T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ VERİ KAYNAKLARINA BAĞLI TAŞKIN TEHLİKE ANALİZİ: BİGA ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

MUSTAFA UTLU
2502130584

TEZ DANIŞMANI
PROF.DR. HASAN ÖZDEMİR

İSTANBUL-2019

T.C
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ VERİ KAYNAKLARINA BAĞLI TAŞKIN TEHLİKE ANALİZİ: BİGA ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

MUSTAFA UTLU
2502130584

TEZ DANIŞMANI
PROF.DR. HASAN ÖZDEMİR

Bu çalışma İ.Ü. BAP tarafından 57898 numaralı proje ile desteklenmiştir

İSTANBUL-2019

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DOKTORA
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı	: Mustafa UTLU	**Numarası**	: 2502130584
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı	: Coğrafya	**Danışmanı**	: Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR
Tez Savunma Tarihi	: 23.09.2019	**Saati**	: 11:00
Tez Başlığı	: "Farklı Çözünürlüklü Veri Kaynaklarına Bağlı Taşkın Tehlike Analizi: Biga Çayı Havzası Örneği"		

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin **50. Maddesi** uyarınca yapılmış, soruları sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜNE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL		Kabul
2- Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR		Kabul
3- Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI		Kabul
4- Doç. Dr. Tolga GÖRÜM		Kabul
5- Doç. Dr. Cihan BAYRAKDAR	Kabul	Kabul

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1- Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih DÖKER		
2- Dr. Öğr. Üyesi Aylin YAMAN KOCADAĞLI		

ÖZ

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ VERİ KAYNAKLARINA BAĞLI TAŞKIN TEHLİKE ANALİZİ: BİGA ÇAYI HAVZASI ÖRNEĞİ

MUSTAFA UTLU

Biga Çayı Havzasında meydana gelen taşkınlar farklı çözünürlükte yüzey modellerine ve arazi kullanım özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Söz konusu taşkınların farklı çözünürlükte DEM verilerine bağlı olarak ortaya çıkan sonuçların benzerlik ve farklılıkları ele alımıştır. Çalışma sahasındaki taşkın yayılış-hız-derinlik özellikleri istatistik olarak tehlike açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada analiz edilecek taşkın tehlikesi farklı çözünürlükte veri tiplerine yer verilmesi bakımından Türkiye'de meydana gelebilecek taşkın afetlerinin önüne geçilmesi maddi ve manevi zararların azaltılması bakımından önem taşımaktadır.

Taşkınların yayılış karakteristiğinin belirlenmesinde arazi çalışmaları sırasında İHA ile elde edilen görüntülerin analizi sonucunda oluşturulan İHA-DEM verisi en hassas sayısal arazi modelidir. İHA-DEM verisi çalışmanın doğruluğu ve hassasiyeti hususunda kalibrasyon verisi olmuştur. Düşük-orta-yüksek çözünürlükte veri tiplerinin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen taşkın modellerinin kıyaslanmasında İHA-DEM verisinden alınan sonuçlar derinlik-hız parametreleri ile kıyaslanmıştır. Taşkın modellemesinde Gumbel-EV-I yöntemi dikkate alınmıştır. Çalışma sahasında 5 yıllık bir taşkının meydana gelme olasılığı çok yüksek iken 1000 yıllık bir taşkının meydana gelme durumu ise oldukça düşüktür. Herbir tekrarlama sıklığına ait taşkın modeli, farklı DEM verileri ile sınanarak test edilmiştir.İstatistiksel olarak İHA-DEM taşkın modeline en yakın sonucun Eu-DEM ve Alos 12.5 m DEM verisi olduğu belirlenmiştir. Taşkın tehlike analizi kapsamında uzun yıllar ölçümü yapılmış yıllık maksimum akım verilerine bağlı olarak değerlendirilen ve oluşturulan taşkın modellerinin meydana gelme olasılıklarına göre bir taşkın tehlike çalışması oluşturulmuştur. Bu kapsamda taşkınların meydana gelme olasılıkları çerçevesinde değerlendirilen tehlike temelde suyun derinliğine ve hız faktörüne bağlı olarak oluşturulmuştur. Biga yerleşmesini etkileyen bu taşkınların özellikle eğimin azaldığı alanlarda özellikle taşkın yatağında tehlike seviyesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelime: Biga Çayı Havzası, İHA, Taşkın Tehlike, CBS ve UZAL

ABSTRACT

FLOOD HAZARD ANALYSIS BASED ON DIFFERENT RESOLUTION DATA RESOURCES: A CASE OF BİGA RIVER BASIN

MUSTAFA UTLU

The floods present in the Biga River Basin were evaluated according to different resolution surface models and land use characteristics. The DEM in different resolutions of these floods are connected and consequently the similarities and differences of the results are discussed. According to these results, the flood distribution-velocity-depth characteristics were evaluated statistically focused on the hazard area. flood hazards that can be analyzed in the study is planned to place the types of data in different resolutions to be passed at the beginning of Turkey's most recent flood disaster may come are important in reducing material and moral damage.

The UAV-DEM data generated as a result of the analysis of the images obtained by UAV during field studies is the most sensitive digital terrain model in determining the distribution characteristics of the floods. The UAV-DEM data was the calibration data for the accuracy and accuracy of the study. In this study using low-medium-high resolution data types, the results obtained from the UAV-DEM data were compared with the depth-speed parameters. Gumbel-EV-I method was taken into consideration in flood modeling. While the probability of a 5-year flood in the study area is very high, the occurrence of a 1000-year flood is quite low. The flood model for each frequency of repetition was obtained with different DEM data and statistically the closest result to the UAV-DEM flood model was Alos DEM 12.5 m. data. Within the scope of flood hazard analysis, a flood hazard study has been established according to the probability of occurrence of the flood models which are evaluated based on the annual maximum flow data measured for many years. In this context, the hazard assessed within the framework of the probability of floods is mainly formed depending on the depth of the water and the speed factor. It has been observed that the level of danger of these floods which affect Biga settlement is high especially in areas where slope is decreased, especially in floodplain.

Keywords: Biga River Basin, Flood, Flood Hazard, GIS and Remote Sensing, UAV

ÖNSÖZ

Günümüz uzaktan algılama ve sensor teknolojilerinin gelişimine bağlı olarak farklı çözünürlükte DEM verileri elde edilebilmektedir. Bu veriler açık kaynaklı erişime sahip olabildiği gibi ücretli de olabilmektedir. Taşkınların anlaşılmasında ve analiz edilmesinde kullanılan bu DEM verileri önem taşımaktadır. Türkiye'da meydana gelen taşkınların modellenmesinde açık kaynaklı DEM verilerinin kullanılması kapsamında Biga Çayı Havzası örneği bu çalışma bakımından örnek olmuştur. "Farklı Çözünürlüklü Veri Kaynaklarına Bağlı Taşkın Tehlike Analizi: Biga Çayı Havzası Örneği" adlı bu tez çalışmasında ülkemizde taşkın sahalarının başında gelmekte olan Biga Çayı Havzasında taşkın tehlike analizi değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda meydana gelen taşkınların anlaşılmasında sahada uzun yıllar ölçümü yapılan akım verilerinin taşkın sıklık analizleri açısından analizi yapılarak model için gerekli altık veriler oluşturulmuştur. Taşkınların yayılış-derinlik-hız karakteristiği farklı yineleme aralıklarına bağlı olarak ele alınmıştır. Geçmişten günümüze birçok sahada meydana gelen taşkın afeti insalara ve unsurlarına zarar vermesi nedeniyle taşkınların anlaşılmasında, tehlike boyutunun bilinmesi ve tahmin edilmesi hususunda ihtiyaç duyulmuştur. Taşkın tehlike analizine ait veri tabanının ve DEM verilerinin yetersiz olması ve Türkiye literatüründe sınırlı kalması farklı tipte taşkın olaylarının çalışmasını zorlaştırmış ve elde edilen sonuçların tutarsız olduğu kanaatine neden olmuştur. Özellikle farklı veri tiplerinin DEM ve farklı arazi kullanım verilerinin bu çalışmada kullanılması ortaya çıkacak sonuçların analizinde ve yorumlanmasında bir öncü olmuştur. Özellikle Türkiye'de yapılan bu çalışmanın gerek yerel yönetimlerce uygulanması gerekse ileri akademik çalışmalarda uygulama anlamında kolaylık sağlayacak ve model olması hususunda önem taşımaktadır.

Lisans döneminde kendime rol-model almış olduğum, doktora dönemi boyunca beni her konuda fikir ve yorumlarıyla destekleyen, yapmış olduğum çalışmalarda bana öncü olan saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof Dr. Hasan ÖZDEMİR'e canı gönülden müteşekkirim. Tez dönemi boyunca tez komitemde yer alan değerli görüş ve önerileri konusunda sürekli yanımda olan Prof. Dr. Barbaros GÖNENÇGİL'e, Doç.Dr. Füsun BALIK ŞANLI'ya minnettarlığımı bildirmek isterim. Çalışmalarımda sürekli yanımda olan, sonsuz desteğini hiçbir zaman esirgemeyen her konuda bana öncülük eden, çok değerli hocam Doç.Dr. Muhammed Zeynel ÖZTÜRK'e, istatistik yorumlamalarda ve analizlerde yardımını, fikirlerini ve desteklerini esirgemeyen farklı bakış açıları sunan çok kıymetli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Abdullah AKBAŞ'a, CBS

ve UZAL konularında desteklerini esirgemeyen arkadaşım Dr. Ögr. Üyesi Mehmet Emin CİHANGİR'e, İHA verilerin işlenmesi ve düzeltilmesinde yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Resul ÇÖMERT'e, AFAD verilerini temin etmemizde kolaylık sağlayan AFAD personellerinden Oktay GÖKÇE'ye teşekkürü bir borç bilirim. Adını sayamadığım nice dostlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Bu zorlu, yorucu, uzun süreçte daima yanımda olan, desteklerini bir an bile esirgemeyen çok değerli hayat arkadaşım, biricik eşime Betül UTLU'ya ve canım kızım Lina UTLU'ya çok teşekkür ederim. İyi ki varsınız…

Mustafa UTLU

Eylül, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xii**

FOTOGRAF LİSTESİ ..... **xiii**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xiv**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

1.1. Amaç ve Kapsam 7

1.2. Araştırmanın Önemi 8

1.3. Özgün Değer 9

1.4. Çalışma Sahası ve Taşkınlar Açısından Önemi 10

1.5. Materyal ve Metot 13

1.5.1. Materyal 13

1.5.2. Metot 13

1.6. Sınırlılıklar 16

İKİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeolojik Özellikler 17

2.2. Klimatik Özellikler 20

2.2.1. Yağış 20

2.2.2. Sıcaklık 26

2.3. Toprak Özellikleri 27

2.3.1. Büyük Toprak Grupları (BTG) 27

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAŞKIN FREKANS ANALİZLERİ

3.1. Giriş 30
3.2. Gumbel EV-I (Ekstrem Değer) Dağılımı 33
3.3. Log Pearson Tip III Dağılımı (LPTIII) 37
3.4. Normal Dağılım (N) 41
3.5. Log Normal Dağılım(LN) 43

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TAŞKIN MODELLEMESİ İÇİN GEREKLİ OLAN VERİ TİPLERİ

4.1. Arazi Kullanım Verileri 47
4.1.1. Corine Arazi Kullanımı 48
4.1.2. Landsat-8 OLI TIRS Arazi Kullanımı 49
4.1.3. Sentinel-2 Arazi Kullanımı 51
4.1.4. İnsansız Hava Aracı (İHA/UAV) ile Arazi Kullanımı 53
4.2. DEM (Sayısal Yükselti Modelleri) 54
4.2.1. Swath Profil Özellikleri 61

BEŞİNCİ BÖLÜM

1D-2D TAŞKIN MODELLEMELERİ ve TEHLİKE ANALİZİ

5.1.Giriş 64
5.1.1. İHA-DEM 1D Taşkın Model Kalibrasyonu 66
5.1.1.1. Taşkın Derinliği 71
5.1.1.2. Taşkın Hızı 77
5.1.1.3. Taşkın Yayılış 87
5.3.2. Biga Havzası 1D Taşkın Modeli 90
5.3.2.1. Geometrik Verilerin Derlenmesi 90
5.3.3. Biga Havzası 2D Taşkın Modeli 94
5.4. Taşkın Tehlike Analizi 99

SONUÇLAR 104

KAYNAKÇA 107

ÖZGEÇMİŞ 124

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: 1995-2015 yılları arası iklim kökenli afetlerden etkilenen kişi sayısı (UNI-SDR ve CRED, 2015, s. 13)'ten düzenlenerek 2
Şekil 2: Türkiye'de 1940-2002 yılları arasında meydana gelen atmosferik kökenli afetlerin dağılımı (Keskin, 2012, s. 1'den düzenlenerek) 3
Şekil 3: Biga Çayı üzerinde farklı dönemlerde meydana gelen taşkın olayı 8
Şekil 4: Biga Çayı Havzası ve yakın çevresi 12
Şekil 5: Çalışma alanının jeolojisi (MTA, 2007, H17, H18, i18 jeoloji paftasından derlenmiştir). 18
Şekil 6: Biga Çayı Havzası TPI yöntemine göre elde edilen arazi formu dağılış özellikleri 19
Şekil 7: Biga Çayı Havzası TPI yöntemine göre elde edilen arazi sınıflarının alansal dağılışı 20
Şekil 8: Çalışma sahası ilkbahar mevsimi toplam yağış özellikleri 21
Şekil 9: Çalışma sahası yaz mevsimi toplam yağış özellikleri 22
Şekil 10: Çalışma sahası kış mevsimi toplam yağış özellikleri 22
Şekil 11: Çalışma sahası sonbahar mevsimi toplam yağış özellikleri 23
Şekil 12: Çalışma sahası toplam yağış özellikleri 23
Şekil 13: Biga meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu (Türkeş & Deniz, 2011, s. 1590'dan değişitirilerek hazırlanmıştır). 24
Şekil 14: Akkayrak ve Çınarköprü AGİ'de taşkın dönemlerinde meydana gelen pik akımlar 25
Şekil 15: Akkayrak AGİ'de 1966-2016 yılları arasında 100 m3/sn üzerinde ölçülmüş akım gün sayısı 26
Şekil 16: Akkayrak AGİ'de 1966-2016 yılları arasında 100 m3/sn üzerinde ölçülmüş akım miktarının aylara göre toplam gün sayısı 26
Şekil 17: Çalışma sahası ortalama sıcaklıkların dağılışı 27
Şekil 18: Çalışma alanı büyük toprak gruplarına ait dağılış özellikleri 29
Şekil 19: Biga Çayı Havzası üzerinde kurulu akım gözlem istasyonları 32
Şekil 20: AGİ'lere ait akım verilerinin olasılık yineleme yüzdeleri 35
Şekil 21: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Gumbel EV-I tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 37
Şekil 22: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Gumbel EV-I tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 37
Şekil 23: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile LPT-III tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 41
Şekil 24: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile LPT-III tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 41
Şekil 25: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 43
Şekil 26: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 43
Şekil 27: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Log Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki 45

Şekil 28: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Log Normal tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişkisi 45
Şekil 29: Corine 2012 arazi kullanım özellikleri 48
Şekil 30: Landsat 8 OLI arazi kullanım özellikleri 50
Şekil 31: Sentinel-2 arazi kullanım özellikleri 52
Şekil 32: Arazi kullanım sınıflarına ait alansal dağılışı 53
Şekil 33: İHA ortofoto arazi kullanım özellikllleri 54
Şekil 34: Biga Çayı Havzasında farklı çözünürlükte sayısal yükselti modellerinin topografyayı yansıtma özellikleri 58
Şekil 35: İHA'ya bağlı olarak elde edilen görüntülerden oluşturulan İHA-DEM verisi ve ortofoto görüntü. 59
Şekil 36: Farklı çözünürlük ve düşey doğruluğa sahip DEM teknolojilerinin farklı ölçekte kullanım alanları (Schumann and Bates 2018, p. 3'ten değiştirilerek). 60
Şekil 37: DGPS verisi ve açık kaynaklı erişime sahip DEM verileri arasındaki yükseklik verisi 61
Şekil 38: Biga Çayı üzerinde swath profil çıkarımına ait konum 62
Şekil 39: Farklı çözünürlükte DEM verilerine ait swath profili özellikleri 63
Şekil 40: 1D hidrolik taşkın modeli ve taşkın tehlike haritalamasının aşamaları 64
Şekil 41: Taşkın modellemesi kapsamında kullanılacak akım verileri ve ana kol üzerindeki konumları 66
Şekil 42: İHA görüntüsü ile İHA-DEM ve taşkın modeli oluşturma diagramı 67
Şekil 43: Farklı çözünürlükte arazi kullanımına ait Manning-N katsayısı değeri. 69
Şekil 44: Farklı çözünürlükte DEM verilerinin Gumbel EV-I T 5'e göre oluşturulan taşkın enkesit örnekleri 70
Şekil 45: İHA-DEM 30 cm. taşkın derinlik dağılış özellikleri 73
Şekil 46: Alos DEM 12.5 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 73
Şekil 47: Eu-DEM 25 m. taşkın yayılış özellikleri 74
Şekil 48: Alos DEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 74
Şekil 49: Aster GDEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 75
Şekil 50: SRTM DEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 75
Şekil 51: SRTM DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 76
Şekil 52: Merit DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 76
Şekil 53: TanDEM-X DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri 77
Şekil 54: İHA-DEM 30 cm. taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 78
Şekil 55: Alos DEM 12.5 taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 79
Şekil 56: Eu-DEM 25 m. taşkın hızı (m/sn) özelikleri 79
Şekil 57: Alos DEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 80
Şekil 58: Aster GDEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 80
Şekil 59: SRTM DEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri 81
Şekil 60: SRTM DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri 81
Şekil 61: Merit DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 82
Şekil 62: TanDEM-X DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri. 82
Şekil 63: Taşkın modeline ait hız-derinlik sonuçlarının nokta bazlı karşılaştırılmasına ait örneklemlerin alındığı lokasyonlar 85

Şekil 64: Farklı çözünürlüğe sahip DEM verilerine ait Hız-Derinlik özelliklerinin farklı tekerrürlere göre karşılaştırılması. 86
Şekil 65: İHA-DEM taşkın yayılış ile diğer DEM verilerine ait sonuçların Uyumluluk (Fit) istatistik sonuçları. 88
Şekil 66: İHA-DEM verisine bağlı ortaya çıkan MAE (Ortalama mutlak hata) değerleri 90
Şekil 67: Biga Çayı Havzası geometrik verilerin Hec GeoRas'ta düzenlenmesi..... 91
Şekil 68: Geometrik verilerin Hec Ras'a import edilmesi ve düzenlenmesi örneği.. 92
Şekil 69: Alos T5 periyoduna göre 1D taşkın modeli..... 93
Şekil 70: Eu-DEM T5 periyoduna göre 1D taşkın modeli..... 94
Şekil 71: Biga çayı havzası 2D yapılandırılmış ağ modeli 25 m. çözünürlüklü hücrelerden hesaplanmış grid altı ağ 97
Şekil 72: Alos 12.5 m 1000 yıllık düzensiz akım verisine bağlı 2D taşkın özellikleri 98
Şekil 73: Eu-DEM 25 m. 1000 yıllık düzensiz akım verisine bağlı 2D taşkın özellikleri 98
Şekil 74: Taşkın tehlike analizi kavramsal çerçeve. Matriste sarı renk düşük tehlike, turuncu renk orta, kırmızı renk ise yüksek tehlikeyi ifade etmektedir (De Moel et al., 2009;291)'dan değiştirilerek düzenlenmiştir..... 99
Şekil 75: Taşkın riskine ait bileşenler..... 100
Şekil 76: Biga Çayı Havzası taşkın tehlike haritası ve tehlike sınıfları..... 102
Şekil 77: Taşkın tehlike sınıflarına ait arazi kullanım özelliklerinin alansal dağılış grafiği..... 103

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Yıllara göre çalışma alanında tespit edilmiş taşkın olayı (Afad, 2018)..... 11
Tablo 2: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait band özellikleri..... 14
Tablo 3: Biga Çayı Havzası üzerinde DSİ'ye ait akım gözlem istasyonları 16
Tablo 4: Biga Çayı Havzası üzerinde meydana gelmiş taşkınlara ait zararlar..... 30
Tablo 5: Biga Çayı Havzası Çınarköprü ve Akkayrak AGİ akım verilerine ait yineleme aralıkları..... 34
Tablo 6: Akkayrak AGİ Gumbel EV-I dağılımı sonuçları 36
Tablo 7: Çınarköprü AGİ Gumbel EV-I sonuçları..... 36
Tablo 8: Çınarköprü AGİ ve Akkayrak AGİ'ye ait akım verilerinin Log. Ortalama $\boldsymbol{Logx}$ ve $\sigma_{\log x}$ gerekli olan çarpıklık (Cskew) değerleri..... 38
Tablo 9: Akkayrak AGİ LPTIII Dağılımı sonuçları 40
Tablo 10: Çınarköprü AGİ LPTIII Dağılımı sonuçları..... 40
Tablo 11: Akkayrak AGİ Normal Dağılım Sonuçları..... 42
Tablo 12: Çınarköprü AGİ Normal Dağılım Sonuçları..... 42
Tablo 13: Akkayrak AGİ LN Dağılım sonuçları 44
Tablo 14: Çınarköprü AGİ LN Dağılım sonuçları 44
Tablo 15: Corine 2012 arazi kullanımının alansal dağılışı 49
Tablo 16: Landsat 8 03.08.2018 tarihli uydu görüntüsüne ait arazi kullanımının alansal dağılışı..... 50
Tablo 17: Sentinel-2 07.02.2018 tarihli uydu görüntüsüne ait arazi kullanımının alansal dağılışı..... 52
Tablo 18: Açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerine ait birtakım özellikler. 56
Tablo 19: Farklı çözünürlükte DEM verilerine ait RMSE (Ortalamaların Karakök Hatası) Sonucu..... 61
Tablo 20: Farklı DEM verilerine ait Taşkın modellemesi sonucu sayısal veriler..... 83
Tablo 21: Farklı DEM verileri ve İHA-DEM verisine ait Fit istatistik ve MAE sonuçları 89
Tablo 22: Derinlik ve Hız özelliklerine bağlı taşkın tehlike zonu risk altındaki insanlar (Wallingford, 2006, s. 34)..... 100
Tablo 23: Taşkın derinlik-hız ve arazi örtüsü kullanımlarına göre DF oranı (Wallingford, 2006, s. 24)..... 101
Tablo 24: Taşkın tehlike sınıflarına ait arazi kullanım özelliklerinin alansal dağılışı 103

FOTOGRAF LİSTESİ

Foto 1: DGPS aracılığıyla yer kontrol noktası ölçümü 59

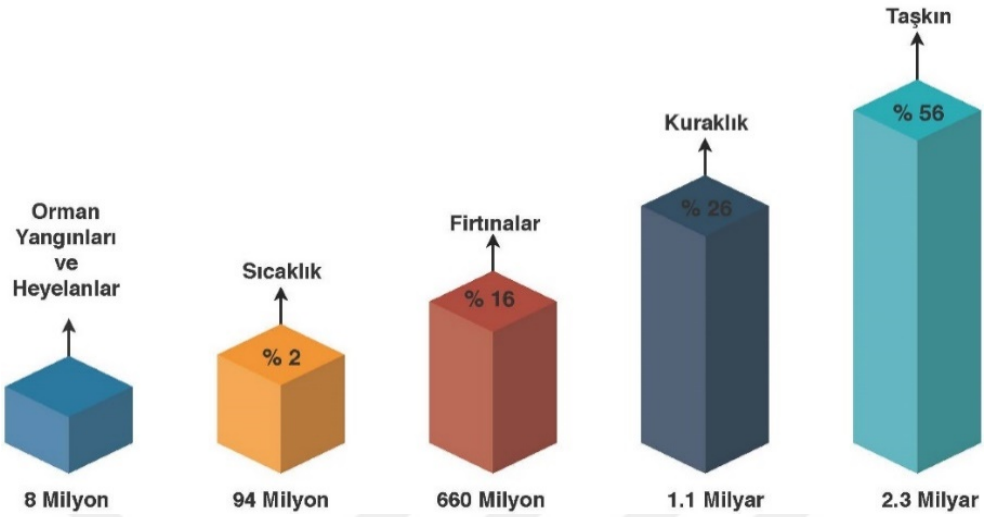
KISALTMALAR LİSTESİ

DSİ	**:**	Devlet Su İşleri
İHA	**:**	İnsansız Hava Aracı
DEM	**:**	Sayısal Yükselti Modeli
İHA	**:**	İnsansız Hava Aracı
DSM	**:**	Sayısal Yüzey Modeli
AGİ	**:**	Akım Gözlem İstasyonu
MGM	**:**	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
CBS	**:**	Coğrafi Bilgi Sistemleri
UZAL	**:**	Uzaktan Algılama
LPT III	**:**	Log Pearson Tip III
AFAD	**:**	Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
UNISDR	**:**	Birleşmiş Milletler Risk Önleme Merkezi
1D	**:**	1 Boyutlu
2D	**:**	2 Boyutlu

GİRİŞ

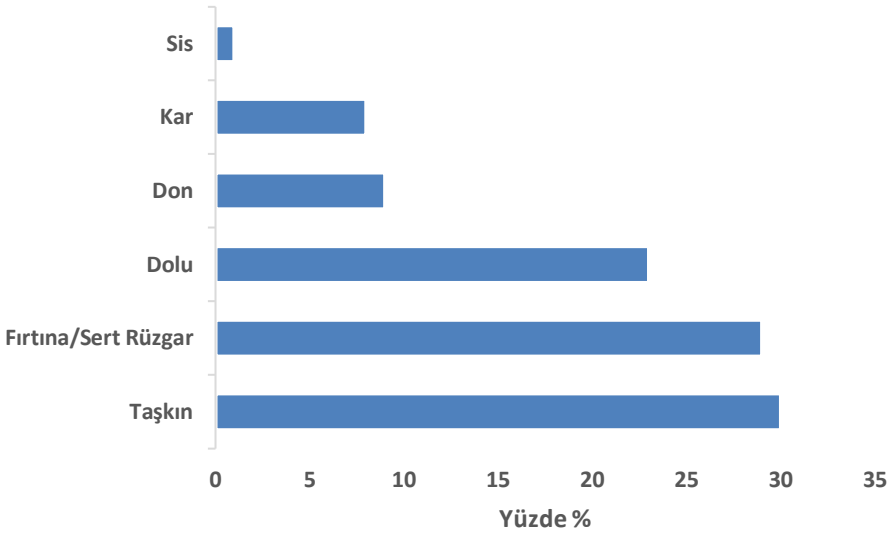
Taşkınlar dünya genelinde neredeyse her ülkede meydana gelmekte olup, ekstrem iklim koşullarından dolayı en fazla hasara neden olan (Reisinger R.K. Pachauri, 2007; Duong ve Gourbesville, 2016, s. 451) afetlerin başında gelmektedir (Samela et al. 2016, 21). Genel olarak taşkınlar dünyada meydana gelen doğal afetlerin neden olduğu ölümlerin, yaralanmaların ve maddi zararların (Askew, 1997, s. 3) 3'te 1'ini oluşturmaktadır (Samela vd., 2016, s. 21). Taşkınlardan etkilenen kişi sayısı ise 2.3 milyar'a karşılık gelmektedir (Wallemacq vd., 2015, s. 12), (Şekil 1). Baldassarre et al., 2013'e göre yaklaşık 1 milyarın üzerinde dünya nüfusu taşkın sahalarında yaşamaktadır (Samela vd., 2016, s. 21). Son yüzyılda modern toplumların yaklaşık % 40'ı akarsulara 15 km mesafe içinde yaşaması (Favey vd., 1999; Small ve Cohen, 2004; Kalyanapu ve Kim, 2013, s. 3;) nedeniyle taşkın olayları ciddi bir oranda artmıştır. Bu oran Cohen, 2003' göre 2050 yılına gelindiğinde çok ciddi boyutlara tırmanacaktır (Kalyanapu ve Kim, 2013, s. 3). Kısaca: (1) her geçen gün nüfus oranının artmasıyla birlikte şehirleşmeye bağlı olarak geçirimlilik oranının azalması; (2) artan nüfusun taşkın yataklarını yerleşmeye açması; (3) yanlış mühendislik uygulamaları (Hsu vd., 2000; Brown vd., 2007; Mason vd., 2007; Gallegos vd., 2009; Özdemir ve Elbaşı, 2015) taşkınların meydana gelmesinde ve gelecekte artış gösterecek olmasında en büyük nedenler arasında gösterilmektedir. Şehirleşmeye bağlı olarak hidrolojik dinamikler arasında negatif bir korelasyon bulunmaktadır. Taşkın ovalarında artan yapılaşmaya veya şehirleşmeye bağlı olarak, geçirimlilik durumunda bir azalma olmakla beraber yüzeysel akışta bir artış ortaya çıkmaktadır (Alaghmand vd., 2010; Ouma ve Tateishi, 2014, s. 1516). Taşkına meyilli sahalarda devam eden şehirleşme ve yapılaşma artan nüfus oranı ve arazi kullanımındaki değişimler tarım alanlarının yerleşime açılması, bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve akarsu yataklarındaki yanlış mühendislik uygulamaları taşkın riskini arttırmaya devam edecektir (Wallemacq vd., 2015, s. 7).

EM-DAT dünya genelinde 2005-2014 yılları arasında yıllık ortalama 335 doğal afetin meydana geldiğini belirtmiştir. İklim değişikliğine bağlı yağış, sıcaklık dağılımında, şiddetinde ve yoğunluğunda (Sanders, 2007, s. 1831) meydana gelecek azalma ve artışların yaşanılması kaçınılmazdır. Bu değişime bağlı alansal ve zamansal olarak ortaya çıkacak farklılıklar (Türkeş ve Tatlı, 2011, s. 2) 10 yıl içerisinde daha da yükselerek taşkın afetinin ölçeğini genişleterek neden olacağı zarar boyutunu da arttıracaktır (Reisinger R.K. Pachauri, 2007; Duong ve Gourbesville, 2016, s. 451).



Şekil 1: 1995-2015 yılları arası iklim kökenli afetlerden etkilenen kişi sayısı (UNI-SDR ve CRED, 2015, s. 13)'ten düzenlenerek

Türkiye'de tarihsel dönemlerden günümüze kadarki süreçte depremlerden sonra en sık karşılaşılan ve en fazla can kaybına neden olan, ekonomik ve sosyal problemlere yol açan afet, taşkın afetidir (Ergünay, 2007, s. 1–2). Ergünay 2007'ye göre Türkiye'de karşılaşılan taşkınların nedenleri arasında orman tahribi, çevresel bozulmalar arazi kullanımındaki değişimler, iklim özellikleri ve en önemlisi topografik koşullar gösterilebilir. UN-ISDR verilerine göre 1991-2005 yılları arasında dünyada meydana gelen doğal afetlerin neden olduğu zararlara bakıldığında Türkiye'nin 11. sırada ve zararın 21 milyar dolar olduğu tespit edilmiştir. Bu zararlara neden olan afetlerin başında deprem olayının ardından taşkınlar gelmektedir. 20'den fazla taşkın olayının meydana geldiği bu dönemde her yıl en azından 30 kişi hayatını kaybetmiştir (Keskin, 2012, s. 1). DMI 2006 verilerine göre 1940 - 2002 yılları arasında meydana gelen iklim kökenli afetler içerinde taşkın olayları % 30'a tekabül etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2: Türkiye'de 1940-2002 yılları arasında meydana gelen atmosferik kökenli afetlerin dağılımı (Keskin, 2012, s. 1'den düzenlenerek)

Türkiye'de taşkınlar şehir ve akarsu taşkınları olup (Keskin, 2012, s. 3) meteorolojik açıdan, yatak morfolojilerinden ve topografya özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Tekkanat, 2015, s. 1). Bunun yanısıra havza jeolojisi, jeomorfolojisi, sanayileşme, göçler, hızlı nüfus artışı, arazi kullanımındaki değişimler, taşkın ovalarının yerleşime açılması (Milly vd., 2002, s. 514) akarsu kanal eğimlerinin ve yönlerinin değiştirilmesi gibi yanlış uygulamalar taşkınların meydana gelmesinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili faktörler arasında gösterilmektedir (Batur ve Maktav, 2012, s. 49). Atmosferik açıdan taşkınların meydana gelmesinde yağış yoğunlukları (sağanak ve yağış özellikleri), meydana gelme sürelerindeki değişimler önem taşımaktadır (Tekkanat, 2015, s. 1). Ülkemizde yaşanan bu taşkınlar her yıl birçok akarsu havzasında ve kent merkezlerinde meydana gelmekte, 25 büyük akarsu havzasının neredeyse tamamında küçük-büyük ölçekte kendini göstermektedir. Taşkınların en yoğun olarak meydana geldiği havzalar; başta Karadeniz Bölgesi, Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi akarsu havzalarıdır. Taşkınların en yoğun meydana geldiği dönemler başta kış dönemi olmak üzere ilkbahar ve sonbahar mevsimleridir (Uşkay ve Aksu, 2002; Özdoğan, 2010, s. 4).

Son 30 yılda dünyada ve ülkemizde yağış tiplerinde ve yoğunluklarında bir azalma görülmektedir. Türkiye'de yağış grafiği, mekânsal farklılıkların olduğu (Uşkay ve Aksu, 2002; García-Ruiz vd., 2011, s. 124) batıda yer alan akarsu havzalarında aşağı yönde

bir trende (0.05) sahiptir (Kahya ve Kalaycı, 2004, s. 128). Bu azalış Akdeniz ve batı kıyılarında fark edilir derecede kendini göstermektedir. ECSN, (1995) değerlendirmelerine göre özellikle kış yağışlarında bir azalma meydana gelmesi beklenmektedir. Yağışlarda bir azalma meydana geldiğinin ortaya koyulmasına rağmen yağış sıklık ve şiddetinde meydana gelen değişimler taşkınların artmasına neden olmuştur. Hadley Center (1995, UKMO) da yapılan iklim modellemesinde 2050 yılına gelindiğinde, ortalama yıllık yağış miktarında azalmanın gerçekleşeceği öngörülmüştür (Türkeş, 1998). EİE (Elektrik İşleri Etüd İdaresi) tarafından, Türkiye EİE AGİ'lerinde yıllık ve dönemsel olarak akım trendlerinde artış-azalış eğilimlerinin var olup olmadığı araştırılmış; Orta-Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Biga havzasının da yer aldığı Marmara Bölgesi'nde artış olduğu saptanmıştır (Bayazit vd., 2002, s. 4).

Taşkın tehlike kapsamına yönelik bir takım çalışmalar bulunmaktadır. Genel olarak taşkın tehlike ve risk çalışmalarında, taşkın özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan hız-derinlik-yayılış faktörleri tehlike ve risk değerlendirmelerinde temel faktör olmuştur. Uzun yıllardan günümüze kadar taşkın tehlike altlık ve risk haritalamalarının elde edilmesinde dünya ve bölgesel ölçekte en fazla kullanılan faktörlerin neler olduğu ve zamana göre değişim gösteren teknolojik gelişmelere bağlı değişim gösterdiği görülmektedir. Taşkın tehlike kapsamında hem uluslararası hemde ulasal yayınlar incelenerek elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. İncelenen çalışmalara bağlı olarak farklı yöntem ve metotların kullanıldığı taşkın tehlike ve risk çalışmaları bulunmaktadır. Bu değerlendirmelere bağlı olarak, taşkın çalışmalarında en fazla kullanılan parametreler arasında, eğim, bakı, jeoloji, DEM, arazi kullanımının yanısıra çalışma sahası özelliklerine bağlı olarak taşkınların meydana gelmesinde etkili olmayan parametrelerde kullanılmıştır. Türkiye'de taşkın modellemeleri ve çalışmaları konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Özdemir (2007), Havran Çayı havzasında yapmış olduğu taşkın risk analizinde taşkın sıklık analizlerine bağlı farklı tekerrür aralıkları üzerinden Hec-RAS 1D modelleme yaparak havza taşkın yatağı üzerinde sahadaki taşkınların yayılışını, derinlik özelliklerini belirlemiştir. Ortaya çıkan sonuca bağlı olarak tehlike altında kalan yerleşme-tarım alanlarını belirleyerek ekonomik zararı tespit etmeye çalışmıştır. Çalışma kapsamında 1:25000 ölçekli topografya haritaları ve arazi çalışmaları sırasında GPS verileri ile güncel yükseklik değerleri 10 m çözünürlüğe sahip DEM yüzey verisine aktarılarak güncelleme yapılmıştır. Keskin (2012), Dalaman Çayı Ovasında taşkın risk potansiyelini 1:25000

ölçekli paftalar ile 1D ve 2D modeller arasındaki farktan bahsederek, havza üzerinde bir örneklem üzerinde 1 m çözünürlüğe sahip alanda taşkın modelleme yaparak meydana gelen taşkın yayılışı ile gerçek taşkın sınırları arasında eşleşme olup olmadığını kontrol etmiştir. 1D ve 2D modellemelerin birbirine göre dezavantajını belirtmiştir. 2D modelin çok daha iyi sonuçlar verdiğinden bahsetmiştir. Sanders (2007) online olarak temin edilen DEM verilerine bağlı olarak taşkın tehlike analizinde LIDAR 10 cm, IFSAR 1 m. SRTM 1 - 3 m., NED (National Elevation Data) DEM verileri üzerinden Hec-RAS 1D ve 2D taşkın modelleri yapmıştır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak taşkın modellemelerinde LIDAR verisinin yüksek doğrulukta sonuçlar verdiğini, SRTM verisinin yüksek rölyefe sahip alanlara nazaran düz alanlarda daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir. IFSAR ve LIDAR verilerinde akarsu yatağının net bir şekilde modele aktarılabildiğini NED verisinin SRTM verisinden daha pürüzsüz yüzey verisine sahip olduğunu belirtmiştir. LIDAR ve IFSAR verileri bina, orman örtüsü, köprü ve yolları iyi bir şekilde göstermesiyle birlikte modellemelerde akış zamanı daha uzun iken, SRTM DEM verileri üzerinde ise bu akış zamanı daha kısa olmaktadır. Watsons vd., (2015) yaptıkları çalışma ile Bhutan'da bulunan Chamkar Chu havzasında buzul göllerinde meydana gelen taşmanın oluşturduğu taşkın yayılış alanlarını tespit etmiştir. SRTM DEM, Aster GDEM, Alos DEM verileri üzerinden Monte Carlo Simülasyonu ve Hec-RAS 1D taşkın modelli oluşturarak elde edilen sonuçları arazi çalışmalarında toplanan taşkın sınırları ile karşılaştırarak DEM verilerinin sağladığı avantajlardan bahsetmiştir. SRTM verisinin Aster ve Alos Prism yüzey verilerinin modelleme sonucu ile karşılaştırıldığında SRTM verisinin daha net ve pozitif sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Bragais vd., (2016) yaptıkları çalışmada arazi kullanımı ve yüksek çözünürlüklü SAR DEM verilerine bağlı olarak 1D ve 2D taşkın modelleri üzerinden yüzeysel akışın yoğun olduğu kentsel yerleşim alanlarındaki taşkın yayılış alanlarını tespit etmiştir. Karmaşık yüzeysel akış özellikleri sunan şehir alanlarında 2D taşkın modelinin çok daha iyi sonuçlar verdiğinden bahsetmiştir. Ayrıca Bragais vd., (2016) taşkın modellemelerinde iki farklı formülün var olduğunu bu formüllerin 2D Saint Venant ve 2D Diffusion Wave olduğunu hızlı ve daha iyi sonuç vermesinden ötürü 2D Diffusion Wave formülünü tercih etmiştir. Kalyanapu vd., (2013) Amerikan coğrafyasında yer alan bir akarsu havzasında yer alan levenin (akarsu setlerinin) 2D modellemede taşkını engelleme hususundaki etkisinin araştırmasını yapmışlardır. Çalışma da baraj öncesi ve sonrası su akım durumunu leve seviyelerini 1 ve 7 m yüksekliğinde ayarlayarak taşkın durumunu Flood2D-GPU ile 2D olarak NED DEM

(32 m) ve Lidar DEM (1.3 m) verileri kullanarak modellemişlerdir. Ortaya çıkan modelde arazi kullanım özelliklerinin Manning's N pürüzlülük katsayısına nasıl etki ettiğini, geleceğe yönelik arazi kullanımı öneminden bahsetmiştir. Horrit vd., (2002) 1D ve 2D taşkın modellerinde Hec-RAS, Telemac 2D, Lisflood-Fp programları ile farklı ölçekte kanal pürüzlülük değerleri üzerinden taşkın yayılışını test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar kanal pürüzlülük değerlerinin farklı yayılış alanlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Hec-Ras ve Telemac 2D programlarında tutarlı sonuçlar ortaya çıkmış, Lisflood da ise kalibrasyona gerek duyulmuştur. Fosu vd., (2013) yapmış oldukları çalışmada Hec-RAS hidrolik programı kullanarak taşkın yayılış, hız, derinlik alanlarını tespit etmiştir. Taşkın yayılış sonuçlarına göre bina ve diğer hizmet alanlarının taşkın tehlikesi altında kaldığını tespit etmiştir. Saleh vd., (2013) 1D Saint Venant modelinde kanal pürüzlülük katsayısı için farklı türde geometrik verilerin öneminden bahsederek, akarsu yatağındaki enine kesitlerin DEM verisindeki çözünürlükle pozitif sonuçlar verdiğinden söz etmiştir. Hidrodinamik simulasyonda yüksek çözünürlüklü DEM verisinin kullanılmasıyla, yineleme aralıkları ile elde edilen sonucun yüksek oranda tutarlı olduğu görülmüştür.

Türkiye ve Marmara Bölgesi'ndeki yağış ve akışların benzerlikleri-farklılıkları (desenler) ve bunların değişkenlikleri de taşkınların meydana gelmesinde önem oluşturan bir diğer konudur (Akbaş, 2018; Akbaş ve Özdemir, 2018). Yağış-akış konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Aksoy vd. (2008) yaptıkları bir çalışma ile Türkiye'nin Trakya bölgesindeki hidroklimatolojik verilere (yağış, sıcaklık, akım verilerine) çeşitli zaman serisi analizleri uygulamalarının yanı sıra bölge için GCM üretmişlerdir. Çıkan sonuçlara göre herhangi bir trend ve sıçrama varlığı gözlerine çarpmamış ve GCM modeline göre sıcaklılarda artma yağışlarda azalma beklenmektedir. Bunun yanı sıra Özdemir ve Elbaşı (2015) yaptıkları çalışma ile arazi kullanımı değişikliklerinin yüzeysel akış ve dolayısıyla akım değerleri üzerinde değişiklikler yaptığını belirlemişleridir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

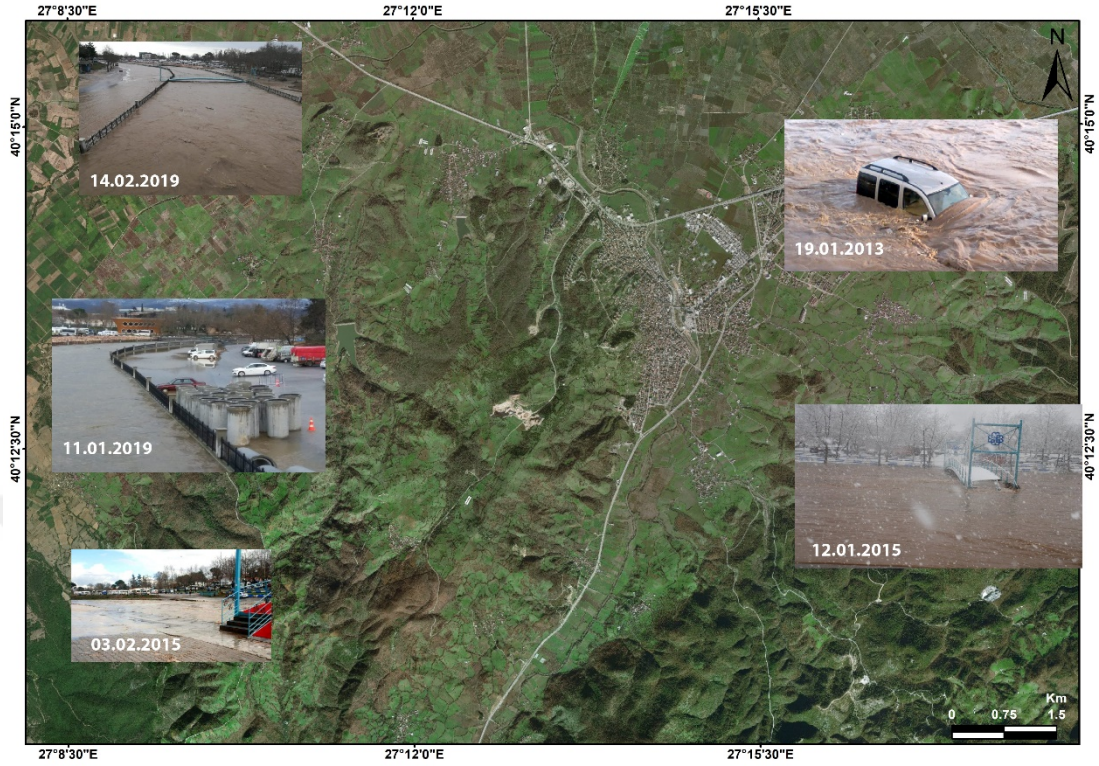
1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı, taşkın tehlike analizlerinde önemli altlıklar olan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-DEM) ve arazi kullanım özelliğine bağlı yüzey sürtünme katsayılarının üretildiği değişik veri kaynaklarının ve çözünürlüklerinin kullanılabilir ve uygulanabilirliğinin, yüksek çözünürlüklü İHA verisi temelinde test edilmesi ve belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda sahip olduğu akım özellikleri ve geçmiş dönem ve güncel taşkın olaylarının yaşandığı Biga Çayı Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Biga Çayı üzerinde son 10 yılda yaklaşık 20 taşkın olayı meydana gelmiştir. Taşkın dönemlerinde gözlemlenen akım verisi ortalama 100 m^3/sn'nin üzerindedir. Meydana gelen bu taşkınlar her seferinde köprü, tarım alanları, yerleşmeleri sular altında bırakarak maddi ve sosyal zararlara neden olmuştur. Son yıllarda taşkınlardan korunmak amacı ile Biga yerleşmesi civarında 20 milyon TL.'lik yapım bedeline ulaştığı tahmin edilen (https://www.bigazete.com.tr/biga/biga-da-20-milyonluk-skandal-islah-h21699.html) ıslah projesinde bir takım düzenlemeler yapılsa da taşkınların önüne geçilememiştir (Şekil 3). Yapılan ıslah çalışmaları, taşkınların önlenememesi nedeni ile taşkın tehike analizi gereksinimi ortaya koymuştur.

Çalışmanın kapsamı farklı çözünürlüklü ve kaynaklı DEM modelleri ile arazi kullanım verilerinin temini, ölçülen akım verileri temelinde taşkın frekans analizlerinin gerçekleştirilmesi, 1D ve 2D hidrolik model temelinde sonuçların karşılaştırılmasıdır. Farklı çözünürlükteki ve kaynaktaki veriler İHA temelli verilerin sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve buna göre saha için optimum taşkın tehlike analizi için altlık verilerin tespiti yapılmıştır.

Doktora tezi çalışması kapsamında birçok hedef ve araştırma sorusu yer almaktadır. Bunlar sırasıyla;

- Noktasal bazlı taşkın modellemelerine ücretsiz ulaşım kabiliyeti olan verilerden en uygun veri kaynağı ve çözünürlük hangisidir?
- Saha açısından taşkın tekrarlama aralıklarına ait senaryo akım değerlerinin üretiminde hangi istatistiksel metot en iyi sonuçlar vermektedir?
- Taşkın tehlike haritaları için derinliğin yanında, hız faktörü ve bunun tehlike haritalamasındaki rolü nedir?



Şekil 3: Biga Çayı üzerinde farklı dönemlerde meydana gelen taşkın olayı

Çalışma temelde 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü çalışmanın amacı, kapsamı, yöntemi, önemi, sınırlılıklarını içeren giriş bölümü oluşturmaktadır. İkinci bölümü çalışma alanının özelliklerini içeren jeolojik, jeomorfolojik, klimatik ve toprak özellikleri, üçüncü bölüm ise taşkın sıklık analizlerinden oluşmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünü taşkın modellemesinde kullanılacak farklı çözünürlükte DEM verilerinin ve arazi kullanım özellikleri oluştururken, beşinci bölümünü ise farklı veri tiplerine bağlı 1D ve 2D taşkın modellemeleri ve tehlike değerlendirmeleri kapsamaktadır. Genel olarak çalışma, havzadaki taşkın tehlike durumu Akkayrak AGİ'den itibaren değerlendirmeye alınmıştır. Taşkın tehlikesinin yüksek olduğu bölgelerde farklı olasılıklara bağlı tehlike değerlendirmesi yapılmıştır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Taşkınlar, Dünya ve Türkiye genelinde depremlerden sonra neden olduğu ölüm ve maddi kayıplardan dolayı 2. sırada olup, meteorolojik kökenli afetler arasında ise ilk sırada yer almaktadır. Ayrıca taşkınlardan etkilenen kişi sayısı deprem ve heyelanlardan sonra üçüncü sıradadır. Taşkınların doğal ve beşeri unsurları etkilemesi bakımından halen taşkın potansiyeli olan birçok alanda taşkınların önlenmesi için yeteri kadar çalışma ve ıslah projeleri yapılmamaktadır. Bu nedenle,

yapılan çalışmalar yetersiz ve problem çözmeye yönelik olmamıştır. Dünya genelinde oldukça iyi ilerlemeler kaydeden gelişmiş ülkeler bu konuda erken uyarı sistemleri ve iyi planlama sayesinde taşkınların hem tahmininde hemde önlenmesi hususunda çok iyi ilerlemeler kaydetmiştir. Fakat ülkemizde halen aktif uyarı sistemlerinin yanısıra önleme çalışmaları dahi yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple ülkemizde taşkın meydana gelme potansiyeline sahip sahalar halen aktif risk taşımaktadır. Taşkınların gerçekleşme durumunda ise maddi ve manevi zararların meydana gelmesi kaçınılmazdır.

Taşkın tehlike çalışmalarında özellikle farklı veri tiplerinin kullanılması taşkınların anlaşılması konusunda büyük önem taşımaktadır. Ortaya çıkarılacak tehlike analizlerinin gerçekleştirilmesinde farklı veri tiplerinin kullanılması tehlike değerlendirilmesi açısından hem yerel yönetimlerin arazi planlaması hem de ileride taşkın çalışmaları konusunda bir avantaj sağlaması bakımından önemlidir. Bundan dolayı taşkın tehlike çalışmalarında kullanılacak farklı çözünürlükte DEM verilerinin, taşkın tehlike haritalamasında ne gibi farklılıklara yol açtığı topografik açıdan hangi sahalarda avantaj sağladığı, taşkın dinamiklerinin anlaşılması ve analiz edilmesinde büyük rol oynamaktadır.

1.3. Özgün Değer

Türkiye'de birçok taşkın çalışmasının bulunmasına ragmen tehlike kapsamında yapılan çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Günümüzde taşkın çalışmalarında farklı teknik ve yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmalar; jeomorfometri-taşkın ilişkisi (Özdemir ve Bird, 2009; Özdemir, 2011; Elbaşı ve Özdemir, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018), AHP (Analatik Hiyearşi Yöntemi) metodu (Yılmaz, Öztürk, Kırbaş, 2017; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Özcan, 2017), ÇKK (Çok kararlı karar verme yöntemi), (Özcan, ve Musaoğlu, 2009; Saral ve Musaoğlu, 2011; Özcan, 2017; Uludağ ve Doğan, 2016; metodu, matematiksel yöntemler ve farklı modellemelerdir (Horritt ve Bates, 2002; Sanders, 2007; Gallegos vd., 2009; Samela vd., 2016;). Bahsi geçen metodların yanısıra hidrololik modellemelere bağlı olarak elde edilen taşkın çalışmaları Türkiye'de sınırlı kalmaktadır. Hidrololik modellemeler 1D ve 2D olarak taşkın çalışmalarında tercih edilmektedir. Bu modellemeler sonucu elde edilen tehlike haritalamaları büyük önem taşımaktadır. Taşkın derinlik-hız-yayılış dinamiklerinin anlaşılması yönünde, çalışmaya farkındalık kazandırmak amacıyla Biga Çayı havzasında, farklı veri tiplerine bağlı olarak elde edilecek taşkın modellemeleri taşkın

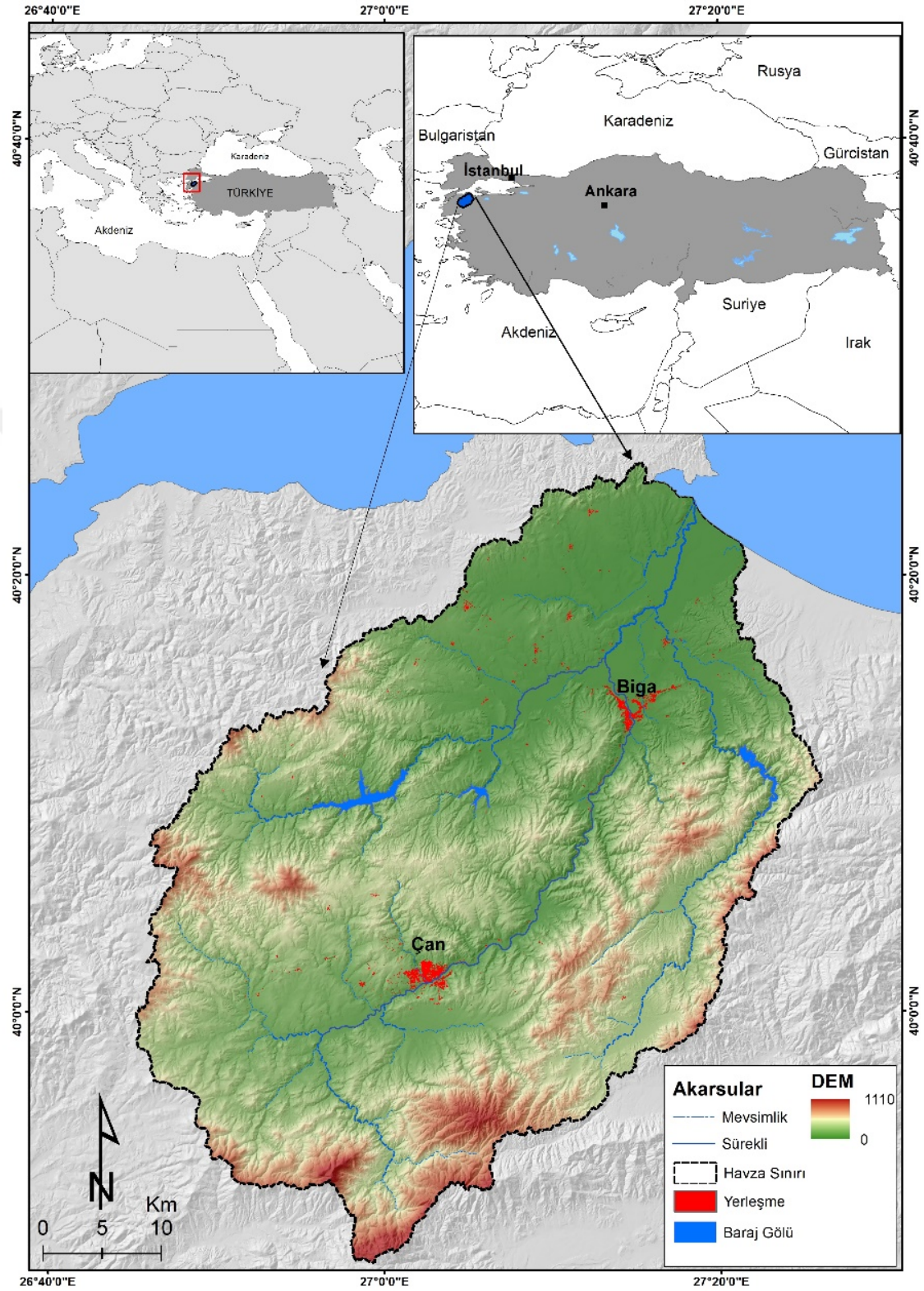
tehlike kapsamında özgün bir değer ortaya çıkaracaktır. Ayrıca özgün değer olarak tehlike kapsamında açık erişime sahip DEM verisinde ortaya çıkacak benzerlik ve farklılıklara bağlı taşkın modellemeleri çalışmayı farklı kılmaktadır. Açık erişime sahip DEM verilerine bağlı olarak elde edilecek taşkın modeli sonuçlarının yüksek çözünürlüklü İHA-DEM verisine ait taşkın modeli ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi çalışmanın temelini oluşturmaktadır. İHA-DEM verisinin yüksek çözünürlüğüne bağlı olarak topografik dinamikleri daha iyi yansıtmasından ötürü ortaya çıkacak taşkın modeli hız-derinlik-yayılış özellikleri açık erişime sahip DEM verileri ile kıyaslandığından daha hassas ve yüksek bir doğruluk oranına sahiptir. Bu nedenle açık erişime sahip DEM verilerine bağlı elde edilecek taşkın modellemelerinin İHA-DEM verileri ile örtüşmesi, bu çalışmanın önemini ortaya koymaktadır. İHA-DEM modeline ait yakın sonuçlar veren DEM verisinin bundan sonraki taşkın çalışmaların da tercih edilmesi, İHA-DEM verisi için harcanan maliyet ve zaman açısından bir avantaj sağlayacaktır. Bu sayede kamu kurum kuruluşlarına gerekse yerel yönetimler için bir avantaj sağlaması hususunda önem taşımaktadır.

1.4. Çalışma Sahası ve Taşkınlar Açısından Önemi

Biga Çayı Havzası sel ve taşkınların meydana geldiği Marmara Denizi akarsu havzalarından bir tanesidir. Biga Çayı Havzası, Çan ve Biga ilçelerini kapsamaktadır. Havza yükseltisi 0-1110 m. arasında değişmekte olup 2310,74 km^2'lik bir alan kaplamaktadır. Havza, taşkın olayının vuku bulduğu Biga yerleşmesini ve yine adını çaydan alan Biga Ovasını kapsamaktadır (Şekil 4). Konumu dolayısıyla Biga yerleşmesi ve Biga Ovası uzun yıllar boyunca taşkına maruz kalmıştır. Biga yerleşmesi ve Biga Ovasında yer alan köyler yüksek oranda taşkına meyilli sahalardır (Şencan, 2007, s. 51). Yıl içinde ve yıllar arası dönemlerde farklı anomaliler gösteren Marmara Denizi akarsu havzasında şiddetli sağanak yağışların meydana gelmesi, taşkınlara ve büyük hasarlara sebebiyet vermiştir. Biga Çayı Havzası üzerinde ölçülen maksimum akım değerleri incelendiğinde, hem akarsu yatağında gerçekleşen plansız yapılaşma hem de yanlış arazi kullanımlardan ötürü meydana gelen taşkınların ciddi bir risk oluşturduğu göze çarpmaktadır. Son dönemlerde yanlış arazi planlanma ile göze çarpan Biga yerleşmesinde meydana gelen taşkınlar kaçınılmaz olmuş neredeyse her yıl taşkın afetine maruz kalınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Yıllara göre çalışma alanında tespit edilmiş taşkın olayı (Afad, 2018)

Yıl	Taşkın Tarihleri				
1955	27.11.2018	--	--	--	--
1962	3.07.1962	3.10.1962			
1963	18.12.1963	--	--	--	--
1964	27.12.1964	--	--	--	--
2007	29.01.2007	--	--	--	--
2009	24.12.2009	--	--	--	--
2012	14.02.2012	22.10.2012	1.12.2012		--
2013	19.01.2013	21.01.2013	8.02.2013	26.03.2013	8.04.2013
2014	1.01.2014	5.06.2014	18.12.2014	--	--
2015	12.01.2015	7.04.2015	9.04.2015	--	--
2016	18.01.2016	26.03.2016	--	--	--
2017	13.01.2017	--	--	--	--
2019	11.01.2019	14.02.2019			



Şekil 4: Biga Çayı Havzası ve yakın çevresi

1.5. Materyal ve Metot

1.5.1. Materyal

Çalışmada, farklı çözünürlükte veri kaynakları kullanılmış olup, bu verilerin bir kısmı açık kaynaklı erişilebilir DEM ve uydu görüntüleridir. Ayrıca, İHA ile elde edilen 2414 ortofoto verisininin fotogrametrik yöntemlerle 5 cm çözünürlüğünde oluşturulan İHA-DEM verisi çalışmada kullanılmıştır. Bu veri seti, model oluşturulması sırasında kolaylık sağlaması amacıyla 30 cm çözünürlüğüne yeniden örnekleme yapılmıştır. Toprak haritası 1:25 000 ölçekli olarak T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Arazi kullanım verisi için 100m. çözünürlükte Corine Arazi Örtüsü, 30m. çözünürlüklü Landsat-8 OLI verisi, 10m. çözünürlüklü Sentinel-2 görüntüsü kullanılmıştır. Ayrıca Google Earth 2016 görüntülerinden, Devlet Su İşleri'ne ait Akkayrak (1966-2016), Çınarköprü (1965-2016) istasyonlarına ait günlük toplam akım verileri çalışmada kullanılmıştır. Bölgenin iklim özelliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmada ise www.world.climate.org verileri kullanılmıştır. Yazılım olarak; CBS yazılımlarından ArcGIS 10.4.1 ve bu yazılıma ait Hec Geo-RAS araç eklentisinden, Saga GIS, Hec-RAS 5.0.5 (Hydrologic Enginering Center River Analysis System) kullanılmıştır. Taşkın sıklık analizleri içinse Excel ve Xl-Stat kullanılmıştır. Arazi çalışması sırasında İHA-DEM verisinin elde edilmesinde Dji Phantom 3 Profesional Drone kullanılmıştır. Ortofoto görüntülerin işlenmesinde ise Pix4D yazılımı deneme sürümü kullanılmıştır. Ayrıca görüntülerin hassas olarak modellemek için yersel DGPS-GNSS (Global Navigation Satellite System) kullanılmıştır.

1.5.2. Metot

Çalışma kapsamında veri kısmında belirtilen kaynakların incelenmesi ve derlenmesi hususunda bazı aşamalar bulunmaktadır. Verilerin sayısal hale getirilmesi, ücretsiz açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerinin çalışma alanina göre kesilmesi vb., gibi işlemler bulunmaktadır. Sayısal verilerin tümüne ait koordinat sistemi WGS84 35. Zon'a göre ayarlanmıştır. Bu kapsamda, literatür tarama, veri toplama, verilerin düzenlenmesi, model kapsamında geometrik verilerin derlenmesi ve oluşturulması, suyun hareketi sırasında sürtünme katyasının yani Manning's N pürüzlülük katsayısı çalışmanın temel iş akışını oluşturmaktadır. İkinci aşama çalışma sahasının taşkın sıklık analizlerinin oluşturulması, akım verilerine ait taşkın sıklık analizlerinde kullanılan Log Normal, Normal, Gumbel EV-I, Log Pearson Type III dağılım analizleri

kullanılarak oluşturulmuştur. Üçüncü aşama arazi kullanım özelliklerinin belirlenmesine yönelik arazi kullanım sınıflarının oluşturulmasını içermektedir. Farklı çözünürlükte arazi kullanım verilerinin elde edilmesinde sayısal corine arazi örtüsünden Landsat 8 OLI ve Sentinel-2 uydu görüntülerinin (Tablo 2) nesne tabanlı arazi sınıflandırması sonucunda ise 30 ve 10 m. çözünürlükte arazi kullanımı elde edilmiştir. Dördüncü aşama farklı veri kaynaklarına bağlı taşkın modellemesi, beşinci aşama tehlike analizleri ve sonuçlarını içermektedir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait band özellikleri

Landsat OLI/TIRS (µm)	Çözünürlük	Sentinel-2 (µm)	Çözünürlük
Band 1 (0.43-0.45)	30	Band 1 (0.433-0.453)	60
Band 2 (0.45-0.51)	30	Band 2 (0.458-0.523)	10
Band 3 (0.53-0.59)	30	Band 3 (0.543-0.578)	10
Band 4 (0.64-0.67)	30	Band 4 (0.650-0.680)	10
Band 5 (0.85-0.88)	30	Band 5 (0.698-0.713	20
Band 6 (1.57-1.65)	30	Band 6 (0.733-0.748)	20
Band 7 (2.11-2.29	30	Band 7 (0.765–0.785)	20
Band 8 (0.5-0.68)	15	Band 8 (0.785–0.900)	10
Band 9 1.36-1.38)	30	Band 8a (0.855–0.875)	20
Band 10 (10.6-11.19)	100	Band 9 (0.930–0.950)	60
Band 11 (11.5-12.51)	100	Band 10 (1.365–1.385)	60
		Band 11 (1.565–1.655)	20
		Band 12 (2.100-2.280)	20

Son dönemlerde oluşturulan dinamik taşkın modelleri birçok fiziksel parametreyi dikkate almaktadır (Hsu vd., 2003; Liu vd., 2006; Kim vd., 2011, s. 1563). Hidrolojik veriler, model tasarımı, büyük mekânsal ve metinsel veri setlerinin verimli ve detaylı incelenmesi taşkın çalışması açısından önem taşımaktadır (Kim vd., 2011, s. 1563). Buna rağmen taşkın çalışmaları sonucu elde edilen sonuçların belirsizlikler taşıdığı belirtilmiştir. DEM verisine ait çözünürlük ve buna bağlı kanal pürüzlülük değeri taşkın çalışmalarındaki soru işaretlerinden sadece birkaçı olup, bunun nedenleri arasında gösterilebilir (Westoby vd., 2014; Watson vd., 2015, s. 1374). Topografik veriler taşkın tehlike kapsamında gerekli en önemli verilerden biridir (Sanders, 2007, s. 1831). Taşkın çalışmalarında yüksek çözünürlüklü DEM, LIDAR verileri yüksek doğruluk oranına sahip sonuçlar vermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde orta çözünürlüğe sahip DEM (Aster GDEM, SRTM, ALOS) verileri günümüzde taşkın modellemelerinde hala kullanılmakta olmasına ragmen (Watson vd., 2015, s. 1374)

açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerindeki sınırlılıklar nedeniyle orta ve küçük akarsu havzalarında verilerin yetersiz kalmaları, taşkın modellemelerindeki güvenirlikleri hala soru işaretidir (Merz vd., 2010, s. 1514). Orta çözünürlükte DEM verilerine çevrimiçi uygulamalardan ulaşılabilmektedir (Sanders, 2007, s. 1832). Uygun ve yüksek doğruluk oranına sahip bir taşkın modeli için bir takım verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Hidrometeorolojik gözlem verileri (yağış ve akım), havza sınırı ve geometrisinin tanımlanması, topografik veri seti ve taşkın modeli kalibrasyonu için taşkın sınırı ve alanını gösteren veriler önem taşımaktadır (Courty vd., 2017, s. 2). Küçük ölçekli akarsu havzalarının taşkın modellemesinde düşük çözünürlüklü DEM verileri çalışmanın kalibrasyonu açısından sorun oluşturmamaktadır (Horritt ve Bates, 2002; Courty vd., 2017, s. 3).

1-) Taşkın modellemesi kapsamında ortaya çıkacak hız-derinlik-yayılış özelliklerinin İHA-DEM verisine en yakın sonuç ile kıyaslanması neticesinde ortaya çıkacak en iyi model eşleşmesi için kullanılacak DEM verileri şunlardır;

a. SRTM 30 m. ve 90 m.
b. Merit-DEM 90m.
c. TanDEM X 90 m.
d. Aster-GDEM 30m.,
e. Alos 12,5 m. ve 30 m.
f. 30 cm. yüksek çözünürlükte İHA-DEM verisi'dir.

Taşkın tehlike kapsamında modellenen sahanın özellikle taşkın yatağının, yatak formunun iyi şekilde gözlemlenebilmesi önem taşımaktadır.

2) Yıllık maksimum akım verileri ve bunlara bağlı olarak oluşturulan tekrarlama sıklıkları (Taşkın Sıklık Analizi)

3) Manning's N pürüzlülük katsayısı için arazi kullanım özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Arazi kullanım özelliklerinin belirlenirken farklı çözünürlükte uydu görüntüleri kullanılmıştır. 90 m. arazi kullanım özellikleri için CORINE 100 m., 30 m. için Landsat 8 OLI, 12,5 m için Sentinel-2 uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. 30 cm içinse arazi çalışmaları sırasında İHA ile elde edilen yüksek çözünürlükü ortofoto görüntülerinin analiziyle oluşturulmuştur.

İklim değişikliğine bağlı olarak taşkın afetinin ulaşacağı maksimum sınır için, gözlemlenen ve kayıt altına alınan hidroklimatolojik veriler önem arz etmektedir. Hidroklimatolojik veriler su kaynaklarının planlanmasında ve dizaynında kullanılmasının yanı sıra yağış ve akış özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin

tespitinde önem arz etmektedir (Kahya ve Kalaycı, 2004, s. 128). Havza üzerinde 2 adet Akım Gözlem İstasyonu bulunmaktadır (Tablo 3). Akım gözlem istasyonlarından Akkayrak AGİ Biga yerleşmesinden önce yer alması, taşkında meydana gelen maksimum akımın tespiti açısından avantaj sağlamaktadır.

Tablo 3: Biga Çayı Havzası üzerinde DSİ'ye ait akım gözlem istasyonları

AGİ No	Akarsu	Adı	Enlem	Boylam	Alanı(Km²)	Durumu	Kot
D02A010	Biga Ç.	Akkayrak	40.18	27.12	975.8	Açık	29
E02A012	Biga Ç.	Çınarköprü	40.18	27.16	2095.6	Açık	8

1.6. Sınırlılıklar

Taşkın modelleme kapsamında geçmiş dönemlerde meydana gelen taşkınlara ait uydu görüntüsü ve hava fotograflarının olmaması veri problemlerinin başında gelmektedir. Elde edilecek taşkın modellemesi kapsamında taşkınların yayılış sınırının doğruluk kapsamında değerlendirilmemesi bakımından sorun oluşturmaktadır. Fakat İHA görüntülerinden elde edilen yüksek hassasiyete sahip İHA-DEM verisi bu açıdan taşkınların yayılışının kalibrasyonu için ölçüt olmaktadır. Havzada meydana gelen taşkınlara ait saatlik verinin ölçülmemiş olması, saatlik taşkın modelinin oluşturulması açısından problem oluşturmaktadır. Taşkın dönemlerinde meydana gelen maksimum akımlar günlük toplam akım olarak elde edilmiştir. Akkayrak AGİ'nin Biga yerleşmesinden önce kurulu olması Biga Çayı ana kola ait akım verisini yansıtırken, Çınarköprü AGİ verisi ise havzaya ait tüm akım verisini yansıtmaktadır. Bölgeye ait taşkın olaylarına ait bir envanterin bulunmaması bir diğer sorunu oluşturmaktadır. Havzaya ait bu zamana kadar herhangi bir taşkın çalışması bulunmamaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

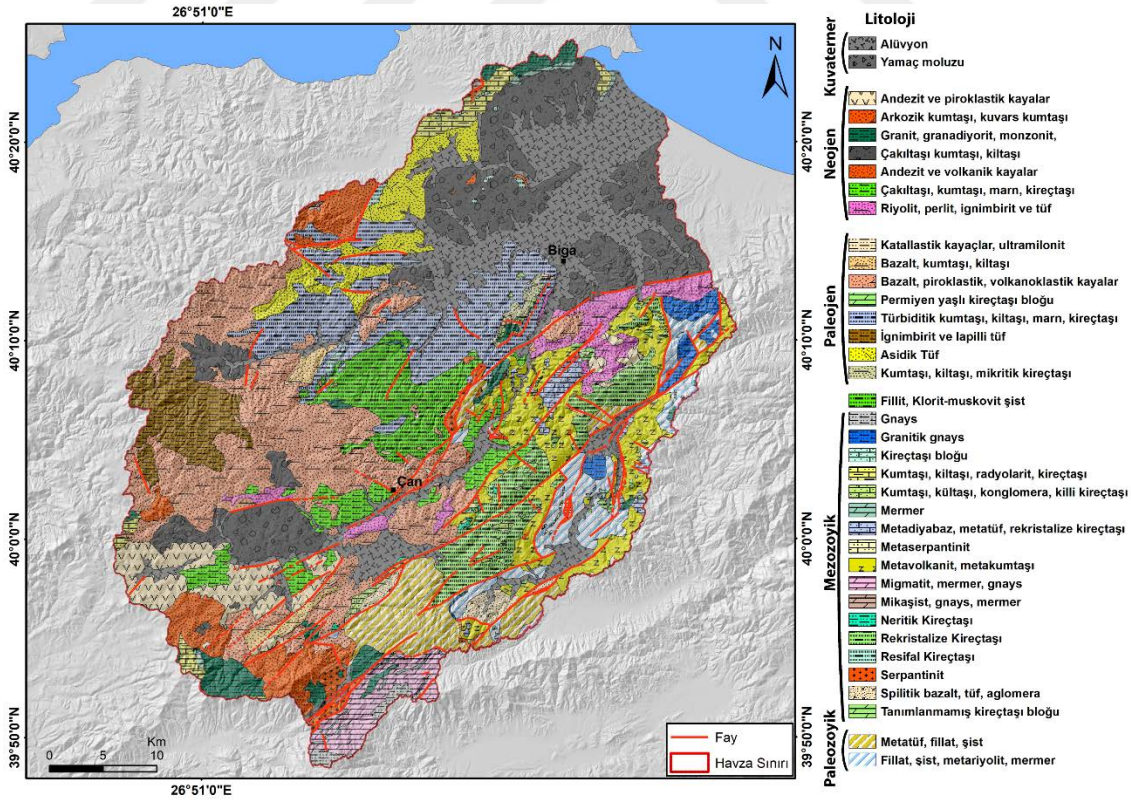
ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeolojik Özellikler

Biga Yarımadasında yer alan çalışma sahası, Paleozoyik'ten Holosen dönemini kapsayan farklı litolojik birimlere ait kayaç gruplarını bünyesinde barındırır (Şencan, 2007, s. 34), (Şekil 5). Tersiyer öncesi litolojik birimler, magmatik ve metamorfik kayaçlar (Deniz vd., 2010, s. 161) genellikle KD-GB uzanımlı tektonik birimler içerisinde görülmektedir. Bu zonlar Çan, Biga ve Karabiga arasındaki alanı kaplar, doğu-batı uzanım gösteren İzmir-Ankara, Sakarya, Çetmi melanjı Ezine zonlarıdır ve farklı istiflerden oluşmaktadır (MTA 2007). Çalışma sahası ve yakın çevresinde, temelde paleozoyik döneme ait Kazdağı masifi, bu masif üzerinde ardalanan Triyas yaşında Karakaya formasyonuna ait litolojik birimler bazaltik kayaçlar, tüfler kumtaşları, grovaklar (Deniz vd., 2010, s. 162), bu formasyonu örten Jura yaşlı kırıntılı Bayırköy formasyonu ve Bilecik kireçtaşı sedimenter üniteler, tersiyer dönemi Ceylan formasyonu ve karasal çökellere ait Bigadiç formasyonu yer almaktadır. Akarsu vadilerinde ve ovalarda ise Pliyo-kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller; çakıltaşı, kumtaşı, şeylden oluşan flüvyal kökenli sedimentler bulunmaktadır (Siyako vd., 1989; Deniz vd., 2010, s. 161) .

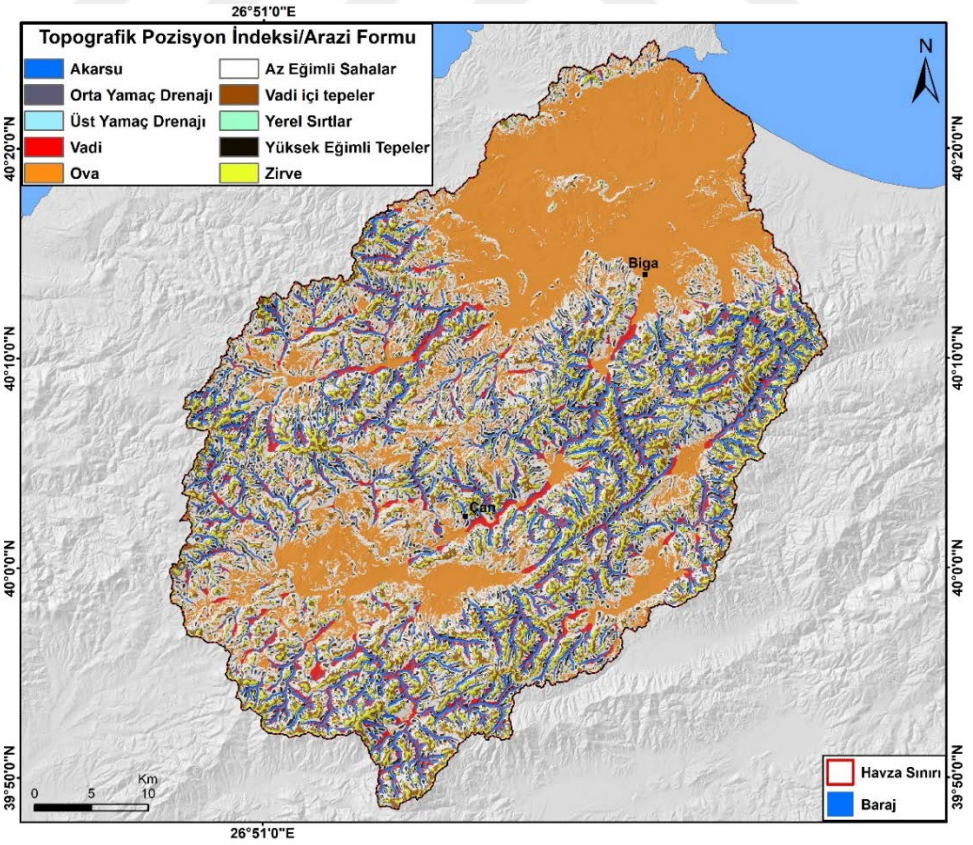
Gelibolu zonu: Geç Kretase-Paleosen dönemine ait pelajik kireçtaşı, radyolarit, serpantinit, gabro kayaçlarından oluşmuş "çetmi ofiyolit melanjı" olarak adlandırılan ofiyolitli melanjdır (Ünser, 2007, s. 6). Ayvacık-Karabiga Zonu da Çetmi Melanjı'ndan meydana gelmektedir (Siyako vd., 1989; Okay vd., 1990; Ünser, 2007, s. 7). Çalışma sahası genelde şistler, detritikler, andezit ve granodiyoritlerin geniş yer kapladığı oligosen döneminin sonlarına doğru yükselerek kara halini almıştır. Saha üzerinde yeralan fay ve kırık sistemleri Biga ovasını sınırlayan tektonik hatlar Kuzey Anadolu Fay Zonunun ve onun kollarını meydana getirirerek tektonik açıdan aktif bir bölge meydana getirmiştir (Maral, 2007, s. 32). Dirsek, kapma eğim kırıklıkları, çizgisellikler bu gibi jeomorfolojik birimler genç tektonizmanın varlığına işarettir (Şencan, 2007, s. 7). Tersiyer dönemine ait litolojik birimler, dört farklı zamanda (Erken Eosen, Orta Eosen-Oligosen, Miyosen ve Pliyo-Kuvaterner) meydana gelerek çökelmiştir (Siyako vd., 1989, s. 184). Bu kayaç grupları çatlaklı ve diyaklazlı yapıları gereği suyun yüzeysel akışa geçmeden doğrudan yeraltı suyu drenajına katkıda bulunmasını

sağlamaktadır. Havzanın yukarı kesimlerinde yer alan bu kayaç grupları çalışma sahası üzerinde birçok kaynağın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı kayaç gruplarının alüvyon, yamaç molozu, birikinti konisi, çakıl taşı havza ova tabanında yer almaktadır (Maral, 2007, s. 12). Kuvaterner yaşlı bu çökellerin 1 m. ile 60 m. kalınlıkla bir istif sunduğu, topografya üzerinde diskordans açılı olarak bulunan en genç birimler olarak karşımıza çıkar (Maral, 2007, s. 32). Çalışma sahasında Miyosen yaşlı ve hala etkin olan NE-SW sağ yanal atımlı faylar meydana gelmiştir. Bu faylar Sarıköy Fay Zonu ve Biga-Çan Fayıdır. Sarıköy fayı 8 km sağ atıma sahipken Biga-Çan fayı ise 1,5 ve 4 km kadar sağ atım bulunmaktadır (Maral, 2007, s. 33). Çalışma sahası jeolojik özelliklerinden suyun akışa geçme rolü üzerindeki etkisinden bahsedilmiştir. Çalışma sahası litolojisinin büyük bir bölümünü çatlaklı ve diyaklazlı yapıya sahip olan karstik kayaç grupları olmaları geçirimlilik oranının artmasına neden olmaktadır. Havza taşkın olayının gerçekleştiği ova tabanı çevresinde yer alan yamaçlar killi kireçtaşı olmasından ötürü yarı geçirimlidir. Akarsu taşkın yatağı ve yakın çevresinin ise yamaç molozu ve alüvyonlardan meydana gelmesi geçirgen bir tabaka oluşturmuştur (Şekil 5).

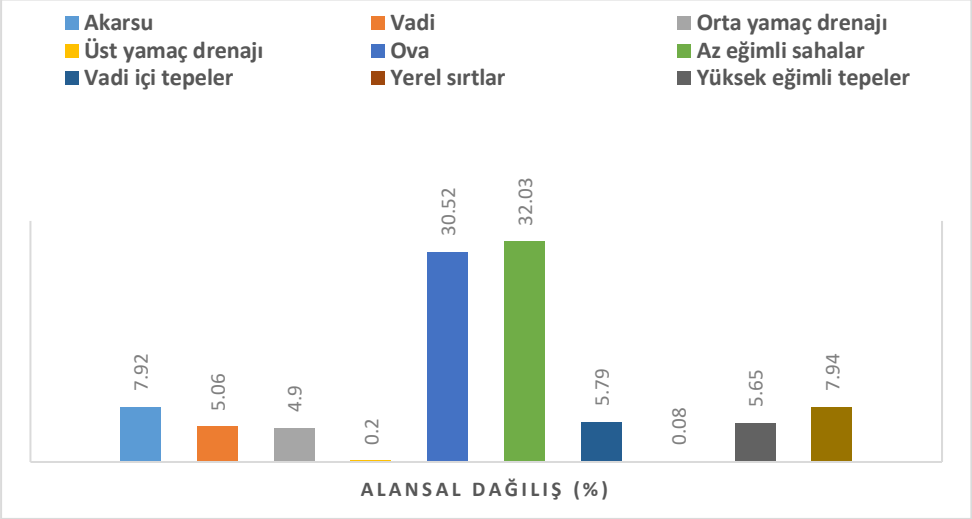


Şekil 5: Çalışma alanının jeolojisi (MTA, 2007, H17, H18, i18 jeoloji paftasından derlenmiştir).

Son yıllarda yer bilimlerinde aktif olarak kullanılmaya başlanan CBS teknolojileri ve DEM (Sayısal Yükselti Modeli) arazi formlarının otomatik olarak sınıflandırılmasında tercih edilmektedir (Burrough vd., 2000; Dragut ve Blaschke, 2006; Iwahashi ve Pike 2007; Hengl ve Reuter, 2009; Reu vd., 2013, s. 39). TPI (Topografik Pozisyon İndeksi), merkezi noktada yer alan yükseklik değeri ($Z_{0)}$ ve ortalama yükseklik ($\bar{Z}$) arasında farka bağlı olarak, önceden belirlenen yarıçap (Radius) değerine göre elde edilir (Gallant ve Wilson, 2000; Weiss, 2001). $TPI=Z_0-\bar{Z}$ olarak ifade edilir. 10 m. çözünürlüğünde Topo-DEM verisine bağlı olarak oluşturulan TPI'de 100 m kullanılmıştır. Elde edilen TPI sonucuna göre çalışma sahasında farklı arazi formları tespit edilmiştir (Şekil 6). Sahada Biga ilçesinin içinde bulunduğu Biga ovası çok geniş alan kaplamaktadır. Yüksek ve dağlık sahalarda dar ve derin vadiler, akışa geçen suyun ovalık alanlara doğrudan drene olmasını katkı sağlamaktadır. Az eğimli sahalar ve ovalık alanlar havzada en fazla yer kaplayan birimlere karşılık gelmektedir. Akarsu yatakları, vadiler, zirveler ve yüksek eğimli tepeler %7.94 ve 4.9 arasında bir alan kaplamaktadır (Şekil 7).



Şekil 6: Biga Çayı Havzası TPI yöntemine göre elde edilen arazi formu dağılış özellikleri



Şekil 7: Biga Çayı Havzası TPI yöntemine göre elde edilen arazi sınıflarının alansal dağılışı

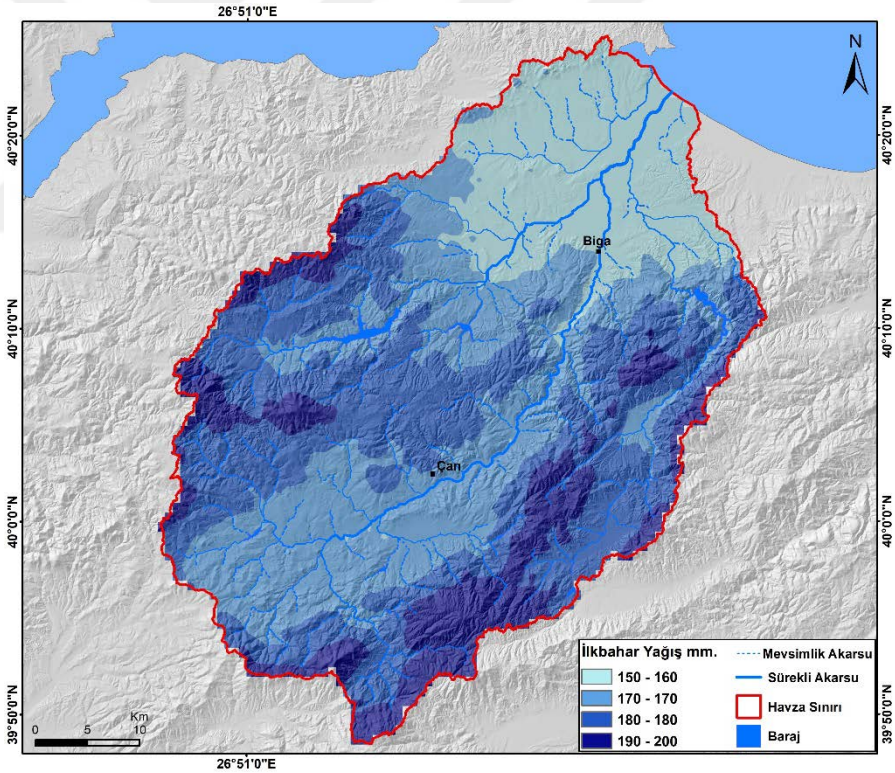
2.2. Klimatik Özellikler

İklim özellikleri taşkına etki eden unsurlar arasında olması ve meydana gelmiş taşkınların nedenlerini kavrayabilmek için en önemli faktörlerden birisidir. Bu nedenle Biga Çayı Havzası taşkın tehlike analizi kapsamında, havza iklim elemanları (yağış-sıcaklık) özellikleri üzerinde durulmuştur. Türkiye'de yağışın dağılışında topografya özellikleri önemli rol oynamaktadır (Türkeş, 1990). Biga Çayı Havzası özellikle iklimsel açıdan kış aylarında yağış alan yazları ise kurak döneme sahip tipik Akdeniz iklimi ve nemli ılıman Karadeniz iklim geçişini "yarınemli Marmara geçiş iklimini" karakterize eden bir iklime sahiptir (Türkeş vd., 2011, s. 466). Türkiye'de farklı dönemde görülen hava olayları sıcak dönemde Azor yüksek ve Muson alçak basıncı, soğuk mevsimlerde Sibirya yüksek ve Azor yüksek basıncı, İzlanda alçak basıncı etkisi altındadır (Koç, 2001; Türkeş ve Deniz, 2011, s. 1589).

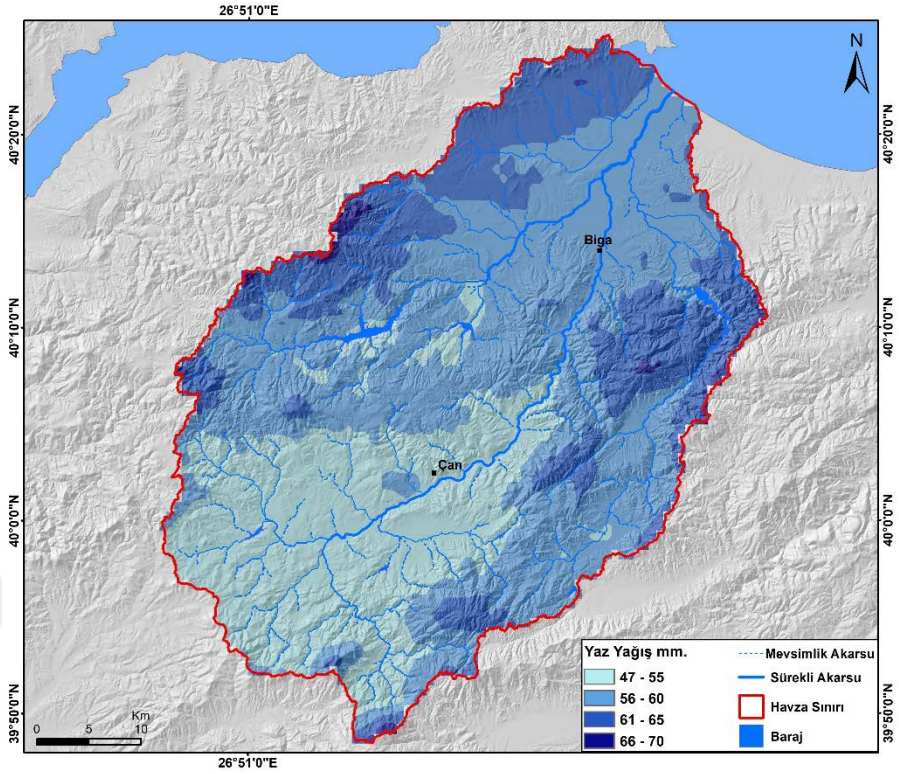
2.2.1. Yağış

Biga Çayı Havzası ve yakın çevresi farklı hava kütleleri etkisi altına girmekte olup cephe sistemleri, konveksiyonel hareketlere ve alçak basınçlara bağlı olarak yağış olayı gerçekleşmektedir. Yağışların mevsimsel olarak dağılışı incelendiğinde en fazla yağışın düştüğü dönem kış mevsimi (% 41-46)'dir. En az yağışın düştüğü dönem ise yaz ayı (%7-8) olarak karşımıza çıkmaktadır (Efe, 1999, s. 195). Yağış özelliklerine bakıldığında, İlkbahar aylarında yağış miktarı 150-200 mm'dir (Şekil 8). Yaz aylarında konvektif yükselim hareketlerine ve orografiye bağlı olarak 47-70 mm arasında yağış

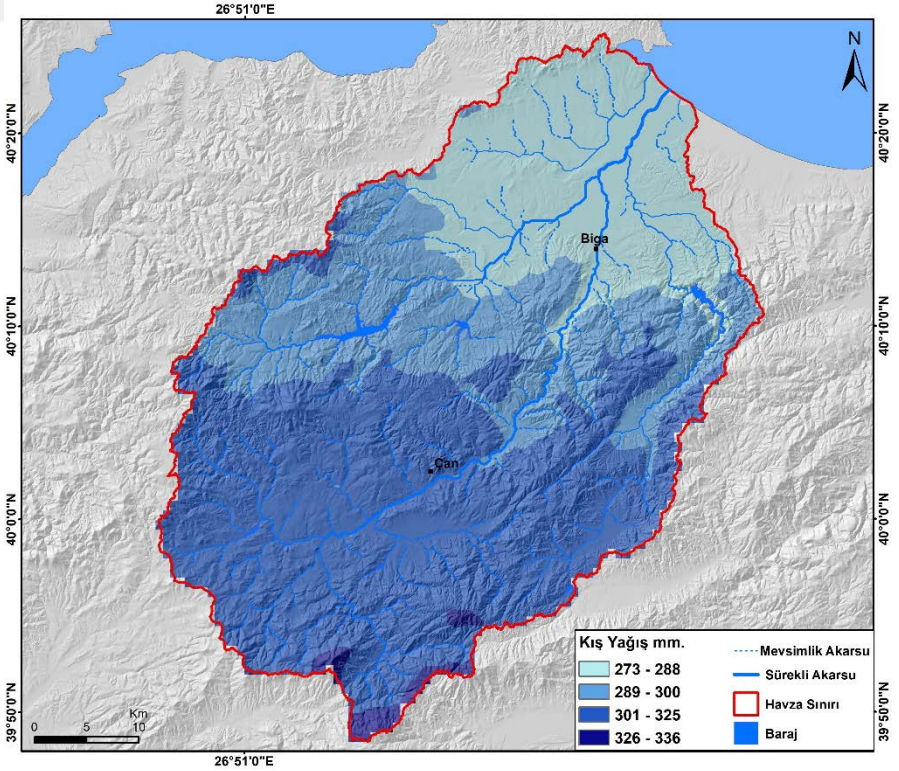
almaktadır (Şekil 9) ve yağışların büyük bir kısmının yüksek platoluk alanlarda meydana geldiği, kıyılara düşen yağışların yüksek kesimlere oranla azaldığı görülmektedir. Kış aylarında ise 273-336 mm yağış düşmekte kıyılarda bu oran azalmakta yüksek kesimlerde artmaktadır (Şekil 10). Sonbaharda ise mevsimsel olarak değişen hava kütleleri altına giren havza ve çevresinde bu dönemde (170-200 mm) olarak yağışlarda artış meydana gelmektedir (Şekil 11). Havza toplam yağış miktarı 652-777 mm'dir (Şekil 12), (Hijmans vd., 2005). Mevsimsel yağışların dağılışı incelendiğinde, ilkbahar ve yaz yağışlarının hava kütlelerine bağlı olarak yüksek bölgelerde konvektif hareketlerden ötürü yağışların büyük bölümünün yüksek dağlık kütlelerde yoğunlaştığı görülmektedir. İlkbahar döneminde karların erimeye başlaması sonbahar aylarında oluşan sağanaklar taşkın meydana getirmektedir (Efe, 1993, s. 301).



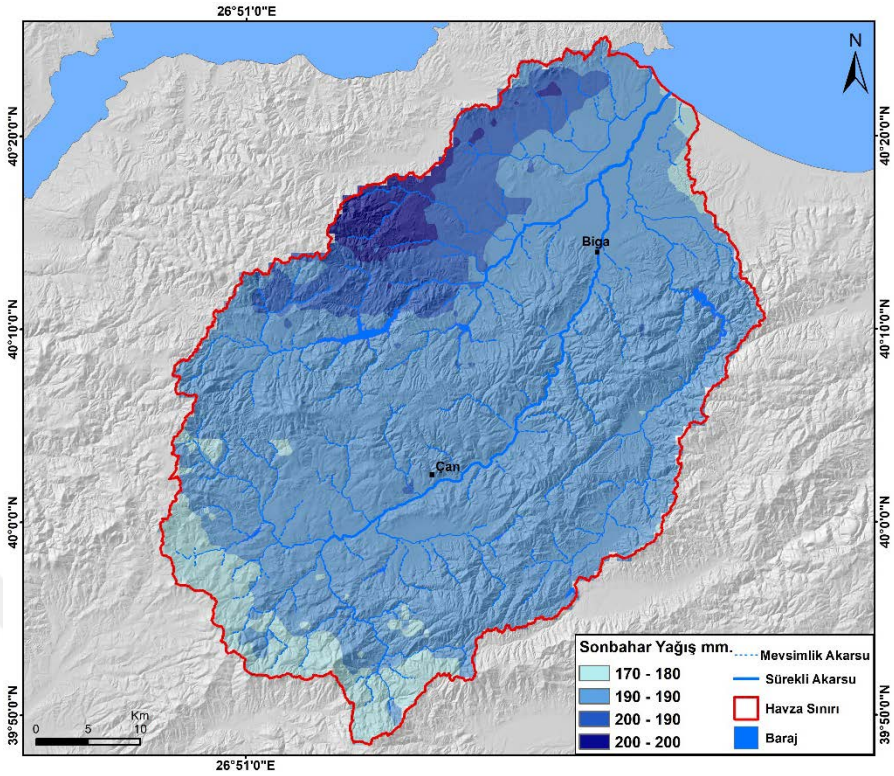
Şekil 8: Çalışma sahası ilkbahar mevsimi toplam yağış özellikleri



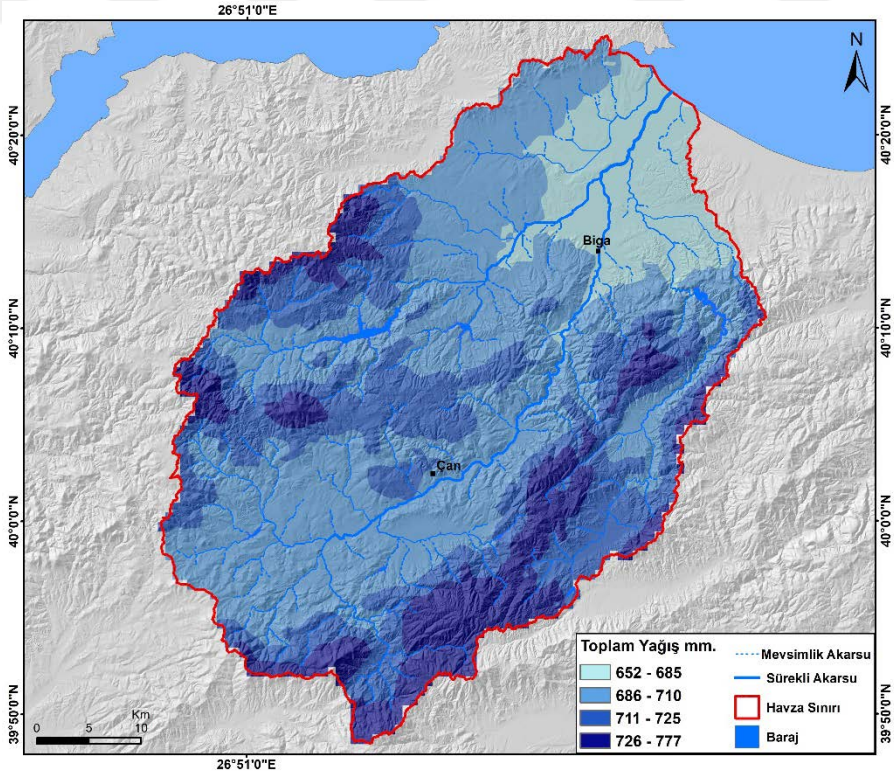
Şekil 9: Çalışma sahası yaz mevsimi toplam yağış özellikleri



Şekil 10: Çalışma sahası kış mevsimi toplam yağış özellikleri

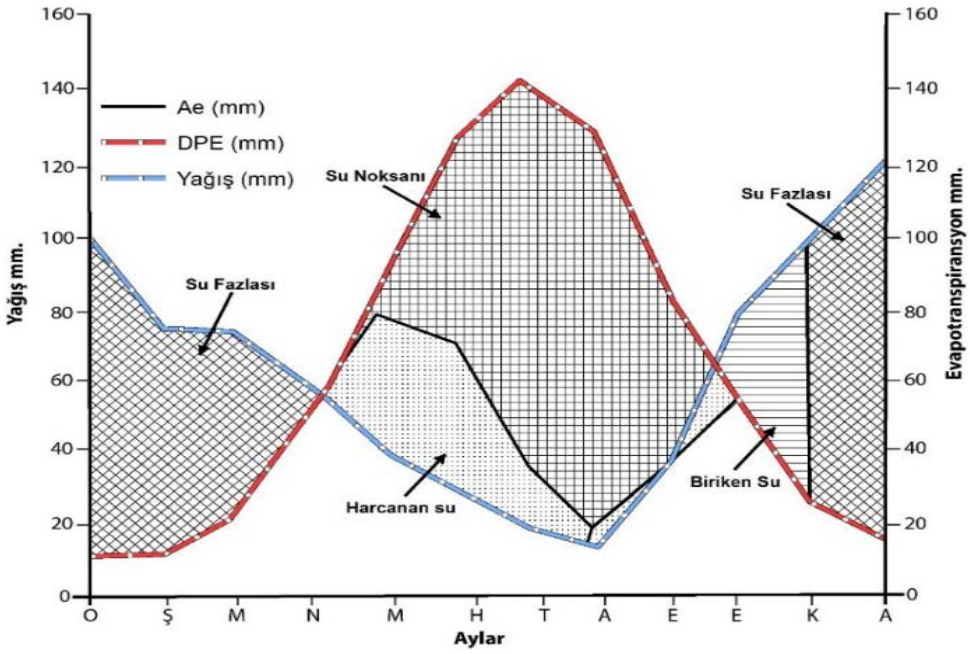


Şekil 11: Çalışma sahası sonbahar mevsimi toplam yağış özellikleri



Şekil 12: Çalışma sahası toplam yağış özellikleri

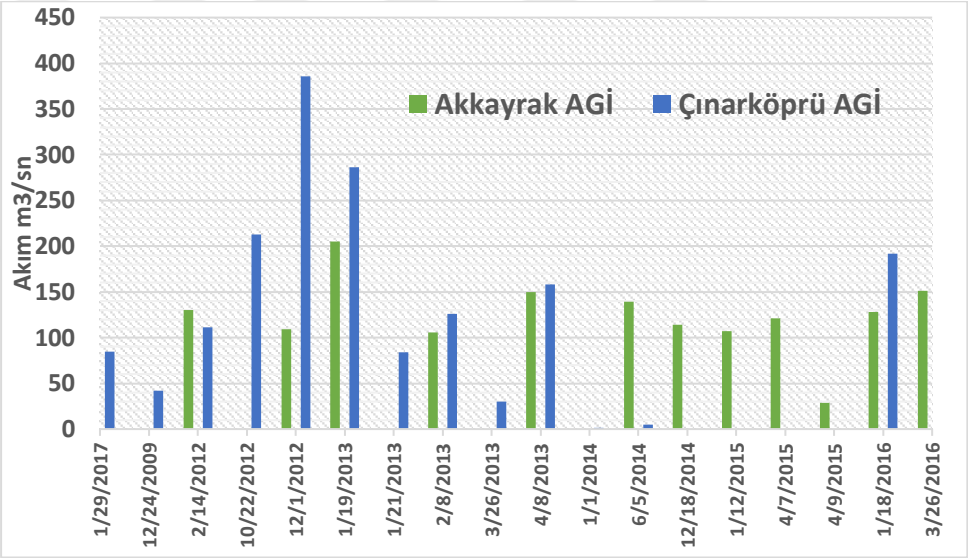
Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre (1948), Biga (C_2, B'2 s_2,b'$_4$) Çan (C_2,B'2 s_2,b'$_4$) meteoroloji istasyonları iklimi yarı nemli, yaz mevsiminde çok kuvvetli su noksanı olan ve ikinci derece mezotermal, denizel etkilere açık iklime sahiptir. Yağış dinamiklerini ortaya koymak amacıyla Thornthwaite metoduna göre oluşturulan su bilançosu diyagramına göre çalışma sahası ve yakın çevresi "yarı nemli Marmara geçiş iklimine" girmektedir (Türkeş vd., 2011, s. 466). Biga ve Çan ilçelerinde aynı dönemlere denk gelen şiddetli su noksanlığının yaşandığı görülmektedir. Su noksanlığının yaşandığı dönemler Mayıs ayından itibaren Ekim ayının ortalarına kadar devam etmekte olup, Kasım ayından itibaren toprağın suya doymasıyla birlikte su fazlalığı Nisan ayına kadar görülmektedir. Toprağın suya doymasıyla beraber meydana gelen yağışların doğrudan yüzeysel akışa geçtiği, akımlarda meydana gelen yükselişin ve bu dönemlerde meydana gelebilecek kısa süreli sağanak yağışların da taşkına sebebiyet verebileceği düşünülmektedir (Şekil 13).



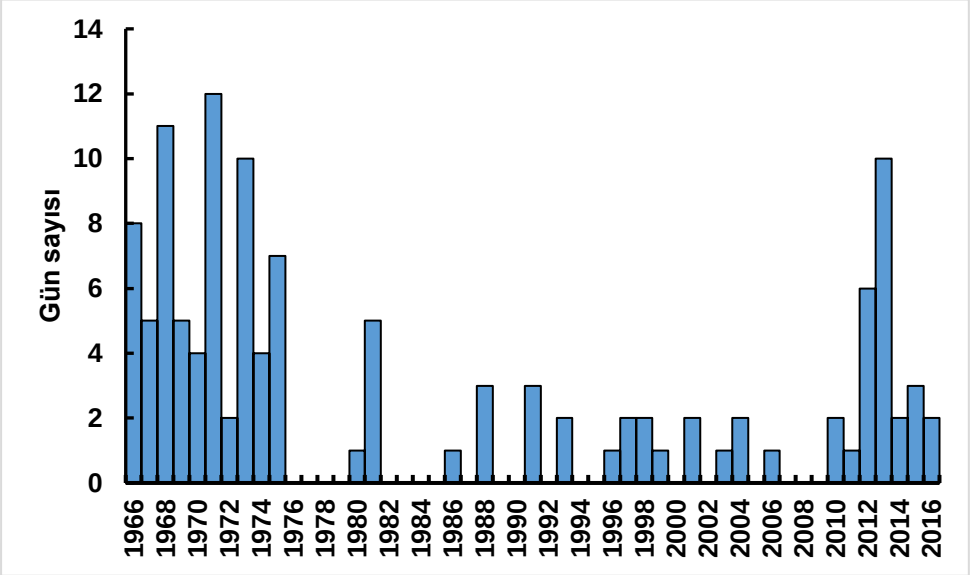
Şekil 13: Biga meteoroloji istasyonu Thornthwaite su bilançosu (Türkeş & Deniz, 2011, s. 1590'dan değişitirilerek hazırlanmıştır).

Biga Çayı Havzası üzerinde birçok taşkın meydana gelmiştir. Biga Çayı üzerinde Biga ilçesi yerleşmesi yakın çevresinde ıslah çalışmaları yapılmasına rağmen taşkınların önüne geçilememiş, taşkın olayları meydana gelmeye devam etmiştir. Sahada özellikle kış dönemlerinde 100 m³/sn'nin üzerinde meydana gelen akım pikleri taşkınların meydana gelmesine neden olmaktadır (Şekil 14). Akkayrak AGİ 1966-

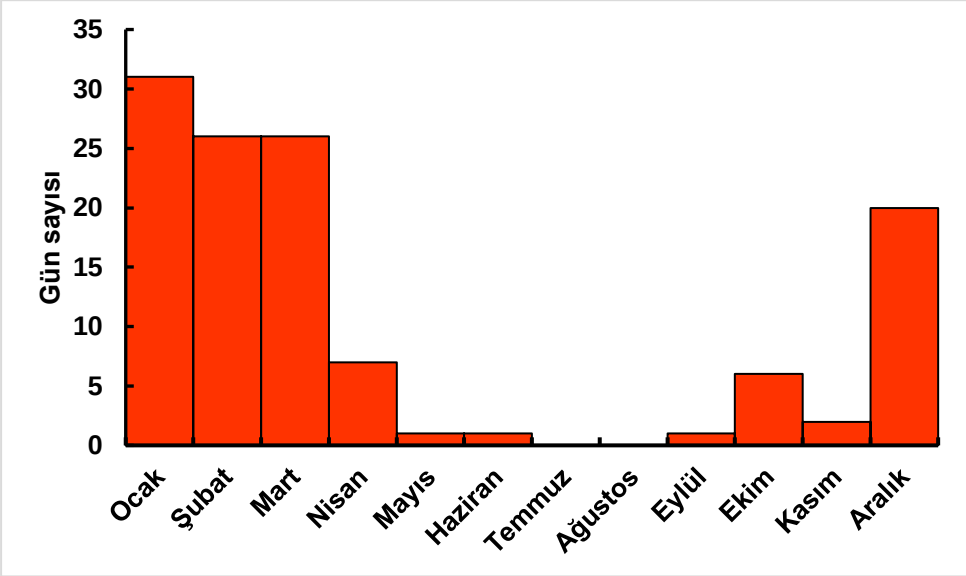
2016 tarihleri arasında günlük maksimum akım verileri incelenerek 100 m^3/sn'nin üzerinde gerçekleşen akım miktarları incelenmiştir. Ölçüm yılları arasında 100 m^3/sn'nin üzerinde toplam 122 günlük bir akım miktarı görülmektedir. Bu dağılış genel olarak 1966-1976 yılları arasında maksimum gün sayısına denk gelmekte olup 2012-2016 yılları arasında ise yine bir artış söz konusudur (Şekil 15). 100 m^3/sn'nin üzerinde meydana gelen akım değerlerinin aylara göre dağılışı incelendiğinde ise Şekil 16'da verilen taşkın tarihlerine ait zamanlarda bir paralellik görülmektedir. Bu taşkınlar yoğun olarak kış dönemlerinde Aralık-Ocak-Şubat-Mart aylarında kar erimelerine ve sağanak yağışlarda ise Mart-Haziran dönemlerine denk gelmektedir (Şekil 16). Meydana gelen bu taşkınlar birçok ev ve işyerine zarar vererek maddi ve manevi sorunlara yol açmıştır.



Şekil 14: Akkayrak ve Çınarköprü AGİ'de taşkın dönemlerinde meydana gelen pik akımlar



Şekil 15: Akkayrak AGİ'de 1966-2016 yılları arasında 100 m3/sn üzerinde ölçülmüş akım gün sayısı

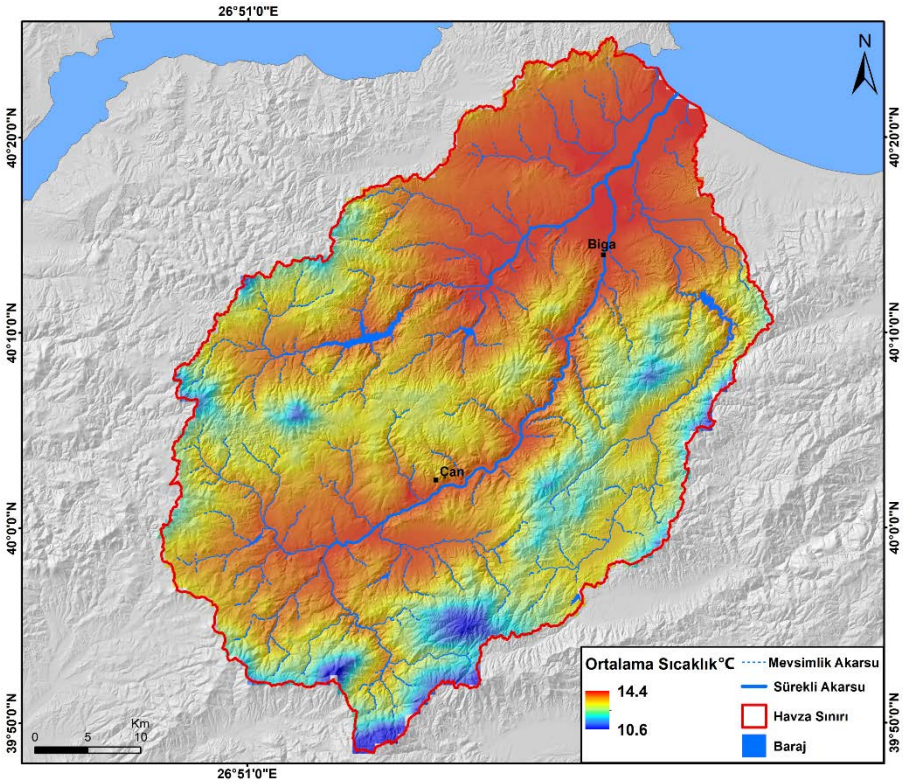


Şekil 16: Akkayrak AGİ'de 1966-2016 yılları arasında 100 m3/sn üzerinde ölçülmüş akım miktarının aylara göre toplam gün sayısı

2.2.2. Sıcaklık

Çalışma sahası, sıcaklık özellikleri Akdeniz makro geçiş iklimini karakterize eder ve yaz kuraklığı ile karşımıza çıkmaktadır ve havza sıcaklık değerleri Marmara geçiş ikliminde (Türkeş, 1990; Türkeş ve Deniz, 2011) yer almaktadır. Çalışma sahasında

uzun yıllar ortalama sıcaklık özellikleri incelendiğinde bu değerlerin 14.4-10.6 °C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 17). Ova tabanı ve yakın çevreleri ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu, yüksek kesimlerin ve plato yüzeylerinin en düşük ortalama sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 17: Çalışma sahası ortalama sıcaklıkların dağılışı

2.3. Toprak Özellikleri

Çalışma sahası ve yakın çevresi toprak özellikleri üzerinde anakaya ve iklim özellikleri etkili olmaktadır. Toprak özellikleri, taşkın çalışmaları için akışa geçen suyun tutulma ve absorbe edilmesi üzerinde etkili olup, 1:25000 ölçekli Tarım Reformu Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış sayısal toprak haritaları kullanılmıştır (Şekil 18).

2.3.1. Büyük Toprak Grupları (BTG)

Biga Çayı Havzası büyük toprak grupları 8 sınıftır. Alüvyal topraklar % 6.88, hidromorfik topraklar % 0.31, kahverengi orman toprakları %14.62, kireçsiz kahverengi orman toprakları % 59.25, kolüvyal topraklar % 1.24, kırmızı kahverengi akdeniz toprakları %8.07, rendzinalar %2.32, vertisoller 4.97, çıplak kaya ve molozlar %0.04, diğer alanlar % 2.3 alan kaplamaktadır.

Kahverengi Orman Toprakları: Bu grupta yeralan topraklar, ılıman iklim ortamında geniş yapraklı orman örtüsü sınırı altında bulunmaktadır. Bu toprak grubunda organik madde üst toprak horizonundaki maddeye karışmış durumdadır (Atalay, 2011, s. 205). Havza genelinde kahverengi orman toprakları yaklaşık olarak % 14,62'lik bir alan kaplamaktadır.

Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları: Zayıf orman, kısa boylu maki ve çalı örtüsü altında gelişen bu topraklar ileri derecede horizonlaşmış katmanları belirgin olan topraklardır (ÇED, 2014, s. 102) Bu toprak grubu havza içinde % 59,25'lik bir oran kaplamaktadır.

Alüvyal Topraklar: Akarsuların eğim şartlarının uygun olduğu alanlarda taşımaya bağlı olarak ince unsurlu malzemenin eğim gradyanının düşmesine bağlı olarak bu alanlarda birikme oluşur. Bu alanların sürekli taşkına uğraması nedeniyle yüzeyde biriken maddenin altta birikmesine engel oluşturduğu için toprak katları görülmez (Atalay, 2011, s. 211). Bu topraklar, havzada % 6,88'lik bir alan kaplamakta olup, ova tabanı ve yakın çevresinde görülür.

Kolüvyal Topraklar: Eğimli sahalarda, bulunan çakıllı, kumlu ve çeşitli boyuttaki unsurların dağların eteklerinde eğimin azalmasına bağlı olarak birikmesiyle oluşan topraklardır (Atalay, 2011, s. 212). Bu topraklar sahada % 1,24 değerinde bir alan kaplamaktadır.

Hidromorfik Topraklar: Taban suyu seviyesinin yüksek olduğu kıyılarda yer almaktadır. Sahada % 0.31 bir alan kaplamaktadır.

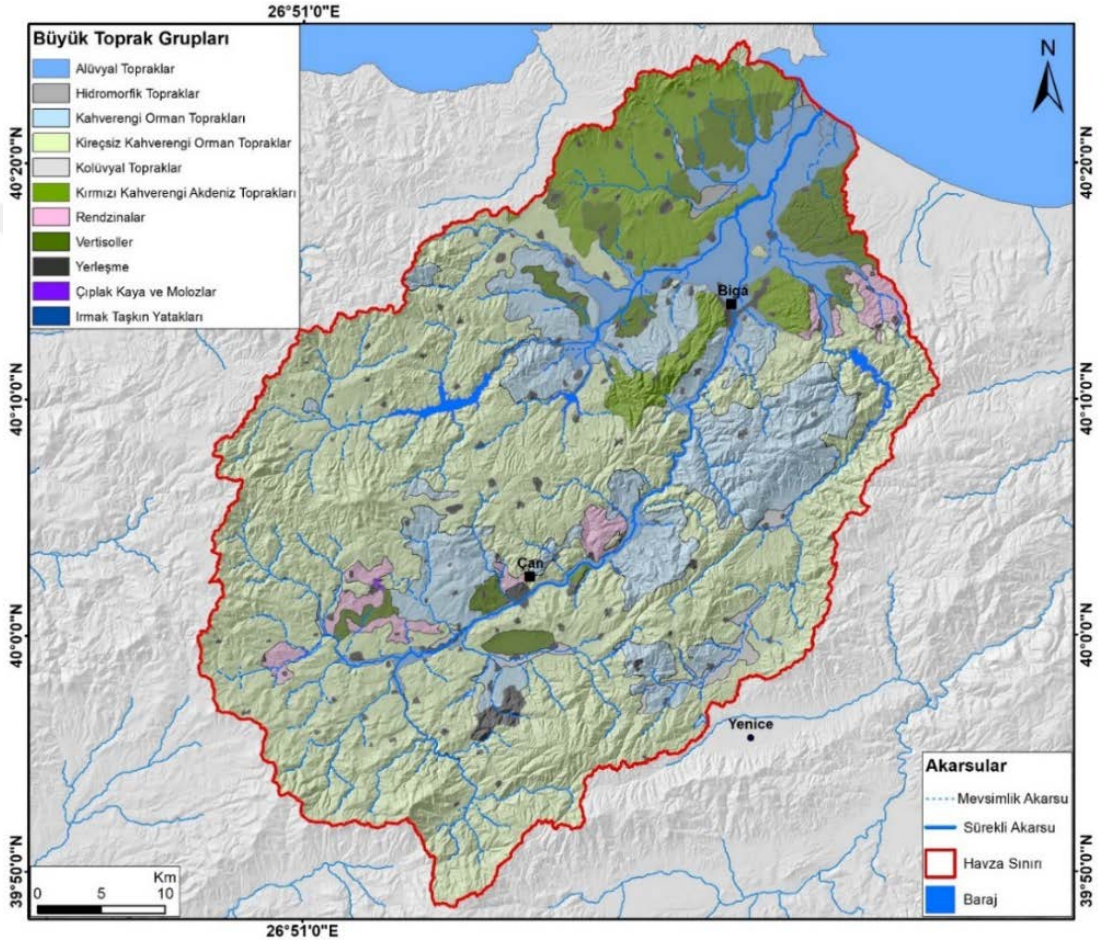
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları: Bu toprak grubunda iklim ve anakayının rolü büyüktür. Organik maddelerce kil oranının yüksek oluşu yüzeysel akışın yüksek olmasını sağlamaktadır. Havza üzerinde % 8,07'lik bir orana sahiptir.

Vertisol: Bu toprak grubunun bünyelerinde yoğun kil oranının yüksek oluşu geçirgenlik oranı düşürmekte ve yüzeysel akışı arttırmaktadır. Bu toprak grubunda A ve C horizonlarına sahip yıkanma ve birikme zonları bulunmamaktadır (Efe, 1999, s. 206) Havza üzerinde % 4,97'lik bir alan kaplamaktadır.

Rendzina: Bu toprak grubu A(B) ve C katmanlarına sahip olup, düz ve eğim oranı düşük sahalarda, anakayanın kireçtaşı olduğu killi ve kireçli kayaç alanlarında gelişim göstermektedir. Çalışma sahası ve yakın çevresinde hafif eğimli arazilerde özellikle Çan ve Biga yerleşmelerinde görülmekte ve 2,32'lik bir alan kaplamaktadır.

Çıplak Kaya ve Molozlar: Bu toprak grubu, sahada % 0.04'lük bir alan kaplamakta olup, yüzeysel akışı yüksek ve yüzeyinde bitki örtüsüne ait bir oluşum yoktur.

Diğer alanlar çalışma sahası üzerinde genellikle ova tabanı ve sahil kesimlerde yaygın olarak görülmektedir. Yoğun olarak yerleşme, tarım alanları, yayılış göstermektedirler ve % 2.3'lük bir alan kaplamaktadır.



Şekil 18: Çalışma alanı büyük toprak gruplarına ait dağılış özellikleri

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TAŞKIN FREKANS ANALİZLERİ

3.1. Giriş

Biga Çayı Havzası üzerinde geçmiş dönemlerde birçok taşkın meydana gelmiştir Bu taşkınlara ait zararlar tespit edilememiş olup, tarım alanları, seralar, yollar ve evler sular altında kalmış köprülerin yıkılması ile sonuçlanmıştır (Öztürk, 2009:134). Taşkın olayının bazılarına ait zararlar Öztürk 2009 tarafından belirlenerek Tablo 4'te verilmiştir. Taşkın afetinin neden olduğu zararların gelecekte azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması amacıyla maksimum akım verisine bağlı olarak taşkın sıklık analizleri yapılmaktadır. Böylece maksimum akım verisine bağlı olarak oluşturulacak modellemelere göre gerekli planlamaların yapılması sağlanmaktadır. Bu sebeple gelecekte farklı senaryolara göre taşkın maksimum debilerinin hesaplanması için bir takım istatistik dağılım metotları bulunmaktadır.

Tablo 4: Biga Çayı Havzası üzerinde meydana gelmiş taşkınlara ait zararlar

Taşkın Tarihi	Taşkın Sahası	Akarsu Adı	Toplam Zarar (TL)
03.09.1971	Biga-Dimetoka	Hoşap Çayı	60000
26.08.1972	Biga-İpkaiye	İpkaiye Deresi	88000
09.08.1975	Biga-Kanibey, Emirorman	Kurudereler	1892000
17.01.1980	Biga-Gürçeşme	Kocaçay	Tespit Edilememiş
12.01.1984	Biga-Doğancı	Ayvalı Deresi	1564348
24.11.1988	Biga-Danişment	Sağlık Deresi	86031230
06.10.1991	Biga-Kahvetepe-Pekmezli-Danişment	Kocaçay	1535273300
30.01.1994	Biga-Kalafatlı-Kaşıkçıoba	Ese(Uzunsu) Deresi	656080000
Toplam Zarar TL.			2280988878

Taşkın frekans analizlerinin amacı elde edilen tekerrür boyutlarının meydana gelen taşkın pikleri ile uyuşmasıdır (Büyükkaracığan, 1997, s. 21) ve gelecekte meydana gelme ihtimali olan ekstrem maksimum akım verilerinin farklı senaryolar üzerinden tahmin edilmesidir. Böylece ortaya çıkacak maksimum akım debilerine bağlı olarak oluşturalacak taşkın modelleri ile çalışma sahası üzerinde taşkınların yayılış-hız ve

derinlik özelliklerinin tespiti ile tehlike ve risk analizleri yapılması sağlanarak taşkınların yıkıcı ve zarar verici etkilerinin minimum düzeye indirebilmesi hedeflenmektedir. Maksimum akım verilerinin tahmini için gözlemlenmiş akım istasyonlarına ait yıllık maksimum akım verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin minimum 10 yıl olması tahmin edilecek maksimum akım verisinin doğruluğu açısından önem taşımaktadır (Saf, 2011, s. 5589). Ayrıca su kaynaklarının tasarım ve yönetiminde, elde edilecek tahminlerin gerçekçi ve doğruluk oranının yüksek olması için çalışılan sahanın homejen olması gerekmektedir (Saf, 2011, s. 5587).

Elde edilen maksimum akım tahminlerine göre 5 yıllık akım miktarının akarsuyun yatağından taşması için yeterli olmaktadır. Gözlemlenmiş taşkın akım verileri ile yapılan karşılaştırmada minimum 5 yıllık akım verisinin taşkına neden olacağı görülmektedir. Taşkın frekans analizlerinin yapılabilmesi için ortaya atılan rasgele değişken ve yoğunluk fonksiyonu çözümünün imkânsız olmasından ötürü (Büyükkaracığan, 1997, s. 22), Chow, 1951 tarafından frekans analizlerinin neredeyse hepsinde kullanılan $X_T = \bar{X}(1+C_vK_t)$ formülünü kullanılmaya başlanmıştır.

X_T = T değişim değerine ait büyüklük,

C_v= Varyasyon katsayısı

K_v= Frekans parametresi

$\bar{X}$= Değişim değerlerinin ortalaması,

K = Sıklık faktörüne ait katsayı

X değerini bulmak içinse $X= \bar{X}+\Delta X$

ΔX= Standart sapma ile frekans faktörünün çarpımı

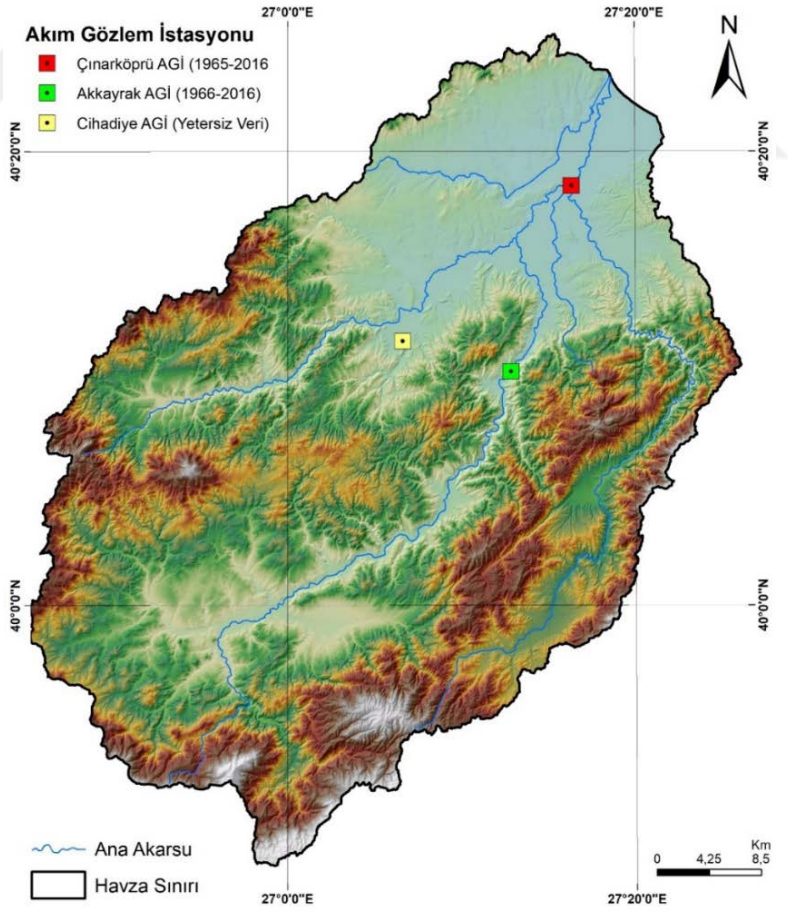
$X= \bar{X} + sK$

K= F(x=X) bağlı hesaplanmaktadır (Haan, 1977; Büyükkaracığan, 1997, s. 22)

Taşkınların tahmininde kullanılan birçok istatistiksel metot bulunmaktadır. Taşkınların maksimum değerlerinin tespit edilmesinde en çok kullanılan Log-pearson Tip III (Bayazit ve Önöz, 2008; Abdollahzadehmoradi, 2012, s. 24) ve Gumbel EV-I dağılımıdır. Bu metotların yanında Log Normal, Normal istatistik metotlar da taşkın frekans analizinde kullanılmaktadır.

Biga Çayı Havzası üzerinde meydana gelen taşkınların üzerinde Biga alt havzası ve Kirazlıdere alt havzalarının etkisi oldukça yüksektir (Utlu ve Özdemir, 2018, s. 60).

Taşkın dönemlerinde meydana gelen akım değerleri Akkayrak AGİ'de 26.03.2016 tarihinde 150 m^3/sn iken bu değer Çınarköprü AGİ'de 240 m^3/sn olarak ölçülmüştür. Çalışma sahası üzerinde 3 adet akım gözlem istasyonu yer almaktadır (Şekil 19). Cihadiye AGİ'de yetersiz veri olmasından ötürü modellemede kullanılmamıştır. Çalışma sahası üzerinde yer alan Akkayrak AGİ'nin (1966-2016) Biga yerleşmesinden önce ve Çınarköprü AGİ'nin (1965-2016) ise havza tüm akım değerlerinin yansıtması yapılacak taşkın modeli açısından da oldukça sağlıklı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Taşkın sıklık analizlerinin yıllık olası maksimum taşkın piklerinin hesaplanmasında kullanılan methodlar Gumbel EV-I (Extreme Value I) Dağılımı, Log-Pearson Tip III, , Normal ve Log Normal metotlarıdır. Bu metodlardan kısaca bahsedilerek havza taşkın tehlike analizi kapsamında elde edilen sonuçlardan en tutarlı olan taşkın sıklık metodu taşkın modelleme için kullanılacaktır.



Şekil 19: Biga Çayı Havzası üzerinde kurulu akım gözlem istasyonları

3.2. Gumbel EV-I (Ekstrem Değer) Dağılımı

Hidroloji çalışmalarında 1970'lerden bu yana uygulanan ve yıllık maksimum akım verilerine bağlı olarak oluşturulmaktadır (Hosking ve Wallis, 1993, s. 11). Ekstrem değer dağılımları taşkın peak değerlerinin 2-5-10-50-100-200-500 ve 1000 yıla kadar tahmininde sık kullanılan istatistiksel bir metottur (İtibar, 2005, s. 28), Fisher-Tippet ekstrem değer dağılımı olarak bilinir (IACWD, 1982, ss. 14–4) Gumbel EVI:

$$XT = \bar{X} + K^{*}\sigma$$

olarak ifade edilir. (Gumbel, 1958; IACWD, 1982; USACE, 1993; Özdemir, 2008, s. 4)

Formülde yer alan;

XT = T tekrarlama aralığına bağlı değişim miktarı,
$\bar{X}$= Degisim miktarı ortalaması,
K = Sıklık paremetresinin katsayısı,
σ = Örneklere ait yılların standart sapmasıdır.

Sıklık paremetresinin katsayısı K'yı bulmak için;

$$K = (yT - \bar{y}n) / \sigma n$$

formülü kullanılmaktadır. Formülde yer alan $\bar{y}n$ maksimum akım verilerinin sayısına göre farklılık göstermekte olup, indirgenmiş ortalama miktarıdır (Özdemir, 2008, s. 4) σn değeri ise maksimum akım verilerine bağlı yılların sayısına göre elde edilmiş indirgenmiş standart sapma oranıdır. Formüldeki yT ise indirgenmiş değişken oranıdır. yT

$$yT = -(LN^{*}LN\ T/(T-1))$$

formülüyle ifade edilmektedir. Formülde yaralan T, tekrarlama aralığı (Yıllar), LN ise doğal logaritmadır (Özdemir, 2008, s. 5)

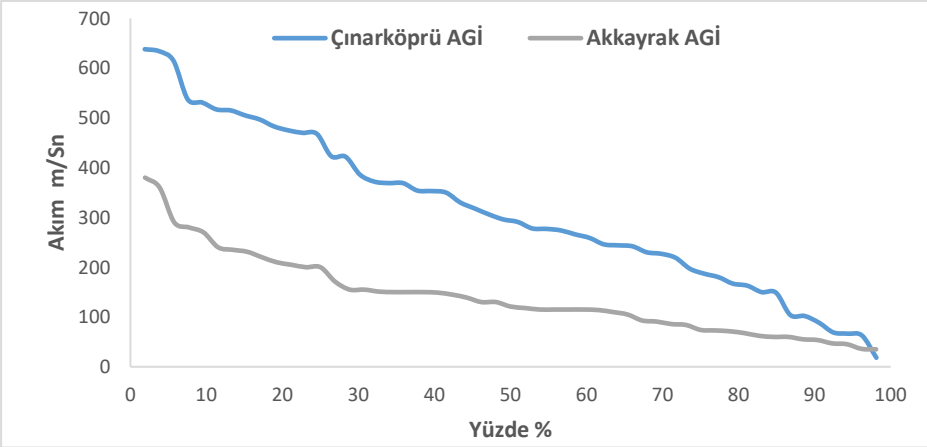
Çınarköprü AGİ (51 Yıl) için 0,5493 iken Akkayrak AGİ için 0,5489 değeri kullanılmıştır. σn değeri indirgenmiş standart sapma değeridir. σn değeri Akkayrak AGİ (51 Yıl) 1,1623 iken Çınarköprü AGİ (52 Yıl) 1,1638'dir. Akkayrak ve Çınarköprü AGİ verilerine ait akım verileri maksimum akım dan minimum akım değerine göre sıralanarak bu akım verilerine ait yineleme aralıkları (T) Weilbull formülüne göre (T=n+1/m) hesaplanmıştır (Hamed and Rao 1999; Özdemir 2008, p. 152). Weilbull

formülüne göre hesaplanan yineleme aralıklarına ait yüzdelik dağılım Tablo 5'te ve Şekil 20'de verilmiştir. Çınarköprü AGİ değerleri fazla olmasından ötürü yineleme aralığı en fazla olan AGİ'dir.

Tablo 5: Biga Çayı Havzası Çınarköprü ve Akkayrak AGİ akım verilerine ait yineleme aralıkları

Yıl	Sıra	AGİ Akım m³/sn	Çınarköprü AGİ T	100/T	Yıl	Sıra	AGİ Akım m³/sn	Akkayrak AGİ T	100/T
1965	1	638	53.00	1.89	-	-	-	-	-
1966	2	634	26.50	3.77	1966	1	380	52.00	1.92
1967	3	615	17.67	5.66	1967	2	360	26.00	3.85
1968	4	537	13.25	7.55	1968	3	290	17.33	5.77
1969	5	531	10.60	9.43	1969	4	280	13.00	7.69
1970	6	517	8.83	11.32	1970	5	270	10.40	9.62
1971	7	515	7.57	13.21	1971	6	240	8.67	11.54
1972	8	505	6.63	15.09	1972	7	235	7.43	13.46
1973	9	497	5.89	16.98	1973	8	231	6.50	15.38
1974	10	483	5.30	18.87	1974	9	220	5.78	17.31
1975	11	475	4.82	20.75	1975	10	210	5.20	19.23
1976	12	470	4.42	22.64	1976	11	205	4.73	21.15
1977	13	468	4.08	24.53	1977	12	200	4.33	23.08
1978	14	423	3.79	26.42	1978	13	200	4.00	25.00
1979	15	422	3.53	28.30	1979	14	171	3.71	26.92
1980	16	386	3.31	30.19	1980	15	155	3.47	28.85
1981	17	372	3.12	32.08	1981	16	155	3.25	30.77
1982	18	369	2.94	33.96	1982	17	151	3.06	32.69
1983	19	369	2.79	35.85	1983	18	150	2.89	34.62
1984	20	354	2.65	37.74	1984	19	150	2.74	36.54
1985	21	353	2.52	39.62	1985	20	150	2.60	38.46
1986	22	350	2.41	41.51	1986	21	149	2.48	40.38
1987	23	330	2.30	43.40	1987	22	145	2.36	42.31
1988	24	318	2.21	45.28	1988	23	139	2.26	44.23
1989	25	306	2.12	47.17	1989	24	130	2.17	46.15
1990	26	296	2.04	49.06	1990	25	130	2.08	48.08
1991	27	291	1.96	50.94	1991	26	121	2.00	50.00
1992	28	278	1.89	52.83	1992	27	118	1.93	51.92
1993	29	277	1.83	54.72	1993	28	115	1.86	53.85
1994	30	274	1.77	56.60	1994	29	115	1.79	55.77
1995	31	266	1.71	58.49	1995	30	115	1.73	57.69
1996	32	259	1.66	60.38	1996	31	115	1.68	59.62
1997	33	246	1.61	62.26	1997	32	114	1.63	61.54
1998	34	244	1.56	64.15	1998	33	110	1.58	63.46

1999	35	242	1.51	66.04	1999	34	105	1.53	65.38
2000	36	230	1.47	67.92	2000	35	93	1.49	67.31
2001	37	227	1.43	69.81	2001	36	90.8	1.44	69.23
2002	38	219	1.39	71.70	2002	37	85.8	1.41	71.15
2003	39	197	1.36	73.58	2003	38	84	1.37	73.08
2004	40	187	1.33	75.47	2004	39	74	1.33	75.00
2005	41	180	1.29	77.36	2005	40	73	1.30	76.92
2006	42	167	1.26	79.25	2006	41	71.3	1.27	78.85
2007	43	163	1.23	81.13	2007	42	67.6	1.24	80.77
2008	44	150	1.20	83.02	2008	43	62.2	1.21	82.69
2009	45	149	1.18	84.91	2009	44	60	1.18	84.62
2010	46	104	1.15	86.79	2010	45	60	1.16	86.54
2011	47	102	1.13	88.68	2011	46	55.2	1.13	88.46
2012	48	88.6	1.10	90.57	2012	47	53.7	1.11	90.38
2013	49	69	1.08	92.45	2013	48	47	1.08	92.31
2014	50	66.5	1.06	94.34	2014	49	45.4	1.06	94.23
2015	51	62.74	1.04	96.23	2015	50	36	1.04	96.15
2016	52	18.2	1.02	98.11	2016	51	35	1.02	98.08
Ort:		313.27					141.53		
Std Sp:		159.57					80.70		



Şekil 20: AGİ'lere ait akım verilerinin olasılık yineleme yüzdeleri

Biga Çayı Havzası yıllık maksimum akım verileri üzerinden Gumbel EV I sıklık analizine göre üretilen 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık maksimum akım değerlerine ait hesaplamaların sonuçları Tablo 5-6'de verilmiştir. Gumbel EV I sıklık analizine göre elde edilen akım değerleri, Akkayrak AGİ'de 5 yıllık T değeri 165,08 m^3 /sn olup bu değerler Çınarköprü AGİ'de ise 443,62 m^3 /sn'dir. 1000 yıllık maksimum akım değerleri ise Akkayrak AGİ'de 540,53 m^3/sn (Tablo 6), Çınarköprü AGİ'de

1185,04 m^3 /sn olarak belirlenmiştir (Tablo 7). Biga havzasında meydana gelmiş taşkınlar incelendiğinde meydana gelen pik akımlar ile T değerlerinde karşılaştırılan pik değerlere bakıldığında, bu oranın Akkayrak ve Çınarköprü AGİ'de 5 yıllık tekrarlama aralığına düştüğünü söylemek mümkündür.

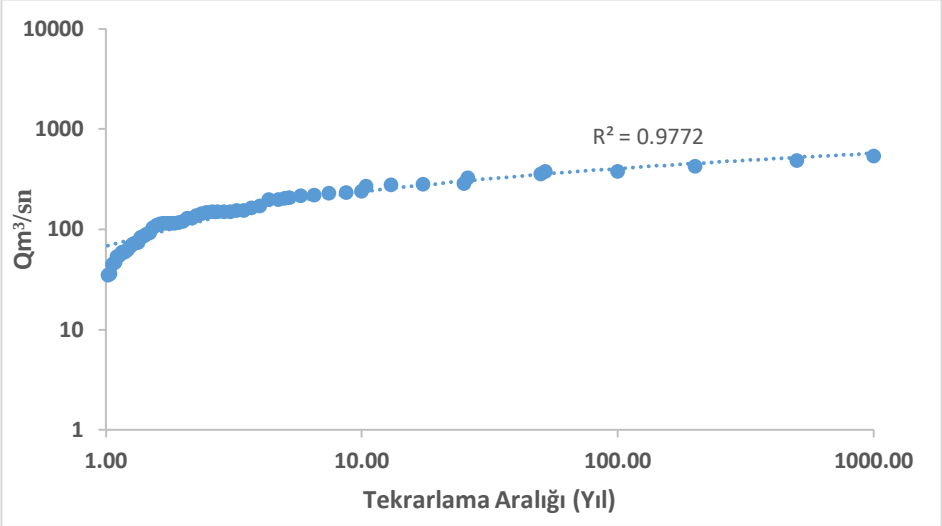
Tablo 6: Akkayrak AGİ Gumbel EV-I dağılımı sonuçları

T	T/(T-1)	LN(T/T-1)	YT=-LNLN(T/T-1)	YN	ΣN	K = (YT-YN) / ΣN	Q m^3/s
5	1,25	0,22	1,50	0,5489	1,1623	0,29	165,08
10	1,11	0,11	2,25	0,5489	1,1623	0,94	217,19
25	1,04	0,04	3,20	0,5489	1,1623	1,75	283,02
50	1,02	0,02	3,90	0,5489	1,1623	2,36	331,86
100	1,01	0,01	4,60	0,5489	1,1623	2,96	380,34
200	1,01	0,01	5,30	0,5489	1,1623	3,56	428,64
500	1,00	0,00	6,21	0,5489	1,1623	4,35	492,37
1000	1,00	0,00	6,91	0,5489	1,1623	4,94	540,53

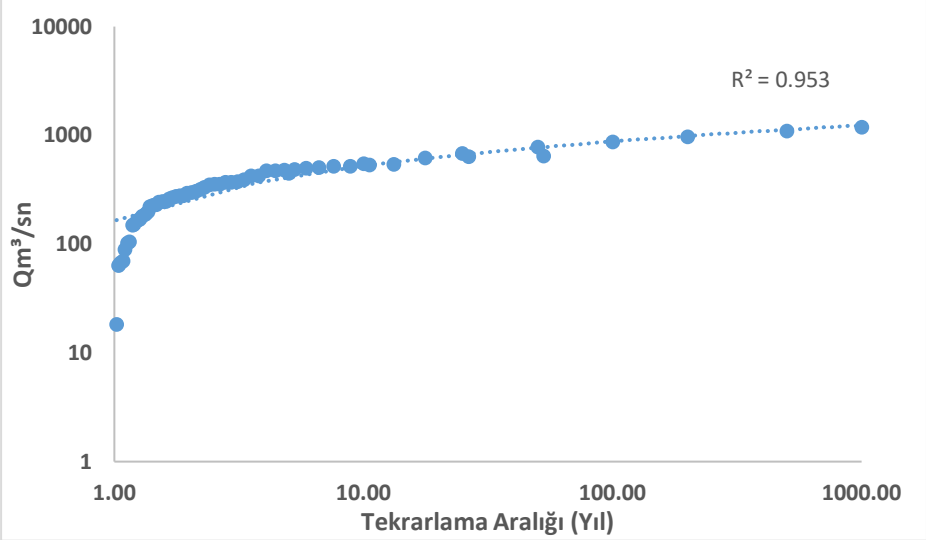
Tablo 7: Çınarköprü AGİ Gumbel EV-I sonuçları

T	T/(T-1)	LN(T/T-1)	YT=-LNLN(T/T-1)	YN	ΣN	K = (YT-YN) / ΣN	Q m^3/s
5	1,25	0,22	1,50	0,5493	1,1638	0,82	443,62
10	1,11	0,11	2,25	0,5493	1,1638	1,46	546,51
25	1,04	0,04	3,20	0,5493	1,1638	2,28	676,52
50	1,02	0,02	3,90	0,5493	1,1638	2,88	772,96
100	1,01	0,01	4,60	0,5493	1,1638	3,48	868,70
200	1,01	0,01	5,30	0,5493	1,1638	4,08	964,08
500	1,00	0,00	6,21	0,5493	1,1638	4,87	1089,93
1000	1,00	0,00	6,91	0,5493	1,1638	5,46	1185,04

Gumbel EV-I dağılım sonuçlar ve AGİ ölçümü yapılan yıllık maksimum akım verisi ilen tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişkiye bakıldığında r^2 sonuçlarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Akkayrak AGİ'de 0.97, Çınarkköprü AGİ'de 0.95'dır (Şekil 21-22).



Şekil 21: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Gumbel EV-I tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki



Şekil 22: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Gumbel EV-I tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki

3.3. Log Pearson Tip III Dağılımı (LPTIII)

Uzun süreli (10 yıl ve üzeri) yıllık maksimum akım verilerine bağlı olarak uygulanan ve ülkemizde sıklıkla kullanılan bir metot olup, taşkın maksimum akım değerlerinin belirli aralıklarını tahmin etmede kullanılır (Özdemir, 2008, s. 7) LP T III'ün hesaplanmasında kullanılan formül:

$Z_T = \overline{Logx} + K^*\sigma_{log\ x}$

olarak ifade edilir (Hamed ve Rao, 1999; IACWD, 1982; USACE, 1993; Özdemir, 2008, s. 7).

$\overline{Logx} =$ Her bir yıla ait maksimum akımlara ait logaritmaların ortalamaları,

K = Taşkınların sıklık faktörüne bağlı bir katsayısı olup (C_{skew}) ve T değerlerine yani tekrarlama aralıklarına ait değeridir.

$\sigma_{log\ x}$ = Her bir su yılına içerisinde maksimum akımlara ait logaritmaların standart sapması olarak açıklayabiliriz (Özdemir, 2008, s. 8)

Formülde $\overline{Logx}$ ve $\sigma_{log\ x}$ K için gerekli olan çarpıklık (Cskew) değerleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Çınarköprü AGİ ve Akkayrak AGİ'ye ait akım verilerinin Log. Ortalama $\overline{\boldsymbol{Logx}}$ ve $\sigma_{log\ x}$ gerekli olan çarpıklık (Cskew) değerleri

Yıl	Çınarköprü Akım Log.	Akkayrak Akım Log.
1965	2.80	-
1966	2.80	2.58
1967	2.79	2.56
1968	2.73	2.46
1969	2.73	2.45
1970	2.71	2.43
1971	2.71	2.38
1972	2.70	2.37
1973	2.70	2.36
1974	2.68	2.34
1975	2.68	2.32
1976	2.67	2.31
1977	2.67	2.30
1978	2.63	2.30
1979	2.63	2.23
1980	2.59	2.19
1981	2.57	2.19
1982	2.57	2.18
1983	2.57	2.18
1984	2.55	2.18
1985	2.55	2.18
1986	2.54	2.17

1987	2.52	2.16
1988	2.50	2.14
1989	2.49	2.11
1990	2.47	2.11
1991	2.46	2.08
1992	2.44	2.07
1993	2.44	2.06
1994	2.44	2.06
1995	2.42	2.06
1996	2.41	2.06
1997	2.39	2.06
1998	2.39	2.04
1999	2.38	2.02
2000	2.36	1.97
2001	2.36	1.96
2002	2.34	1.93
2003	2.29	1.92
2004	2.27	1.87
2005	2.26	1.86
2006	2.22	1.85
2007	2.21	1.83
2008	2.18	1.79
2009	2.17	1.78
2010	2.02	1.78
2011	2.01	1.74
2012	1.95	1.73
2013	1.84	1.67
2014	1.82	1.66
2015	1.80	1.56
2016	1.26	1.54
Toplam	125.69	106.16
Ortalama	2.42	2.08
Standart Sapma	0.30	0.25
Çarpıklık	-1.47	-0.18

Log Pearson TIII sıklık analizi dağılımına bağlı olarak 5-10-25-50-100-200-500-1000 yıl tekerrür aralıklarına göre üretilen maksimum akım verilere bakıldığında 5 yıllık tekrarlama aralığı Akkayrak AGİ'de 123,04 m^3/sn (Tablo 9) olan akım değeri Çınarköprü AGİ'de 307,26 m^3/sn (Tablo 10) olarak çıkmaktadır. T 1000 yılda ise Akkayrak AGİ'de 622,64 m^3/sn Çınarköprü AGİ'de 721,61 m^3/sn çıkmaktadır. Biga

Çayı Havzası üzerinde meydana gelen taşkınların akım değerleri incelendiğinde ise pik akım değerlerinin Akkayrak AGİ'de 2 yıllık tekerrüre, Çınarköprü AGİ'de 2 yıllık tekerrüre karşılık gelmektedir.

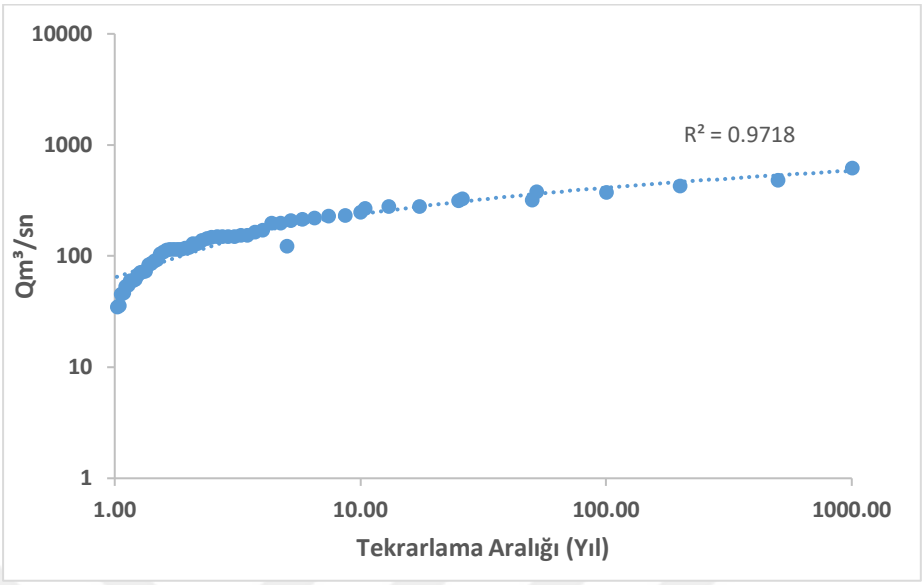
Tablo 9: Akkayrak AGİ LPTIII Dağılımı sonuçları

T	Sdz	Cs	Kz	Zt	Q m^3/sn
5	0,25	-0,18	0,033	2,09	123,04
10	0,25	-0,18	1,258	2,40	251,58
25	0,25	-0,18	1,658	2,50	317,77
50	0,25	-0,18	1,680	2,51	321,88
100	0,25	-0,18	1,945	2,57	375,74
200	0,25	-0,18	2,178	2,63	430,50
500	0,25	-0,18	2,388	2,69	486,66
1000	0,25	-0,18	2,810	2,79	622,64

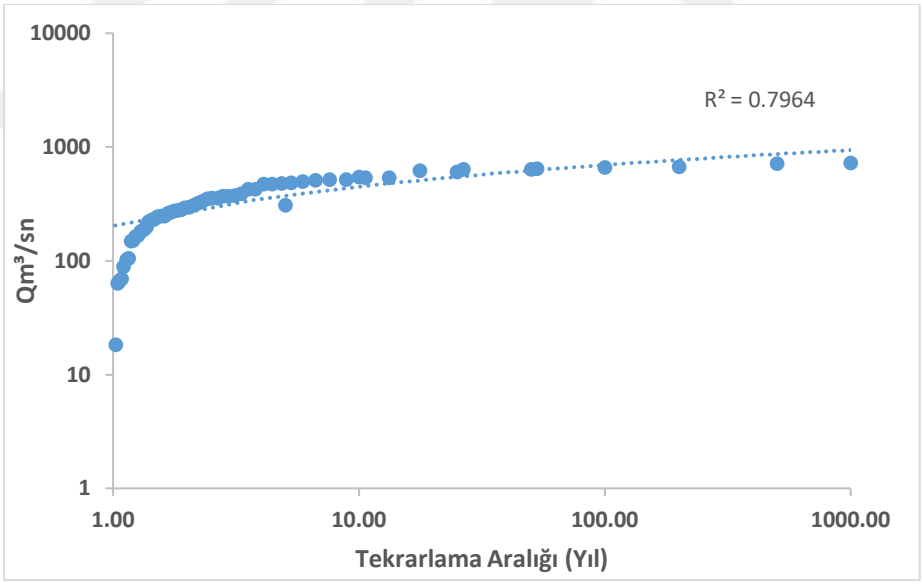
Tablo 10: Çınarköprü AGİ LPTIII Dağılımı sonuçları

T	Sdz	Cs	Kz	Zt	Q m^3/sn
5	0,30	-1,47	0,225	2,49	307,26
10	0,30	-1,47	1,041	2,73	539,88
25	0,30	-1,47	1,198	2,78	601,73
50	0,30	-1,47	1,270	2,80	632,41
100	0,30	-1,47	1,318	2,82	653,73
200	0,30	-1,47	1,351	2,83	668,81
500	0,30	-1,47	1,380	2.85	707,95
1000	0,30	-1,47	1,461	2,86	721,61

Akkayrak ve Çınarköprü LP TIII dağılımı sonuçları ile yıllık maksimum pik değerleri arasındaki korelasyon incelendiğinde Akkayrak AGİ'de r^2 oranı 0.97 iken (Şekil 23) Çınarköprü'de 0.79 (Şekil 24) arasında bir korelasyon bulunmaktadır. Gumbel EV-I korelasyon değerleri incelendiğinde bu oran düşük kalmaktadır.



Şekil 23: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile LPT-III tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki



Şekil 24: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile LPT-III tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki

3.4. Normal Dağılım (N)

Normal dağılım taşkın frekans analizlerinden kullanılan dağılımlardan biridir (Büyükkaracığan, 1997) Normal dağılım ampirik dağılım formülünün yıllık maksimum akım verilerine uygulanmasıdır. Birçok istatistik metotta da kullanılan normal dağılım istatistiksel bir çıkarımdır (Hamed ve Rao, 1999).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \mathrm{e}^{-1/2[x-\mu]\sigma]^2]}$$

olarak ifade edilir. Formülde σ ve μ logaritması alınmış akımların standart sapması ve ortalamasıdır. Normal dağılıma bağlı olarak oluşturulan maksimum akım verilere bakıldığında 5 yıllık tekrarlama aralığı Akkayrak AGİ'de 209 m^3/sn (Tablo 11) olan akım değeri Çınarköprü AGİ'de 448 m^3/sn (Tablo 12) olarak çıkmaktadır. T 1000 yılda ise Akkayrak AGİ'de 391 m^3/sn Çınarköprü AGİ'de 806 m^3/sn çıkmaktadır. Biga Çayı Havzası üzerinde meydana gelen taşkınların akım değerleri incelendiğinde ise pik akım değerlerinin her iki AGİ'de de uyuşmadığı görülmektedir.

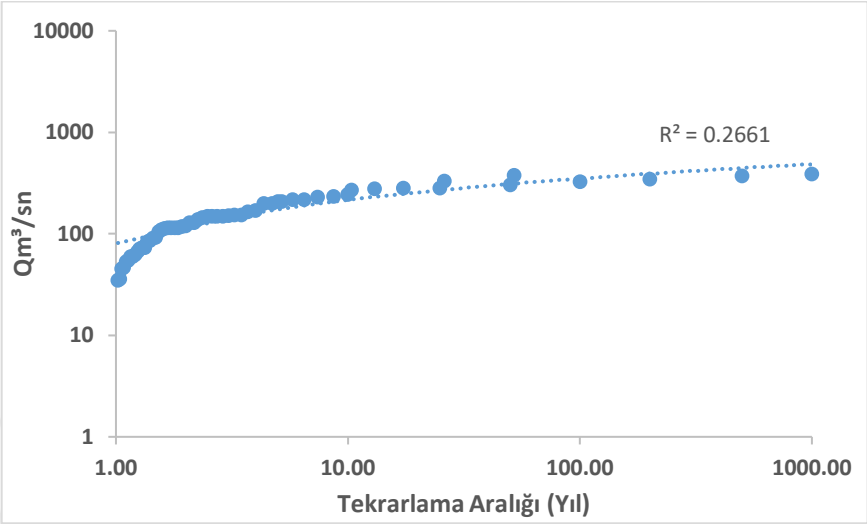
Tablo 11: Akkayrak AGİ Normal Dağılım Sonuçları

T	P	Z	Q m^3/sn
5	0,2	0,842	209
10	0,1	1,282	245
25	0,05	1,645	283
50	0,02	2,054	307
100	0,01	2,326	329
200	0,005	2,576	349
500	0,002	2,878	374
1000	0,001	3,090	391

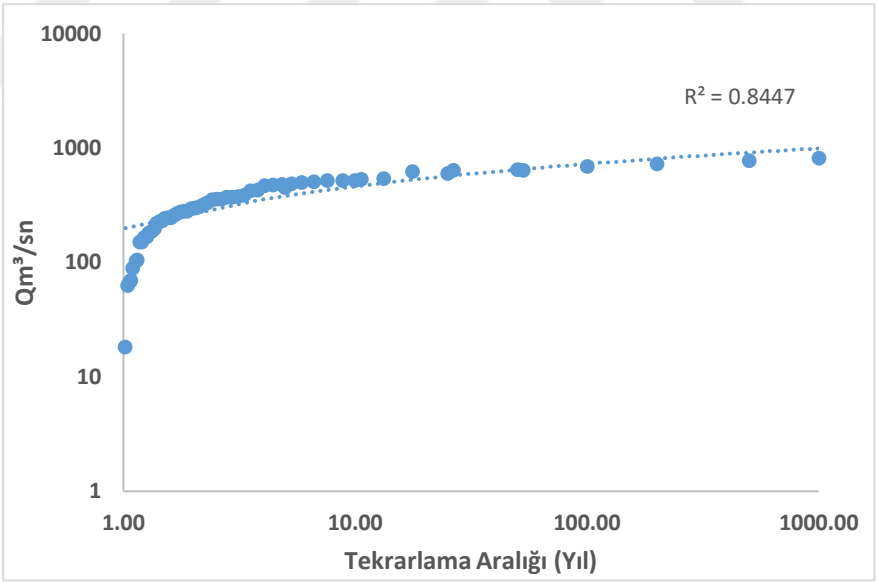
Tablo 12: Çınarköprü AGİ Normal Dağılım Sonuçları

T	P	Z	Q m^3/sn
5	0,2	0,842	448
10	0,1	1,282	518
25	0,05	1,645	593
50	0,02	2,054	641
100	0,01	2,326	684
200	0,005	2,576	724
500	0,002	2,878	773
1000	0,001	3,090	806

Akkayrak ve Çınarköprü yıllık maksimum akım değerlerine uygulanan Normal Dağılım maksimum akım verileri ile yıllık maksimum akım değerleri incelendiğinde her iki AGİ'de çok farklı değerler görülmektedir. Akkayrak AGİ'de r^2 değeri 0.26(Şekil 25) iken bu oran Çınarköprü AGİ'de 0.84 çıkmıştır (Şek,il 26). Bu sonuçlara göre elde edilen değerler ile taşkın döneminde meydana gelen pik akımlarda bir örtüşme görülmediği sonuçların tutarsız olduğu belirlenmiştir.



Şekil 25: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki



Şekil 26: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki

3.5. Log Normal Dağılım(LN)

Log normal dağılımda rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif bir çarpıklığı bulunduğundan bu dağılım birçok hidrolojik değişkenlere iyi uyum göstermektedir. Yıllık akışkanların dağılımı için LN dağılım çok kullanılır. LN dağılımı

simetrik bir yoğunluk fonksiyonuna sahip, iki ve üç parametreli bir method (IACWD, 1982, ss. 14–4) olan olasılık dağılımlarının temelidir (Büyükkaracığan, 1997, s. 34)LN tanımlanırken LPTIII 'te uygulanan skew değerleri 0 kabul edilir (IACWD, 1982, ss. 14–4)**.** K değeri ise LP T III'te olduğu gibi belirlenir.

$$(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \mathrm{e}^{-1/2[x-\mu]\sigma]^2]}$$

olarak ifade edilir.

Log Normal dağılıma bağlı olarak oluşturulan maksimum akım verilere bakıldığında 5 yıllık tekrarlama aralığı Akkayrak AGİ'de 197 m^3/sn (Tablo 13) olan akım değeri Çınarköprü AGİ'de 471 m^3/sn (Tablo 14) olarak çıkmaktadır. T 1000 yılda ise Akkayrak AGİ'de 733 m^3/sn Çınarköprü AGİ'de 2280 m^3/sn çıkmaktadır.

Tablo 13: Akkayrak AGİ LN Dağılım sonuçları

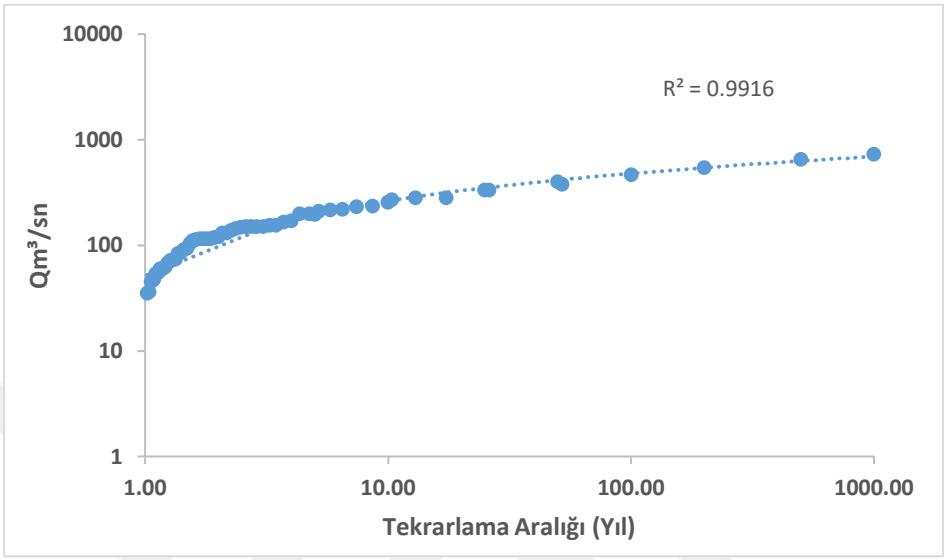
T	P	Z	X	Q m³/sn
5	0.2	0,842	2.29509	197
10	0.1	1,282	2.40665	255
25	0.05	1,645	2.49878	335
50	0.02	2,054	2.60246	400
100	0.01	2,326	2.67159	469
200	0.005	2,576	2.73485	543
500	0.002	2,878	2.81152	648
1000	0.001	3,090	2.86530	733

Tablo 14: Çınarköprü AGİ LN Dağılım sonuçları

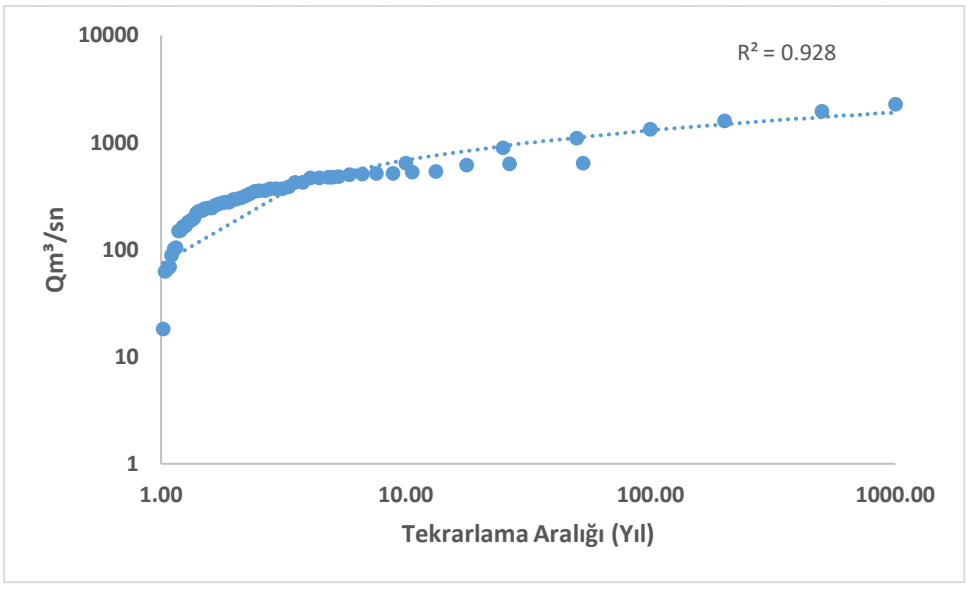
T	P	Z	X	Q m³/sn
5	0.2	0,842	2.67330	471
10	0.1	1,282	2.80725	642
25	0.05	1,645	2.91788	891
50	0.02	2,054	3.04239	1,103
100	0.01	2,326	3.12539	1,335
200	0.005	2,576	3.20136	1,590
500	0.002	2,878	3.29342	1,965
1000	0.001	3,090	3.35799	2,280

Biga Çayı Havzası üzerinde meydana gelen taşkınların akım değerleri incelendiğinde ise pik akım değerlerinin Akkayrak AGİ'de 5 yıllık tekerrürün altında kalmaktadır. Çınarköprü AGİ'de yaklaşık 5 yıllık tekerrüre karşılık gelmektedir.

Akkayrak AGİ'de ortaya çıkan değerler diğer dağılım sonuçları ile kıyaslandığında en kötü senaryonun maksimum akım değerinin Log Normal Dağılım sonucunun olduğu görülmektedir.



Şekil 27: Akkayrak AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Log Normal Dağılım tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişki



Şekil 28: Çınarköprü AGİ ölçülen yıllık maksimum akım verisi ile Log Normal tahmin edilen akım verisi arasındaki ilişkisi

Akkayrak ve Çınarköprü yıllık maksimum akım değerlerine uygulanan Log Normal Dağılım maksimum akım verileri ile yıllık maksimum akım değerleri incelendiğinde her iki AGİ'de çok farklı değerler görülmektedir (Şekil 27-28). Log Normal Dağılım

sonuçlarında ortaya çıkan değerler Akkayrak AGİ de taşkın dönemlerinde ölçülen akım (Q_{peak}) değerleri ile örtüşmemektedir.

Akkayrak ve Çınarköprü AGİ'lere uygulanan taşkın sıklık analizleri arasında en tutarlı sonuçlar veren Gumbel EV-I değerleridir. En iyi senaryo Normal Dağılım, en fazla maksimum akımların görüldüğü dağılım ise Log Normal dağılım sonuçlarıdır. Frekans analizleri sonucu elde edilen herbir değerin meydana gelen taşkın akım oranları ile bir tutarlılık aranmıştır. En uyumlu taşkın frekans analizi sonuçları Gumbel EV-I'' aittir. Taşkın modelleme için en fazla tercih edilen ve ayrıca en fazla uyumluluk gösteren Gumbel EV-I metodu değerleri çalışmada kullanılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TAŞKIN MODELLEMESİ İÇİN GEREKLİ OLAN VERİ TİPLERİ

4.1. Arazi Kullanım Verileri

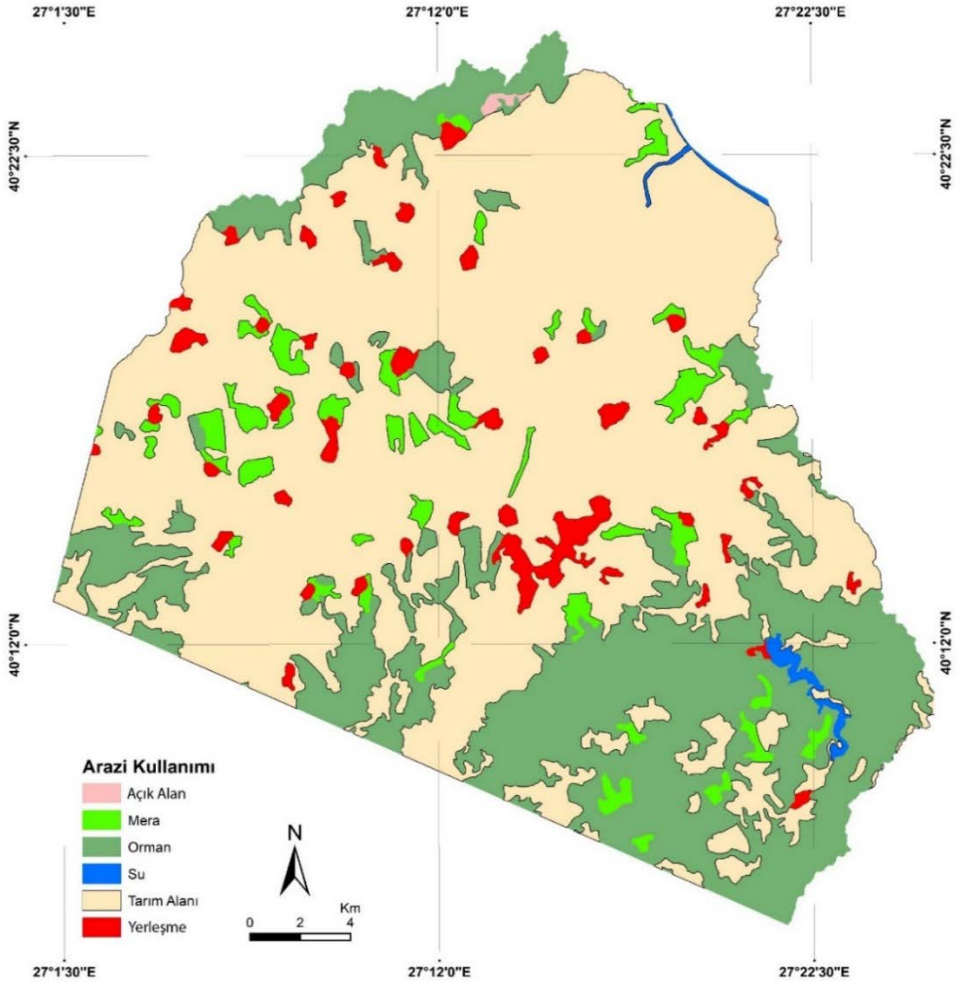
Küresel olarak arazi kullanımındaki zamansal-mekânsal dinamikler taşkınlar üzerinde birçok noktada etkili olmaktadır (Yang vd., 2016 s.1161). Taşkınların meydana gelmesinde sahanın jeomorfik özelliklerinin yanısıra arazi kullanımındaki değişimler büyük önem taşımaktadır. Arazi kullanımındaki değişimler özellikle, bitki örtüsü ve ormanlarla kaplı sahaların şehirleşme nedeniyle geçirimsiz yüzeyler ile yer değiştirmesi sonucu yüzeysel akışın artması taşkınların etkisini daha da arttırmıştır. Sağanak yağışların meydana gelmesi, yüzeysel akışın artması, kısa zamanda maksimum akımların oluşmasına neden olmaktadır (Wheater ve Evans, 2009, s.252). Özetle arazi kullanımındaki değişimler taşkın yayılışı (Di Baldassarre vd., 2009), taşkının hacmi (Miller vd., 2004), taşkın sıklığı (Brath vd., 2006; Chu vd., 2013), taşkın Q_{peak} özellikleri (Deasy vd., 2014), akarsu rejimi (Niehoff vd., 2002; Pries vd., 2011; Dixon ve Earls 2012) özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Yang vd., 2016:1161). Hidrodinamik taşkın modellerinin uygulanmasında, enerji, süreklilik ve momentum denklemlerinin sayısal olarak iyi oluşturulmuş olması gereklidir. Bunun en önemli faktörlerinden biri de arazi kullanım örtüsüne bağlı olarak elde edilen Manning's N pürüzlülük katsayısıdır. Manning's N katsayısı taşkın modellerinin oluşturulmasında en önemli faktörlerden biridir. (Yang 2016 s. 1165).

Son yıllarda mekânsal çözünürlüğün artmasına bağlı olarak, ekonomik ve zaman açısından avantajlı hale gelen uydu görüntüleri aracılığıyla elde edilen arazi kullanım örtüsü, Manning's N pürüzlülük katsayısının tespit edilmesi amacıyla aktif olarak kullanılmaktadır. (Shamaoma, 2005, s. 68). Çalışma kapsamında arazi kullanım örtüsünün belirlenmesinde Landsat 8 OLI, Sentinel-2 ve 5 cm çözünürlüğe sahip İHA-Ortofoto görüntülerinden oluşturulan arazi kullanım verisine ek olarak 100 metre çözünürlükte Corine arazi örtüsü/kullanım verisi kullanılmıştır. Corine arazi örtüsü/kullanımı https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012?tab=download erişim tarihi 16.10.2018, 17:05 sitesinden ücretsiz olarak elde edilmiştir. Arazi kullanım örtüsünün belirlenmesinde, son 10 yılda tüm dünyada aktif olarak kullanılan nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma (OBIAC) kullanılmaktadır (Zhang vd., 2017, s. 3373). Biga havzası İHA görüntülerinden elde edilen

ortofotolardan oluşturulan arazi kullanımı ise elle sayısallaştırılmıştır. Farklı çözünürlükte arazi kullanım tiplerinin belirlenmesinde kullanılan veriler ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Corine Arazi Kullanımı

39 ülkenin katılımıyla Eart Observations Uyduları aracılığıyla üretilen Corine arazi kullanım örtüsü (CLC 2012-Corine Land Cover) yeryüzünün biyofiziksel özelliklerinin yanında arazi kullanım tiplerinin belirlenmesinde 100 metre çözünürlüğünde veri sağlamaktadır. Corine verisi arazi örtüsü/kullanımı değişim analizi, modelleme ve farklı analizler için kullanılmaktadır (EEA, 2012, s. 2). Corine arazi kullanımına ait özellikler Şekil 29'da verilmiş olup, alansal dağılışa ait özellikller ise alansal dağılışı Tablo 15'te verilmiştir.



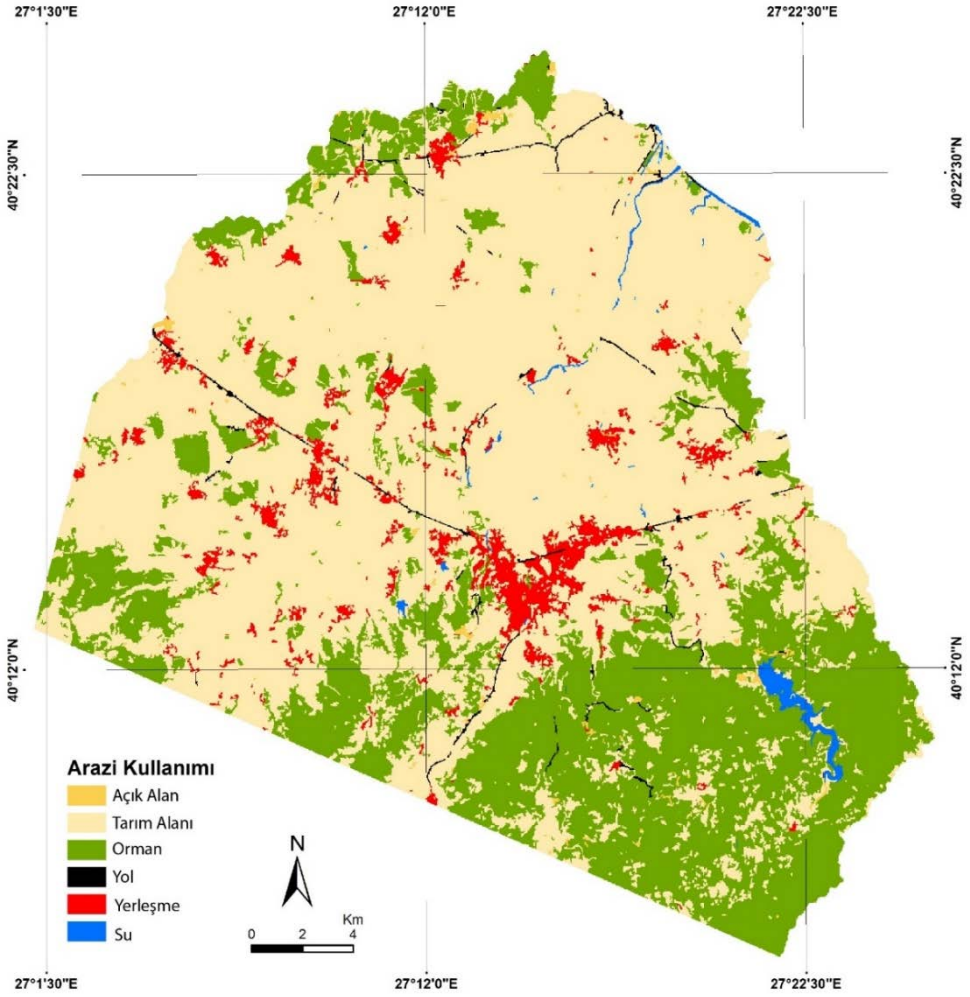
Şekil 29: Corine 2012 arazi kullanım özellikleri

Tablo 15: Corine 2012 arazi kullanımının alansal dağılışı

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Alan km²
Açık Alan	0,81
Tarım Alanı	472,43
Orman	203,72
Mera	32,76
Yerleşme	21,94
Su Yüzeyi	3,82

4.1.2. Landsat-8 OLI TIRS Arazi Kullanımı

Landsat OLI/TIRS iki farklı sensor olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sensorler; Operational Landsat Imager (OLI) ve Thermal Infrared Sensor (TIRS)'dır (Zhu vd., 2015, s. 270). Landsat 8 OLI uydusu sensörü arazi kullanım haritalamaları, zamansal değişkenlerin tespit ve haritalaması için çok yaygın olarak kullanılmakta ve önceki sensörlere kıyasla daha verimli sonuçlar alınmaktadır (Ke vd., 2015, s. 298). 30 m. arazi kullanım örtüsünün tespit edilmesinde 03.08.2018 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsü kullanılmıştır. Arazi kullanım özellikleri Şekil 30'da verilmiştir. Elde edilen arazi kullanım türlerinin alansal dağılışı ise Tablo 16'da yer almaktadır. Landsat görüntüsüne ait sınıflandırmada doğruluğu veya güvenirliliği 422 piksel topluluğunun karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. Sınıflandırma doğruluk oranı % 92.1 oranında güvenilir sonuçlar ortaya çıkmıştır.



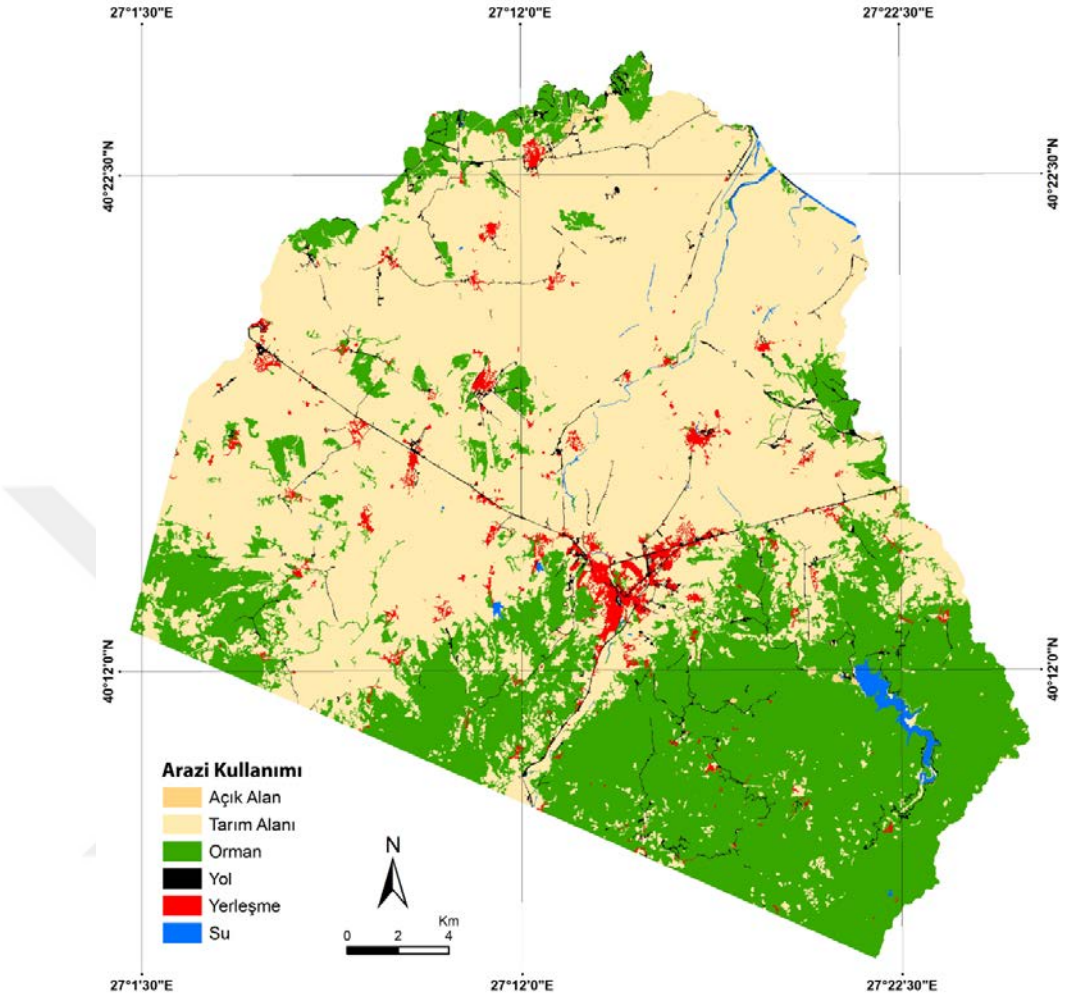
Şekil 30: Landsat 8 OLI arazi kullanım özellikleri

Tablo 16: Landsat 8 03.08.2018 tarihli uydu görüntüsüne ait arazi kullanımının alansal dağılışı

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Alan Km²
Açık Alan	4,16
Tarım Alanı	476,81
Orman	218,36
Yol	4,65
Yerleşme	28,96
Su Yüzeyi	4,77

4.1.3. Sentinel-2 Arazi Kullanımı

Sentinel 2 uydusu (Martimort vd., 2007) 10-60 m. çözünürlüğünde 13 farklı spektral Band'a 300 km tarama genişliğine sahiptir. 4 farklı spektral band 10 metre çözünürlükte olup arazi örtüsü sınıflandırmasında kullanıcıların ihtiyaçlarına cevap vermektedir (Drusch vd., 2012, s. 26). Tarama genişliğine bağlı tam turunu 5-10 gün arasında tamamlamaktadır (Hagolle vd., 2010, s. 1748). Sentinel-2 risk yönetiminde doğal afetlerin gözlemlenmesi ve takibinde, özellikle taşkın, orman yangınları, heyelanların incelenmesi ve araştırılmasında önemli rol oynamasının yanı sıra arazi örtüsü ve değişimi, orman gözlemi, toprak koruma, şehir planlama ve haritalama konularında önemli veri sağlamaktadır (Drusch vd., 2012, s. 26). Biga Çayı taşkın tehlike modellemesi kapsamında 07.02.2018 tarihli Sentinel-2 10 m. çözünürlüklü arazi kullanım özellikleri Şekil 31'de alansal dağılış ise Tablo 17'de verilmiştir. Sentinel 2 görüntüsüne ait arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırmasına ait doğruluk analizi rastgele 628 noktanın karşılaştırılması ile belirlenmiştir. Doğruluk oranı 6 sınıfta % 97.13 olarak ortaya çıkmıştır.



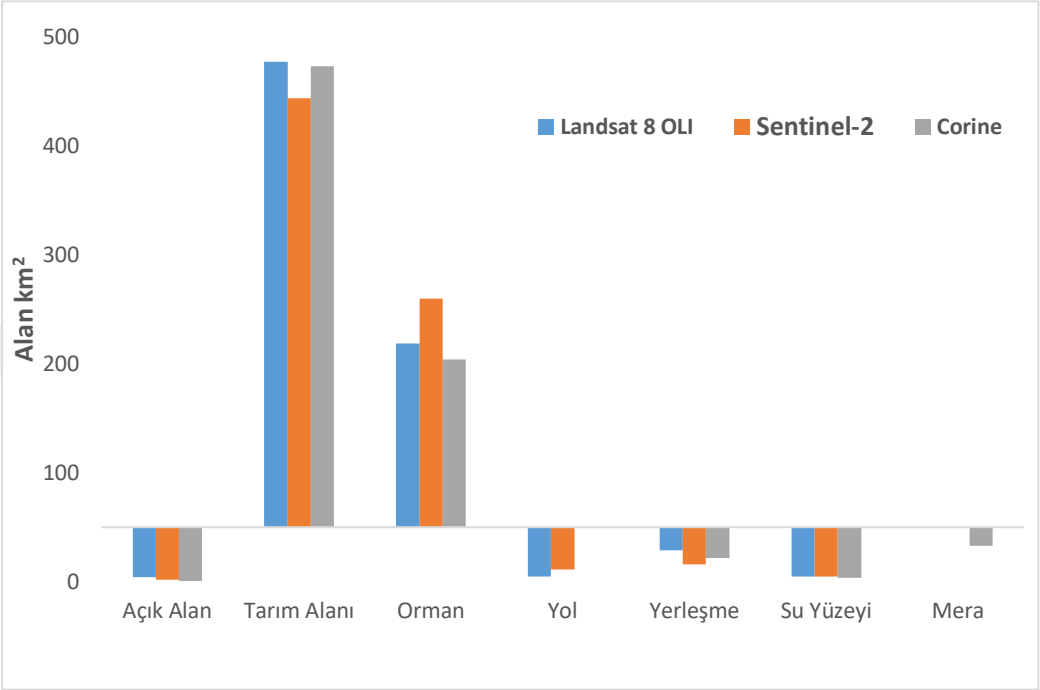
Şekil 31: Sentinel-2 arazi kullanım özellikleri

Tablo 17: Sentinel-2 07.02.2018 tarihli uydu görüntüsüne ait arazi kullanımının alansal dağılışı

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Alan km²
Açık Alan	1,87
Tarım Alanı	443,43
Orman	259,68
Yol	11,35
Yerleşim	15,68
Su Yüzeyi	4,69

Elde edilen arazi kullanımları çözünürlüklerinden ötürü alansal dağılışlarda bir takım farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi çözünürlüklerin yüksek-orta-düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Görüntü sınıflandırması işleminden görsel

yorumlamaya bağlı olarak bazı birimlerin tespit edilememesi ve farklı birimler arasında hücre boyutundan ötürü tespiti mümkün olmamaktadır. Buna rağmen arazi kullanımı alansal dağılışı arasında önemsiz farklılıklar oluşmuştur (Şekil 32).

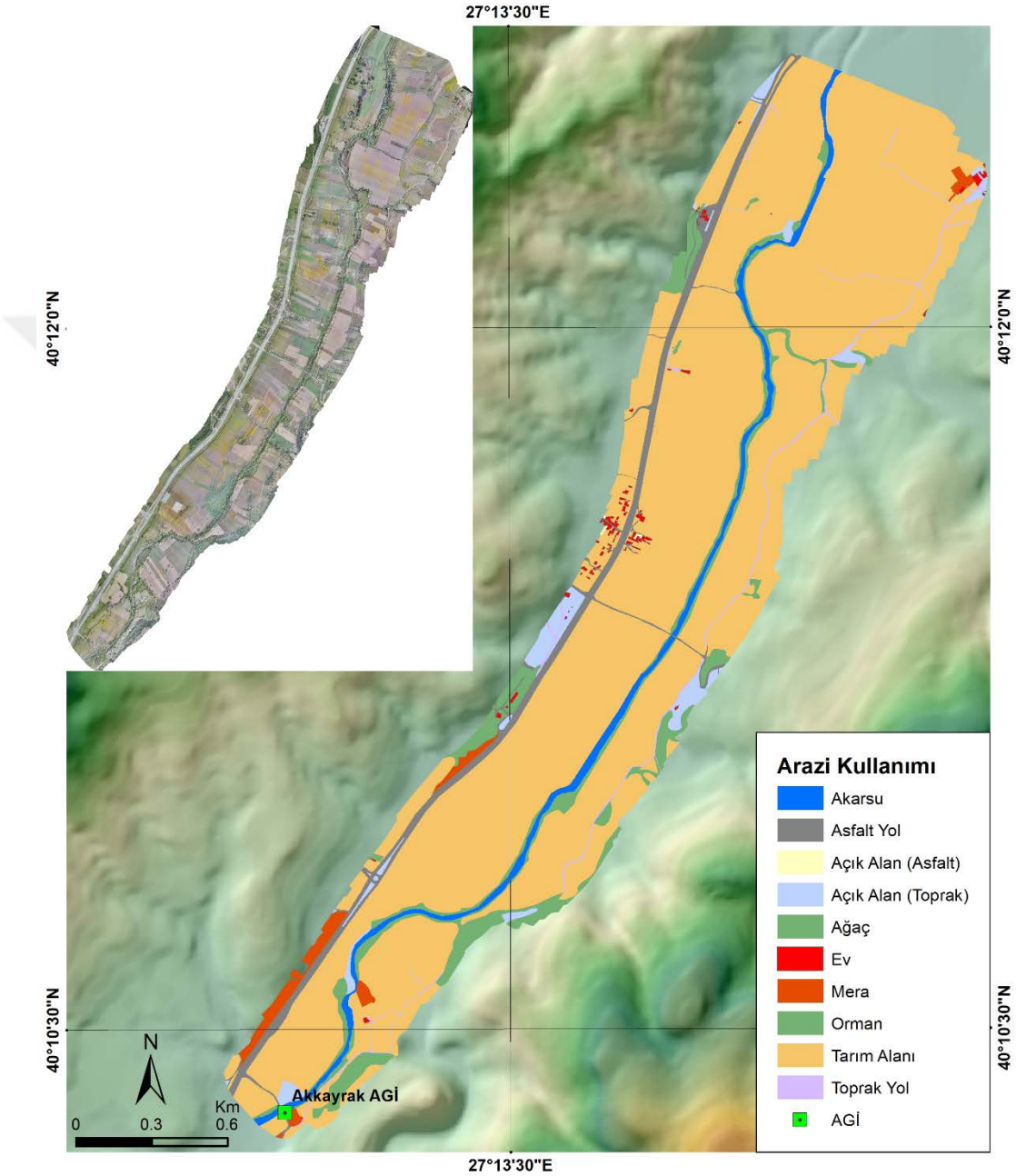


Şekil 32: Arazi kullanım sınıflarına ait alansal dağılışı

4.1.4. İnsansız Hava Aracı (İHA/UAV) ile Arazi Kullanımı

Günümüz teknolojik gelişmelerine bağlı olarak UZAL(Uzaktan Algılama) alanında oldukça yoğun kullanılan İHA'lar (İnsansız Hava Aracı), yüksek çözünürlükte sayısal arazi modeli ve ortofotolar üretme kabiliyetine sahiptir. İnsansız hava araçlarının birçok modeli bulunmaktadır. Havada kalma süreleri ve tarama genişlikleri oldukça farklı olan Drone'lar Pix4D-AGİsoft-DroneDeploy vb. yazılımlar aracılığıyla sayısal arazi modelleri ve ortofotolar üretmemize imkân sağlamaktadır. Böylelikle yüksek çözünürlükte veri gerekliliği sunan taşkın çalışmaları için önemli bir altık veri ve taşkın çalışmalarında yüksek maliyetli LIDAR için bir alternatif kaynak haline gelmiştir. İHA ile üretilen arazi kullanım özellikleri arazi çalışmaları sırasında elde edilen 2414 görüntünün Pix4D yazılımı ile işlenmesi sonucu ortaya çıkarılmıştır. Bu görüntülerden elde edilen arazi kullanım özellikleri Manning's N pürüzlülük katsayısı suyun akışı sırasında sürtünme miktarını belirlemeye yönelik kullanılacaktır. Düşük çözünürlüklü verilerin taşkın yayılışının hata payını ortaya çıkarmak ve ileriye dönük taşkın çalışmalarında kolaylıklar sağlaması yönünden kullanılmıştır. İHA görüntülerinden

elde edilen arazi kullanım özellikleri Biga yerleşmesine kadar elde edilmiştir (Şekil 33).



Şekil 33: İHA ortofoto arazi kullanım özellikllleri

4.2. DEM (Sayısal Yükselti Modelleri)

Sayısal Yükselti Modeli (DEM) topografik verinin en fazla kullanılan formlarından biri olup (Mouratidis ve Ampatzidis, 2019, s. 1) yer bilimleri ve hidrolojik uygulamalarda kullanılan kantitaf bir yüzey verisidir. Topografik yükselti farkı; eğim özellikleri,

yüzeysel akış, yeraltı suyu akışı vb, hidrolojik açıdan birçok parametreyi doğrudan etkilemektedir. Topografik veriler, sayısal yükselti modelleri taşkın yayılışının modellenmesinden gerekli en önemli verilerden biridir (Md Ali vd., 2015, s. 631) Topografik faktörler özellikle sayısal yükselti modellerinin çözünürlüğü ve araziyi yansıtma karakteristiklerinden ötürü hidrolik modellerin doğruluğu açısından önem taşımaktadır (Vaze vd., 2010, s. 706). Ücretsiz olarak ulaşılabilen açık kaynaklı DEM verileri taşkın ve hidroloji alanında yerel ölçekte yapılan çalışmalarda yetersiz veya sınırlı kalmaktadır (Schumann ve Bates, 2018, s. 1).

Yerbilim çalışmalarında, taşkın modellemelerinde, topografik sınıflandırmaların yapılmasında ortaya çıkan hata oranlarının azalmasında, gerçeğe yakın sonuçların oluşturulmasında, arazi özelliklerinin yansıtılmasında kullanılan DEM verisinin doğru ve gerçeğe yakın orana sahip olması gerekmektedir. Yüksek doğruluk payına sahip DEM verileri gelişmiş ülkelerde yüksek oranda kullanılırken, gelişmekte olan ülkelerde açık erişime sahip, hata oranı yüksek, farklı çözünürlükte 30-90 m DEM verileri kullanılmaktadır. Bu veriler, gelişmiş ülkelerde 0.1 m. hata payı ile Lidar veya SAR verileri olurken, gelişmekte olan ülkelerde daha düşük çözünürlükte İHA-DEM verileridir (Mason vd., 2016, s. 16). Buna rağmen küresel ölçekte kullanıma açık olan açık kaynaklı DEM verileri uzaktan algılama tekniklerine bağlı olarak hata payları azaltılmıştır. Bu hata oranları arazi yapısından kaynaklandığı gibi sensör tiplerinin veri elde etme yöntemlerinden de kaynaklanmaktadır (Yamazaki vd., 2017, s. 5844). DEM verileri ücretsiz veri sağlayıcı hizmetlerinin sunmuş olduğu uydu görüntülerinden üretilen SRTM, Aster GDEM, Alos Jaxa (Alos World 3D), Merit (Multi-Error-Removed Improved-Terrain DEM) yanısıra 1:25000 veya farklı ölçekte topografya haritalarından elde edilmektedir. Ayrıca, ekonomik açıdan yüksek bütçeli, yüksek çözünürlüklü İHA'lar ile elde edilen görüntülerden üretilen İHA-DEM verisi taşkın modellemesinde kullanılmaktadır. Farklı çözünürlükte taşkın modellerinin oluşturulması farklı sonuç ve senaryoların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Md Ali vd., 2015, s. 631). SRTM 90-30 m verisi Radar (Aktif sensör) verisi ile elde edilirken Alos ve Aster GDEM verileri optik uydu görüntülerine ait verilerin fotogrametrik yöntemler aracılığıyla elde edilmesiyle oluşturulmaktadır. Aster-Srtm-Alos--Eu-DEM-TanDEM-X farklı çözünürlükte DEM verileri olup, ücretsiz açık kaynaklı erişime sahip olarak elde edilebilmektedir. Herbir DEM verisi elde edilme tekniklerine sahip bir takım hata oranlarına sahip olup, bazı yükseklik hata oranları bulunmaktadır (Guth, 2006; Mukherjee et al., 2012, p. 205), (Tablo 18).

Tablo 18: Açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerine ait birtakım özellikler.

	Srtm 1	Srtm 3	Aster-GDEM	ALos/AW3D30	Tandem-X	Merit-DEM	Eu-DEM
Tarama Başlangıcı	2000	2000	1999	2006-2011	2015	2017	2013-2016
Yayın Tarihi	2015	2003	2009	2016			
Ajans	NASA	NASA	NASA-METI	JAXA			
Tarama Alanı	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Global
Çözünürlük m.	30	90	30	30-12.5	90	90	25
Sensör	Shuttle Radar		Aster	PRISM			Shuttle Radar
Method	Insar	Insar	Stereo	Stereo			Insar
Dikey Doğruluk	16	16	20	5	12		
Yatay Doğruluk	20	20	30	5	15		
Website	https://earthexplorer.usgs.gov			https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm	https://geoservice.dlr.de/egp/	http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_DEM/	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem

2000 yılında üretilen SRTM, 60 °N - 56°S enlemleri arasında (Shiramizu vd., 2017, s. 30) çok büyük delta ve akarsu yataklarının modellemesinde verisi kolaylık sağlarken 90 m çözünürlük altında kalan sahalarda ise model çıktısında sorun oluşturmaktadır (Md Ali vd., 2015, s. 632). SRTM verilerin bölgesel taşkın çalışmalarında kullanılmasının yanı sıra Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI) of Japan and the United States National Aeronautics and Space Administration (NASA).ve 83 °N- 83 °S enlemleri arasında 30 m çözünürlüklü Aster GDEM verisi kullanılmaktadır. Aster GDEM verisi düz ve açık alanlarda 6.1 metre düşey, dağlık ve ormanlık alanlarda ise 15.1 metre düşey doğruluk oranına sahiptir (Tachikawa vd., 2011; Shiramizu vd., 2017, s. 31;) buna rağmen Aster GDEM bazı anomali ve pürüzlülüklerin olması taşkın modellemesini güçleştirmektedir (Mason vd., 2016, s. 16). Alos verisi ise Japon Uzay Ajansı tarafından geliştirilen 30 metre çözünürlükte 5 metre yükseklik doğruluğunda veri seti sunmaktadır (Shiramizu vd., 2017, s. 31). Eu-DEM verisi temel olarak Srtm DEM ve Aster GDEM verilerine bağı olarak oluşturulmuştur. İlk versiyonu 2013 Ekim ayında v.2. versiyonu ise 2016 yılında ilk versiyonunda yer alan bazı problemlerin giderilmesi sonucu özellikle düşey doğruluk oranının arttırılması ile kullanıma açılmıştır (Mouratidis vd., 2019 1).

Açık erişime sahip DEM verilerine bağlı olarak birçok araştırmacı tarafından taşkın çalışmaları yapılmaktadır. Alos verisi optik görüntülerin fotogrametrik yöntemler ile elde edilmesi neticesinde (pasif sensor) SRTM verisinin aktif sensörlerin yani InSAR verisi ile elde edilmesi düz ve ağaçlık alanlarda oldukça fark yaratmaktadır. Aktif sensörler ile oluşturulan arazi modelinde ağaçlık alanlar daha fazla elimine edilirken,

pasif sensörlerde bu çok düşük oranlarda kalmaktadır. Bu sebeple elde edilen taşkın modelleri düz ve ağaçlık alanlarda hata payı yüksek olurken SRTM verisinde daha düşük olmaktadır (Courty vd., 2017, s. 18). Açık erişime sahip DEM verileri arasında yapılan çalışmalarda Aster GDEM verisi en kötü sonucu vermektedir. Alos 30 ve 12.5 m verisi ise özellikle dağlık ve yüksek eğime sahip alanlarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Buna rağmen düşük eğimli, düz ve ovalık alanlarda SRTM verisi ile neredeyse aynı sonuçları vermektedir (Courty vd., 2017, s. 19)

Merit DEM 90 m verisi birçok hata payı giderilmiş ±2 m dikey doğruluk oranı arttırılmış DEM verisidir. Merit DEM verisinin önemi, düz ve ovalık alanlarda özellikle büyük akarsu havzalarında oluşturulan taşkın modellemesinde ortaya çıkan hata paylarının azaltılması konusunda ortaya çıkan bir DEM verisidir (Yamazaki vd., 2017, s. 5844).

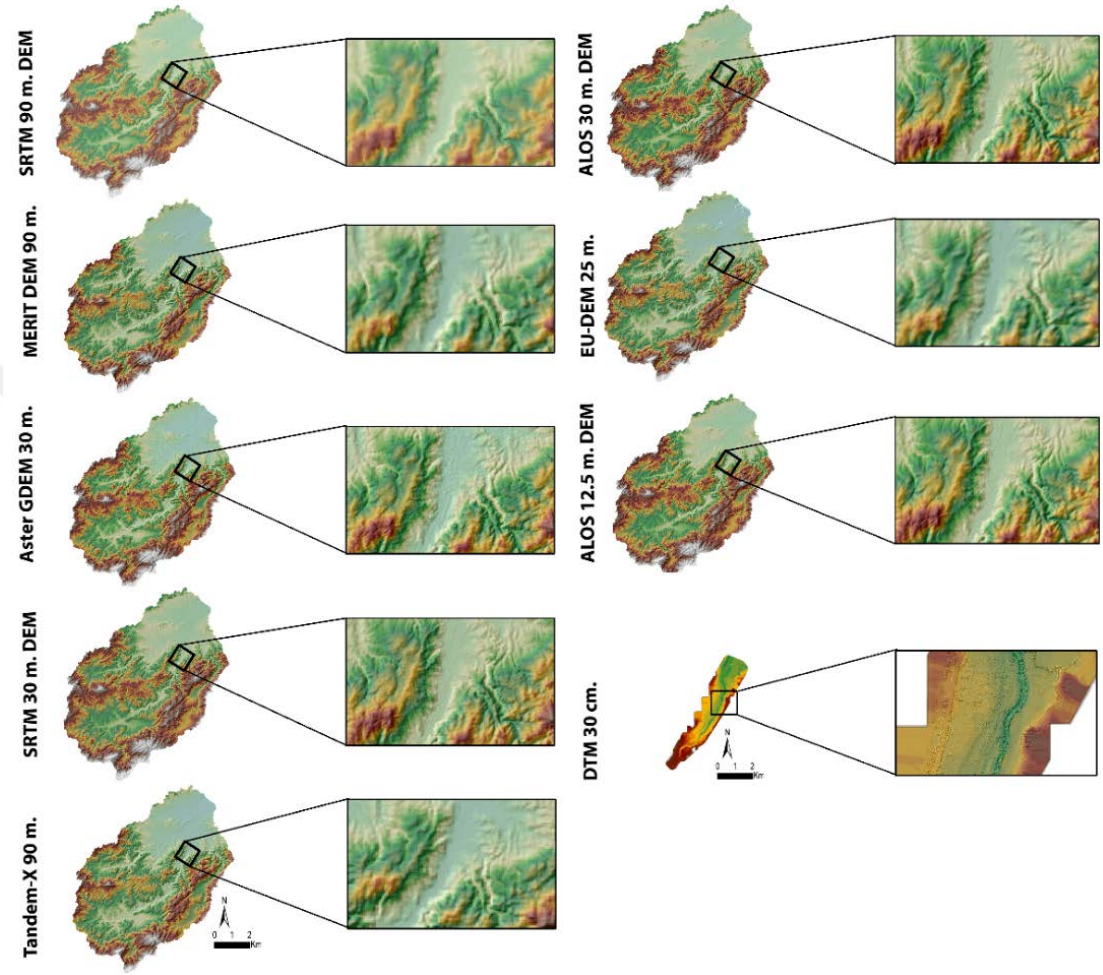
Merit DEM verisinin elde edilmesinde kullanılan bir takım veriler bulunmaktadır. Bu veriler;

- Viewfinder panaroma DEM verisi
- Landsat orman verisi
- Nasa küresel orman verisine ait yükseklik verileri
- Landsurface altimetri verisi
- Tokyo su yüzeyi verisidir.

Bu verilerin kullanımına bağlı olarak oluşturulan Merit DEM verisi ±2 m iyileştirilmiş ve %39-%58 arasında özellikle düz ve ovalık alanlarda hata payları azaltılmıştır (Yamazaki vd., 2017, s. 5845).

Taşkın tehlike modellemesi kapsamında, 9 farklı çözünürlükte DEM verisi kullanılmıştır (Şekil 34). Farklı veri tiplerine yer verilmesinin amacı 8 DEM verisine ek olarak İHA ile elde edilen 30 cm çözünürlükte İHA-DEM verisi kullanılmıştır. Farklı DEM verileri ile oluşturulacak taşkın modellerinde en tutarlı, en verimli sonucu almak ve elde edilen sonuçların yüksek çözünürlüklü İHA-DEM ile oluşturulan taşkın modeli ile kıyaslayarak çalışmanın pozitif ve negatif dinamikleri ortaya konulmuştur. Şimdiye kadar açık erişime sahip DEM verileri üzerinde taşkın modellemeleri ile alakalı geniş kapsamlı bir çalışma yürütülmemesinden ötürü (Courty vd., 2017, s. 1). Alos 12.5 ve 30, Eu-DEM, Aster 30, Srtm 30 ve 90 m., Merit DEM ve TanDEM-X verilerinin taşkın modelleri açısından bir değerlendirilmesi yapılacak olması ortaya çıkacak sonuçların ileride oluşturulacak taşkın modellerine kaynak oluşturacaktır. Bu karşılaştırmaların yapılması sonucu elde edilecek en iyi taşkın modelinin 30 cm çözünürlükte İHA-DEM

verisi ile kalibrasyonu yapılmış olup, sonuçlar yayılış-derinlik açısından değerlendirilmiştir.

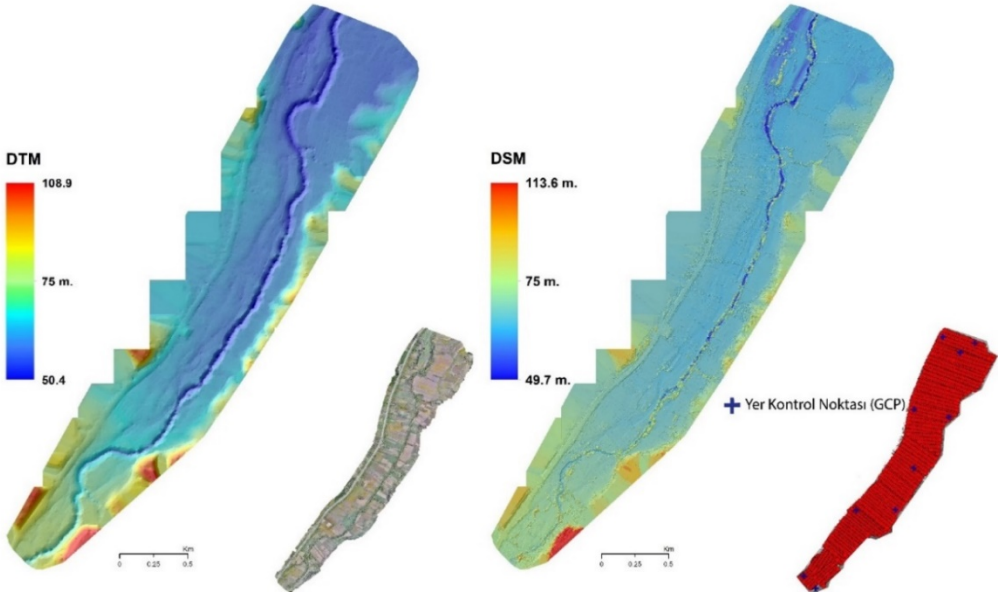


Şekil 34: Biga Çayı Havzasında farklı çözünürlükte sayısal yükselti modellerinin topografyayı yansıtma özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılması planlanan DEM verileri İHA-DEM verisi hariç ücretsiz temin edilmiştir. İHA-DEM verisi sahada temin edilen 2414 stereo hava fotosunun DGPS le ölçülen yer kontrol noktalarını (Foto 1) kullanmak suretiyle elde edilmiştir. Bu görüntülerin işlenmesi için Pix4D yazılımı kullanılmış olup stereo ortofotolardan nokta bulutu aracılığıyla DSM (Digital surface model) ve İHA-DEM verileri oluşturulmuştur (Şekil 35). İHA-DEM verisi 0.1 metre düşeyde 0.3 metre yataydaki hata payıyla üretilmiştir. Nihai ürün 5 cm çözünürlüklü veri olarak Akkayrak AGİ ve Biga yerleşmesi arası için üretilmiş, ancak taşkın modelinde 30cm'ye düşürülerek kullanılmıştır.



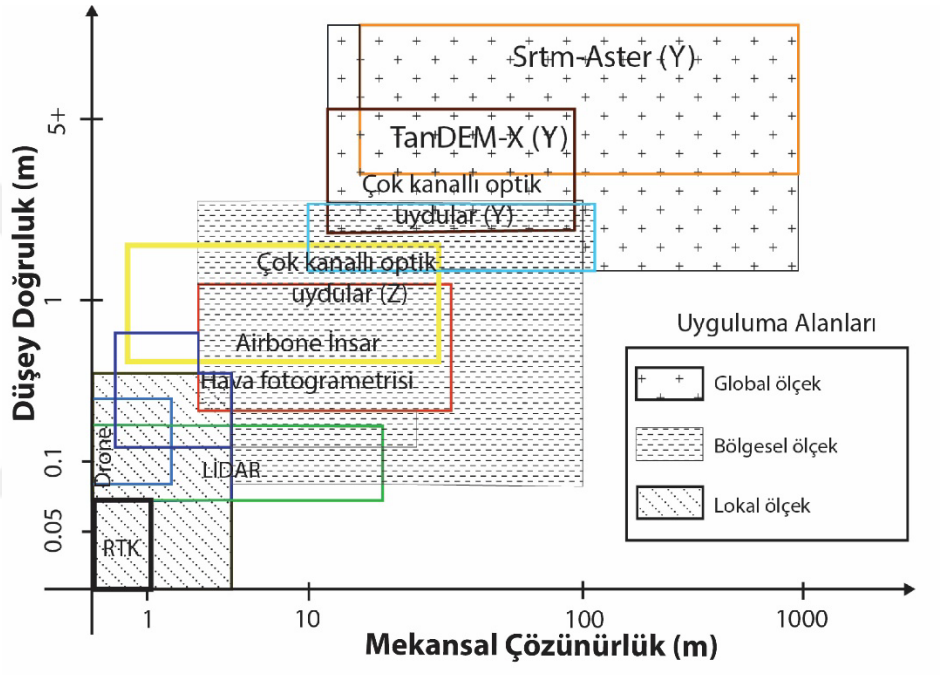
Foto 1: DGPS aracılığıyla yer kontrol noktası ölçümü



Şekil 35: İHA'ya bağlı olarak elde edilen görüntülerden oluşturulan İHA-DEM verisi ve ortofoto görüntü.

Yatay çözünürlüğe bağlı oluşturulacak DEM verilerinin düşey yükselti özellikleri de taşkın çalışmaları açısından önem taşımaktadır. SRTM-Aster-Merit-TanDEM-X vb açık erişime sahip DEM verileri farkli sensörlere bağlı olarak oluşturulmakta ve çözünürlükleri oldukça düşük kalmaktadır. Alos 30 m (AW3D) ve Alos 12.5 m verilerini

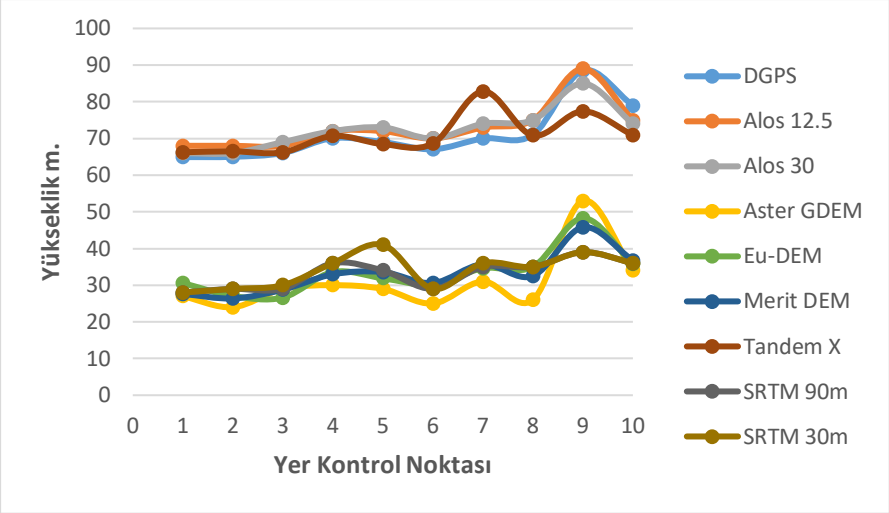
90 metre çözünürlükte DEM verileri ile karşılaştırdığımızda yersel doğruluklarının düşey doğruluk ve mekânsal çözünürlüklerinin oldukça iyi olduğunu söyleyebiliriz. Çözünürlük ve düşey doğruluk oranları ne kadar iyi olsa da birçok araştırmacıya göre yapılan taşkın ve hidroloji çalışmalarında bu veriler, lokal bazdaki çalışma alanlarında oldukça yetersiz kalmıştır. Farklı kaynaklar ile farklı çözünürlüğe sahip DEM verilerinin çalışma ölçekleri, DEM kalitesine bağlı olarak yerelden-bölgesele ve global ölçekte kullanılmaktadır (Şekil 36).



Şekil 36: Farklı çözünürlük ve düşey doğruluğa sahip DEM teknolojilerinin farklı ölçekte kullanım alanları (Schumann and Bates 2018, p. 3'ten değiştirilerek).

Açık kaynaklı erişime sahip DEM verileri ve arazi çalışması sırasında elde edilen DGPS verilerine ait yükseklik verileri karşılaştırılarak yükselti farkları ortaya çıkarılmıştır. Şekil 37'de herbir DEM verisinin DGPS noktalarından elde edilen yükseklik farkları ile karşılaştırılması yer almaktadır. Ortaya çıkan yükseklik değerlerinin DGPS verisi değerleri ile karşılaştırılması sonucunda bu değerlere en yakın sonuçları veren Alos 12.5 m, Alos 30 m, TanDEM-X verileridir. Diğer DEM verilerinin özellikle SRTM 30-90m, Eu-DEM verilerinin birbirlerine yakın fakat DGPS verisi arasında oldukça farklı yükselti değerlerinin olduğu görülmektedir (Şekil 37). Merit DEM verisinde ise özellikle düze yakın alanlarda elde edilen yükseklik verisi farklı çıkmaktadır. Merit DEM verisinin elde edilmesinde birçok yöntem ve metot kullanılmıştır. Merit DEM verisinin üretilmesindeki amaç düz ve ovalık alanlarda

yüksek oranda hata payı içeren taşkın modellemesindeki hata oranlarını elimine etmektir.



Şekil 37: DGPS verisi ve açık kaynaklı erişime sahip DEM verileri arasındaki yükseklik verisi

Yükseklik değerlerinin DGPS verisi ile kıyaslanması neticesinde RMSE hesaplaması sonucu en yakın değerler Alos 12.5 m.'de 2.91, Alos 30m.'de 3.30, TanDEM-X 90 m'de 6.01 m. çıkmıştır. Diğer DEM verilerinde ortaya çıkan sonuçlar 37.56-40.37 metre arasındadır (Tablo 19). En düşük değerlerin Alos 12.5 - 30 m TanDEM-X DEM verilerinde çıkması DEM verilerinin elde edilmesinde kullanılan sensör ve yöntemlerden kaynaklandığını söylemek mümkündür.

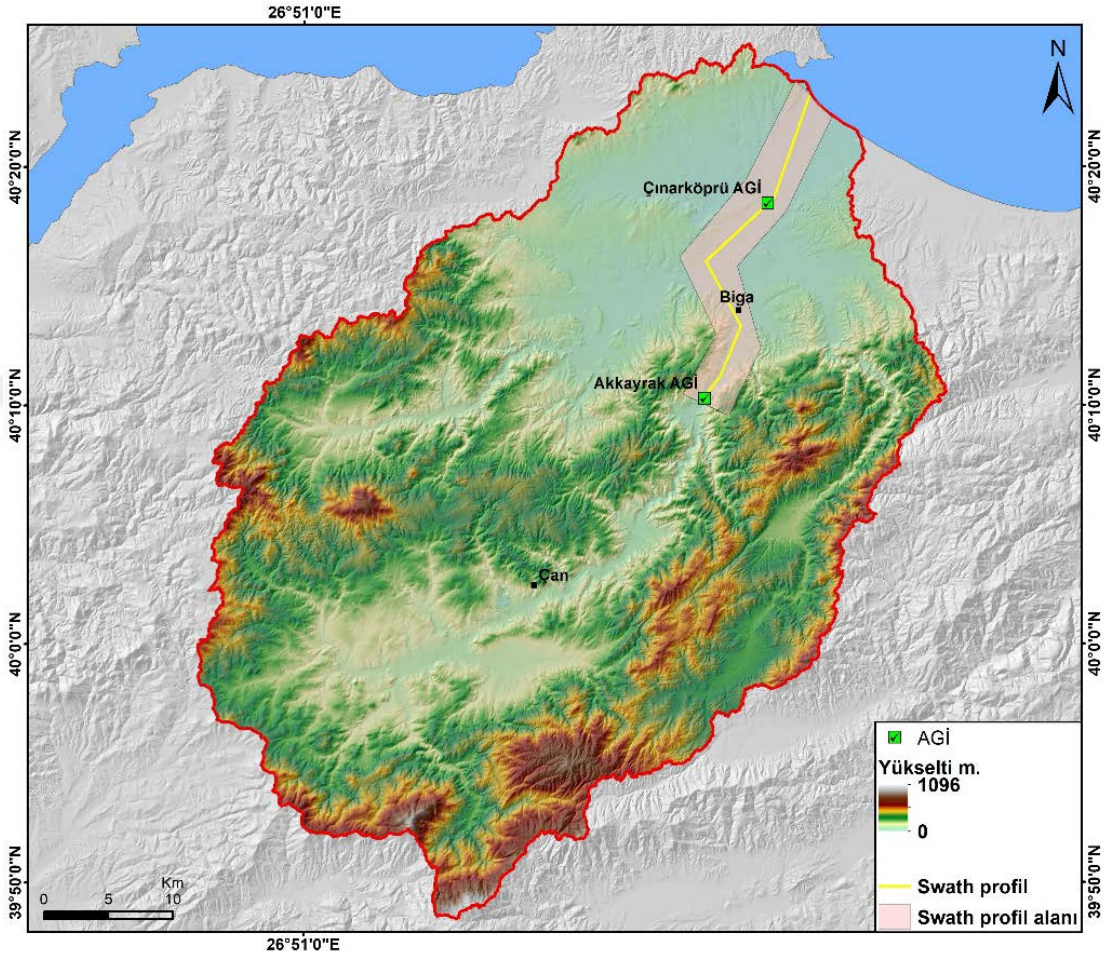
Tablo 19: Farklı çözünürlükte DEM verilerine ait RMSE (Ortalamaların Karakök Hatası) Sonucu

DEM	Alos 12.5 m.	Alos 30 m.	Aster GDEM 30 m.	Eu-DEM 25 m.	Merit DEM 90 m.	TanDEM X 90 m.	Srtm 90 m.	Srtm 30m
RMSE (m.)	2.91	3.30	40.37	37.80	38.08	6.01	38.33	37.56

4.2.1. Swath Profil Özellikleri

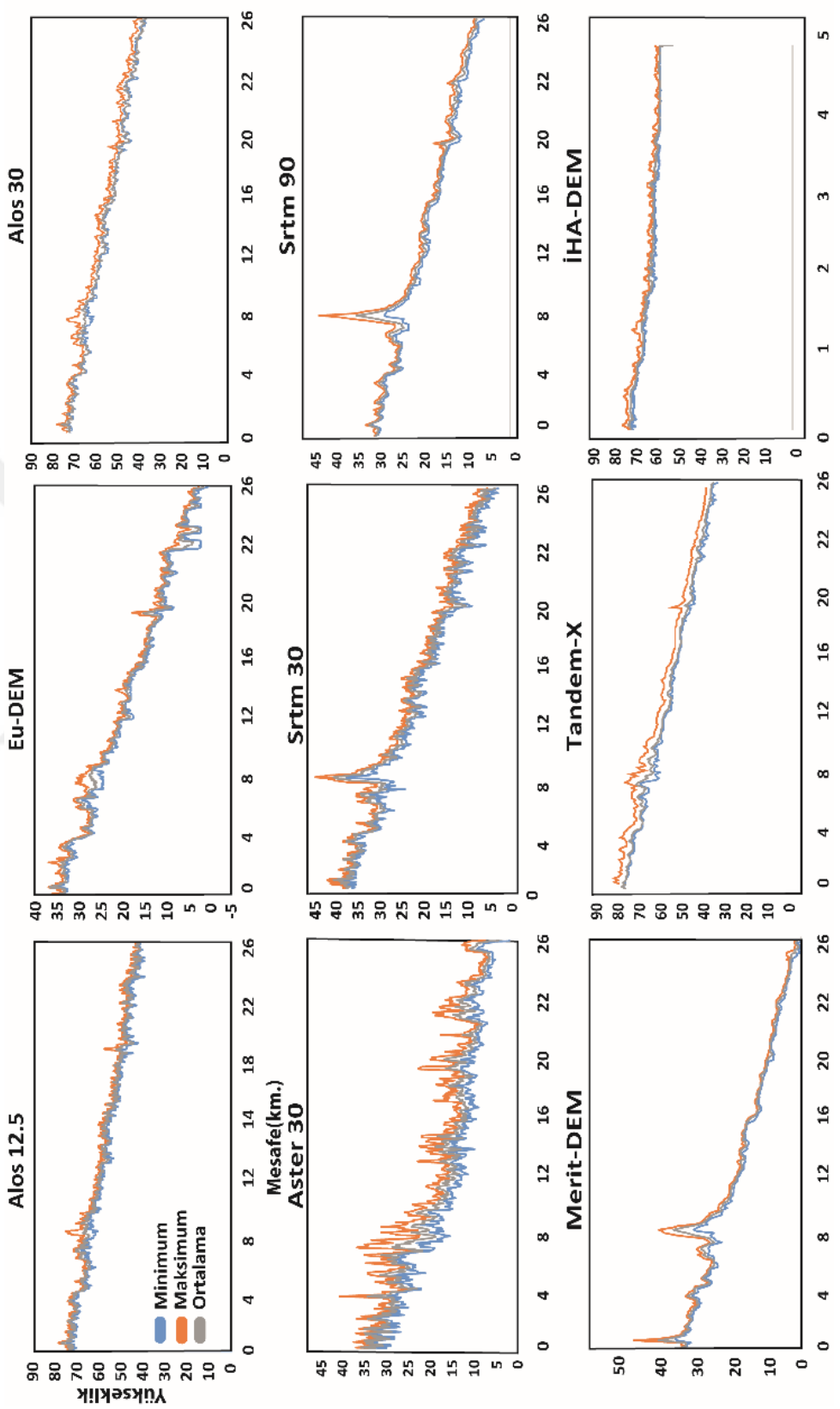
Topografik yüzey verisine veya herhangi bir raster veri tipine bağlı olarak belirlenen çalışma sahasının genel bölgesel topografik paternini ve profil özelliklerini vermesi bakımından önem taşımaktadır (Pena vd., 2016). Biga çayı havzasında swath profili çıkarımı Akkayrak AGİ'den itibaren akarsuyun drene olduğu noktaya kadar olan

aralıkta yapılmıştır (Şekil 38). İHA-DEM verisinin profil alanı ise Akkayrak AGİ ve Biga yerleşmesi arasında kalan alanı kapsamaktadır.



Şekil 38: Biga Çayı üzerinde swath profil çıkarımına ait konum

Swath proifiline bağlı olarak elde edilen profil sonuçları Şekil 39'da verilmiştir. Farklı çözünürlükte DEM verilerinin kullanıldığı profil çıkarımında topografik dinamikler oldukça farklı çıkmıştır. Buna bağlı olarak Aster GDEM 30 m. yüzey verisinde oldukça yüksek noise probleminin olduğu görülürken yükselti farkları Alos 12.5, Alos 30 m. ve Tandem-X verisinde benzer çıkarken, diğer DEM verilerinde bu oranlar ± 35-40 m. yükselti farkları ortaya çıkmıştır (Şekil 39). İHA-Dem yüzey verisinde ise düşük noise değerleri ortaya çıkan profil sonucunda kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.



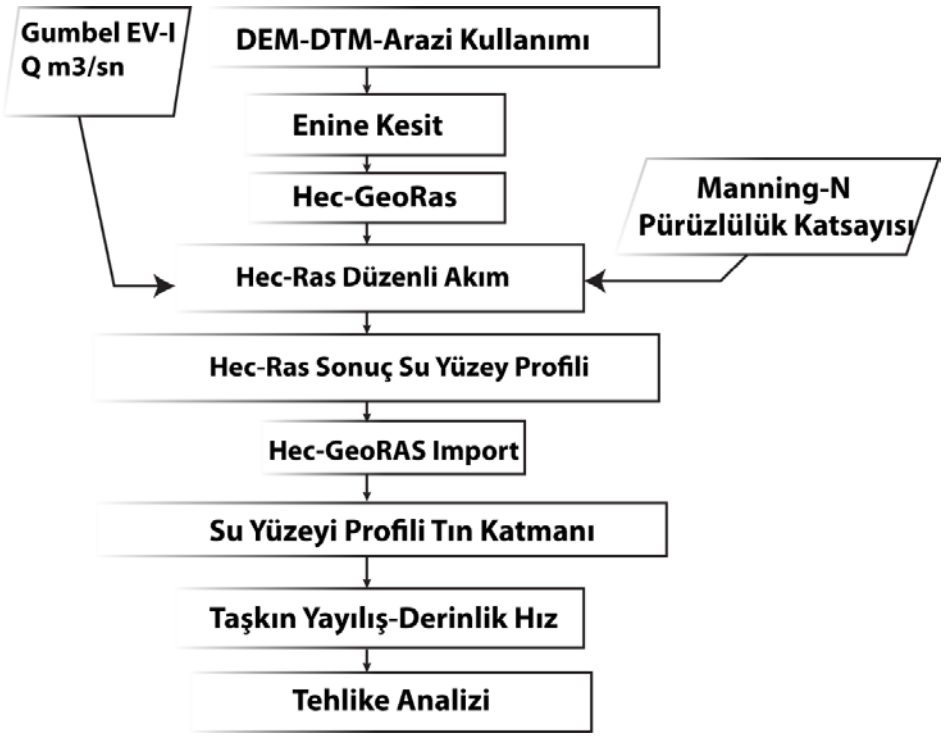
Şekil 39: Farklı çözünürlükte DEM verilerine ait swath profili özellikleri

BEŞİNCİ BÖLÜM

1D-2D TAŞKIN MODELLEMELERİ ve TEHLİKE ANALİZİ

5.1.Giriş

DEM verilerine bağlı olarak yayılış-hız-derinlik özelliklerinin tespit edilmesi taşkın çalışmaları açısından önem taşımaktadır. Hidrodinamik olarak 1D ve 2D olarak taşkın modellemesi taşkın dinamiklerinin anlaşılması için en önemli yollardan biridir (Fijko ve Zeleňáková, 2016, s. 59). Taşkınların modellenebilmesi ve dinamiklerinin anlaşılması açısından birçok matematiksel yazılım bulunmaktadır. Hec-RAS (Hydrologic Engineering Center) USACE (US Army Corps of Engineers) 1D ve 2D taşkın modelleme programı da bunlarda birisidir. Biga Çayı Havzası taşkın tehlike analizi kapsamında farklı çözünürlükte DEM ve arazi kullanım/örtüsü verisi kullanılmıştır. Hidrolik modelleme kapsamında senaryo akım verilerine bağlı oluşturulacak taşkın modellemesinde Gumbel EV-I (Extreme Value I) dağılım metodu kullanılmıştır. Bu çerçevede CBS temelli hidrolik modelleme uzantısına sahip HecGeo-RAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılmıştır. 1D hidrolik model kapsamında taşkın modeli ve tehlike haritasının oluşturma sırasında takip edilen aşamalar Şekil 40'ta verilmiştir.



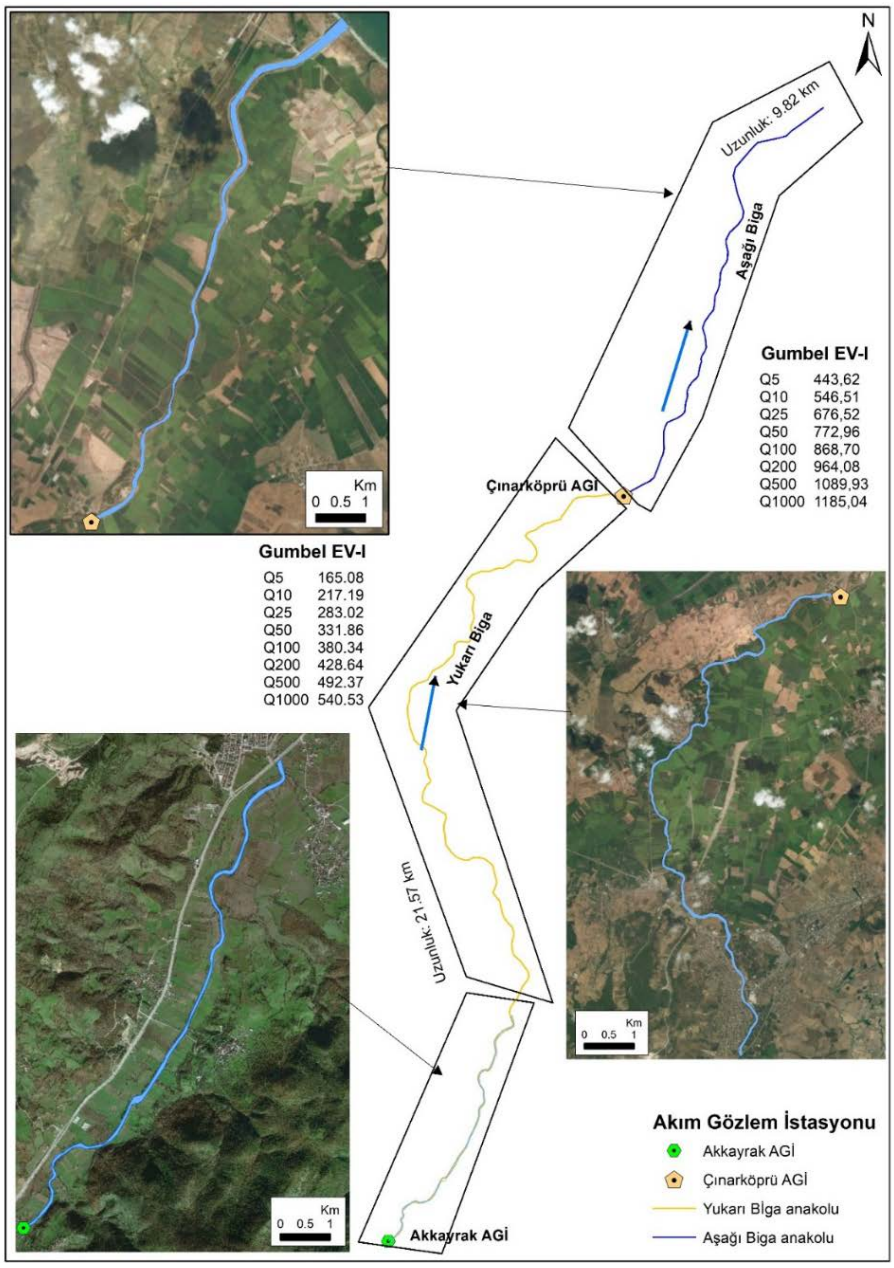
Şekil 40: 1D hidrolik taşkın modeli ve taşkın tehlike haritalamasının aşamaları.

Taşkın modellemesi kapsamında DEM veya TIN verisine bağlı olarak başta akarsu, akış yolu ve en kesitler gibi geometrik veriler oluşturulmuştur. Geometrik verilerin oluşturulması sırasında ArcGIS 10.4.1 yazılımı HecGeo-RAS hidrolik yazılım araç tool'u kullanılmıştır. Sonraki aşamada eksik verilerin toplanması ve tamamlanması kısmında HecRAS 5.0.5 yazılımından faydalanılmıştır. 1D taşkın modeli kapsamında farklı senaryolar göz önünde tutulmuştur. Böylece farklı DEM verilerine bağlı olarak Gumbel EV-I dağılımı uygulanarak 5-10-25-50-100-200-500-1000 yıllık maksimum Q_{peak} taşkın yayılış-hız-derinlik sonuçları hesaplanmıştır.

Farklı DEM verilerine bağlı olarak oluşturulan geometrik verilerin düzenlenmesi ve eksik verilerin tanımlanmasıyla birlikte ana kol üzerinde modellenecek taşkında iki farklı akım verisi değerleri kullanılmıştır. Bu akım verileri Akkayrak ve Çınarköprü akım verileridir. Akkayrak akım verileri Biga yerleşmesine ait akım değerlerini yansıtırken, Çınarköprü akım verileri ise ana kol üzerinde havzada toplanan akım verisinin tamamını yansıtmaktadır.

İki farklı istasyona bağlı olarak oluşturulan akım verileri iki şekilde kullanılacaktır;

- 30 cm çözünürlükte üretilen İHA-DEM verisinin taşkın modelinin oluşturulması ve düşük çözünürlüğe sahip verilerin kalibrasyonu ve doğruluğu açısından karşılaştırılması,
- Biga Çayında Akkayrak AGİ'den Çınarköprü AGİ'ye kadar olan alanda Akkayrak Gumbel EV-I sonuçları kullanılacak olup, bu koldan itibaren ise havzanın akım değerlerinin tamamını yansıtan Çınarköprü AGİ'ye ait olan Gumbel EV-I maksimum akım değerleri kullanılacaktır (Şekil 41).

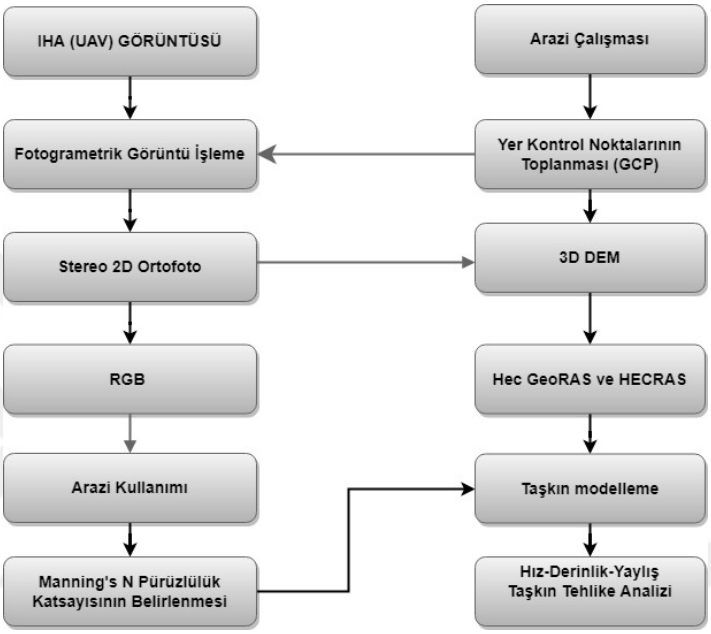


Şekil 41: Taşkın modellemesi kapsamında kullanılacak akım verileri ve ana kol üzerindeki konumları

5.1.1. İHA-DEM 1D Taşkın Model Kalibrasyonu

Bu kapsamda 1D taşkın modellemesi, İHA-DEM 30 cm verisine alternatif olabilmesi amacıyla yapılmıştır. Akkayrak AGİ ve Biga yerleşmesine kadar olan sahada yapılan taşkın tehlike haritalamasında ortaya çıkan sonuçlar farklı çözünürlükte veri tiplerine göre oldukça farklılık göstermiştir. Elde edilen hız-derinlik ve yayılış tiplerinin arazinin topografik özelliklerine akarsu yatağının derinliğine ve yayılışın meydana geldiği

alanın yüzey topografyasının ne derecede doğru yansıtıldığı ile paralel olduğu gözlemlenmiştir. Farklı model ve çıktıların tehlike kapsamında kullanılması ile ortaya çıkan sonuçların gelecekti taşkın tehlike çalışmalarında bir alternatif olup olmadığı tartışılmıştır. İHA-DEM verisine bağlı olarak oluşturulan taşkın modeline ait aşamalar Şekil 42'de verilmiştir.



Şekil 42: İHA görüntüsü ile İHA-DEM ve taşkın modeli oluşturma diagramı

1D taşkın modellemesinde genel olarak 1D Saint-Venant denklemi kullanılmaktadır. Bu denklem (Chow V.T, Maidment D.R., 1988)

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}=0$$

$$\frac{1}{A}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{1}{A}\frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x}+g\frac{\partial w}{\partial x}=g(S_0-S_e)$$

olarak ifade edilmektedir.

Q:akım
A: Taşkın alanı
g: yerçekim hızı
w: su derinliği
S_0: akarsu yatak eğimi
S_e: eğime bağlı ortaya çıkan enerji

$\partial w/\partial x, \frac{1}{A}\partial Q/\partial t$ $\frac{1}{A}\partial(Q^2/A)/\partial x$ basıç gradyanı yerel ve konvektif hızlanma durumunu ifade etmektedir (Dimitriadis vd., 2016, s. 479)

1D taşkın modellemesinde iki en kesit arasında suyun hareketi için ortaya çıkan bir formül ise:

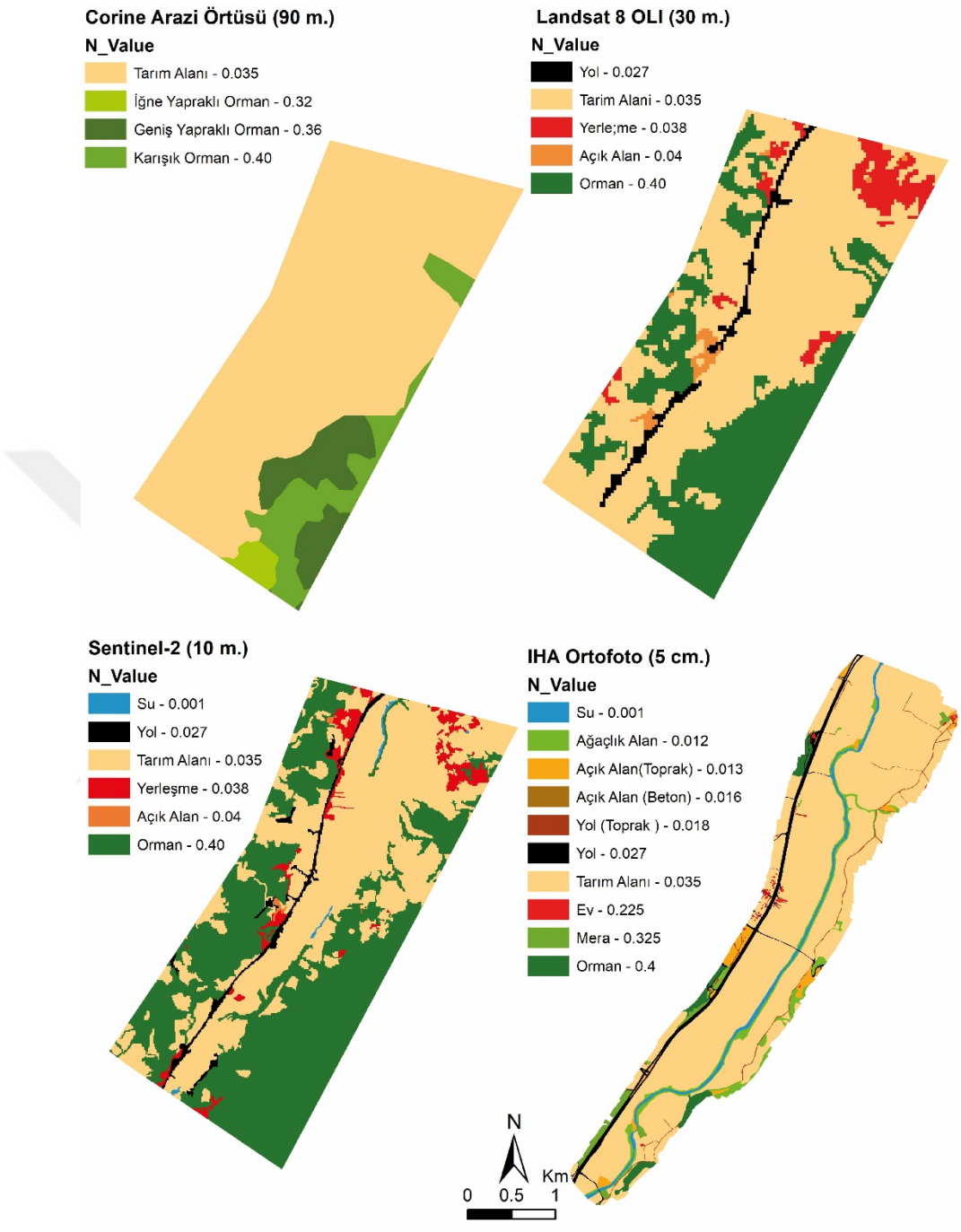
$$\Delta Y + a_2\frac{V_2^2}{2g} - a_1\frac{V_1^2}{2g} = L\bar{S}e + C\left[a_2\frac{V_2^2}{2g} - a_1\frac{V_1^2}{2g}\right]$$

$$b_2\frac{Q_2}{A_2} - b_1\frac{Q_1}{A_1} + g\frac{(A_2Y2 - A_1Y1)}{AL} = g(S_o - \bar{S}e)$$

şeklindedir (Dimitriadis vd., 2016, s. 479).

Y: su yüzeyi yükseltisi
ΔY: iki enine kesit arasındaki alan
Q_1, A_1, Q_2, A_2: iki enine kesit arasında kalan alandaki suyun yayılışı
a_1, b_1, a_2, b_2: hız ve düzeltme katsayıları
L: Akış ağırlıklı erişim uzunluğu
$\bar{S}e$: iki enine kesit arasıdaki eğime bağlı ortaya çıkan enerji
C: suyun genişleme veya alansal olarak dağılması
V: derinlik ve ortalama hız
S_e: Hıza ve sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan Manning's'dir

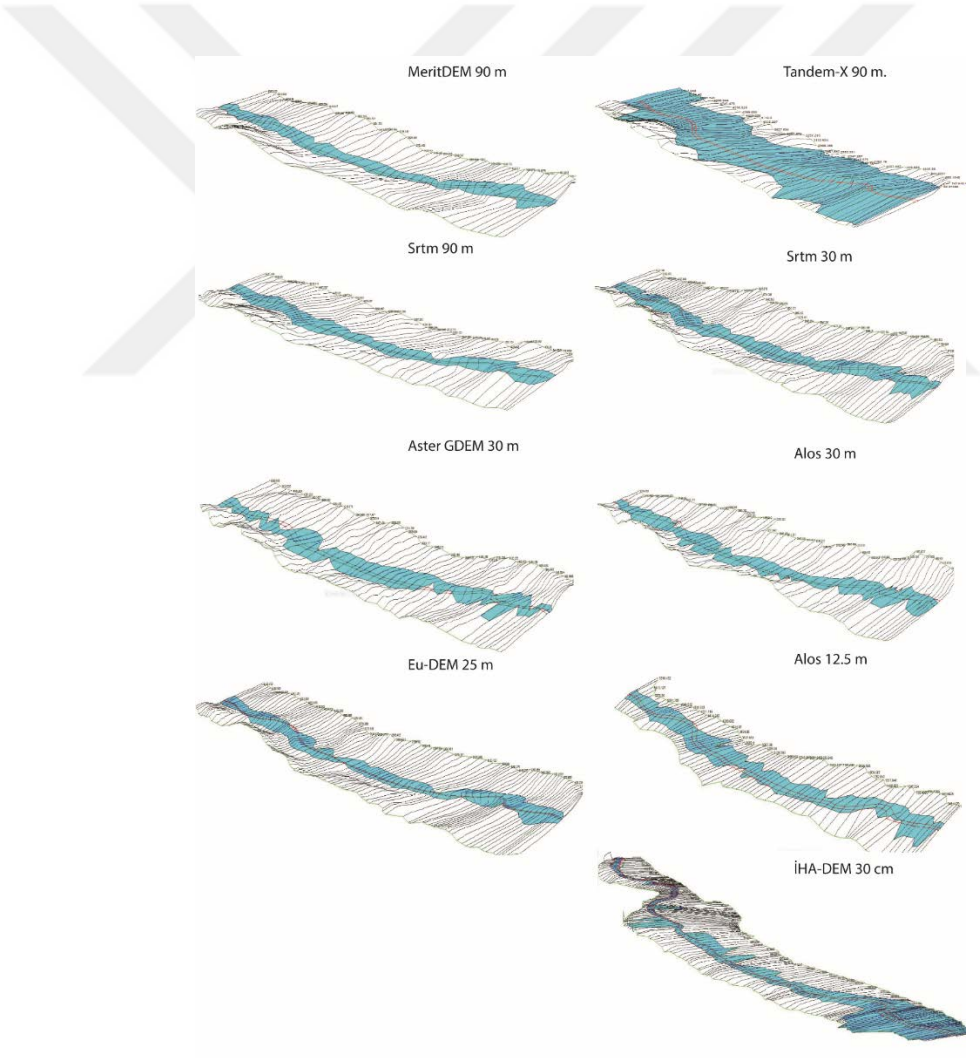
Arazi kullanımı/örtüsü herbir sınıfın suyun akışına karşı vereceği tepkimenin durumunu (Manning's N değerlerinin) belirlenmesinde (Chow, 1959; Garrote vd., 2016; Liu vd., 2018; Özdemir, 2007)'den yararlanılmıştır. Landsat 8 OLI, Sentinel-2, uydu görüntülerinden elde edilen sınıfların Manning's N değerleri Şekil 42'de verilmiştir. İHA-DEM verisi taşkın modellemesi kapsamında farklı çözünürlüğe sahip arazi kullanım örtüsü verisi için Akkayrak AGİ'den Biga yerleşmesine kadar olan sahada Manning's N pürüzlülük katsayısı elde edilmiş olup farklı veri tiplerinde arazi örtüsü oldukça farklı çıkmıştır (Şekil 43). Corine arazi kullanımında 4 sınıf, Landsat 8 arazi kullanımda 5 sınıf, Sentinel-2 arazi kullanımında 6 sınıf, İHA-Ortofoto arazi kullanımında 10 farklı sınıf ortaya çıkmıştır.



Şekil 43: Farklı çözünürlükte arazi kullanımına ait Manning-N katsayısı değeri.

Akkayrak AGİ'den Biga yerleşmesine kadar olan alanda yapılacak taşkın modelinde yatak eğim değerleri ortalama seviyelerdedir. Genel yatak eğimi farklı DEM verilerine bağlı olarak 0.005 – 0.015 arasında değişmektedir. Eğim değerlerinin ortalama bir derecede olması akımın hızını belirleyici subcritic-kritikaltı taşkın modeli hesaplama yöntemi seçilmiştir. Böylece herbir çözünürlükteki DEM verisine bağlı olarak ortaya

çıkan eğim değerleri akımın hızında belirleyici rol oynamıştır. 9 farklı DEM verisine bağlı olarak oluşturulan düzenli akım verisinin farklı DEM verileri üzerinde yayılışı hesaplanmıştır. İHA-DEM verisine ve diğer DEM verilerine bağlı olarak oluşturulan taşkın modellemelerine ait enkesitler Şekil 44'te verilmiştir. Düşük çözünürlüklü verilerin akarsu yatağını temsil etmesi düşük kalırken, yüksek çözünürlüklü verilerde bu oran yüksek çıkmıştır. Düşük çözünürlükte DEM modeli ile oluşturulan taşkın modelinde yatak üzerinde piksel bazlı yayılış olmuştur. Fakat burada yer alan modelde ise topografik engellerden suların aşılmadığı çözünürlüğe bağlı olarak akarsu yatağı üzerinde yayılışın kesildiği ve göllenmelerin oluştuğu görülmüştür.



Şekil 44: Farklı çözünürlükte DEM verilerinin Gumbel EV-I T 5'e göre oluşturulan taşkın enkesit örnekleri

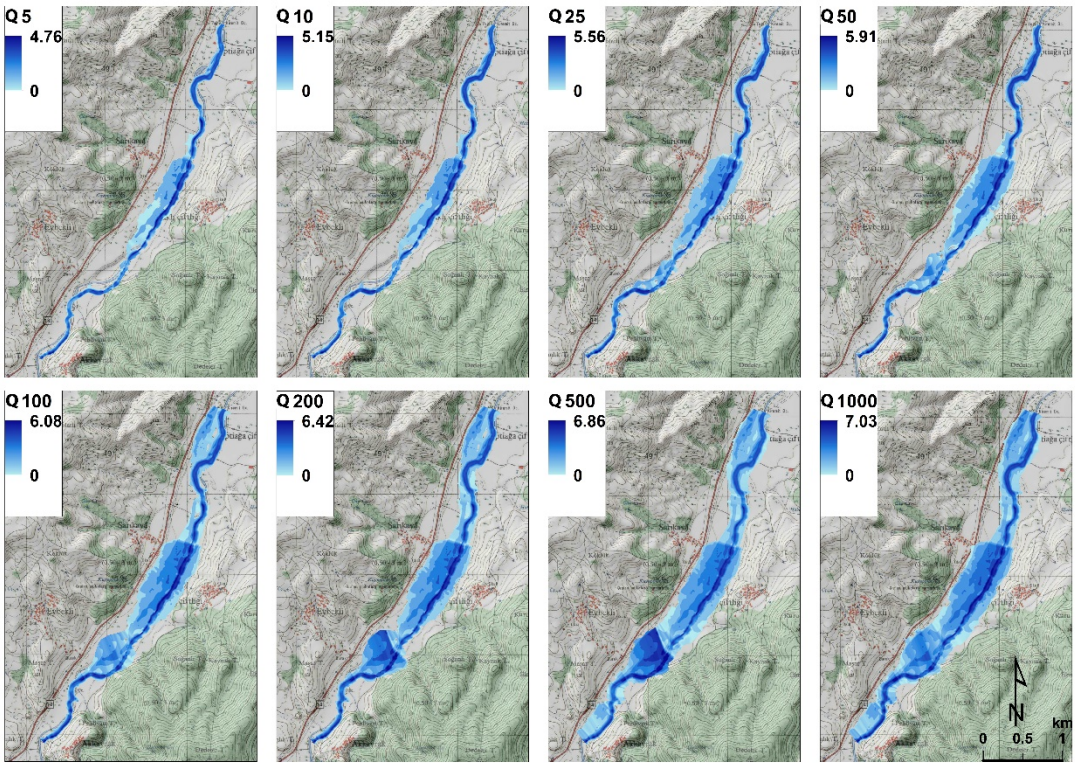
5.1.1.1. Taşkın Derinliği

Taşkın tehlike analizi kapsamında en önemli parametrelerden biri olan su derinlik verisi Biga Çayı, Akkayrak AGİ ve Biga yerleşmesine kadar olan alanda oluşturulmuştur. 30 cm İHA-DEM verisi ile oluşturulan derinlik verisi, 8 farklı DEM verisine ait derinlik verileri ile karşılaştırılmıştır. 30 cm İHA-DEM verisine ait modelde su derinliği 4.76-7.03 m. arasında çıkmıştır (Şekil 45). Bu değer Alos DEM 12.5 derinlik verisinde 5.34-6.66 m (Şekil 46), 25 m çözünürlükte Eu-DEM verisinde 3.45-5.17 m. arasındadır (Şekil 47). 30 m çözünürlüklü DEM verilerinde ise bu değerler Alos 30 m. verisi için 4.79 5.63 m (Şekil 48) arasında olup Aster-GDEM verisi için 7.71-8.94 m (Şekil 49), Srtm 30 m. verisi için 5.83-7.56 m. elde edilmiştir (Şekil 50). 90 m çözünürlüklü verilerde Srtm 90 m derinlik verisinde 5.95-6.84 m. arasındadır (Şekil 51). Merit 90 m derinlik verisinde 6.56-7.48 m (Şekil 52) iken bu değerler TanDEM-X derinlik verisinde 4.81-6.21 m. arasında çıkmıştır (Şekil 53).

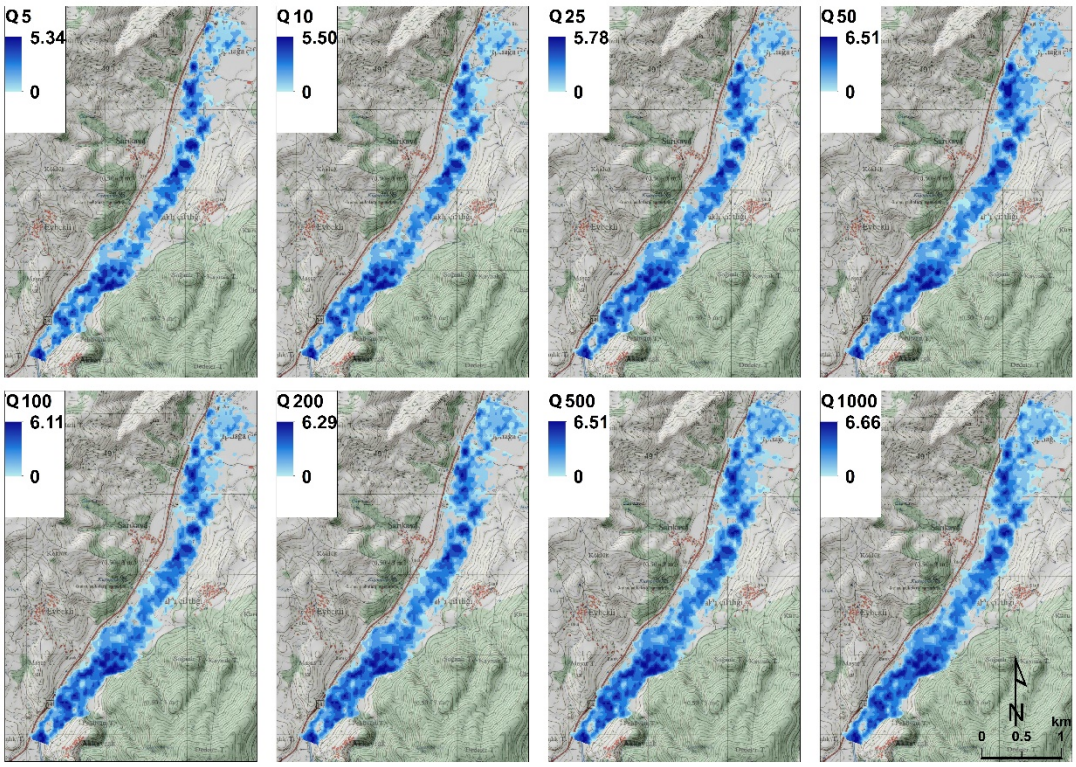
Derinlik ve yayılış verilerindeki özelliklere bakıldığında çalışma alanı üzerinde İHA-DEM verisinin yüzey topografyasına ait özelliklerin iyi yansıtmasından dolayı taşkın yayılışı belirli noktalarda toplanmıştır. Bu dağılış İHA-DEM verisinde farklı tekerrür aralıklarında ortaya çıkan değerler topografya yüzeyinde düzenli ve sürekli bir yayılış göstermiştir. Q5 derinlik verisinde taşkın alanlarını Bakacakçifliği köyü ve yakın çevresinde yayılış göstermektedir. Q1000 maksimum akım verisine göre oluşturulan derinlik verisinde ise akarsuyun neredeyse yatağın her yerinden taştığı görülmüştür (Şekil 45).

Açık erişime sahip DEM verilerinin derinlik modeli incelendiğinde, herbir DEM verisinde Q5-Q1000 minimum ve maksimum değerlerin hepsinde akarsuyun yatağından taştığı çevreye yayıldığı görülmüştür. Bu yayılışın gerçekleşmesinin asıl nedeni çözünürlüğe bağlı akarsu yatağına ait topografya özelliklerinin iyi veya yeterince yansıtmamasıdır. Bazı noktalarda akarsu yatağı ve çevresinin yükselti ve dağılışın ova tabanına oranla yüksek olduğu buna rağmen çıkan sonuçların akarsu yatağını ve çevresini temsil etmekte yetersiz kaldığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmada Md Ali et al., 2015, p. 632'ye göre SRTM 90 m verisi ile yapılan taşkın çalışmalarında 90 m'nin altında kalan akarsu yatağı ve çevresini DEM verisi üzerinde temsil etmeyen verilerde yapılan modellemelerde elde edilen sonuçların oldukça başarısız olduğu savını desteklemektedir. 30 m. çözünürlükte 3 farklı DEM verisi üzerinden oluşturulan taşkın modellemesinde ise derinlik sonuçları ortaya çıkmıştır.

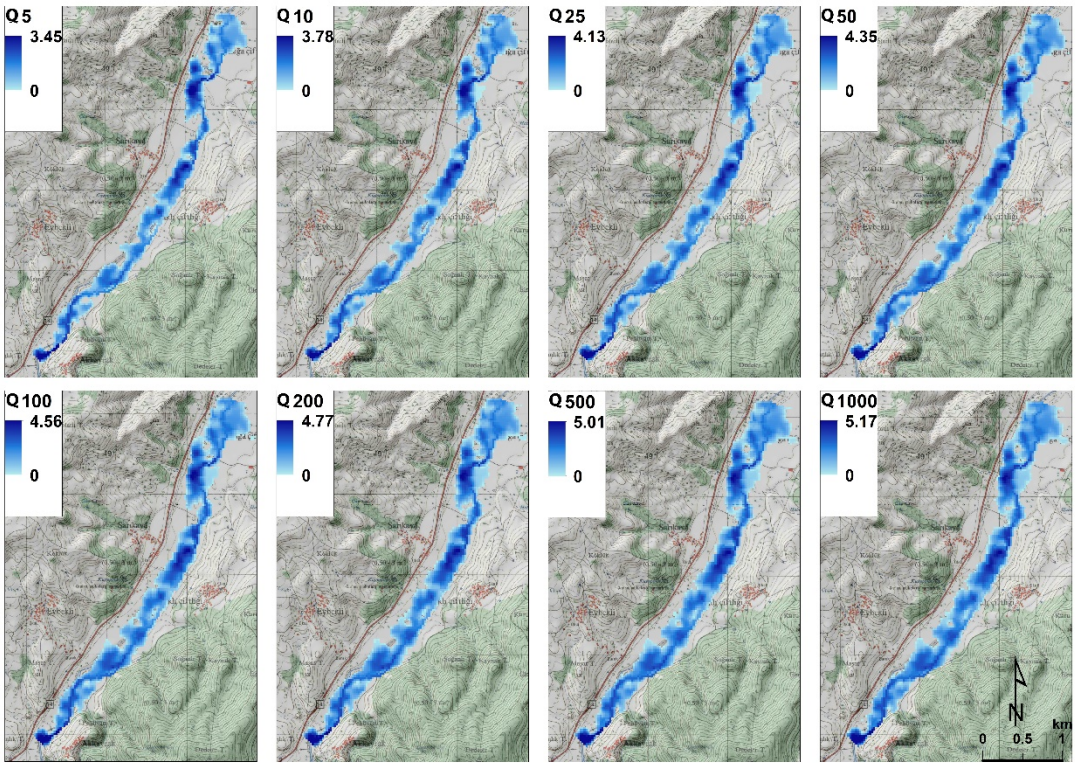
Aster-GDEM, Srtm-DEM ve Alos 30 m DEM verilerinin kullanılmış olduğu taşkın modellemesinde ise farklı tekerrürlere bağlı olarak ortaya çıkan derinlik verisinde maksimum akım verilerinde dahi topografik özelliklerden kaynaklanan sorunlar ortaya çıkmıştır. Birçok noktada devamlı olmayan derinlik paterni oluşmuştur. Özellikle 30 m Aster (Şekil 49) ve Srtm-DEM verisi üzerinden taşkın modellemesi ile oluşturulan derinlik verisi gereken taşkın dinamiklerini sunmakta olup 90 m taşkın modelinin gerisinde kalmıştır denebilir (Şekil 50). Alos 30 m verisinin SRTM ve Aster verisinden iyi sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Eu-DEM 25 m verisi ile oluşturulan taşkın derinlik paterni incelendiğinde yayılışın devamlılığının bozulmadığı, topografyanın 25 m'ye oranla iyi sonuçlar verdiğini belirtebiliriz. Alos 12.5 m ve EU-DEM verileri ile oluşturulan derinlik modelinde ortaya çıkan sonuçlarda benzer değerler çıkmıştır. Fakat Eu-DEM verisinde sürekli bir veri modeli üretilebiliyorken, Alos 12.5 m verisinde ise derinlik verisinde kesintiler ortaya çıkmıştır. Eu-DEM verisinin araziyi yansıtma kabiliyetini 12.5 m Alos verisi ile kıyasladığımızda Alos verisinde derinlik verilerinde süreksiz bir modelin oluştuğu görülmüştür. Açık erişime sahip DEM verilerinden Eu-DEM-Alos 12.5 m DEM verisi dağlık alanlarda oldukça iyi sonuçlar vermektedir. 30 cm İHA-DEM verisi ile 5-10-25-50 yıllık tekrarlama aralıklarına bağlı olarak ortaya çıkan derinlik-hız yayılış özelliklerine baktığımızda Biga Çayı'nın Bakacak Çifliği köyüne kadar yatağından taşmadığı fakat bu noktadan itibaren 5 yıllık maksimum akım verisi yani 165 m^3/sn ile birçok alanın sular altında kaldığı görülmüştür. Ana yolun da etkilendiği tespit edilmiştir.10-25-50-100-200-500-1000 yıllık maksimum akıma bağlı ortaya çıkan sonuçlarda ise ana yolun neredeyse belli alanlarda tamamının sular altında kaldığı görülmüş. Akarsu yatağından taşan suların yüksek akıma bağlı olarak tarım alanlarını ve birçok sahayı sular altında bıraktığı görülmüştür. 5 yıllık akım verisine bağlı ortaya çıkan derinlik 4.76 m'dir. Bu değerler 1000 yıllık akımda derinlikte 7.03 m iken hız 6.42 m/sn'dir. İHA-DEM verisine ait taşkın derinlik ve hız değerleri farklı tekrarlama aralıklarına bağlı olarak farklı sonuçlar vermiştir (Tablo 20).



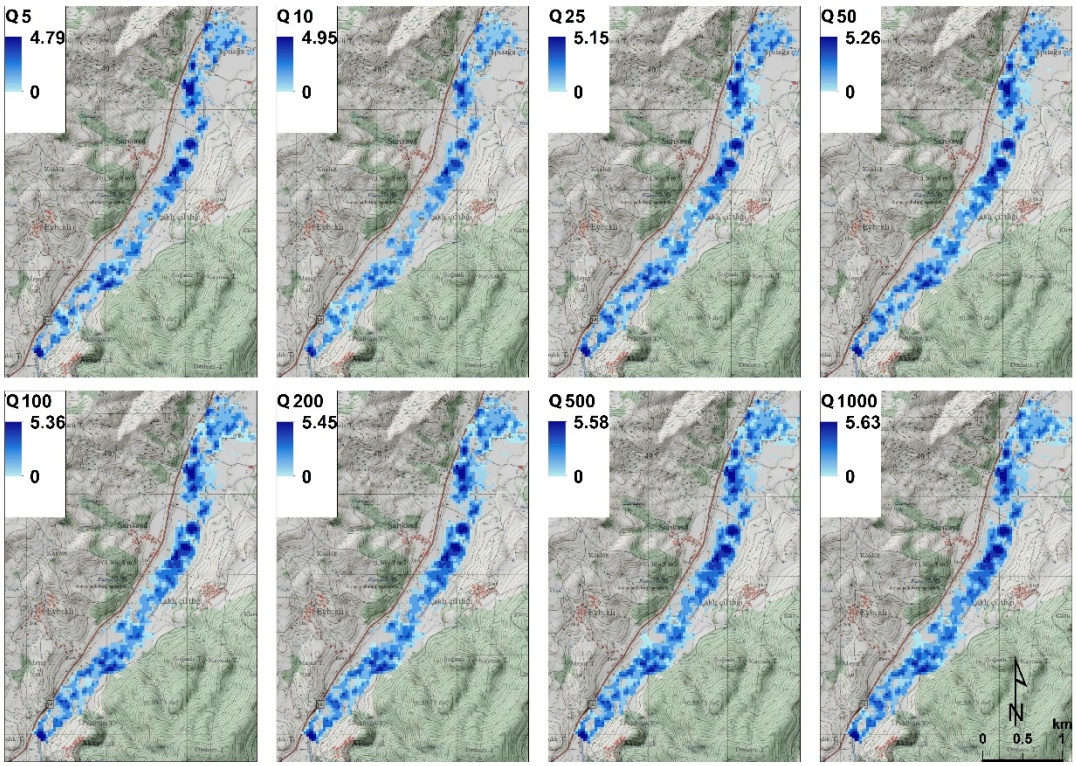
Şekil 45: İHA-DEM 30 cm. taşkın derinlik dağılış özellikleri



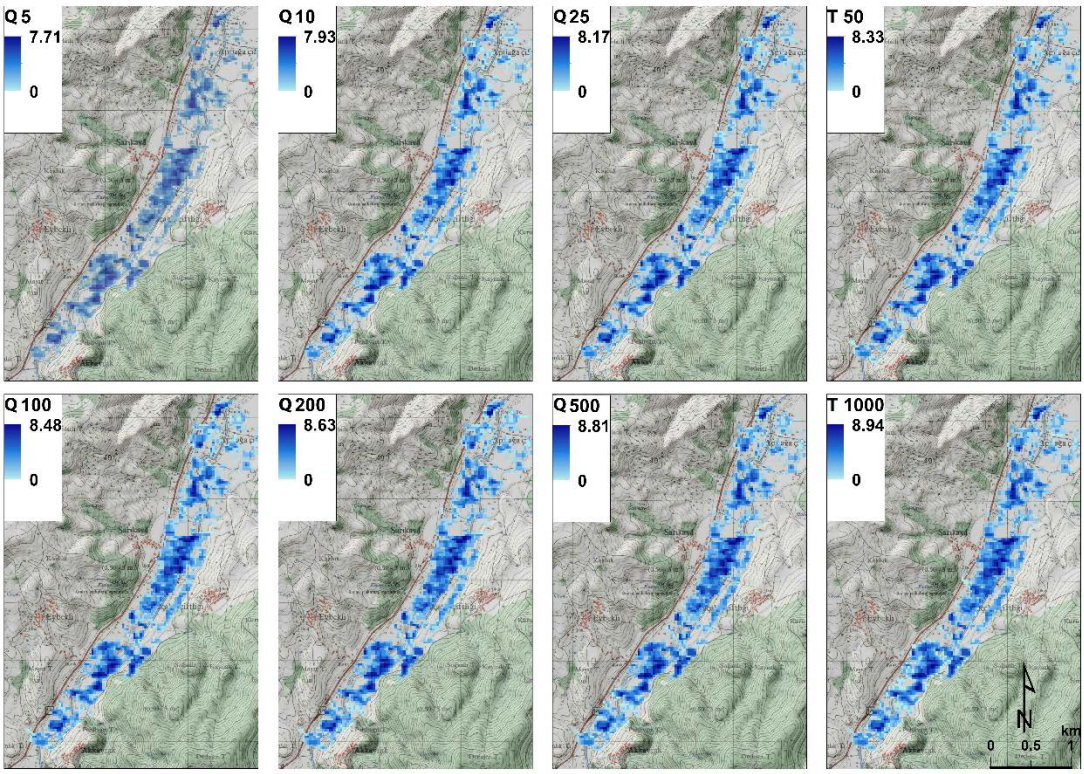
Şekil 46: Alos DEM 12.5 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri



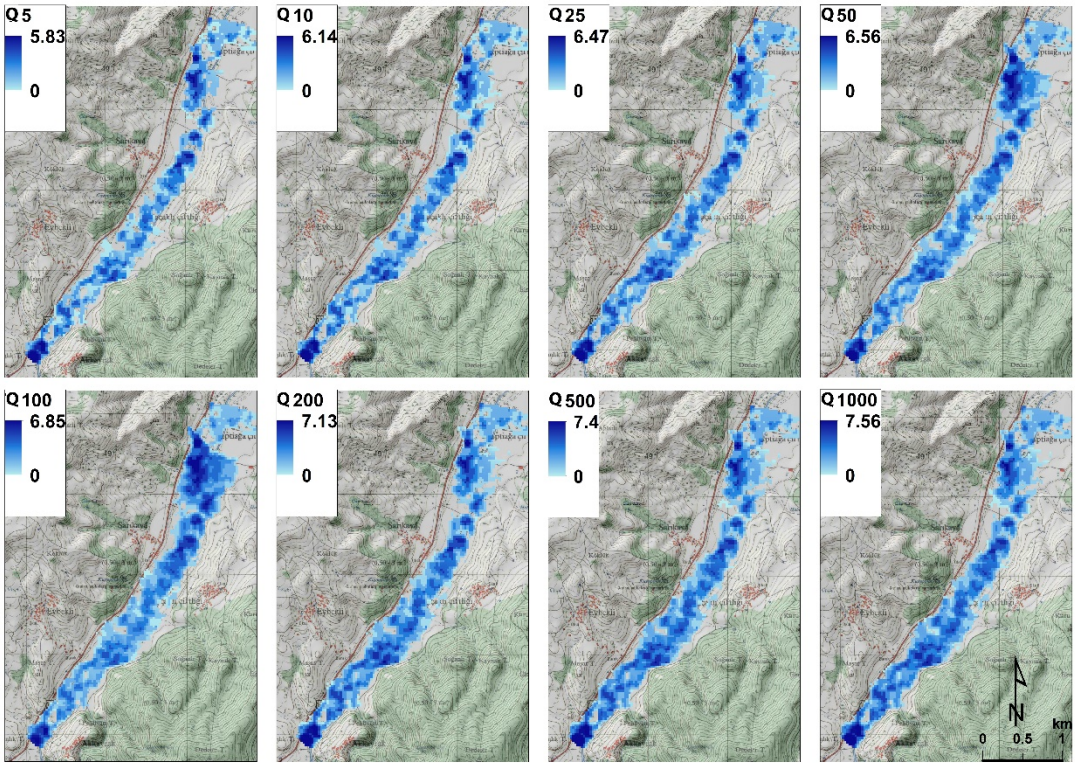
Şekil 47: Eu-DEM 25 m. taşkın yayılış özellikleri



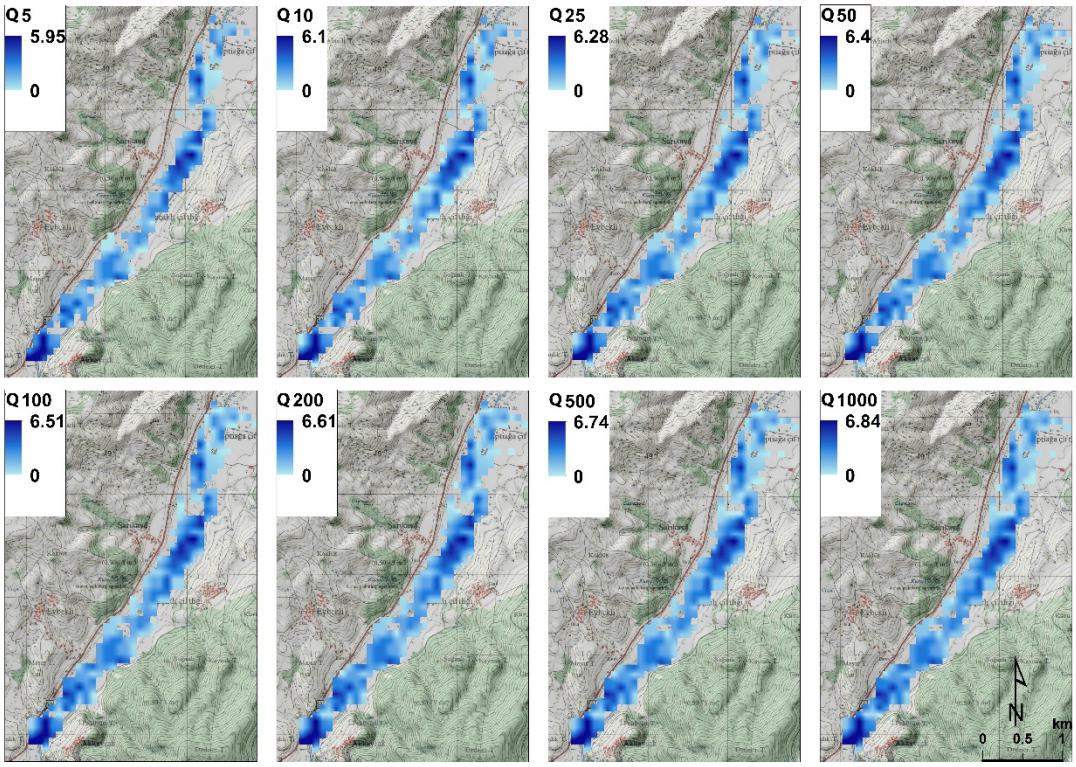
Şekil 48: Alos DEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri



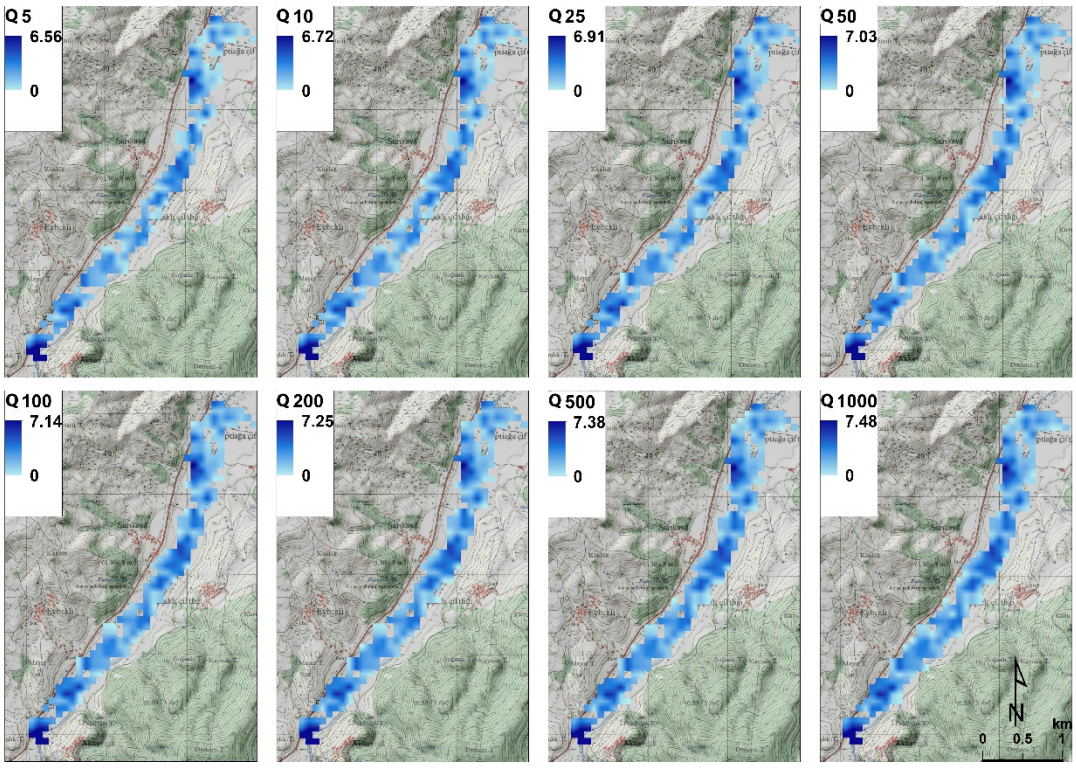
Şekil 49: Aster GDEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri



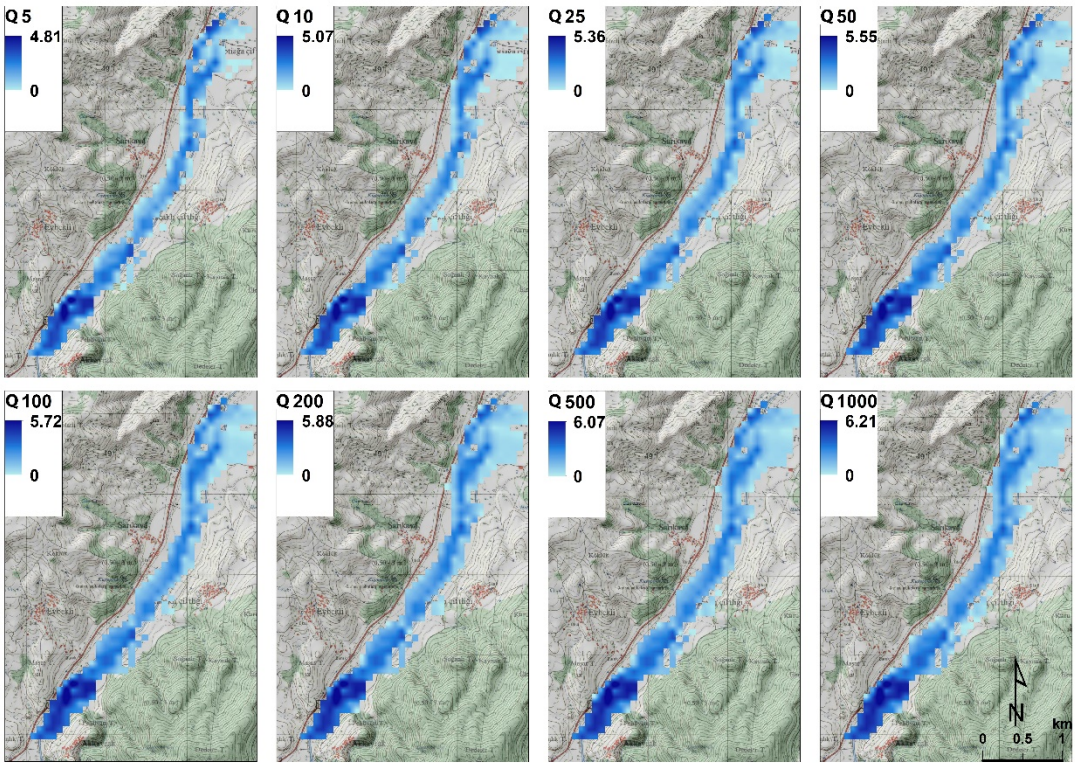
Şekil 50: SRTM DEM 30 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri



Şekil 51: SRTM DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri



Şekil 52: Merit DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri

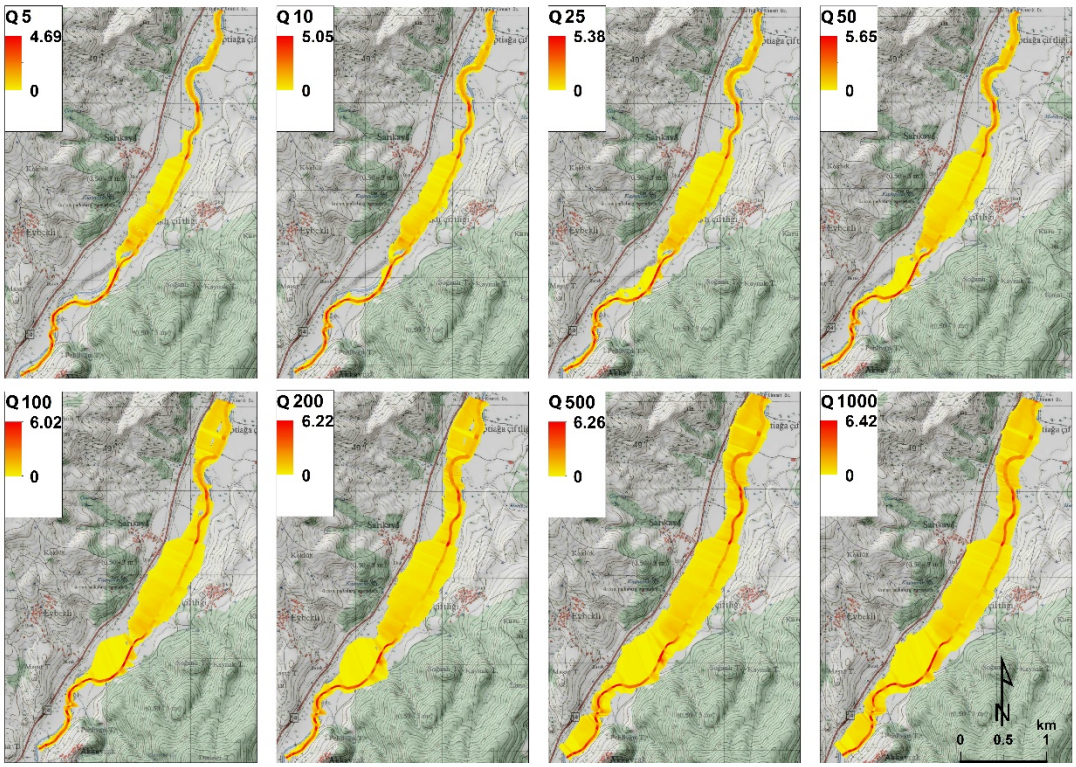


Şekil 53: TanDEM-X DEM 90 m. taşkın derinlik yayılış özellikleri

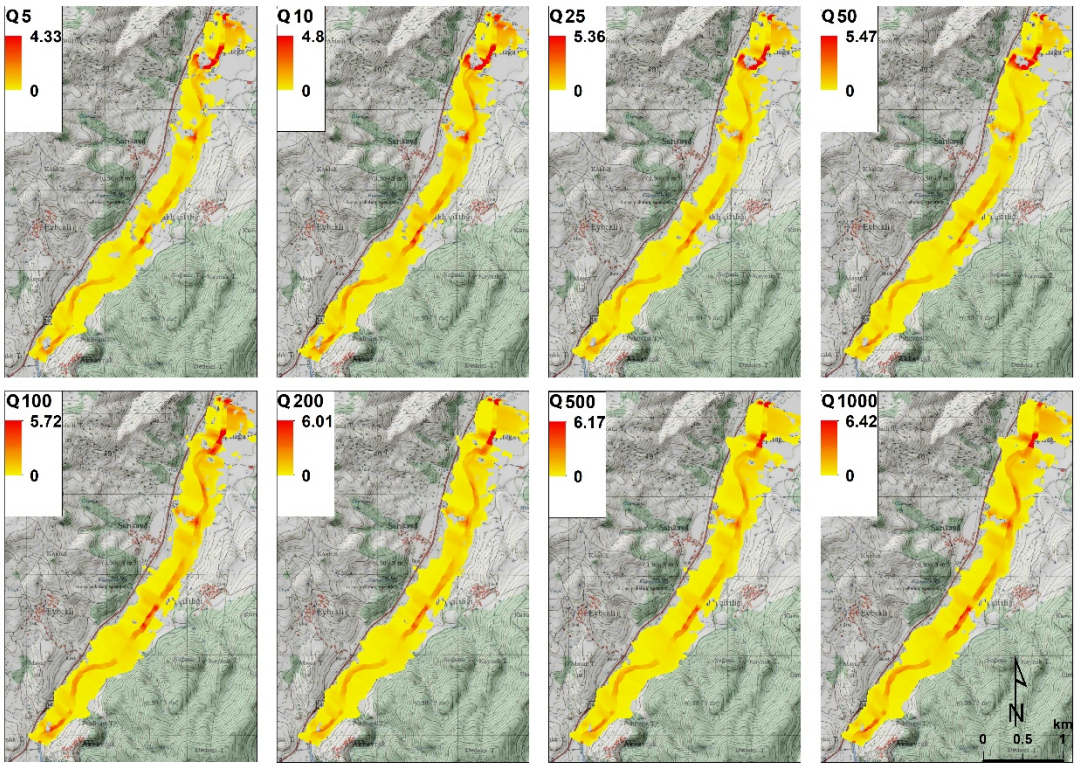
5.1.1.2. Taşkın Hızı

Taşkın hız verisinde ortaya çıkan değerler genel olarak yüzey topografyasına ait eğim özellikleri, akarsu yatağı pürüzlülük ve kanal özelliklerine bağlıdır. Yüksek hız özellikleri değerin artmasına bağlı hasar oranı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca akarsu yatak sinusitesi hız paternini doğrudan etkilemektedir. Çalışmaya ait hız model verisinde ortaya çıkan değerler Tablo 20'de verilmiştir. Farklı DEM verilerine bağlı olarak oluşturulan taşkın hız değerleri farklı sonuçlara sahiptir. İHA-DEM verisine bağlı taşkın hız değerleri 4.69-6.42 m/sn arasında değişmektedir (Şekil 54). Hız değerleri akarsu yatağı üzerinde artmaktadır. Taşkın yatağında ise en düşük hız oranları görülmektedir. Açık erişime sahip DEM verilerinde ortaya çıkan değerler Tablo 20'de verilmiştir. Bu kapsamda elde edilen hız değerleri farklı DEM verilerinde oldukça farklıdır. Alos DEM 12.5 hız verisinde 4.33 - 6.42 m/sn (Şekil 55), 25 m çözünürlükte Eu-DEM verisinde 4.1 - 4.95 m/sn arasındadır (Şekil 56). 30 m çözünürlüklü DEM verilerinde ise bu değerler Alos 30 m. verisi için 2.93 - 4.18 m/sn (Şekil 57) arasında olup Aster-GDEM verisi için 3.1 - 4.22 m/sn (Şekil 58), Srtm 30 m. verisi için 4.84 – 5.65 m/sn elde edilmiştir (Şekil 59). 90 m çözünürlüklü verilerde Srtm 90 m hız verisinde 3.07 - 4.41 m/sn arasındadır (Şekil 60). Merit 90 m. hız

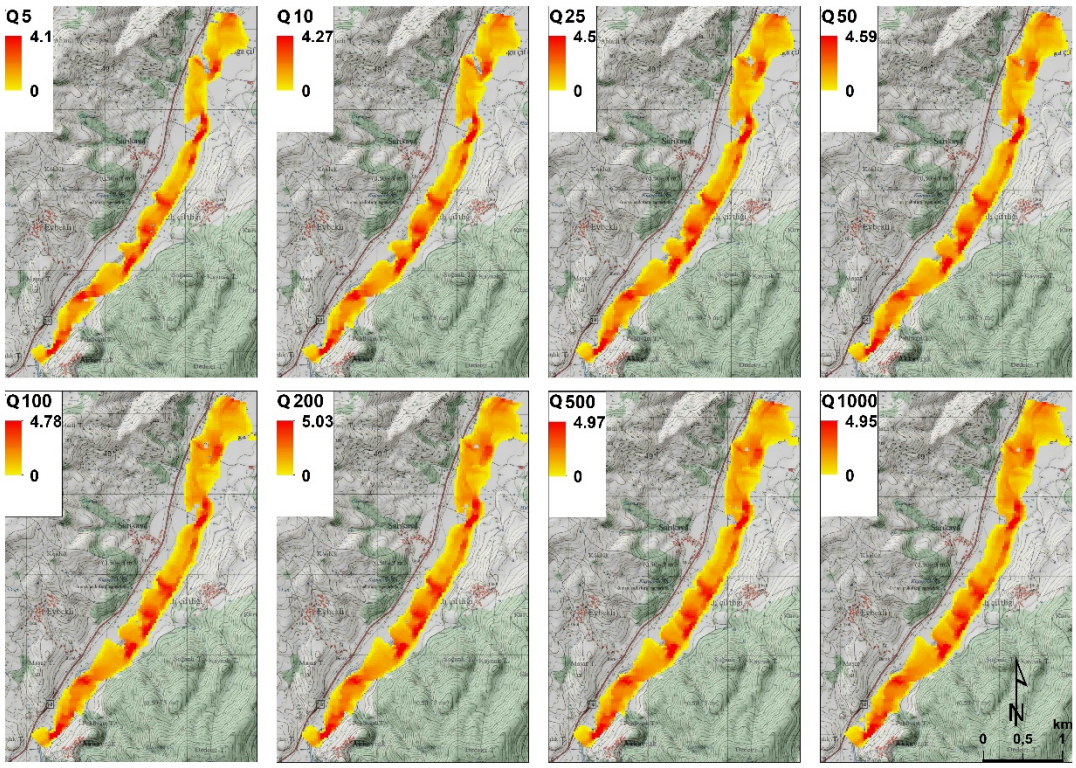
verisinde 2.47 – 3.56 m/sn (Şekil 61) iken bu değerler TanDEM-X derinlik verisinde 3.57 – 4.58 m/sn arasında çıkmıştır (Şekil 62).



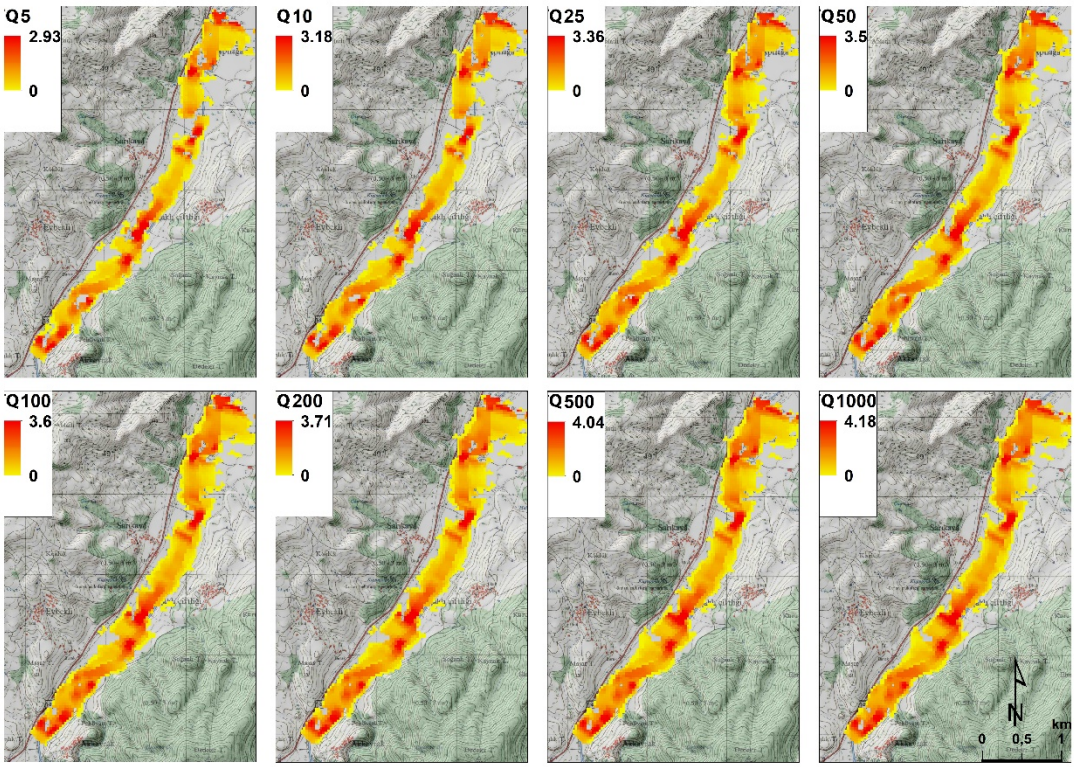
Şekil 54: İHA-DEM 30 cm. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



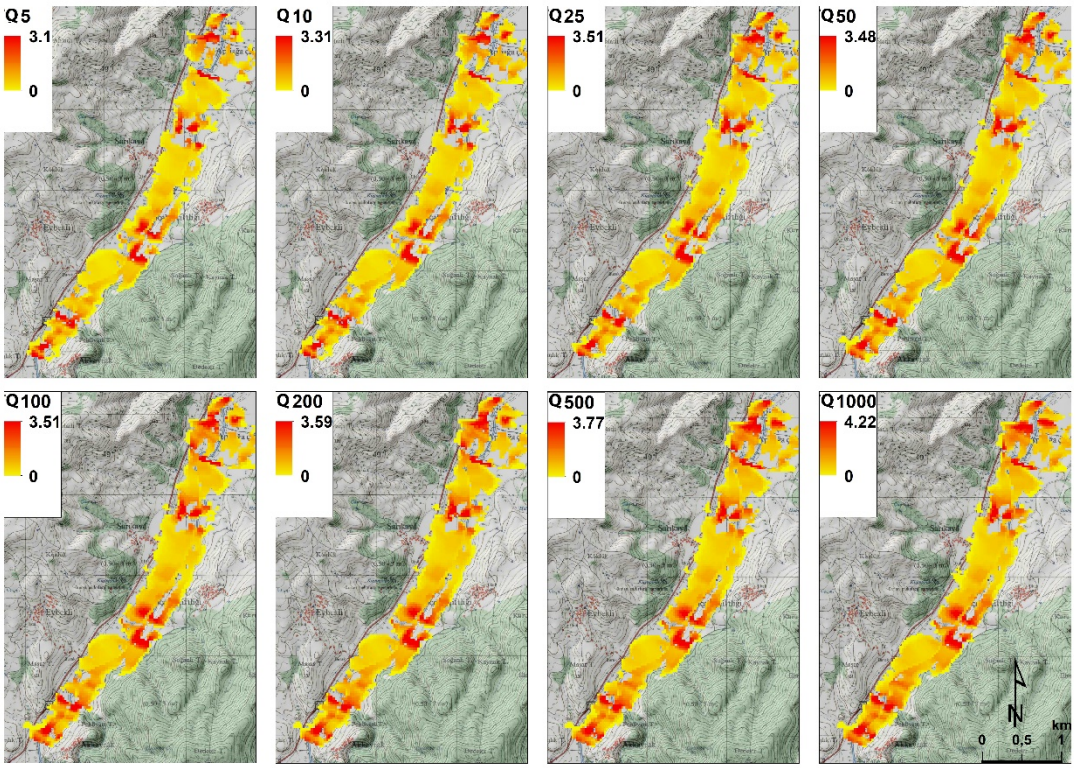
Şekil 55: Alos DEM 12.5 taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



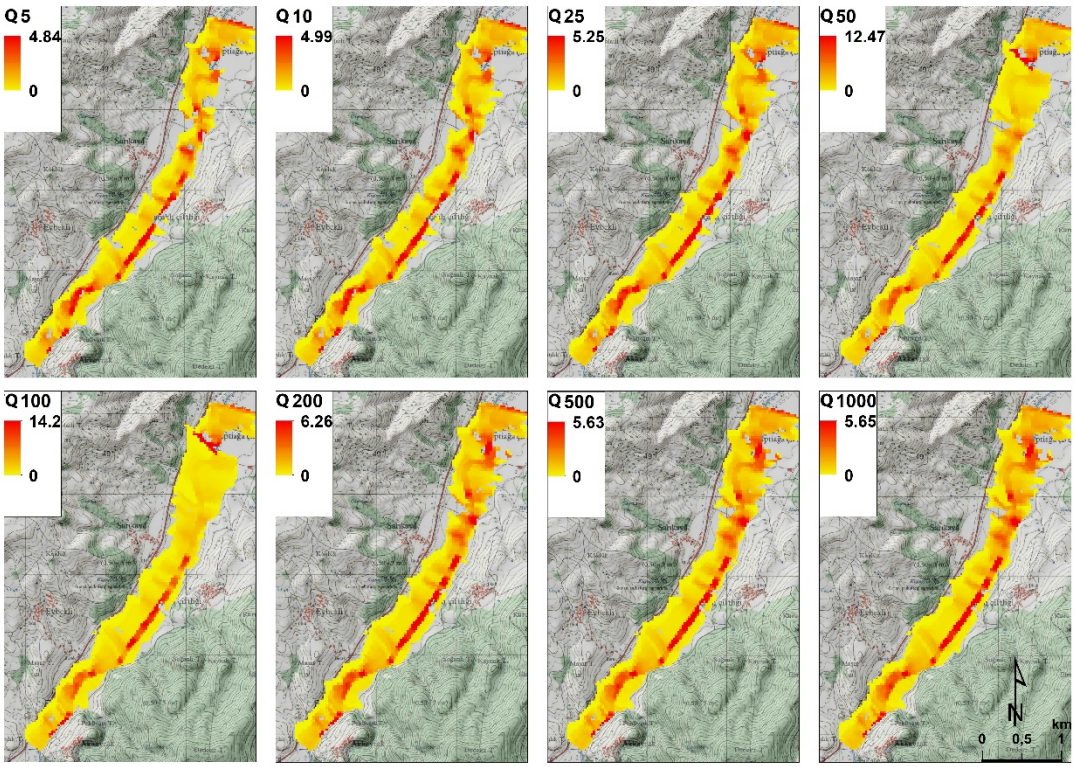
Şekil 56: Eu-DEM 25 m. taşkın hızı (m/sn) özelikleri



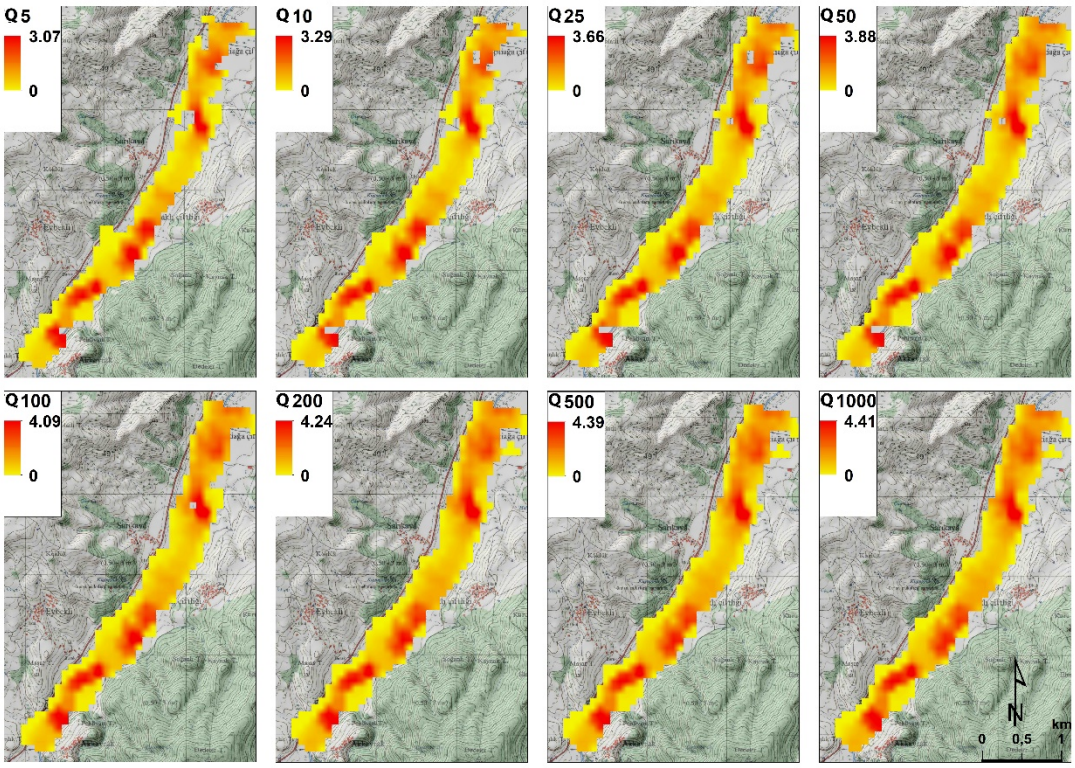
Şekil 57: Alos DEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



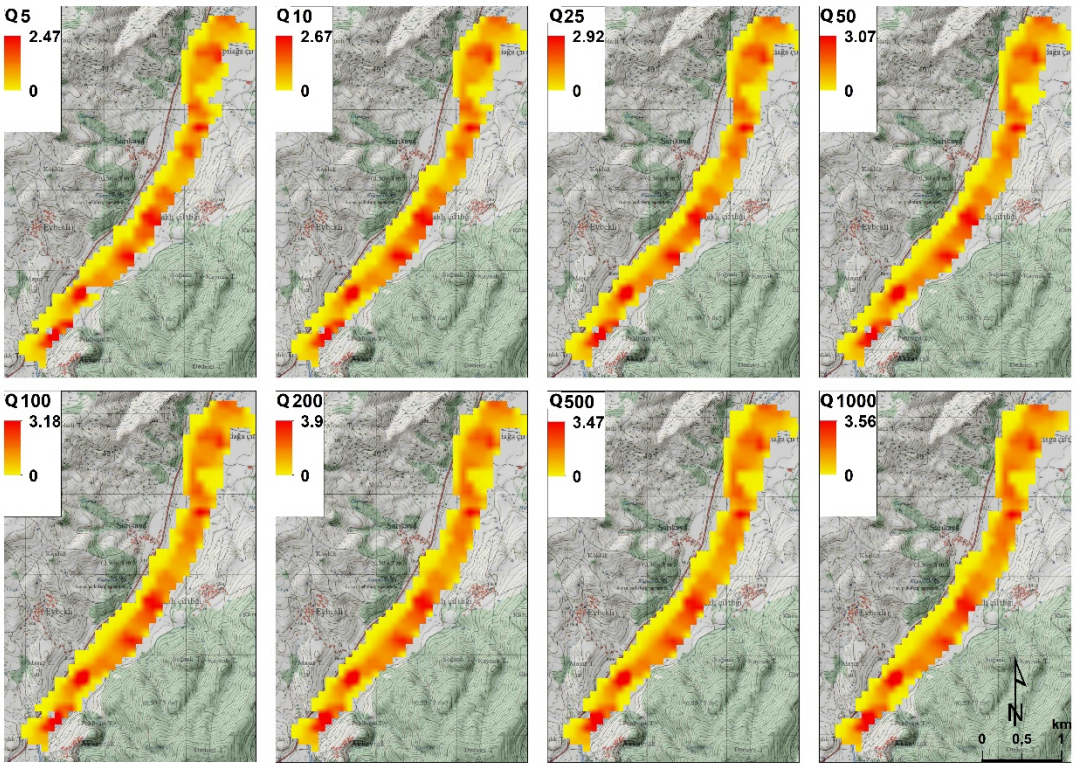
Şekil 58: Aster GDEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



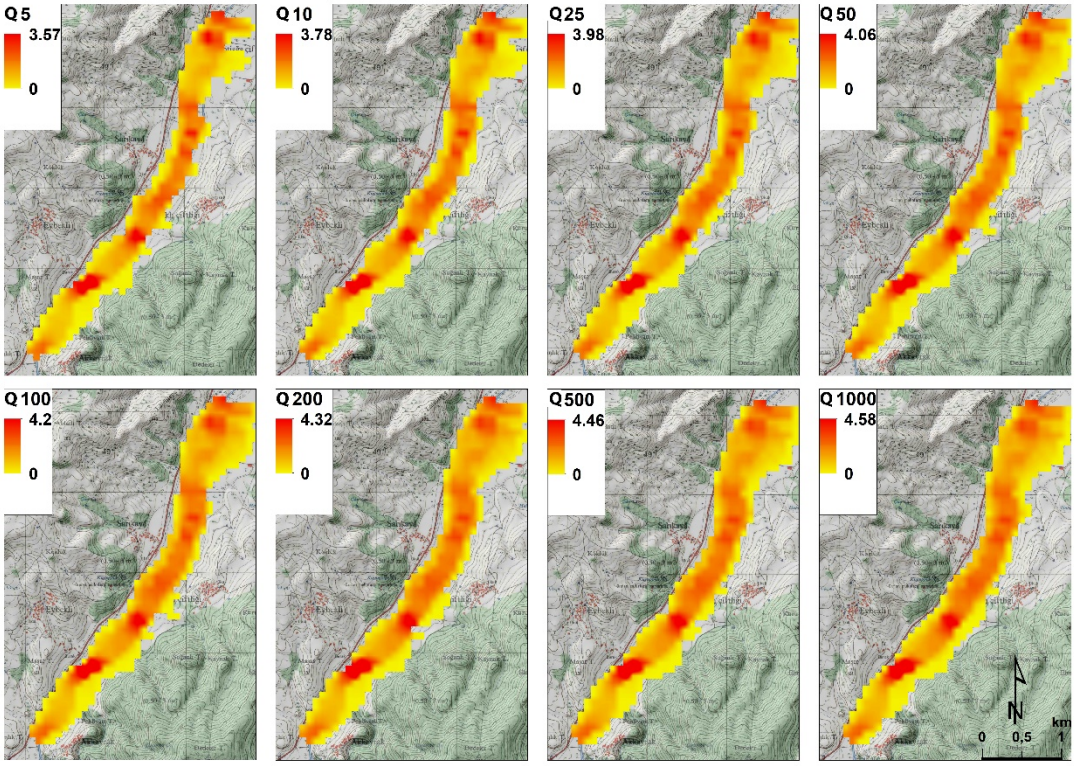
Şekil 59: SRTM DEM 30 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



Şekil 60: SRTM DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



Şekil 61: Merit DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.



Şekil 62: TanDEM-X DEM 90 m. taşkın hızı (m/sn) özellikleri.

Tablo 20: Farklı DEM verilerine ait Taşkın modellemesi sonucu sayısal veriler

İHA-DEM 30 cm.						Alos DEM 12.5 m.				
Tekrarlama Aralığı	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²
5	8.69	0	4.22	0	0.40	5.34	0	4.33	0	1.39
10	8.97	0	4.61	0	0.44	5.5	0	4.80	0	1.46
25	9.38	0	5.16	0	0.62	5.78	0	5.36	0	1.82
50	9.44	0	5.30	0	0.68	6.51	0	5.47	0	1.76
100	9.68	0	5.58	0	0.82	6.11	0	5.72	0	1.66
200	9.88	0	5.85	0	0.92	6.29	0	6.01	0	1.80
500	10.18	0	5.99	0	1.13	6.51	0	6.17	0	2.07
1000	10.42	0	6.33	0	1.27	6.66	0	6.42	0	2.21
EU DEM 25 m.						**Alos DEM 30 m.**				
Tekrarlama Aralığı	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²
5	3.45	0	4.10	0	1.23	4.79	0	2.93	0	1.25
10	3.78	0	4.27	0	1.30	4.95	0	3.18	0	1.34
25	4.13	0	4.50	0	1.40	5.15	0	3.36	0	1.38
50	4.35	0	4.59	0	1.45	5.26	0	3.50	0	1.46
100	4.56	0	4.78	0	1.52	5.36	0	3.60	0	1.50
200	4.77	0	5.03	0	1.56	5.45	0	3.71	0	1.56
500	5.01	0	4.97	0	1.61	5.55	0	4.04	0	1.68
1000	5.17	0	4.95	0	1.64	5.63	0	4.18	0	1.72
SRTM DEM 30 m.						**Aster GDEM 30 m.**				
Tekrarlama Aralığı	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²
5	5.83	0	4.84	0	1.36	7.71	0	3.10	0	1.25
10	6.14	0	4.99	0	1.50	7.93	0	3.31	0	1.32
25	6.47	0	5.25	0	1.58	8.17	0	3.51	0	1.35
50	6.56	0	5.31	0	1.60	8.33	0	3.48	0	1.41
100	6.85	0	5.43	0	1.62	8.48	0	3.51	0	1.44
200	7.13	0	5.58	0	1.65	8.63	0	3.59	0	1.48
500	7.40	0	5.63	0	1.71	8.81	0	3.77	0	1.54
1000	7.56	0	5.65	0	1.76	8.94	0	4.22	0	1.65
TanDEM-X 90 m.						**Srtm DEM 90 m.**				
Tekrarlama Aralığı	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²
5	4.81	0	3.57	0	1.39	5.95	0	3.07	0	1.54
10	5.07	0	3.78	0	1.46	6.10	0	3.29	0	1.67
25	5.36	0	3.98	0	1.82	6.28	0	3.60	0	1.71

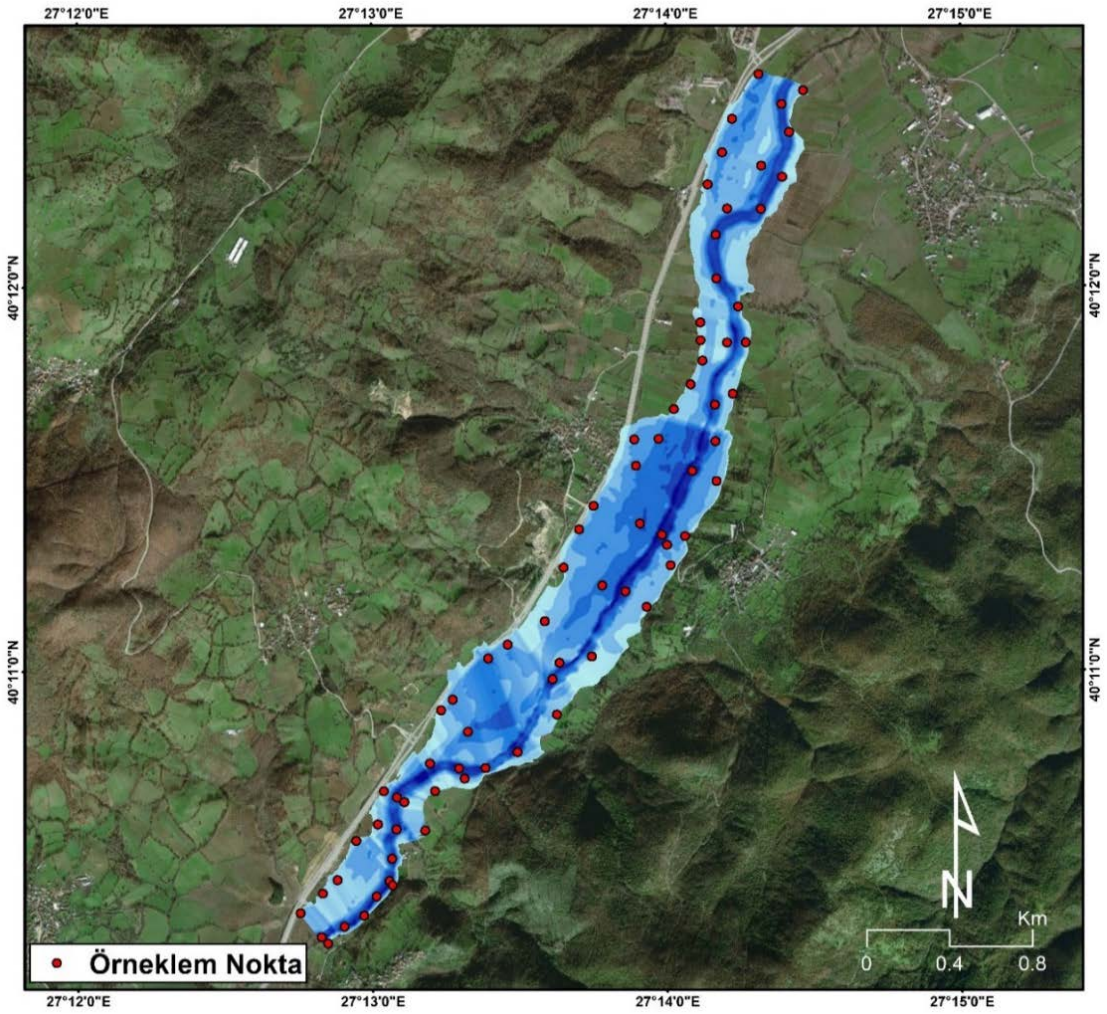
50	5.55	0	4.06	0	1.76	6.4	0	3.88	0	1.72
100	5.72	0	4.2	0	1.66	6.51	0	4.09	0	1.74
200	5.88	0	4.32	0	1.80	7.14	0	4.25	0	1.80
500	6.07	0	4.46	0	2.07	6.74	0	4.39	0	1.83
1000	6.21	0	4.58	0	2.21	7.25	0	4.41	0	1.84

Merit DEM 90 m.

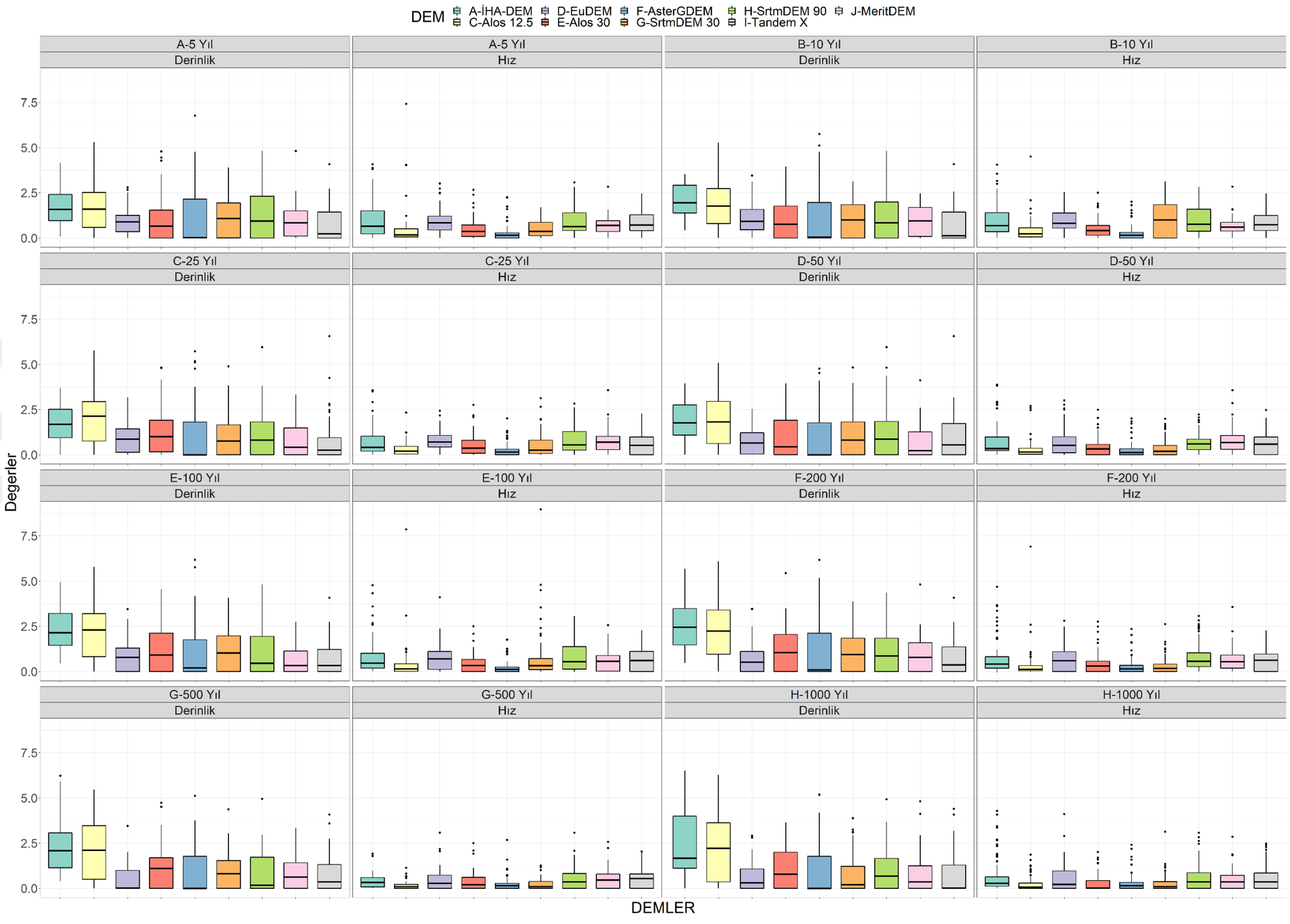
Tekrarlama Aralığı	Su Derinlik Maks	Su Derinlik Min	Su Hız Maks	Su Hız Min	Alan km²
5	6.56	0	2.47	0	1.38
10	6.72	0	2.67	0	1.46
25	6.91	0	2.92	0	1.55
50	7.03	0	3.07	0	1.58
100	7.14	0	3.18	0	1.63
200	7.25	0	3.30	0	1.67
500	7.38	0	3.47	0	1.82
1000	7.48	0	3.56	0	1.83

Akkayrak AGİ'den Biga yerleşmesine kadar olan alanda, 1D taşkın modeli oluşturulmuştur. Farklı veri tiplerine bağlı olarak farklı derinlik ve hız değerleri ortaya çıkmıştır. Bu ortaya çıkan sonuçlar kendi aralarında değerlendirilmiştir. 30 cm İHA-DEM verisinin modellenmesiyle ortaya çıkan yayılış alanının hız ve derinlik değerlerinin diğer DEM verileri ile kıyaslanması sonucu oldukça farklı bulgular elde edilmiştir. Çalışma sahasına ait bazı noktalarda birtakım örtüşmeler görülmüştür. Minimum tekrarlama aralığı olan 5 yıllık akım verisi ile oluşturulan taşkın modelinde, her bir verinin akarsu yatağından taştığı çevre alanlara yayıldığı görülmüştür. Oluşturulan bu veri setleri herbir tekrarlama aralığına göre hız ve derinlik arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Topografya hız-derinlik ilişkisi arasında anlamlı bağlantılar görülmüştür. Elde edilen dağılış paterninin topografyaya bağlı olarak modelleme üzerinde nasıl bir farklılaşmaya neden olduğunu belirlemek amacıyla hız-derinlik değerlerinin İHA-DEM ve diğer DEM verileri arasındaki farklılık ve benzerlikleri değerlendirilmiştir. Model kalibrasyonu için tercih edilen İHA-DEM verisine ait sonuçlar temel alınarak modelin başlangıcından sonlandığı noktaya kadar değişik lokalitelerden kontrol nokta verisi atılmıştır. Bu noktaların dağılışı rastgele olarak dere içi, taşkın yatakları ve modelin değişik köşelerinden olacak şekilde seçilmiştir (Şekil 63). Bu kontrol noktalarına karşılık gelen farklı DEM verilerine ve senaryolarına ait taşkın derinlik ve hız verilerinin okumaları gerçekleştirilmiştir, elde edilen değerler İHA-DEM model sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar box plot grafiği ile

median değerlerine bakılarak uyumlulukları sorgulanmıştır (Şekil 64). Buna göre en iyi derinlik ve hız sonucunun EU-DEM 25 m. ve Alos 12.5 m DEM verilerinin olduğu görülmüştür. Farklı tekerrür aralıklarına sahip hız ve derinlik grafiklerinde Eu-DEM ve Alos 12.5 DEM verileri İHA-DEM verisine yakın ve benzer uyumlu sonuçlar vermiştir. Şekil 64'de verilen box plot grafiğinde farklı yineleme aralıklarında yer alan derinlik özelliklerinde ortalama değerlerde Alos DEM 12.5 m. verisi en uyumlu sonucu vermiştir. Alos DEM 12.5 verisini diğer DEM verileri ile kıyasladığımızda derinlik verisi değerlerinde İHA-DEM verisine en yakın uyumluluk sonucuna sahiptir. Box plot hız değerlerinde ise Eu-DEM, TanDEM-X ve Merit DEM verilerinde İHA-DEM verisine yakın sonuçlar çıkmıştır.



Şekil 63: Taşkın modeline ait hız-derinlik sonuçlarının nokta bazlı karşılaştırılmasına ait örneklemlerin alındığı lokasyonlar



Şekil 64: Farklı çözünürlüğe sahip DEM verilerine ait Hız-Derinlik özelliklerinin farklı tekerrürlere göre karşılaştırılması.

5.1.1.3. Taşkın Yayılış

İHA-DEM verisine bağlı olarak elde edilen taşkın modeli açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerine ait taşkın yayılış alanı ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar herbir yayılış alanı içinde değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu karşılaştırma için kullanılan formül (Horritt ve Bates, 2002, s. 93).

$$F = \frac{\mathrm{Num}(S_{mod} \cap S_{obs})}{\mathrm{Num}(S_{mod} \cup S_{obs})} x100$$

olarak ifade edilmektedir. S_{mod} modellenen taşkın alanına ait piksel sayısı veya alansal (km^2-m^2) dağılış S_{obs} ise gözlemi yapılan taşkın alanına ait piksel sayısı veya alansal (km^2-$m^{2)}$ dağılıştır. Elde edilen F (Fit) değeri 0-100 arasında değişmektedir. Sonuçların 100'e yaklaşması elde edilen modelin taşkınlar ile uyumlu olduğunu değerin 0'a yakın olması ise elde edilen modelin taşkın yayılış alanı ile uyumsuz olduğunu göstermektedir (Curebal vd., 2015, s. 9) Çalışma sahası taşkın fit sonuçları İHA-DEM ve açık kaynaklı DEM verilerine ait alansal yayılışların Fit sonuçları Tablo 21'de verilmiştir. Buna göre İHA-DEM uyumluluk sonuçları farklı tekrarlama aralıklarına göre değişiklik göstermektedir. T5-10-25-50-100-200 yıllık tekrarlama sonuçlarına bağlı olarak ortaya çıkan DEM verileri arasında uyumluluk sonucu en yüksek değerler Alos 12.5 m. ve Eu-DEM verisidir. T500 uyumluluk sonucunda ortaya çıkan en yüksek değer % 73.97 Aster-GDEM verisi olup bu oran T1000 de % 75.44 ile yine Aster-GDEM verisidir. Uyumluluk Fit değerleri 5-100 yıl arasında Alos 12.5, Topo-DEM ve Eu-DEM verilerinde iken yayılışın artmasına bağlı ortaya çıkan değerler tüm DEM verilerinde neredeyse aynı sonuçlar çıkmıştır (Şekil 65). Bu oran yayılış açısından sürekli bir paterne sahip olmayan Aster GDEM verisinde % 75.44 çıkmıştır. Artan yayılış alanına bağlı olarak İHA-DEM verisine ait sonuçların yineleme aralığına bağlı olarak daha fazla eşleştiğini göstermektedir. Model uyumluluk analizinin yapıldığı sahada yüzey topografyasının geniş tabanlı bir vadi özelliğine sahip olması taşkının daha fazla yayılımını önleyerek ortaya çıkacak alansal dağılışı sınırlandırmıştır.



Şekil 65: İHA-DEM taşkın yayılış ile diğer DEM verilerine ait sonuçların Uyumluluk (Fit) istatistik sonuçları.

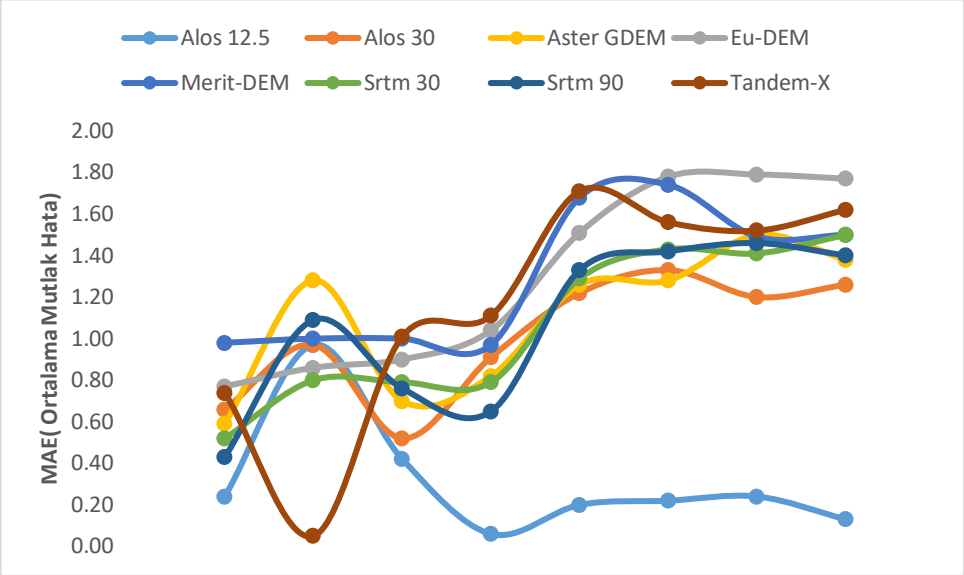
Modellenen ve gözlemlenen taşkın modeli kıyaslamasında kullanılan bir diğer yöntem ise MAE ortalama mutlak hata istatistiğidir (Werner vd., 2005:145). Bu yöntem;

$$MAE = \frac{\sum_{k=1}^{m} |\hat{h}_k(\theta, Y) - h_k|}{n}$$

olarak ifade edilmektedir. $\hat{h}_k(\theta, Y)$ Modellenen taşkın derinlik verisine ait k, h_k ise gözlemlenen taşkın derinlik verisine ait değeri, m ise karşılaştırılması yapılan modelde kullanılan nokta sayısına karşılık gelmektedir. MAE değerinin 1'e yaklaşması hata oranını arttırırken, 0'a yaklaşması hata oranının düşük olduğunu göstermektedir. Çalışmada herbir tekerrüre karşılık gelen derinlik verisinde yayılış alanına göre nokta sayısı bulunmaktadır. Derinlik verisi temel alınarak elde edilen MAE sonuçlarında minimum hata oranına sahip DEM verisi Alos 12.5 m ve Eu-DEM verisi olmuştur (Şekil 66). Elde edilen sonuçlar Fit değerleri ile kıyaslandığında sonuçları destekler niteliktedir (Şekil 68). Fakat Eu-DEM verisinde ortaya çıkan Fit değerleri yüksek orana sahipken ve MAE değerleri hata oranı oldukça yüksek çıkmıştır (Tablo 21). Bunun nedenleri arasında yüzey topografyası nedeniyle meydana gelen derinlik değerlerinin topografyada iyi yansıtılmamasından ortaya çıktığını söyleyebiliriz.

Tablo 21: Farklı DEM verileri ve İHA-DEM verisine ait Fit istatistik ve MAE sonuçları

		Tekrarlama Aralığı							
DEM	**Uyumluluk**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1000**
Alos 12.5	**F**	33.95	34.68	39.03	42.28	53.48	56.44	29.23	65.53
	MAE	0.16	0.02	0.42	0.06	0.20	0.22	0.24	0.13
Alos 30	**F**	35.15	36.56	39.74	43.71	48.20	53.12	60.59	60.86
	MAE	0.66	0.97	0.52	0.91	1.22	1.33	1.20	1.26
Eu-DEM	**F**	48.21	45.38	47.61	47.82	55.42	57.37	61.61	63.05
	MAE	0.77	0.97	0.90	1.04	1.51	1.78	1.79	1.77
Aster	**F**	21.65	22.75	29.83	34.39	42.28	44.92	73.97	75.44
	MAE	0.59	0.86	0.70	0.82	1.26	1.28	1.50	1.38
Merit	**F**	29.65	32.23	37.19	39.77	51.89	53.60	60.09	62.38
	MAE	0.98	1.28	1.00	0.97	1.68	1.74	1.49	1.50
Srtm 30	**F**	30.81	32.16	36.75	39.70	50.45	54.06	62.96	64.25
	MAE	0.52	1.00	0.79	0.79	1.29	1.43	1.41	1.50
Srtm 90	**F**	36.69	37.17	44.37	46.11	53.84	55.50	62.67	63.08
	MAE	0.43	0.80	0.76	0.65	1.33	1.42	1.46	1.40
TanDEM-X	**F**	29.19	32.20	38.09	41.00	52.88	55.45	63.51	64.91
	MAE	0.74	1.09	1.01	1.11	1.71	1.56	1.52	1.62



Şekil 66: İHA-DEM verisine bağlı ortaya çıkan MAE (Ortalama mutlak hata) değerleri

5.3.2. Biga Havzası 1D Taşkın Modeli

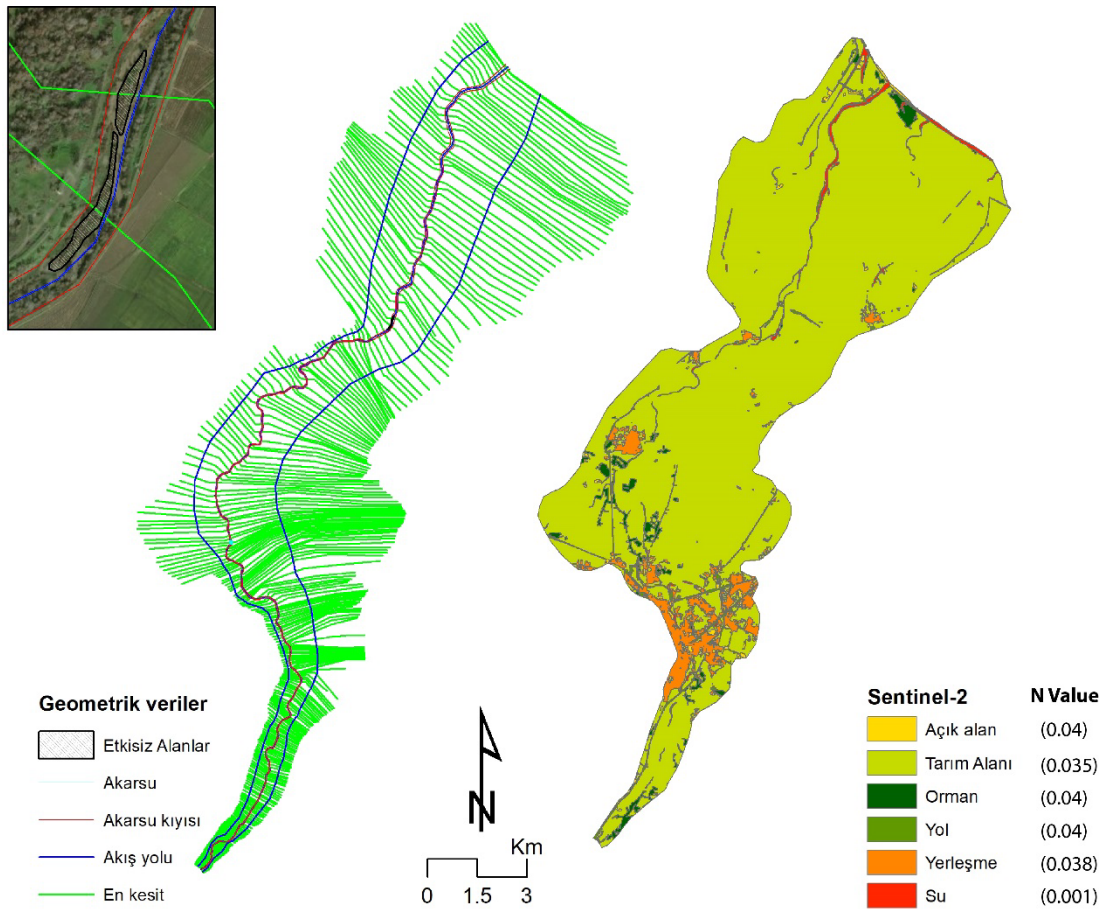
5.3.2.1. Geometrik Verilerin Derlenmesi

En kesit verileri akarsu taşkınlarının yayılış ve ilerleyişinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Md Ali vd., 2015, s. 351). 1D taşkın alanlarının doğru bir şekilde yorumlanması ve taşkın yayılış, dağılış sınırlarının belirlenmesi için en kesitlerin dikkatli bir şekilde çizilmesi gerekmektedir. Tabiki en kesitlerin dağılışı üzerinde akarsuyun topografik özellikleri önemlidir. Bu yüzden menderesli akışa sahip akarsularda atılan en kesitlerin doğruluğu taşkın alanlarının belirlenmesi ve modellenmesi açısından büyük rol oynamaktadır. Çalışma alanı geometrik verileri DEM verisine ve arazi kullanım özelliklerine bağlı olarak oluşturulmuştur. En kesitlere ek olarak çalışma sahasında, etkisiz akımın olduğu alanlar, akış yolları, akarsu yamaçları, belirlenmesi gerekmektedir. Taşkın modellemesi kapsamında HecGeo-RAS aracılığıyla yukarıda bahsedilen geometrik verilerin işlenmesi sırasında dikkat edilmesi gereken birçok nokta bulunmaktadır. Bunlar;

1. Akarsu ve kolları, akarsu yamaçları ve akarsu akış yolları akış yönüne doğru sayısallaştırılmalı (Şekil 41) ve herbir kola ait akarsu verileri birbiri ile kesişmemelidir. Akarsulara ait adlandırmalar ve akış yollarına ait tanımlamaları akış yönüne göre belirlenmiştir.

2. Akarsu en kesitleri soldan-sağa olacak şekilde bir en kesitin diğerini kesmeyecek şekilde akarsu yatağını kaplayacak kadar çizilmesi gerekmektedir. Enine kesitler akarsu yatağını 90˚ açı olacak şekilde kesmelidir.
3. Hec GeoRAS'a yüklenecek DEM verisi, taşkın yayılış-hız-derinlik hesaplamaları grid formatta olması gerekmektedir.

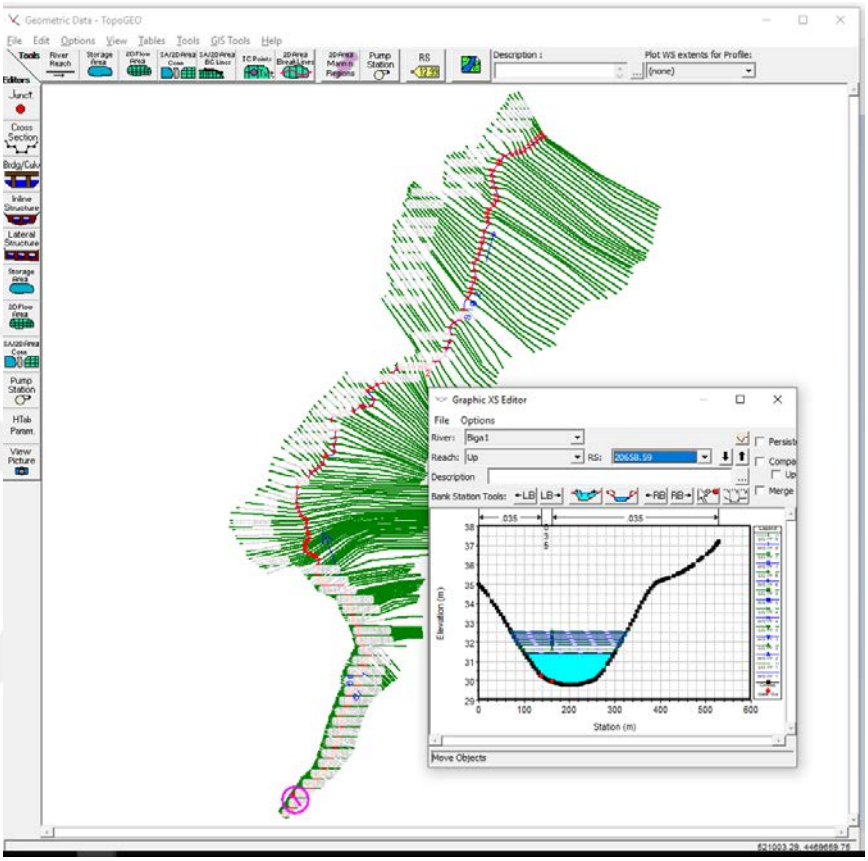
Bu kapsamda havza geneli için oluşturulan en kesitler, akış yolları vb., geometrik veriler Şekil 67'de verilmiştir. Havza geneli için Sentinel-2 10 m. çözünürlüklü uydu görüntüsünden elde edilen Manning's N pürüzlülük katsayısı değerleri kullanılmıuştır (Şekil 67).



Şekil 67: Biga Çayı Havzası geometrik verilerin Hec GeoRas'ta düzenlenmesi

Gumbel EV-I metoduna bağlı taşkın modellemesi kapsamında, HEC-RAS hidrolik yazılımı akımların düzenli ve düzensiz bir şekilde modellenebilmesini 1D-2D olacak şekilde imkân vermektedir. 1D taşkın modelinin oluşturulmasında 2 farklı akım gözlem

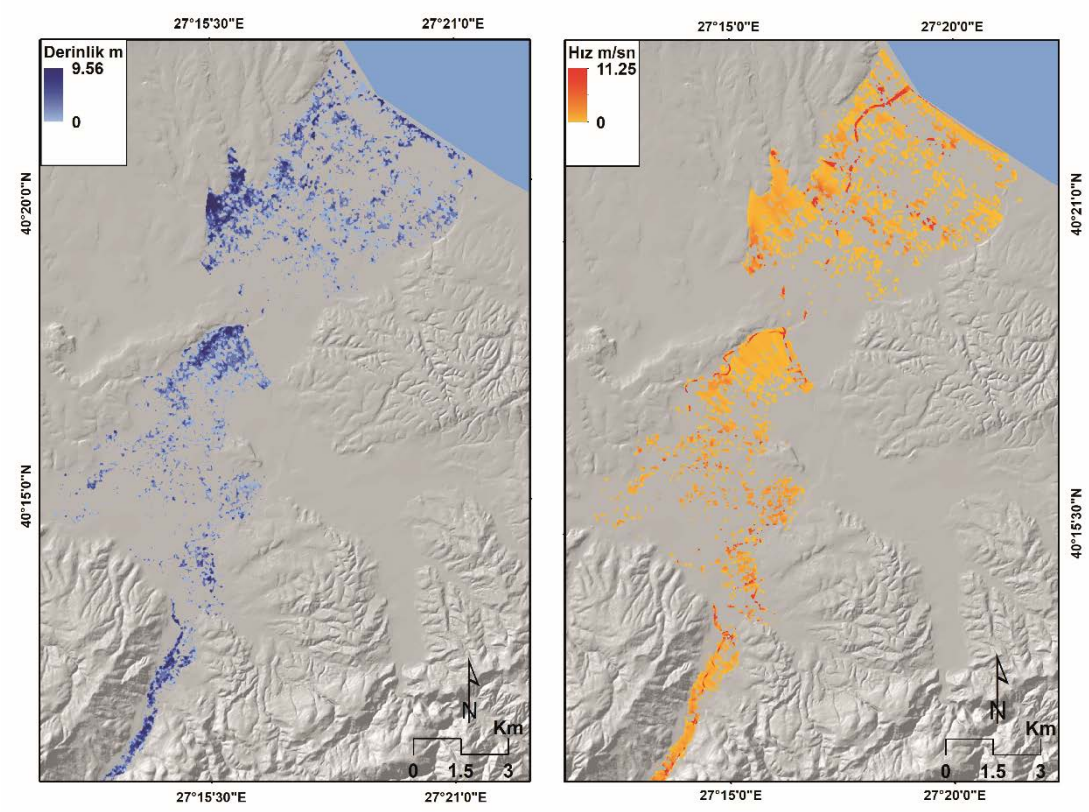
istasyonu verisi kullanılmıştır. Bu AGİ'ler Akkayrak ve Çınarköprü istasyonlarına ait 5 -1000 yıllık maksimum akım hesaplamaları yapılarak düzenli (steady) akım modellemesi yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar en kesitlere yansıtılmıştır (Şekil 68).



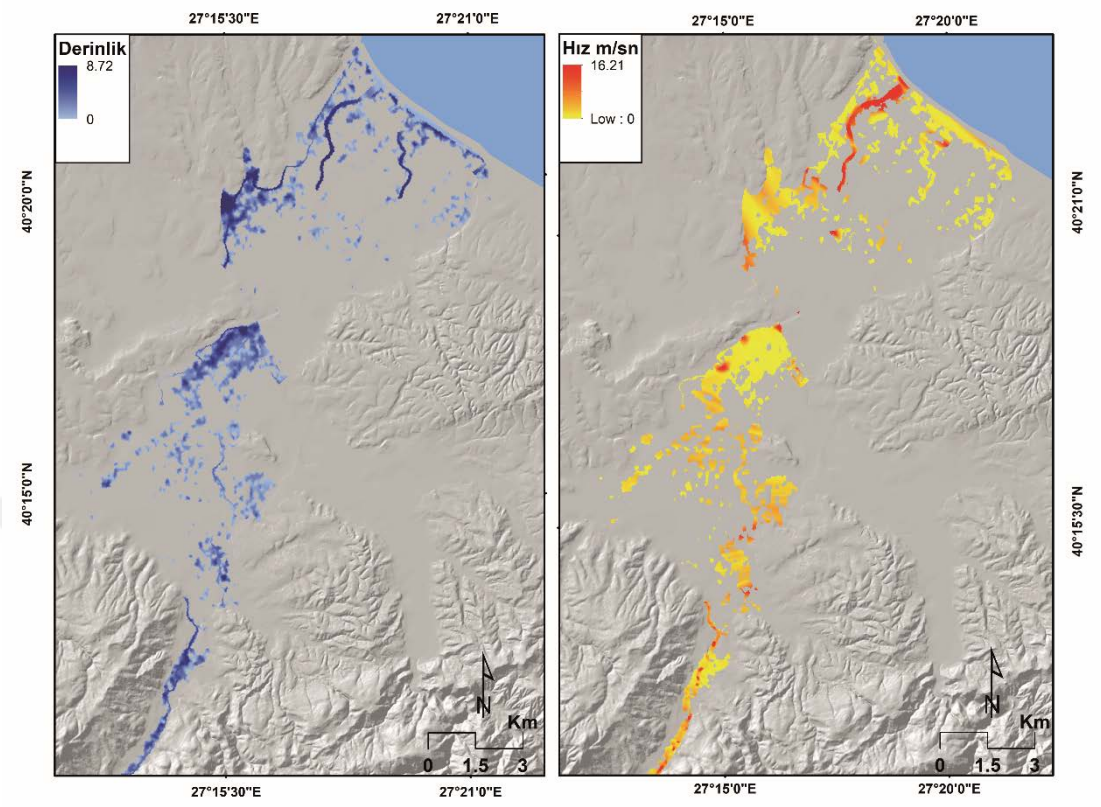
Şekil 68: Geometrik verilerin Hec Ras'a import edilmesi ve düzenlenmesi örneği.

1D taşkın modelinin oluşturulmasında kullanılan yöntem ve metotlar İHA-DEM model kalibrasyonu başlığı altında detaylı olarak açıklandığı için burada modellere ait hız-derinlik özelliklerinden behsedilmiştir. Açık kaynaklı erişime sahip DEM verilerine bağlı olarak oluşturulan taşkın hız ve derinlik modeleri İHA-DEM verisi ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda en tutarlı derinlik ve hız sonuçlarının Alos 12.5 m. ve Eu-DEM verilerinin olduğu belirlenmiştir. Akkayrak ve Çınarköprü AGİ'lere ait Gumbel EV-I maksimum akım değerlerine bağlı 1D taşkın modeli oluşturularak, derinlik ve hız özellikleri değerlendirilmiştir. Ayrıca bu kısımda elde edilen değerler özellikle yayılış-hız ve derinlik özellikleri 2D taşkın modeli ile karşılaştırılarak aradaki negatif ve pozitif sonuçları değerlendirilmiştir. Havza geneli 1D taşkın modelinde Alos 12.5 m verisi eğim değerlerinin azaldığı topografik yükselti değerlerinin eşyükselti aralıklarının düşük kalması sonucu Biga Ovasında sürekli bir taşkın yayılışına sahip değildir.

Taşkın derinlik ve hız özellikleri incelendiğinde taşkın suyunun maksimum derinliği 5 -1000 yıllık farklı yineleme periyodlarında 0 - 9.56 m.'dir (Şekil 68. Hız haritası incelendiğinde ise taşkın suyunun maksimum hızı 0 – 11.25 m/sn'dir (Şekil 69). Alos 12.5 m verisi dağlık bölgelerde akarsu yatak profilinin yer aldığı sahalarda çok daha iyi sonuçlar vermekte iken eğim oranının az, düz ve ovalık alanlarda devamlı bir derinlik ve hız modeline sahip olmadığı görülmüştür (Şekil 68). Eu-DEM verisine bağlı T5 periyodu taşkın hız özellikleri 0.-16.21 m/sn arasinda olup derinlik modeline ait sonuç 0 - 8.72 m. arasinda değişmektedir. Alos verisinde olduğu üzere 1D taşkın modeli sonuçlarına göre elde edilen hız ve derinlik verilerinde sürekli bir yüzey derinlik ve hız modelinin oluşmadığı görülmektedir (Şekil 70). Eu-DEM verisi Alos verisi ile karşılaştırıldığında ise Alos verisinin Eu-DEM verisine oranla iyi sonuçlar vermiştir. Elde edilen bu sonuçlar 2D taşkın modeli ile kıyaslanarak taşkın tehlike analizi kapsamında değerlendirilmiştir.



Şekil 69: Alos T5 periyoduna göre 1D taşkın modeli



Şekil 70: Eu-DEM T5 periyoduna göre 1D taşkın modeli

5.3.3. Biga Havzası 2D Taşkın Modeli

Uzaktan algılama teknolojilerine bağlı olarak çözünürlük kailtesi sürekli gelişen ve artan DEM verileri (Marks ve Bates, 2000; Bradbrook vd., 2010, s. 211) hidrodinamik taşkın modellerini daha sofistike ve karmaşıklaştırmıştır. Fluvial taşkın modellemesi genellikle karmaşık topografyada akışların tahminini temel alır (Yu ve Lane, 2006, s. 1541). Taşkın yayılış alanlarının ve akış rejiminin tespit edilmesi için 20 yıl önce geliştirilen 1D modellemeler günümüzde standart olarak hala kullanılmaya devam edilmektedir (Cook ve Merwade, 2009, s. 132). 1D modellemelerden elde edilen sonuçların doğruluk oranının yüksek olması topografik verilerin çözünürlüklerinin yüksek olmasına bağlı iken (Horritt ve Bates, 2002a, s. 89) 2D modellemeler düşük çözünürlüklü DEM verilerinde bile oldukça iyi sonuçlar vermektedir (Cook ve Merwade, 2009, s. 132). 2D taşkın modellemeleri 1D taşkın modellemelerine ait sonuçların kalibrasyonu için test edilmektedir (Horritt ve Bates, 2002b; UNISDR, 2001). 1D modellemeye göre oldukça avantajlı olmasının yanısıra ortaya çıkan belirsizliklerin giderilmesi için faydalı bir biçimde aktif olarak kullanılmaktadır (Merwade vd., 2008, s. 612). 2D modellemenin bir takım avantajlarının olmasıyla

birlikte modelleme için gerekli dinamiklerin yanında modellemeyi yapan uzman kişilerin, elde edilen taşkın modeli sonuçlar üzerinde büyük rol oynamaktadır. 2D modellemede, zamana bağlı olarak elde edilen akış hidrografı, yineleme sayısı, sayısal algoritmalar, çoklu işlemler ve modellemeyi gerçekleştirecek bilgisayar bileşenlerinin performansı en önemli parametreler arasındadır (Neal vd., 2010, s. 1). Farklı araştırmacılar tarafından 2D modellemenin yapılabilmesi için birtakım metodolojiler geliştirilmiştir. Bu metodolojiler;

- Azaltılmış-karmaşıklık modelleri (Liu ve Pender, 2010)
- Basitleştirilmiş yönetim denklemi (Bates vd., 2010)
- Paralelleştirme (Hankin vd., 2008; Neal vd., 2010)
- Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış ağ (Wang ve Liang, 2011)
- Adaptiv grid temelli metot (Wang ve Liang, 2011)
- Grid yapı modelleme (Yu ve Lane, 2006)

Yapılandırılmış ağ, 2D modelleme için kullanılan en yaygın metotların arasında olmasına rağmen, şehir taşkınları modellemesinde oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Bunun dışında oldukça verimli sonuçlar elde edilmesi bakımından yüksek doğruluk oranına sahiptir (Chen vd., 2012, s. 2).

HEC-RAS 2D taşkın modellemesi 1D taşkın modellmesinden oldukça farklıdır. 1D modellemede herbir en kesite bağlı olarak suyun akışı tahmin edilmektedir. 2D raster tabanlı taşkın modellemesinde ise farklı denklem ve metotların kullanılmaktadır. 2D taşkın modellemesinde akarsu yatağında meydana gelen akışın yâda yayılışın tespiti için herbir raster grid hücresine ait yükseklik verilerine bağlı difüzyon dalgası yöntemini ve 2D Saint Venant denklemini kullanmaktadır. Difüzyon dalgası yöntemi (Kamboh vd; 2015, s. 16).

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial (zv)}{\partial x} + \frac{\partial (zv)}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{\partial (zu)}{\partial t} + \frac{\partial (zu^2 + gz^2/2)}{\partial x} + \frac{\partial (zuv)}{\partial y} = gz(S_{\circ\chi} - S_{fx}),$$

$$\frac{\partial (zu)}{\partial t} + \frac{\partial (zuv)}{\partial x} + \frac{\partial \left(zv^2 + \frac{gz^2}{2}\right)}{\partial y} = gz\,(S\,oy - S\,fy)$$

z(m): su yüzeyi yüksekliği (derinlik-yükseklik)

u: (m/sn), v: (m/sn) x ve y bileşenlerine bağlı ortalama derinlik

g (m/sn^2): yerçekim hızı

$S_{ox} - S_{fy}$: x yönünde su yüzeyi eğim özellikleri sürtünme direnci

$S_{oy} - S_{fy}$: y yönünde su yüzeyi eğim özellikleri sürtünme direnci

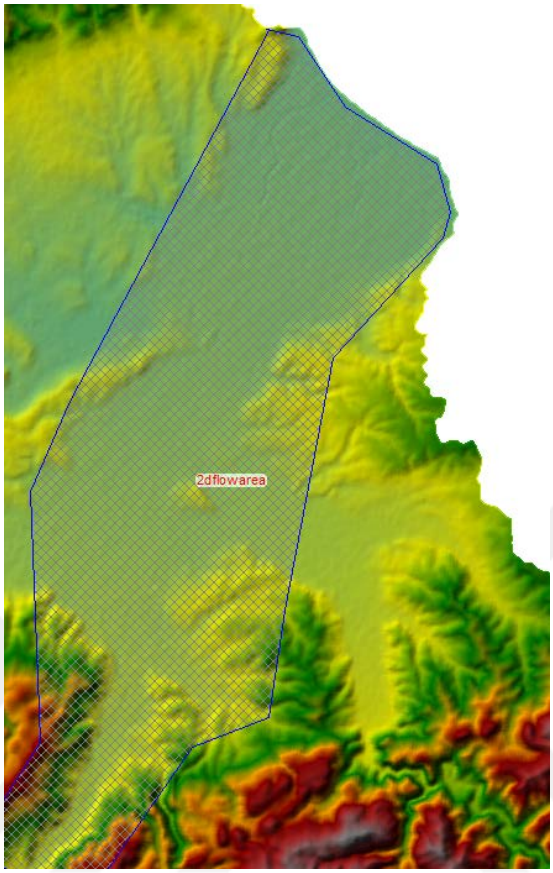
t: zaman aralığı

olarak ifade edilmektedir.

$$C\frac{\Delta x}{\Delta t} \leq 1$$

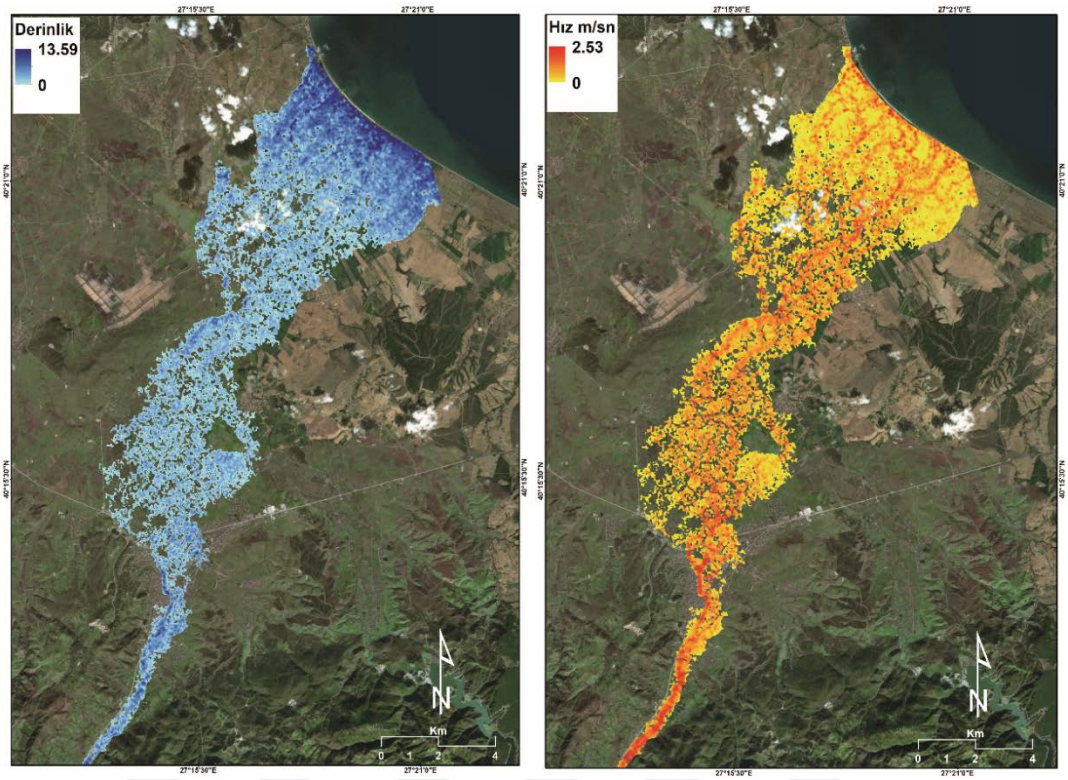
C: boyutsuz Courant numarası (Zaman aşımı stabilite kontrol değeri 2D modelde 0.95'dir.)

2D modellemelerde genel olarak tercih edilen bu yöntem yapılandırılmış ağ sistemi içerisinde yer alan akışa sahip herbir hücrenin su yüzeyi yüksekliğinin farklılığına göre belirlenmektedir (Yu ve Lane, 2006, s. 1542). Bu yöntemle grid yüzeye bağlı olarak oluşturulan modellemede oldukça yüksek ve hassas sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Deal vd., 2017, s. 14). Hec-RAS 2D modellemede herbir grid hücre düz ve tek değildir. Var olan hücreler devamlı bir şekilde ve topografik özellikleri yansıtmaktadır. Bu model literatürde "yüksek çözünürlüklü gridaltı (ing:subgrid) model" olark adlandırılmaktadır (USACE, 2016, s 1-3). Çalışma sahası üzerinde elde edilen 1D modele göre en tutarlı sonucun Alos 12.5 DEM ve Eu-DEM olduğu bir önceki başlıkta verilmiştir. Alos 12.5 DEM ve Eu-DEM 25 m. çözünürlüğe bağlı olarak elde edilen 2D taşkın modellemesi 2D model ağına ait görseller Şekil 71'de yer almaktadır. Çalışma sahasında 2D model oluşturulması sırasında modele ait girdiler düzensiz akım verisi, mesh (grid tabanlı) düzen kullanılmaktadır. 1D modellemede oluşturulan geometrik veriler 2D modelde yerini mesh geometrisine topografik veriye bağlı yükselti verilerine göre oluşturulmaktadır.

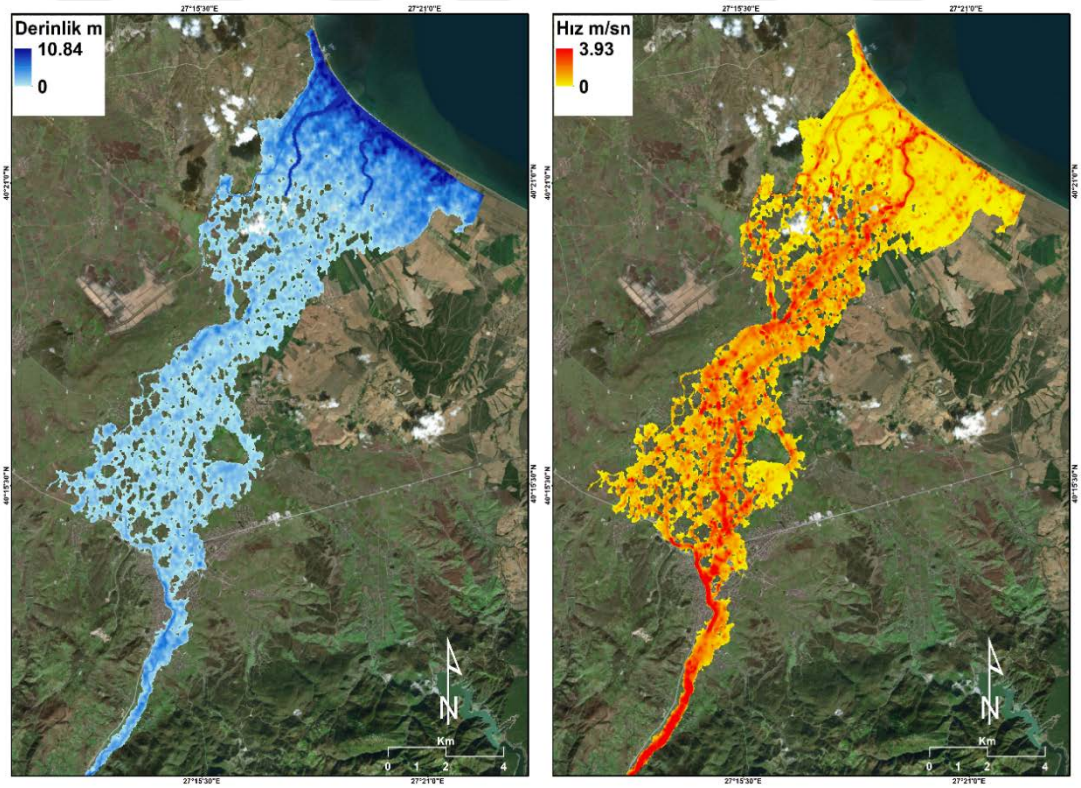


Şekil 71: Biga çayı havzası 2D yapılandırılmış ağ modeli 25 m. çözünürlüklü hücrelerden hesaplanmış grid altı ağ

2D taşkın modeline ait sonuçlar 1D model ile kıyasladığımızda oldukça farklı çıkmıştır. Alos 12.5 DEM (Şekil 72) ve Eu-DEM (Şekil 73) verilerine ait 2D modelin birbirlerine yakın ve sürekli bir yüzey modeline sahip sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen taşkın yayılışı 1000 yıllık maksimum debiye karşılık gelmektedir. 2D modelin 1D modele göre oldukça fazla avantajı bu çalışmada görülmüştür. Düşük çözünürlüğe sahip DEM verilerinde elde edilen taşkın modeli sonuçlarında yatak formunun tespit edilememesinden ötürü taşkın yayılış alanlarında bir sürekliliğin olmadığı göze çarpmaktadır. 2D taşkın modelinde ise farklı yöntem ve matematiksel formüllerin olması elde edilen sonuçlar düşük çözünürlüklü DEM verilerinde daha iyi sonuçlar almayı kolaylaştırmıştır. Eu-DEM ve Alos 12.5 m. verisi taşkın modelinde sürekli bir yayılışın olduğu, çalışma sahasında topografik engeller 2D model kapsamında doğru bir şekilde analiz edilmiştir.



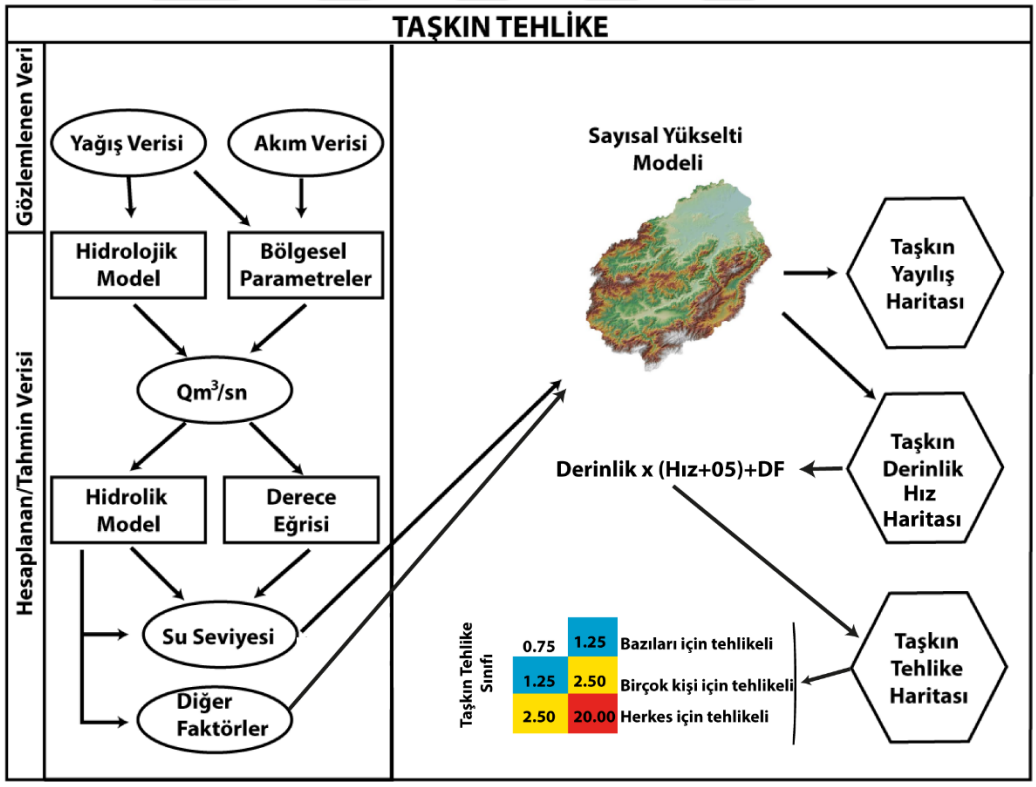
Şekil 72: Alos 12.5 m 1000 yıllık düzensiz akım verisine bağlı 2D taşkın özellikleri



Şekil 73: Eu-DEM 25 m. 1000 yıllık düzensiz akım verisine bağlı 2D taşkın özellikleri

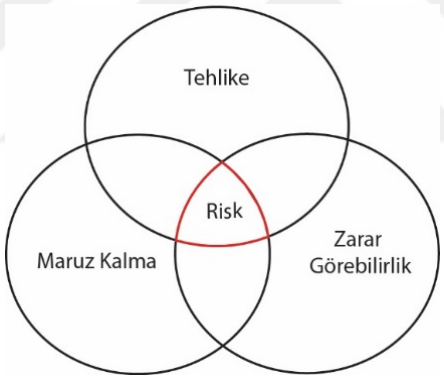
5.4. Taşkın Tehlike Analizi

Taşkın tehlike haritalaması belirli faktörlerin dağılım (derinlik-hız) ve olasılıklarına bağlı olarak oluşturulmaktadır. Taşkın tehlike envanterinin taşkın tehlike çalışmalarında önemi büyüktür. Bu envanterin elde edilmesine yönelik arazi çalışmaları, taşkın dönemlerine ait uydu görüntüleri veya hava fotoları kolaylık sağlamaktadır. Elde edilen bu envantere bağlı olarak meydana gelen taşkınların şiddeti ve sayısı konusunda bilgi elde edilir. Öncelikli olarak çalışma sahasında meydana gelen taşkınların tekrarlama hızları veya şiddetleri ele alınarak taşkın yayılış alanları belirlenerek bir döküm oluşturulmuştur (Şekil 74). Fakat arazi kullanımlarındaki değişimler, akarsu yatağındaki aşındırma etmen süreçleri zamana bağlı olarak farklılık göstermektedir. Tarihi taşkınlara bağlı olarak elde edilen sonuçları taşkın tekrarlama periyodu ve akarsu pürüzlülük katsayısındaki değişim nedeni ile karşılaştırmak oldukça güçtür (De Moel vd., 2009, s. 291).



Şekil 74: Taşkın tehlike analizi kavramsal çerçeve. Matriste sarı renk düşük tehlike, turuncu renk orta, kırmızı renk ise yüksek tehlikeyi ifade etmektedir (De Moel et al., 2009;291)'dan değiştirilerek düzenlenmiştir.

Taşkın tehlike analizi modellenen veriye bağlı ortaya çıkan derinlik ve hız modelleri kapsamında taşkın sahası üzerinde arazi kullanım planlarının ve yönetimi üzerinde büyük önem taşımaktadır. Güvenilir taşkın modelleme araçları ve modelleme sonuçları etkili bir biçimde acil durum stratejilerinin oluşturulması bakımından olası taşkınların etkisini azaltmak veya engellemek açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Dottori vd., 2016, s. 87). Son yıllarda gelişen bilgisayar sistemleri ve uzaktan algılama teknolojilerine bağlı net ve doğru biçimde, dünya ölçeğinde ve yüksek çözünürlüklü taşkın modelleri oluşturulmaya başlanmıştır (Wood vd., 2011, s. 2). Arazi kullanım örtüsünde meydana gelen değişiklikler, oluşturulacak tehlike ve risk haritalarını da etkilemektedir. Ortaya çıkan bu farklılıkların güncellenmesi ve takip edilmesi gerekliliği kullanılan hidrolik modellemeler açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda zarar görebilirlik-tehlike-maruz kalma bileşenleri taşkın çalışmaları açısından büyük önem taışmaktadır. (Şekil 75). Bu nedenle taşkın risk yönetimi konusunda elde edilecek sonuçlar taşkın tehlike durumuna göre değişmektedir (Plate, 2002, s. 3).



Şekil 75: Taşkın riskine ait bileşenler.

Taşkın tehlike haritalarının hazırlanmasında ileri sürülen birden fazla görüş ve yöntem bulunmaktadır. Gumbel EV-I taşkın sıklık sıklık analizlerine bağlı olarak oluşturulan hız ve derinlik modelleri taşkın tehlike kapsamında kullanılmıştır. Tehlike sınıflarının oluşturulmasında Wallingford 2006'dan faydalanılmıştır (Tablo 22).

Tablo 22: Derinlik ve Hız özelliklerine bağlı taşkın tehlike zonu risk altındaki insanlar (Wallingford, 2006, s. 34).

D x (V+0.5)	Taşkın Tehlike Derecesi	Açıklama
<1.25	Düşük	"Çocuklar ve yaşlılar için tehlikeli" Derin veya hızlı akan su

1.25 – 2.50	Orta	"İnsanların çoğu için tehklikeli" Taşkın zonu hızlı ve derin akışlı su
2.5 - >	Yüksek	"Herkes için tehlikeli" Taşkın zonu derin hızlı akışlı su

Wallingford 2006'ya göre taşkın tehlike sınıfları 3 kategoride sınıflandırılmıştır. Bu sınıflara göre olası taşkın tehlike haritalamaları derinlik ve hız özelliklerine göre hesaplanmaktadır. Taşkın tehlike derecelendirmesi HR (ing: Hazard Map) şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$FHR = d \times (v + 0.5) + DF$$

FHR: Taşkın tehlike değeri,
D: Derinlik m.,
V: Hız (m/sn),
DF: Debris(Enkaz) faktörü

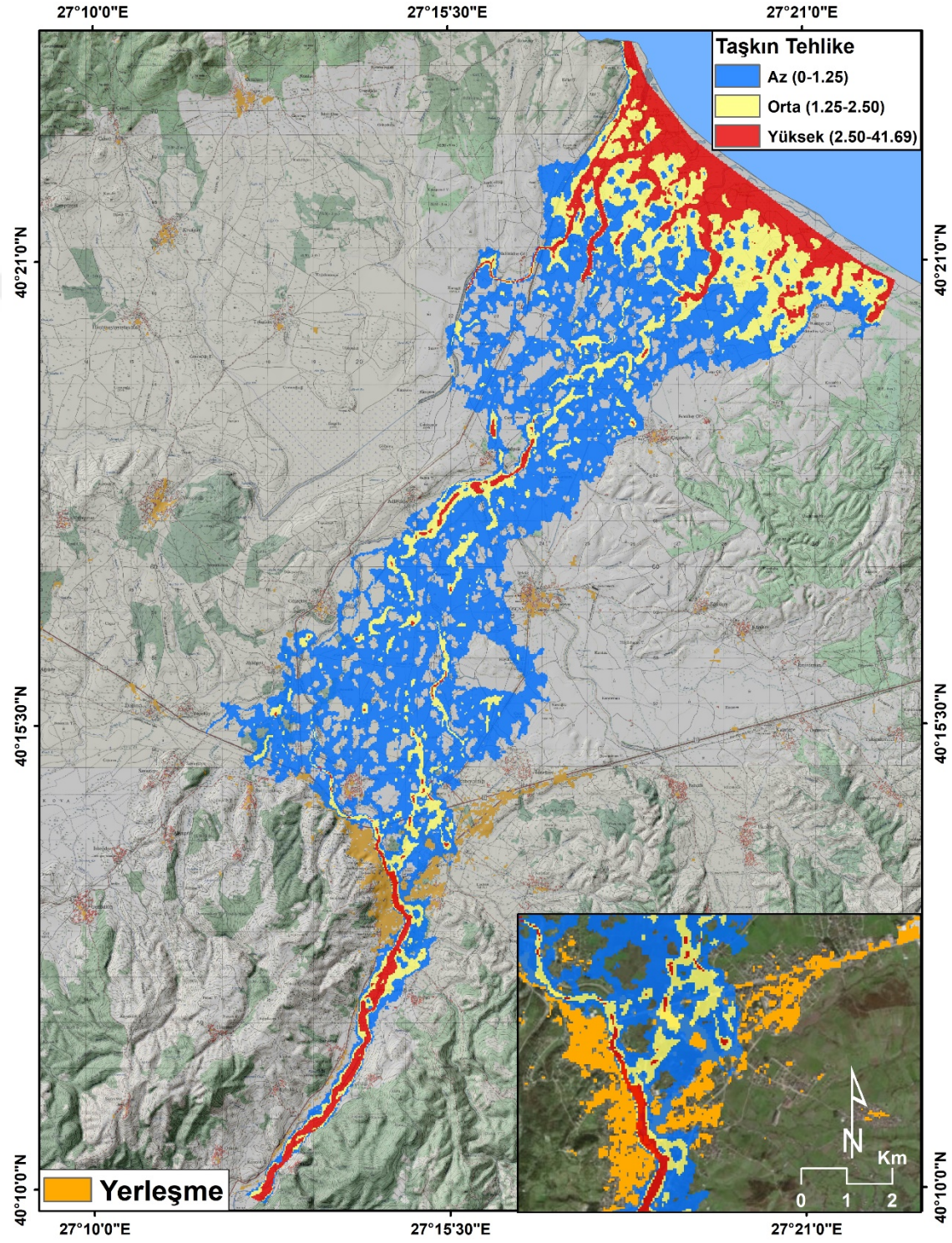
Taşkın zamanında suyun akışı sırasında çevreden taşımış olduğu taşınan malzemenin yani debris (enkaz) miktarı suyun derinliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Suyun derinliğine bağlı olarak oluşturulan DF(enkaz-debris faktörü) Tablo 23'te yer almakta olup taşkın derinlik ve hız faktörü özelliklerine göre taşkın tehlike durumu 3 sınıfta oluşturulmuştur.

Tablo 23: Taşkın derinlik-hız ve arazi örtüsü kullanımlarına göre DF oranı (Wallingford, 2006, s. 24)

Derinlik	Çayır/Tarım	Orman	Şehir/Yerleşme
0 - 0.25 m	0	0	0
0.25 - 0.75 m.	0	0.5	1
D>0.75 m ve/veya v>2	0.5	1	1

Akkayrak AGİ'den itibaren elde edilen taşkın tehlike haritası incelendiğinde Wallingford 2006'dan yararlanılarak oluşturulan tehlike haritasında 3 sınıf elde edilmiştir. Taşkın tehlike hesaplaması sonucu ortaya 3 farklı sınıfta yüksek-orta ve az tehlike (Şekil 76) sınıfı içinde kalan arazi kullanım özelliklerine ait alansal dağılışları Tablo 25'te verilmiştir. Biga yerleşmesi ve yakın çevresinde yüksek taşkın tehlikesi görülürken Biga Ovası ve yakın çevresinde ise taşkın tehlikesinin az olduğu

görülmektektedir. Yüksek riskli alanlar 8.66 km² alan kaplarken, orta derecede tehlike oranına sahip alanlar 13.89 km² alan kaplamakta olup, az tehlikeli alanlar 42.36 km² alan kaplamaktadır (Şekil 77).

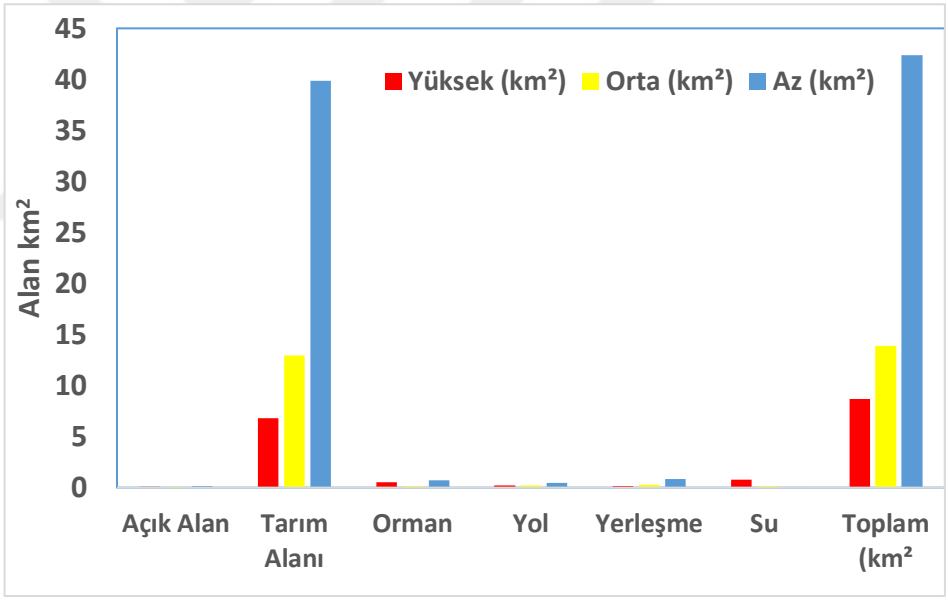


Şekil 76: Biga Çayı Havzası taşkın tehlike haritası ve tehlike sınıfları

Tablo 24: Taşkın tehlike sınıflarına ait arazi kullanım özelliklerinin alansal dağılışı

Arazi Kullanımı	Yüksek (km²)	Orta (km²)	Az (km²)
Açık Alan	0.12	0.11	0.17
Tarım Alanı	6.81	12.97	39.89
Orman	0.54	0.18	0.74
Yol	0.22	0.20	0.48
Yerleşme	0.14	0.27	0.84
Su	0.81	0.14	0.01
Toplam (km²	**8.66**	**13.89**	**42.36**

Yüksek tehlike riski içinde yeralan arazi kullanım özelliklerinden yerleşme ve yollar en az tehlike altındaki sınıflardır. En fazla tehlike altında kalan alanlar tarım alanlarıdır. Yerleşme sınınıfları ise Biga ilçesinde akarsuya yakın noktalarda yer alan yerleşim birimlerini kapsamakatadır.



Şekil 77: Taşkın tehlike sınıflarına ait arazi kullanım özelliklerinin alansal dağılış grafiği

SONUÇLAR

Farklı çözünürlükte veri kaynaklarına bağlı taşkın tehlike analizi: Biga Çayı Havzası örneğine ait bu tez çalışmasında taşkın tehlike analizi farklı bölümler içerisinde incelenmiştir. Farklı çözünürlükte DEM verisine bağlı olarak elde edilen taşkın modelleri hız-derinlik-yayılış kapsamında kendi aralarında ortaya çıkan model verilerine göre karşılaştırılmıştır. İHA-DEM verisinin kullanıldığı bu çalışmada ortaya çıkan taşkın modelinde açık kaynaklı DEM verilerine ait sonuçlardan oldukça farklı çıkmıştır. Yüzey topografyasını farklı çözünürlükte yansıtan DEM verisi taşkın hidrolojisinin ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi hususunda çok büyük rol oynadığı görülmüştür. Günümüzde taşkın çalışmalarında aktif rol oynayan İHA-DEM verileri taşkınların doğru ve hassas tahmini açısından önemli olduğu, bu çalışmada birkez daha görülmüştür. Elde edilen sonuçlar taşkın çalışmaları ve taşkınların geleceğe yönelik tahmininde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. İstatistiksel çalışmalara bağlı elde edilen bu çalışmalar DEM verisine ait yükseklik verilerinin tahmininde önemli olduğu görülmüştür. Taşkın tehlike analizi kapsamında yapılan analiz ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Biga Çayı Havzası'nda taşkın olayları aktif olarak belirli dönemlerde meydana gelmektedir. Yapılan ıslah çalışmalarına rağmen taşkın olayları vuku bulmaya devam etmektedir. Taşkınların meydana gelmesinde sahanın topografik özelliklerinin yanısıra sahaya düşen akım miktarının taşkınların meydana gelmesi için 100 m^3/sn'nin üzerine çıkması yeterli olmaktadır. Bu miktar Akkayrak AGİ'den itibaren yapılan modellemeye göre Biga Çayı'nın belirli alanlarında taşkınların oluşmasında yeterlidir. AFAD 2018 envanter taşkın verisine ve yerel gazatelerin taranması ile elde edilen taşkın envanteri Biga Çayı Havzası'nda neredeyse 2-3 yılda bir taşkın olayının meydana geldiğini göstermektedir. Havzanın hem jeomorfometrik özellikleri hem de farklı taşkın sıklık analizlerine göre elde edilen farklı tekrarlama periyodlarına ait pik akım (Q_{peak}) değerlerinin taşkınların ortaya çıkma olasılıklarının yüksek olduğunu göstermektedir. Akkayrak AGİ verisine göre geçmiş dönemlerde meydana gelen taşkınların pik akım değerlerinin tespit edilmesi ile 100 m^3/sn'lik bir akım miktarının taşkın olayının meydana gelmesi için yeterli olduğu görülmüştür. Tekrarlama periyodlarında ortaya çıkan maksimum Q_{peak} değerlerinin Weibull tekrarlama yüzdelerine bakıldığında taşkınların meydana gelmesinde yeterli olan 100 m^3/sn akımın yinelenme yüzdesi % 88.68'dir. Bu da gösteriyorki Biga Çayı Havzası'nda taşkınların meydana gelme ihtimali oldukça yüksektir. Havza üzerinde Biga

yerleşmesinden önce yer alan Akkayrak AGİ (1966-2016) ve havzanın tüm akım trendlerini yansıtan Çınarköprü AGİ (1965-2016) yıllık maksimum akım verileri taşkın sıklık analizleri için kullanılmıştır. Farklı taşkın sıklık analizlerinin kullanıldığı çalışmada Gumbel EV-I yönteminin taşkın çalışmalarında en fazla kullanılan metot olması ve geçmiş dönemlerde ölçülmüş maksimum akım verileri ile olan r^2 uyumu nedeniyle tercih edilmiştir. Elde edilen Q_{peak} değerler 5-10-25-50-100-200-500-1000 yıllık periyodlara göre oluşturulmuştur.

Taşkın tehlike kapsamında Akkayrak AGİ'den Biga yerleşmesine kadar yer alan sahada İHA-DEM ve açık erişime sahip DEM verileri arasındaki en iyi uyumluluk belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada 1D taşkın modeli kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar 5-10-25-50-100-200-500-1000 yıllık minimum ve maksimum akım verisine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen derinlik ve hız sonuçları box plot grafiği oluşturularak median değerlerine bakılarak uyumlulukları sorgulanmıştır.

Bir diğer uyumluluk analizi için Fit istatistik yöntemi kullanılmıştır. Fit istatistik yöntemine bağlı elde edilen sonuçlar taşkın yayılış alanlarının artmasına bağlı olarak neredeyse tüm DEM verilerinde benzer uyumluluk sonuçları görülmüştür. Ayrıca derinlik özelliklerin ortalama mutlak hata sonuçları değerlendirilmiş, Fit istatistik sonuçlarını destekler nitelikte uyumluluk oranı çıkmıştır. Ortaya çıkan en iyi uyumluluk sonuçları havza geneli için 1D taşkın modeli oluşturulmuştur. Kalibrasyon sonucu ortaya çıkan yayılış alanı çözünürlük özelliklerine göre oldukça farklı çıkmıştır. Eu-DEM ve Alos DEM 12.5 m. elde edilen sonuçlar bakımından diğer DEM verilerine oranla tehlike ve taşkın modellemesi kapsamında ücretsiz veriler olması nedeniyle önem taşımaktadır. Fakat çalışma alanının topografik özellikleri vadi ve ova alanı olması bakımından Alos 12.5 m verisi diğer atıf verilen çalışmalarda olduğu gibi vadi alanlarında sürekli bir yayılış özelliğine sahipken ova tabanına geçişlerde devamsız bir yayılış göstermiştir. Alos 12.5 m DEM verisinin 1D taşkın modeline göre elde edilen sonuçların dağlık alanlardaki taşkın çalışmalarında kullanılabileceğini göstermiştir. Eu-DEM verisinde ortaya çıkan sonuçların yine Alos 12.5 m DEM verisine benzer değerler ve özellikler sunmuştur. Havza geneli için oluşturulan 1D model kapsamında Eu-DEM verisinin Alos 12.5 m. verisine göre çok daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

2D taşkın modeli farklı yöntemlere göre elde edilmesinin yanısıra çok düşük çözünürlüklerde dahi benzer sonuçların ortaya çıktığını göstermiştir. 1000 yıllık

maksimum düzensiz akım verisine göre elde edilen sonuçlar topografya üzerinde aynı alanlarda dağılış ve yayılış göstermiştir. Alos 12.5 m DEM derinlik ve hız verisinde ova tabanında göllenmeler ve kesintiler ortaya çıkarken, bu oranlar Eu-DEM verisinden daha tutarlı ve iyi sonuçlar vermiştir.

Taşkın tehlike haritalaması kapsamında tehlike sınıfları maksimum 1000 yıllık taşkın hız ve derinlik modeline göre 3 sınıfta oluşturulmuştur. Tehlike sınıflarının oluşturulmasında İHA-DEM verisi ile en iyi uyumluluk ve taşkın devamlılığı gösteren DEM verisi EU-DEM verisi tercih edilmiştir. Tehlike sınıfları Wallingford 2016'ya göre 3 kategoride yüksek-orta-az tehlike olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Biga ilçesine ait bazı yerleşmeler taşkın tehlikesi altındadır. Taşkın olayının meydana gelmesi durumunda ortaya çıkacak tehlike gerek yerleşim alanlarını gerekse tarım alanlarını taşkın tehlikesi ile karşı karşıya bırakacaktır. Çalışma sahasında İHA-DEM verisinin sınırlı bir alanı kapsaması nedeniyle, yüksek çözünürlüklü arazi modeli ile taşkın modellemesinin detaylı olarak yapılmasına ihtiyaç vardır. Tehlike analizi çalışmaları kapsamında farklı bilgilerin ve sonuçların derlenmesi daha tutarlı sonuçların elde edilmesine sağlayacaktır.

Sonuç olarak 1D taşkın modelinde Alos 12.5 m DEM verisinin dağlık ve yüksek sahalarda daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Eu-DEM 25 m. verisi ise dağlık ve yüksek sahalarda iyi sonuçlar vermesinin yanısıra ovalık alanlarda da Alos verisine oranla daha iyi sonuçlar vermiştir. 2D model kapsamında ise elde edilen taşkın modelinde Eu-DEM verisi Alos verisine kıyasla daha iyi detaylar ve sonuçlar vermiştir.

KAYNAKÇA

ABDOLLAHZADEHMORADI, Y.: 2012. "Karun (İran) Üst Havzası'nda taşkın analizi" **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolilk ve Su Kaynakları Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.**

AFAD.: 2018. "Çanakkale, Biga İlçesi taşkın verileri" Ankara.

AKBAŞ, A.: 2018 "Marmara Denizi Drenaj Havzasında Yağış-Akış İlişkileri" **Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı**, İstanbul.

AKBAŞ, A., ÖZDEMİR, H.: 2018 "Marmara Denizi havzasının hidroklimatolojik dinamiklerinin belirlenmesi". **Türk Coğrafya Dergisi,** 70, 123-131.

AKSOY, H., ÜNAL N.E., ALEXANDROV V., DAKOVA S., YOON J.Y.: 2008. "Hydrometeorological analysis of northwestern Turkey with links to climate change" **International Journal of Climatology**. 28(8): 1047 – 1060

ALAGHMAND, S., ABDULLAH, R., ABUSTAN, I., BEHDOKHT, V.: 2010. "GIS-based river flood hazard mapping in urban area (A Case study in Kayu Ara River Basin, Malaysia)". **International Journal of Engineering and Technology,** Vol.2 (6), 488-500.

ANTALYA VALİLİĞİ ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ.: 2014. **Antalya ili çevre durum raporu,** Antalya.

ASKEW, A.J.: 1997. "Water in the ınternational decade for natural disaster reduction". In: Desctrictive Water: Water Caused Natural Disaster, their Abatement and Control Leavesley. G.; Lins, H.F.;Nobilis, F.; Parker, Randolph s.; Scneider, V.; van de Ven, F.H.M. (eds), **IAHS Publications**, No: 239, 3-11.

ATALAY, İ.: 2011. **Genel Coğrafya.** 2.Baskı. Çantay Kitabevi.

BALDASSARRE, G. Dİ, VİGLİONE, A., CARR, G., KUİL, L., SALİNAS, J.L., BL, G.: 2013. "Socio-hydrology : conceptualising human-flood interactions". **Hydrology and Earth System,** 3295–3303. https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013

BATES, P.D., HORRİTT, M.S., FEWTRELL, T.J.: 2010. "A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation

modelling". **Journal of Hydrology,** 387, 33-45. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.03.027

BATUR, E., MAKTAV, D.: 2012. "Uzaktan algılama ve cbs entegrasyonu ile taşkın alanlarının belirlenmesi: Meriç Nehri örneği". **Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi,** 5, 47–54.

BAYAZİT, M., CIĞIZOĞLU, H.K., ÖNÖZ, B.: 2002. "Türkiye akarsularında trend analizi". **Türkiye Mühendislik Haberleri**, 420-421-422,8–10.

BAYAZİT, M., ÖNÖZ, B.: 2008. **Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi.** 5. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul.

BRADBROOK, K.F., LANE, S.N., WALLER, S.G., BATES, P.D.: 2010. " Two dimensional diffusion wave modelling of flood inundation using a simplified channel representation" **International Journal of River Basin Management,** 2, 3211-223.

BRAGAİS, M. A., MACANDOG, M.D.B., ARIZAPA, J.L., MANALO, K. M.: 2016. " Vulnerabılıty assessment usıng lıdar data In Sılang-Sta. Rosa Subwatershed, Phılıppınes" The International Archives of the Photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Vol. XLI-B8 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.

BRATH, A., MONTANARI, A. & MORETTI, G.: 2006 "Assessing the effect on flood frequency of land use change via hydrological simulation (with uncertainty)". **Journal of Hydrology,** 324, 141–153.

BROWN, J.D., SPENCER, T., MOELLER, I.: 2007. "Modeling storm surge flooding of an urban area with particular reference to modeling uncertainties : A case study of Canvey Island , United Kingdom". **Water Resources Research**, 43(6), 1–22. https://doi.org/10.1029/2005WR004597

BURROUGH, P.A., VAN GAANS, P.F.M., MACMLLAN, R.A.: 2000. "High-resolution landform classification using fuzzy k-means". **Fuzzy Sets and Systems**, 113, 37–52.

BÜYÜKKARACIĞAN, N.: 1997. "Taşkın frekans analizinde kullanılan değişik dağılımların Konya Havzası yıllık pik akım serilerine uygulanıp karşılaştırılması". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

CHEN, A.S., EVANS, B., DJORDJEVİĆ, S., SAVIĆ, D.A.: 2012. "Multi-layered coarse grid modelling in 2D urban flood simulations". **Journal of Hydrology** 470–471, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.06.022

CHOW, V. TE.: 1959. **Open-Channel Hydraulics**. McGraw Hill Inc.New York, NY.

CHOW, V. TE.: 1951. "A general formula for hydrologic frequency analysis". **Transactions American Geophysical Union**, 32, 231–237. https://doi.org/10.1029/TR032i002p00231

CHOW, V.TE, MAIDMENT D.R., M.L.W.: 1988. **Applied_Hydrology**, McGraw-Hill.

CHU, M. L., KNOUFT, J. H., GHULAM, A., GUZMAN, J. A. & PAN, Z.: 2013 "Impacts of urbanization on river flow frequency: a controlled experimental modeling-based evaluation approach". **J. Hydrol**. 495, 1–12.

COHEN, J.: 2003. "Human population: The next half century". **Science,** Vol. 302, 5648, 1172-1175. https://doi.org/10.1126/science.1088665

COOK, A., MERWADE, V.: 2009. "Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping". **Journal of Hydrology,** 377(1-2), 131–142. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2009.08.015

COURTY, L.G., SORIANO-MONZALVO, J.C., Pedrozo-Acuña, A.: 2017. "Evaluation of open-access global digital elevation models (AW3D30, SRTM and ASTER) for flood modelling purposes". **Earth ArXiv**,1-16. https://doi.org/10.5281/ZENODO.885572

CUREBAL, İ., EFE, R., ÖZDEMİR, H., SOYKAN, A., SÖNMEZ, S.: 2015. "GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey)". **Geocarto International**, 31, 355–366. https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1047411

DEAL, C.E., PARR., D.A., YOUNG, B.C.: 2017. A Comprasion Study of One and two dimensional hydraulic models for river environments. **Final Report, The University of Kansas and The Kansas Department of Transportation Topeka, Kansas.**

DE MOEL, H., VAN ALPHEN, J., AERTS, J.C.J.H.: 2009. "Flood maps in Europe -

Methods, availability and use". **Natural Hazards and Earth System Science,** 9, 289–301. https://doi.org/10.5194/nhess-9-289-2009

DEASY, C., TITMAN, A. & QUINTON, J. N.: 2014 "Measurement of flood peak effects as a result of soil and land management, with focus on experimental issues and scale". **Journal of Environmental Management**. 132, 304–312.

DENİZ, O., BABA, A., TARCAN, G.: 2010. "Çan jeotermal alanı'nın hidrojeokimyasal ve hidrojeolojik incelenmesi". **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 53(2-3), 159–184.

DI BALDASSARRE, G., CASTELLARİN, A. & BRATH, A.: 2009. "Analysis of the effects of levee heightening on flood propagation: example of the River Po, Italy. **Hydrol. Sci. J.** 54 (6), 1007–1017.

DI BALDASSARRE, G., VİGLİONE, A., CARR, G., KUIL, L., SALINAS, J.L., BL, G.: 2013. "Socio-hydrology : conceptualising human-flood interactions". **Hydrology and Earth System,** 3295–3303. https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013Deniz, O., Baba, A., Tarcan, G.: 2010. "Çan Jeotermal Alanı'nın Hidrojeokimyasal ve Hidrojeolojik İncelenmesi". **Türkiye Jeoloji Bülteni**, 53(2-3), 159–184.

DIMITRIADIS, P., TEGOS, A., OIKONOMOU, A., PAGANA, V., KOUKOUVINOS, A., MAMASSİS, N., KOUTSOYİANNİS, D., EFSTRATİADİS, A.: 2016. "Comparative evaluation of 1D and quasi-2D hydraulic models based on benchmark and real-world applications for uncertainty assessment in flood mapping". **Journal of Hydrology,** 534, 478–492. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.020

DIXON, B. & EARLS, J.: 2012. "Effects of urbanization on streamflow using SWAT with real and simulated meteorological data". **Appl. Geogr.** 35, 174–190.

DOTTORI, F., SALAMON, P., BİANCHİ, A., ALFİERİ, L., HİRPA, F.A., FEYEN, L.: 2016. "Development and evaluation of a framework for global flood hazard mapping". **Advances in Water Resources** 94, 87–102. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.05.002

DSİ.: 2017 "D02A010-E02A012 Biga Çayı Akkayrak ve Çınarköprü AGİ Verileri" Ankara.

DRUSCH, M., DEL BELLO, U., CARLIER, S., COLIN, O., FERNANDEZ, V.,

GASCON, F., HOERSCH, B., ISOLA, C., LABERINTI, P., MARTIMORT, P., MEYGRET, A., SPOTO, F., SY, O., MARCHESE, F., BARGELLINI, P.: 2012. "Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services". **Remote Sensing of Environment,** 120, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

DUONG, V.N., GOURBESVİLLE, P.: 2016. "Model uncertainty in flood modelling. case study at Vu Gia Thu Bon Catchment - Vietnam". **Procedia Engineering,** 154, 450–458. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.537

DRĂGUŢ, L., BLASCHKE, T., 2006. "Automated classification of landform elements usingobject-based image analysis". **Geomorphology,** 81, 330–344.

EAC (European Commission).: 2016. EU overview of methodologies used in preparation of flood hazard and flood risk maps Final report. **Publications Office of the European Union,** Luxembourg City, Luxembourg. http://dx.doi.org/10.2779/204606

EUROPEAN ENVİNROMENT AGENCY.: 2012. CORINE Land Cover.

EFE, R.: 1999. "Güney Marmara Bölümü batısında toprak oluşumunu etkileyen faktörler". **Türk Coğrafya Dergisi**, 34, 193–209.

EFE, R.: 1993. "Marmara Denizi güneyinde, Karabiga-Tahirova arasındaki kıyı özellikleri". **Türk Coğrafya Dergisi**, 32, 293–306.

ELBAŞI, E., ÖZDEMİR, H.: 2018. " Marmara Denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi" **İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi,** 36, 63-84.

ERGÜNAY, O.: 2007. "Türkiyenin Afet Profili". **TMMOB Afet Sempozyumu**, 1–14, Ankara.

ECSN.: 1995. "Climate of Europe: recent variation, present state and future prospects". **National Meteorological Services First European Climate Assessment, European Climate Support" Network (ECSN),** Nijkerk, The Netherlands, 72 pp

FAVEY, E., GEIGER, A., HILMAR GUDMUNDSSON, G., WEHR, A. 1999. "Evaluating the potential of an airborne laser-scanning system for measuring volume changes of glaciers". **Geografiska Annaler, Series A: Physical Geography**,

81, 555–561. https://doi.org/10.1111/j.0435-3676.1999.00083.x

FIJKO, R., ZELEŇÁKOVÁ, M., 2016. "The Hec-RAS model of regulated stream for purposes of flood risk reduction". **Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering**, 11, 59–70. https://doi.org/10.1515/sspjce-2016-0007

FOSU, C., FORKUO, E. AND ASARE, M.: 2013. "River inundation and hazard mapping- A case study of Susan River-Kumasi". **Proceedings of Global Geospatial Conference**, Qubec City, Canada, pp. 14-17.

GALLANT, J.C., WILSON, J.P.: 2000. Primary topographic attributes. In: Wilson, J.P., Gallant,J.C. (Eds.), **Terrain Analysis: Principles and Applications**. Wiley, New York, pp.51–85.

GALLEGOS, H.A., SCHUBERT, J.E., SANDERS, B.F.: 2009. "Advances in Water Resources two-dimensional, high-resolution modeling of urban dam-break flooding : A case study of Baldwin Hills, California". **Advances in Water Resources**, 32, 1323–1335. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2009.05.008

GARCIA-RUİZ, J.M., LÓPEZ-MORENO, J.I., VICENTE-SERRANO, S.M., LASANTA–MARTINEZ, T., BEGUERIA, S.: 2011. "Mediterranean water resources in a global change scenari. **Earth-Science Reviews,** 105, 121–139. https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2011.01.006

GARROTE, J., ALVARENGA, F.M., DIEZ-HERRERO, A.: 2016. "Quantification of flash flood economic risk using ultra-detailed stage–damage functions and 2-D hydraulic models". **Journal of Hydrology,** 541, 611–625. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.006

GUMBEL, E.J.: 1958. **Statistics of extremes.** Columbia University Press, New York,

GUTH, P.L.: 2006. "Geomorphometry from SRTM – comparison to NED". **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,** 72, 269–277.

HAAN, C.T.: 1977. **Statistical Methods in Hydrology**. Iowa State University Press.USA.

HAGOLLE, O., HUC, M., PASCUAL, D.V., DEDIEU, G.: 2010. "A multi-temporal method for cloud detection, applied to FORMOSAT-2, VENµS, LANDSAT and SENTINEL-2 images". **Remote Sensing of Environment**, 114, 1747–1755.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.03.002

HAMED, K., RAO, R.: 1999. **Flood Frequency Analysis**. CRC Press.

HGK.: "1/25000 ölçekli topografik paftalar", Ankara.

HANKİN, B., WALLER, S., ASTLE, G., KELLAGHER, R.: 2008. Mapping space for water: screening for urban flash flooding". **Journal of Flood Risk Management**, 1, 13–22. https://doi.org/10.1111/j.1753-318x.2008.00003.x

HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A.: 2005. "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas". **International Journal of Climatology,** 25, 1965–1978. https://doi.org/10.1002/joc.1276

HENGL, T., REUTER, H.I. (Eds.).: 2009. Geomorphometry: concepts, software, applications. **Developments in Soil Science**, 33. Elsevier, Amsterdam.

HORRITT, M.., BATES, P.D.: 2002. "Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation". **Journal of Hydrology**, 268, 87–99.

HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R.: 1993. "Some statistics useful in regional frequency analysis". **Water Resources Research,** 29, 271–281.

HSU, M., FU, J., LIU, W.: 2003. "Flood routing with real-time stage correction method for flash flood forecasting in the Tanshui River, Taiwan". **Journal of Hydrology**, 283 (1-4), 267–280. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00274-9

HSU, M.H., CHEN, S.H., CHANG, T.J.: 2000. "Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system". **Journal of Hydrology**, 234 (1-2), 21–37.

IACWD.: 1982. "Guidelines for determining flood flow frequency". **Bulletin 17B of the Hydrology Subcommittee,** 73. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3133/tm4–BXX/

IWAHASHI, J., PIKE, R.J.: 2007. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology 86, 409–440.

İTİBAR, M.D.: 2005. "Ege bölgesi akarsularına ait yapısal karakteristiklerin olasılık

yöntemler yardımıyla belirlenmesi". **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**, **İstanbul.**

KAHYA, E., KALAYCI, S.: 2004. "Trend analysis of streamflow in Turkey". **Journal of Hydrology**, 289, 128–144. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2003.11.006

KALYANAPU, A.J., KIM, J.: 2013. "Toward a methodology to ınvestigate the downstream flood hazards on the American River due to Changes in Probable Maximum Flood due to Effects of Artificial Reservoir Size and Land-Use / Land-Cover Patterns". **Earth Interactions,** 17, 1-24 https://doi.org/10.1175/2012EI000496.1

KAMBOH, S.A., SARBINI, I.N., LABADIN, J., EZE, M.: 2015. "Simulation of 2D Saint-Venant equations in open channel by using MATLAB" **Journal of Information Technology in ASIA**. Vol. 5 No:1

KE, Y., IM, J., LEE, J., GONG, H., RYU, Y.: 2015. "Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations". **Remote Sensing of Environment,** 164, 298–313. https://doi.org/10.1016/J.RSE.2015.04.004

KESKIN, F.: 2012. "Quantitative flood risk assessment with applicaton in Turkey". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, Ankara.**

KIM, J., KUWAHARA, Y., KUMAR, M.: 2011. "A DEM-based evaluation of potential flood risk to enhance decision support system for safe evacuation". **Natural Hazards**, 59, 1561–1572. https://doi.org/10.1007/s11069-011-9852-2

KOÇ, T.: 2001. **Kuzeybatı Anadolu'da İklim Ve Ortam: Sinoptik, İstatistik ve Uygulama Boyutlarıyla, İstanbul.** 1. Baskı. ed. Çantay Kitabevi, İstanbul.

LIU, Y., HATAYAMA, M., OKADA, N.: 2006."Development of an Adaptive Evacuation Route Algorithm under Flood Disaster". **Annuals of Disas Prev. Res. Inst.,** No: 49 B.

LIU, Y., PENDER, G.: 2010. "A new rapid flood inundation model". In: Proceedings of the first IAHR **European Congress**, 4–6.

LIU, Z., MERWADE, V., JAFARZADEGAN, K.: 2018. "Investigating the role of model structure and surface roughness in generating flood inundation extents using one- and two-dimensional hydraulic models". **Journal of Flood Risk Management,** 1-19**.** https://doi.org/10.1111/jfr3.12347

MARAL, M.: 2007. "Biga yarımadası (Çan-Yenice-Gönen) çevresi kömür oluşumları". **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.**

MARKS, K. AND BATES, P.D.: 2000. “Integration of high resolution topographic data with floodplain flow models”. ***Hydrological Processes***, 14, 2109–2122.

MARTIMORT, P., BERGER, M., CARNİCERO DOMIGUEZ, B., DEL BELLO, U., FERNANDEZ, V., GASCON, F., SILVESTRİN, P., SPOTO, F., SY, O.: 2007. "Sentinel-2 - The optical high-resolution mission for GMES operational services, ESA bulletin". **Bulletin ASE. European Space Agency**.

MASON, D.C., HORRITT, M.S., HUNTER, N.M., BATES, P.D.: 2007. "Use of fused airborne scanning laser altimetry and digital map data for urban flood modelling" **Hydrological Procesess,** 21(11),1436–1447. https://doi.org/10.1002/hyp

MASON, D.C., TRIGG, M., GARCİA-PINTADO, J., CLOKE, H.L., NEAL, J.C., BATES, P.D.: 2016. "Improving the TanDEM-X Digital Elevation Model for flood modelling using flood extents from Synthetic Aperture Radar images". **Remote Sensing of Environment,** 173, 15–28. https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.018

MD ALI, A., SOLOMATİNE, D.P., Dİ BALDASSARRE, G.: 2015. "Assessing the impact of different sources of topographic data on 1-D hydraulic modelling of floods". **Hydrology and Earth System Sciences,** 19, 631–643. https://doi.org/10.5194/hess-19-631-2015

MERWADE, V., OLIVERA, F., ARABI, M., EDLEMAN, S.: 2008. "Uncertainty in flood Inundation Mapping: Current Issues and Future Directions". **Journal of Hydrologic Engineering**, 13(7), 608–620.

MERZ, B., HALL, J., DISSE, M., SCHUMANN, A.: 2010. "Fluvial flood risk management in a changing world" Nat Hazards Earth Syst. Sci., 10, 509–527.

MILLER, J. D., KIM, H., KJELDSEN, T. R., PACKMAN, J., GREBBY, S. & DEARDEN, R.: 2004. "Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban

catchment using historical change in impervious cover". **J. Hydrol.** 515, 59–70.

MILLY, P., WETHERALD, R.T., DUNNE, K.A., DELWORTH, T., 2002. "Increasing risk of great floods in a changing climate". **Nature**. 415, 514-517 https://doi.org/10.1038/415514a

MOURATİDIS, A., AMPATZIDIS, D.: 2019. "European digital elevation model validation against extensive global navigation satellite systems data and comparison with srtm dem and Aster GDEM in Central Macedonia (Greece)". **ISPRS International Journal of Geo-Information**, 8(3), 108. https://doi.org/10.3390/ijgi8030108

MADEN TETKİK ARAMA.: 2007. 1/100000 ölcekli H18, H17, İ17, Jeoloji Paftası. Ankara

MUKHERJEE, SANDİP, JOSHI, P.K., MUKHERJEE, SAMADRITA, GHOSH, A., GARG, R.D., MUKHOPADHYAY, A.: 2012. "Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM)". **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,** 21, 205–217. https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.004

NEAL, J.C., FEWTRELL, T.J., BATES, P.D., WRIGHT, N.G.: 2010. "A comparison of three parallelisation methods for 2D flood inundation models". **Environmental Modelling and Software,** 25, 398–411. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.11.007

NIEHOFF, D., FRITSCHA, U. & BRONSTERT, A.: 2002. "Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological response in a meso-scale catchment in SW-Germany". **J. Hydrol.** 267, 80–93.

OKAY, A.İ., SİYAKO, M., BÜRKAN, K.A.: 1990. "Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi". **Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni,** 2, 83–121.

OUMA, Y., TATEISHI, R.: 2014. "Urban flood vulnerability and risk mapping using ıntegrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment". **Water**, 6, 1515–1545. https://doi.org/10.3390/w6061515

ÖZCAN, O.: 2017. "Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği". **Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi**, (3) 1, 9-27.

ÖZCAN, O., MUSAOĞLU, N.: 2009. "Taşkın risk analizinde hidrolojik modelleme ve çok kriterli karar verme yöntemi" **TUFUAB V. Teknik Sempozyumu,** Ankara.

ÖZDEMİR, H.: 2008. "Havran Çayı'nın (Balıkesir) taşkın sıklık analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III dağılımlarının karşılaştırılması" **Coğrafi Bilimler Dergisi,** 1(6), 41–52.

ÖZDEMİR H., BİRD D.: 2009. "Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM ın point of floods", **Envıronmental Geology**, vol.56, pp.1405-1415.

ÖZDEMİR, H.: 2007. "Havran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) Cbs ve Uzaktan algılama yöntemleri ile taşkın ve heyelan risk analizi". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.**

ÖZDEMİR H.: 2011. "Havza morfometrisi ve taşkınlar", **Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel**, Ekinci D., Ed., Babil, İstanbul, ss.507-526.

ÖZDEMİR, H., ELBAŞI, E.: 2015. "Benchmarking land use change impacts on direct runoff in ungauged urban watersheds". **Physics and Chemistry of the Earth,** 79-82, 100–107. https://doi.org/10.1016/j.pce.2014.08.001

ÖZDOĞAN, İ.: 2010. "Akarsularda taşkın ötelenme modelleri: Alara Çayı uygulaması". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabili Dalı, Isparta.**

ÖZTÜRK, D.: 2009. "Cbs tabanlı çok ölçütlü karar analzi yöntemleri ile sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi: Güney Marmara Havzası örneği" **Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı, İstanbul.**

PÉREZ-PEÑA, J. & ALAWABDEH, MOHAMMAD & AZAÑÓN, J. & GALVE, JORGE & BOOTH-REA, GUİLLERMO & NOTTİ, DAVİDE.: (2016). Swath Profiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. **Computers & Geosciences.** 10.1016/j.cageo.2016.08.008.

PLATE, E.J.: 2002. "Flood risk and flood management". **Journal of Hydrology**, 267,

2–11. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00135-X.

PRIESS, J. A., SCHWEITZERA, C., WIMMERB, F., BATKHISHIGC, O. & MIMLERB, M.: 2011. "The consequences of land-use change and water DEM ands in Central Mongolia". **Land Use Policy**, 28, 4–10.

REISINGER R.K. PACHAURI, A.: 2007. "Climate change 2007: Synthesis report" contribution of working groups I, II & III to the Fourth Assessment, **IPCC,** Geneva.

REU, D. J., BOURGEOIS, J., BATS, M., ZWERTVAEGHER, A., GELORINI, V., SMEDT, D.P., CHU, W., ANTROP, M:, MAEYER, D.P., FINKE, P., MEIRVENNE, V.M:, VERNIERS, J., CROMBE, P.: 2013. "Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes" Geomorpholgy, 186,39-49.

SAF, B.: 2011. "Batı Akdeniz Bölgesi taşkın tahminlerinde homojenlik irdelemesi". **İMO Teknik Dergi,** 5587–5611.

SALEH, F., DUCHARNE, A., FLIPO, N., OUDIN, L. AND LEDOUX, E.: 2013. "Impact of river bed morphology on discharge and ater levels simulated by a 1D Saint-Venant hydraulic model at regional scale". **Journal of Hydrology**, 476, pp. 169-177.

SAMELA, C., MANFREDA, S., PAOLA, F., GIUGNI, M., SOLE, A., FIORENTINO, M.: 2016. "DEM-based approaches for the delineation of flood-prone areas in an Ungauged Basin in Africa". **Journal of Hydrologic Engineering**, https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001272

SANDERS, B.F.: 2007. "Evaluation of on-line DEMs for flood inundation modeling". **Advances in Water Resources**, 30, 1831–1843. https://doi.org/10.1016/J.ADVWATRES.2007.02.005

SARAL , A., MUSAOĞLU, N.: 2011 "Çok kriterli karar verme ve bilgi difüzyonu yöntemleri ile taşkın risk analizi" TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası **13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı**, 18-22 Nisan, Ankara.

SCHUMANN, G.J.-P., BATES, P.D.: 2018. "The need for a high-accuracy, open-access global DEM". **Frontiers in Earth Science**, 6, 225. https://doi.org/10.3389/FEART.2018.00225

ŞENCAN, A.: 2007. "Biga çayı batı kesiminin jeomorfolojisi". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü., Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul.**

SHAMAOMA, H.: 2005."Extraction of flood risk-related base-data from multi-source remote sensing imagery extraction of flood risk-related base-data from multi-source remote sensing imagery". **Proceedings of the IEEE 100 (10):2946-2970.**

SHIRAMIZU, K., DOİ, K., AOYAMA, Y.: 2017. "Generation of a high-accuracy regional DEM based on ALOS/PRISM imagery of East Antarctica". **Polar Science,** 14, 30–38. https://doi.org/10.1016/j.polar.2017.10.002

SİYAKO, M., BİRKAN, K.A., OKAY, A. İ.: 1989. "Biga ve Gelibolu Yarımadalarının tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları". **Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin,** 1, 183–199.

SMALL, C., COHEN, J.E.: 2004. "Continental physiography , climate , and the global distribution of human population". **Current Anthropology,** 45:2, 269-277.

TACHIKAWA, T., KAKU, M., IWASAKI, A., GESCH, D., OIMOEN, M., ZHANG, Z., DANIELSON, J., KRIEGER, T., CURTİS, B., HAASE, J., ABRAMS, M., CRIPPEN, R., CARABAJAL, C.: 2011."ASTER global digital elevation model version 2 – summary of validation results". **Publication of an Organization Other than the U.S. Geological Survey,** 1-7 https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

TEKKANAT, İ.S.: 2015. "Porsuk Çayı Havzasında yağış şiddeti ile akarsu akımları arasındaki ilişki ve eğilimlerin analizi". **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı. Çanakkale.**

THORNTHWAITE, C. W. (1948). **An Approach Toward A Rational Classification Of Climate. Geographical Review,** 38(1), 55-94.

TRGM.: 2017. "1/25000 ölçekli sayısal toprak haritası". Ankara

TOKGÖZLÜ, A., ÖZKAN, E.: 2018 "Taşkın risk haritalarında ahp yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği" **SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 44, 151-176.

TÜRKEŞ, M.: 1998. "Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey". **International Journal of Climatology,** 18, 649–680. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199805)18:6<649::AID-JOC269>3.0.CO;2-3

TÜRKEŞ, M.: 1990. "Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar". **Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.**

TÜRKEŞ, M., DENİZ, Z.A.: 2011. "Güney Marmara Bölümü'nün (Kuzey Batı Anadolu) klimatolojisi ile yağış ve akım dizilerinde gözlenen değimler ve eğilimler". **Uluslararası İnsani Bilimler Dergisi,** 8, 1579–1600.

TÜRKEŞ, M., ERGİNAL, A.E., DEMİRCİ, A., EKİNCİ, Y.L.: 2011. "Geophysical, geomorphological and climatological analysis of the Ambaroba and Mazilik landslides in the Çanakkale district". 5**th Atmospheric Science Symposium Proceedings**, Istanbul Technical University, 27-29 April, Istanbul, Turkey.

TÜRKEŞ, M., TATLI, H.: 2011. "Türkiye Yağış bölgelerinin sprektreal kümeleme tekniğiyle belirlenmesi" In: **Proceedings of the National Geographical Congress with International Participation** (CD-R), 1–8, Türk Coğrafya Kurumu:İstanbul. ISBN 978-975-6686-04-1.

UKMO.:1995. "Modelling climate change 1860–2050, United Kingdom Meteorological Office (UKMO)". **The Hadley Centre for Climate Prediction and Research**, 12 pp.

ULUDAĞ, A.S., DOĞAN, H.: 2016 "Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması" **Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi,** (6) 2, 17-47.

UNI-SDR, 2001. **Guidelines for Reducing Flood Losses**, United Nations.

UNI-SDR, CRED.: 2015. "The human cost of weather-related disasters 1995-2015". **UNISDR Publications** 1, 30. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

ÜNSER, M.H.: 2007. "Biga Yarımadası şelf alanı tektonik yapı unsurlarının gravite yöntemleriyle belirlenmesi". **Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı. İstanbul.**

USACE.:1993.. **Hydrologic Frequency Analysis**. Engineering and Desing

UŞKAY, S., AKSU, S., 2002. "Ülkemizde taşkınlar, nedenleri, zararları ve alınması gereken önlemler". **Türkiye Mühendislik Haberleri,** 420-421–42, 133–136.

UTLU, M., ÖZDEMİR, H., 2018. "The role of basin morphometric features in flood output: a case study of the Biga River Basin". **Journal of Geography,** 36, 49–62. https://doi.org/10.26650/JGEOG408101

VAZE, J., TENG, J., SPENCER, G.: 2010. "Impact of DEM accuracy and resolution on topographic indices". **Environmental Modelling and Software**, 25, 1086–1098. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.03.014

YILMAZ, İ., ÖZTÜRK, D., KIRBAŞ, U.: 2017. "Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi**" TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,** 3-6 Mayıs. Ankara.

WALLINGFORD, H.R.: 2006. "R&D Outputs: Flood risks to people phase 2 FD2321/TR2 guidance document" Defra/Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme.

WALLEMACQ, P., GUHA-SAPİR, D., MCCLEAN, D.: 2015. "The human cost of weather related disasters - 1995 - 2015". **UNI-SDR-CRED,** https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17677.33769

WANG, J.P., LİANG, Q.: 2011. "Testing a new adaptive grid-based shallow flow model for different types of flood simulations". **Journal of Flood Risk Management,** 4, 96–103. https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2011.01094.x

WATSON, C.S., CARRİVİCK, J., QUİNCEY, D.: 2015. "An improved method to represent DEM uncertainty in glacial lake outburst flood propagation using stochastic simulations". **Journal of Hydrology** 529, 1373–1389. https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2015.08.046

WEISS, A.D.: 2001. Topographic position and landforms analysis. Poster Presentation, **ESRI Users Conference**, San Diego, CA.

WERNER, M.G.F.: 2001. "Impact of grid size in GIS based flood extent mapping using a 1D flow model. Physics and Chemistry of the Earth". **Hydrology, Oceans and Atmosphere** 26, 517–522. https://doi.org/10.1016/S1464-1909(01)00043-0

WESTOBY, M.J., GLASSER, N.F., BRASİNGTON, J., HAMBREY, M.J., QUİNCEY, D.J., REYNOLDS, J.M.: 2014. Modelling outburst floods from moraine-dammed glacial lakes". **Earth-Science Reviews** 134, 137–159. https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2014.03.009

WHEATER, H., EVANS, E.: 2009. "Land use, water management and future flood risk". **Land Use Policy** 26, S251–S264.

https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.019

WOOD, E.F., ROUNDY, J.K., TROY, T.J., BEEK, L.P.H. VAN, BIERKENS, M.F.P., BLYTH, E., ROO, A. DE, DOLL, P., EK, M., FAMIGLIETTİ, J., GOCHİS, D., GIESEN, N. VAN DE, HOUSER, P., JAFFÉ, P.R., KOLLET, S., LEHNER, B., LETTENMAIER, D.P., LİDARD, C.P., SIVAPALAN, M., SHEFFIELD, J., WADE, A., WHITEHEAD, P.: 2011. "Hyperresolution global land surface modeling : Meeting a grand challenge for monitoring Earth' s terrestrial water. **Water** 47, 1–10. https://doi.org/10.1029/2010WR010090

YAMAZAKİ, D., IKESHIMA, D., TAWATARI, R., YAMAGUCHI, T., O'LOUGHLIN, F., NEAL, J.C., SAMPSON, C.C., KANAE, S., BATES, P.D.: 2017. "A high-accuracy map of global terrain elevations". **Geophysical Research Letters,** 44, 5844–5853. https://doi.org/10.1002/2017GL072874

YANG, X, CHEN, H., WANG, Y., XU, C.Y.: 2016 "Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using and integrated approach cuopling land and flood analysis" . **Hydrology Research,** 47, 1161-1171.

YU, D., LANE, S.N.: 2006. Urban fluvial flood modelling using a two-dimensional diffusion-wave treatment, part 1: Mesh resolution effects. **Hydrological Processes** 20, 1541–1565. https://doi.org/10.1002/hyp.5935

ZHANG, X., CHEN, G., WANG, W., WANG, Q., DAI, F.: 2017. "Object-based land-cover supervised classification for very-high-resolution uav ımages using stacked denoising autoencoders". IEEE Journal of Selected Topics in **Applied Earth Observations and Remote Sensing,** 10, 3373–3385. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2672736

ZHU, Z., WANG, S., WOODCOCK, C.E.: 2015. "Improvement and expansion of the Fmask algorithm: cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8,

and Sentinel 2 images". **Remote Sensing of Environment,** 159, 269–277. https://doi.org/10.1016/J.RSE.2014.12.014

İNTERNET KAYNAKLARI

http://bigahavadis.com/biga-kocabas-cayi-tasti/8308/ (Son erişim tarihi 01.10.2019, 12:05)

https://www.bolgegundem.com/canakkalede-cay-tasti-734026h.htm, (Son erişim tarihi 01.10.2019, 12:06)

https://www.bigazete.com.tr/biga/kocabas-cayi-biga-kent-icinde-tasti-h35309.html (Son erişim tarihi 01.10.2019, 12:07)

https://www.canakkaleninsesi.com/haber/5959/biga-ilcemizde-saganak-yagisin-ardindan-kocabas-cayi-tasti.html (Son erişim tarihi 01.10.2019 12:08)

https://www.haberler.com/canakkale-de-cay-tasti-araclar-sular-altinda-kaldi-4260503-haberi/ (Son erişim tarihi 01.10.2019 12:08)

https://www.karar.com/guncel-haberler/canakkalede-kocabas-cayi-tasti-1119567 (Son erişim tarihi 01.10.2019 12:15)

https://www.rizedeyiz.com/Haber/Bigada-cay-tasti-araclar-su-altinda-kaldi.html (Son erişim tarihi 01.10.2019 12:17)

https://www.haberler.com/biga-da-kocabas-cayi-alarmi-6929387-haberi/ (Son erişim tarihi 01.10.2019 12:20)

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında İstanbulda doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2007 yılında üniversite eğitimine İstanbul Üniversitesi Coğrafya Bölümünde başladı ve 2011 yılında mezun oldu. 2012 yılı Ocak döneminde İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladıktan sonra 2014 yılı Ocak döneminde mezun oldu. Yüksek Lisans eğitimi sırasında 2012 Ağustos ayında Bingöl Üniversitesi Coğrafya Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Yüksek lisans mezuniyetinden hemen sonra aynı dönem 2014 Şubat doktora eğitimine basladı. Doktora eğitimi sırasında 2015 yılında Cenevre Üniversitesi CERG-C (Specialization certificate for the assessment and management of geological and climate related risk) eğitim programına katıldı. 2015 yılı temmuz ayında Ulusal Taywan Üniversitesi'nde STCSLDR (Summer Training Course for Slope Land Disaster Reduction) programına katıldı. Bingöl Üniversitesi'nde halen Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Çalışmalarını, Doğal afetler-Taşkın modelleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri üzerine devam ettirmektedir.