

T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

# COĞRAFİ BİLGİ MODELLEME SİSTEMİNE DAYALI TAŞKIN RİSK ANALİZİ

Uğur ENGİN

Danışman: Doç. Dr. Cahit YERDELEN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik Yüksek Lisans Programı

İzmir  
2019



Uğur ENGİN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Coğrafi Bilgi Modelleme Sistemine Dayalı Taşkın Risk Analizi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 18/07/2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

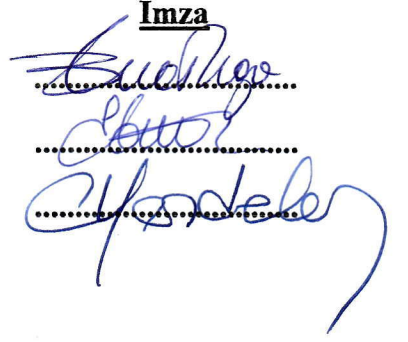
**Jüri Üyeleri:**

**Jüri Başkanı : Prof. Dr. Birol KAYA**

**Raportör Üye : Doç. Dr. Ebru ERİŞ**

**Üye : Doç. Dr. Cahit YERDELEN**

**İmza**



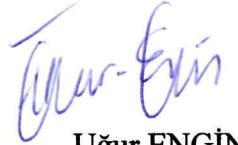


## EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Coğrafi Bilgi Modelleme Sistemine Dayalı Taşkın Risk Analizi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

18/07/2019

  
Uğur ENGİN



**ÖZET****COĞRAFI BİLGİ MODELLEME SİSTEMİNE DAYALI  
TAŞKIN RİSK ANALİZİ**

ENGİN, Uğur

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cahit YERDELEN

Temmuz 2019, 68 sayfa

Günümüzde iklim değişikliği ile birlikte dünyada ve ülkemizde kısa süreli ani yağışlar görülmektedir. Olumsuz hava şartlarının neden olduğu taşkın olayları önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Taşkın zararlarını en düşük seviyeye indirebilmek için taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarının yapılması ve erken uyarı sistemlerinin kullanılması çağımızın gereği olmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak nitelendirilen uygulamalar sayesinde yapılan taşkın risk analizleri gerçeğe yakın sonuçlar vererek zararları minimum düzeye indirilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında CBS kullanılarak, Balıkesir'in Edremit ilçesinde yer alan Zeytinli Çayı'nın faklı tekerrür süreli (5, 10, 25, 50, 100, 500 yıl) taşkın debileri hesaplanarak risk analizleri yapılmıştır. Bölgenin sayısal yükseklik modeli, akarsu kolları, talveg hattı, akarsu kıyı çizgileri ve en kesitleri, Devlet Su İşleri (DSİ) 25. Bölge Müdürlüğü tarafından temin edilen 1/25000 ölçekli haritalar ile birer CBS yazılımı olan Global Mapper ve AutoCAD Civil 3D yardımı ile oluşturulmuştur. Akarsuya ait hidrolik modelin oluşturulabilmesi için Amerika Birleşik Devletleri Askeri Mühendislik Birimi (USACE) tarafından geliştiren ve bir nehir analiz programı olan Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) programı kullanılmıştır. Farklı taşkın senaryoları için doğal akarsu yatağının taşkın analizleri yapılarak, akarsu üzerindeki ıslah çalışmalarının yeterliliği incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Coğrafi bilgi sistemi, taşkın risk analizi, HEC-RAS



**ABSTRACT****FLOOD RISK ANALYSIS BASED ON GEOGRAPHIC  
INFORMATION MODELING SYSTEM**

ENGİN, Uğur

MSc in Civil Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cahit YERDELEN

July 2019, 68 pages

Due to recent global climate change, our country is experiencing short and sudden heavy rainfalls. These unusually negative weather changes lead flooding in our cities which result in the loss of many lives and properties. To minimize the levels of damage and losses caused by these floods, it is necessary to evaluate and foresee early detection signs of the recurring flooding. Certain implementations such as geographical information systems (GIS) have been able to analyze flood risk and achieve close to real life results. By achieving these results they have been able to minimize the potential damage that may caused by these floods.

In this study, the GIS have done testing in the Zeytinli Çay located in Edremit, Balıkesir. Their testing was done by implementing different return periods (5, 10, 25, 50, 100, 500 years) of calculating the flow of floodplain analysis. The region's digital elevation model, stream network, flow paths and cross sections were produced with help of 1/25000 scale maps Global Mapper and AutoCAD Civil 3D. The hydraulic model of the stream network was created by a river analysis program (HEC-RAS) Hydrological Engineering Center River Analysis System, produced by the (USACE) United States Army Corp of Engineers. To improve and adequate results, natural river banks were used in the analysis where, various flooding scenarios were implemented. The results were obtained and assessed according to the these examination.

**Keywords:** Geographical information systems, floodplain analysis, HEC-RAS



## ÖNSÖZ

Son yıllarda kentlerimizde görülen taşkın olaylarının neden olduğu zararlar alınan önlemlere ve yapılan taşkın riski ön değerlendirme rağmen artış göstermektedir. Büyük şehirlerimizde bile taşkın önlemlerinin alınması zorlayıcı ve büyük bütçeli harcamalar gerektirirken, küçük yerleşim bölgelerimizde alınan önlemler yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle kırsal bölgelerde taşkınların yol açtığı zararlar büyük yerleşim alanlarına göre daha maliyetli olabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında Balıkesir'in Edremit ilçesinde yer alan Zeytinli Çayı'nın taşkın risk analizleri farklı tekerrürlü debiler altında yapılmıştır. Bölgede yerleşim genel olarak kıyı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Akarsuyun incelenen kısmı da yerleşimlerin yoğun olduğu bu bölgeler olmakla birlikte hem sağ hem de sol sahilinde işyerleri ve evler bulunmaktadır. Yapılan analiz sonucu mevcut dere yatağı değerlendirilmiş ve riskli bölgeler tespit edilmiştir. Yapılan tüm harita görüntüme ve taşkın analizlerinde modern yöntemler kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri olarak nitelendiren bu uygulamalar sayesinde yaşanacak taşkın olaylarının vereceği zarar önceden tahmin edilebilmekte ve gerekli önlemler alınabilmektedir.

İZMİR

18/07/2019

Uğur ENGİN



**İÇİNDEKİLER**Sayfa

|                                                          |      |
|----------------------------------------------------------|------|
| ÖZET .....                                               | vii  |
| ABSTRACT .....                                           | ix   |
| ÖNSÖZ .....                                              | xi   |
| İÇİNDEKİLER .....                                        | xiii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                    | xv   |
| TABLolar DİZİNİ .....                                    | xvii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                     | xix  |
| 1. GİRİŞ .....                                           | 1    |
| 2. LİTERATÜR TARAMASI .....                              | 9    |
| 3. ÇALIŞMA ALANI .....                                   | 19   |
| 3.1 Çalışma Alanın Yeri .....                            | 19   |
| 3.2. Bölgenin İklim Özellikleri ve Jeolojik Yapısı ..... | 21   |
| 4. TAŞKIN HİDROLOJİSİ .....                              | 24   |
| 5. HİDROLİK MODEL .....                                  | 27   |
| 5.1 Bölgenin Sayısal Yükseklik Modeli .....              | 27   |
| 5.2 Akarsuyun Hidrolik Modeli .....                      | 31   |
| 6. BULGULAR .....                                        | 41   |

## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 53 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ .....    | 59 |
| TEŞEKKÜR.....             | 67 |
| ÖZGEÇMİŞ .....            | 68 |
| EKLER.....                |    |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>                                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.1 Meteorolojik afetler genel dağılımı (1940-2010) .....                                                            | 2            |
| 1.2 Uzun yıllar sel/taşkın oluşumunun dağılımı .....                                                                 | 3            |
| 1.3 Tüm kayıtlı istasyon sonuçlarına göre şiddetli yağışları ülke geneline göre dağılımı ve sıklığı (1950-2016)..... | 4            |
| 1.4 10 Mart 2013 tarihinde yaşanan taşkın olayı (Edremit).....                                                       | 5            |
| 1.5 29 Kasım 2016 tarihinde yaşanan taşkın olayı (Ayvalık) .....                                                     | 5            |
| 1.6 Model akış şeması .....                                                                                          | 8            |
| 3.1 Akçay ilçesinin Türkiye'deki konumu .....                                                                        | 19           |
| 3.2 Çalışma alanı yerbulduru haritası.....                                                                           | 20           |
| 3.3 Zeytinli Çayı havzası hipsometrik eğri grafiği.....                                                              | 22           |
| 3.4 Havzaya ait yükseklik değerleri .....                                                                            | 22           |
| 5.1 Arazinin iki boyutlu eş yükselti haritası.....                                                                   | 28           |
| 5.2 Arazinin üç boyutlu eş yükselti haritası .....                                                                   | 28           |
| 5.3 Bölgenin LIDAR haritası .....                                                                                    | 29           |
| 5.4 Bölgenin iki boyutlu TIN haritası ve drenaj ağı.....                                                             | 30           |
| 5.5 Drenaj ağının oluşumunun şematik gösterimi.....                                                                  | 30           |
| 5.6 Bölgenin üç boyutlu TIN haritası ve drenaj ağı .....                                                             | 31           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Şekil</u>                                                          | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.7 Akarsu güzergahı ve enkesitler.....                               | 32           |
| 5.8 Açık kanal akımlarında ardışık kesitlerde enerji .....            | 33           |
| 5.9 Formülde belirtilen niceliklerin şematik gösterimi .....          | 34           |
| 5.10 Akım modeli .....                                                | 36           |
| 5.11 Doğal yatak enkesiti (200 m).....                                | 37           |
| 6.1 Zeytinli Çayı ıslah çalışması.....                                | 43           |
| 6.2 Zeytinli Köyü’nden geçen Zeytinli Çayı’na ait yatak kesiti.....   | 43           |
| 6.3 Zeytinli Çayı mevcut durum (2019) .....                           | 44           |
| 6.4 Akarsu tipik enkesiti.....                                        | 45           |
| 6.5 Geometrik plan ve incelenen kesitler .....                        | 45           |
| 6.6 Akarsu enkesiti su yüzü profilleri (320 m).....                   | 46           |
| 6.7 Akarsu boykesiti su yüzü profilleri .....                         | 47           |
| 7.1 İlk ıslah çalışması sonrası akarsu boykesiti .....                | 54           |
| 7.2 İkinci ıslah çalışması sonrası akarsu boykesiti .....             | 55           |
| 7.3 Mevcut durum ve ıslah çalışmaları sonucu oluşan boykesitler ..... | 56           |
| 7.4 Taşkın geciktirme haznesinin yeri .....                           | 57           |

## TABLOLAR DİZİNİ

| <u>Tablo</u>                                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.1 Edremit ve Akçay ilçelerinde son 10 yılda meydana gelen sel olayları                      | 5            |
| 4.1 Zeytinli Çayı %5 anlamlılık için K-S ve A-D testi sonuçları .....                         | 26           |
| 4.2 Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım ile hesaplanan belli tekerrürlü taşkın tahminleri ..... | 26           |
| 5.1 Cowen Metodu DSİ formatı pürüzlülük katsayıları .....                                     | 39           |
| 5.2 HEC-RAS tipik daralma ve genişleme katsayıları .....                                      | 40           |
| 6.1 Hidrolik analiz bulguları .....                                                           | 50           |
| 7.1 Islah çalışmaları sonrası analiz sonuçları (mevcut ve 1. durum) .....                     | 54           |
| 7.2 Islah çalışmaları sonrası analiz sonuçları (mevcut ve 2. durum) .....                     | 54           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler</u> | <u>Açıklama</u>                                        |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| A               | Islak Alan ( $m^2$ )                                   |
| $\alpha$        | Hız Katsayısı                                          |
| C               | Genişleme ve Daralma Katsayısı                         |
| g               | Yerçekim ivmesi ( $m/s^2$ )                            |
| $h_e$           | Enerji Kayıp Yüksekliği (m)                            |
| $H_i$           | Hipsometrik İntegral (m/m)                             |
| $H_{max}$       | Havzanın En Yüksek Kotu (m)                            |
| $H_{min}$       | Havzanın En Düşük Kotu (m)                             |
| $H_{ort}$       | Havza Ortalama Yüksekliği (m)                          |
| I               | Kanalın Taban Eğimi (mm/mm, m/m)                       |
| L               | Kanal Uzunluğu (m)                                     |
| m               | Kanal Kıvrımı Katsayısı                                |
| n               | Manning Pürüzlülük Katsayısı                           |
| P               | Islak Çevre (m)                                        |
| Q               | Debi ( $m^3/s$ )                                       |
| R               | Hidrolik Yarıçap (m)                                   |
| $S_f$           | İki Kesit Arasındaki Enerji Çizgisi Eğimi (mm/mm, m/m) |
| T               | Ortalama Süre Dönüş Aralığı (yıl)                      |

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| V     | Ortalama Hız (m/s)             |
| $x_p$ | Taşkın ( $m^3/s$ )             |
| Y     | Kesit Akım Derinliği (m)       |
| z     | Ana Kanal Taban Yüksekliği (m) |

#### Kısaltmalar

|                  |                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------|
| ABD              | Amerika Birleşik Devletleri                               |
| AFORAS           | Automated Floodway Optimizer for River Analyzing System   |
| CBS              | Coğrafi Bilgi Sistemi                                     |
| ÇKKV             | Çoklu Kriterli Karar Analizi                              |
| DSİ              | Devlet Su İşleri                                          |
| ED50             | Europen Datum 1950                                        |
| GPS              | Global Positing System                                    |
| HEC-HMS          | Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modelling System |
| HEC-RAS          | Hydrologic Engineering Center River Analysis System       |
| HYFRAN           | Hydrological Frequency Analysis Decision Support System   |
| IDF              | Intensity-Duration-Frequency curve                        |
| LIDAR            | Light Detection and Ranging                               |
| MCDA             | Multi Criteria Desicion Analysis                          |
| MGM              | Meteoroloji Genel Müdürlüğü                               |
| P-P Graph        | Probality-Probality Graph                                 |
| SAM              | Sayısal Arazi Modeli                                      |
| S <sub>ATY</sub> | Sağ Taşkın Yatağı                                         |
| S <sub>OTY</sub> | Sol Taşın Yatağı                                          |
| SCS              | Soil Conversation System                                  |

|        |                                                   |
|--------|---------------------------------------------------|
| SYM    | Sayısal Yükseklik Modeli                          |
| SY     | Su Yüzü                                           |
| TEFER  | Türkiye Acil Taşkın ve Deprem İyileştirme Projesi |
| TIN    | Triangulated Irregular Network                    |
| TUFUAB | Türkiye Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği  |
| TÜCAUM | Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi  |
| UA     | Uzaktan Algılama                                  |
| USACE  | United States Army Corps of Engineer              |
| UNDDR  | United Nations System for Disaster Risk Reduction |
| UZ-AL  | Uzaktan Algılama                                  |



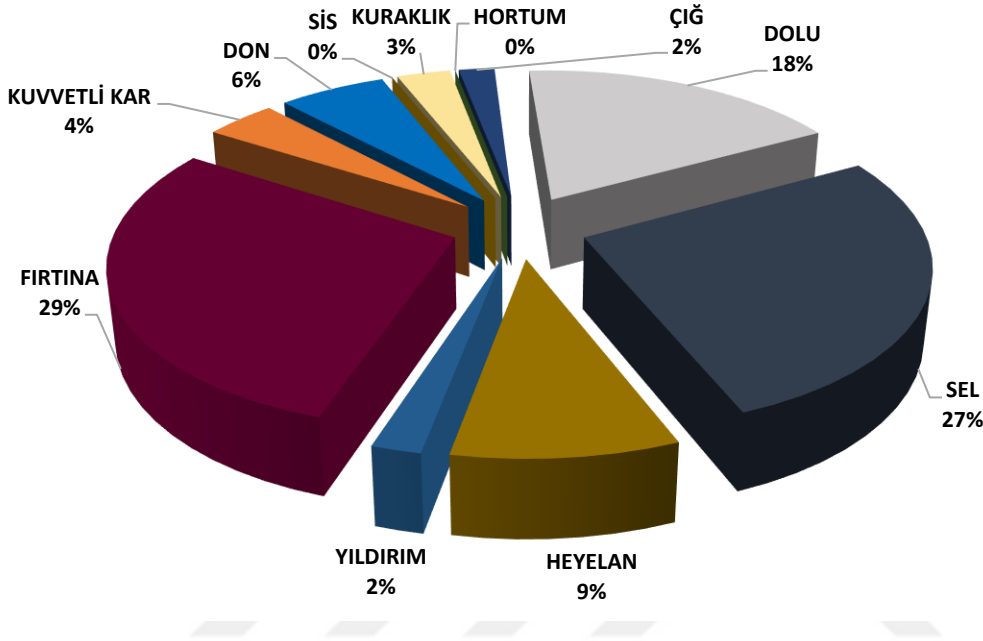
## 1. GİRİŞ

Su, yaşamın temelidir. Buna bağılı olarak su kaynaklarının kontrolü ve kullanımı insan yaşamı için büyük önem taşımaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde depremlerden sonra en büyük doğal afetlerden biri de sel ve taşkın olaylarıdır. Birçok tanımı olmakla birlikte, çeşitli meteorolojik olaylar sonucu ortaya çıkan büyük su kütlelerin akarsu yataklarında, vadi yamaç ve tabanlarında, kıyılarda ve çukur alanlarda kontrolsüz bir şekilde akmasına sel denilir. Sel, canlı ve cansız çevreye zarar vermediğı sürece normal bir “hidrometeorolojik” olay olarak nitelendirilmektedir. Ancak, aşırı ya da kontrol edilemeyen suyun yıkıcı gücü ya da suyun başka amaçlarla kullanılan alanları basması, insanların yaşama düzeni ve toplumsal refah için bir tehdit, tehlike ve zarar oluşturur. Sel olayı, birkaç saat veya birkaç gün içinde oluşabilir. Selleri, oluştukları ve etkili oldukları sahalara göre, akarsu selleri (taşkın), baraj selleri, kıyı selleri, dağlık alan selleri ve şehir selleri olarak gruplamak mümkündür. Bunlar içerisinde en yaygın olanı akarsu taşkınlarıdır. Bir akarsu havzasının sel veya taşkın oluşturma potansiyeli, havzanın doğal özelliklerine, arazi örtüsüne ve arazi kullanma şekline bağılıdır (Görcelioğlu, 2003; Özcan, 2006; Uslu vd., 2018).

Son yıllarda dünya geneline bakıldığında zaman meteorolojik, klimatolojik ve hidrolojik kökenli doğal afetlerin deprem, volkanik faaliyetler ve salgın hastalıklar gibi jeofiziksel ve biyolojik kökenli doğal afetlerden daha fazla alanda ve insan üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Birleşmiş Milletler Afet Riskinin Azaltılması Ofisi (UNDRR) ve Belçika merkezli Afetler Epidemiyoloji Araştırma Merkezi tarafından ortak yayımlanan bir rapora göre, son yirmi yılda kaydedilen büyük ölçekli afetlerin %90'ı hava ile ilişkili olaylar sonucu meydana geldiğı belirtilmiştir. Raporda, kaydedilen 6457 sel, fırtına, kuraklık, sıcak hava ve diğeri hava olayları sonucunda 606 bin kişinin yaşamını yitirdiğı ve 4.1 milyar kişinin yaralandığı, evsiz kaldığı ya da yardıma muhtaç hale geldiğı rapor edilmiştir. Bu afetlerden en çok etkilenen ülkelerin başında ABD, Çin ve Güneydoğu Asya ülkeleri gelmektedir (MGM, 2018). Başka bir rapora göre 1995-2015 yılları arasındaki süreçte dünya üzerinde meydana gelen meteorolojik kökenli afetlerin %43'ü (3062) taşkın afeti olduğı belirtilmiş, bu afetlerin 157000 insanın ölmesine ve 662 milyar (ABD\$) hasara sebep olduğı söylenmiştir (Sönmez vd., 2017).

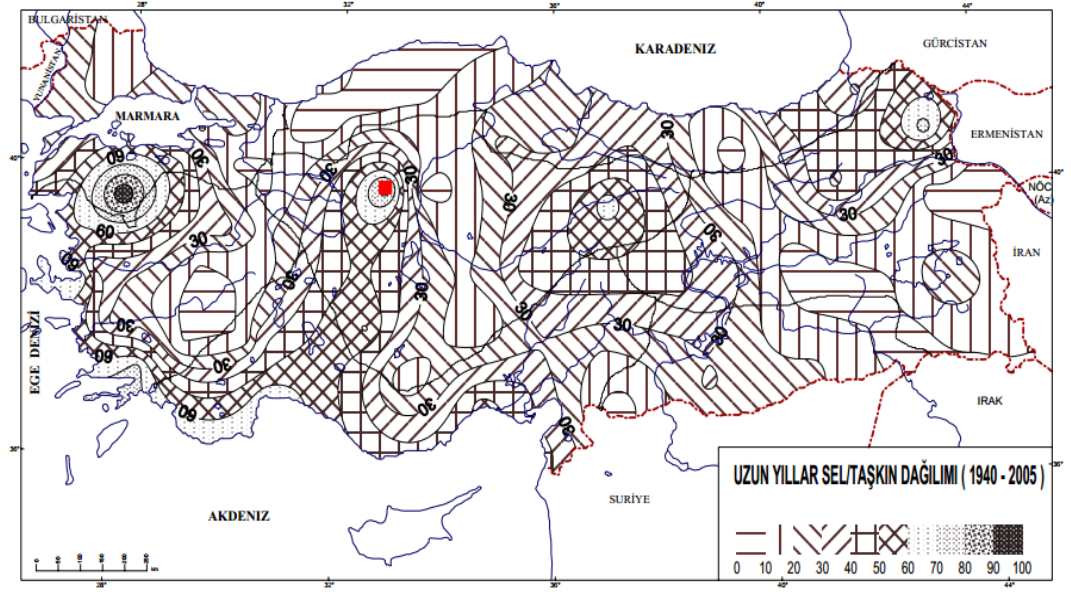
Ülkemizde de dünyada olduğu gibi değışen iklim koşullarına bağılı olarak sel ve taşkın olaylarında artış gözlenmektedir. Türkiye’de 1940-2010 yılları arasındaki afet kayıtları incelendiğinde, en fazla meteorolojik karakterli fırtına, sel ve taşkınlar

ile dolu afeti yaşandığı görülmektedir. Bu afetlerin içinde fırtına ve rüzgar afeti %29'luk bir paya sahip iken, sel ve taşkınlar ise fırtınaya benzer olarak %27 seviyesinde olduğu belirtilmiştir. Deprem afetleri dışında fırtına, sel ve kuraklık gibi meteorolojik afetler ülkemizin çeşitli bölgelerde en sık görülen doğal afetlerdir. Ülkemizde en sık görülen hidrometeorolojik afetlerin sayıları dikkate alındığında fırtınalar ve sellerin baskın olduğu görülmektedir (Kadioğlu, 2012) (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Meteorolojik afetler genel dağılımı (1940-2010) (Kadioğlu, 2012)

Sel olaylarının mevsimsel dağılışı göz önüne alındığında kış aylarındaki sellerin büyük çoğunluğu Marmara ve Ege Bölgeleri'nde olduğu görülürken, yaz aylarında ise Karadeniz ve İç Anadolu Bölgeleri'nde yaşanmaktadır. Maksimum şiddetli yağışlar ve gözleendiği yerlere bakıldığında ise kısa süreli yağış sürelerinde Marmara Bölgesi'nde yer alan Balıkesir'e 25, 50 ve 100 yıllık yağış miktarlarının düştüğü ve ani taşkın olaylarının yaşandığı gözlenmiştir (Ceylan ve Kömüşçü, 2007) (Şekil 1.2).

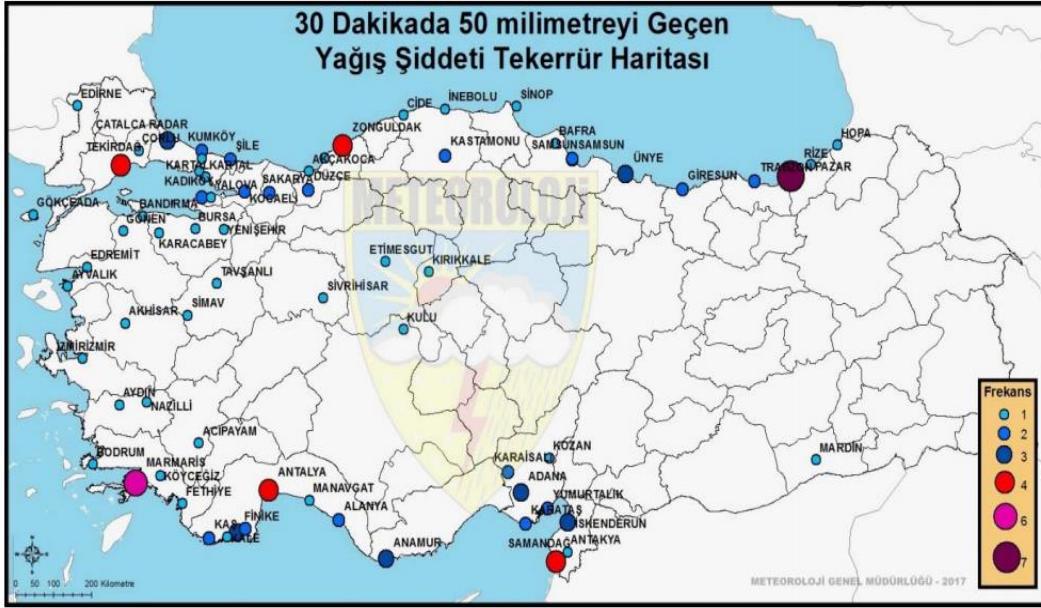


Şekil 1.2 Uzun yıllar sel/taşkın oluşumunun dağılımı (Ceylan ve Kömüşçü, 2007)

Devlet Su İşleri (DSİ, 2015) tarafından hazırlanan teknik rapora bakıldığında 1975-2015 yılları arasında Türkiye’de 1209 taşkın olayı gözlenmiş ve bunların sonucu olarak 720 can kaybı yaşanmış, 893300 hektar alan sular altında kalmıştır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM, 2018) tarafından hazırlanan meteorolojik karakterli doğal afetler 2017 yılı değerlendirme raporuna göre, 2000’li yıllardan itibaren, sel felaketlerinde artışlar gözlemlendiği belirtilmiş ve son 10 yılda her yıl yaklaşık olarak 50 ve daha fazla sayıda sel olayı gerçekleştiği tespit edilmiştir. 2015 yılı ise 2017 yılından sonra sel afetinin en fazla görüldüğü ikinci yıl olarak belirtilmiştir. 187 sel felaketinin görüldüğü 2017 yılında en fazla sel olayı Marmara Bölgesi’nde yaşanmış ve meydana gelen sel olayı 49 olarak kayıtlara geçmiştir.

Türkiye’de meydana gelen büyük ölçekli can ve mal kayıplarına neden olan yağışlar analiz edildiğinde 30 dakikada 50 mm’yi geçen yağışların sınır teşkil ettiği görülmektedir. Karadeniz kıyılarında olduğu gibi 24 saatlik hatta 2-3 gün devam eden yağışların son derece önemli ve yıkıcı etkileri görülmektedir. Ancak 2050 yılında dünya nüfusunun %80’lik bölümünün şehirlerde yaşayacağı hesap edilirse, şehirlerde meydana gelen kısa süreli ani sellerin önemi ortaya çıkmaktadır. Şehirlerde meydana gelen bu ani sellerin görülme sıklığına bakıldığında Balıkesir’in Edremit ve Ayvalık ilçeleri riskli alanlar içerisinde yer almaktadır (Çelik vd., 2018) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Tüm kayıtlı istasyon sonuçlarına göre şiddetli yağışları ülke geneline göre dağılımı ve sıklığı (1950-2016) (MGM, 2018)

Çelik ve diğerleri (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; Türkiye’de 1987-2017 yılları arasındaki otuz yıllık süreçte meydana gelen taşkın olaylarının, klimatolojik, meteorolojik ve hidrolojik kökenli doğal afetlerin %27’sini oluşturduğu söylenmiş; fırtına, çığ, yangın ve aşırı kış koşulları gibi doğal afetlerden daha fazla alanda ve insan üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Fırtına olaylarının ise en çok yaşandığı il Balıkesir olarak tespit edilmiştir, muhtemel bir taşkın ve sel olayının görülme ihtimali yüksektir.

Taşkın analizlerinde tarihi veri kaynaklarının kullanılması önemlidir çünkü geçmiş dönemlerde oluşan sel ve taşkınlar hakkında sağlıklı bilgiler sunmaktadır (Sunkar ve Toprak, 2016). Balıkesir ilinde yaşanan sel olaylarına bakıldığında en çok etkilenen kısımların kıyı ilçeleri olduğu görülmektedir. MGM (2019) tarafından temin edilen Edremit ve Ayvalık İlçelerine ait hasar raporları ve gözlem istasyonu günlük toplam yağış verilerine göre son yıllarda meydana gelen sel olayları Tablo 1.1’de gösterilmiştir. Raporlara göre aşırı ve ani yağışın neden olduğu taşkınlar sonucu birçok yerleşim ve tarım arazisinin zarar gördüğü, küçükbaş ve büyükbaş hayvanların telef olduğu saptanmış, ilçe merkezlerinde yer alan işyerlerine ve bodrum katlarına su bastığı tespit edilmiştir. Maddi kaybın olduğu ilçelerde can kaybının yaşanmadığı belirtilmiştir (Şekil 1.4 ve 1.5).

Tablo 1.1 Edremit ve Ayvalık ilçelerinde son 10 yılda meydana gelen sel olayları

| İstasyon | Tarih      | Kaydedilen Yağış Miktarı (mm) | Yağış Periyodu |
|----------|------------|-------------------------------|----------------|
| Edremit  | 10.03.2013 | 169.00                        | 24 saat        |
| Edremit  | 29.11.2016 | 83.50                         | 24 saat        |
| Ayvalık  | 29.11.2016 | 215.00                        | 24 saat        |
| Edremit  | 6.01.2017  | 45.80                         | 24 saat        |
| Ayvalık  | 7.01.2017  | 57.08                         | 24 saat        |
| Edremit  | 10.12.2017 | 12.00                         | 24 saat        |
| Edremit  | 13.03.2018 | 44.40                         | 1 saat         |



Şekil 1.4 10 Mart 2013 tarihinde yaşanan taşkın olayı (Edremit) (www.orjantatilsitesi.com)



Şekil 1.5 29 Kasım 2016 tarihinde yaşanan taşkın felaketi (Ayvalık) (www.sozcu.com.tr)

Taşkınların ekonomik ve sosyal etkilerinin en düşük seviyeye indirgenebilmesi için taşkın büyüklüğünün belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla yapılacak yatırımlar ve araştırmalar birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bile zorlayıcı büyük bütçeli harcamalar gerektirmektedir. Şehirleşme düzeyi yüksek kentlerde taşkın analizleri daha gelişmiş yöntemlerle yapılırken, kırsal bölgelerdeki

önlemler az ve yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple küçük yerleşim alanlarındaki taşkınların sebep olduğu zararlar büyük şehirlere göre, daha maliyetli olmaktadır (Bayazıt ve Önöz, 2008). Bu yüzden küçük yerleşim bölgelerine yönelik yapılacak afet risk analizleri, yeni inşa edilecek yapılar için bir kılavuz görevi görecek olup kentleşmenin mevcut düzene göre daha sağlıklı gelişmesine olanak sağlayacaktır.

Taşkınların oluşmasında doğal unsurların yanı sıra insan faaliyetlerinin de önemli bir etkisi vardır. Sel ve taşkın riski bulunan yerlerde, önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz şehirleşme faaliyetleri ve dere yataklarına yapılan bilinçsiz müdahaleler, taşkın ve sel afetlerinin birincil sebeplerindendir. Taşkınların oluşmasının başlıca nedenleri;

- İklim değişikliği nedeni ile yağış şiddetlerindeki artış ile birlikte yağışın zamansal ve mekânsal olarak değişiklik göstermesi,
- Yanlış arazi kullanımları ve bitki örtüsü tahribinin olduğu heyelanlar,
- Akarsu membasından taşınan maddelerin (bitki kök ve dalları, kaya parçaları vb.) sürüklenerek akarsu üzerinde birikim yapması buna bağlı olarak akarsu üzerindeki sanat yapılarını tıkaması ve akarsu yataklarının hidrolik kapasitelerini azaltması,
- Projesine uygun yapılmayan ve kapasitesi yetersiz sanat yapıları (köprü ve menfezler),
- Dere yataklarından düzensiz kum ve çakıl alınması ve izinsiz, tekniğine uygun olmayan boru hattı (içme suyu, doğalgaz, kablo vb.) geçişleri,
- Dere yatakları ve çevresine (taşkın ihmalî olan sahalara) yapılaşma ve uygunsuz mekânsal uygulamalar ve planlamalardır (Selek ve Deniz, 2017).

Taşkın risk analizlerinde günümüzde yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde modern yöntemler kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) de bunlardan biridir. CBS, belli bir amaç doğrultusunda gerçek dünyaya ait topografik verilerin uzaktan algılama sistemleri (haberleşme uyduları, global positing system (GPS), meteoroloji uyduları, yer gözlem uyduları vb.) ile toplanarak bilgisayar ortamında depolandığı, güncellendiği, gerektiğinde başka formatlara dönüştürülebildiği, analiz ve haritalamanın yapılabildiği yazılımlar ve donanımlar bütünüdür. Doğal afetlerin tümünde olduğu gibi taşkınların analizinde de birçok faktörün değerlendirilmesi gerekmektedir. Sayısal yükseklik modellerinin kurulması, akarsu ağlarına ve yataklarına ait hidrolik ve hidrolojik analizler, akarsu

havzalarının sınır şartları ve barındırdığı toprak gruplarının belirlenmesi, yağışlara ait dağılım haritaları ve taşkın yayılım haritalarının oluşturulması, taşkın tahmini ve risk analizinde CBS'nin kullanıldığı alanlar olarak nitelendirilebilir (Özdemir, 2009; Burrough, et al., 2015).

Bu çalışmanın da yapıldığı bölge olan Zeytinli Çayı Havzası'nda ve Balıkesir ilinde gerçekleştirilen çeşitli yağış analizleri, taşkın risk değerlendirmeleri, toprak kaybı analizleri ve çevre durum raporu çalışmalarında da CBS yazılımları kullanılmıştır.

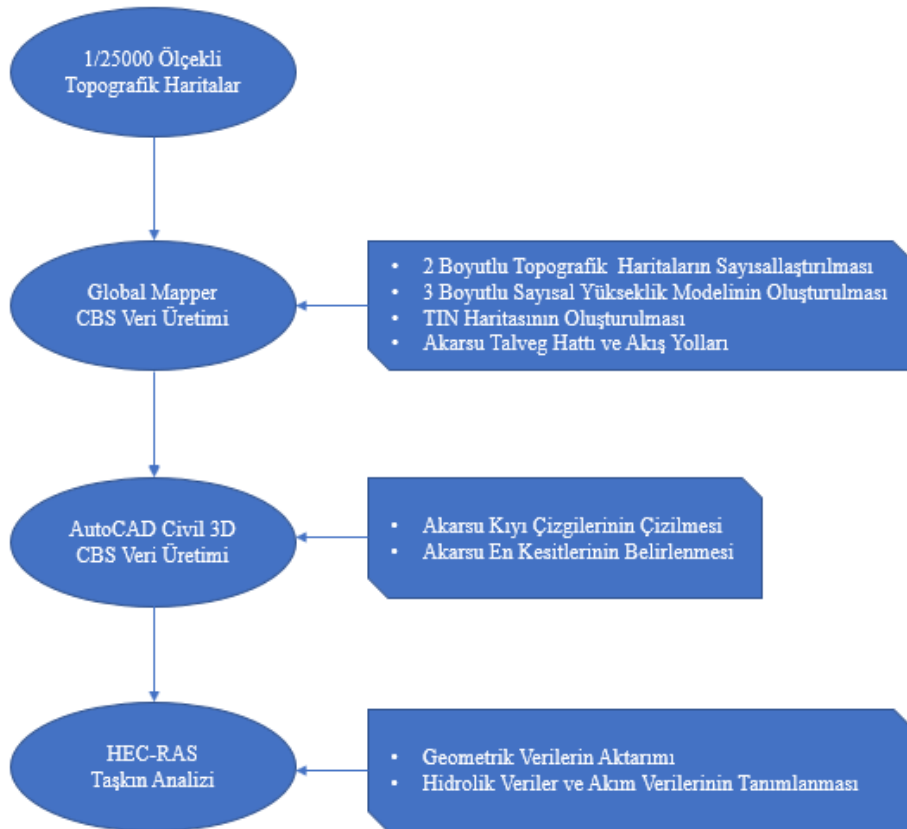
Özdemir (2007) Balıkesir'in Havran ilçesinde bulunan Havran Çayı üzerinde yaptığı taşkın haritalama çalışmasında CBS yazılımlarından faydalanmıştır. ArcGIS ortamında oluşturulan sayısal yükseklik modeline, hidrolik modelin entegre edilmesi ile birlikte farklı taşkın sıklıklarına ait senaryolar kurularak taşkın haritalarını oluşturmuştur.

Zeytinli Çayı Havzasına yönelik yapılan erozyon analizi ile akım-yağış ilişkisi ve trendi çalışmaları kapsamında CBS destekli yazılımlar kullanılmıştır. Havzaya ait sayısal yükseklik modeli (SYM) haritaları oluşturularak bu haritaların üzerine havza sınırları, akarsu kolları, drenaj ağları, yamaç, eğim, uzunluk ve zemin örtüsü dağılışı haritaları işlemiş ve çalışmalar görsel açıdan zengin hale getirilmiştir (Özşahin, 2011; Tağıl ve Danacıoğlu, 2012).

Erdem (2013) tarafından yapılan Balıkesir iline yönelik çalışmada, CBS kullanılarak kıyı taşkını, sel ve deprem tehlikeleri taşıyan yerleşimleri ve alanları tespit etmeyi amaçlamıştır. Çalışmasında Balıkesir'in birinci derece deprem bölgesi olduğunu belirtmiş aynı zamanda 1940 yılından günümüze kadar 121 taşkın olayı ile Türkiye'de en fazla taşkın gözlenen il olduğunu söylemiştir. Özellikle iki denize (Ege ve Marmara) de kıyısı olması sebebi ile sahil ilçelerinin (Erdek, Edremit, Bandırma, Gönen, Manyas, Ayvalık, Susurluk ve Marmara Adası) sakinim planlaması çalışmalarını görel olarak öncelikle yapılması gereken yerleşimler olduğunu vurgulamıştır. Deprem tehlikesi altında olan yerleşimleri analiz edilmesi amacıyla SYM ve sayısal arazi modeli (SAM) üzerindeki yerleşimler, fay hatları, şimdiye kadar meydana gelmiş 5 ve üzeri büyüklükteki deprem koordinatlarını ekleyerek yorumlamaya hazır hale getirmiştir. Sel tehlikesinin analiz edilebilmesi için bir CBS yazılımı olan ArcGIS programı kullanılmış ve incelenen tüm bölgelerin ana drenaj kanalları, drenaj hiyerarşisi, alt havzalar ve su toplama alanları CBS ortamında oluşturulmuştur. Ardından yerleşim yerlerinin taşıdıkları

doğal afet tehlikeleri sıralanmış ve tablolar halinde sunulmuştur. Sonuç olarak Erdek, Edremit ve Bandırma ilçelerinin deniz seviyesinin yükselmesinden dolayı en fazla tehlike altında olan yerleşimler olduğu belirtirken deprem tehlikesinin en fazla olan ilçeleri de Gönen, Erdek, Edremit, Manyas ve Bandırma olarak tespit etmiştir.

Bu çalışmada CBS kullanılarak, Balıkesir'in Edremit ilçesinde yer alan Zeytinli Çayı'nın faklı tekerrür süreli (5, 10, 25, 50, 100, 500 yıl) debileri hesaplanarak taşkın risk analizleri yapılmıştır. Bölgenin sayısal yükseklik modeli, TIN haritası, akarsu kolları, talveg hattı, akarsu kıyı çizgileri ve en kesitleri, DSI 25. Bölge Müdürlüğü tarafından temin edilen 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde birer CBS yazılımı olan Global Mapper ve AutoCAD Civil 3D yardımı ile oluşturulmuştur. Akarsuya ait hidrolik modelin oluşturulabilmesi için Amerika Birleşik Devletleri Askeri Mühendislik Birimi tarafından geliştiren ve bir nehir analiz programı olan HEC-RAS programı kullanılmıştır. Farklı taşkın senaryoları için doğal akarsu yatağının taşkın analizleri yapılarak akarsu üzerindeki ıslah çalışmalarının yeterliliği incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler yapılmıştır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Model akış şeması

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Coğrafi bilgi sistemlerinin her geçen gün geliştirilmesi ile birlikte su kaynaklarına ilişkin sorunların analizleri ve bu sorunlara yönelik çözümler daha da hassas yapılabilmektedir. Günümüzde yaşanma sıklığı artan taşkın olayları su kaynakları yönetiminin önemli bileşenlerinden biridir. Taşkın anında su altında kalabilecek yerlerin önceden belirlenmesi için CBS kullanılması işlemlerde çok büyük kolaylık sağlamaktadır (Sargın, 2013).

Amerika'nın ulusal ve askeri kurumları işbirliğinde gerçekleştirilen çalışmada, CBS destekli yazılımlar ve HEC-RAS programı yardımı ile Ohio Nehri'ne ait topografik ve hidrolik modeller oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı, ihtiyaç duyulduğu halinde kurumların birlikte üzerinde çalışabileceği ve verilerin birbirleri ile uyumlu olacağı bir model hazırlamaktır. Konsorsiyum olarak yürütülen çalışmanın sonucunda, kalibre edilen verilerin analizi başarılı olarak nitelendirilmiş ve nehir üzerindeki hidrolik ve hidrolojik çalışmaların devam edeceği vurgulanmıştır (Adams et al., 2010).

Connecticut Eyaleti'nde bulunan Greenwich şehrinde yapılan bir çalışmada, CBS programlarının birbiri ile uyumlu olan arayüzleri kullanılarak şehirde bulunan nehir havzalarına ait geometrik planlar hazırlanmıştır. Oluşturulan haritalar HEC-RAS ortamında modellenerek havzaların hidrolik modelleri kurulmuştur. Farklı tekerrürdeki yıllara ait fırtına senaryoları, 2007 yılında meydana gelen sel olayı ile kalibre edilmiş ve taşkın haritaları oluşturulmuştur. HEC-GeoRAS programı ile hazırlanan taşkın seviyeleri grafiksel olarak ifade edilerek kamuya sunulmuştur (Baumann and Halaseh, 2011).

Brezilya'nın Espirito Santo Eyaleti'nde bulunan Taquaraçu Nehri üzerinde meydana gelen sel baskınları çevre nüfusunu olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışma kapsamında, 1970-2009 yılları arasındaki maksimum yağışlar, gumbel dağılımı metodu ile hesaplanıp, farklı süreli tekerrür debileri elde edilmiştir. Çıkan veriler HEC-RAS paket programı ile hazırlanan hidrolik modele, nehir üzerindeki sanat yapıları da eklenerek analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ağır yağışlı zamanlarda bölgedeki taşkın riski yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak alınabilecek önlemler ve bazı ıslah çalışmaları anlatılmıştır (Prata et al., 2011).

İran'ın Gülistan Eyaleti taşkın risk bölgelerindendir. Eyalet içinde bulunan Sarıgöl Nehri'nin ArcGIS ve HEC-RAS programları yardımıyla hidrolik modeli

oluşturulmuştur. Modele çeşitli taşkın tekerrür debileri uygulanmıştır. Sonuç olarak yüksek periyotlu taşkınlarda sel felaketi görüleceği öngörülmüş ve taşkın haritaları çıkarılmıştır. Bu ve benzeri çalışmaların, farklı şehirlerde oluşabilecek sel felaketlerinin önüne geçebilmek ve önlem alabilmek için yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Hasani, 2013).

Fas'ta bulunan Al Wahta Barajı'nın aşağı havzasında (mansap tarafında) bulunan Ouergha Nehri üzerinde yapılan çalışmada; sel olaylarına karşılık gelen su yüzeyi profillerini bulmak için HEC-RAS programını kullanılmıştır. Yapılan çalışmada üç farklı senaryo için hidrolik modeller kurulmuş ve taşkın haritaları çıkarılmıştır. Sonuç kısmında ise Al Wahta gibi büyük bir baraja rağmen artan taşkınların önüne geçilebilmede CBS programlarının önemi vurgulanmıştır (Midaoui et al., 2015).

2010 yılında Haiti'de yaşanan deprem felaketinin ardından 300,000 kişi yaşamını kaybetmiş 1,5 milyon insan da evsiz kalmıştır. Depremi merkez üssü olan başkent Port-au-Prince'e kuzeybatısında yer alan Onaville'de 180 tane depremlerde kampı bulunmaktadır. Bu kamplardan biri olan Corail, Ravine Lan Couline kanalının yanına yer almaktadır ve her geçen gün nüfusu kontrolsüz bir şekilde artmaktadır. Bölgeye ait akım gözlem istasyonu bulunmamakta ve yaşanan afet sonrasında bölge için hazırlanması gereken taşkın risk analiz raporu bulunmamaktadır. Bölgeye ait topografik haritalar kanalın geometrisi hakkında yeterli detayı içermemektedir. Bölge tropikal iklim kuşağında yer almakta ve yılın altı ayını yağmurlu geçirmektedir. Çalışma sahasına en yakın yağış gözlem istasyonu yedi kilometre uzaklıktadır. Elde edilen verilerde (1927-2002) 68 yıla ait aylık maksimum yağış yükseklikleri vardır. Bu veriler yardımıyla 5, 25, 100 yıl dönüşlü tasarım fırtınalarına bağlı olarak intensity-duration-frequency (IDF) eğrileri oluşturulmuştur. Bu eğriler kullanılarak bölgenin HEC-HMS programı ile yağış ve akışa bağlı olarak bir hidrolojik modeli kurulmuştur. Elde edilen hidrograflar sayesinde HEC-RAS programında oluşturulan hidrolik modelde kanalın darboğaz diye tabir edilen kısmındaki kritik taşma seviyeleri hesaplanmıştır. Kanal boyunca alınan kesitlerde 5, 10, 25 yıllık tekerrürlü taşkın senaryoları incelenmiş ve risk altındaki bölgeler belirlenmiştir. Kısa tekerrürlü fırtınalarda oluşabilecek pik debileri bölgede taşkın faaliyetlerine neden olmazken, uzun dönüşlü olanlar riskli olarak belirtilmiştir. Çalışma sonucunda hazırlanan risk raporu, bölge halkı, hükümet ve yardım kuruluşları ile paylaşarak alınabilecek önlemlerden bahsedilmiş ve bölge nüfusuna yönelik eğitimler verilmiştir (Heimhuber et al., 2015).

Amerika'nın Colorado Eyaleti'nde bulunan Colorado Creek 1935 yılında gün boyu aralıksız yağın yağmur sonucunda taşarak çok büyük bir sel felaketine neden olmuştur. Bu çalışma kapsamında dereye ait 5, 10, 25, 50, 100 ve 200 yıl tekerrürlü taşkın senaryoları hazırlanarak yaşanan bu büyük afet ile karşılaştırılmıştır. Bölgeye ait SYM haritaları ArcMap programı yardımıyla TIN verilerine dönüştürülerek dere yatağının geometrik planı çıkarılmıştır. Planlar HEC-RAS programına aktararak, hesaplanan debiler ile analiz gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan taşkın haritalarına göre, 200 yıllık taşkın 1935 yılında yaşanan afet ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu tarihi taşkın etkilediği alan 100 yıllık senaryonun iki katından fazladır. Benzer durum selin hızı ve yüksekliğinde de görülmektedir. Şehirdeki drenaj yapıları 100 yıllık taşkın seviyesi için tasarlanmıştır ve bundan daha büyük şiddetli taşkınlarda olumsuz yönde etkilenecektir. Gelecekte artan sıcaklık ve iklim değişikliğinin, yağış sıklıklarını ve olasılıklarını artırabileceği beklenmektedir. Bu yüzden geliştirilecek acil durum tedbirlerinin farklı risk olasılıkları ile analiz edilmesi önerilmiştir (Pathak et al., 2016).

Hindistan'ın Gujarat Bölgesi'ndeki Surat şehrinde yer alan Tapi Nehri'nin taşkın haritaları CBS programları ve HEC-RAS'ın entegre bir biçimde çalışmasıyla oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında programa tanımlanan maksimum taşkın debilerinin 32 yıllık tekrarlanan periyodunda su yüzeyi profilinin 12,50 metreye çıkıp taşkın gerçekleştiği gözlenmiştir. Ancak 25 yıllık tekerrür debisinde bir doğal afet oluşmamıştır. Çalışmanın sonunda Surat şehrinin taşkından etkilenen alanlarını azaltmak için yapısal iyileştirmeler önerilmiştir (Patel and Gundaliya, 2016).

Bir başka çalışma da Pakistan'daki Kabil Nehri üzerinde yapılmıştır. SYM modelinden elde edilen arazi verileri ArcGIS programında modellenerek HEC-RAS programına aktarılmıştır. 1962-2010 yılları arasındaki günlük maksimum debiler kullanılarak 10, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıllık tekerrür debileri hesaplanmıştır. Kurulan hidrolojik modelin programda çözümü sonrasında yıllara göre taşkından etkilenecek alanlar belirlenmiştir. 100 yıllık tekerrür süresi için taşkın haritası oluşturulup 2010 yılındaki yaşanan sel haritası ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ıslah çalışmalarının artması, kentleşmenin iyileştirilmesi için öneriler sunulmuştur (Khattak et al., 2016).

Tektaş Eyaleti'nin Harris County Bölgesi'nde yer alan Brays Bayou Nehri üzerinde 1988 yılında yapımına başlanmış taşkın havzasını güçlendirmeye yönelik proje 2001 yılında uygulamaya başlanmış ve projenin 2021 yılında bitmesi

beklenmektedir. Proje kapsamında havza şartları ve mevcut sanat yapılarının ıslahına yönelik çalışmaların planlaması yapılmıştır. Ancak 2015 yılında yaşanan sel felaketi nedeniyle proje üzerinde revizyona gidilmiştir. Kanaldaki akışın, taşkın olayına dönüştüğü noktalar belirlenip mevcut senaryo için ölçümler yapılmıştır. Havzanın drenaj koşulları proje öncesi, 2015 sel felaketi ve proje sonrası olmak üzere üç kısımda incelenmiştir. Havzaya hidrolojik ve hidrolik modeller HEC-HMS ve HEC-RAS ortamında modellenerek, analizleri gerçekleştirilmiştir. Üç farklı senaryo için oluşturulan modeller için hesaplanan taşkın pik debileri mevcut kanal yapısı için analiz edilerek, seçilen ölçüm noktalarındaki risk durumları karşılaştırmalı bir şekilde verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda yetersiz durumdaki kanal bölümlerine ait ıslah çalışmalarının proje sonunda tamamlanacağı belirtilmiştir (Bass et al., 2016).

Amerika’da yapılan bir araştırmada, HEC-RAS ile kurulan karmaşık hidrolik modellerin taşkın yolu sınırlarının çoğu zaman elle düzeltilmesi gerektiği ve yoğun bir işlem sürecine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir. Ve oluşturulan taşma limitlerinde hatalar oluşmaktadır. Bu hataları optimize etmek için hidrolik model verileri ile uyumlu çalışan AFORAS isimli bir optimizasyon programı geliştirilmiştir. Alabama’da bulunan iki farklı nehir yatağına ait hidrolik modeller kurulmuş ve program test edilmiştir. Hesaplanan sürşarj yükseklikleri ve Froude sayıları nehir yatağı en kesitleri boyunca tablolar halinde incelenmiştir. Karşılaştırılan modellerde kullanım kolaylığı sağlayan model yüksek frekanslı taşma sınırlarını belirlemede eksik kalmaktadır. Çalışma sonucunda programın gelecekte yapılacak iyileştirmeler ile birlikte daha efektif sonuçlar vereceği vurgulanmıştır (Yee and Cho, 2017).

Togo’nun aşağı Mono Nehri Havzası’nda gerçekleştirilen çalışmada sel felaketinin etkilerini araştırılırken önceki uygulamalardan faydalanılmış ve çeşitli risk durumlarına ait bileşenlerin formüle edilmesi ile bir risk eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitlik havzaya ait beşeri ve fiziki özelliklerin sel felaketinden etkilenme oranları olarak da düşünülebilir. Çalışma kapsamında CBS programlarından yararlanılarak havzanın topografik yapısı sayısallaştırılmış ve hidrolojik modeli oluşturulmuştur. Uzaktan algılama verileri sayesinde hazırlanan risk haritalarının bölgenin sosyoekonomik ve ekolojik durumu ile optimal bir sonuç verdiği belirtilmiştir. Erken uyarı sistemleri sayesinde alınacak önlemlerin yaşanacak bir felaket sonucu oluşabilecek can ve mal kayıplarının önüne geçebileceği söylenmiştir (Ntajal et al., 2017).

Mısır'ın güneybatı bölgesinde yer alan Assiut Yaylası'ndaki Durunka Köyü yakınlarındaki bir nehir yatağında toprak koruma ve iyileştirilme çalışması kapsamında bir akış modeli oluşturulmuştur. Bölgede kurak bir iklim hakim iken 1994 yılında yaşanan sel felaketinde can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Çeşitli taşkın frekansları için hazırlanan yağış yükseklikleri hesaplanırken 39 yıla ait meteorolojik verilerden yararlanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü SYM haritaları ArcGIS ortamında hidrolojik modele dönüştürülmüş ve havza alanları bölgelere göre düzenlenmiştir. 50 yıllık tekerrür için tespit edilen yağış yüksekliği ve taşkın pik debisi ile oluşturulan akış modeli 1994 yılındaki sel olayı ile karşılaştırılmıştır. HEC-RAS ortamında modellenen bu iki senaryoya ait hidrolik veriler 181 en kesitte incelenerek taşkın yükseklikleri ve akış hızları hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda yetersiz görülen mevkilere sel koruma sistemlerinin yapılması önerilmiştir (Ezz, 2017).

Gana'nın aşağı Volta Nehri bölgenin tüm su ihtiyacını karşılamakta ve üzerinde kurulu olan Akosombo Barajı sayesinde üretilen hidroelektrik enerjisi ülkeye sosyo-ekonomik yarar sağlamamaktadır. Nehir üzerindeki taşkın çalışması kapsamında SYM haritaları ve HEC-RAS programından faydalanılmıştır. Oluşturulan dört adet senaryoya göre hesaplanan taşkın pik debileri nehirde alınan en kesitlere göre incelenmiştir. Bu senaryolar, baraj kapasitesinin aşılması, hidroelektrik enerjisi için akışın maksimize edilmesi, doğal akışı entegre ederek sulama çalışmalarının iyileştirilmesi gibi durumları içerir. Nehir yatağı boyunca tabandan alınan tortu örnekleri ile de yatak yükü analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar sonucu oluşturulan taşma alanları başarılı bir şekilde haritalanmış ve risk altında olan bölgeler için yerleşim planlarının yeniden düzenlenmesi öngörülmüştür (Logah et al., 2017).

Yıllardan beri yaşanan sel felaketleri ile mücadele eden Tunus, bu afetlerin önüne geçmek için birtakım çalışmalar yapmakta ve yöntemler geliştirmektedir. Mejerda Nehri ülkenin en uzun nehridir. 2015'de meydana gelen taşkında yağmur suyu yüksekliği metrekarede 18 santimetreye kadar ulaşmıştır. Bu taşkın senaryosu baz alınarak yapılan çalışmada; CBS programları yardımı ile bölgenin risk haritaları çıkarılmıştır. 5, 10, 20 ve 50 yıllık tekrar süreleri için belirlenen pik debiler Hyfran programında hesaplanmış ve HEC-RAS ortamında hidrolik modele dönüştürülmüştür. Hidrolik modele ait veriler ile ArcGIS programında taşkın haritaları oluşturulmuş ve tekerrür sürelerine göre karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak; kullanılan bu programların ve hazırlanan su baskın haritalarının

gelecekte alınacak önlemlere kılavuz olacağı belirtilmiştir (Khalfallah and Saidi, 2018).

Dünya’da yapılan çalışmaların yanı sıra ülkemizde de sürekli artan sel olayları ile birlikte bu tarz araştırmalar önem kazanmakta ve yapılan çalışmalar artmaktadır.

Sakarya alt havzasında yapılan bir çalışmada iki farklı modelleme yöntemi karşılaştırılmıştır. Bu yöntemlerden biri CBS kullanılarak oluşturulan hidrolojik model, diğeri ise Çok Kriterli Karar Verme Analizi (Multi Criteria Desicion Analysis – MCDA) yöntemidir. İki yöntem içinde havzaya ait 1:25000 ölçekli haritalar altlık olarak kullanılmıştır. 100 yıllık maksimum yağış değerleri kullanılarak yapılan modellerde, CBS yönteminin taşkından etkilenen bölgelerin haritalandırmasında daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. MCDA’da kullanılan kriterlerin yetersiz olması bu sistemin kullanılabilirliğini diğere modele göre kısıtlamıştır (Özcan ve Musaoğlu, 2009).

İluh Deresi Havzası’na yönelik yapılan taşkın risk çalışmalarında üç farklı yöntem izlenmiştir. Bunlar; CBS ve uzaktan gözlem yöntemlerine göre yapılmış risk analizleri, daha önceden bölgede yaşanmış sel olaylarının ardından oluşturulmuş hasar raporlarına ait gözlemler ve istatistiksel verilere dayalı olarak oluşturulmuş hidrolojik bir modeldir. Bölgede akım gözlem istasyonu bulunmadığı için 2006 yılında yaşanan afete ait pik debi sızma deneyleri yapılarak belirlenmiş ardından sistemin hidrolik modeli HEC-RAS programı ortamında oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda Batman şehir merkezinin çok riskli bölge çıktığı saptanmıştır. Mevcut kanal yeni yapılmış olmasına karşın kapasitesinin yetersiz olduğu analiz sonuçlarında belirtilmiş ve kentin %50’den fazla bölümünün olumsuz yönde etkileneceği söylenmiştir (Sunkar ve Tonbul, 2010).

Tekirdağ ilinin Maymun Deresi Havzası’nda yapılan taşkın yönetimi çalışmaları kapsamında bölgeye ait havza alanları, eğim ve baki haritaları, drenaj ağıları ArcGIS programı yardımı ile oluşturulmuştur. Çalışmada taşkın kontrolü için CBS sistemlerinin öneminden bahsedilmiş ve yapılan çalışmanın diğere taşkın riski bölgelerinde de uygulanabilir nitelikte olduğu söylenmiştir (Bağdatlı ve Albut, 2012).

İstanbul’da seçilen sekiz adet derenin taşkın debileri hesabı yapılırken; Synder, Kirpich, Mockus ve SCS taşkın tahmin yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Bütün derelerin 100 yıllık tekerrür debileri dört farklı yöntem için hesaplanmış ve uygulamalardan çıkan sonuçlar değerlendirilerek, karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak eldeki veriler ışığında yerel yönetimlerce taşkın senaryolarının hazırlanılması ve drenaj sistemlerinin geliştirilmesi önerilmiştir (Sönmez vd., 2012).

Aşağı Sakarya Nehrinde yapılan başka bir çalışmada HEC-RAS, ArcGIS ve HEC-GeoRAS programları kullanılarak 100 yıl tekerrürlü olası taşın hesabı yapılmıştır. Nehir üzerinde bulunan üç barajdan biri olan, toprak dolgu gövdeli Yenice Barajı'nın yıkılması durumunda oluşabilecek taşkın durumlarının analizleri yapılmıştır. Oluşturulan taşkın yayılım haritaları sonucu risk bölgelerinin durumları hakkında sosyoekonomik açıdan değerlendirmeler yapılarak alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir (Doğan v.d., 2013).

KKTC'deki Güzelyurt ilçesinde yer alan Bostancı Deresi ve Fabrika Deresi üzerinde 2010 yılında yaşanan tarihi sel olayı kriter seçilerek taşkın önleme çalışması yapılmış ve çözüm önerileri sunulmuştur. Bölgedeki yağışların frekans analizleri yapılarak incelenen derelerin taşkın hidrografları oluşturulmuştur. Havza sınırlarını belirlemek için ArcGIS programı ve su basma alanlarını bulmak için ise HEC-RAS programı kullanılmıştır. Akış yollarının akım kapasitesini artırmak için gerekli yerlerde kesit genişletme ve derinleştirme çalışmaları yapılması uygun görülmüştür. Sanat yapılarının mevcut durumları tahkik edilerek köprü ayaklarına riprap uygulaması önerilmiştir. Bostancı Deresi üzerine yapılacak sel kapanı ve Fabrika Deresine bağlanan bir çevirme kanalı ile ilçenin taşkınlardan korunabileceği söylenmiştir (Şahin vd., 2013).

Çorum'un Osmancık ilçesinde bulunan Kavaközü deresi üzerinde 100 ve 500 yıllık tekerrür debileri için taşkın hesabı çalışması yapılmıştır. CBS destekli yapılan çalışmada, kullanılan SYM haritaları HEC-GeoRAS programında işlenerek hidrolik analiz için HEC-RAS programına aktarılmıştır. Taşkın tehlikesi altında olan alanlar haritalandırılmıştır (Tonbul, 2014).

Antalya'nın Manavgat ilçesinde bulunan Ilıca Deresi, ıslah çalışması kapsamında HEC-RAS programı yardımı ile analiz edilmiş ve taşkın bölgeleri belirlenmiştir. Hesaplanan tekerrür debileri için bulunan su yüzeyi profilleri, nehir üzerinde bulunan sanat yapılarının kapasitesi yetersiz olanların revize edilmesi gerektiğini göstermiştir. Çalışma sonucunda yapılacak ıslah işlemleri ayrıntılı bir şekilde anlatılarak yöntem belirlenmiştir. Öngörülen çalışmaların ardından kritik

taşkın debisi uygulanan sistemde su üst seviyelerinin ıslah edilen dere kesiti içinde kaldığı belirtilmiştir (Üyükoğlu, 2015).

2012 yılında Samsun ili sınırları içinde bulunan Mert Irmağı'nda yaşanan sel felaketinde can ve mal kayıpları meydana gelmiştir. Yapılan çalışmada hesaplanan taşkın tekerrür debileri HEC-RAS programı ile analiz edilip taşkın haritaları oluşturulmuştur. On yıllık tekerrürde meydana gelen taşkın debisinin 2012'de meydana gelen taşkın debisi ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Yapılan değerlendirmede düzensiz kentleşmenin bir sonucu olarak yaşanacak sel felaketlerinin önüne geçebilmek için nehir tabanının düzenlenmesi ve taşkın önleyici setlerin yapılması önerilmiştir (Demir ve Kisi, 2015).

Muğla İlinde yer alan Eşen Havzası'na ait hidrolojik çalışmalar sırasında Uzaktan Algılama (UA) ve CBS teknolojileri yardımı ile havzaya ait drenaj ağı, taşkın debileri, havza alanları, havza eğimi gibi özellikler belirlenmiştir. Kullanılan SYM haritaları Global Mapper programı yardımı ile sayısallaştırılmış, ArcGIS ile hidrolojik modeli kurulmuştur. Çalışmada havza akış eğrisi metodu ile arazinin morfolojik özelliklerine bağlı olarak ortalama akış eğri numarası hesaplanarak havzanın zemin doygunlukları belirlenmiş ve çeşitli yıllara ait zemin nemi durumlarına göre taşkın debileri tablolar halinde sunulmuştur (Eraydın vd., 2015)

Düzce'de bulunan Melen Çayı üzerinde yapılan taşkın haritalandırma çalışmalarında CBS ve HEC-RAS programlarından faydalanılmıştır. Yapılan taşkın analizi için gerekli olan veriler TEFER projesinden temin edilmiştir. Batimetrik haritalar kullanılarak oluşturulan geometrik planlar, HEC-RAS programında hidrolik modele dönüştürülerek 100 yıllık pik debi için analiz edilmiştir. Arazinin ıslah çalışması yapılmadan önceki ve sonraki durumları değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda taşkın yayılım haritaları oluşturulmuş, mevcut dere yataklarının CBS ile modellenerek risk haritalarının hazırlanması hızlı ve ekonomik bir çözüm olarak belirtilmiştir (Şamandar ve Genç, 2016).

İstanbul'un Ağva ilçesinde yer alan Yeşilçay ve Göksu derelerinde yapılan taşkın hesabı çalışmalarında CBS kullanılmıştır. Topografik haritalar ArcGIS programı ile sayısallaştırılmış, HEC-RAS ile hidrolik modeli kurulmuştur. Turizm bölgesi olması nedeniyle yapılan çalışmanın önemi büyüktür. Farklı senaryolar için bulunmuş debiler hidrolik modele girilerek analiz yapılmış ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ilçede bulunan bütün konutlar için beş farklı taşkın tekerrürünün sebep olduğu su yükseklikleri bulunmuş ve taşkın

yayılım haritaları oluşturulmuştur. Kentsel dönüşüm ve imara açılacak parsellerin tespiti açısından hazırlanan haritaların faydalı olacağı belirtilmiştir (Sönmez ve Demir, 2016).

Yeşilirmak'ın en uzun kolu olan Kelkit Çayı'nın akış rejimi düzensizdir. Bahar aylarında kar sularının erimesiyle yatak boyunca artan debi miktarı, yaz sonu aylarında düşüşe geçmektedir. Çayın bulunduğu vadinin yerleşim alanlarına ve ulaşım yollarına yakınlığı sebebi ile taşkın risk analizi büyük önem taşımaktadır. CBS programları ile oluşturulan hidrolik modelin HEC-RAS programı ile analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma esnasında akarsu yatağından ölçüm alınmaması ve kullanılan haritaların büyük ölçekli olması sonuçların doğruluğu konusunda kesin bir kanıya ulaşılamamasına neden olmuştur. Çalışmanın sonucunda taşkın modellemelerinden daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için öneriler maddeler halinde sunulmuştur (Karaca vd., 2016).

Artvin ilinde yapılan başka bir çalışmada ise Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile taşkın risk alanları belirlenmiştir. Bölgeye ait yağış, jeoloji, eğim, bakı, toprak ve arazi haritaları oluşturulacak model için veri olmuştur. MGM tarafından sağlanan yağış verileri CBS programında çalışma alanına entegre edilerek bölgeye ait hidrolojik girdiler raster formatına dönüştürülmüştür. Üretilen veriler ile hazırlanan taşkın haritaları ile bölgelerin risk durumları belirlenmiştir. Bölgenin drenaj yoğunluğunun fazla oluşu taşkın riskini artıran en önemli sebeplerden biri olarak belirtilmiştir. Bu ve buna benzer riskli bölgelerde taşkın riski çalışmalarının artırılması ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Oğuz vd., 2016).

Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi kapsamında, DSI'nin belirlediği yirmi beş akarsu havzası için MGM tarafınca bir hidrolojik çalışma yapılmıştır. Seçilen Marmara Havzası on iki alt havzaya bölünerek incelenmiştir. Uygulamada ArgGIS ortamında işlenen SYM haritaları ve parametrelerin formüle edildiği Matlab programı kullanılmıştır. İki yıllık yağış tekerrür debileri kullanılarak Synder ve SCS yöntemleri ile havzaların debi-yağış ilişkileri çıkartılmaya çalışılmıştır. Oluşturan yazılımlar sayesinde ani taşkın tahminlerinin çok daha doğru bir şekilde yapılabilirdiği söylenmiş ve çalışmanın ülke geneline uygulanabilirliği belirtilmiştir (Aksoy vd., 2016).

Akarçay Afyon Alt Havzası'nda yapılan bir çalışmada, taşkın risk değerlendirmesi ve zarar tahmini yapılarak taşkınların yol açabileceği zararların

önlenmesi veya azaltılması yönünde çeşitli tavsiyeler verilmiştir. Havzanın değişik dönüş aralıkları (2, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl) için taşkın debileri hesaplanmış ve su altında kalacak yerler HEC-RAS programı yardımı ile belirlenmiştir. Ardından literatürde bulunan çeşitli derinlik-zarar eğrileri kullanılarak taşkın zarar tahmini yapılmış ve zarar maliyeti ortaya konulmuştur. Çalışmanın sonunda taşkından etkilenen alanlar görsel ve sayısal veriler ile sunulmuş, riski azaltacak erken uyarı sistemleri, afet sigortaları ve halk eğitimleri gibi konularda öneriler verilmiştir (Taş vd., 2016).

Kahramanmaraş'ta bulunan Kılavuzlu Barajı'nın sulama kanalının su derinliği HEC-RAS programı ile hesaplanmıştır. Hem sulama hem de enerji üretmek amacı ile inşa edilmiş bir barajdır. Kılavuzlu Barajı'nın devamı niteliğinde olan sulama kanalının tamamlanması ile Kahramanmaraş, Gaziantep ve Hatay illeri sınırları içerisinde bulunan 178 bin hektarlık tarım arazisinin sulanması amaçlanmıştır. Trapez şeklinde inşa edilen kanalın 194.12 metrelik kısmının incelendiği çalışmada proje değerleri ile HEC-RAS değerlerinin %100 uyumlu olduğu tablo halinde sunulmuştur. Kanal tasarımlarında HEC-RAS programı kullanarak başarılı sonuçlara ulaşılabileceği belirtilmiştir (Ünsal ve Nalcioğlu, 2016).

Kahramanmaraş'ta yapılan diğer bir çalışmada Domuz (Boğaz) Deresi kuşaklama kanalının 621 metrelik kısmı HEC-RAS ile modellenmiştir. Yağmur ve kar sularından kaynaklanan taşkınların önüne geçmek için yapılan çalışmada, Mockus ve Rasyonel metot yöntemleri kullanılarak Excel programında hesaplanan Domuz deresi kuşaklama kanalı proje değerleri, hidrolik modele aktarılarak iki yöntem kıyaslanmış ve programdan alınan sonuçlar irdelenmiştir. 100 ve 500 yıllık tekerrür debi tahmin değerleri kullanılarak hazırlanan model ile proje sonuçları karşılaştırılmış ve benzer sonuçların alındığı belirtilmiştir (Ercan vd., 2019).

### 3. ÇALIŞMA ALANI

#### 3.1 Çalışma Alanının Yeri

Akçay, Türkiye'nin batısında yer alan Ege Bölgesi'nde bulunan Kaz Dağ'ının eteklerinde kurulmuş bir yerleşim beldesidir (Şekil 3.1). Balıkesir'in Edremit ilçesine bağlı olan belde son yıllarda gelişen turizmi ile birlikte yaz mevsiminde nüfus kış sezonunun on katına kadar çıkabilmektedir. Son yıllarda artan müzik festivalleri ve yörenin kültürel etkinliklere yaptığı yatırımlar yaz turizmine önemli bir ekonomik katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda bölgede termal su kaynaklarının bulunması, bölgeyi kış turizmi için de bir cazibe merkezi haline getirmektedir. Her sene gelişen turizmi ve buna bağlı olarak artan nüfus ve konut sayısı ile oluşan çarpık kentleşme, yaşanacak doğal afetler sonucunda etkilenecek insan ve alan miktarını artırmaktadır.

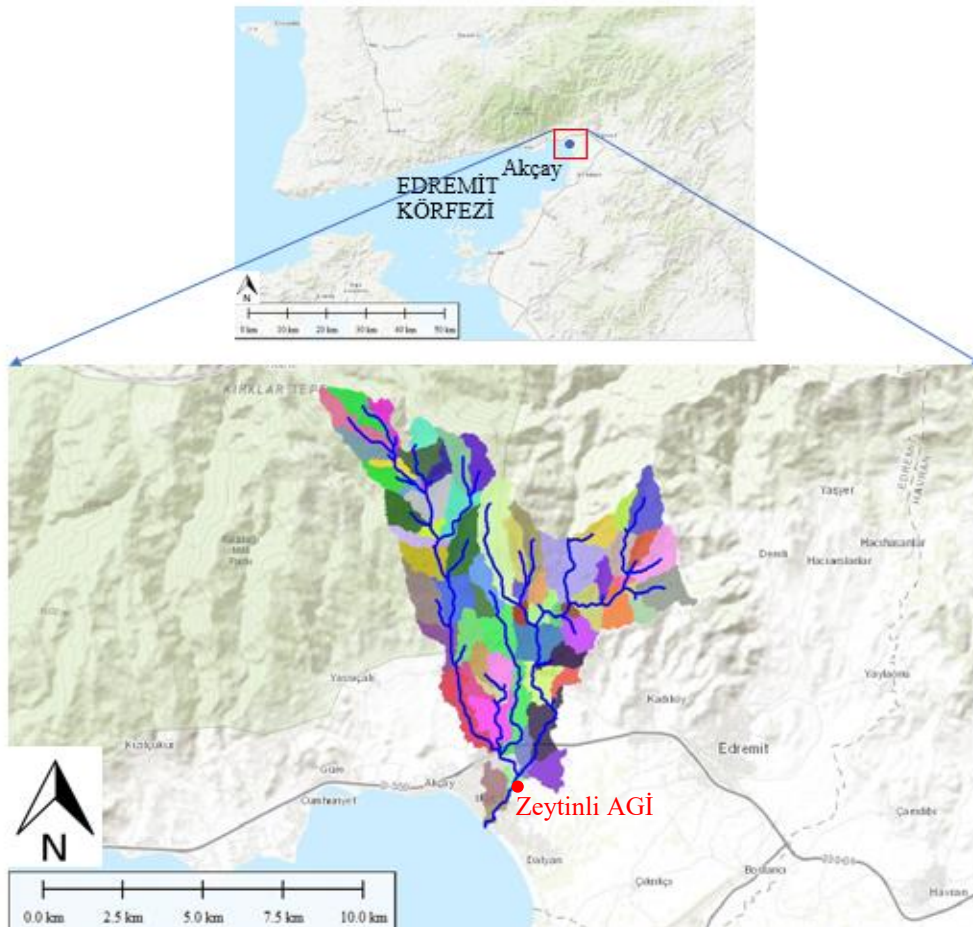


Şekil 3.1 Akçay ilçesinin Türkiye'deki konumu

Bölge halkının temel geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Zeytincilik ve zeytinyağı üretimi bunun %50 den fazlasını oluşturmaktadır. Sel sularının oluşturabileceği taşkınlar, tarım arazilerine ve mahsullere ekonomik açıdan zarar verecek olup, ilçeyi büyük ölçekli ekonomik kayba uğratacaktır. Bu yüzden bölgeye yönelik, yapılması planlanan afet riski değerlendirme çalışmaları büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada taşkın risk analizi için seçilen nehir yatağı Zeytinli Havzası'nı besleyen Zeytinli Çayı'dır. Kaz Dağı'ndan kaynak alan çay, Akçay ilçe merkezinden geçerek Edremit Körfezi'ne (Ege Denizi) dökülmektedir (Şekil 3.2).

Zeytinli Çayı'nın coğrafi konumu, 39° 34' 20" Kuzey ile 26° 56' 20" Doğu koordinatlarıdır. Kuzeybatı-güneybatı doğrultusunda akan çayın uzunluğu 29.43 km olup, havza alanı 119.46 km<sup>2</sup>'dir. Havza yüksekliği 0-1750 metre aralığında değişmektedir.



Şekil 3.2 Çalışma alanı yerbulduru haritası

### 3.2 Bölgenin İklim Özellikleri ve Jeolojik Yapısı

Çalışma alanı Akdeniz makro klima kuşağında yer almaktadır. Bundan dolayı yazın tropikal kökenli hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır. Kışın ise polar cepheye bağlı olarak orta enlem depresyonlarının ve Akdeniz cephesine bağlı olarak gelişen depresyonların etkisinde yağış almaktadır. Yaz aylarında bu cephe kuşağının kuzeye kayması bölgenin yağış alma miktarını azaltmaktadır (Tağıl ve Danacıoğlu, 2012).

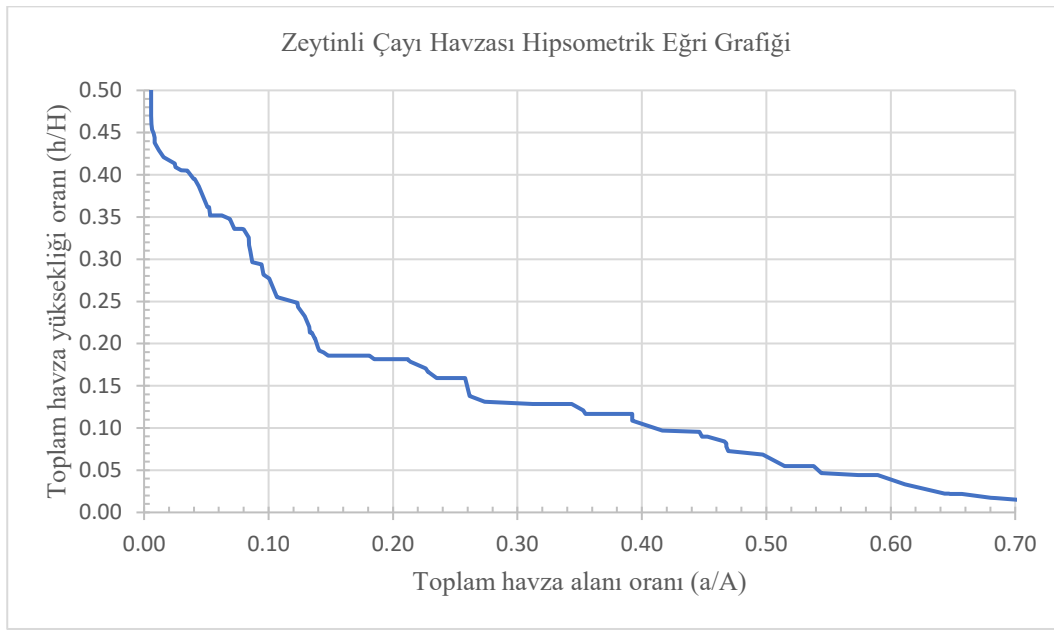
Havzanın bulunduğu bölgenin yıllık sıcaklık ortalaması  $16.8^{\circ}\text{C}$ 'dir. En soğuk ay ocak ( $3.8^{\circ}\text{C}$ ) ve en sıcak ay ise temmuz ( $32.8^{\circ}\text{C}$ ) ayıdır. Yıllık toplam yağış ortalaması 723.5 mm iken en yağışlı ay aralık (131.6 mm) ve en kurak ay temmuz (6.8 mm) ayıdır. Zeytinli akım gözlem istasyonunda en fazla yağışın düştüğü yıl 1982 aralık olarak kaydedilmiştir. Toplamda 501 mm yağış düşmüş ve akım değeri  $124\text{ m}^3/\text{s}$  olarak ölçülmüştür. Yağış değerlerinde kasım ve şubat ayları arasındaki dönemde artış görülmektedir ve Zeytinli Çayı bütün yıl boyunca akıma sahiptir, tam kuru olduğu bir dönem görülmemektedir (DSİ ve MGM, 2016).

İncelenen bölgede, intceptisol türünde, genç oluşumlu topraklar yaygındır. Bu topraklar değişime uğramış katmanlar ihtiva etmekle birlikte, ayrışabilir mineraller barındırırlar. Bunun yanında akarsuyun eğim değerlerinin azaldığı havza tabanına doğru olan kesimlerinde de entisoller yaygın bir halde bulunur. Az veya hafif gelişme gösteren ve ana maddelerini yansıtan özelliklere sahip topraklardır. Bunlar dik yamaçlardaki, sel düzlüklerindeki ve kumullardaki toprakları içine alırlar. Havza genel olarak killi, siltli, balçıklı ve kumlu olmak üzere dört çeşit toprak grubunu içinde barındırır. Bu toprak tiplerinden balçıklı topraklar bu alanın yüzde doksanından fazlasını oluşturmaktadır. Bu toprak tipi metaformik kayalar üzerinde gelişim göstermiş olup jeolojik yapıya bağlı olarak haza genelinde yaygın halde ve en fazla görülen tiptir (Soil Conservation System, 1975; Özşahin, 2011).

Bölgenin geomorfolojik yapısını belirlemek için havzanın hipsometrik eğri grafiği çizilmiştir (Şekil 3.3). Hipsometrik eğriler, yer şekillerinin morfolojik durumunu değerlendirmek için belirli bir alan boyunca yüksekliklerin dağılımını inceler. Hipsometrik eğrinin çizilebilmesi için röletif yükselti ( $h/H$ ) ve rölatif alanın ( $a/A$ ) hesaplanması gerekmektedir. Burada, "A" toplam havza alanı, "H" havzanın en yüksek kotu, "a" havza içerisinde verilen bir "h" yüksekliğine ait bir eş yükselti eğrisinin üzerinde kalan alanı ifade eder. Stahler (1952), hipsometrik eğrilerin şekillerine dayanarak arazilerin geomorfolojik gelişim evrelerinin belirlenebilmesi

için üç farklı evre tanımlamıştır. Bunlar; genç, dengeli ve yaşlı safhalar olarak nitelendirebilir. Dışbükey eğriler, bölgenin biraz aşınmış ve çözülmemiş olduğunu gösteren havzanın genç aşamaları ile ilişki iken, içbükey eğriler arazinin doygunluğa ulaşmış, oldukça aşınmış ve yaşlı bir yapıda olduğunu gösterir (Ahmed and Koduri, 2016; Güney, 2018).

Şekil 3.3 incelendiğinde Zeytinli Çayı havzasının oldukça aşınmış ve yaşlı bir yapıda olduğu görülmektedir. Özşahin (2011), çalışmasında Zeytinli Çayı havzasında her yıl şiddetli erozyon yaşandığını ve yılda 10 tondan fazla toprak kaybı olduğunu belirtmiştir.



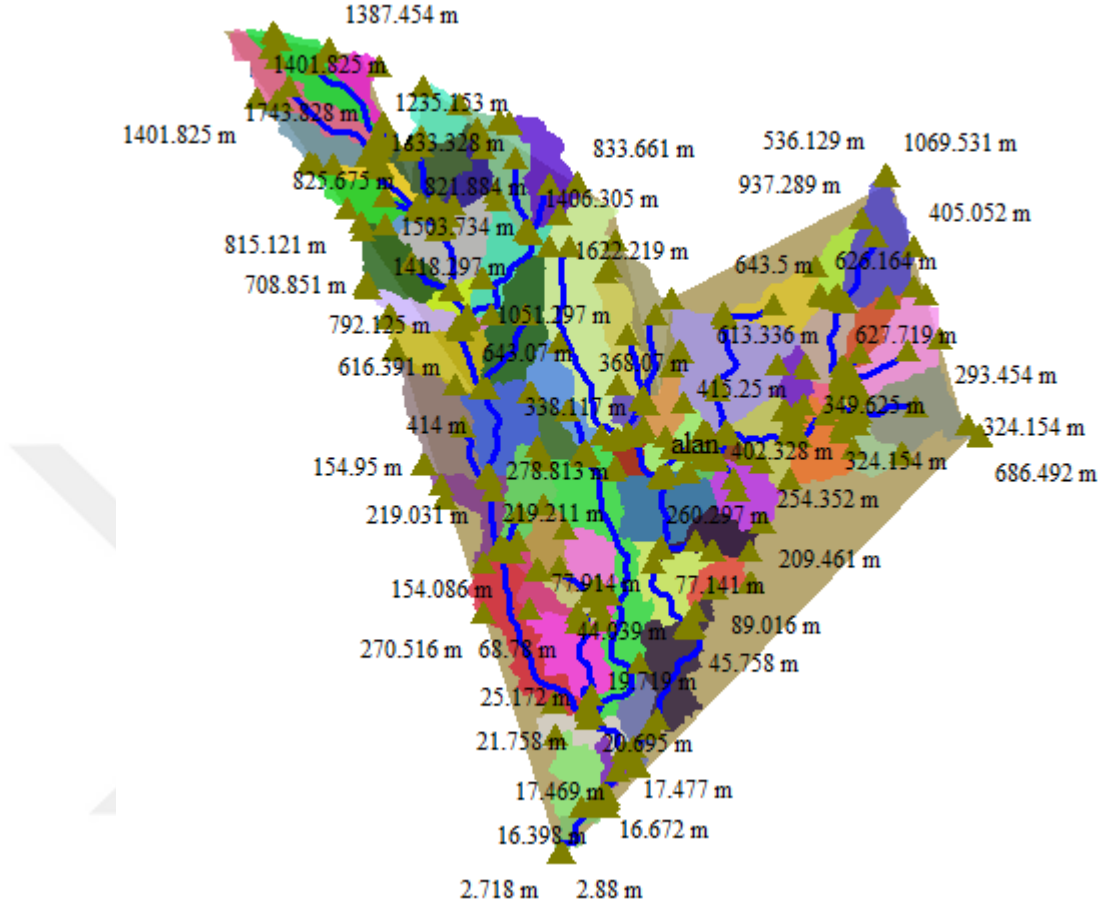
Şekil 3.3 Zeytinli Çayı havzası hipsometrik eğri grafiği

Hipsometrik eğriler havzaların aşamaları hakkında bilgi verirken, hipsometrik integral yöntemi ile de bu evreleri sayısal olarak ifade eder. Hipsometrik eğrinin altında kalan alan olarak da ifade edilen bu yöntem, Pike ve Wilson (1971) tarafından geliştirilen formül ile drenaj havzalarının hipsometrik integral değerleri ( $H_i$ ) denklem (3.1) ile hesaplanmaktadır (Güney, 2018).

$$H_i = (H_{ort} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min}) \quad (3.1)$$

Eşitlikte, “ $H_i$ ” hipsometrik integral değeri, “ $H_{max}$ ” havzanın en yüksek kotu, “ $H_{ort}$ ” ortalama havza yüksekliği ve “ $H_{min}$ ” ise havzanın en düşük kotudur. Zeytinli Çayı havzasının en yüksek kotu 1750 m, en düşük kotu 2.82 m ve drenaj havzasının ortalama yüksekliği 412.66 m olarak tespit edilmiş ve  $H_i$  değeri 0.23 olarak

hesaplanmıştır. Bu değerler hesaplanırken çalışma alanının bilgisayar ortamında oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli dikkate alınmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Havzaya ait yükseklik değerleri

Strahler (1952) göre,  $H_i > 0.60$  ise genç,  $0.35 < H_i < 0.60$  aralığında dengeli ve  $H_i < 0.35$  ise yaşlı havza karakteristiğini ifade eder (Ahmed and Koduri, 2016). Zeytinli Çayı drenaj havzasının hipsometrik integral değeri, havzanın dengeye ulaşmış ve yaşlı karakterde bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

#### 4. TAŞKIN HİDROLOJİSİ

Yerküre üzerinde suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen bir bilim dalı olan hidroloji, su kaynaklarının geliştirilmesi ve projelendirilmesi maksadıyla yapılan mühendislik çalışmalarına kaynaklık etmektedir. Baraj, gölet, içme ve kullanma suyu, sulama projesi, menfez, taşkın kontrolü projesi gibi benzeri yapı ve projelerin tasarım esaslarını belirlemek için kullanılan verilerin sağlamasında önemli bir yer tutar. İnşa edilecek su yapılarının, afet erken uyarı sistemleri için hazırlanacak risk haritalarının ekonomik ve güvenilir çözümler sunabilmesi açısından hidrolojik verilerin ölçülüp kayıt altına alınması gerekmektedir. Ancak çoğu zaman hidrolojik verilerin yetersizliği ve yağış olaylarından kaynaklanan belirsizlikler hidroloji biliminde istatistiksel modellerin önemini artırmıştır (Bayazıt, 1998).

Taşkın debileri sürekli değişkendir ve nehir yatağındaki gözlem istasyonları ile anlık debi ölçümlerini kullanılarak oluşturulan hidrolojik modeller ile hesaplanır. Kaydedilen bu debiler ile kurulan istatistiksel modeller belli tekerrür aralıkları için hesaplanmakta ve uygunluğu hidrolojik tasarımda büyük bir önem taşıyan dağılım fonksiyonlarına göre kontrol edilmektedir. Hidrolojik verilerin frekans analizinde debilerin seçilen bir değeri aşması için ( $x_p$ ) geçmesi gereken ortalama süre dönüş aralığı ( $T$ ) olarak tanımlanır.  $T$  dönüş aralığı olan bir taşkın ( $x_p$ ) herhangi bir yıl aşılma şansı  $1/T$  bu olayın görülme olasılığıdır,  $x_p$  taşkını  $T$  yıllık taşkın olarak anılır (Bayazıt ve Önöz, 2008).

$$p = 1 - (1/T) \quad (4.1)$$

$f(x_p) = p$ ,  $x_p$  değerinin bu değere eşit veya küçük kalma olasılığıdır.

Zeytinli Çayı için belli tekerrürlü yıllara ait taşkın debileri hesaplanırken, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü'nden alınan Zeytinli İstasyonu'na ait yılda günlük en büyük akım debileri kullanılmıştır. 1989-2014 yılları arasında ait 26 yıla ait veriler ile 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık tekerrür aralığı için taşkın frekans analizi yapılmıştır. İstasyon bulunmayan bölgelerde ya da gözlem süresinin yeterli uzunlukta olmadığı zamanlar sonuçların kontrolü sentetik yoldan hesaplanacak değerlere göre yapılmalıdır (Özdemir, 1978).

Taşkın frekans analizleri için belli dağılımların seçilmesi ve bu dağılım parametrelerinin sonuçlarına bakılarak taşkın debilerinin hesaplanması

gerekmektedir. Taşkınların tahmininde teorik olasılık dağılımlarının kullanılması analitik yöntem olarak da anılır ve bu dağılımların eklenik dağılım fonksiyonları taşkınların frekans eğrileri olarak da kabul edilir. Taşkın tekerrür analizinde kullanılan başlıca olasılık dağılımları;

- Normal Dağılım (N)
- Log-Normal Dağılım (LN2),
- Üç Parametrelili Log-Normal Dağılım (LN3),
- Pearson Tip III (Gamma) Dağılımı (P3),
- Log-Pearson Tip III Dağılımı (LP3),
- Gumbel Dağılımı (GUM)
- Genel Ekstrem Değer Dağılımı (GEV),
- Genelleştirilmiş Lojistik Dağılımı,
- Üç Parametrelili Log-Lojistik Dağılımı, şeklindedir.

Burada sıralanan dağılımların dışında daha pek çok dağılım ve tahmin yöntemi taşkın hidrolojisinde kullanılmaktadır.

Frekans analizleri yapılırken, gözlenmiş taşkın debilerinin seçilen bir dağılıma uygun olup olmadığını belirlemek için çeşitli istatistiksel testler kullanılmaktadır. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen dağılım modelleri kullanılmıştır. Dağılım modellerine ait parametreler L-momentler yöntemi ile hesaplanmış olup dağılımın uygunluk kontrolü için gözlenen veriler, uyum iyiliği testlerinden en yaygın olarak kullanılan ve bilinen Anderson Darling ve Kolmogorov-Smirnov testlerine tabi tutulmuştur.

Kolmogorov-Smirnov ve Anderson Darling tarafından önerilen testler, deneysel dağılım fonksiyonu ile ilişkili testlerdir ve sürekli dağılımların rastgele değişkene uygunluğunu test etmek için kullanılırlar. Bu testler sıfır hipotezi altında deneysel dağılım fonksiyonu ile kümülatif dağılım fonksiyonu arasındaki farkı ölçmeye yöneliktir. Kolmogorov-Smirnov testi teorik olasılık dağılım fonksiyonu ile rastgele değişkenin kümülatif dağılım arasındaki kümülatif farkı ölçerken, Anderson Darling testi kümülatif dağılım fonksiyonunun uzantılarına yönelik bir test olduğu için daha hassas bir değerlendirme yapısına sahiptir (Zghoul, 2010).

Tablo 4.1’de her iki test için alınan sonuçlar birlikte değerlendirilerek dağılımların uygunluğu sıralanmıştır. Her iki test için hesaplanan, test istatistikleri ile kritik değerler karşılaştırılarak %5 anlamlılık düzeyi için dağılımların kabulüne

veya reddine karar verilmiştir. İlk önce testler kendi içinde istatistiklerinin aşılma ihtimallerinin büyüklüğüne göre sıralanmıştır. En küçük olasılıklı dağılım 1 ile numaralandırılmış olup bu dağılımın örnek seriler içinde en iyi olduğu kabul edilmiştir. Ardından dağılımlar kendi aralarında iyiden kötüye doğru sıralanmıştır. Hem Kolmogorov-Smirnov hem de Anderson Darling testlerindeki sıralanan bu değerler toplanarak, toplam skorun en küçük olduğu dağılımın en uygun olduğu belirtilmiş ve bu dağılımın genelleştirilmiş lojistik olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.1 Zeytinli Çayı %5 anlamlılık için K-S ve A-D testi sonuçları

| <i>Anlamlılık Düzeyi</i><br>%5 | <b>KS Testi</b>  |             | <b>AD Testi</b>  |             | <b>Toplam Skor</b> |
|--------------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|
|                                | <b>Kabul/Ret</b> | <b>Sıra</b> | <b>Kabul/Ret</b> | <b>Sıra</b> |                    |
| <b>Normal</b>                  | +                | 5           | +                | 3           | 8                  |
| <b>Log-Normal (2P)</b>         | +                | 8           | +                | 8           | 16                 |
| <b>Log-Normal (3P)</b>         | +                | 4           | +                | 5           | 9                  |
| <b>Gumbel</b>                  | +                | 7           | +                | 7           | 14                 |
| <b>GEV</b>                     | +                | 6           | +                | 4           | 10                 |
| <b>Pearson Tip 3</b>           | +                | 3           | +                | 6           | 9                  |
| <b>Log-Pearson Tip 3</b>       | +                | 9           | -                | 9           | 18                 |
| <b>Gen. Lojistik</b>           | +                | 1           | +                | 1           | 2                  |
| <b>Log. Lojistik (3P)</b>      | +                | 2           | +                | 2           | 4                  |

Tablo 4.2 Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım ile hesaplanan belli tekerrürlü taşkın tahminleri

| <b>Dağılım Modeli</b> | <b>Belli tekerrürlere ait taşkın debileri (m<sup>3</sup>/s)</b> |           |           |           |            |            |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|                       | <b>5</b>                                                        | <b>10</b> | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>100</b> | <b>500</b> |
| <b>Gen. Lojistik</b>  | 178.42                                                          | 198.00    | 219.65    | 234.12    | 247.40     | 274.62     |

Dağılımların uygunluğu denetlerinken, grafiksel yöntemler de kullanılır. Bunlardan biri olan P-P olasılık dağılım grafiği ile dağılım sonuçları karşılaştırılmıştır (Ek 1). Belirli bir dağılımın uygunluk derecesini görsel olarak değerlendirmeye yarayan P-P grafikleri, dağılımın uygunluk derecesini belirlerken normal dağılan veriler ile beklenen değerleri kıyaslayarak, doğrusal grafik olmaya en yakın sonuçları iyi olarak nitelendirmektedir (Jankauskas and McLafferty, 1996; Mehrannia and Pakgohar, 2014).

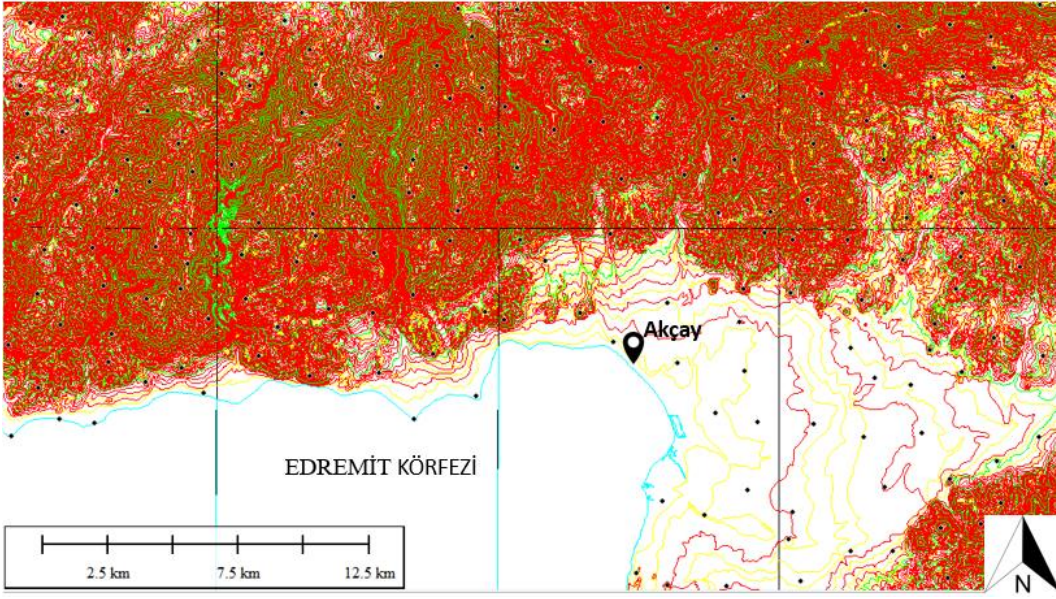
## 5. HİDROLİK MODEL

### 5.1 Bölgenin Sayısal Yükseklik Modeli

Bölgenin üç boyutlu sayısal yükseklik modelinin oluşturulabilmesi için arazinin topografik yapısını içeren haritalara ihtiyaç duyulur. Bu kapsamda bölgeye ait 1/25000 ölçekli haritalar DSİ 25. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Haritalara sayısal yükseklik kazandırmak için bir CBS yazılımı olan Global Mapper programı kullanılmıştır.

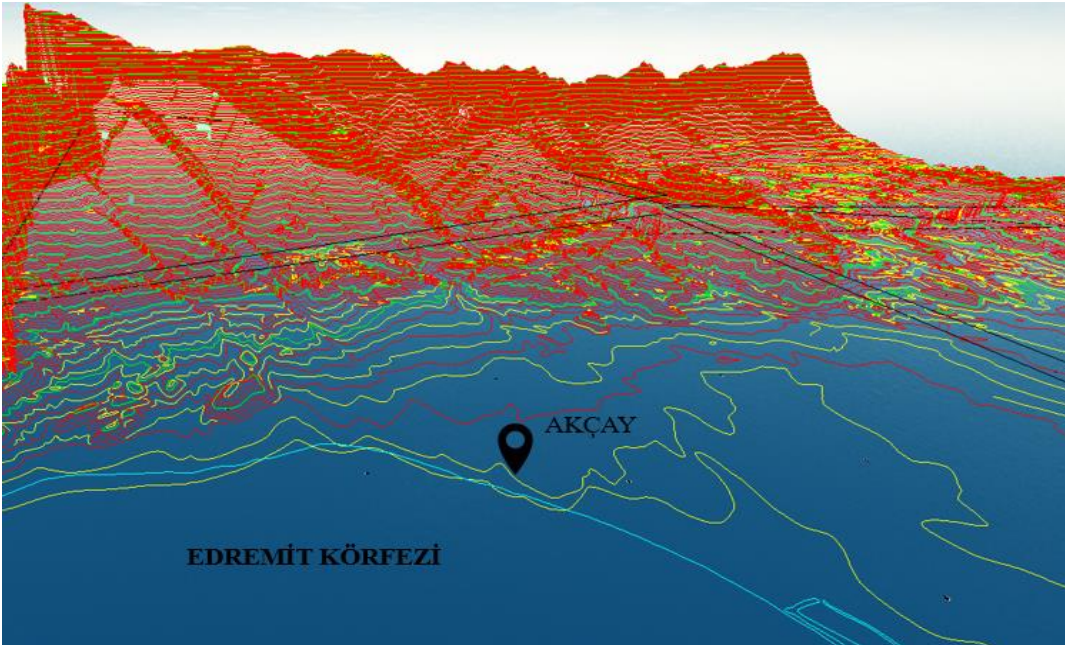
Global Mapper bir coğrafi veri işleme ve yönetimi programı olup dünya üzerinde bulunan birçok vektör, raster dosya formatını destekler ve haritalama çalışmalarının yapılabilmesine olanak sağlayan çeşitli kartezyen ve coğrafi koordinat sistemlerini kullanarak işlem yapar. Ülkemizde 2002 yılı öncesinde üretilen 1/25000, 1/50000, 1/100000 ve 1/250000 ölçekli haritaların yatay datumu Avrupa Datumu 1950 (European Datum 1950: ED50) sistemine göre, yükseklikler ise ortalama deniz seviyesi başlangıç düzeyi (düşey datum)'ne göre tanımlıdır (Demirkol vd., 2019).

Global Mapper programında bu haritaları sayısallaştırmaya başlamadan önce uygun bir koordinat (ED50) sistemine bağlamak gerekir çünkü arazi kotlarının sağlıklı bir şekilde işlenebilmesi mevcut iki boyutlu haritaların bu koordinat düzlemi ile uyumlu olmasına bağlıdır. Programda DSİ tarafından sağlanan bu haritalar referans düzlemi olarak kullanılmıştır. Global Mapper programında resim formatındaki haritalar düzenlenerek bölgenin iki boyutlu eş yükselti haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan eş yükselti eğrileri 10'ar metre aralıklar ile düzenlenerek Global Mapper programında sayısallaştırma işlemine devam edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Arazinin iki boyutlu eş yükselti haritası

Ardından oluşturulan eş yükseltili arazi modeli, Global Mapper içerisinde bulunan ve havzaya ait yükselti noktalarına hacim kazandırmaya yarayan arazi analizleri araç takımı sayesinde üç boyutlu formata çevrilmiştir. Üç boyutlu eş yükselti haritası, arazi verilerinin işlenebilmesi ve drenaj ağlarının çıkarılabilmesi için hazır hale getirilmiştir (Şekil 5.2).

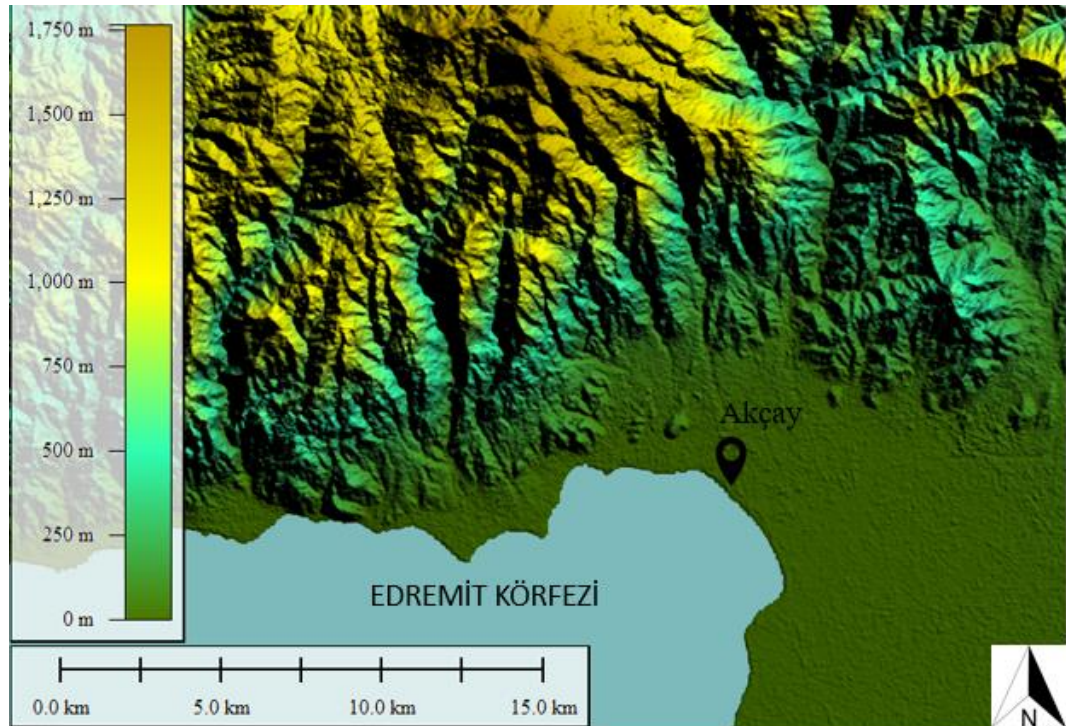


Şekil 5.2 Arazinin üç boyutlu eş yükselti haritası

Global Mapper programı içinde yerleşik olarak bulunan light detection and ranging (LIDAR) eklentisi sayesinde eş yükselti haritaları, uygun çözünürlükteki topografik verilere dönüştürülmüştür (Şekil 5.3). LIDAR, bir uzaktan algılama teknolojisidir. Tüm coğrafi bilgilerden algılama sağlayan (GPS, izohips haritaları ve global konumlandırma teknolojileri) bunu da lazer kullanarak yapan ve lazerin aydınlattığı noktalardan mesafeyi ölçerek bize topografya hakkında bilgiler veren bir veri kaynağıdır. Diğer bir tanıma göre x ve y yönlerinde düzenli dağılmış z değerleri içeren çıplak yeryüzünün sayısal kartografik gösterimini veren noktalar kümesidir. Yükseklik bilgisi tarımdan ulaştırmaya, haritacılıktan çevresel sınıflandırmaya kadar ihtiyaç duyulan bir veridir. Bu sebeple LIDAR ile daha hızlı ve güvenilir sayısal yükseklik modelleri elde edilmektedir (Polat ve Uysal, 2016).

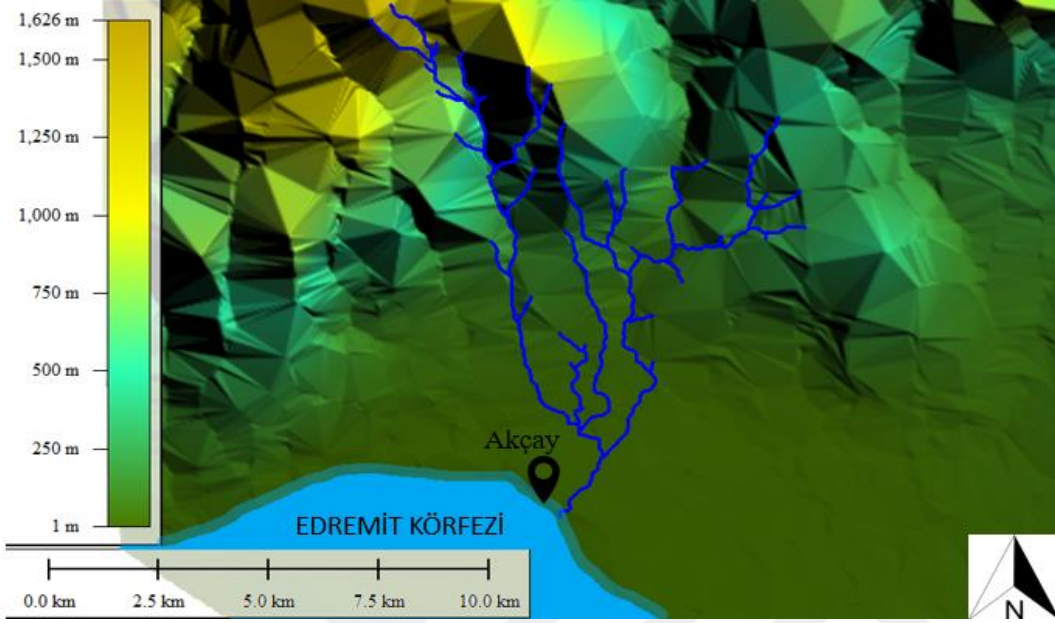
Sayısal yükseklik modeli oluşturulduktan sonra drenaj ağlarının mevcut LIDAR haritasından oluşturabilmesi için yükseklik verilerinin TIN haritalarına dönüştürülmesi gerekmektedir. TIN mekansal verileri temsil etmek için yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Genellikle LIDAR tarzı havza tarama sistemleri kullanılarak hazırlanır (Guo et al., 2015).

TIN veri modelleri herhangi bir konumda düzensiz olarak dağılmış üç noktadan üretilir. Oluşturulan bu üçgenler yüzeydeki dayanak nokta kümelerine,



Şekil 5.3 Bölgenin LIDAR haritası

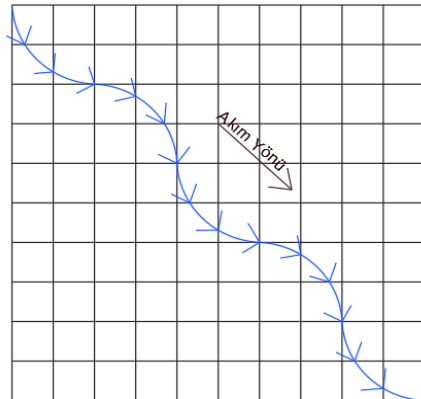
dere, şev gibi belirgin arazi sınırlarına göre kurulur. Dolayısı ile gerçeğe en yakın şeklin yüzeyi temsil edecek keskin noktalar tanımlanır. Sonuç olarak TIN modeli topografik olarak ilişkilendirilmiş bir ağ yapısına sahip olur (Şekil 5.4).



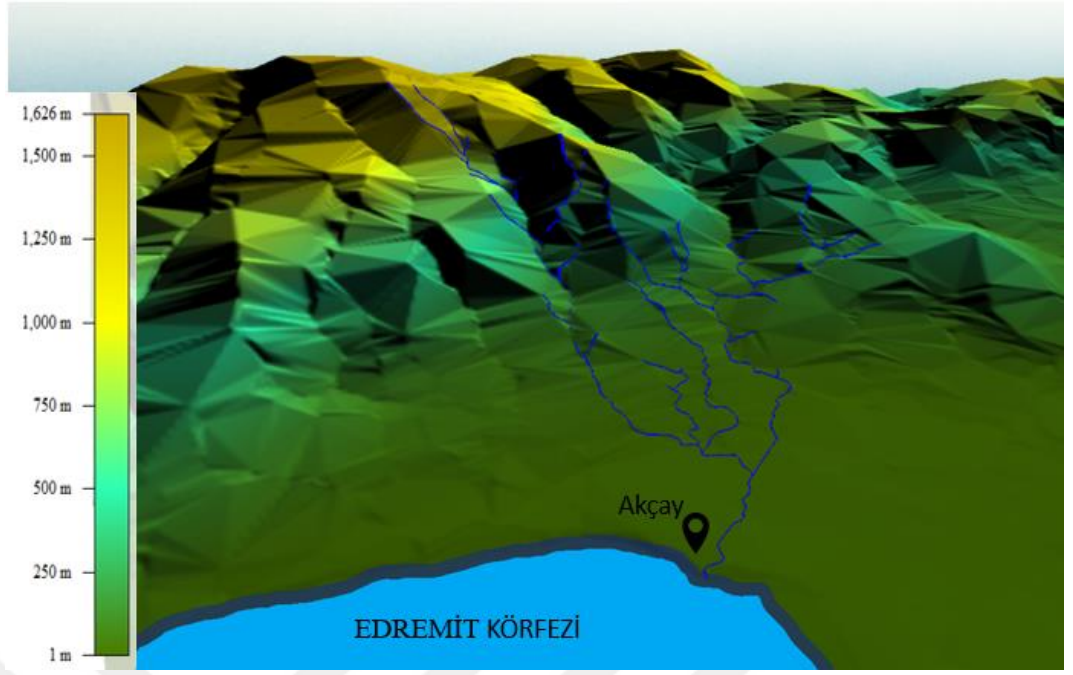
Şekil 5.4 Bölgenin iki boyutlu TIN haritası ve drenaj ağı

Bölgenin TIN modeli oluşturulduktan sonra drenaj ağlarının tespit edilebilmesi için Global Mapper programında yerleşik olarak bulunan su modülü araç takımı kullanılır. Bu sayede, oluşturulmuş olan TIN arazi verileri üzerine akış kollarının tanımlanmasına olanak tanır. Otomatik olarak bölünmüş alanlara yükseklik atayan program, yüksek kottan alçak kota doğru drenaj ağlarını oluşturur (Şekil 5.5 ve 5.6).

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 99  | →98 | →97 | →96 | →95 | →94 | →93 | →92 | →91 | →90 |
| ↓98 | ↓89 | ↓88 | ↓87 | ↓86 | ↓85 | ↓84 | ↓83 | ↓82 | ↓81 |
| ↓97 | ↓88 | ↓80 | ↓79 | ↓78 | ↓77 | ↓76 | ↓75 | ↓74 | ↓73 |
| ↓96 | ↓87 | ↓79 | ↓72 | ↓71 | ↓70 | ↓69 | ↓68 | ↓67 | ↓66 |
| ↓95 | ↓86 | ↓78 | ↓71 | ↓65 | ↓64 | ↓63 | ↓62 | ↓61 | ↓60 |
| ↓94 | ↓85 | ↓77 | ↓70 | ↓64 | ↓59 | ↓58 | ↓57 | ↓56 | ↓55 |
| ↓93 | ↓84 | ↓76 | ↓69 | ↓63 | ↓58 | ↓54 | ↓53 | ↓52 | ↓51 |
| ↓92 | ↓83 | ↓75 | ↓68 | ↓62 | ↓57 | ↓53 | ↓50 | ↓49 | ↓48 |
| ↓91 | ↓82 | ↓74 | ↓67 | ↓61 | ↓56 | ↓52 | ↓49 | ↓47 | ↓46 |
| ↓90 | ↓81 | ↓73 | ↓66 | ↓60 | ↓55 | ↓51 | ↓48 | ↓46 | ↓45 |



Şekil 5.5 Drenaj ağının oluşumunun şematik gösterimi



Şekil 5.6 Bölgenin üç boyutlu TIN haritası ve drenaj ağı

## 5.2 Akarsuyun Hidrolik Modeli

Drenaj ağları çıkarıldıktan sonra nehir yatağına ait en kesitlerin çıkarılması gerekmektedir. Global Mapper programından ihraç edilen raster formatındaki veriler bir Autodesk yazılımı olan Autocad Civil 3D programına aktarılmıştır. Civil 3D bir inşaat mühendisliği yazılımı olup CBS programları ile uyumlu bir şekilde çalışır. Çeşitli harita formatlarından arazi verisi çıkarabilmesi, üç boyutlu harita düzlemlerinden otomatik bir şekilde boykesit ve enkesit alabilmesi sayesinde su yolları, köprü, yol, üst ve alt yapı projelerinin hızlı bir şekilde modellenmesine olanak sağlar. Hidrolik modelin çalıştırılması için gerekli olan talveg hattı, kıyı çizgileri (sağ ve sol sahil), akış yolları, akarsu enkesitleri gibi geometrik veriler Civil 3D programından elde edilmiştir.

Taşkın modelinin kurulacağı alan Zeytinli Çayı'nın Ege Denizi'ne döküldüğü yerden Akçay beldesinin yerleşim birimlerinin yoğun olduğu bölge olarak sınırlandırılmıştır. Yaklaşık olarak 1600 metre uzunluğunda seçilen nehir yatağından 15 enkesit alınarak taşkın analizi için hazır hale getirilmiştir. Global Mapper programından alınan uydu görüntüsü referans düzlemi olarak kullanılarak, akarsu yatağının incelenen kısmında ait kesitler şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Akarsu güzergahı ve enkesitler

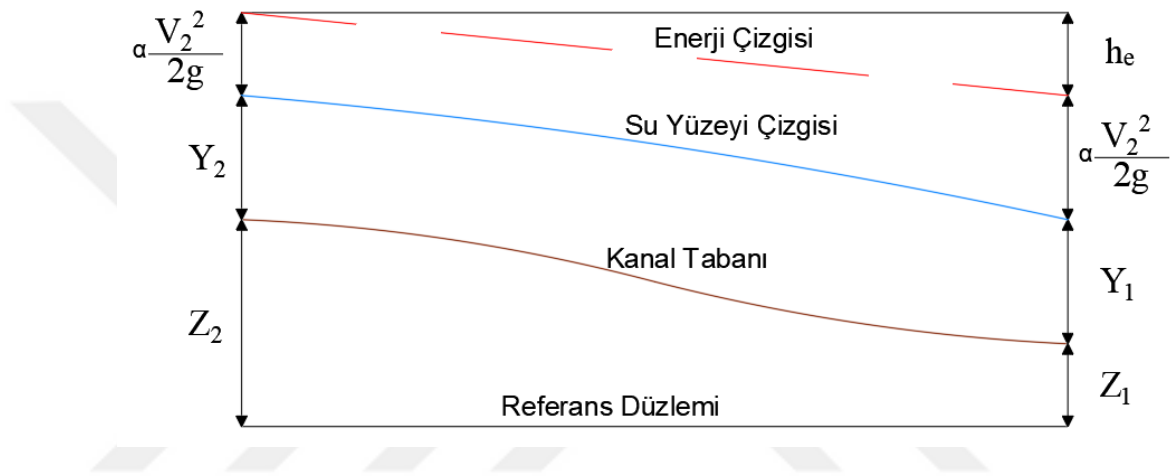
Taşkın analizleri için Amerika Birleşik Devletleri Askeri Mühendislik birimi tarafından geliştirilen ve bir nehir analiz programı olan HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) kullanılmıştır. HEC-RAS yazılımı doğal akarsular ve sonradan inşa edilmiş açık kanallardaki akımların bir boyutlu hidrolik hesabını gerçekleştirmek üzere geliştirilmiş grafik tabanlı, çok görevli bir yazılımdır. Program düzenli ve değişken akımlarda su yüzü profili hesaplamaları, sediment taşınım, hareketli taban hesaplamaları, su kalitesi analizleri ve birçok hidrolik yapı hesaplamaları yapılabilmektedir (Ardıçoğlu, 2017).

HEC-RAS paket programı sel rejimi, nehir rejimi ve karışık rejimli akımlar için su yüzü profillerini hesaplar. Su yüzü profillerinin hesaplanması yavaş değişen akımlar için standart adım metodu kullanılarak yapılır. Standart adım yöntemi Bernoulli eşitliğinin bir uygulamasıdır. Seçilen iki kesit arasındaki mesafe ( $\Delta x$ ) genellikle standart bir uzunluk olarak alınmaktadır. Belirlenen bu mesafelerde en kesitin geometrik ve fiziksel özellikleri belirlenerek, standart adımların yeterince

küçük seçilmesi halinde bu yöntem ile doğal yataklarda sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Enerji denklemi aşağıda verilen denklem ile tanımlanmıştır (Özbek, 2009; USACE, 2016).

$$z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_e \quad (5.1)$$

Denklemden,  $z_1, z_2$  = ana kanal taban yüksekliği,  $Y_1, Y_2$  = kesit akım derinliği,  $V_1, V_2$  = ortalama hız (debi/akım alanı),  $\alpha_1, \alpha_2$  = hız katsayısı,  $g$  = yerçekim ivmesi ve  $h_e$  = enerji kayıp yüksekliğidir.



Şekil 5.8 Açık kanal akımlarında ardışık kesitlerde enerji

Art arda gelen iki kesit arasındaki yük kaybı ( $h_e$ ); sürtünme kaybı ve daralma-genişleme kaybından oluşmaktadır. Enerji yük kaybı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmıştır (USACE, 2016).

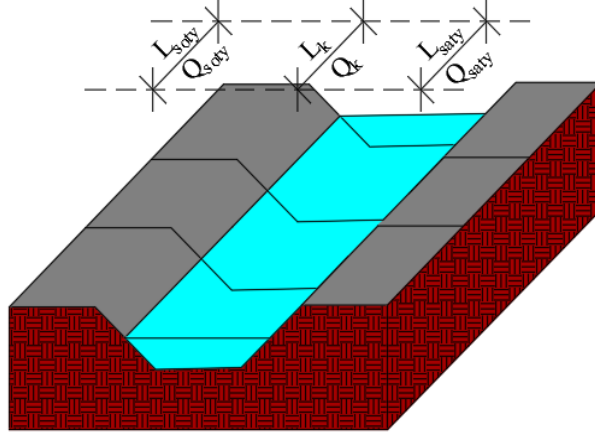
$$h_e = LS_f + C \left| \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (5.2)$$

Eşitlikte,  $L$  = kanal uzunluğu,  $S_f$  = iki kesit arasındaki enerji çizgisi eğimi ve  $C$  = genişleme veya daralma kayıp katsayısıdır.  $L$  kanal uzunluğu ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$L = \frac{L_{soty} Q_{soty} + L_k Q_k + L_{saty} Q_{saty}}{Q_{soty} + Q_k + Q_{saty}} \quad (5.3)$$

$L_{soty}, L_k, L_{saty}$  = akış yolu uzunluğunu ifade eder, sırasıyla sol taşkın yatağı, ana yatağı ve sağ taşkın kanal uzunluğu olarak isimlendirilir.

$Q_{soty}$ ,  $Q_k$ ,  $Q_{saty}$  = kesitler arası ortalama debiyi ifade eder, sırasıyla; sol, ana ve sağ yatak akış debisi olarak isimlendirilir (USACE, 2016). Kanal uzunluğu hesabında kullanılan kesitler arası akış yolu uzunluğu ve ortalama debiler şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Formülde belirtilen niceliklerin şematik gösterimi

HEC-RAS bir kesitteki bilinmeyen su yüzü yüksekliğini hesaplarken denklem (5.1) ve (5.2)’ün tekrarlı çözümünü kullanır. Hesap adımları şu şekildedir.

1. Mansaptaki kesitte bir su yüzü yüksekliği alınır. Eğer sel rejimine ait akımlar için hesap yapılacak ise membadaki kesite ait su yüzü yüksekliği seçilir.
2. Bu su yüzü yüksekliğine dayanılarak toplam iletim ve hız yükü hesaplanır.
3. Hesaplanan toplam iletim ve hız yükü değerleri ile  $S_f$  hesaplanır ve (5.2) nolu denklem çözülür.
4. 2 ve 3. adımda hesaplanan nicelikler ile  $SY_2$  için (5.1) nolu denklem çözülür.
5. Hesaplanan  $SY_2$  değeri ile 1. adımda kabul edilen değer karşılaştırılır ve fark 0.003 metreden fazla ise çözüm adımları tekrarlanır.

Tekrarlı hesapta kabul edilebilir su yüzü yüksekliği için ölçüt, denemeden denemeye değişir. İlk denemede su yüzü yüksekliği programa aktarılan geometrik veriden elde edilir ya da akım sınır şartlarında tanımlanan bilinen su yüzeyi, kritik derinlik ve normal derinlik değerlerinden biri seçilerek belirlenir. Önceki kesitin su derinliği mevcut kesitin üzerine eklenerek hesap adımları devam eder. İkinci

denemedeki su yüzü yüksekliği, önceki enkesitte belirlenen su yüzü yüksekliği artı birinci denemenin üzerine %70 hatanın eklenmesi ile hesaplanır (hesaplanan SY – kabul edilen SY). Özetlenecek olursa denklem şu şekildedir.

$$SY_{\text{yeni}} = SY_{\text{tahmin}} + 0.70*(SY_{\text{hesap}} - SY_{\text{tahmin}}) \quad (5.4)$$

Üçüncü ve sonraki denemeler “Secant” yöntemi referans alınarak yapılır. Secant yönteminde kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$SY_I = SY_{I-1} - Hata_{I-2}*(Varsayılan\_Fark/Hata\_Fark) \quad (5.5)$$

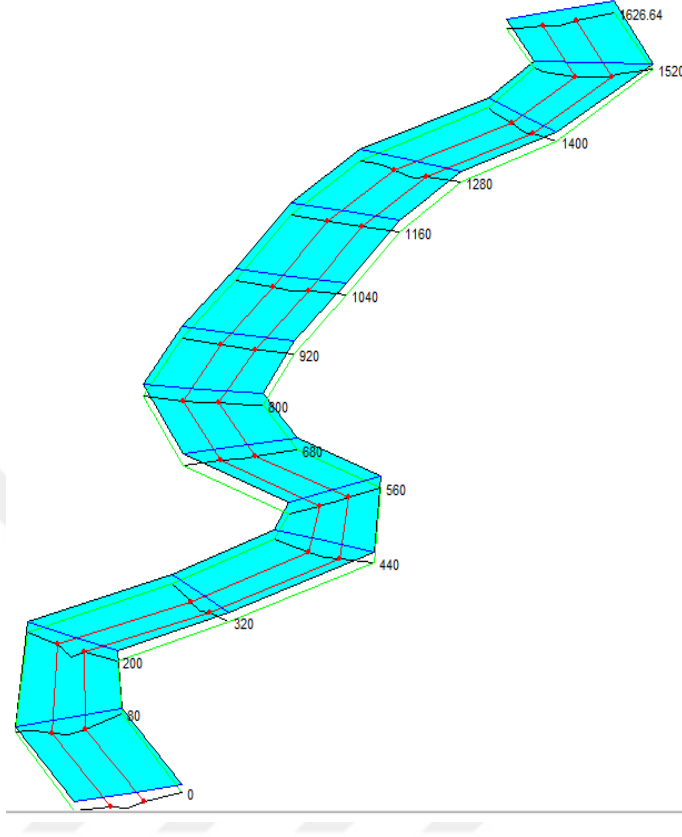
Denklem 3.7’deki niceliklere bakılacak olursa;  $SY_I$ = yeni kabul edilen su yüzünü,  $SY_{I-1}$ = bir önceki adımda kabul edilen su yüzünü,  $SY_{I-2}$ = iki adım önceki kabul edilen su yüzünü,  $Hata_{I-2}$ = önceki iki denemeden kaynaklanan hatayı (hesaplanan su yüzü eksi 1 ve 2. adımlarda hesaplanan),  $Varsayılan\_Fark$ = önceki iki denemeden belirlenen su yüzeyleri arasındaki farkı ( $SY_{I-2} - SY_{I-1}$ ),  $Hata\_Fark$ = bir önceki su yüzünde oluşan hata ile mevcut durumdaki su yüzünde oluşan hata arasındaki farkı ( $Hata_{I-2} - Hata_{I-1}$ ) ifade eder (USACE, 2016; Ardiçoğlu, 2017).

Program su yüzünü dengelemek için maksimum iterasyon sayısını 20 olarak belirlemiştir. Nehir rejimli akımlarda hesap adımları mansaptan membaya doğru ilerken sel rejimli akımlarda membadan mansaba doğrudur. HEC-RAS su yüzü kotunu hesaplarken kabul edilen ve hesaplanan su yüzleri arasında en düşük hataya sahip olan su yüzü profilini dikkate alır. Hesaplanan bu su yüzü profili minimum hatalı olarak nitelendirilir. Hesaplar yapılırken maksimum sayıdaki iterasyona ulaşılmasına rağmen dengelenen bir su yüzüne ulaşılmaz ise program kritik derinliği hesaplar.

HEC-RAS programında bir boyutlu akım modelinin oluşturulabilmesi için modellenen açık kanal akımı kararlı, tedrici değişken, ortalama yatak eğimi 0.1’den küçük ve akıma ait hız bileşenleri sadece akış doğrultusunda olmalıdır.

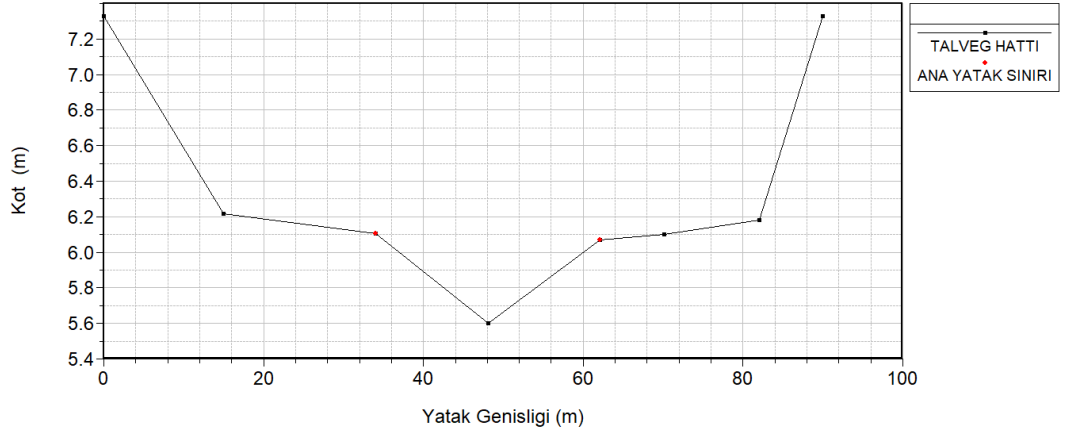
Zeytinli Çayı’nın incelenen kısmına ait bir boyutlu akım modelinin kurulabilmesi için geometrik veriler Civil 3D programından HEC-RAS yazılımına aktarılmış ve akım modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.10). Akım modeli HEC-RAS programına aktarılmadan önce Civil 3D programında geometrik veri düzenlenmesi yapılmıştır. Akarsu hattının akış yönünün programa doğru tanıtılması

gerekmektedir. Memba ve mansap kesitleri yanlış girildiği takdirde analiz sonuçlarında hatalar meydana gelebilmektedir.



Şekil 5.10 Akım modeli

Akarsu üzerinde ıslah çalışmaları yapılmaya başlanmadan önceki doğal akış yatağının modellendiği hidrolik modelin ana, sağ ve sol yatak genişlikleri 30 metre olarak belirlenmiştir. Kırmızı noktalar arası kalan bölge ana yatak, kırmızı noktaların sağında ve solunda kalan bölgeler sağ ve sol sahil akış sınırlarını ifade eder. Model üzerinde alınan enkesitlerden biri şekil 5.11’te gösterilmiştir. En kesit sınırlarının belirlenmesinde baz alınan kriterler, 1958 yılında Resmi Gazete’de yayınlanan “Taşkın Suları Kanunu” kapsamında akarsuyun talveg hattından itibaren sağ ve sol sahilinde 50’şer metrelik mesafelerin riskli bölgeler olduğu belirtilmesi ve en kesitler arası hesaplanan enerji kayıplarının analiz sonuçlarında daha rahat okunabilmesidir.



Şekil 5.11 Doğal yatak enkesiti (200 m)

Serbest yüzeyli akımlarda, kanaldaki ortalama akım hızının hesaplanabilmesi için Robert Manning (1889) tarafından bir eşitlik geliştirilmiştir. Basit yapısı ve kolay uygulanabilirliği sayesinde doğru sonuçlar verebildiği için manning formülü açık kanal hesaplarında dünyada en yaygın kullanılan formüldür (Chow, 1959).

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (5.6)$$

$$R = A/P \quad (5.7)$$

Denklemlerde, V= kanal kesitindeki ortalama hızını, R= hidrolik yarıçapı, A= ıslak alanı, P= ıslak çevreyi, I= kanal taban eğimini ve n= manning pürüzlülük sayısını ifade eder.

HEC-RAS paket programı sürtünmeden dolayı oluşan yük kayıplarını hesaplarken manning pürüzlülük katsayısını kullanır. Manning pürüzlülük katsayısı, yüzeyin pürüzlülüğü, bitki örtüsü, kanal düzensizliği, kanal eğriliği, kanaldaki birikim, aşınma, engeller ve mevsimsel değişimlere göre farklılık gösterir. Yapay kanallarda n (manning) katsayısının seçimi; kanal yapısına bağlı olarak alışlagelen değerlerden seçilebildiği için daha kolaydır. Doğal ırmaklarda ve derelerde n katsayısının seçilebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de ülkemizde de sıkça kullanılan Cowen Metodu'dur. Bu yöntem 1959 yılında W. L. Cowan tarafından geliştirilmiş ve 1989 yılında U.S. Geological Survey tarafından modifiye edilmiştir. DSİ Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Grubu tarafından taşkın kontrol tesislerinin projelendirilmesinde önemli bir kriter olan pürüzlülük katsayısı için farklı parametrelerin dikkate alındığı Cowan Metodu'na ilişkin bir çalışma

gerçekleştirmiş ve bunu bir kılavuz halinde yayınlarak kullanıcılar arası birlikteliğin sağlanması amaçlanmıştır (Bulu ve Yılmaz, 2002; Üyükoğlu, 2015; DSİ, 2015).

Bu metoda göre Tablo 5.1’te verilen katsayılar ( $n_b$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $n_4$ ,  $n_5$ ,  $m$ ) belirlendikten sonra  $n$  katsayısı;

$$n = m(n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \quad (3.10)$$

denklemleri ile hesaplanır. Burada  $n_b$  kanalın geçtiği zemin özelliklerine bağlı iken,  $n_1$  kanal düzensizliklerini içerir.  $n_2$  katsayısı kanal kesitinin şekil ve boyutu ile ilgilidir.  $n_3$  değeri kanaldaki mevcut engellerin etkisini içerir.  $n_4$  katsayısı bitki örtüsü ve akım durumlarını kapsar.  $m$  ise kıvrım faktörüdür, uzun menderesler çizerek akan nehirler için önemlidir (Tablo 5.1).

Zeytinli Çayı’nın nehir yatağında manning pürüzlülük katsayısı belirlenirken DSİ tarafından hazırlanan kılavuz göz önüne alınmış ve  $n$  pürüzlülük değeri 0.030 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.1 Cowen Metodu DSİ formatı pürüzlülük katsayıları (DSİ, 2015)

|                                                                 |                  |                                 |        |                |             |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|--------|----------------|-------------|
| Yataktaki Malzeme Cinsi                                         | Beton            | Medyan Dane Çapı (mm)           | --     | n <sub>b</sub> | 0.012~0.018 |
|                                                                 | Kaya             |                                 | --     |                | --          |
|                                                                 | Sert Toprak      |                                 | --     |                | 0.025~0.032 |
|                                                                 | İri Kum          |                                 | 1~2    |                | 0.026~0.035 |
|                                                                 | İnce Çakıl       |                                 | --     |                | --          |
|                                                                 | Çakıl            |                                 | 264    |                | 0.028~0.035 |
|                                                                 | İri Çakıl        |                                 | --     |                | --          |
|                                                                 | İri Taş          |                                 | 64~256 |                | 0.030~0.050 |
|                                                                 | Yumru Kaya       |                                 | >256   |                | 0.040~0.070 |
| Kanal Şev Durumu                                                | Pürüzsüz         |                                 |        | n <sub>1</sub> | 0.000       |
|                                                                 |                  | Beton Duvar                     |        |                | 0.003       |
|                                                                 | Önemsiz          | Taş Duvar                       |        |                | 0.005       |
|                                                                 |                  | İstifli Taş Tahkimat            |        |                | 0.008       |
|                                                                 | Orta             | Ağaçsız Kaya/Toprak Yamaç       |        |                | 0.010       |
|                                                                 |                  | İstifsiz Taş Tahkimat           |        |                | 0.015       |
|                                                                 | Şiddetli         | Ağaçlı Yamaç                    |        |                | 0.020       |
| Kanal Kesit Değişimi                                            | Aşamalı          |                                 |        | n <sub>2</sub> | 0.000       |
|                                                                 | Ara Sıra Değişen |                                 |        |                | 0.015       |
|                                                                 | Sık Değişen      |                                 |        |                | 0.010~0.015 |
| Kanaldaki Engeller (Birikinti, Tümsek, Düşü, Kaya, Köprü Ayağı) | İhmal Edilebilir | Engel/Kesit Alanı x 100         | <%5    | n <sub>3</sub> | 0.000       |
|                                                                 | Önemsiz          |                                 | %5-15  |                | 0.010~0.015 |
|                                                                 | Kayda Değer      |                                 | %5-50  |                | 0.020~0.030 |
|                                                                 | Şiddetli         |                                 | >%50   |                | 0.040~0.060 |
| Kanal Bitki Örtüsü                                              | Düşük            |                                 |        | n <sub>4</sub> | 0.005~0.010 |
|                                                                 | Orta             |                                 |        |                | 0.010~0.025 |
|                                                                 | Yüksek           |                                 |        |                | 0.025~0.050 |
|                                                                 | Çok Yüksek       |                                 |        |                | 0.050~0.100 |
| Kanal Kıvrımı                                                   | Önemsiz          | Dere Uzunluğu/Kuş Uçuşu Uzaklık | 12     | m              | 1.000       |
|                                                                 | Kayda Değer      |                                 | 1.21.5 |                | 1.150       |
|                                                                 | Şiddetli         |                                 | >1.5   |                | 1.300       |

Nehir yatağında engellerin bulunması, en kesitler arası yükseklik farklarının oluşması, akım derinliğinin değişmesine sebep olur ve akış üniform olmayan bir hal alır. Bu tarz akımlar; akarsular, sulama ve kanalizasyon hatları gibi doğal ya da yapay kanallarda görülür. HEC-RAS, nehir kesitindeki değişimin küçük, akışın kritik olduğu ve köprüler gibi enine kesit alanının aniden değiştiği durumlarda tipik

daralma ve genişleme katsayıları belirlemiştir. Akarsu kesitindeki değişim küçük ve akım nehir rejiminde ise daralma ve genişleme katsayıları 0.1 ve 0.3 olarak seçilebilir (USACE, 2016) (Tablo 5.2).

Zeytinli Çayı'nın hidrolik modeli kurulurken en kesitlerdeki daralma ve genişleme katsayıları sırasıyla 0.1 ve 0.3 olarak seçilmiştir.

Tablo 5.2 HEC-RAS tipik daralma ve genişleme katsayıları

|                  | Daralma | Genişleme |
|------------------|---------|-----------|
| Geçiş Kaybı Yok  | 0       | 0         |
| Tedrici Geçişler | 0.1     | 0.3       |
| Köprü Kesitleri  | 0.3     | 0.5       |
| Aniden Değişen   | 0.6     | 0.8       |

Taşkın hesaplarına geçilmeden önce, memba ve mansaptaki akım sınır şartlarının belirlenmesi gerekmektedir. HEC-RAS programında akım sınır şartları belirlenirken memba ve mansap için “kritik derinlik”, “normal derinlik” veya “bilinen su yüzeyi” değerlerinden biri girilmelidir (Sargın, 2013). Bu çalışma kapsamında belirlenen akım sınır şartı normal derinlik olarak belirlenmiştir. Taşkın tekerrür debilerine ait akım verileri düzenli akım verisi olarak kabul edilmiştir.

Zeytinli Çayı'nı Kaz Dağı'ndan doğmasına rağmen, akarsuyun hidrolik modelinin kurulduğu kısım denize döküldüğü yerden şehirleşmenin yoğun olduğu bölgeye kadar 1600 metrelik bir mesafedir. Bundan dolayı incelenen akarsu yatağına ait yatak eğimleri düşüktür. Akarsu akış güzergahı boyunca ortalama yatak eğimleri 0.001 m/m ve 0.01 m/m aralığında değişmektedir. Eğimin düşük olması, akım hızını etkileyeceğinden düzenli akım analizi nehir rejimi olarak seçilmiştir. Eğimin fazla olduğu akarsu yataklarında sel rejimine sahip akımlar gözlenmektedir.

## 6. BULGULAR

Analiz sonuçlarına geçilmeden önce geçmiş yıllarda yapılmış Zeytinli Çayı ıslah çalışmaları incelenmiştir. DSİ 25. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Balıkesir-Edremit-Zeytinli arazisinin Zeytinli Deresi taşkınlarından korunması raporundan elde edilen bilgiler şöyle özetlenebilir.

Zeytinli Deresi 1958 yılında Resmi Gazete'de yayınlanan "Taşkın Sular Kanunu" kapsamına alınmıştır. Bu kanunun gereği olarak derenin talveg hattından itibaren sağ ve sol sahilinde 50'şer metre olmak üzere toplam 100 metrelik şeridin riskli bölge olduğu bilinmektedir.

Balıkesir-Edremit Zeytinli Deresi'ne ait ilk ıslah çalışmasına 1963 senesinde başlanmıştır. Hazırlanan projeye göre;

- 3890 metrelik  $Q_{50} = 153 \text{ m}^3/\text{s}$  kapasiteli yatak açılması,
- 1.5 metre yüksekliğinde 2 adet şut inşa edilmesi,
- Edremit-Çanakkale Yolundaki köprünün tahkim edilmesi,
- Mevcut tersip bendinin 0.5 metre yükseltilmesi, kararlaştırılmıştır.

1965 yılında meydana gelen taşkın olayında, Zeytinli Çayı'na Akçay semtindeki derelerin bağlanması sonucunda toplanan suların yataktan taştığı ve civarda bulunan evlerin zarar gördüğü belirtilmiştir. Taşkının meydana geldiği bölgedeki sitelerin etrafındaki taşkın koruma duvarlarının yetersiz kaldığı hatta yıkıldığı tespit edilmiştir.

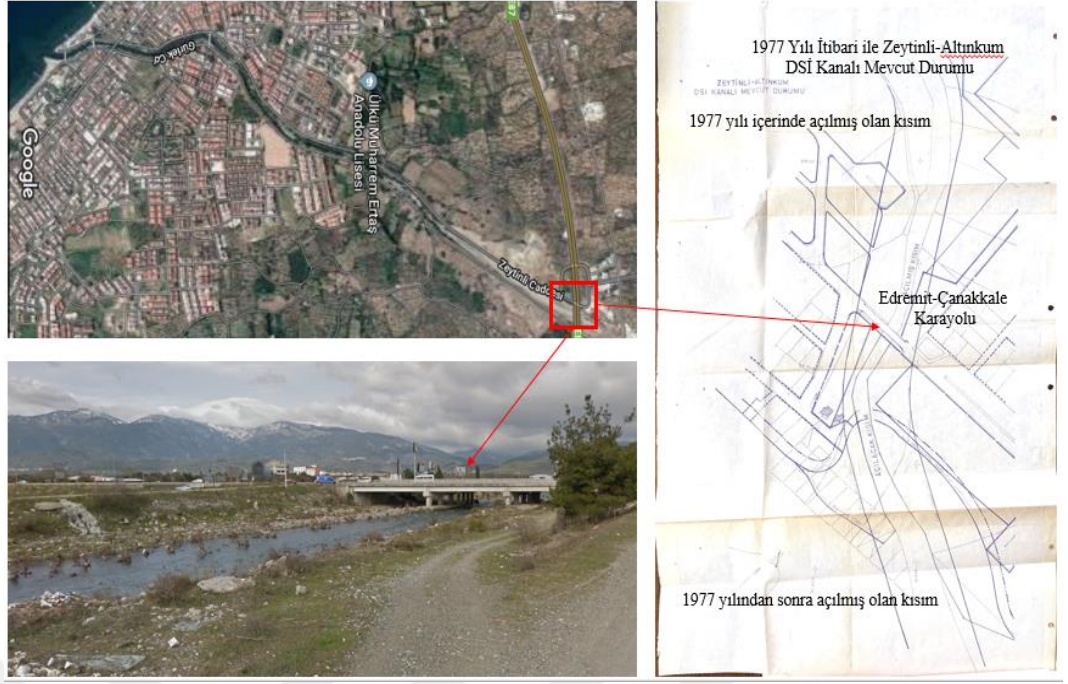
1965 yılından sonraki 10 yıllık süreçte Zeytinli Çayı çeşitli taşkınlar meydana gelmiş ancak yapılması gereken planlanmış ve etütleri yapılmış olan ıslah çalışmaları, yıl içi programlarının yüklü olması ve teknik eleman yetersizliği sebebi ile programlardan çıkarılmıştır. Gelişmekte olan bir turizm beldesi olan Akçay Mahallesi de bu afetlerden olumsuz yönde etkilenmiş ve ekonomik açıdan zarara uğramıştır.

3-4/12/1976 tarihlerinde Edremit ilçesi ve civarında yağın yağmurların dağlardaki karları eritmesi ile taşkın felaketi meydana gelmiştir. Edremit içerisinde bulunan diğer derelerde de sular yükselmiş ancak sadece Zeytinli ve Kızılkeçili Dereleri taşkın felaketine sebep olmuştur. Aşırı yağış sonucu gelen sel suları Zeytinli Çayı'nın tersip bendi sağ sahil saplama duvarının üzerinden atlayarak 90

metre uzunluğundaki harçlı perdeyi ve perde altında bulunan dolguyu tamamen söküp götürmüştür. Çayın denize döküldüğü yere 1000 metre mesafe kala sel suları ziraat arazilerine, endüstri yapılarına ve evlere yönelim göstererek ciddi mal kayıpları yaşatmıştır. 24 saatlik süreçte Edremit ve Balıkesir istasyonlarında sırasıyla 28.3 mm ve 35.4 mm yağış miktarları okunmuştur. Toplam hasar 123342.42 TL olarak belirlenmiştir.

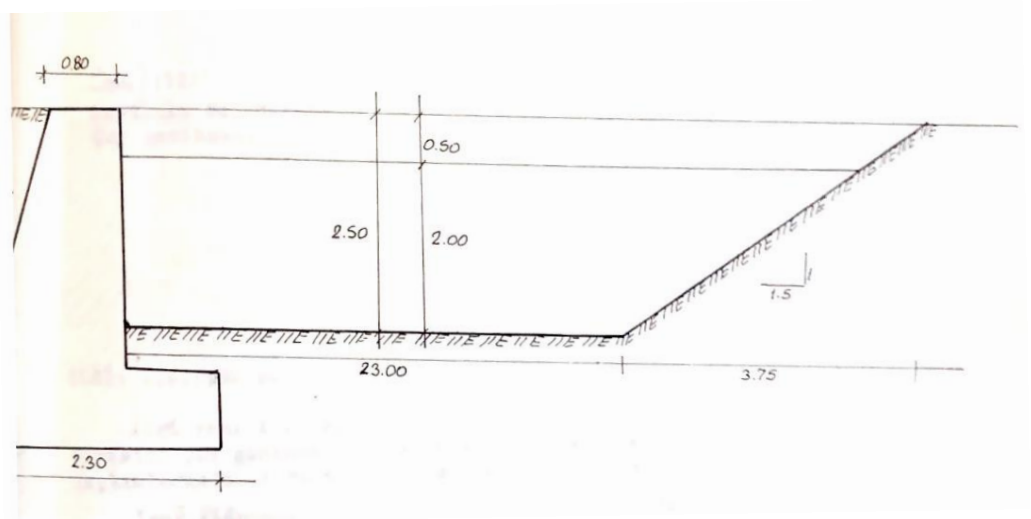
Yaşanan bu son felaketten sonra Zeytinli Çayı'nın zaman zaman taşarak zararlara yol açtığı söylenmiştir. Devlet karayolunun (Edremit-Çanakkale Karayolu) mansabında dere ıslah çalışması yapılmamış olduğu ve membasında yatak genişliğinin fazla olduğu tespit edilmiştir. Mansapta ise yatak daralmakta, rusubat kümeleri görülmekte ve çeşitli ağaçlar dere içerisine yönelerek istikametini değiştirmekte böylece taşkınlara yol açtığı gözlenmektedir. Devlet yolundan ziraat arazilerine kadar olan kısımda mevcut yatak tanzim edilerek suyun akışına bir yön vermek, ziraat arazilerinin başlangıcından denize kadar kısımda dere içerisine yönelmiş çeşitli ağaçların kesilmesi probleme çözüm olabilecek ön tedbir olarak belirtilmiştir. Uzun vadeli tedbir olarak Zeytinli Çayı'nın devlet karayolu mansabından başlamak şartı ile denize kadar olan mesafesinde yeni bir yatak açılması ve mevcut kurpların kaldırılması uygun görülmüştür.

DSİ'nin 1.03.1978 gün ve 2515 sayılı yazısında Edremit-Zeytinli deresinin ıslahına 1977 yılı içinde membadan itibaren başlanarak Edremit-Çanakkale Karayoluna kadar ikmal edildiği belirtilmiştir. Açılmış olan dere yatağının kış sularını rahatlıkla geçirdiği ve hiçbir taşkına sebebiyet vermediği söylenmiştir Zeytinli Belediyesi tarafından 8.05.1978 gün tarihli DSİ Bölge Müdürlüğüne gönderilen Zeytinli Deresi ıslahı ile ilgili yazıda derenin mevcut köprüden denize kadar olan kısmının da krokide görüleceği gibi düz bir hat şeklinde açılması istenmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Zeytinli Çayı ıslah çalışması

1982 yılına gelindiğinde Zeytinli Köyü mesire yeri çevresi düzenleme çalışmaları bünyesinde herhangi bir taşkından koruyabilmek amacı ile  $Q_{100}$  tekerrür ( $210 \text{ m}^3/\text{s}$ ) debisini karşılayacak şekilde çayın sol sahil şeridi boyunca kargir bir istinat duvarı tasarlanmıştır. Dere yatağının taban genişliği 23.00 metre, 0.50 metre hava payı dahil yüksekliği 2.50 metredir. Sağ yatak şevi 1.5:1'dir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Zeytinli Köyü'nden geçen Zeytinli Çayı'na ait yatak kesiti

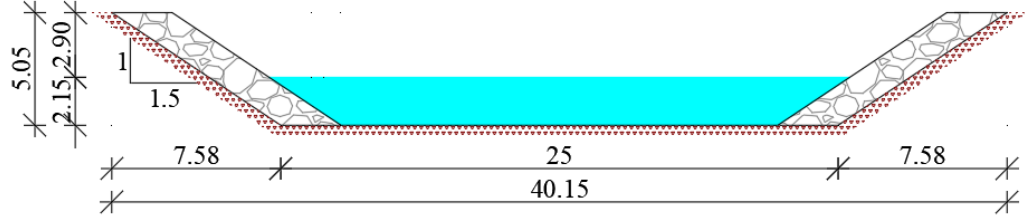
Günümüze kadarki süreçte Zeytinli Çayı üzerinde yapılan ıslah çalışmalarının yavaş ilerlemesinin bir diğer sebebi ise ıslah çalışmaları sınırlarının içerisinde kalan istimlak edilecek arazilerin imar planlarının, ıslah projesine uygun olarak revize edilememesi ve birim fiyatların her sene artmasından dolayı yükselen parselizasyonu yapılmış arsa fiyatlarıdır.

Bu çalışma kapsamında Zeytinli Çayı'nın incelenen kısmının 2019 yılı içerisindeki genel durumuna bakılacak olunursa yer yer sağ ve sol yatak sahilinde gabion tarzı ıslah çalışması yapılmış olduğu görülmektedir. Yerleştirilen bu kayaların yer yer aşındığı ve bitki örtüsünün mevcut yapıyı bozduğu gözlenmiştir. Sağ ve sol sahil yataklarının küçük bot ve balıkçı tekneleri için iskele ve liman olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 6.3).



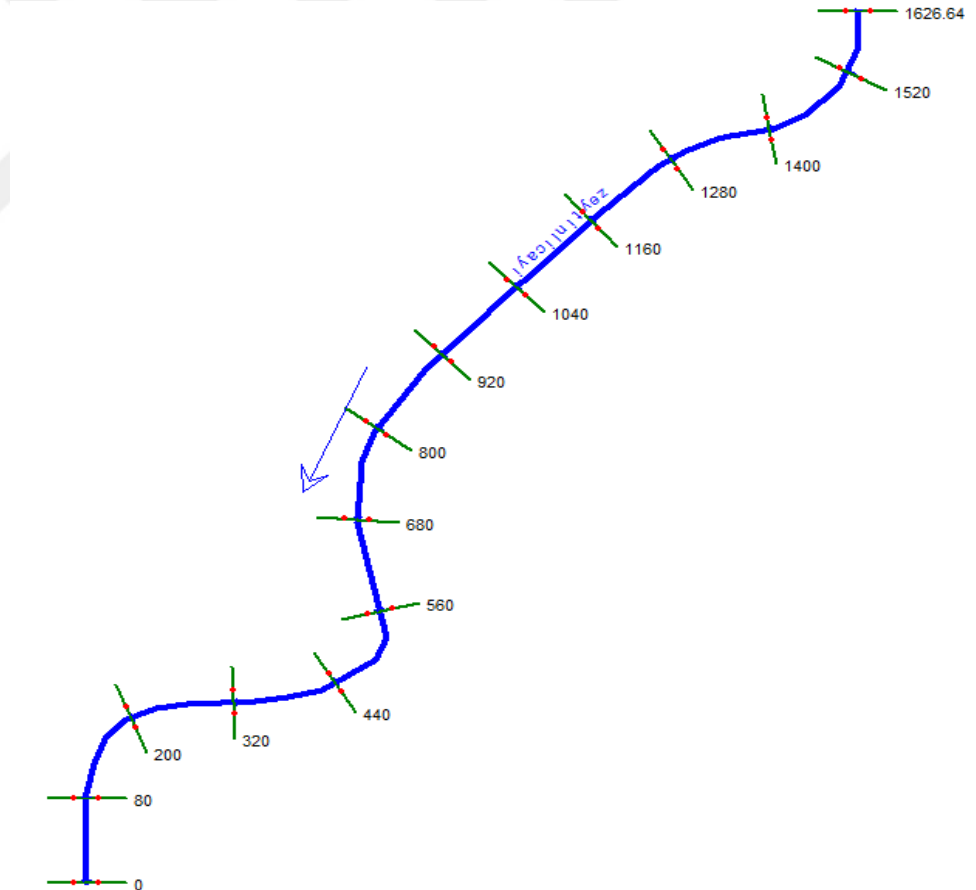
Şekil 6.3 Zeytinli Çayı mevcut durum (2019)

Önceki yapılan ıslah çalışmaları, yerinde alınan ölçümler ve bölgenin bilgisayar ortamında oluşturulan sayısal yükseklik modeli dikkate alındığında akarsuya ait tipik en kesit şekil 6.4'te görüldüğü gibidir.



Şekil 6.4 İslah çalışması sonrası akarsu tipik en kesiti

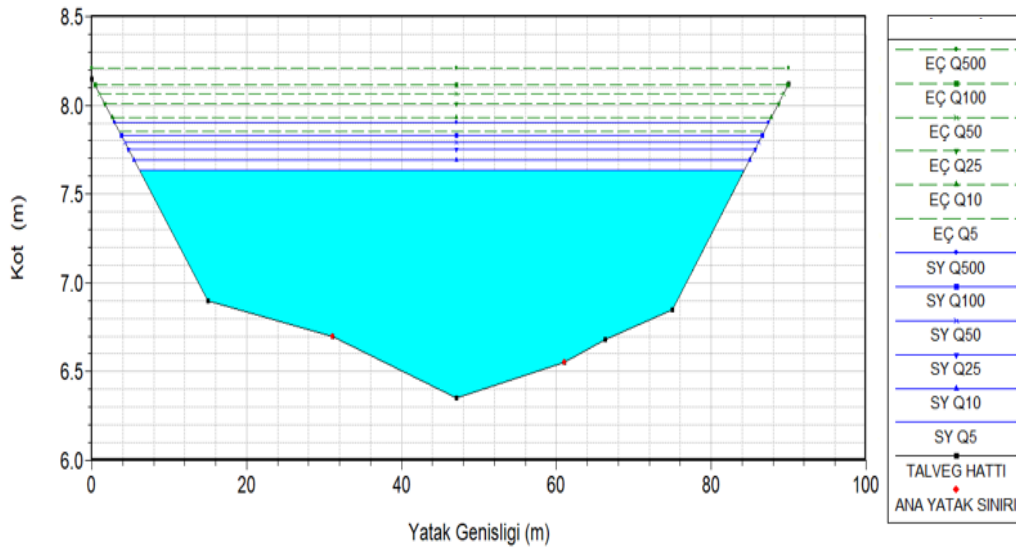
Akarsuyun incelenen kısmında dere kret kotu (su taşkın seviyesine esas, dere kenarlarına inşa edilen duvar, düzenlenmiş veya yükseltilmiş zeminin üst kotu) talveg hattının 5.05 metre üstündedir. DSİ raporunda, akarsuya ait ıslah çalışmalarının 500 yıl tekerrüründeki taşkın pik debisine göre yapıldığı belirtilmektedir. Mevcut durumdaki suyun akış alanı  $48.77 \text{ m}^2$ , kanal enkesit alanı  $137.20 \text{ m}^2$ 'dir. Çekül ve çelik şerit metre kullanılarak yapılan akarsu kesitlerde okunan mevcut su yüksekliği 2.13-2.18 metre aralığında değişmektedir.



Şekil 6.5 Geometrik plan ve incelenen kesitler

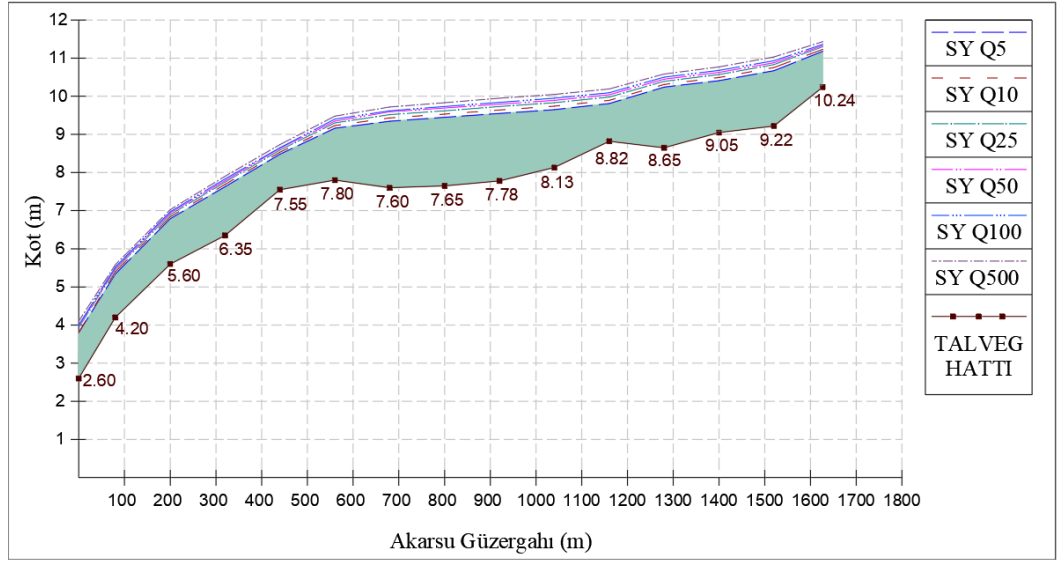
HEC-RAS programında ıslah çalışması yapılmadan önceki doğal akarsu yatağına ait olan oluşturulmuş hidrolik model 0 m (mansap) ve 1626.64 m (memba) arası 15 enkesitte incelenmiştir. Akarsuya ait geometrik plan ve incelenen kesitlerin kilometreleri şekil 6.5'teki gibidir. Çalışma alanı boyunca belirlenen yerlerde alınan en kesitler ve güzergaha ait boy kesitin  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$  ve  $Q_{500}$  tekerrür debilerine ait su yüzeyi profilleri hesaplanmıştır.

Akarsu yatağının 320'nci metresinde alınan enkesitin farklı tekerrür debilerine ait su yüzeyi profilleri gösterilmiştir. Akarsu talveg hattından itibaren başlamak üzere değişen debi değerleri altında kalan su yüzü profillerinin ulaştığı kotlar belirlenmiştir. Sağ tarafta yer alan tablo lejantında farklı yıllara ait tekerrür debileri altında kalan su yüzeyi profilleri (SY) ve bu profillere ait enerji çizgileri (EÇ) gösterilmiştir. Talveg hattı ve ana yatak sınırı şekilde görüldüğü gibi belirlenmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Akarsu enkesiti su yüzü profilleri (320 m)

Zeytinli Çayı boykesit profiline bakıldığında zaman enkesitte olduğu gibi farklı senaryolara ait debiler altında kalan su yüzeyi profilinin ulaştığı kotlar ve talveg kotları görülmektedir ( Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Akarsu boykesiti su yüzü profilleri

Tablo 6.1’de hidrolik analiz bulgularına yer verilmiştir. Kesit metreleri, tekerrür debileri, incelenen kesitlere ait talveg kotları, su yüzü kotları, dere kret kotları, enerji çizgisi kotları, enerji çizgisi eğimleri, kesitlerdeki akım hızları, kesit akım alanları ve Froude sayıları gösterilmiştir.

İslah çalışmaları sonucu mevcut tipik en kesitin alanı 137.20 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.4). Kontrol hacmi olarak belirlenen bu en kesit, HECRAS programı ile modellenen, ıslah çalışmasından önceki doğal akarsu yatağında incelenen kesitlerde oluşan akım alanları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 4.1’de riskli bulunan en kesitlerdeki alanlar kırmızı renkte gösterilmiştir.

Tablo 6.1 incelendiğinde, akarsuyun memba enkesitinde (1626.64 m) sel rejimi görülmektedir. Froude sayısı 1.01-1.02 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni memba enkesitinden bir sonraki enkesit (1520 m) arasındaki 106.64 metrelik bir mesafede talveg kotunun 10.24 metreden 9.22 metreye düşmesi sonucu kesitler arası oluşan eğim değerinin yüksek olmasıdır. Buna bağlı olarak mambadaki kesit akım alanları 1520 m’deki kesit akım alanlarına göre küçük ve akım hızlarına göre yüksek çıkmıştır.

1520 m ve 1280 m arasındaki en kesitlere bakıldığında akımın nehir rejiminde ilerlediği görülmektedir. Kesitler arasındaki talveg kotundaki düşüş ile birlikte eğim değerleri de küçüktür. Buna bağlı olarak kesitler arasındaki akım hızları azalmakta ve akım kesit alanları artmaktadır. Farklı tekerrür debileri altında

incelenen akım kesit alanları şekil 4.4'te verilen kontrol hacmine yaklaşmakta ve 1280 m'deki enkesitte üzerine çıkarak risk oluşturmaktadır.

1280 m'den 1160 m'ye geçişte talveg kotu 8.65 m'den 8.82 m'ye çıkmaktadır. Talveg kotundaki bu değişim ters eğime neden olmuştur. Nehir rejiminde devam eden akımın sel rejimine doğru yönlendiği kesit akım alanlarının azaldığı ve akım hızlarının arttığı gözlenmiştir.

1140 m ve 680 m'ler arasındaki kesitlere bakıldığında incelenen sistemdeki en düşük eğimlerin olduğu gözlenmiştir. Buna bağlı olarak bu kesitlerdeki su yüzeyi profili de en az değişen boyuna profildir. Doğal akış yatağındaki en küçük enerji kayıpları bu kısımlarda meydana gelmiştir. Nehir rejiminin hakim olduğu kesitlerde akımın hızı düşük, kesit akım alanları yüksek ve Froude sayıları 1'den oldukça küçüktür. Islah çalışmaları sonucu oluşturulan tipik enkesite ait kontrol hacmine (137.20 m<sup>2</sup>) bakıldığında, akarsu yatağının en riskli kısımlarının bu kesitler olduğu tespit edilmiştir.

680 m'den 560 m'ye geçişte talveg kotundaki yükseliş nedeni ile ters eğim söz konusudur. Nehir rejiminde devam eden akımın akım hızları artarak, akım kesit alanlarında azalmalar meydana gelmiştir. Enerji çizgisinin eğiminin artmasına rağmen enerji kayıpları düşüktür. Bunun ile birlikte yüksek yıllık tekerrür debilerinin neden olduğu akım alanları tehlike arz etmektedir.

560 m'deki en kesitten 440 m'deki en kesite geçildiği zaman nehir rejimindeki akımın kritik rejime ulaşp sel rejimine geçtiği gözlenmiştir. Enerji çizgisinin eğimi artmış ve bir önceki enkesite göre yük kayıpları daha fazladır. Akım hızları yükselmiş ve buna bağlı olarak kesit akım alanları azalmıştır.

320 m'deki kesitte akım nehir rejimine doğru bir yönelim göstermiştir. Akım hızları bir önceki enkesite göre azalmış, kesit akım alanları artmış fakat riskli seviyeye ulaşmamıştır.

200 m'deki kesite gelindiğinde nehir rejiminde olan akımın sel rejimine doğru yönlendiği görülmektedir. Kritik derinliğe ulaşan su yüzü kotu ile ilişkili olarak Froude sayıları 1 olarak hesaplanmıştır. Akım hızları artmış, kesit akım alanları azalmıştır. Enerji çizgisinin eğimi yükselmiştir.

200 m'den 80 m'ye geçildiğinde akış yatağında kritik rejim koşulları devam etmektedir. 0 m (mansap) kesitine gelindiğinde akım rejimi yeniden nehir rejimine dönmüştür. Akım hızının düşüşüne bağlı olarak kesit akım alanlarının arttığı ancak kontrol hacminin altında kaldığı görülmüştür.

Akarsu güzergahı boyunca incelenen bölgenin geneline bakıldığı zaman akımın nehir rejiminde ilerlediği görülmüştür. Alınan enkesitlerin arasındaki mesafelere ve talveg kotlarındaki artış ve azalışa göre akımın bazı enkesitlerde kritik rejime ulaşmış, sel rejimine geçtiği gözlenmiştir.

Akış boyunca incelenen kesitlerde akım hızlarına bakıldığında aşırı yüksek olmadığı görülmektedir. Farklı tekerrürdeki debiler sonucu kesitlerde oluşan akım hızlarının düşük olmasının nedeni, doğal akarsu yatağının artış gösteren debi miktarı ile beraber suyun yayılım göstermesine uygun olmasıdır. Buna bağlı olarak çoğu en kesitte Froude sayıları 1'den küçük çıkmıştır.

Tablo 6.1 Hidrolik analiz bulguları

| Kesit (m) | Tekerrür<br>Debisi (yıl) | Debi (m <sup>3</sup> /s) | Talveg Kotu<br>(m) | Su Yüzü Kotu<br>(m) | Dere Kret<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Eğimi (m/m) | Akım Hızı<br>(m/s) | Kesit Akım<br>Alanı (m <sup>2</sup> ) | Froude Sayısı |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------|
| 1626.64   | 5                        | 178.42                   | 10.24              | 11.18               | 12.04                 | 11.55                      | 0.009644                      | 2.94               | 66.70                                 | 1.02          |
|           | 10                       | 198.00                   | 10.24              | 11.23               | 12.04                 | 11.63                      | 0.009510                      | 3.04               | 71.36                                 | 1.02          |
|           | 25                       | 219.65                   | 10.24              | 11.30               | 12.04                 | 11.72                      | 0.009180                      | 3.12               | 76.83                                 | 1.01          |
|           | 50                       | 234.12                   | 10.24              | 11.33               | 12.04                 | 11.77                      | 0.009242                      | 3.19               | 79.70                                 | 1.02          |
|           | 100                      | 247.40                   | 10.24              | 11.36               | 12.04                 | 11.82                      | 0.009133                      | 3.25               | 82.71                                 | 1.02          |
|           | 500                      | 274.62                   | 10.24              | 11.43               | 12.04                 | 11.92                      | 0.008805                      | 3.33               | 89.11                                 | 1.01          |
| 1520      | 5                        | 178.42                   | 9.22               | 10.67               | 11.01                 | 10.82                      | 0.002121                      | 1.89               | 105.26                                | 0.52          |
|           | 10                       | 198.00                   | 9.22               | 10.75               | 11.01                 | 10.91                      | 0.002116                      | 1.96               | 112.26                                | 0.52          |
|           | 25                       | 219.65                   | 9.22               | 10.83               | 11.01                 | 11.00                      | 0.002111                      | 2.03               | 119.73                                | 0.52          |
|           | 50                       | 234.12                   | 9.22               | 10.88               | 11.01                 | 11.07                      | 0.002107                      | 2.08               | 124.57                                | 0.53          |
|           | 100                      | 247.40                   | 9.22               | 10.93               | 11.01                 | 11.12                      | 0.002102                      | 2.12               | 128.93                                | 0.53          |
|           | 500                      | 274.62                   | 9.22               | 11.03               | 11.01                 | 11.23                      | 0.002094                      | 2.20               | 137.59                                | 0.53          |
| 1400      | 5                        | 178.42                   | 9.05               | 10.41               | 10.75                 | 10.56                      | 0.002178                      | 1.85               | 104.66                                | 0.52          |
|           | 10                       | 198.00                   | 9.05               | 10.49               | 10.75                 | 10.65                      | 0.002163                      | 1.92               | 111.74                                | 0.52          |
|           | 25                       | 219.65                   | 9.05               | 10.57               | 10.75                 | 10.75                      | 0.002148                      | 1.99               | 119.28                                | 0.53          |
|           | 50                       | 234.12                   | 9.05               | 10.63               | 10.75                 | 10.81                      | 0.002138                      | 2.03               | 124.18                                | 0.53          |
|           | 100                      | 247.40                   | 9.05               | 10.68               | 10.75                 | 10.87                      | 0.002130                      | 2.07               | 128.58                                | 0.53          |
|           | 500                      | 274.62                   | 9.05               | 10.77               | 10.75                 | 10.98                      | 0.002114                      | 2.15               | 137.33                                | 0.53          |
| 1280      | 5                        | 178.42                   | 8.65               | 10.24               | 10.33                 | 10.35                      | 0.001333                      | 1.58               | 121.68                                | 0.41          |
|           | 10                       | 198.00                   | 8.65               | 10.31               | 10.33                 | 10.43                      | 0.001370                      | 1.66               | 128.57                                | 0.42          |
|           | 25                       | 219.65                   | 8.65               | 10.39               | 10.33                 | 10.53                      | 0.001403                      | 1.74               | 137.96                                | 0.43          |
|           | 50                       | 234.12                   | 8.65               | 10.45               | 10.33                 | 10.59                      | 0.001422                      | 1.79               | 140.79                                | 0.44          |
|           | 100                      | 247.40                   | 8.65               | 10.50               | 10.33                 | 10.65                      | 0.001437                      | 1.83               | 145.14                                | 0.44          |
|           | 500                      | 274.62                   | 8.65               | 10.59               | 10.33                 | 10.76                      | 0.001463                      | 1.91               | 153.81                                | 0.45          |
| 1160      | 5                        | 178.42                   | 8.82               | 9.81                | 10.45                 | 10.05                      | 0.005051                      | 2.28               | 81.47                                 | 0.75          |
|           | 10                       | 198.00                   | 8.82               | 9.89                | 10.45                 | 10.15                      | 0.004637                      | 2.31               | 89.04                                 | 0.73          |
|           | 25                       | 219.65                   | 8.82               | 9.98                | 10.45                 | 10.24                      | 0.004292                      | 2.35               | 97.06                                 | 0.71          |
|           | 50                       | 234.12                   | 8.82               | 10.04               | 10.45                 | 10.31                      | 0.004104                      | 2.37               | 102.26                                | 0.70          |
|           | 100                      | 247.40                   | 8.82               | 10.09               | 10.55                 | 10.37                      | 0.003952                      | 2.40               | 106.96                                | 0.69          |
|           | 500                      | 274.62                   | 8.82               | 10.19               | 10.45                 | 10.48                      | 0.003708                      | 2.45               | 116.17                                | 0.68          |

Tablo 6.1 Hidrolik analiz bulguları (devam)

| Kesit (m) | Tekerrür<br>Debisi (yıl) | Debi (m <sup>3</sup> /s) | Talveg Kotu<br>(m) | Su Yüzü Kotu<br>(m) | Dere Kret<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Eğimi (m/m) | Akım Hızı<br>(m/s) | Kesit Akım<br>Alanı (m <sup>2</sup> ) | Froude Sayısı |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------|
| 1140      | 5                        | 178.42                   | 8.13               | 9.65                | 9.70                  | 9.75                       | 0.001196                      | 1.49               | 125.93                                | 0.39          |
|           | 10                       | 198.00                   | 8.13               | 9.74                | 9.70                  | 9.85                       | 0.001200                      | 1.55               | 137.02                                | 0.40          |
|           | 25                       | 219.65                   | 8.13               | 9.83                | 9.70                  | 9.95                       | 0.001207                      | 1.62               | 142.48                                | 0.40          |
|           | 50                       | 234.12                   | 8.13               | 9.89                | 9.70                  | 10.02                      | 0.001212                      | 1.66               | 147.95                                | 0.41          |
|           | 100                      | 247.40                   | 8.13               | 9.95                | 9.70                  | 10.08                      | 0.001215                      | 1.70               | 152.89                                | 0.41          |
|           | 500                      | 274.62                   | 8.13               | 10.05               | 9.70                  | 10.20                      | 0.001227                      | 1.78               | 162.46                                | 0.41          |
| 920       | 5                        | 178.42                   | 7.78               | 9.55                | 9.33                  | 9.63                       | 0.000774                      | 1.31               | 143.71                                | 0.32          |
|           | 10                       | 198.00                   | 7.78               | 9.64                | 9.33                  | 9.73                       | 0.000799                      | 1.38               | 151.64                                | 0.33          |
|           | 25                       | 219.65                   | 7.78               | 9.73                | 9.33                  | 9.83                       | 0.000826                      | 1.45               | 159.92                                | 0.34          |
|           | 50                       | 234.12                   | 7.78               | 9.79                | 9.33                  | 9.89                       | 0.000842                      | 1.50               | 165.28                                | 0.34          |
|           | 100                      | 247.40                   | 7.78               | 9.84                | 9.33                  | 9.95                       | 0.000855                      | 1.54               | 170.13                                | 0.35          |
|           | 500                      | 274.62                   | 7.78               | 9.95                | 9.33                  | 10.07                      | 0.000884                      | 1.62               | 179.49                                | 0.36          |
| 800       | 5                        | 178.42                   | 7.65               | 9.45                | 9.17                  | 9.53                       | 0.000860                      | 1.37               | 141.04                                | 0.34          |
|           | 10                       | 198.00                   | 7.65               | 9.53                | 9.17                  | 9.63                       | 0.000884                      | 1.44               | 148.99                                | 0.35          |
|           | 25                       | 219.65                   | 7.65               | 9.62                | 9.17                  | 9.72                       | 0.000911                      | 1.51               | 157.28                                | 0.36          |
|           | 50                       | 234.12                   | 7.65               | 9.68                | 9.17                  | 9.79                       | 0.000927                      | 1.55               | 162.67                                | 0.36          |
|           | 100                      | 247.40                   | 7.65               | 9.73                | 9.17                  | 9.84                       | 0.000939                      | 1.59               | 167.56                                | 0.36          |
|           | 500                      | 274.62                   | 7.65               | 9.83                | 9.17                  | 9.96                       | 0.000968                      | 1.67               | 176.95                                | 0.37          |
| 680       | 5                        | 178.42                   | 7.60               | 9.35                | 8.92                  | 9.43                       | 0.000815                      | 1.32               | 143.25                                | 0.33          |
|           | 10                       | 198.00                   | 7.60               | 9.43                | 8.92                  | 9.52                       | 0.000848                      | 1.39               | 150.81                                | 0.34          |
|           | 25                       | 219.65                   | 7.60               | 9.52                | 8.92                  | 9.61                       | 0.000883                      | 1.46               | 158.67                                | 0.35          |
|           | 50                       | 234.12                   | 7.60               | 9.57                | 8.92                  | 9.68                       | 0.000903                      | 1.51               | 163.81                                | 0.35          |
|           | 100                      | 247.40                   | 7.60               | 9.62                | 8.92                  | 9.73                       | 0.000919                      | 1.55               | 168.51                                | 0.36          |
|           | 500                      | 274.62                   | 7.60               | 9.72                | 8.92                  | 9.84                       | 0.000956                      | 1.64               | 177.45                                | 0.37          |
| 560       | 5                        | 178.42                   | 7.80               | 9.16                | 9.41                  | 9.29                       | 0.001779                      | 1.67               | 111.67                                | 0.47          |
|           | 10                       | 198.00                   | 7.80               | 9.23                | 9.41                  | 9.37                       | 0.001820                      | 1.75               | 118.15                                | 0.48          |
|           | 25                       | 219.65                   | 7.80               | 9.30                | 9.41                  | 9.46                       | 0.001869                      | 1.84               | 124.82                                | 0.49          |
|           | 50                       | 234.12                   | 7.80               | 9.35                | 9.41                  | 9.52                       | 0.001893                      | 1.90               | 129.25                                | 0.50          |
|           | 100                      | 247.40                   | 7.80               | 9.40                | 9.41                  | 9.57                       | 0.001906                      | 1.94               | 133.38                                | 0.50          |
|           | 500                      | 274.62                   | 7.80               | 9.48                | 9.41                  | 9.68                       | 0.001958                      | 2.04               | 140.96                                | 0.51          |

Tablo 6.1 Hidrolik analiz bulguları (devam)

| Kesit (m) | Tekerrür<br>Debisi (yıl) | Debi (m <sup>3</sup> /s) | Talveg Kotu<br>(m) | Su Yüzü Kotu<br>(m) | Dere Kret<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Kotu (m) | Enerji Çizgisi<br>Eğimi (m/m) | Akım Hızı<br>(m/s) | Kesit Akım<br>Alanı (m <sup>2</sup> ) | Froude Sayısı |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------|
| 440       | 5                        | 178.42                   | 7.55               | 8.48                | 9.15                  | 8.85                       | 0.009489                      | 2.95               | 66.95                                 | 1.01          |
|           | 10                       | 198.00                   | 7.55               | 8.53                | 9.15                  | 8.93                       | 0.009411                      | 3.05               | 71.51                                 | 1.02          |
|           | 25                       | 219.65                   | 7.55               | 8.59                | 9.15                  | 9.01                       | 0.009109                      | 3.13               | 76.92                                 | 1.01          |
|           | 50                       | 234.12                   | 7.55               | 8.63                | 9.15                  | 9.07                       | 0.009021                      | 3.19               | 80.21                                 | 1.01          |
|           | 100                      | 247.40                   | 7.55               | 8.65                | 9.15                  | 9.12                       | 0.009083                      | 3.26               | 82.77                                 | 1.02          |
|           | 500                      | 274.62                   | 7.55               | 8.73                | 9.15                  | 9.22                       | 0.008765                      | 3.35               | 89.15                                 | 1.01          |
| 320       | 5                        | 178.42                   | 6.35               | 7.63                | 8.12                  | 7.85                       | 0.003925                      | 2.28               | 87.95                                 | 0.68          |
|           | 10                       | 198.00                   | 6.35               | 7.69                | 8.12                  | 7.93                       | 0.003985                      | 2.38               | 93.31                                 | 0.69          |
|           | 25                       | 219.65                   | 6.35               | 7.75                | 8.12                  | 8.01                       | 0.004053                      | 2.48               | 98.91                                 | 0.70          |
|           | 50                       | 234.12                   | 6.35               | 7.79                | 8.12                  | 8.07                       | 0.004079                      | 2.54               | 102.64                                | 0.71          |
|           | 100                      | 247.40                   | 6.35               | 7.83                | 8.12                  | 8.11                       | 0.004100                      | 2.59               | 106.00                                | 0.72          |
|           | 500                      | 274.62                   | 6.35               | 7.90                | 8.12                  | 8.21                       | 0.004138                      | 2.70               | 112.66                                | 0.73          |
| 200       | 5                        | 178.42                   | 5.60               | 6.79                | 7.33                  | 7.16                       | 0.008877                      | 3.03               | 68.71                                 | 0.99          |
|           | 10                       | 198.00                   | 5.60               | 6.84                | 7.33                  | 7.23                       | 0.008799                      | 3.12               | 73.46                                 | 1.00          |
|           | 25                       | 219.65                   | 5.60               | 6.90                | 7.33                  | 7.31                       | 0.008588                      | 3.21               | 78.90                                 | 1.00          |
|           | 50                       | 234.12                   | 5.60               | 6.94                | 7.33                  | 7.37                       | 0.008509                      | 3.26               | 82.29                                 | 1.00          |
|           | 100                      | 247.40                   | 5.60               | 6.97                | 7.33                  | 7.42                       | 0.008452                      | 3.32               | 85.30                                 | 1.00          |
|           | 500                      | 274.62                   | 5.60               | 7.03                | 7.33                  | 7.51                       | 0.008350                      | 3.42               | 91.28                                 | 1.00          |
| 80        | 5                        | 178.42                   | 4.20               | 5.34                | 6.07                  | 5.71                       | 0.008191                      | 3.07               | 68.90                                 | 0.97          |
|           | 10                       | 198.00                   | 4.20               | 5.40                | 6.07                  | 5.79                       | 0.008049                      | 3.15               | 73.93                                 | 0.97          |
|           | 25                       | 219.65                   | 4.20               | 5.46                | 6.07                  | 5.87                       | 0.008001                      | 3.25               | 79.01                                 | 0.97          |
|           | 50                       | 234.12                   | 4.20               | 5.49                | 6.07                  | 5.93                       | 0.007993                      | 3.32               | 82.23                                 | 0.98          |
|           | 100                      | 247.40                   | 4.20               | 5.52                | 6.07                  | 5.98                       | 0.008004                      | 3.38               | 85.05                                 | 0.98          |
|           | 500                      | 274.62                   | 4.20               | 5.58                | 6.07                  | 6.08                       | 0.008037                      | 3.50               | 90.61                                 | 0.99          |
| 0         | 5                        | 178.42                   | 2.60               | 3.80                | 4.29                  | 4.04                       | 0.004702                      | 2.39               | 82.80                                 | 0.74          |
|           | 10                       | 198.00                   | 2.60               | 3.86                | 4.29                  | 4.12                       | 0.004702                      | 2.48               | 88.22                                 | 0.74          |
|           | 25                       | 219.65                   | 2.60               | 3.93                | 4.29                  | 4.21                       | 0.004702                      | 2.57               | 93.98                                 | 0.75          |
|           | 50                       | 234.12                   | 2.60               | 3.97                | 4.29                  | 4.26                       | 0.004702                      | 2.63               | 97.70                                 | 0.76          |
|           | 100                      | 247.40                   | 2.60               | 4.00                | 4.29                  | 4.31                       | 0.004703                      | 2.68               | 101.04                                | 0.76          |
|           | 500                      | 274.62                   | 2.60               | 4.08                | 4.29                  | 4.41                       | 0.004703                      | 2.78               | 107.67                                | 0.77          |

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Balıkesir'in Edremit ilçesinde bulunan Zeytinli Çayı'nın taşkın risk analizi yapılmıştır. CBS kullanılarak oluşturulan bölgenin sayısal yükseklik modelinden akarsuyun drenaj ağları elde edilmiştir. Drenaj ağlarına ait geometrik veriler HEC-RAS nehir analiz programına aktararak, akarsuyun bir boyutlu hidrolik modeli oluşturulmuştur. İslah çalışmalarından önceki mevcut duruma ait akım modeli 15 enkesitte incelenmiş farklı taşkın tekrarlama periyotları için kurulan model test edilmiştir. Ardından akarsu üzerindeki ıslah çalışmalarının yeterliliği incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Akarsu yatağı üzerinde ıslah çalışmaları baz alınarak oluşturan tipik enkesite ait bir kontrol hacmi belirlenmiş ve test edilen modelin enkesitlerinde oluşan akım kesit alanları ile karşılaştırılmıştır. Akarsuyun çeşitli en kesitlerinde belirlenen bu kontrol hacminin aşıldığı görülmüş ve su seviyesinin dere kret kotunun üzerine çıktığı gözlenmiştir. Kamulaştırma sahasının başlangıç noktası olarak da tanımlanan bu sınırın hem sağ hem de sol tarafında yerleşim ve iş yerleri bulunmaktadır. DSİ ve Balıkesir Su Kanalizasyon İdaresi tarafından belirlenen taşkın riskinin bulunduğu parsellerde, iskan edilen katın taban kotu ile bina otopark giriş ve çıkış kotlarının, su seviyesine esas dere kret kotunun en az 1.50 metre üzerinde olma zorunluluğu vardır. Ancak akarsuyun sağ ve sol sahilinde kalan yapıların girişleri ve bodrum katları bu yüksekliğin altında kalmaktadır. Herhangi bir afet anında bu yerleşimler tehlike altındadır. Bölge halkı ile yapılan mülakatlardan da bahsedilecek olursa son beş yıl içerisinde meydana gelen yağışlar sonrası su yüksekliği dere kret kotuna kadar yükseldiği ve balıkçı teknelerinin açık denize doğru sürüklendiği belirtilmiştir.

Doğal akarsu yatağındaki taşkın riski taşıyan enkesitlerde akarsu taban düzenlemesi yapılarak kesitlerdeki akım alanlarının ve taşkın su seviyelerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda iki adet kanal düzenlemesi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak akarsuyun ters eğim olan (1280 m – 1160 m ve 680 m – 440 m) enkesitlerinde taban kotları düşürülerek yatak düzenlemesi yapılmıştır (Şekil 7.1). İkinci durumda ise 1280 m – 440 m enkesitler arasında taban kazısı yapılarak taban kotu azaltılmıştır (Şekil 7.2).  $Q_{500}$  debisi ile yapılan analizler için elde edilen sonuçlar ile mevcut durum karşılaştırılarak sonuçlar Tablo 7.1 ve 7.2'de verilmiştir.

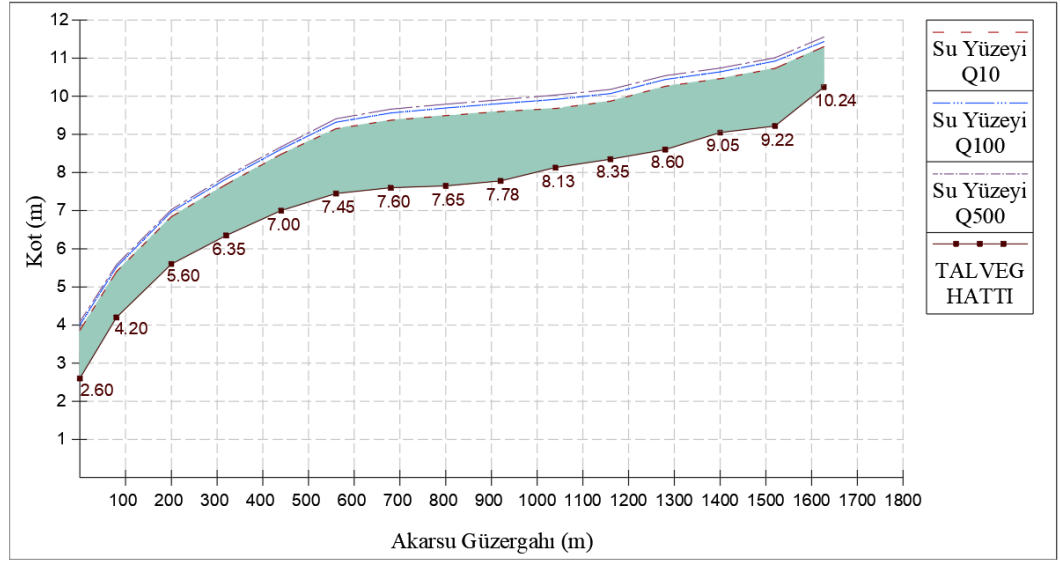
Tablo 7.1 Islah çalışmaları sonrası analiz sonuçları (mevcut ve 1. durum)

|           |                    | Mevcut Durum    |                  |                   |                              | 1. Durum        |                  |                   |                              |
|-----------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| Kesit (m) | Dere Kret Kotu (m) | Talveg Kotu (m) | Su Yüzü Kotu (m) | Su Yüksekliği (m) | Akım Alanı (m <sup>2</sup> ) | Talveg Kotu (m) | Su Yüzü Kotu (m) | Su Yüksekliği (m) | Akım Alanı (m <sup>2</sup> ) |
| 1280      | 10.33              | 8.65            | 10.59            | 1.94              | 153.81                       | 8.65            | 10.50            | 1.85              | 149.90                       |
| 1160      | 10.45              | 8.82            | 10.19            | 1.37              | 116.17                       | 8.35            | 10.22            | 1.87              | 121.08                       |
| 1040      | 9.70               | 8.13            | 10.05            | 1.92              | 162.46                       | 8.13            | 10.03            | 1.90              | 159.84                       |
| 920       | 9.33               | 7.78            | 9.95             | 2.17              | 179.49                       | 7.78            | 9.91             | 2.13              | 176.25                       |
| 800       | 9.17               | 7.65            | 9.83             | 2.18              | 176.95                       | 7.65            | 9.79             | 2.14              | 172.63                       |
| 680       | 8.92               | 7.60            | 9.72             | 2.12              | 177.45                       | 7.60            | 9.66             | 2.06              | 171.90                       |
| 560       | 9.41               | 7.80            | 9.48             | 1.68              | 140.96                       | 7.45            | 9.41             | 1.96              | 138.09                       |
| 440       | 9.15               | 7.55            | 8.73             | 1.18              | 89.15                        | 7.00            | 8.67             | 1.67              | 92.01                        |

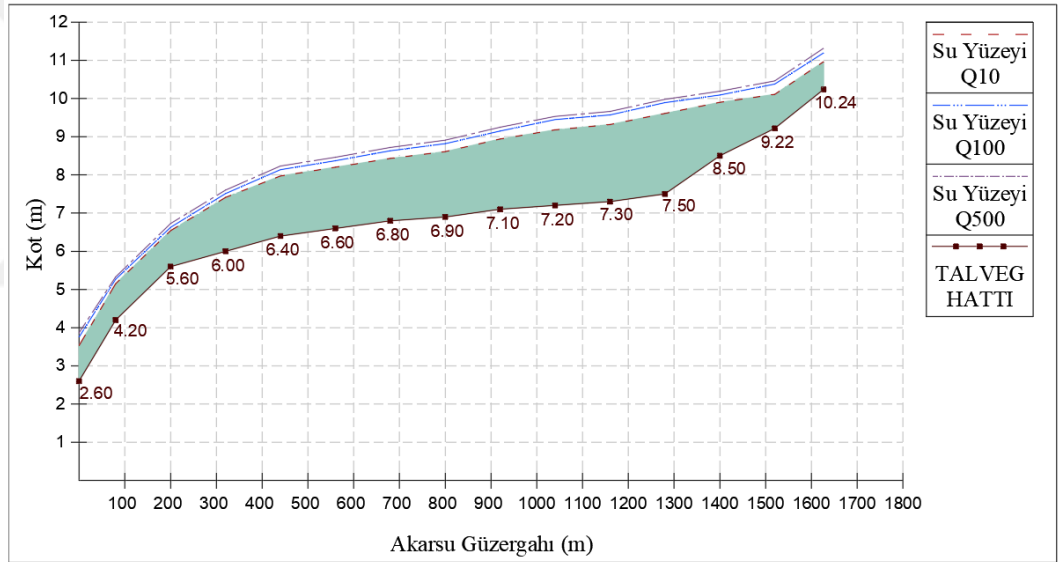
Tablo 2 Islah çalışması sonrası analiz sonuçları (mevcut durum ve 2. durum)

|           |                    | Mevcut Durum    |                  |                   |                              | 2. Durum        |                  |                   |                              |
|-----------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| Kesit (m) | Dere Kret Kotu (m) | Talveg Kotu (m) | Su Yüzü Kotu (m) | Su Yüksekliği (m) | Akım Alanı (m <sup>2</sup> ) | Talveg Kotu (m) | Su Yüzü Kotu (m) | Su Yüksekliği (m) | Akım Alanı (m <sup>2</sup> ) |
| 1280      | 10.33              | 8.65            | 10.59            | 1.94              | 153.81                       | 7.50            | 9.98             | 2.48              | 116.54                       |
| 1160      | 10.45              | 8.82            | 10.19            | 1.37              | 116.17                       | 7.30            | 9.66             | 2.36              | 97.78                        |
| 1040      | 9.70               | 8.13            | 10.05            | 1.92              | 162.46                       | 7.20            | 9.53             | 2.33              | 123.99                       |
| 920       | 9.33               | 7.78            | 9.95             | 2.17              | 179.49                       | 7.10            | 9.25             | 2.15              | 133.27                       |
| 800       | 9.17               | 7.65            | 9.83             | 2.18              | 176.95                       | 6.90            | 8.91             | 2.01              | 129.45                       |
| 680       | 8.92               | 7.60            | 9.72             | 2.12              | 177.45                       | 6.80            | 8.72             | 1.92              | 131.87                       |
| 560       | 9.41               | 7.80            | 9.48             | 1.68              | 140.96                       | 6.60            | 8.46             | 1.86              | 115.07                       |
| 440       | 9.15               | 7.55            | 8.73             | 1.18              | 89.15                        | 6.40            | 8.37             | 1.97              | 78.55                        |

Akarsuyun riskli enkesitleri için yapılan taban düzenleme çalışmaları sonucu, yapılan ilk ıslah çalışmasında ters eğimli taban kotlarının düşürülmesi ile birlikte yapılan analizlerde su yüzü kotlarının ve akım alanlarının düştüğü gözlenmiş ancak en kesitlerde taşkın riskinin devam ettiği belirlenmiştir (Tablo 7.1). Ardından yapılan ikinci kanal tabanı düzenlemesinde akarsuyun riskli bölgelerinde ortalama bir metre taban kazısı yapılmış ve hidrolik analiz tekrarlanmıştır. Tablo 7.2 incelendiğinde ikinci durumda su yüzü kotlarının dere kret kotunun altında kaldığı belirlenmiştir.

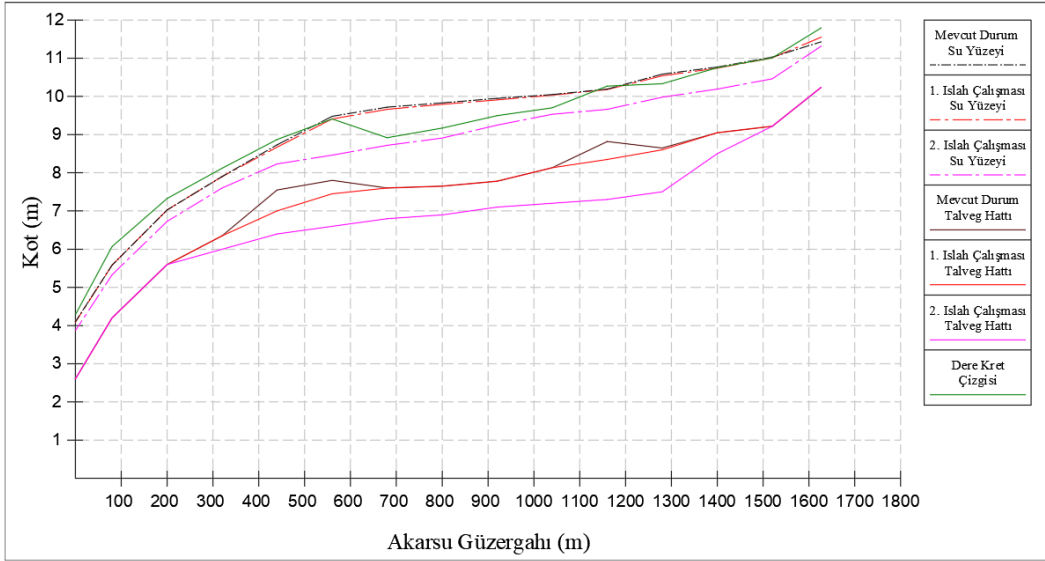


Şekil 7.1 İlk ıslah çalışması sonrası akarsu boykesiti



Şekil 7.2 İkinci ıslah çalışması sonrası akarsu boykesiti

Şekil 7.3'te akarsu yatağının mevcut durumu ile ıslah çalışmaları sonucu oluşan su yüzü kotları ve talveg hattındaki değişimler gösterilmiştir. 500 yıllık dönüş periyoduna sahip debi için belirlenen su yüzü profilleri ve dere kret çizgisi çizilerek karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 7.3 Mevcut durum ve ıslah çalışması sonucu oluşan boykesitler (Q500 için)

Taban kazısına alternatif olarak akarsuyun taşkın yükünü azaltmak amacı ile taşkın sularının bir kısmı taşkın kanalına aktarılabilir. Ancak akarsu yatağının incelenen kısmındaki sağ ve sol sahil şeridinde yerleşimler sık ve yoğundur. Bu yüzden taşkın kanalı inşası yapılarak akarsu düzenlemesi yapılması olası değildir. Ayrıca bölge halkı akarsuyun sağ ve sol sahilini balıkçı tekneleri için iskele olarak kullanmaktadır. Taşkın sularını önlemek için yapılacak sedde ve taşkın duvarı yapıları bu iskelelerin kullanımını olumsuz yönde etkileyecek olup ekonomik açıdan da oldukça maliyetlidir.

Bu sebeplerden dolayı şehir merkezinde yapılabilecek ıslah çalışmaları kısıtlıdır. Bu doğrultuda akarsuyun geçtiği hat boyunca iskan edilmemiş ve tarım arazisi olmayan bir kesimde taşkın geciktirme haznesi inşa edilebilir. Bu sayede maksimum taşkın debilerinin kanala doğrudan girişi engellenip mansap tarafındaki akış azaltılabilir. Öngörülen taban kazısı ıslah çalışmasında çıkarılan toprak hacmi 29450 m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda inşa edilecek taşkın geciktirme haznesinin kapasitesi 30000 m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. 1.5 m derinliğinde, 100 x 200 m genişliğinde planlanan geciktirme havuzunun haritadaki yeri Şekil 7.4'te çizilmiştir. Taşkın haznesi detaylı olarak projelendirileceği zaman yetkili kurumlardan alınacak arazi durum raporlarına göre haznenin inşa edileceği bölge revize edilebilir. Ayrıca yapılacak taşkın geciktirme haznesi taşkın mevsimi dışında tarımsal amaçlarla da kullanılabilir.



Şekil 7.4 Taşkın geciktirme haznesinin yeri

Taşkın hesaplarının yapıldığı akarsu kesiminde doğal akışı engelleyecek rüsubat ve katı maddelere rastlanmamıştır. Ancak önerilen ıslah çalışmalarının taşkın kontrolünde yeterli olabilmesi için akarsu yatağının membasından başlanarak kontrol yapılması ve birikim olan kısımlarda temizlik yapıp akarsu yatağının bu maddelerden arındırılması gerekmektedir. Başkaca akarsu hattı boyunca yerleşim yerlerinin bulunduğu bölgelerden çıkabilecek atık maddelerin ve yeni inşa edilen birimlerden çıkan inşaat hafriyatlarının da suya karışması engellenmelidir.

Günümüzde küresel iklim değişikliği ile birlikte dünyada ve ülkemizde daha sık kısa süreli ani yağışlar görülmektedir. Bu olumsuz meteorolojik olayların neden olduğu taşkın olayları şehirlerimizde önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Taşkın zararlarını en düşük seviyeye indirebilmek için taşkın riski ön değerlendirme çalışmalarının yapılması ve erken uyarı sistemlerinin kullanılması çağımızın gereği olmuştur. CBS olarak nitelendirilen uygulamalar sayesinde bölgelerin yüksek çözünürlüklü haritaları elde edilebilmekte ve inceleme yapılacak havzalar için tasarlanan hidrolojik modeller çerçevesinde yapılan taşkın risk analizleri gerçeğe yakın sonuçlar vermektedir. Bu tez kapsamında da CBS programlarından faydalanılmış ve taşkın riski taşıyan bölgeler belirlenmiş ve alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir.

Şehirleşmenin yüksek olduğu kent merkezlerinde taşkın analizleri elde bulunan verilerin yeterliliği göz önüne alınarak gelişmiş yöntemlerle yapılırken,

nüfusun seyrek olduğu ve mevsimsel olarak artıp azaldığı kırsal bölgelerde yapılan çalışmalar ve alınan önlemler yetersiz kalabilmektedir. Bu yüzden küçük yerleşim bölgelerine yönelik yapılacak afet risk analizleri, yeni inşa edilecek yapılar için bir kılavuz görevi göreceğ olup kentleşmenin mevcut düzene göre daha sağlıklı gelişmesine olanak sağlayacaktır.

Bu model çalışmada elde edilen veriler geliştirilerek benzer ölçekteki sahil kasabaları için genelleştirilmiş bir ıslah çalışması yöntemi olarak kabul edilebilir.

Tez çalışmasının bitmesinin ardından elde edilen bulgular ve sonuçlar, Balıkesir Edremit Belediyesi ve DSİ 25. Bölge Müdürlüğü ile paylaşılacak olup risk altında bulunan bölgeler için alınabilecek önlemler ve yapılacak ıslah çalışmaları için bir referans olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adams, T., Chen, S., Davis, R., Schade, T. and Lee, D.,** 2010, The ohio river community hec-ras model, *World Enviromental and Resource Congress: Challenges of Change*, 1512-1523 pp.
- Ahmed, F. and Koduri S.R.,** 2016, Hypsometric analysis of Tuirini drainage basin: a geographic information system approach, *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 6(3):1685-1695 pp.
- Ardıçoğlu, M.,** 2017, Açık Kanal Akımları ve HEC-RAS Uygulamaları, Kayseri, 445s.
- Aksoy, M., Ulupınar, Y., Akbaş, A.İ., Sayın A., Köse, S. ve Gülsoy E.,** “Anı Taşkın Modellemesi İçin Hidrolojik Parametrelerin Çıkarılması”, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/anitaskin-model.pdf> (Erişim tarihi: 7 Nisan 2018)
- Bağdath, M.C. ve Albut, S.,** 2012, Taşkın kontrolü çalışmalarında cbs'nin kullanım etkinliğinin değerlendirilmesi: Tekirdağ maymun deresi havzası pilot uygulaması, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 1-8 s.
- Bass, B., Juan, A., Gori, A., Fang, Z. and Bedient, P.,** 2016, 2015 memorial day flood impacts for changing watershed conditions in Houston, *Natural Hazard Review*, 18(3):1-11 pp.
- Bauman, C.A. and Halaseh A.A,** 2011, Utilizing interfacing tools for gis, hec-geohms, hec-georas, and archydro, *World Environmental and Water Resources Congres: Being Knowledge for Sustainability*, 1953-1962 pp.
- Bayazıt, M.,** 1998, Hidrolojik Modeller, İstanbul Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 228 s.
- Bayazıt, M. Ve Önöz, B.,** 2008, Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Basımevi, İstanbul, 260 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bulu, A. ve Yılmaz, E.**, 2002, Serbest yüzeyli akımlarda pürüzlülük katsayısının belirlenmesi, *Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422*, 79-81 s.
- Burrough P.A., Mcdonnell, R.A. and Lloyd, C.D.**, 2015, Principles of geographical information systems (third edition), Oxford Universty Press, Great Claredon Street, Oxford, OX2 6DP, United Kingdom, 330 pp.
- Chow, V.T.**, 1959, Open Channel Hydraulic, McGraw-Hill, New York, 728 p.
- Ceylan, A. ve Kömüşçü, A.Ü.**, 2007, Meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar ve mevsimsel dağılımları, *1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi*, 93-104 s.
- Çelik, M.A., Bayram, H. ve Özüpekçe, S.**, 2018, An assessment on climatological, meteorological and hydrological disasters that occurred in Turkey last 30 years (1987-2017), *International Journal of Geography and Geography Education*, 38:295-310 s.
- Çelik, S., Bölük E., Akbaş, A.İ. ve Deniz A.**, 2018, “İklim Değişiyor, Hava Olayları Sertleşiyor”, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/iklimdegisiyor.pdf> (Erişim tarihi: 11 Mayıs 2019)
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü**, 2017, Balıkesir İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, Balıkesir, 157 s.
- Demir, V. ve Kişi, Ö.**, 2016, Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: mert river, samsun, turkey, *Hindawi Publishing Corporotion Advances in Meteorology*, 9 s.
- Demirkol, E.Ö., Gürdal M.A. ve Yıldırım A.** “Avrupa Datumu 1950 (European Datum 1950: ED-50) ile Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) Arasında Datum (Koordinat) Dönüşümü”, <https://www.harita.gov.tr/images/egitim/f567c9cf15fede7.pdf> (Erişim Tarihi: 14 Mayıs 2019)

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Devlet Su İşleri 25. Bölge Müdürlüğü**, 2016, Zeytinli İstasyonu aylık maksimum akımlar tablosu, Balıkesir
- Devlet Su İşleri 25. Bölge Müdürlüğü**, 2019, Balıkesir-Edremit-Zeytinli Arazisinin Zeytinli Deresi Taşkınlarından Korunması Raporu, Balıkesir
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**, 2015, Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu, Ankara
- Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, E., Özdemir, S. ve Çitgez, T.**, 2013, Aşağı sakarya nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(3):363-369 s.
- Eraydın, N., Çoşkun, H.G. ve Ağırlioğlu, N.**, 2015, Uzaktan algılama ve cbs yöntemleri kullanılarak akış eğri numaralarından eşen çayı havzası için taşkınların belirlenmesi, *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 429-436 s.
- Ercan, B., Yağcı, A.E. ve Ünsal M.**, 2019, Kahramanmaraş domuz (boğaz) deresi kuşaklama kanalının hec-ras modeli, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1):58-64 s.
- Erdem, U.**, 2013, Yerleşimlerin taşıdığı deniz taşkını, sel ve deprem afet tehlikelerinin cbs kullanılarak yorumlanması: Balıkesir örneği, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2):40-57 s.
- Ezz., H.** 2017, Integrating gis and hec-ras to model assiut plateau runoff, *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 1-9 pp.
- Görcelioğlu, E.**, 2003, Sel ve Çığ Kontrolü, İstanbul Fakültesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 410 s.
- Güney, M.Ş.**, 2013, Laboratuvar Uygulamalı Hidrolik, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 284 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güney, Y.**, 2018, Çalidere havzasının (Armutlu Yarımadası, Yalova) morfotektoniğinin jeomorfometrik analizlerle değerlendirilmesi, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 16(2):259-271 s.
- Guo, Q., Palanisamy, B. and Karimi, H.A.**, 2015, A mapreduce algorithm for polygon retrieval in geospatial analysis, *IEEE 8<sup>th</sup> International Conference on Cloud Computing*, 901-908 pp.
- Hasani, H.**, 2013, Determination of flood plain zoning in zarigol river using the hydraulic model of hec-ras, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(12):4300-4304 pp.
- Heimhuber, V., Hannemann, J.C. and Rieger, W.**, 2015, Flood risk management in remote impoverished areas – a case study of onaville, haiti, *Water*, 7(7):3832-3860 pp.
- Jankauskas, L. and Mclafferty S.**, 1996, Bestfit, distribution fitting software by palisade Corporation, *Winter Simulation Conference*, 551-555 pp.
- Kadıoğlu, M.**, 2012, Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi, Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanma Projesi Yayını, 172 s.
- Karaca, C., Birdal, A.C. ve Türk, T.**, 2016, Taşkın risk alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi, 6. *Uzaktan Algılama - CBS Sempozyumu*, Adana, 118-125 s.
- Khalfallah, C.B. and Saidi, S.**, 2018, Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using hec-ras – gis tolls: case of mederja river, tunisia, *Journal of African Earth Sciences*, 142:44-51 pp.
- Khattak, M.S., Anwar, F., Saeed, T.U., Sharif M., Sheraz., K. and Ahmed A.**, 2016, Floodplain mapping using hec-ras and argcis: a case study of kabul river, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41:1375-1390 pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Logah, F.Y., Amisigo, A.B., Obuobie, E. and Yeboah, K.K.,** 2017, floodplain hydrodynamic modelling of the lower volta river in ghana, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 14:1-9 pp.
- Mehrannia, H. and Pakgozar, A.,** 2014, Using easy fit software for goodness-of-fit test and data generation, *International Journal of Mathematical Archive*, 5(1):188-124 pp.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü,** 2016, Edremit İstasyonu uzun yıllar tüm parametreler bülteni (1962 – 2016).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü,** 2018, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler 2017 Yılı Değerlendirmesi, Araştırma Dairesi Başkanlığı Meteorolojik Afetler Şube Müdürlüğü, Ankara, 156 s.
- Midaoui, A., Lahrach, A., Chaoui, A.A., Bourak, A., Benaabidate, L. and Boukharas, I.,** 2015, Integration of gis and hec-ras in floods modelling of ouerga river, northern morocco, *European Scientific Journal*, 11(2):196-204 pp.
- Ntajal, J., Lamprey B.L., Mahamadou, I.B. and Nyarko, B.K.,** 2017, Flood disaster risk mapping in the lower mono river basin in togo, west africa, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 23:93-103 pp.
- Oğuz, K., Oğuz, E. ve Çoşkun, M.,** 2016, Coğrafi bilgi sistemleri ile taşkın risk alanlarının belirlenmesi: artvin ili örneği, 4. *Ulusal Taşkın Sempozyumu*, 1-12 s.
- Özbek, T.,** 2009, Açık Kanal Akımlarının Hidroliği Ve Hidrolik Yapılar, Teknik Yayınevi Mühendislik Mimarlık Yayınları, Ankara, 644 s.
- Özcan, E.,** 2006, Sel olayı ve Türkiye, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26(1):35-50.
- Özcan, O. ve Musaoğlu N.,** 2009, Taşkın risk analizinde hidrolojik modelleme ve çok kriterli karar verme yöntemi, *TUFUAB V. Teknik Sempozyumu*, 1-7 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özdemir, H.**, 1978, Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, DSİ Basım Ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 221 s.
- Özdemir, H.**, 2007, Taşkınların haritalanmasında hec-georas ve hec-ras'ın kullanımı: havran çayı örneği (balıkesir), *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 9 s.
- Özdemir, H.**, 2009, Taşkınların tahmini ve risk analizinde cbs-uzal ve hidrolik modellemenin entegrasyonu, *5. Dünya Su Forumu*, İstanbul, 131-142 s.
- Özşahin, E.**, 2011, Zeytinli çayı havzasının (Balıkesir) erozyon analizi, *e-Journal of New World Sciences Academy Nature Sciences*, 6(1):42-56 s.
- Pathak, P., Bhandari, M., Kalra, A. and Ahmad, S.**, 2015, Modeling floodplain inundation for monument creek, colorado, *World Environmental and Water Resources Congress*, 131-140 pp.
- Pathel, C.G. and Gundaliya, P.J.**, 2016, Floodplain delineation using hecras model – a case study of surat city, *Open Journal of Modern Hydrology*, 6:34-42 pp.
- Polat, N. ve Uysal, M.**, 2016, Havza lazer tarama sistemi, uygulama alanları ve kullanılan yazılımlara genel bir bakış, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16:679-692 s.
- Prata, D., Marins, M., Sobral, B., Conceição, A. and Vissirini, F.**, 2011, Flooding analisys, using hec-ras modeling for Taquaraçu river, in the ibiraçu city, espirito santo, brazil, *12<sup>nd</sup> International Conferance on Urban Drainage*, 1-8 pp.
- Sargın, A.H.**, 2013, Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Riski Ön Değerlendirmesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknoloji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 70 s.
- Selek, B. ve Deniz, S.**, 2017, Türkiye’de taşkın kontrolü faaliyetlerinin genel değerlendirilmesi ve yeni çalışmalar, *DSİ Teknik Bülteni*, 126:37-54 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sungar, M. ve Tonbul, S.**, 2010, İluh deresi havzasına (Batman) yönelik sel ve taşkın riski analizleri, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(4):255-273 s.
- Sunkar, M. ve Toprak A.**, 2016, Sel ve taşkın çalışmalarında tarihi veri kaynaklarının önemi, *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara, 116-125 s.
- Soil Conervation Service**, 1975, Soil Taxonomy, Superintendent of Documents, U.S. Goverment Printing Office Washington D.C. 2040. USA, 744 p.
- Sönmez, O. ve Demir, F.**, 2016, Ağva ilçe merkezine ait taşkın yayılım haritalarının ve mevcut binalarının taşkın ve mevcut binaların su seviyelerinin tespiti, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2):105-112 s.
- Sönmez, O., Hırca, T. ve Demir, F.**, 2017, Akım ölçümü olmayan nehirlerde farklı yağış akış modelleri ile tekerrürlü taşkın debisi hesabı: Mudurnu çayı örneği, *5th International Symposium on Innovatite Technologies in Engineering Science*, Baku - Azerbaijan, 10 s.
- Sönmez, O., Öztürk M. ve Doğan, E.**, 2012, İstanbul derelerinin taşkın debilerinin tahmini, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2):130-135s.
- Şahin, E., Akıntuğ, B. ve Yanmaz, A.M.**, 2013, Güzelyurt taşkını modellemesi ve çözüm önerileri, *İMO Teknik Dergi*, 403:6447-6462 s.
- Şamandar, A. ve Genç, A.**, 2016, Coğrafi bilgi sistemleri ile düzce büyük melen çayı taşkın haritasının oluşturulması, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 5(2):183-189 s.
- Tağıl, Ş. ve Danacıoğlu, Ş.**, 2012, Zeytinli çayı havzasında akım-yağış ilişkisi ve trendi, *Kazdağları III. Ulusal Sempozyumu*, Balıkesir, 127-138 s.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taş, E., İçağa, Y. ve Zorluer, İ.**, 2016, Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: akarçay afyon alt havzası örneği, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16:711-721 s.
- Tonbul, Ü.**, 2014, Cbs destekli taşkın alanlarının belirlenmesi: kavaközü deresi örneği, *TMMOB HARİTA ve KADARSTO MÜHENDİSLERİ ODASI 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 1-8 s.
- United States Army Corps of Engineer (USACE)**, 2016, Hydraulic Referece Manuel (Version 5.0), Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, 609 Second Street, Davis, CA., 95616. USA, 539 p.
- Uslu, G., Sesli, F.A. ve Uzun, B.**, 2018, Coğrafi bilgi sistemleri ile taşkın tehlike haritalarının belirlenmesi, *Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 11(4):545-558 s.
- Ünsal, M. ve Nalcioğlu, A.**, 2016, Kılavuzlu barajı sulama kanalında su derinliğinin hec-ras programı ile modellenmesi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(1):41-45 s.
- Üyükoğlu M., Ünal, B. ve Turan, B.**, 2015, Hec-ras paket programı ile Manavgat ilçesi ılıca deresi taşkın bölgelerinin modellenmesi, *4. Su Yapıları Sempozyumu*, 428-438 s.
- Yee, T.M. and Cho, H.**, 2017, Towards an automated floodway optimizer for hec-ras, *World Environmental and Water Resources Congress: Hydraulics and Waterways and Water Distribution Systems Analysis*, 252-261 pp.
- Zghoul, A.A.**, 2010, A goodness of fit test for normality based on the empirical moment generating function, *Communications in Statistics – Simulation and Computation*, 39(6):1292-1304 pp.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans boyunca tez çalışmalarına yön veren, her türlü bilgi birikimini ve deneyimini benimle paylaşan, tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Cahit Yerdelen hocama, çalışmalarım boyunca her konuda desteklerini hissettiğim Sayın Doç. Dr. Ömer Levend Aşıkoğlu ve Sayın Doç. Dr. Ebru Eriş hocalarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışması süresince hidrometrik, topografik ve meteorolojik verilerin sağlanmasında kolaylık gösteren DSİ 25. Bölge Müdürlüğü'ne ve Meteoroloji Balıkesir İl Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca bana maddi ve manevi her anlamda göstermiş oldukları desteklerinden ve vermiş oldukları emeklerinden dolayı aileme sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZGEÇMİŞ

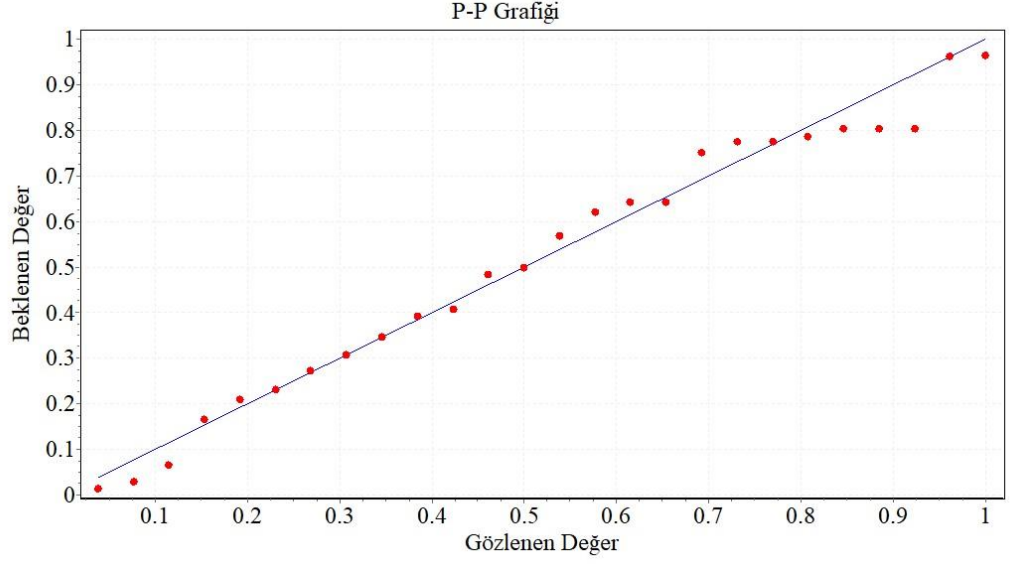
15 Mart 1993 tarihinde Balıkesir’de doğdu. İlköğretimine Özel Altuğ Yurdakuloğlu Koleji’nde başladı ve Mehmetçik İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Ortaöğretimini Rahmi Kula Anadolu Lisesi’nde tamamlayarak 2011 yılında Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. Mezun olduğu 2016 yılı içerisinde İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı’nda lisansüstü eğitime başladı. Akademik çalışmalarına devam ederken 2016 – 2019 yılları arasında 2,5 yıl süre ile inşaat mühendisliği firmalarında proje mühendisi olarak çalıştı. Çeşitli betonarme konvansiyonel, prefabrik yapılara ait inşaat projelerini, hesap raporlarını, uygulama ve detay çizimlerini hazırladı. Şubat 2019’da çalıştığı yerden ayrılmış olup yüksek lisans eğitime devam etmektedir.



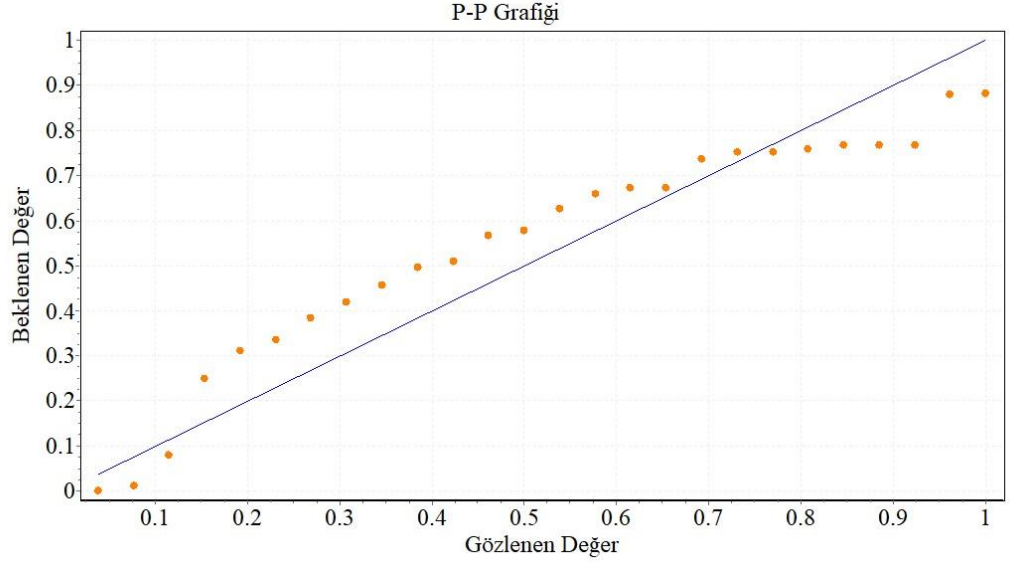
## EKLER

### Ek 1 Çeşitli Dağılımlara ait P-P olasılık grafikleri

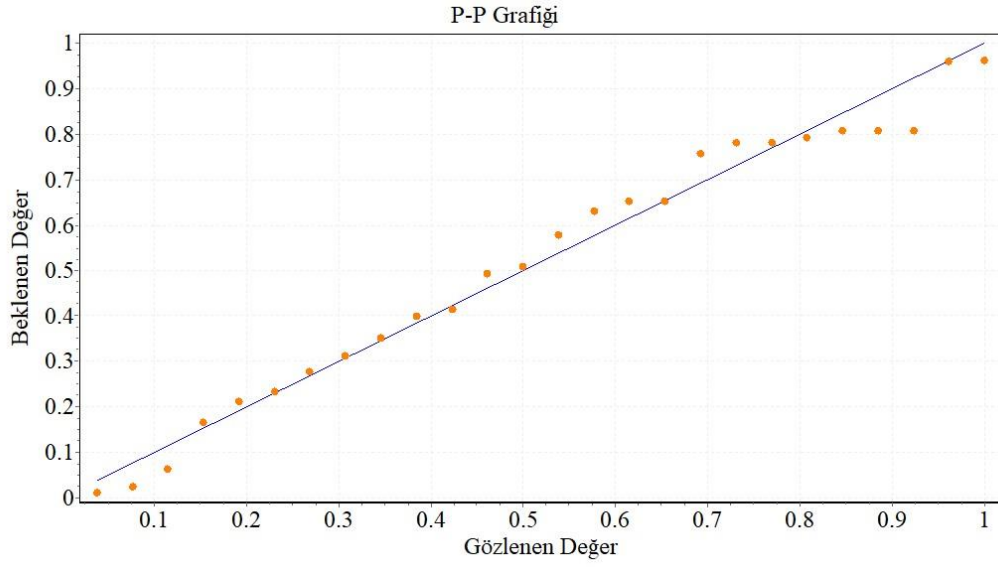
#### Normal Dağılım P-P grafiği



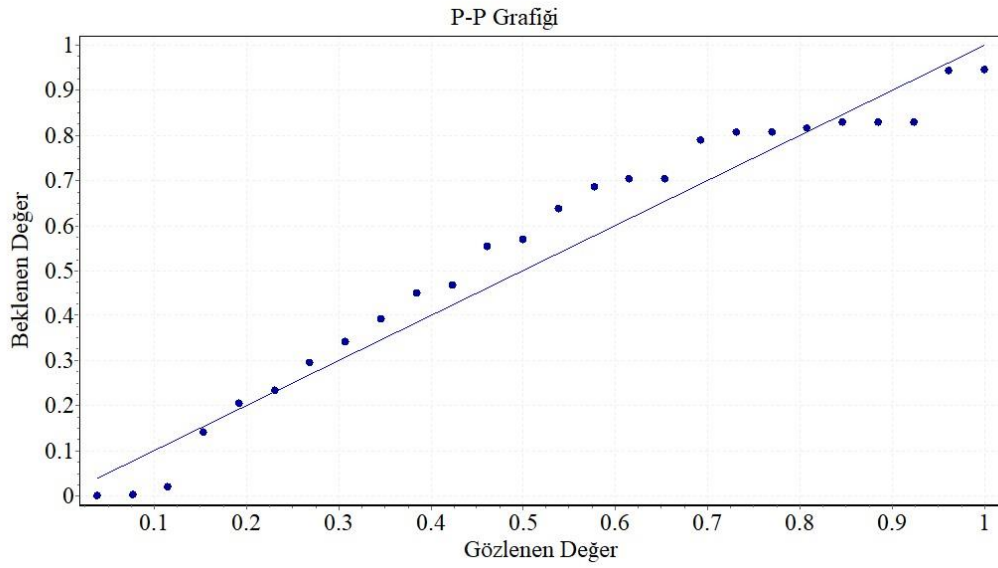
#### Log-Normal Dağılım P-P grafiği



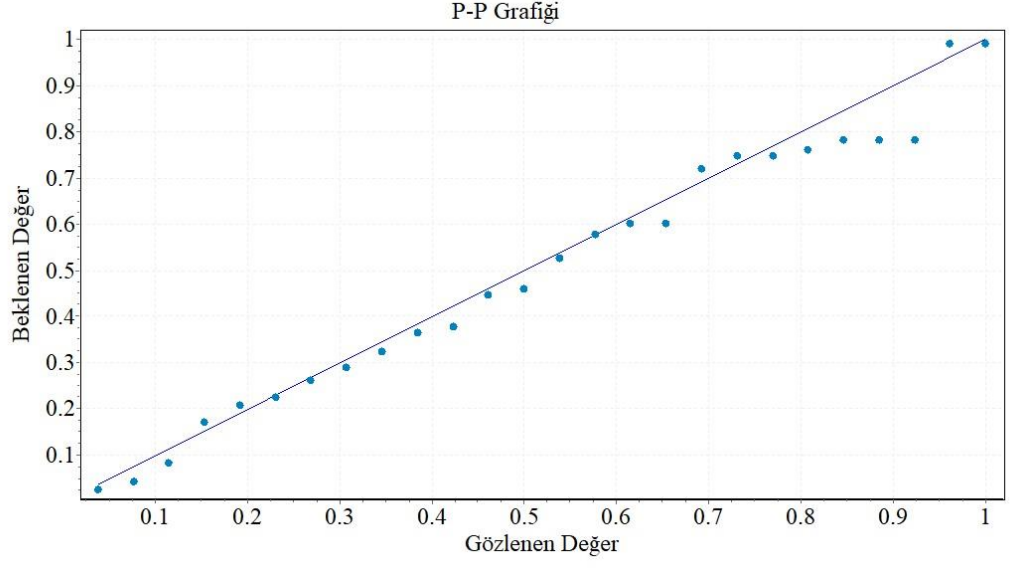
### Üç Parametrelı Log-Normal Dağılım P-P grafiği



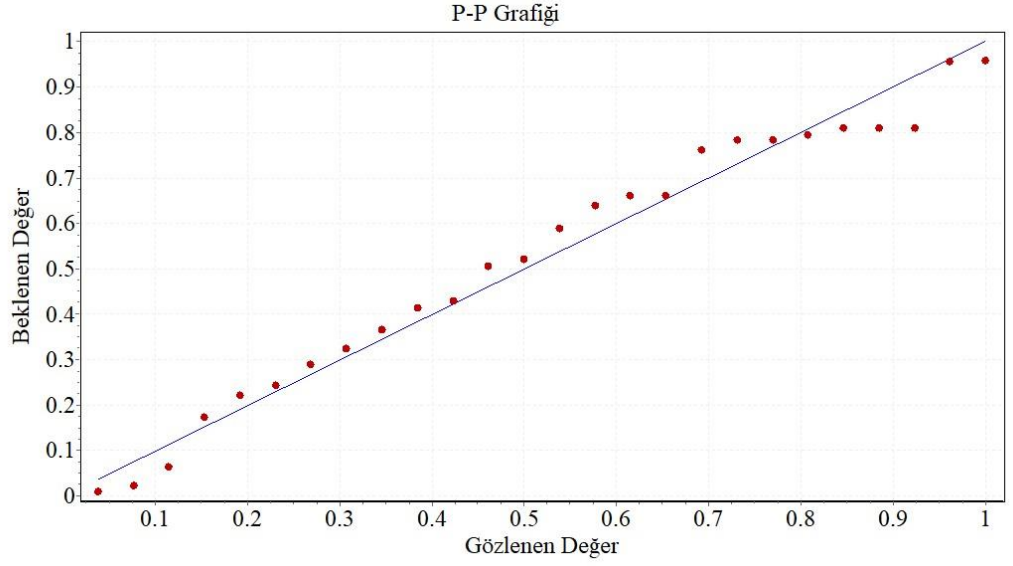
### Gumbel Dağılım P-P grafiği



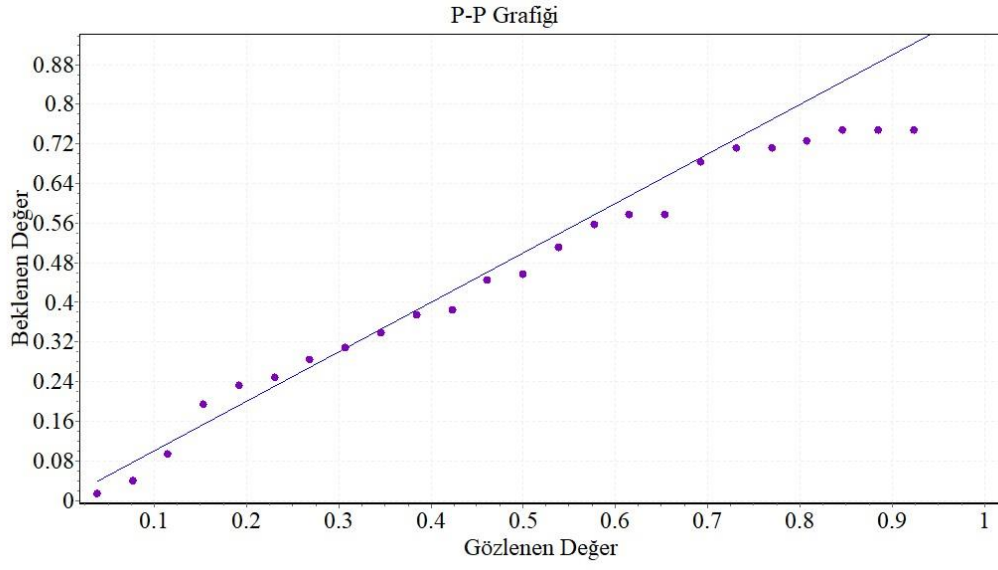
GEV Dağılım P-P grafiği



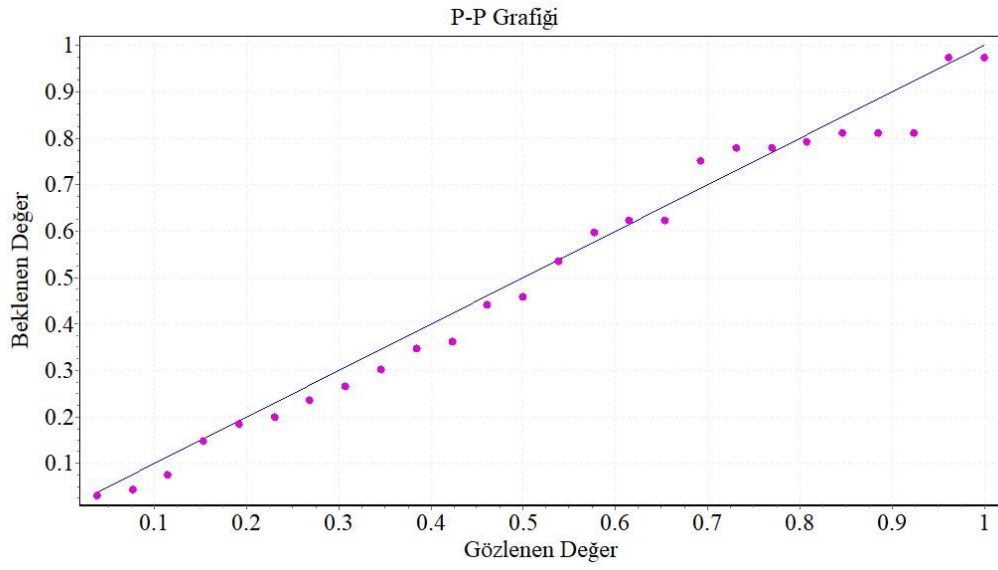
Pearson (3P) Dağılım P-P grafiği



### Log-Pearson Tip III Dağılım P-P grafiği



### Gen. Lojistik Dağılım P-P grafiği



## Log-Lojistik Dağılım P-P grafiği

