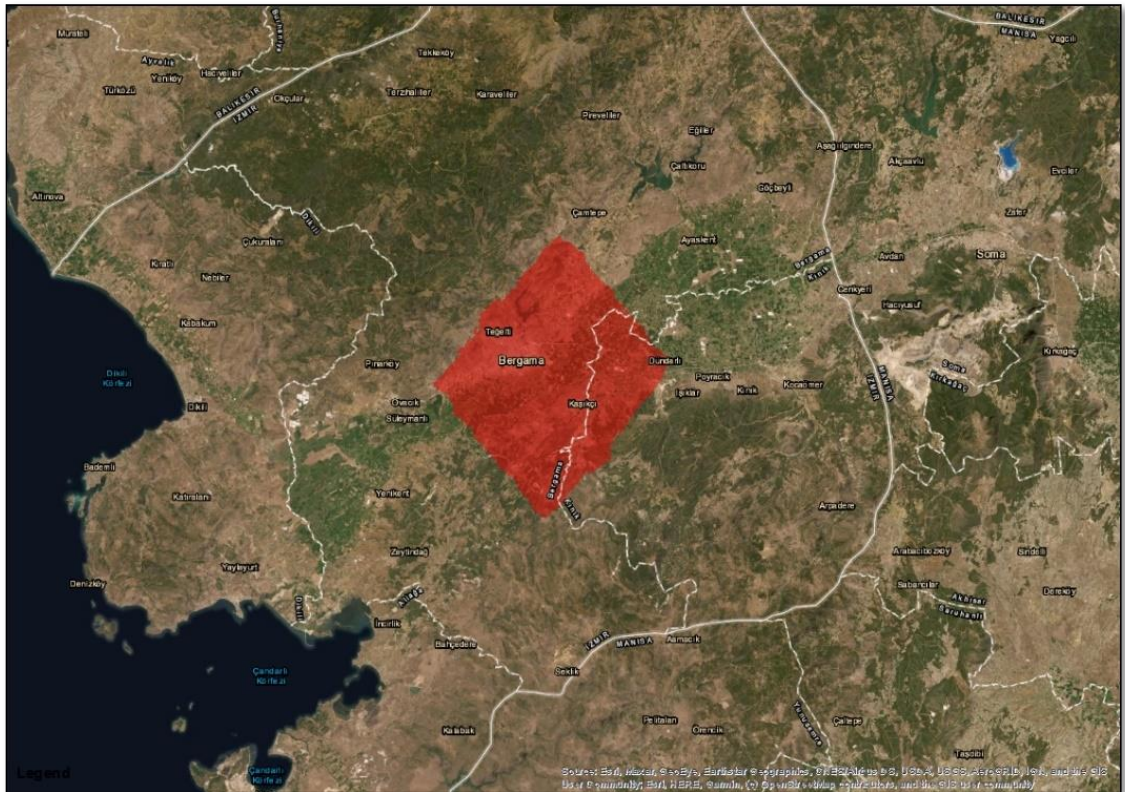
2.1. Çalışma Alanı

Bergama Havzası, Bakırçay Havzasında yer almaktadır. Bakırçay Nehri Kuzey Ege Havzası'nın en önemli alt havzalarından biridir Şekil 2.1 ve Şekil 2.2. Kocadağ eteklerinden doğan Gelenbe Deresi'nin Karakurt boğazından geçerek Kırkağaç Ovası'na girmesiyle birlikte Bakırçay adını alan nehrin uzunluğu yaklaşık 120 km'dir. En önemli kolu olan Yağcılar Çayı ile Kınık civarında birleşen Bakırçay, Bergama yakınlarından geçerek Çandarlı İlçesi yakınlarından Ege Denizi'ne dökülür. İzmir ve Manisa illeri de Bakırçay Havzasında bulunmaktadır.

Çalışma alanının içerisinde yer alan Bergama Türkiye'nin en fazla köyüne sahip olan ilçesidir. Çalışma alanı Ege Bölgesi'nin kuzeybatısında yer alır, 39°07 kuzey enleminde ve 27°12 doğu bulunmaktadır. Kuzeyinde Madra Dağı, güneyinde Yunt Dağı, dağlar ile çevrili Bakırçay Havzası'nda kurulmuştur. Bakırçay Ovası'nın uzunluğu 45 km, genişliği yer yer 15-20 km arasında değişmektedir. İlçe merkezinin rakımı 68 metre, en yüksek rakımı ise 331 metredir. İlçenin İzmir'e ve komşu iller olan Manisa, Balıkesir gibi merkezlere olan uzaklığı 100 km civarındadır. İlçenin kuzeyinde Ayvalık, Burhaniye ve İvrindi, doğusunda Soma ve Kınık, güneyinde Manisa ve Aliağa, batısında da Dikili ilçesi bulunmaktadır. Güneybatısında Ege Denizi sahili yer almaktadır. İlçe, merkezi dâhil olmak üzere, Zeytindağ, Yuntdağ, Göçbeyli, Turanlı ve Kozak bucakları olarak altı bucağa ayrılmıştır [60].



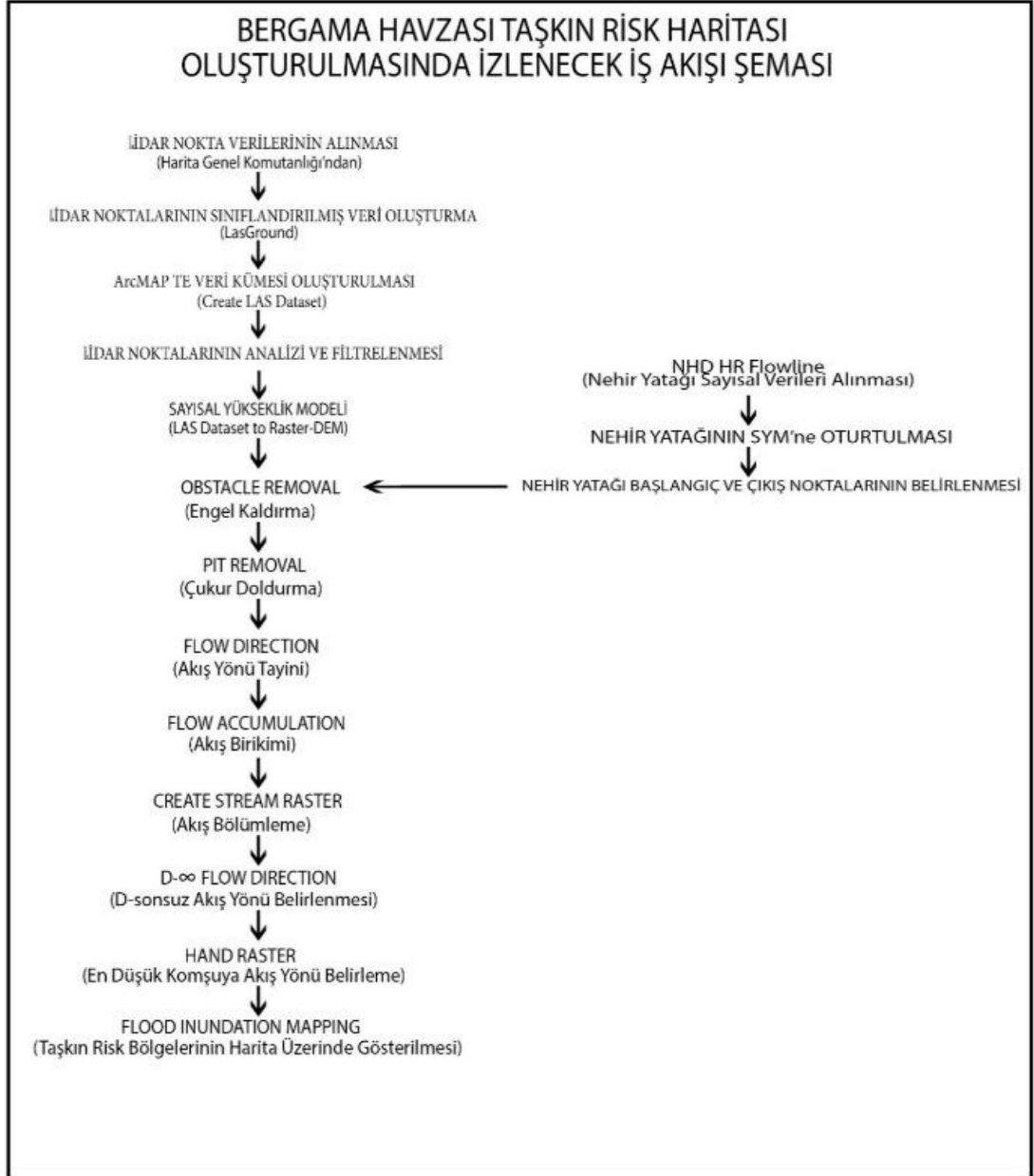
Şekil 2.1 Bergama Havzası Çalışma Alanı



Şekil 2.2 Bergama Havzası Çalışma Alanı

2.2. Sayısal Yükseklik Model'inin Oluşturulması

Bergama havzası taşkın anında su yükseklikleri haritasının oluşturulmasında izlenecek iş akış şeması Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Bergama havzası taşkın anında su yükseklikleri haritasının oluşturulmasında izlenecek iş akış şeması

Çalışması yapılacak arazinin yükseklik verileri Harita Genel Komutanlığının ihtiyacı doğrultusunda LIDAR teknolojisine sahip Riegl firmasının LMS-Q1560 LIDAR sisteminin Harita Genel Komutanlığına ait Beechcraft-200 uçağına monte edilerek

yapılan test uçuşundan elde edilen nokta bulutlarından oluşturulmuştur. Riegel LMS-Q1560 teknik özellikleri Tablo 2.1' de verilmiştir [61].

Tablo.2.1: Riegel LMS-Q1560 teknik özelliklerini gösteren tablo [61].

Uçuş Yüksekliği	400-4700 M
Efektif Lazer Frekansı	200-800 Khz
Tarama Açısı	58/60 °
Doğruluk	2 Cm (250 Metrede)
Tarama Mekanizması	Döner

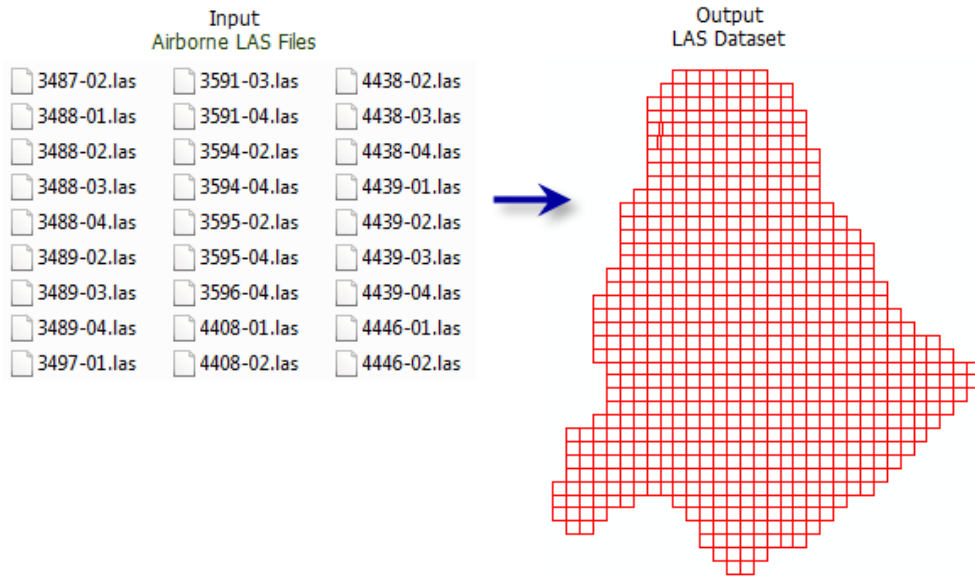
Bu uçuş esnasında TrackAir uçuş planlama yazılımı kullanılarak 1200 m yükseklikte metrekarede en az 8 nokta verişi ile 2600 m yükseklikte metrekareye en az 2 nokta verisi alınmıştır. Bu nokta bulutu verileri Harita Genel Müdürlüğü tarafından üniversiteler ve kurumların ücretsiz olarak erişimine açılmıştır [62]. LIDAR teknolojisi ile yapılan çalışmada her LIDAR noktası, lazer darbesini yansıtan nesnelerin türünü tanımlayan bir sınıflandırmaya sahiptir. LIDAR noktaları iki veya daha fazla kategoride sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma sayısal tamsayı kodları kullanılarak yapılır. Ağaçlar ve kuşlar nedeni ile oluşacak nokta hataları ile insanlar tarafından inşa edilen yapıların sıyrılması ve zeminin doğal bir şekilde elde edilmesini sağlamak için CBS ile çalışabilen Rapidlasso GmbH firmasının oluşturduğu Lasground (zemin sınıflandırılması) aracı kullanılır. Bu işlem sonucunda çalışılan alanın noktaları filtrelenerek sınıflandırılmış olacaktır. Uçuş esnasında alınan LIDAR noktalarında istenmeyen ve hatalı noktaların silinmesi gerekecektir. Bu filtreleme işlemleri sonucunda arazinin gerçek zemin değerlerini kullanarak SYM oluşturulur [63].

Sayısal yükseklik modelini oluştururken öncelikle LIDAR teknolojisi ile alınmış las uzantılı dosyalarının sınıflandırılması gerekmektedir. Bu işlem için Lasground analizi kullanılır.



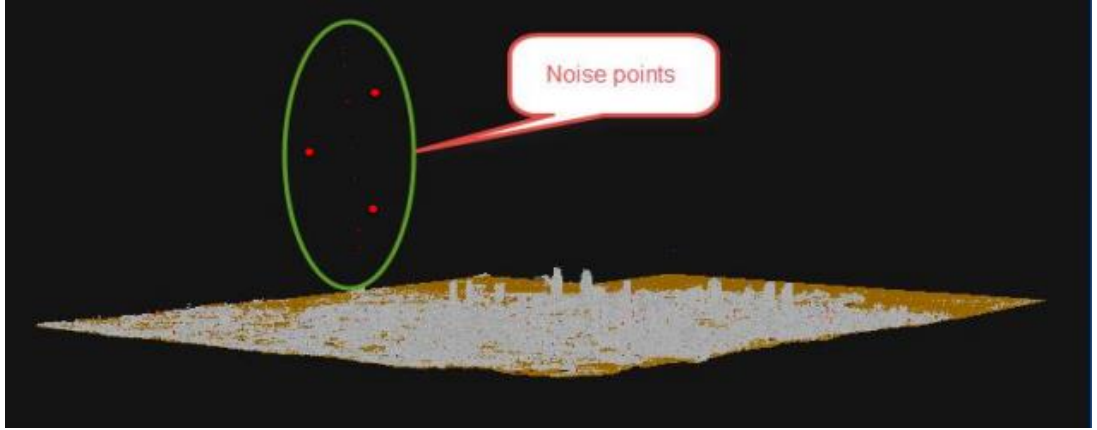
Şekil 2.4: LIDAR nokta verilerinin sınıflandırılması

LIDAR nokta verilerinin sınıflandırılmasından sonra Las uzantılı dosyalardan bir veri kümesi oluşturulur. Bu işlem için ArcMAP'den Create LAS Dataset aracı kullanılır. Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5: LIDAR dosyaların birleştirilmesi

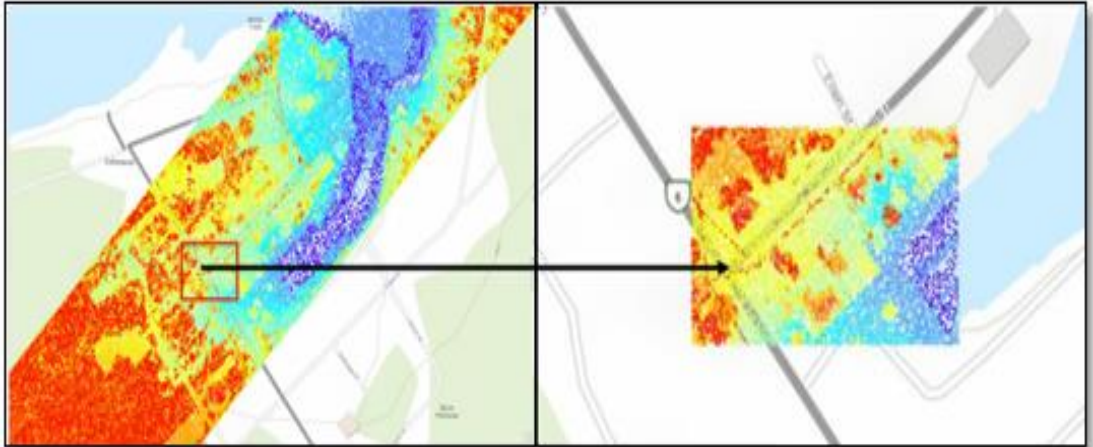
LIDAR verileri birleştirilip tek bir veri kümesi oluşturulduktan sonra hatalı noktaların ve verilerin yazım hatası durumunda bazı düzenlemeler yapmak gerekmektedir. Birçok sınıflandırma şekil 2.5'de olduğu gibi yapılmıştır. SYM'i oluşturmak ve arazinin doğru topoğrafik yapısını bulmak için; zemin ve istenmeyen noktalar olarak iki ayrı kategoride sınıflandırılacaktır. Şekil 2.6'de istenmeyen noktalar gösterilmektedir. Bu işlemler için istatistik yapılarak gerekli olan zemin nokta verileri elde edilir ve işlemler artık zemin noktaları kullanılarak gerçekleştirilir.



Şekil 2.6: LIDAR alımlarında gürültü (kuş veya su) noktaları

Kullanılacak olan LIDAR zemin nokta verileri, zeminin değerlerini ortaya çıkaracaktır. LIDAR teknojisi ile alınmış olan nokta kümelerinde yer alan ev, ağaç ve rasyonel olmayan noktaların kaldırılması ile nokta verilerinin sürekliliği bozulmaktadır. İnterpolasyon metodu ile zemin nokta verilerinin sürekliliği sağlanır.

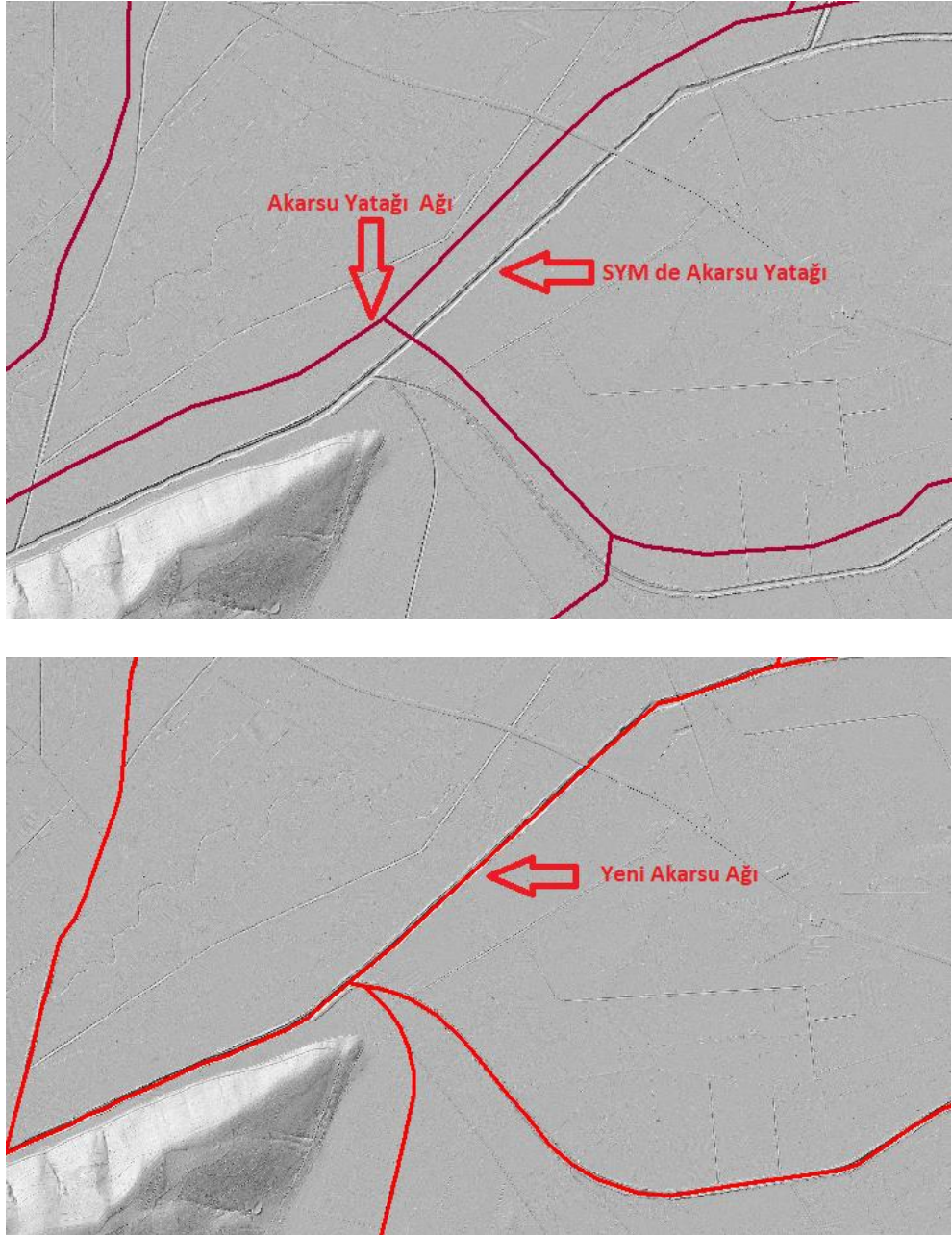
Zeminin gerçek nokta verileri ile Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulur. Bu işlem için ArcMap programının LasDataset to Raster komutu kullanılır. Bu işlem Raster aralıklarını 0,5 m X 0,5 m ızgaralar şeklinde oluşturulur. LIDAR nokta verileri her m² de 8 nokta alımına sahip olduğundan alınan her rasterde 2 adet nokta olacak şekilde SYM oluşturulur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: SYM oluşturulması

2.3.SYM Üzerinde Nehir Ağının Düzeltilmesi ve Köprülerin Giderilmesi

Harita Genel Müdürlüğünden alınan Akarsu ağı verileri, oluşturulan SYM ile birleştirildiğinde SYM üzerindeki akarsu yatakları ile çakışmadığı durumlar da görülebilir. Bu sorunun giderilmesi için Akarsu ağı ile SYM üzerindeki akarsu yatağının çakıştırılması sağlanır (Şekil 2.8). Bu işlem ArcMap editor aracılığıyla gerçekleştirilir.



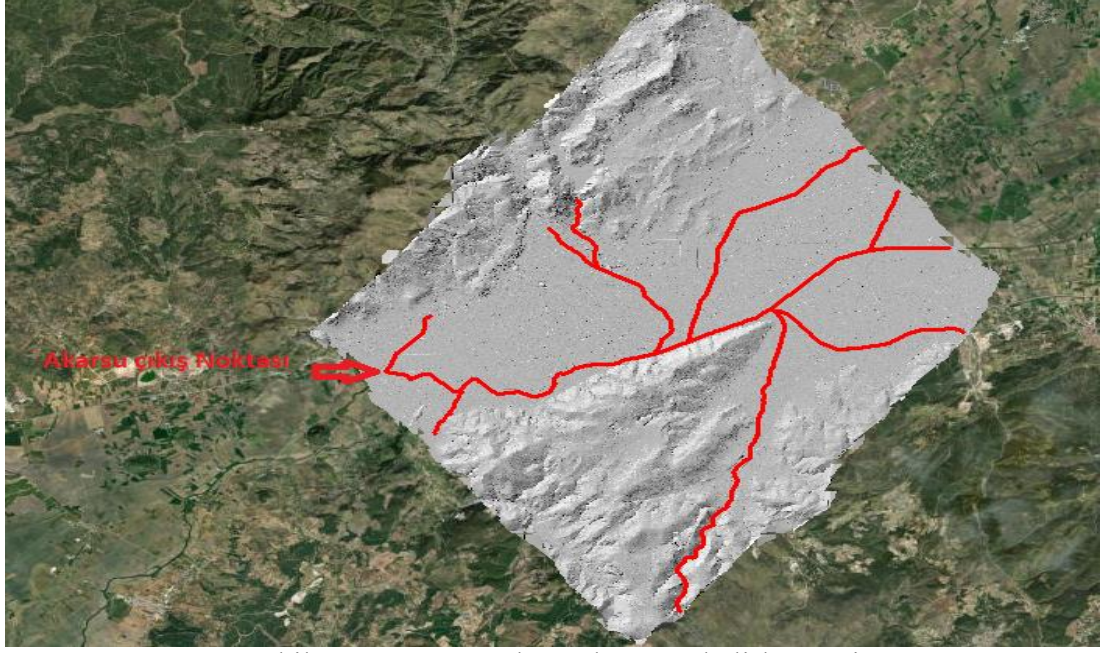
Şekil 2.8: SYM üzerinde Akarsu Yatağının Düzenlenmesi

Nehir ağı üzerinde bulunan Kenstsel yapılar, Barajlar ve diğer etmenler akarsu sürekliliğini bozmaktadır. Akarsu sürekliliğinin sağlanması için akarsu ağı üzerinde bulunan engeller çalışma alınının dışında bırakılmalıdır. şekil 2.9’de gösterildiği gibi akarsu ağı başlangıç noktaları ArcMap Editör aracı kullanılarak belirlenir.



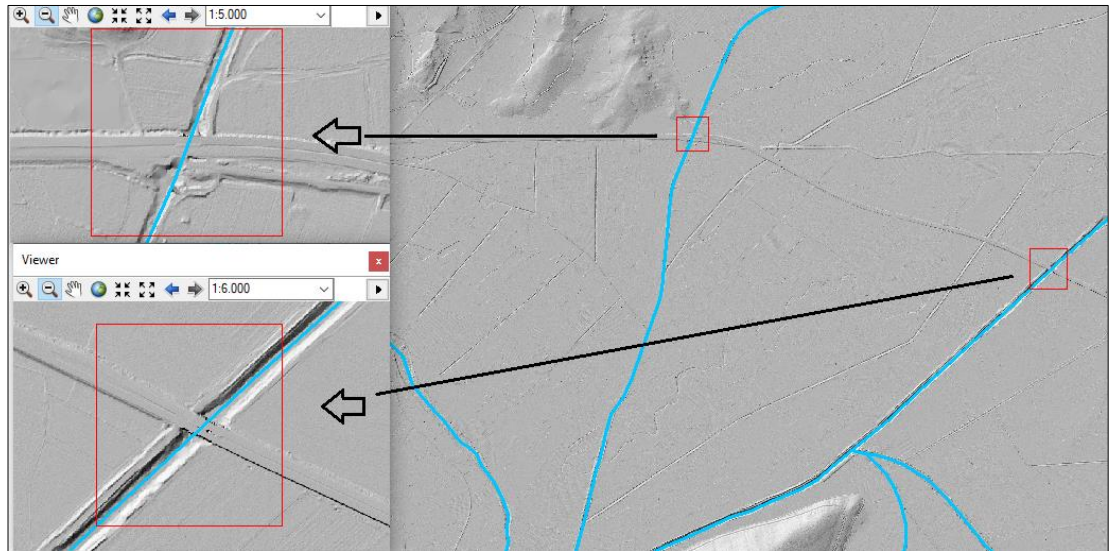
şekil 2.9: Akarsu Ağı Başlangıç Noktaları Kabul Edilmesi

Çalışma alanı içerisinde bir drenaj çıkış noktası seçilmelidir. Seçilen nokta çalışma alanı içerisinde akarsu ağının en düşük kotunda olacaktır. Bu işlemi yapmakla nehir ağının başlangıç noktaları ve drenaj noktası seçilmiş olacaktır (şekil 2.10).

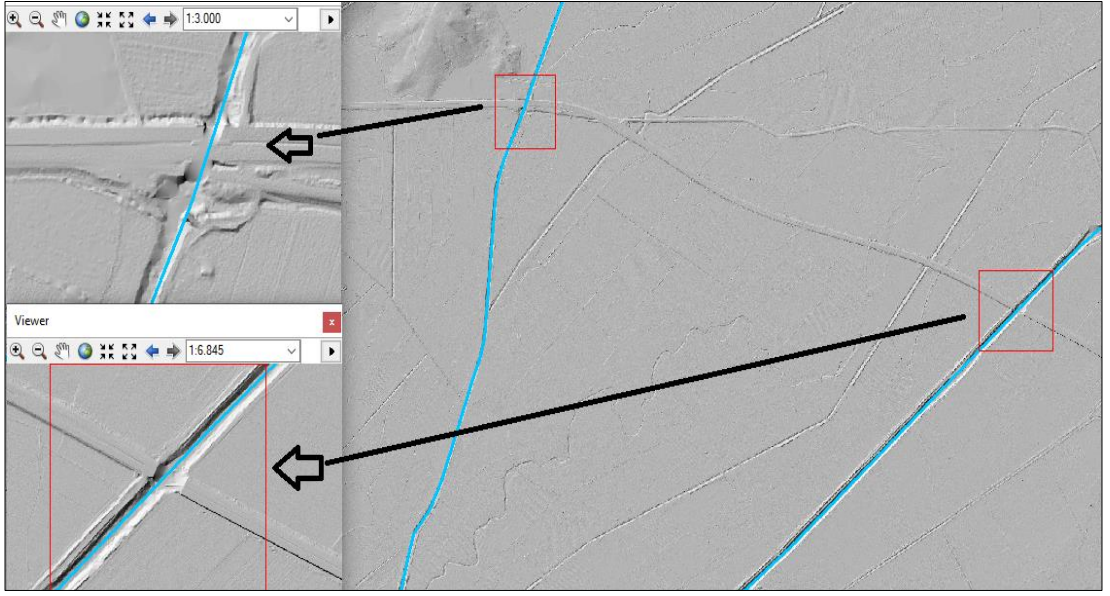


Şekil 2.10: Akarsu çıkış noktasının belirlenmesi

Akarsu yatağı üzerinde mevcut köprülerin bir kısmı sınıflandırılmadığı için LIDAR verilerinde görünemeyebilir. Bunun nedeni veri kümelerinde ilgili köprülerin zemin noktaları olarak algılanmasıdır (Şekil 2.11). Bu hatanın giderilmesi için LIDAR nokta verilerinde zemin olarak algılanan köprülerin kaldırılması gerekmektedir. Bu işlemin yapılmaması durumunda köprüler sanki akarsu ağının önünde set olarak görülecektir. Bu setlerin giderilmesi için yapılması gereken ArcMap uygulamasından Las Dataset, Profile View (Lazer veri kümesi Profil görünümü) aracı kullanılarak her bir köprünün profili görüntülenerek köprü noktaları (Bridge Deck) olarak sınıflandırıldıktan sonra SYM oluşturulur (Şekil 2.12).

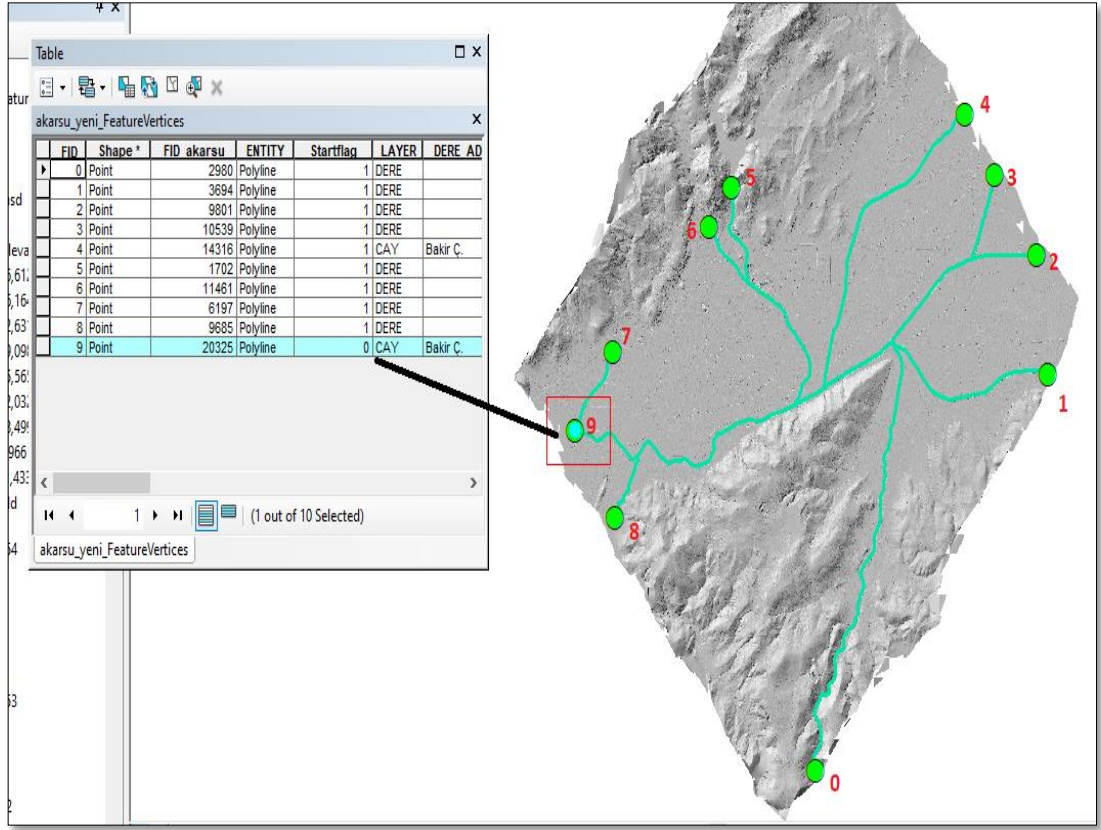


Şekil 2.11: Köprülerin yer verisi olarak görülmesi



Şekil 2.12: Köprü verilerinin sınıflandırılarak yer verişinden çıkarılmış hali

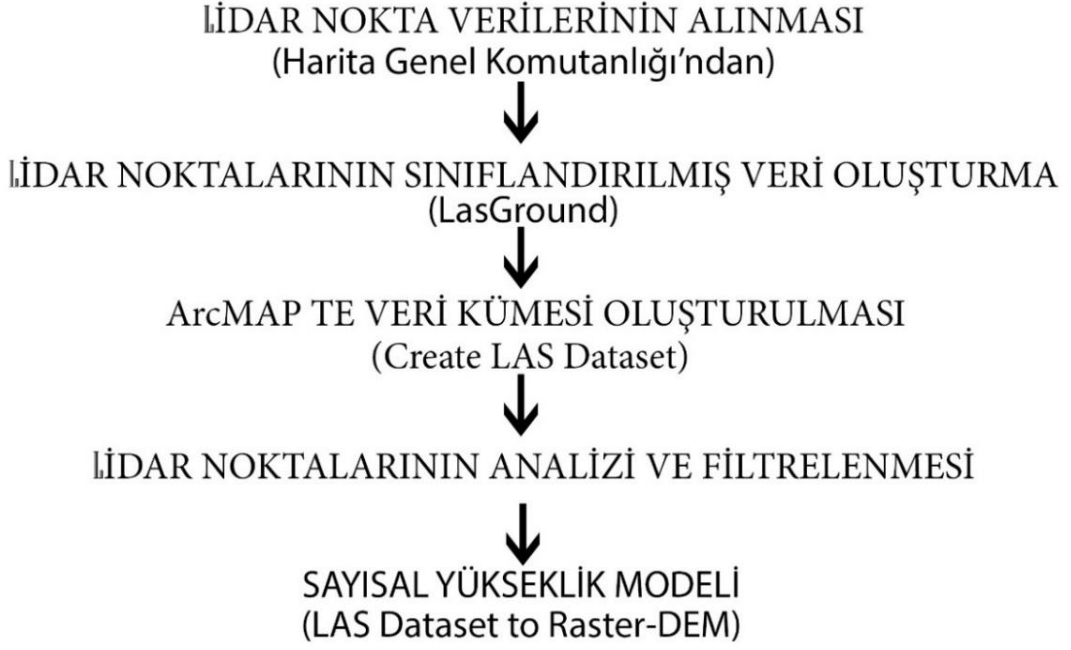
Son olarak çalışma alanı içerisinde akarsu yatağında yapılmış düzenlemelere ek olarak, akarsu akış yönünün belirlenmesi için en düşük kotta bulunan drenaj noktası ile akarsu başlangıç noktaları belirlenir. Belirlenen noktaların sınıflandırılması ve akış yönünün belirlenmesi için akarsu başlangıç uç noktalarına 1 (başlangıç olarak kabul edilen noktalara), en düşük kotta bulunan uç nokta ise 0 seçilir (Şekil 2.13). Bu işlem için ArcMap editor aracı kullanılır. Bu işlem sonunda Las Dataset, to Raster uygulaması ile yeni bir Las dataset veri elde edilir. Oluşan bu yeni veriler ile nehir ağı akış yönü belirlenir ve akarsu ağı sürekliliği görülür. HAND işlemlerinin doğru uygulanması sağlanır.



Şekil 2.13: ArcMap’de akarsu başlangıç ve boşaltma noktası sınıflandırması

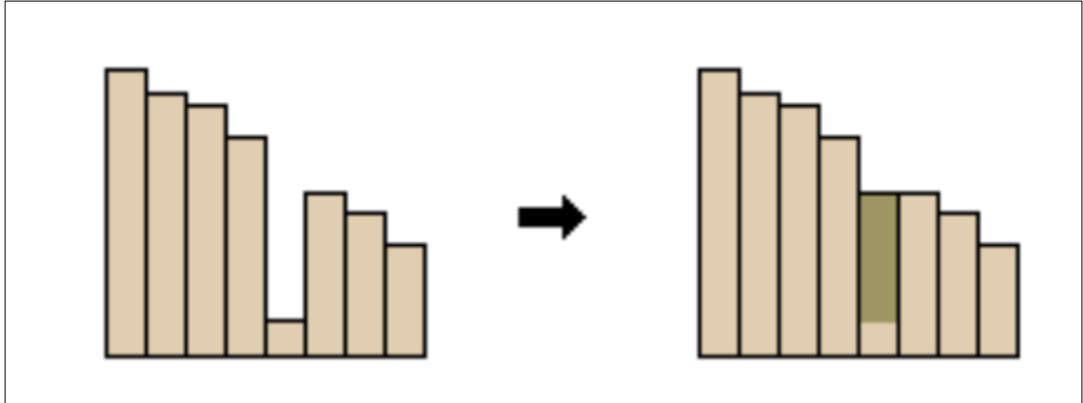
2.4.HAND (Height Above Nearest Drainage) İşlem Akışı

HAND işleminde izlenecek iş akış şeması Şekil 2.14’deki gibi gösterilmiştir.



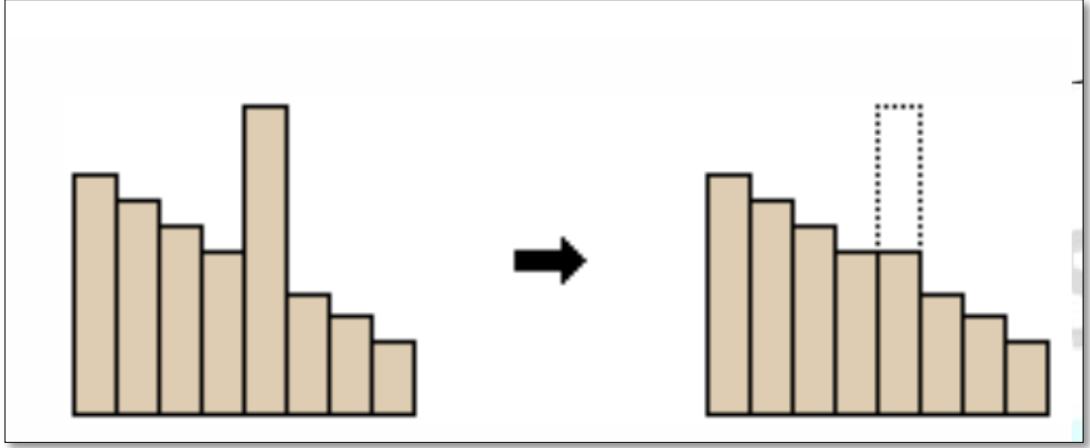
Şekil 2.14: HAND işlemi izlenecek iş akışı şeması

Çukur kaldırma (Dolgu işlevi): Bu işlev ile akarsu ağında mevcut çukurların doldurulması sağlanır. Çukur alanların yükselti verileri yükseltilir (Şekil 2.15). Bu işlev ile akarsu ağının sürekliliği sağlanır ve ağ üzerindeki ani değişimler engellenir.



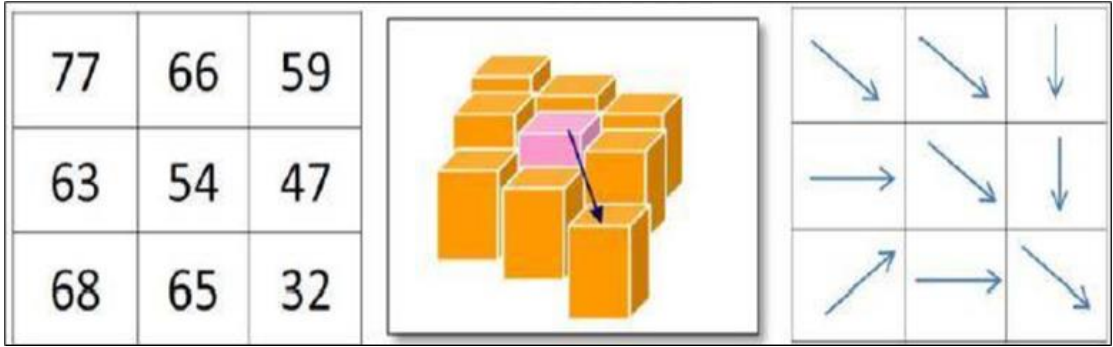
Şekil 2.15: Dolgu işlevi [62].

Engel kaldırma işlevi akarsu ağı üzerinde beklenenden fazla yüksekliğe sahip engellerin kaldırılmasını sağlar. Bu işlem ArcGIS fill aracı kullanılarak sağlanmaktadır (Şekil 2.16) [64].

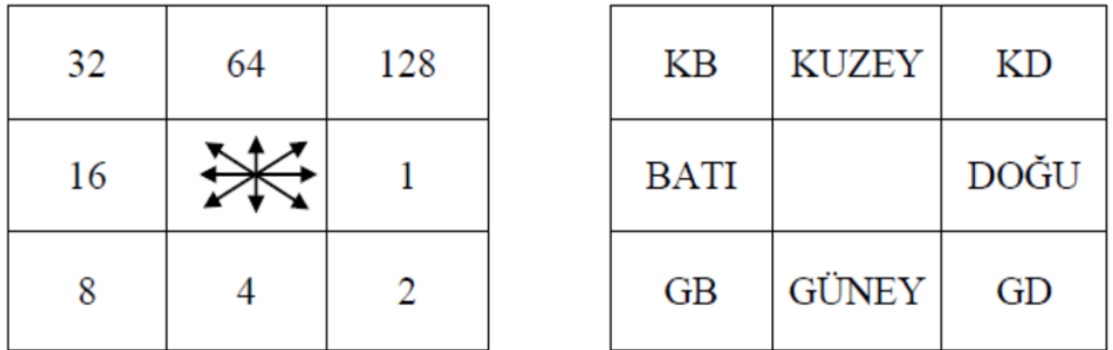


Şekil 2.16: Engel kaldırma işlevi [62].

Akış yönü tayini (Flow Direction): Arazinin topoğrafik durumuna bağlı olarak oluşturulan ızgaraların yükseklik verilerine göre uygulanmaktadır. Bu işlemde farklı modeller kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanı D8 modelidir. D8 modeli, yüzey akarsuyunun kendisine komşu olan en düşük kottaki ızgaraya akışını temsil eder. ArcGIS tarafından kullanılmakta olan D8 akım yönü modeli Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’ de gösterilmiştir [64].

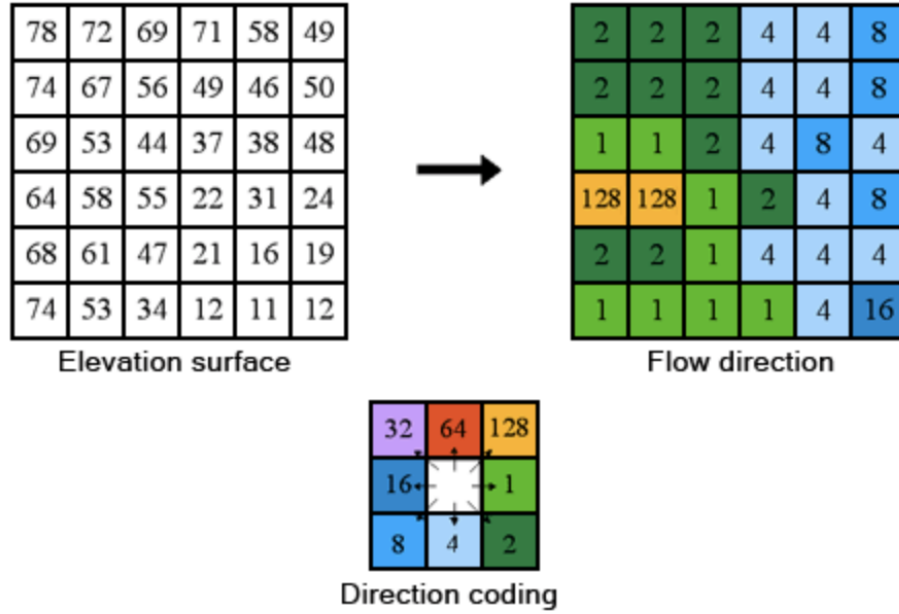


Şekil 2.17: Akış yönü tayini [62].



Şekil 2.18: 8 yönlü akım modeli sayılara karşılık gelen yönler [62].

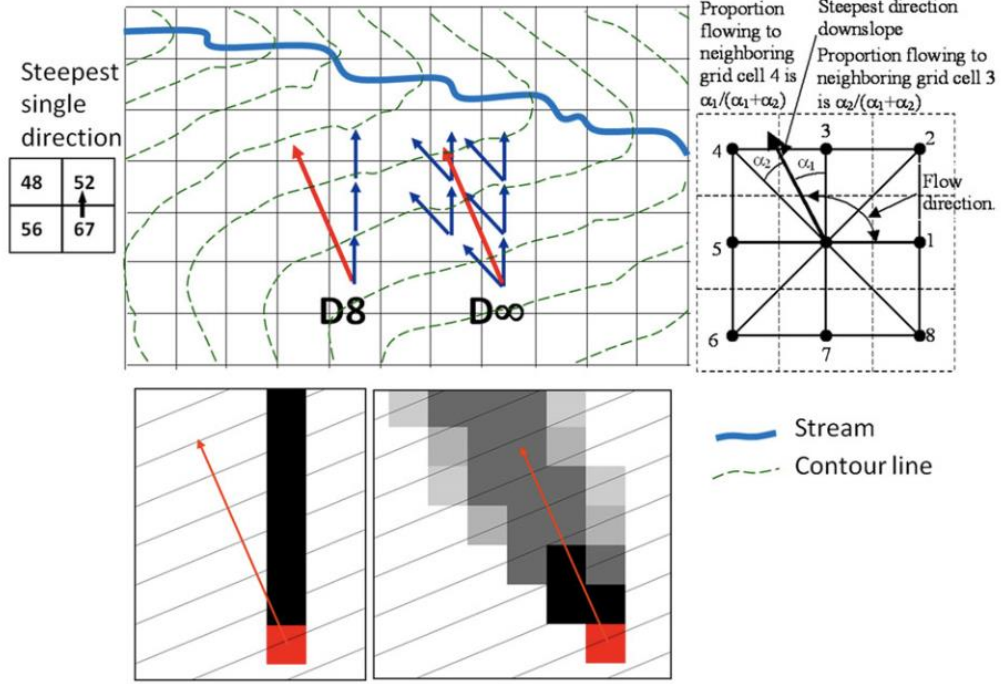
D8 modeli akışın olabileceği komşu sekiz ızgaraya akışı temsil eder. Her akış yönü Şekil 2.17’da gösterildiği gibi sayılar ile belirlenmektedir. Akışın yüksek ızgaradan kendisine komşu olan en düşük ızgaraya akması ile akış yönü tayin edilir. Akarsu akış yönü hangi ızgaraya denk geliyorsa yüksek kottaki ızgara o sayı değerini alır (Şekil 2.19).



Şekil 2.19: D8 akış yönü belirleme

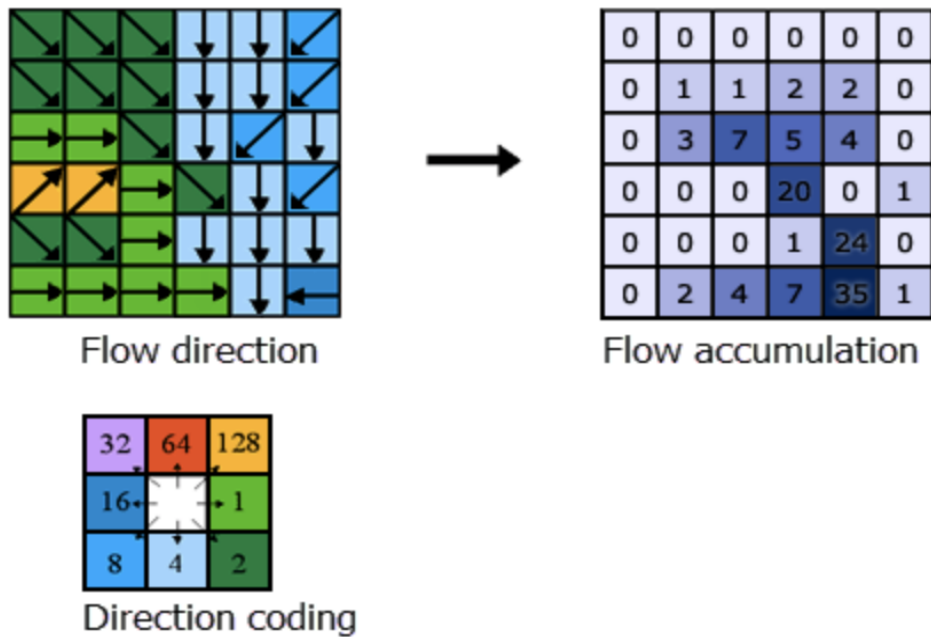
Tarboton [21], bir SYM içindeki akışın temsili için D_{∞} çoklu akış yönü modelini Şekil 2.20’de göstermiştir. Bir ızgara hücresinden bitişik veya çapraz komşuya (D8) sekiz olası yönden birinde akışı temsil etmek yerine, bu prosedür, her bir ızgara hücresinde ortalanmış sekiz üçgen yüzey üzerinde en dik aşağı eğim yönü boyunca bir vektör olarak akış yönünü temsil eder. 0 ile 2π arasında bir açı olarak gösterilen sonsuz sayıda veya akış yönünde mümkündür. Bir ızgara hücresinden gelen akış, açı orantısına dayalı olarak vektör akış açısına en yakın olan iki aşağı eğimli ızgara hücresi arasında paylaşılır [21].

D_{∞} modeli, D8’i her ızgara hücresinde ortalanmış sekiz üçgen yüzeyler üzerindeki en dik ve aşağı eğim yönü boyunca bir vektör olarak kabul ederek D8 modelini genelleştirir. Yüksek kottaki ızgaradan aşağı yönlü akış, açı orantısına bağlı olarak vektör akış açısına en yakın olan iki aşağı eğimli ızgara hücresi arasında paylaşılır [65].



Şekil 2.20: D8 ve D∞ modelleri [65].

Akış Birikimi (Flow Accumulation): Akarsuyun aktığı düşük kottaki ızgara, yüksek kottaki ızgaradaki toplam birikmiş akışı hesaba katarak akış toplamalarının hesaplanmasıdır [21]. Akış biriktirme aracı (Flow Accumulation) kullanılarak sağlanmaktadır. Su havzasını oluşturan ızgaralar en yüksek kotta 0 olarak adlandırılarak akış yönüne doğru toplanarak ilerlemektedir (Şekil 2.21)



Şekil 2.21: Akış birikimi (Flow Accumulation)

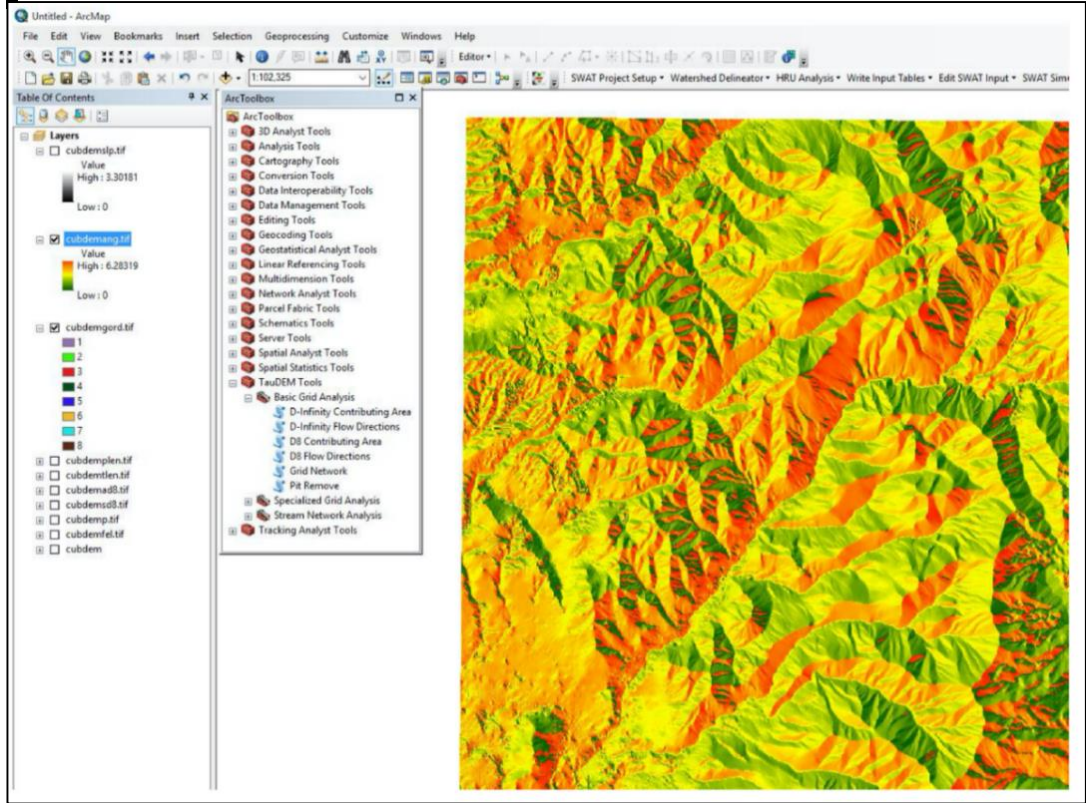
Şekil 2.21’de anlaşılacağı gibi 0 olan ızgaralar akışın başladığı en yüksek kotları temsil eder. ızgaraların içerisinde yazılı olan sayılar kendisine komşu olan daha yüksek kottaki ızgaraların akış birikiminin toplanması ile ilerlemekte ve akış yönünü belirlemektedir. En yüksek sayıya sahip ızgara en düşük kota sahip ızgara olacaktır.

Akış ızgarasının Oluşturulması (Create stream raster): Akış birikimi ile oluşturulan akarsu yatağının koşullandırılması gerekmektedir. Akışın olduğu, yani eğimin 1 ve üzerinde olduğu tüm hücreler doğru, 1’in altında kalan hücreler yanlış olarak kabul edilir. Bu işlem ArcGIS’de Con aracı kullanılarak sağlanır. Con aracı; hücre değerinin belirtilen bir koşullu ifadede doğru veya yanlış olarak değerlendirilmesine bağlı olarak her hücre için çıktı değerini kontrol etmeye olanak tanır. Şekil 2.22’de gösterildiği gibi beyaz kesik çizgiler akışın olduğu akarsu yatağını temsil etmektedir.



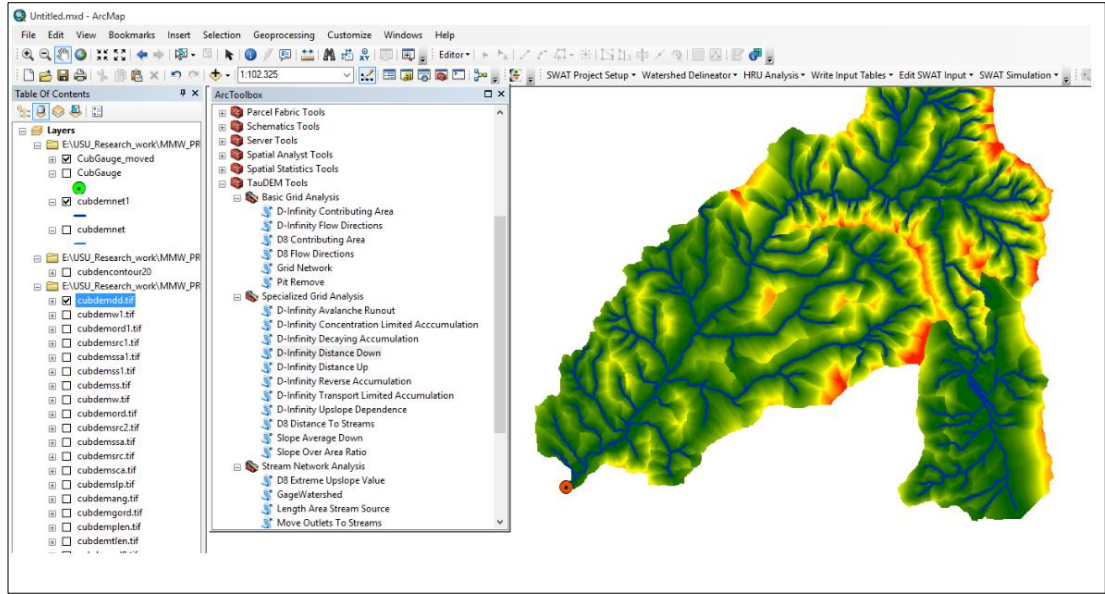
Şekil 2.22: Con aracı kullanılarak akarsu akış ızgarasının oluşturulması

D-Sonsuz akış yönü belirlenmesi (D-infinity flow direction): D-Sonsuz akış modeli yaygın olarak kullanılmakta olan çoklu akış yönü yöntemidir. Her ızgara hücresinde ortalananmış sekiz üçgen yüzey üzerindeki en dik aşağı eğim yönü boyunca bir vektör olarak akış yönünü temsil eder (Şekil 2.23). Bir ızgara hücresinden gelen akış açısı orantılarına dayalı olarak vektör akış açısına en yakın iki aşağı eğimli ızgara hücresi arasında paylaşır [65].



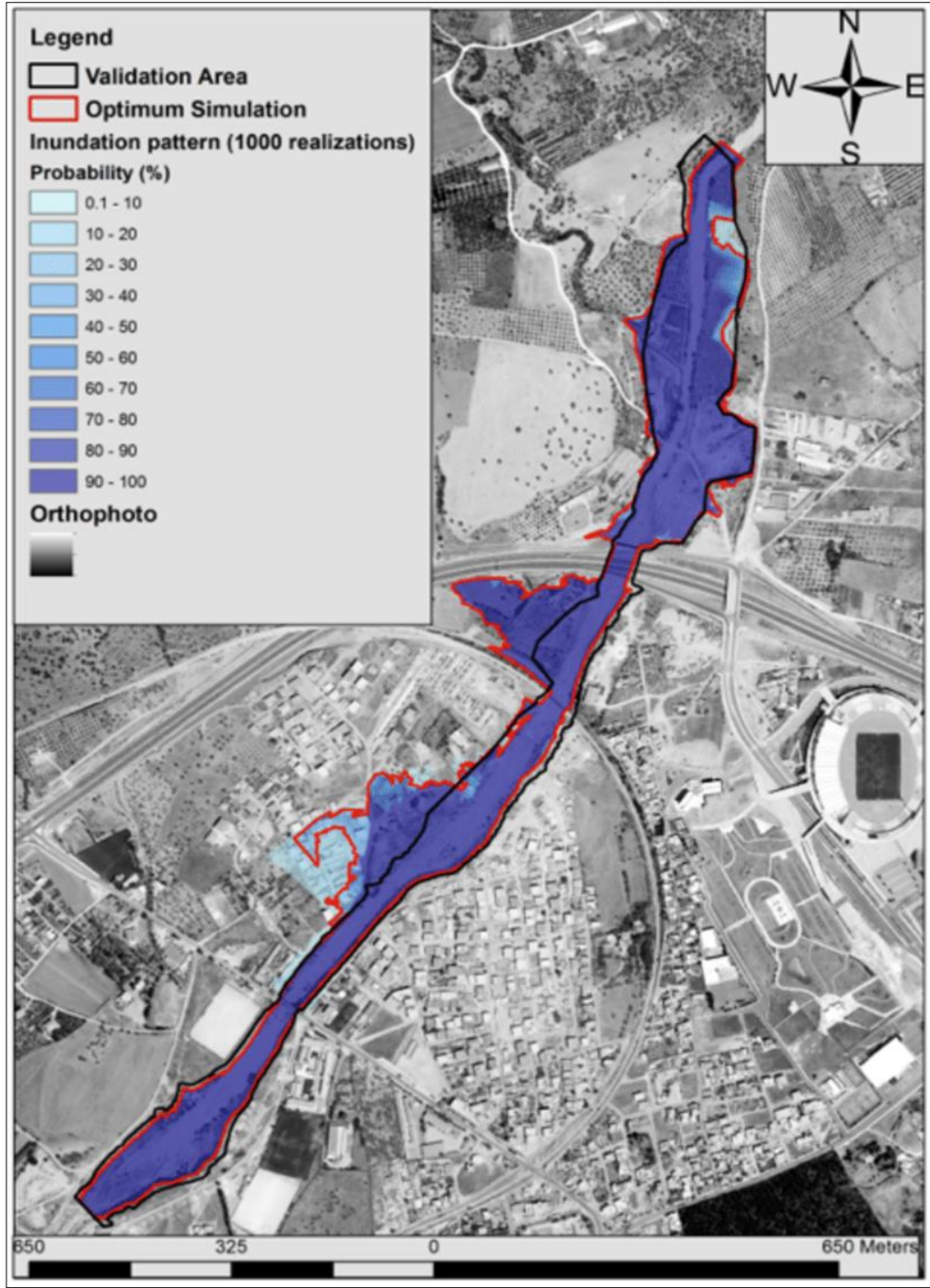
Şekil 2.23: D-sonsuz akış yönünün belirlenmesi ekran fotoğrafı.

D-sonsuz Aşağı Mesafe Hesaplama (D-infinity Distance Down): D-sonsuz akış modeli, çok yönlü bir akış yönü modelidir. Her bir ızgara hücresinden gelen akış, 2 adede kadar aşağı eğimli ızgara hücresi arasında orantılı olduğundan, herhangi bir ızgara hücresinden bir akışa olan mesafe benzersiz bir şekilde tanımlanır. Belirli bir sayıdaki ızgara hücresinden oluşan akarsuya farklı hücrelerden de akarsu girişi olabilir. İstatistiksel yöntem, akışa olan akış yolu mesafesinin en uzun, en kısa veya ağırlıklı ortalaması olarak seçilebilir. Ayrıca mesafeyi ölçmenin birkaç farklı yolu bulunmaktadır. Bu yollar; toplam düz hat yolu (Pisagor), düz hat yolunun yatay bileşeni veya düz hat yolunun dikey bileşeni ile toplam yüzeyin akış yolu uzunluğudur (Şekil 2.24) [21].



Şekil 2.24: D-sonsuz aşağı mesafe hesaplama

Taşkın Anında Su yüksekliklerinin Haritalandırılması (Flood Inundation Mapping): Karayolları, demiryolları, binalar, caddeler ve havaalanı gibi önemli yapıların üzerinde taşkın etkilerini anlamak için taşkın baskını belgelendirilmesi ve haritalandırılması için gereklidir. Taşkına elverişli alanlar ile ilgili bilgi vermek ve uygun taşkın önleme yönetimini belirtmek için gerekli olan taşkın bölgelerinin derinlik ve mekânsal kapsamı gibi önemli bilgileri sağlar. 100 yıllık akarsu verilerine dayanarak, akarsuyun neden olabileceği taşkın anında su yükseklikleri esas alınarak bir taşkın su yükseklik haritası geliştirilebilir. Su yüksekliğinin etkilerinin derecelendirilmesi, selin derinliği ve suyun altında kalan alanları, arazi kullanımını, etkilenen nüfusu ve yollar gibi hassas parametreleri ile belirlenebilir. Su yükseklik derecelerine göre taşkın anında su altında kalacak bölgeler belirlenir (Şekil 2.25). Bu çalışmanın detayları, etkilenme olasılığı olan bölgelerde taşkınlara karşı hazırlıklı olmak için ön uyarı sistemine esas oluşturmakta ve taşkın tehlike haritalarının hazırlanması için riskli bölgelerin belirlenmesinde ön eleme analizi olarak kullanılabilir.

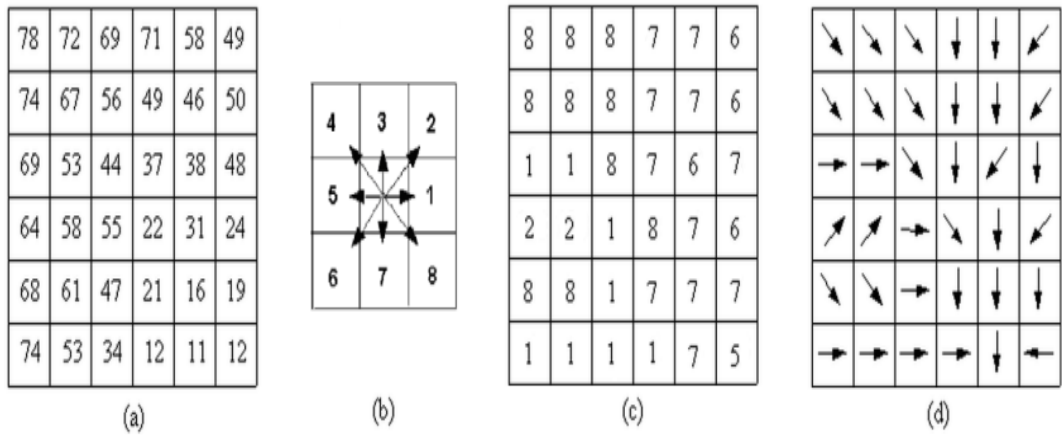


Şekil 2.25: Taşkın anında su altında kalacak bölgelerin harita üzerinde gösterilmesi [65].

2.5. D_8 ve D_{sonsuz} Algoritmalarının Alan Hesaplaması

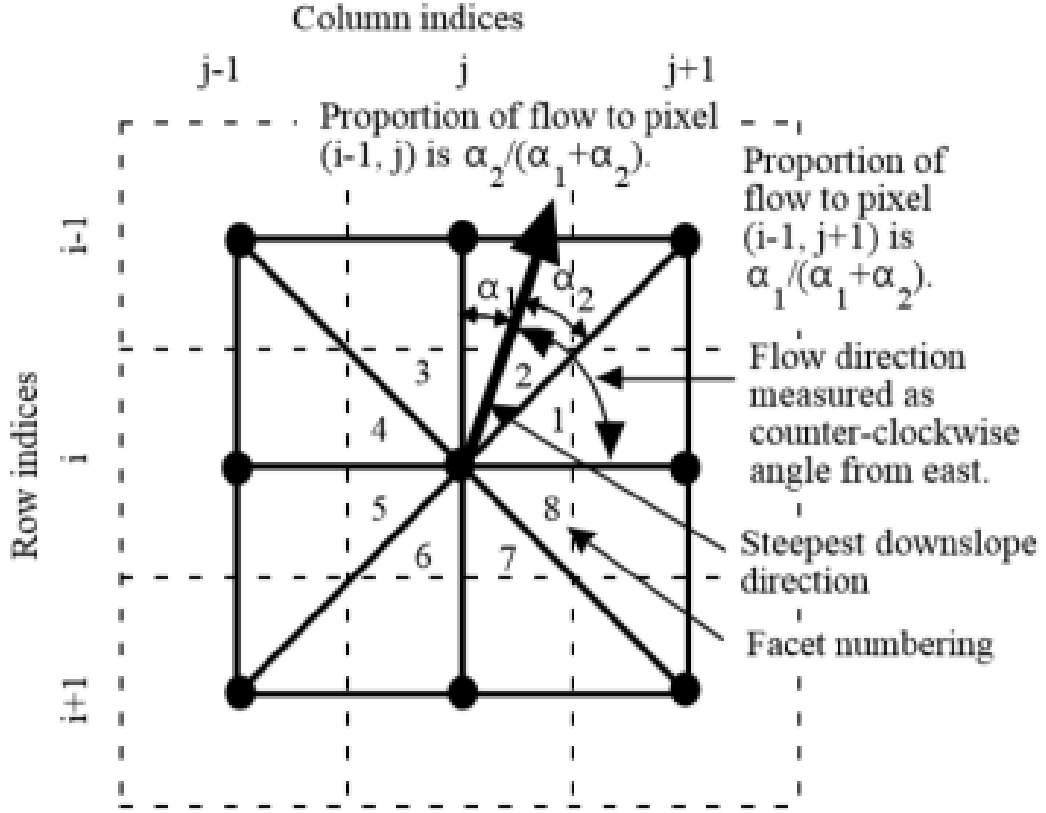
Kanal ağı tanımlama prosedürleri, bir ızgara tarafından temsil edilen bir arazi yüzeyi üzerindeki akış için D_8 modeline dayanmaktadır (Şekil 2.26). Sayısal yükseklik verilerinden türetilen ağların faydalı olması için doğru uzunluk ölçeğinde çıkarılmaları

gerekir [66].Bu modelde, akış alanını temsil etmek için komşu sekiz (ana ve çapraz) ızgara hücrelerinden birine doğru en dik eğim yönünde tek bir akış yönü kullanılır. D8 yaklaşımı, akışın 45° ile ayrılmış sekiz olası yönden yalnızca birine ayrıştırılmasından kaynaklanan dezavantajlara sahiptir. D8 algoritmasında grid SYM'nin her bir hücresinin 3x3'lük pencerede sekiz komşusu vardır ve akış bu sekiz komşu yönünden yalnızca birine doğru gerçekleşmektedir. D8 akış yönü algoritmasının sadece sekiz ana yön sınırlaması, hidrolojik modelleme yönünden bir dezavantaj kabul edilmesine karşın, tek bir hücreye akış hesaplaması sebebiyle nehir akım ağlarının oluşturulmasında kullanılır.



Şekil 2.26: Akış yönlerinin D8 algoritması ile belirlenmesi (a) Sayısal Yükseklik Modeli-Grid değerleri, (b) Akış yönü kodları, (c) Sayısal Yükseklik Modelinin akış yönlerine göre kodlanması, (d) Akış yönleri sembolik gösterimi [66].

Bir DEM içindeki akışın temsili için D_{sonsuz} çoklu akış yönü modelini detaylandırmıştır (Şekil 2.27). Çoklu akış yönü algoritmalarından biri olan D-sonsuz yaklaşımında ise, 3x3'lük pencere sekiz üçgen yüzüne ayrılarak her bir yüz için hesaplanan eğimler karşılaştırılmaktadır. Bir ızgara hücrelerinden bitişik veya çapraz komşuya (D8) sekiz olası yönden birinde akışı temsil etmek yerine, bu prosedür, her ızgara hücrelerinde ortalananmış sekiz üçgen yüzey üzerinde en dik aşağı eğim yönü boyunca bir vektör olarak akış yönünü temsil eder. 0 ile 2π arasında bir açı olarak gösterilen sonsuz sayıda veya akış yönü mümkündür. Bir ızgara hücrelerinden gelen akış, açı orantısına dayalı olarak vektör akış açısına en yakın iki, aşağı eğimli ızgara hücreleri arasında paylaşılır.



Şekil 2.27: D-sonsuz algoritması ile akış yönlerinin belirlenmesi [66].

D_∞ çoklu akış yönü modeli, akışın bir yamaçta dağıldığı ve ağırlıklı birikimi içerecek şekilde kolayca genişletilebildiği belirli toplama alanının hesaplanması için kullanışlıdır. Denklem (2.1) hesaplanmanın nasıl yapılacağı gösterilmiştir. Bir ağırlık alanı $r(x)$ verildiğinde (örneğin aşırı yağışı temsil edebilir, örneğin yağış eksi sızma), arazi yüzeyindeki her noktada r birikimi her noktada şu şekilde değerlendirilebilir (2.1):

$$A[r(x)] = \int_{CA}^1 r(x) dx \quad (2.1)$$

$A[.]$, girdi olarak bir uzaysal alan $r(x)$ ve topografik akış yönü alanını (belirtilmemiş) alan ve her noktaya kadar $r(x)$ birikimini temsil eden bir $A(x)$ alanı üreten bir fonksiyonel operatördür x . Entegrasyon, katkıda bulunan CA alanı üzerindedir. Sayısal olarak kare bir ızgaradaki her hücreye, her yöndeki akış oranını temsil eden bir dizi (bir veya daha fazla) akış oranı atanır. Her ızgara hücresiyle ilişkili tek bir $r(i, j)$ değeri vardır. Her hücre için birikim değeri $A(i, j)$ değerlendirilir (2.2):

$$A[r(x)] = A(i, j) = r(i, j) \Delta^2 + \sum p_k A(i_k, j_k) \quad (2.2)$$

Bölüm 3

Sonuç ve Öneriler

Bu yüksek lisans tezi kapsamında taşkın afetinin başlangıçta küresel karşılığı daha sonra Türkiye’de oluşturduğu maddi ve manevi etkilere yakın dönemden örnekler verilerek açıklık getirilmeye çalışılmıştır. CBS yardımıyla Bergama bölgesi taşkın yayılım alanlarının elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma Bergama Havzasının su yükseklik haritasının oluşturulması ile daha detaylı taşkın modellemesi gerektiren alanların tespit edilmesi amacı taşımaktadır. Ülkemizde ve dünyada sel suları ve taşkınların önlenmesi için mekânsal analiz yaparak oluşabilecek tahribatları engellemek veya minimum seviyeye düşürmek amacıyla CBS yöntemlerinin yüksek doğruluğa sahip olduğu göstermek için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada LiDAR teknolojisinden faydalanılarak oluşturulan SYM, ArcGIS programında 3 boyutlu mekânsal analiz yapılarak oluşabilecek sel suları ve taşkınlar belirlenmiştir. Elde edilen veriler neticesinde gerekli önlemler alınabilir ve oluşabilecek tahribatlar minimum seviyeye düşürülebilir. Ekosistemimizde sürekli dolaşımında olan su, küresel ısınma ve ardından gelen kuraklık nedeniyle artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Kuraklık su kaynaklarını doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde etkiler. Kuraklığın su kaynakları üzerindeki doğrudan etkisi, özellikle yüzeysel su kaynaklarında yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem ve artan buharlaşma kayıpları; dolaylı etki ise bitkilerin artan su ihtiyaçlarını karşılamak için tarımsal sulama için hem yerüstü hem de yer altı su kaynaklarına olan talebin artması yoluyla olmaktadır. Artan talep, su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin önemini artırmaktadır. Sürdürülebilirliğin temel itici güçlerinden biri olan nehir akımı ve taşkın yönetimi, toplulukları çevre üzerindeki en kötü etkilerden korumak için hayati önem taşımaktadır. Meteorolojik karakterli afetler içerisinde gerçekleşme miktarı ve etkileri bakımından en fazla paya sahip olan afet türü taşkın afetidir. Günümüzde taşkın afetinin oluşturduğu riskin asgari düzeyde tutulması amacıyla CBS teknolojilerinin

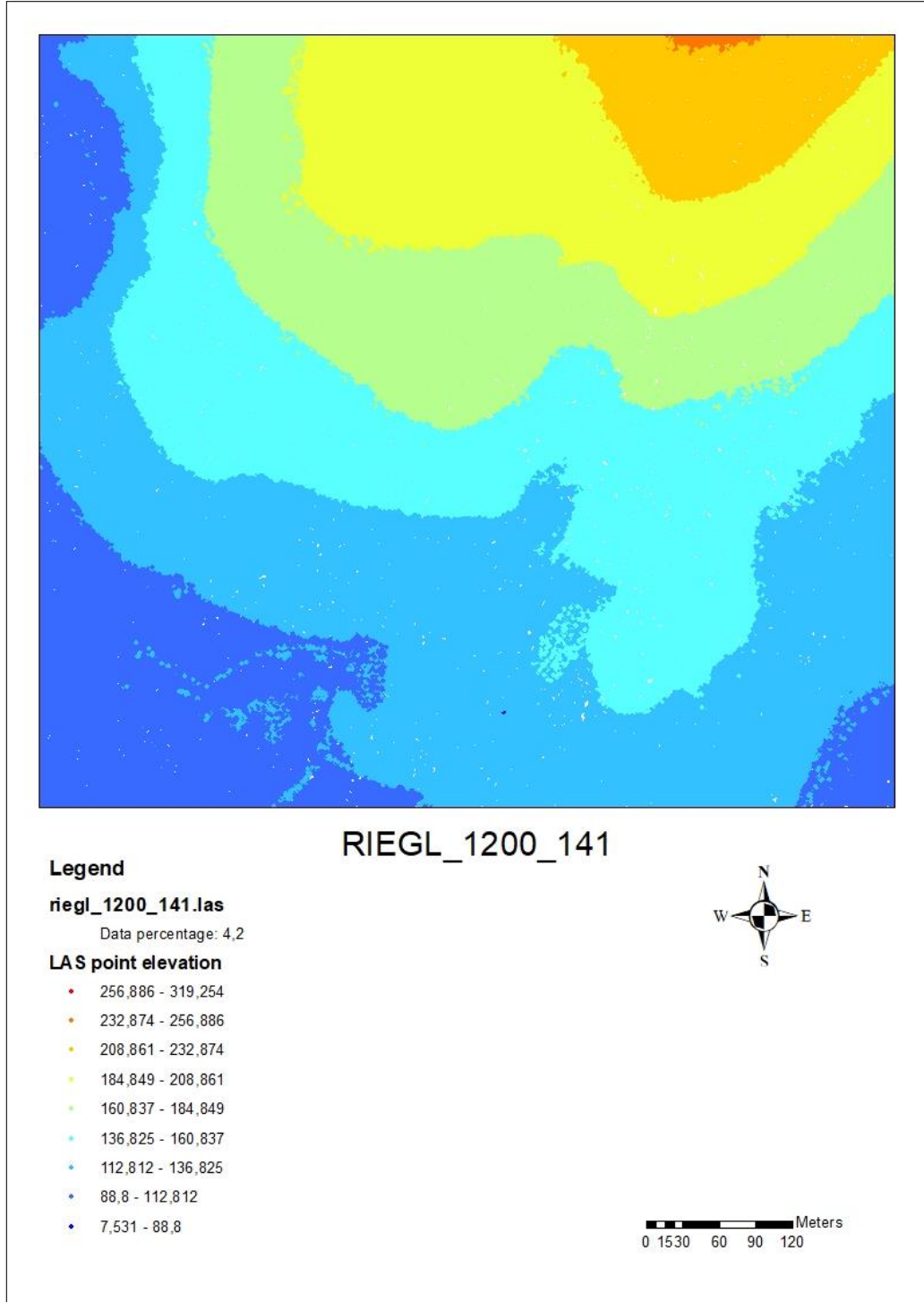
kullanımı artmıştır. CBS'nin avantajları, çeşitli kullanıcılar tarafından benzersiz gereksinimlerine göre sıralanabilir. Bazı kullanıcılar, örneğin, coğrafi özellikler veya bağlam özellikleri ile özel nesnelere görselleştirir, diğerleri bağlam tabanlı analiz ve karar verme için CBS'yi kullanabilirken, bazı kuruluşlar ve hükümetler CBS'yi doğal tehlikeler ve acil durum müdahaleleri ve kurtarma tahminleri için kullanabilmektedir [67].

CBS aynı zamanda hidrolik analizlerinde kullanılan programlarla birlikte değerlendirilebilen bir çalışma alanı olduğu için taşkınlara karşı daha etkili çözümler sunmaktadır. Taşkın afeti kapsamında gelişmiş ülkelere bakıldığında taşkın tehlike haritalarının elde edilmesi ve taşkın afetine karşı yapılan çalışmalar Türkiye'deki gibi yeni dönemin konusu olmayıp uzun süredir konu hakkında gelişim kaydedilmiştir. Türkiye'nin bu afet karşısındaki mevcut durumu göz önünde bulundurulduğunda ise, taşkınların yönetimi ile ilgili sorumluluk sahibi kurum ve kuruluşların sağlam bir tecrübe ve güçlü bir teknik yeterlilik sahibi olduğu bilinmektedir. Bu durumun aslında taşkın öncesi, sonrası ve esnasında gerekli olan alt yapının planlanması ve uygulanmasını kolaylaştırması gerekmektedir, kurumların birbirleri ile olan iletişimde ve bu afetin yönetilmesinin her aşamasının koordinasyonunda bütüncül bir yaklaşım yerine bağımsız hareket edilmesi taşkın yönetiminin gerçekleşmesi açısından sistemsel aksaklıklar oluşturmaktadır. Ayrıca bilimsel envanter çalışmalarının yetersizliği ve tutarsızlıklarından kaynaklanan sorunlar mevcuttur. Veri ve istatistiki değerlerin elde edilmesinde kurumlar arası koordinasyonun sağlanması önem derecesi yüksek bir konu olarak göze çarpmaktadır [68].

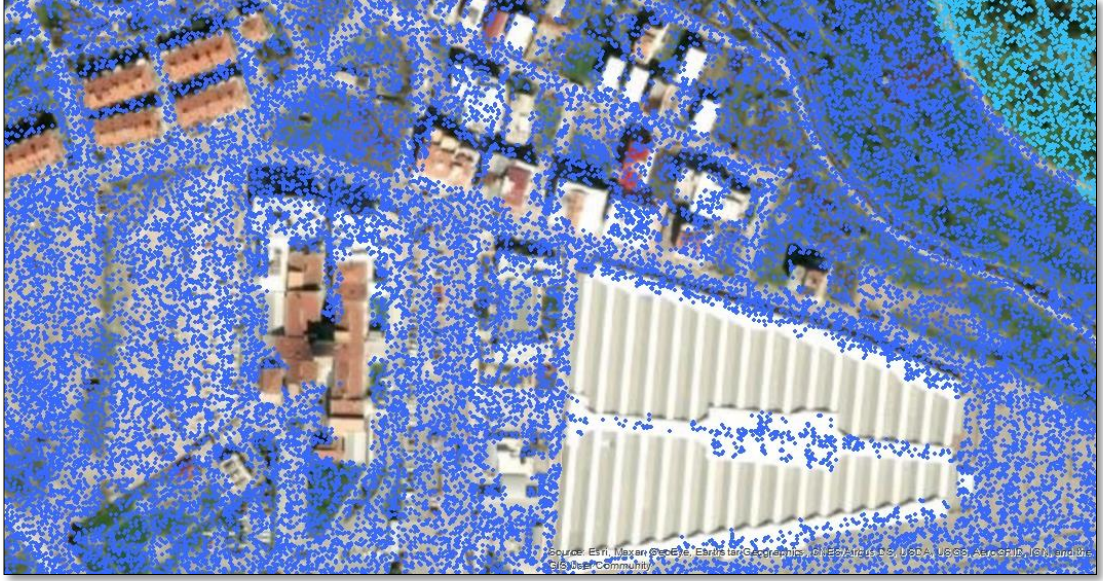
Daha sonra ele alınacak çalışmalarda, sürekli ve eşzamanlı olarak izlenmesi gereken her yapıda aşama, deşarj ve işlemlerin doğrudan ölçülmesine özel bir vurgu yapılmalıdır. Bu tür ayrıntılı bilgiler, gelecekte büyük sel düzenleyici yapıların uzun vadeli performansı üzerinde durağan olmayan akarsu akışı etkilerinin sonuçlarının daha doğrudan bir miktarının belirlenmesinde kesinlikle hayati önemde olacaktır. Bu çalışma ayrıca ortalama (sel olmayan) koşullar sırasındaki etkileri analiz etmemiştir. Bu yüzden temel akış simülasyonlarındaki iyileştirme ileride yapılması muhtemel konularda yardımcı olacaktır. Benzer şekilde odaklanmış CBS etki çalışmaları için belki de gelecekteki en kritik iyileştirme, tüm büyük su kontrol yapılarında ayrıntılı bir izleme programının oluşturulması da bu konuya katkı sağlayacaktır.

3.1.Bergama Havzası LIDAR Nokta Verilerinin Düzenlenmesi

Bergama havzasından alınan LIDAR nokta verilerinin kümelere bölünerek Şekil 3.1'deki havza içerisinde yer alan ev, ağaç ve istenmeyen (işlem sırasında gerekli olmayan) noktaların iptal edilerek havzanın doğal arazi noktalarının belirlenmesi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

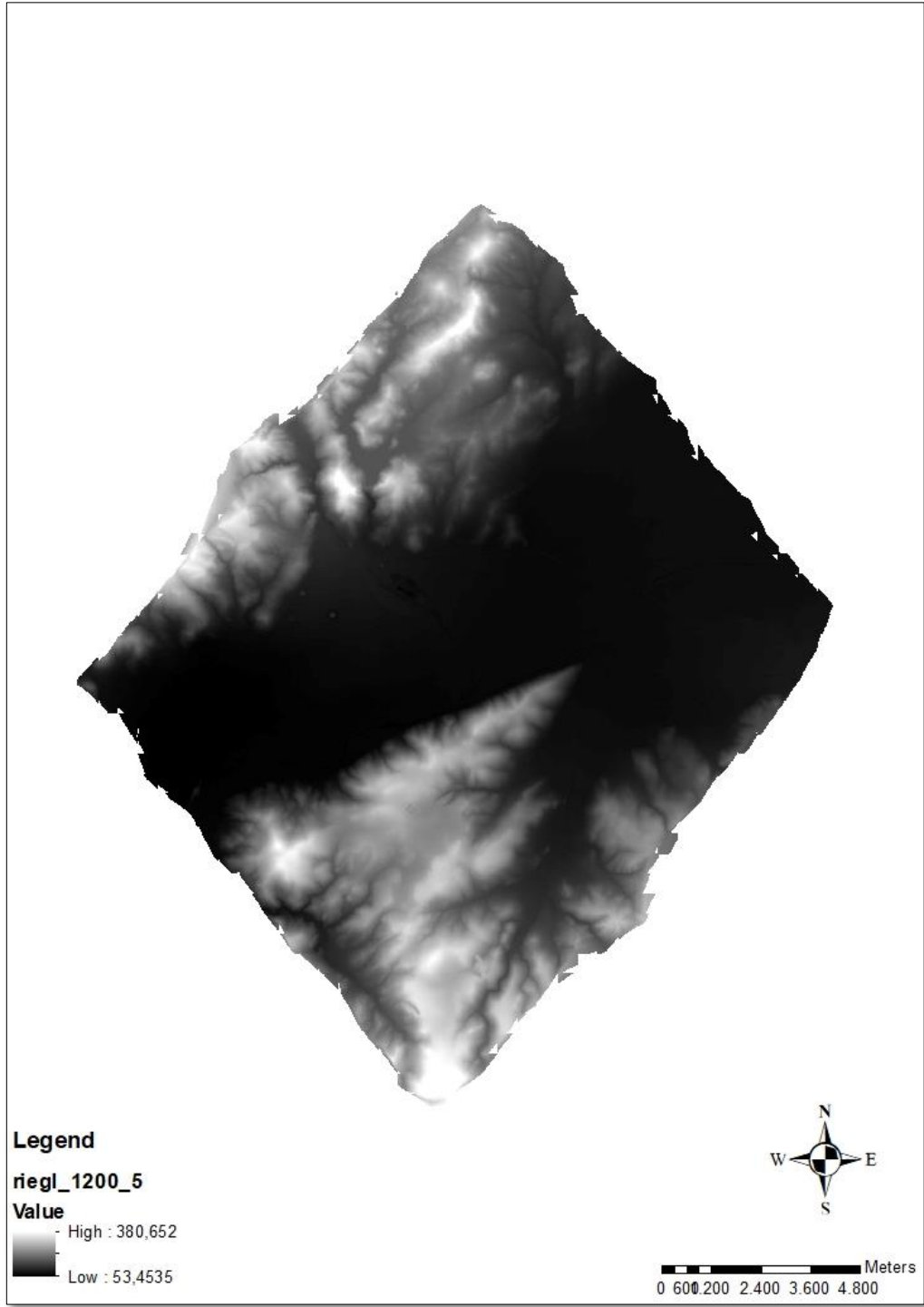


Şekil 3.1: Doğal arazi kotlarının noktalar ile sınıflandırılması

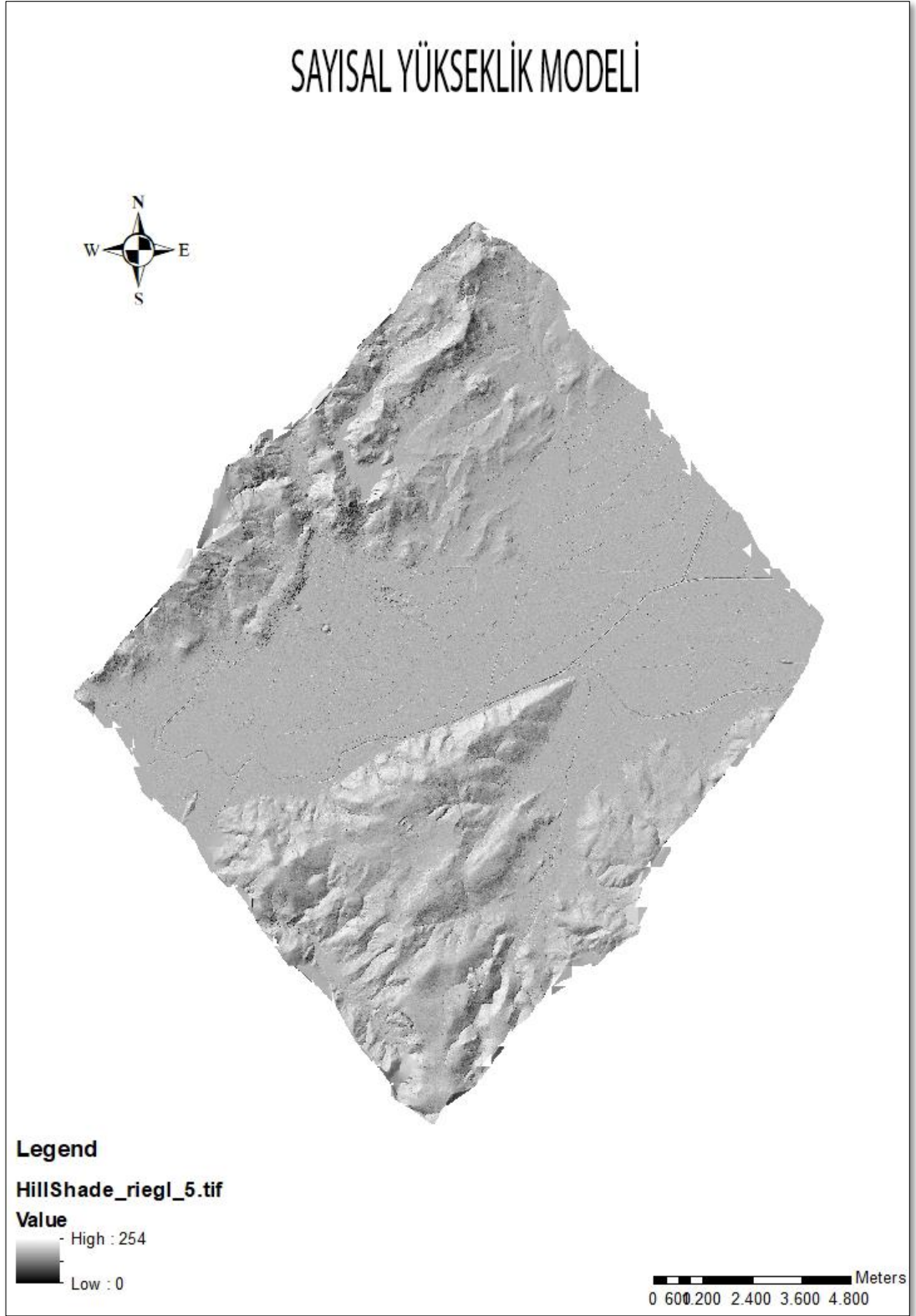


Şekil 3.2: Lidar nokta kümelerinden doğal arazi noktalarının belirlenmesi

SYM'nin oluşturulması; Filtrelenmiş zemin noktaları alınarak Bergama Havzasının sayısal yükseklik modelinin oluşturulması ve yüksek kottan aşağı kotlara doğru koyulaşan havzanın görüntüsü Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Oluşturulan SYM'nin topoğrafik görüntüsü Şekil 3.4'de ki gibi hazırlandı. Minimum yükseklik 54 m ve maksimum yükseklik yaklaşık 381 m olarak haritalanmıştır.



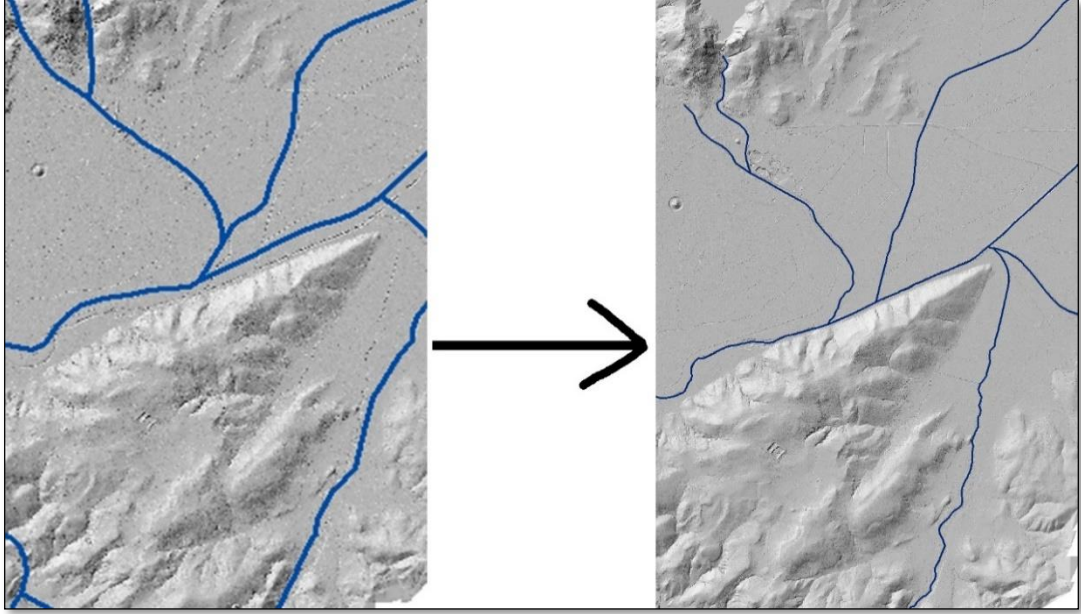
Şekil 3.3: Bergama Havzası SYM



Şekil 3.4: Bergama Havzası SYM topoğrafik görüntüsü

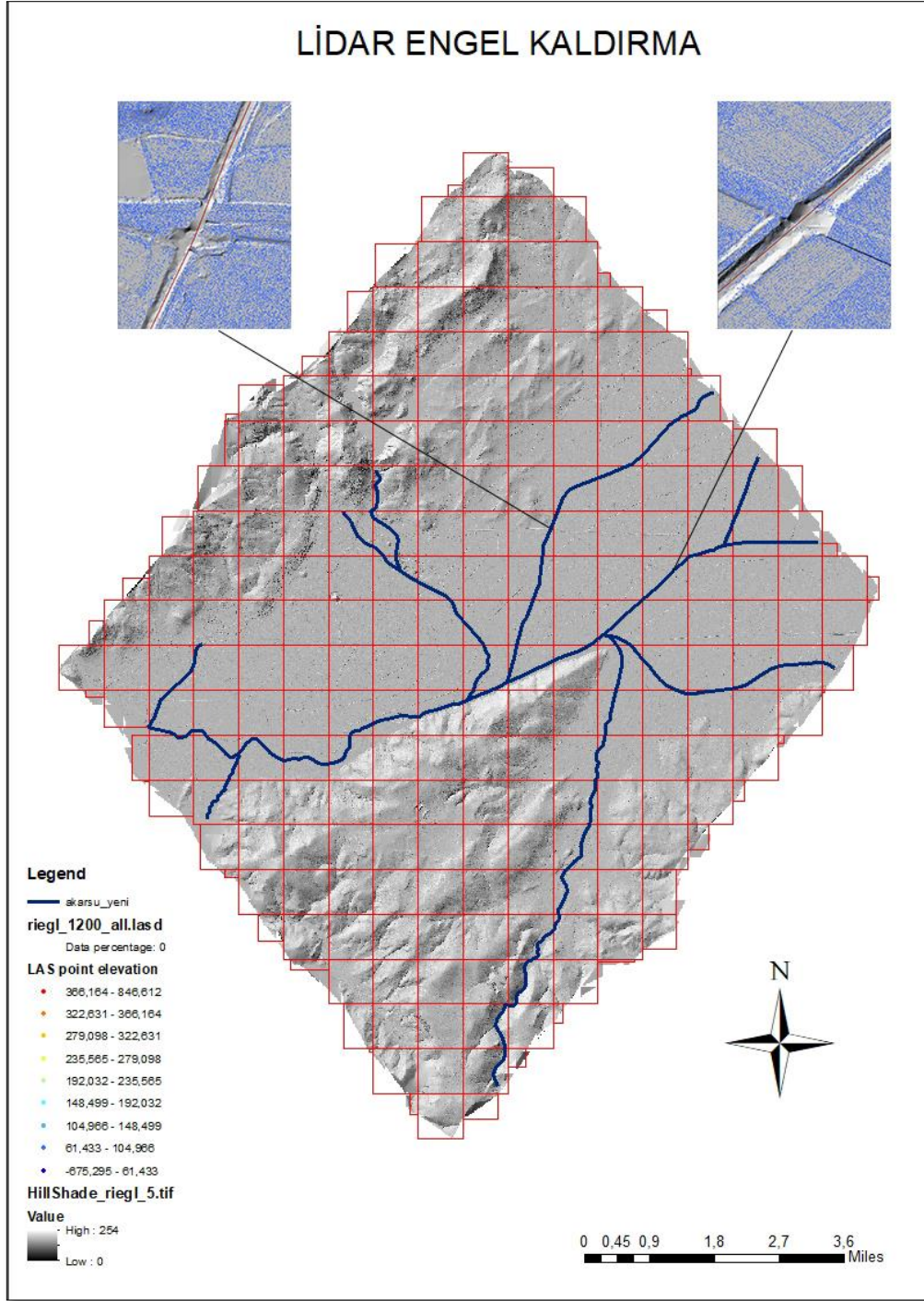
Bergama havzası Nehir yatağının belirlenmesi; LIDAR nokta verileri ile elde edilen sayısal yükseklik modelinde de görüldüğü üzere arazinin en düşük kotları nehir yatağını göstermektedir. Daha önceden elimizde var olan nehir yatağı verileri SYM

üzerine yerleştirilmiştir ancak verilerin tam olarak SYM'deki nehir yatağı boyunca ilerlemediği, kaymaların olduğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine manuel olarak nehir yatağı hattı SYM üzerindeki düşük kotlara gelecek şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.5)



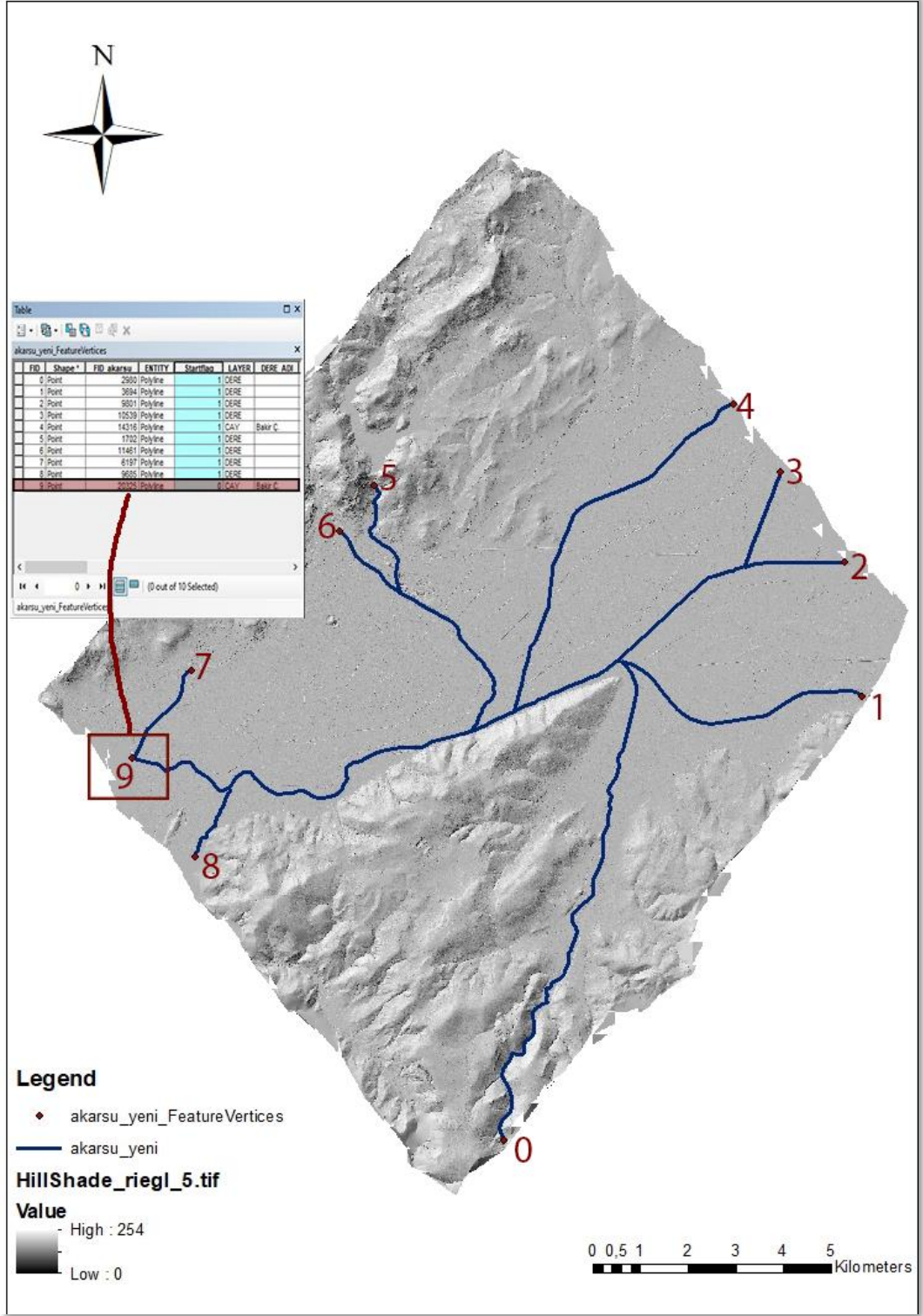
Şekil 3.5: SYM üzerinde nehir yatağının belirlenmesi

Nehir yatağı üzerindeki engellerin kaldırılması; SYM üzerinde oluşturulan nehir yatağı üzerinde köprü ve yol gibi engellerin olduğu görülmüştür. Nokta filtrelemesi yapıldığında köprüler arazi doğal zemini olarak algılandığından bu gibi engeller kaldırılmıştır (Şekil 3.6).



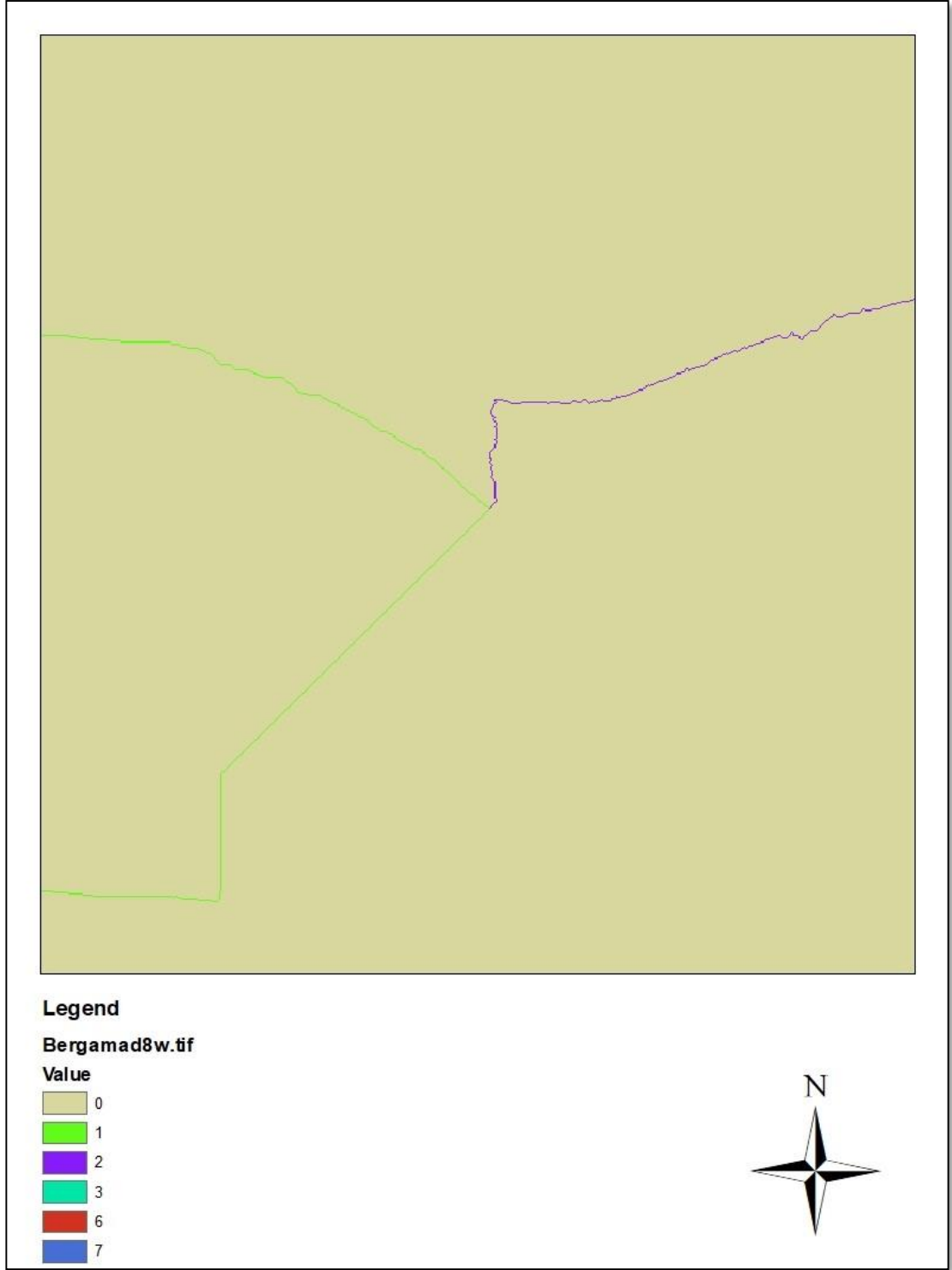
Şekil 3.6: Nehir yatağı üzerindeki köprülerin kaldırılması

Nehir yatağı su akış başlangıç ve boşaltma noktasının belirlenmesi; Yeni oluşturulmuş olan nehir yatağının havza alanı içerisinde suyun akış yönüne doğru akarsu başlangıç noktalarının belirlenmesi ve en son olarak havza içerisinde nehir yatağının en düşük kotunu boşaltma noktası olarak seçilmesi işlemi yapılmıştır. Şekil 3.7’de gösterilmektedir. Bu işlem sayesinde akarsu akış yönü belirlenmiştir.



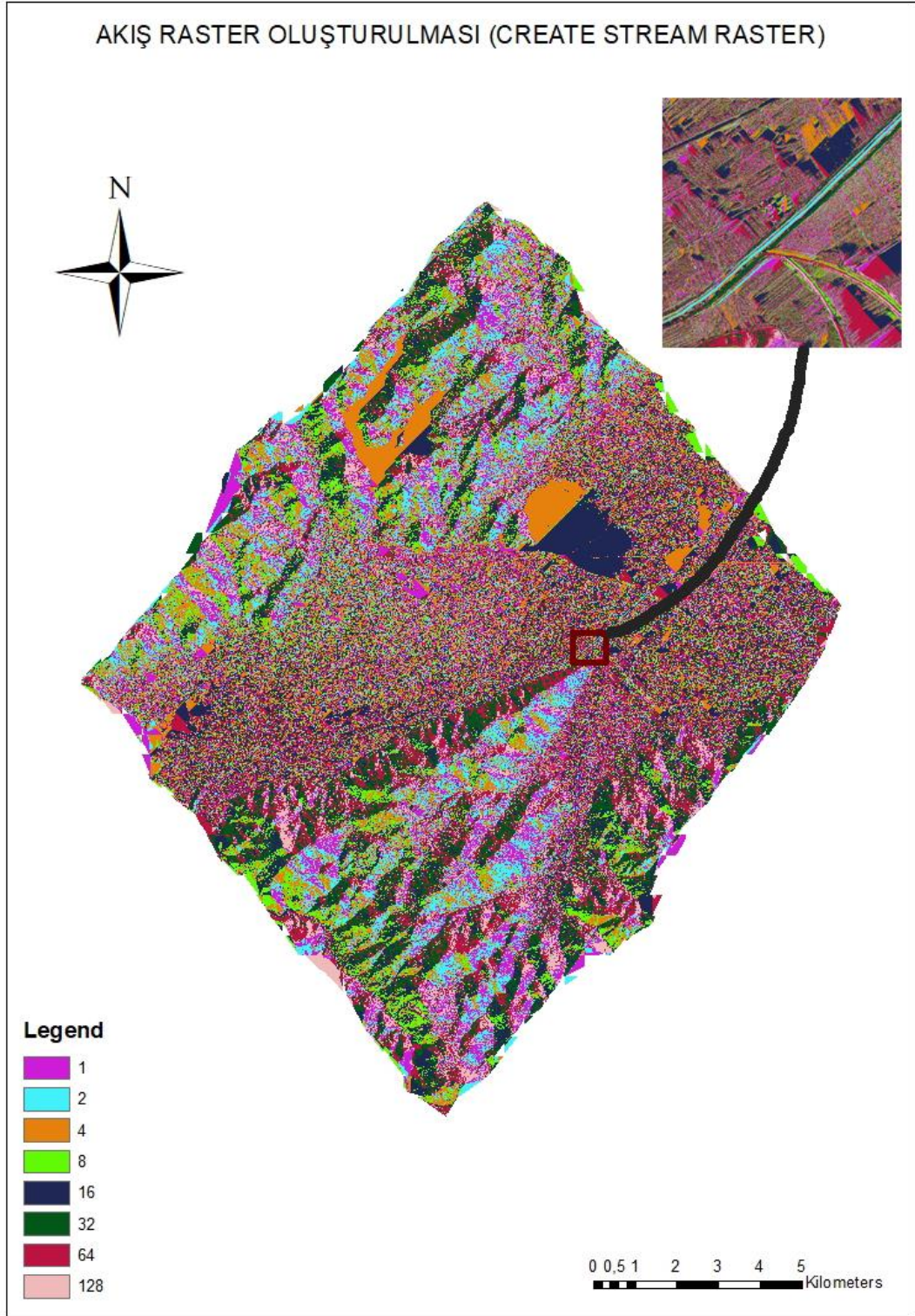
Şekil 3.7: Akarsu başlangıç noktaları ve boşaltma noktasının belirlenmesi

Akış yönü tayini (Flow Direction); Bergama Havzasının tamamı üzerine düşen yağışların arazi topoğrafyasına uygun şekilde nehir yatağına doğru akışı Şekil 3.8' de ki gibi belirlendi.



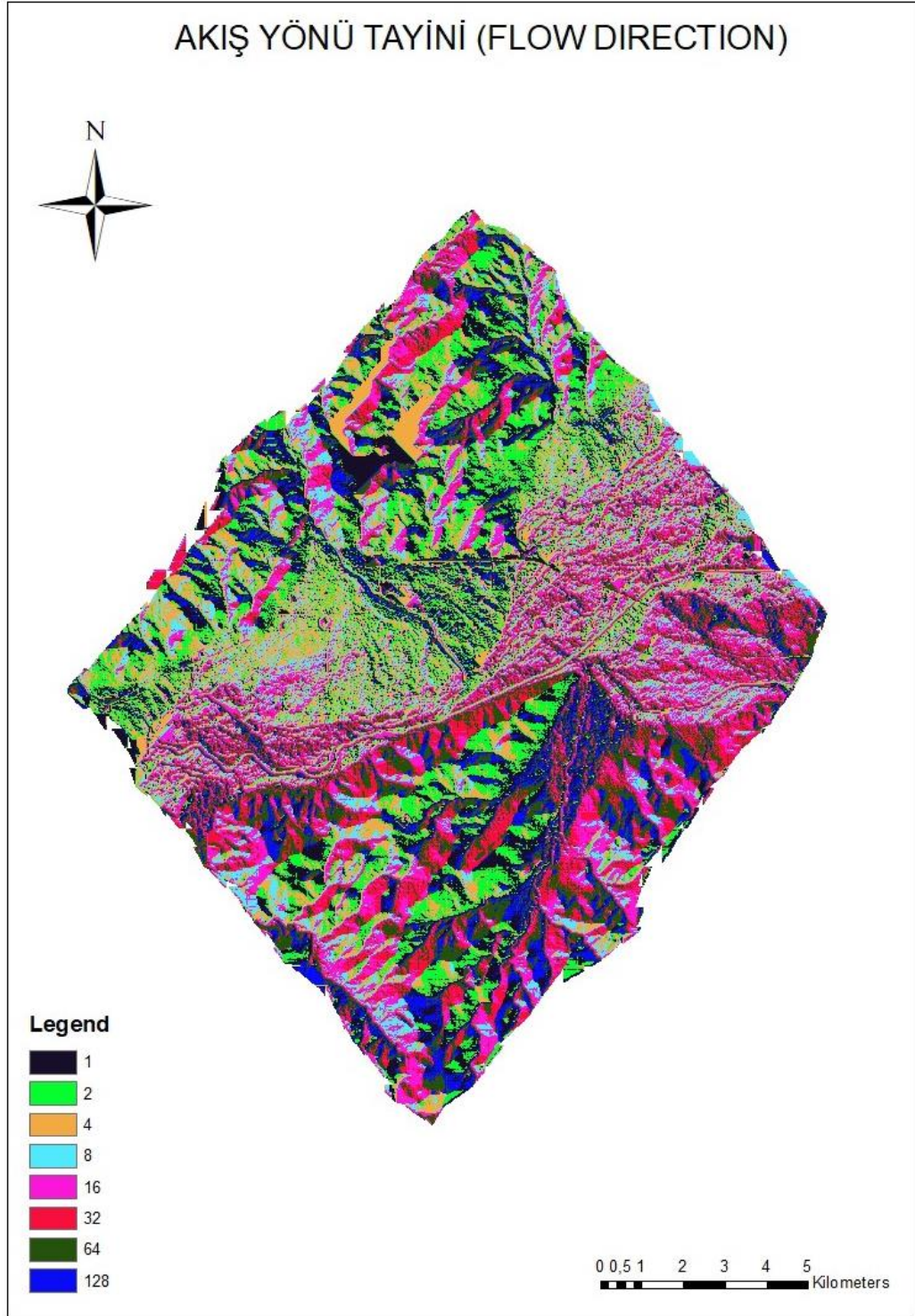
Şekil 3.8: Bergama Havzası akış yönü tayini

Akış Izgarasının Oluşturulması (Create stream raster); Bergama havzası akış yönü tayini yapıldıktan sonra akış ızgaraları oluşturuldu.



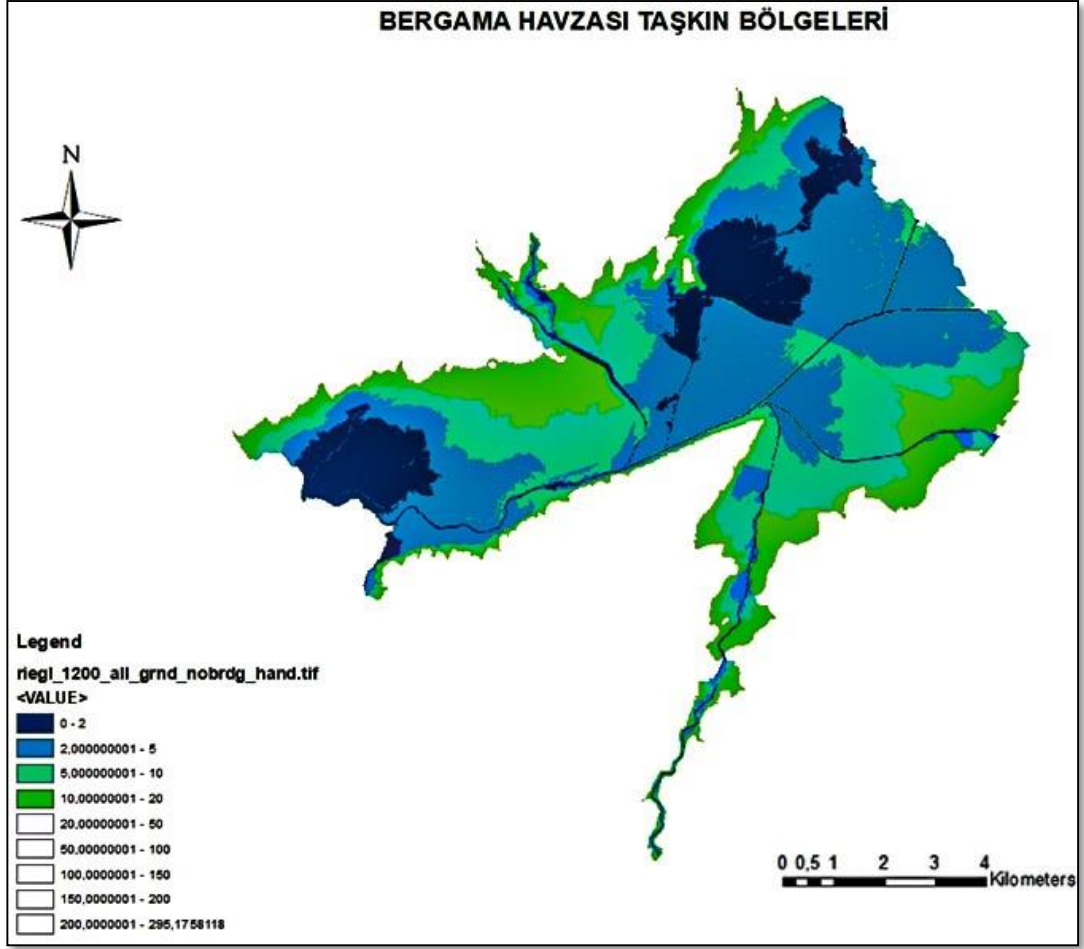
Şekil 3.9: Bergama Havzası akış ızgaralarının oluşturulması

D-Sonsuz akış yönü belirlenmesi (D-infinity flow direction): Bergama havzası üzerinde Tudem aracını kullanarak D sonsuz akış yönü Şekil 3.10'daki gibi düzenlendi.



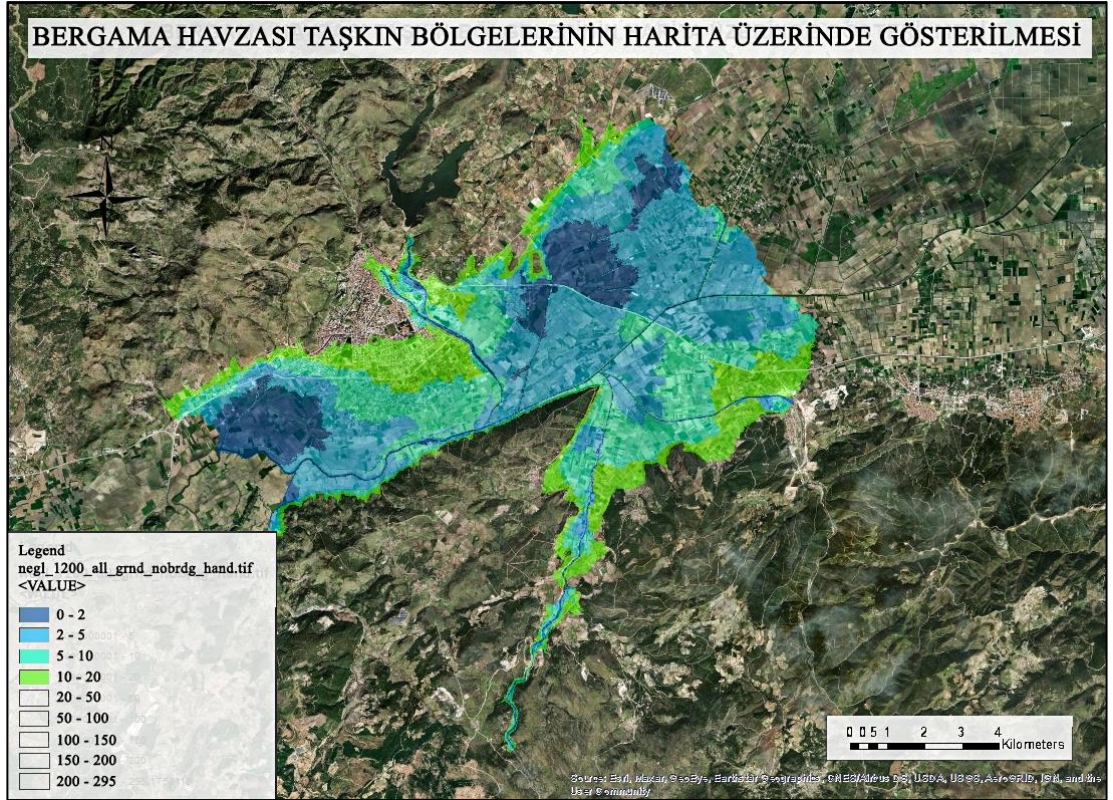
Şekil 3.10: Bergama Havzası D-sonsuz akış yönü belirlenmesi

D-sonsuz Aşağı Mesafe Hesaplama (D-infinity Distance Down); Bergama havzası D-sonsuz aşağı yönlü mesafe hesaplaması Tudem aracı kullanılarak belirlendi. Şekil 3.11’de Bergama Havzası’nın D-sonsuz aşağı yönlü Mesafe hesaplaması gösterilmiştir.



Şekil 3.11: Bergama Havzası D-sonsuz aşağı yönlü mesafe hesaplama

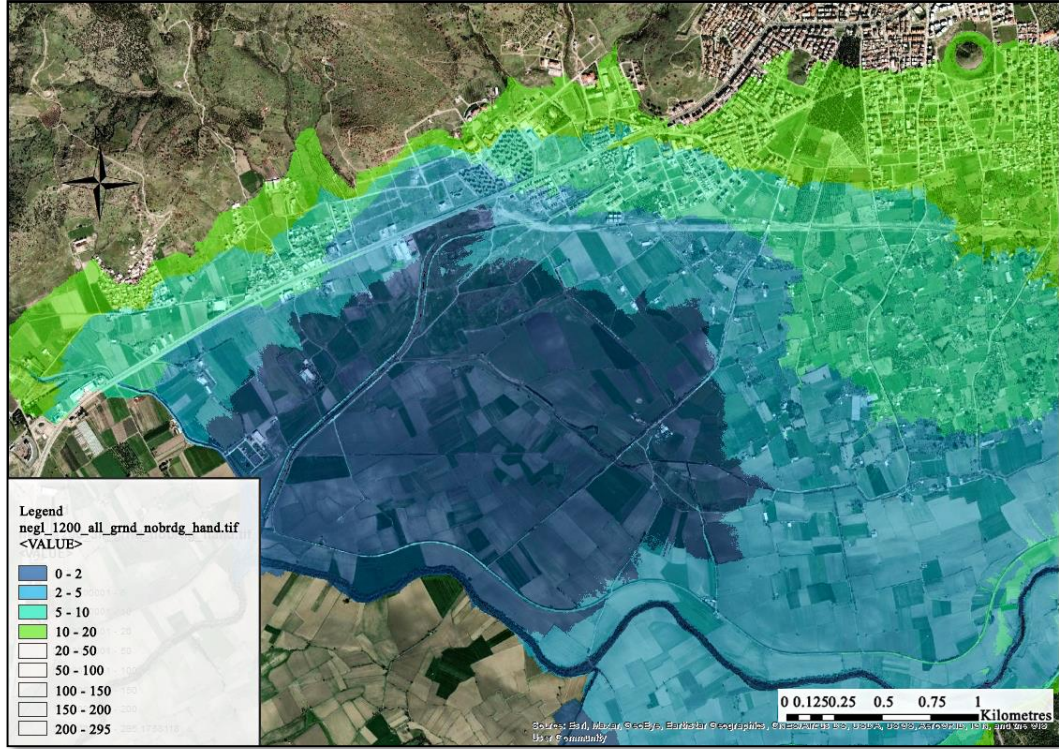
Taşkın Anında Su Yüksekliğinin Haritalandırılması (Flood Inondaiton Mapping); Bergama havzasında hangi bölgelerin su altında kalacağını anlamak için elde edilen veri harita üzerine şeffaf bir şekilde Şekil 3.12’teki gibi yerleştirildi. Bu işlemden sonra hangi bölgelerin su altında kalacağı ve risk oluşturan bölgeler için hangi önlemlerin alınması gerektiğini önermemize yardımcı olacaktır.



Şekil 3.12: Bergama Havzası taşkın risk bölgelerinin harita gösterilmesi

Bergama Havzası Taşkın anında su yükseklik haritasından da anlaşıldığı üzere koyu mavi olan bölgeler taşkından ilk etkilenecek ve hasarın en yoğun yaşanacağı bölgelerdir. Taşkın anında yerleşim yerleri ve tarım arazilerinin hasarı en az şekilde atlatmaları için Şekil 3.12’de koyu mavi bölge içerişinde yer alan alanlarda tarım yapılmasının uygun olmadığı ve yerleşim yerlerinin daha yüksek kotlara doğru kaydırılması önerilmektedir.

Şekil 3.13’de ve Şekil 3.14’de görüldüğü üzere koyu mavi olarak belirtilen alanların taşkın anında en çok etkilenecek alanlar olmasının nedeni, bu bölgede yapılmış yolun arazi kotundan daha yüksek olması, yağış anında yüzey sularının akışının engellemektedir. Yol üzerinde bulunan menfezlerin yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Suyun, akış yönüne doğru karayolu altından geçişini kolaylaştıracak ilave menfezlerin açılması önerilmektedir.



Şekil 3.13: Bergama Havzası taşkın risk bölgelerinin gösterilmesi



Şekil 3.14: Bergama Havzası taşkın risk bölgelerinin gösterilmesi

Kaynaklar

1. Cosgrove, W. J. and Loucks.D. P. Water management: Current and future challenges and research directions. *Water Resour. Res.* 2015, 51, 4823–4839.
2. Özcan, T. İ. A. Multiple Reservoir Operation Applications in Water Resources Management. Msc. Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 2021.
3. Dalkiliç, H.Y. and Hashimi, S.A. Prediction of daily streamflow by using artificial neural networks (ANNs), wavelet neural networks (WNNs), and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) models. *Water Supply* 2020; 20, 1396–1408.
4. Xie, T., Zhang, G., Hou, J., Xie, J., Lv, M. and Liu, F. Hybrid Forecasting Model for Non-stationary Daily Runoff Series: A Case Study in the Han River Basin, China. *J. Hydrol.* 2019; 577, 123915.
5. Trenberth, K.E. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 2021; 47(1/2), 123-138.
6. Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P. ve Muir-Wood, R. Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 2014; 59(1), 1-28.
7. Zheng X. ve Tarboton DG. Maidment DR. Liu YY. & Passalacqua, P. River Channel Geometry and Rating Curve Estimation Using Height above the Nearest Drainage. *Journal Of The American Water Resources Association American Water Resources Association* 2018; 1(22):2-3.
8. T.C. tarım ve orman bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın Yönetimi. [İnternet]. Ankara; 2017; [erişim tarihi 20.05.2021].
9. Demir V. ve Ülke Keskin, A. Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellemesi (Samsun, Mert Irmağı örneği). *Geomatik*, 2022, 7(2), 149-162.
10. Coşkun H. and Ağralıoğlu N. Application Of Nrcs Cn Rainfall-Runoff Modeling Using Gis And Remote Sensing Technology In Eşen River Basin. Conference: International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Universidad Politecnica de Valencia, 2015, 3-5 June

11. Çelik, H. Baş N. ve Coşkun, H. G. Taşkın Modelleme ve Risk Analizinde LIDAR Verisiyle Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2014; 4(1):117-118-119.
12. Sole, A., Giosa, L., Nole, L., Medina, V. and Bateman, A. Flood risk modelling with LiDAR technology. *In* Flood recovery, innovation and response (p.600). WIT Press, 2008.
13. Yılmaz, HM. and Yakar, M. Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2006, 2(2), 23-33.
14. Toda, L. L., Yokingo, J. C. E., Paringit, E. C. and Lasco, R. D. A LiDAR-based flood modelling approach for mapping rice cultivation areas in Apalit, Pampanga. *Applied Geography*, 2017;80, 34–47.
15. Paringit, E. C., Fabila, J. L. F. and Santillan, J. R. High-resolution digital elevation dataset derived from airborne lidar for flood hazard assessment and mapping applications. *In* Proceedings of the 33rd Asian Conference on remote sensing (ACRS), Phuket, Thailand, 2012.
16. Cebel K. ve Bilhan Ö. HEC-RAS Hidrodinamik Model Kullanılarak Kararlı Akım Analizi: Nevşehir, Türkiye Örneği *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*; Aralık 2021; Özel Sayı 32, S. 135-141,
17. Elçi Ş., Tayfur G. ve İsmail H. Baraj Yıkılması Sonrasında Taşkın Yayılımının Hesabı İçin Verilerin CBS Ortamında Hazırlanması: Porsuk ve Alibey Barajları Örnekleri. *Elazığ Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu*, 2014; 159-170.
18. Yavuz, M. Hidroloji çalışmaları, DSİ Mühendislik Meslek Eğitimi Ders Notları, 2010; 1(1):27-72.
19. Malkoç FÖ., Yıldız M. ve Malkoç Y. Solaklı Deresi Havzası İçin Taşkın Hidrolojisi Çalışmaları. *Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiriler Kitabı*, 2008; 89-100.
20. Efe H. Batman Çayının Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Diyarbakır 2014.
21. Tarboton D. Terrain Analysis Using Digital Elevation Models in Hydrology. *23rd ESRI International Users Conference*, San Diego, California, July 2003; 7-11. 5-6

22. Pham, B. T., Avand, M., Janizadeh, S., Phong, T. V., Al-Ansari, N., Ho, L. S. and Prakash, I. GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment. *Water*, 2020; 12(3), 683.
23. Tanrıverdi, M. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile şanlıurfa il merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi/Determination of flood areas of Şanlıurfa provincial center by multi-criteria decision analysis based on geographic information systems (GIS) (Doctoral dissertation), 2019.
24. Meena, Y.R. ve Gupta, A. K. A Study on Urban Flood Vulnerability in Vrishabhavathi Valley Watershed, Bengaluru, Karnataka using AHP, GIS and RS Techniques. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 2017; 6(1):2325-2342.
25. Oğuz, K., Oğuz, E. ve Coşkun M.. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 2016; 23-25 Kasım, Rize, s.793-803.
26. Yaylak, MM. *Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi*. (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü) 2016.
27. Selçuk, L., Selçuk, A. S. ve Kasapoğlu, D. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (Çkka) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi, Van/Türkiye. *Yerbilimleri*, 2016; 37(1).
28. Bayazıt Y. ve Bakış R. Seydisuyu Çayının Havza Taşkın Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Oluşturulması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 2015; 157-164
29. Tulger G., Bilgiç E. ve Gündüz O.. Deniz Seviyesi Yükselmesi Durumunda Gediz Deltasının Su Altında Kalma Analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı 2015; 40-51.
30. Türkkkan GE. ve Korkmaz S. Kaplıkaya Deresinin Sayısal Model ile Taşkın Analizi. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 2015; 62-69
31. Aydın MC. ve Yaylak MM. CBS Yardımıyla Akarsularda Taşkın Analizi ve Örnek Bir Uygulaması. VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, 2015; 147-156.
32. Elsheikh, R. F. A., Ouerghi, S., and Elhag, A. R. Flood Risk Map Based on GIS, and Multi Criteria Techniques (Case Study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information System*, 2015; (7):348- 357.

33. Geyikli, M. S. *Taşkın risk haritalarının CBS yazılımları yardımıyla belirlenmesi* (Master's thesis, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü) 2015.
34. Elçi Ş, Tayfur G. ve İsmail H. Baraj Yıkılması Sonrasında Taşkın Yayılımının Hesabı İçin Verilerin CBS Ortamında Hazırlanması: Porsuk ve Alibey Barajları Örnekleri. *Elazığ Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu*, 2014; 159-170.
35. Erdem U. Yerleşimlerin Taşıdığı Deniz Taşkını, Sel ve Deprem Afet Tehlikelerinin CBS Kullanılarak Yorumlanması:Balıkesir Örneği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2013; 15(2): 40-57.
36. Bağdatlı MC, Albut S. ve Altürk B. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Destekli Taşkın Veri Tabanının Oluşturulması: Tekirdağ İli Marmara Kıyı Havzaları Örneği. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri 2013; Kongresi*, Ankara.
37. Gökçe Ş., Ayvaz MT., Genç Ö. ve Koç AC. Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemi ve Hidrolik Modelleme Teknikleri ile Belirlenmesi: Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi İçin Bir Uygulama. *Taşkın ve Heyelan Sempozyumu Trabzon*, 2013; 391-403.
38. Şahin E., Akıntuğ B. ve Yanmaz MA. Güzelyurt Taşkını Modellemesi ve Çözüm Önerileri. *İMO Teknik Dergi*, 2013;6447-6462.
39. Özşahin E. Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi* 2013; 12: 91-109
40. Akkaya U., Saraylı S., Doğan E., Akçalı E., Akpınar A. ve Yıldırım MS. Rize Taşlıdere'nin Taşkın Analizinin Yapılması. *Taşkın ve Heyelan Sempozyumu Trabzon*, 2013; 503-512.
41. Kaya, Ç.M. Giresun Pazarsuyu Örneğinde, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Entegrasyonu İle Taşkın Risk Haritalarının Üretilmesi (Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü), 2012.
42. Batur, E. ve Maktav, D. Uzaktan Algılama Ve Cbs Entegrasyonu İle Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği. *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 52012 ; (3).
43. Turoğlu H. İstanbul'daki Sel ve Taşkınlar. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2011; 3 (1): 39-46.

44. Sunkar M, ve Tonbul S. İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. E-Journal of New World Sciences Academy Nature Sciences, , 2010; 5(4): 255-273.
45. Akar, I., Maktav, D., Kalkan, K. ve Ozdemir, Y., “Determination of Land Use Effects on Flood Risk by Using Integration of GIS and Remote Sensing”, RAST Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances In Space Technologies, 2009; 23-26.
46. Bastawesy ME., White K. ve Nasr A. Integration of Remote Sensing and GIS for Modelling Flash Floods in Wadi Hudain Catchment, Egypt. Hydrological Processes, 2009 ;(23): 1359– 1368
47. Tran, P., Shaw, R., Chantry, G. and Norton, J. GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam. *Disasters*, 2009; 33(1), 152-169.
48. Özalp, D. *Dere taşkın risk haritalarının cbs kullanılarak oluşturulması ve cbs ile taşkın risk analizi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü) 2009.
49. Özcan, O. *Sakarya Nehri Alt Havzası'nın taşkın riski analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile belirlenmesi* (Doctoral dissertation, Bilişim Enstitüsü) 2007.
50. Kara S, ve Akar İ. Sel ve Taşkınların; Nedenlerinin, Sonuçlarının ve Çözüm Önerilerinin Belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) ve Uzaktan Algılamanın (UA) Kullanımı “Beşikdüzü-Solaklı Arasındaki Karadeniz Akkanı Örneği”. 5. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul 2007.
51. Dutta D, Herath S. and Musiak K. An Application of a Flood Risk Analysis System for Impact Analysis of a Flood Control Plan in a River Basin. Hydrological Processes, 2005; (20): 1365–1384.
52. Rahmati, O., Zeinivand, H., & Besharat, M. Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 2016; 7(3), 1000-1017.
53. Emin, T. A. Ş., İçağa, Y., & Zorluer, İ. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2016; 16(3), 711-721.
54. Bayazıt Y, Bakış R, Koç C, Kaya T. Elazığ Uluslararası Katılımlı IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 2014; 731-737.

55. Tonbul Ü. CBS Destekli Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Kavaközü Deresi Örneği. 7. Ulusal Mühendislik Ölçümleri Sempozyumu 2014.
56. Uçar İ. Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 2010.
57. Overton IC. Modelling Floodplain Inundation on A Regulated River: Integrating GIS, Remote Sensing & Hydrological Models. River Research& Applications, 2005; 21: 991–1001.
58. Yalçın G, Akyürek Z. Analysing Flood Vulnerable Areas With Multicriteria Evaluation. XX. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 2004; 12-23.
59. Demirkesen AC. Sayısal Yükseklik Modeli Yardımıyla Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2003; 7 (1-2): 61-73.
60. Noyan, Ö. F. *Sarıcaoğlu (Bergama Kuzeydoğusu) tersiyer havzası kayaçlarında radyoaktivite araştırmaları* (Master's thesis, Nükleer Bilimler Enstitüsü). 1989.,
61. Kayı A. Erdoğan M. & Eker O. Optech Ha-500 ve Riegl LMS-Q1560 İle Gerçekleştirilen LIDAR Test Sonuçları (Results Of LIDAR Test Performed By Optech Ha-500 Ve Riegl Lms-Q1560). Harita Dergisi 2015; (153):43-46
62. Katipoğlu OM. Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak Fırat Havzasının Drenaj Ağı Ve Sınırlarının Belirlenmesi.UBAK2020: Karadeniz 3. Uluslararası uygulamalı bilimler kongresi: 15. 05. 2020, ISBN:978-605-80174-9-8
63. Korkmaz, M. E. *Hava LiDAR nokta bulutundan köprülerin ve üst geçitlerin otomatik çıkarımı* (Master's thesis, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü), 2019.
64. Hamdani, N. and Baali, A. Height Above Nearest Drainage (HAND) model coupled with lineament mapping for delineating groundwater potential areas (GPA). *Groundwater for Sustainable Development*, 2019, 9, 100256.
65. Tesfa TK. Tarboton D G. and Watson DW. Schreuders KAT Baker M E. and Wallace, RM. Extraction of hydrological proximitymeasures from DEMs using. *Environmental Modelling and Software* 2011; 26(12), 1696-1709.
66. Tarboton, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water resources research*, 1997, 33(2), 309-319.

67. Kuşoğlu, Y. *Törbüzek Çayında Taşkin Analizi Yapılması ve Taşkin Yayılım Alanlarının Hec-Ras ile Elde Edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi), 2022.
68. Cantürk, S. *Yozgat İl Merkezi İçin Taşkin Analizi* (Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat Bozok Üniversitesi), 2022.

T.C.
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Mekânsal Analiz Yöntemleri İle
Bergama Havzası Taşkın Tehlike
Haritasının Oluşturulması

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Ahmet Polat
ORCID 0000-0001-8135-3681

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sedat Yalçınkaya

Mart 2022

POLAT Mekânsal Analiz Yöntemleri İle Bergama Havzası Taşkın Tehlike Haritasının Oluşturulması YÜKSEK LİSANS TEZİ 2022

Özgeçmiş

Adı Soyadı : Ahmet Polat

Eğitim:

2001-2005 Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi:

2005-2006 MYT İnşaat saha mühendisi

2006-2007 Mert İnşaat saha mühendisi

2007-2011 Proje ve Danışmanlık İşleri/ Elazığ kendi işletmem

2011-2012 Aras Yapı Denetimi Ltd. Şti./ Elâzığ yönetici ortağı

2012-2014 Grup Aura İnşaat (Acropol Bodrum /Muğla) Şantiye şefi

2014-2015 Grup Aura İnşaat (Park Bodrum /Muğla) Şantiye şefi

2015-2021 Grup Aura İnşaat Şantiye Şefi