

## ÖZET

### KIRIKKALE ÇORUHÖZÜ DERESİNİN TAŞKIN PİK DEBİLERİNİN HESAPLANMASI VE BİR BOYUTLU MODELLENMESİ

DOĞU, Ali

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIZ

Ağustos 2016, 96 sayfa

Bu çalışmada, Kırıkkale il sınırları içerisinde bulunan yaklaşık olarak 692 km<sup>2</sup> alana sahip Çoruhözü deresi havzasında sentetik birim hidrograflar ile taşkın pik debileri tahmini yapılmıştır. Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'nda 2010 yılına kadar ölçülen yağış verileri kullanılarak çeşitli tekerrür süreleri için taşkın pik debileri DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleriyle hesaplanmıştır. Kırıkkale kent merkezinde dere ıslahı çalışmaları kapsamında 1999 yılında DSİ tarafından hesaplanan taşkın pik debilerine göre tasarlanan kesitlerin, bu çalışmada elde edilen 500 ve 1000 yıllık taşkın pikleri için yeterli olup olmadığı HEC-RAS programı kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; mevcut kesitlerin yetersiz olduğu görülmüştür. DSİ tarafından yapılan çalışmada 1996 yılına kadarki yağış verilerinin, bu çalışmada ise 2010 yılına kadarki verilerin esas alınması pik debi tahminlerindeki farklılığa sebep olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Taşkın, yağış, sentetik birim hidrograf, pik debi, Çoruhözü deresi, HEC-RAS, DSİ Sentetik Metodu, Mockus Metodu.

## ABSTRACT

### FLOOD PEAK COMPUTATIONS AND ONE-DIMENSIONAL MODELLING OF THE ÇORUHÖZÜ STREAM

DOĞU, Ali

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, M. Sc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Osman YILDIZ

August 2016, 96 pages

In this study, flood peaks for the Çoruhözü stream basin, which is located in the province of Kırıkkale with about 692 km<sup>2</sup> area, were predicted by synthetic unit hydrographs. Using the precipitation data until 2010 gathered from the Kırıkkale Meteorology Station, flood peak discharges corresponding to different recurrence intervals were computed using the State Hydraulic Works (DSİ) synthetic unit hydrograph and the Mockus unit hydrograph methods. The capability of the stream cross sections designed previously by DSİ for the 500- and 1000-year flood peaks in 1999 was investigated by HEC-RAS with the peak discharges estimated in this study. The results indicate that the existing cross sections built according to the 1999 stream restoration plan, which employed the precipitation data until 1996, seem to be simply inadequate for the 500- and 1000-year flood peaks computed from the recent precipitation data.

**Key Words:** Flood, precipitation, synthetic unit hydrograph, peak discharge, the Çoruhözü stream, HEC-RAS, DSİ Synthetic Method, Mockus Method.

## TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlama sürecinde öneri ve desteklerini her zaman sunan çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Osman YILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Sayın Doç. Dr. Kubilay CİHAN hocama, lisans eğitimimden başlayarak tezimin sonlanmasına kadar geçen zamanda ve sonrasında akademik gelişimim adına yardımlarını esirgemedikleri için; Sayın Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS hocama, tez savunmamı onurlandırdıkları ve tezimin son şekline gelmesine katkıda buldukları için; Sayın Prof. Dr. Esin ÇEVİK hocama, bana Hidrolik sevgisi aşıladıkları için; Sayın Prof. Dr. Ayşegül PEKSEL ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Şükrü Ayhan GAZİOĞLU hocalarıma, akademisyen aday olma konusunda beni cesaretlendirdikleri ve benimle tecrübelerini paylaştıkları için; Eski DSİ 56. Şube Müdürü Sayın Osman ÇİÇEKDAĞ'a, bana vakit ayırdığı için; Arş. Gör. Gaye OĞUZTÜRK'e ve Arş. Gör. Akın DUVAN'a, çalışmamın hazırlanması sırasında ettikleri yardımlar için teşekkür ediyorum.

Manevi desteğe en çok ihtiyaç duyduğum zamanlarda yanımda duran sevgili nişanlım Mihriban'a ve aileme ne kadar teşekkür etsem yetmez.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | i            |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | ii           |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....   | iii          |
| <b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....   | iv           |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....  | vii          |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....  | viii         |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | 1            |
| 1.1. Çalışmanın Amacı .....   | 2            |
| 1.2. Literatür Özetleri .....   | 3            |
| <b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....  | 6            |
| 2.1. Akım Tipleri .....   | 6            |
| 2.1.1. Açık Kanal ve Boru Akımları .....                                    | 6            |
| 2.1.2. Üniform ve Üniform Olmayan Akım .....                                | 7            |
| 2.1.3. Kararlı ve Kararsız Akım .....                                       | 8            |
| 2.1.3.1 Tedrici Değişen Kararsız Akım ve Ani Değişen Kararsız<br>Akım ..... | 9            |
| 2.2. Taşkın Hidrolojisi .....   | 13           |
| 2.2.1. Taşkın Tanımı .....  | 13           |
| 2.2.2. Taşkın Tekerrürü ve Olasılığı .....                                  | 13           |
| 2.2.3. Taşkın Sebepleri .....   | 14           |
| 2.2.3.1. Taşkına Etki Eden Fizyografik Faktörler .....                      | 14           |
| 2.2.3.2. Taşkına Etki Eden Meteorolojik Faktörler .....                     | 15           |
| 2.2.4. Taşkınların Hidrolojik Verileri .....                                | 15           |
| 2.2.4.1. Akım Verileri .....  | 15           |
| 2.2.4.1.1. Akım Gözlem İstasyonları .....                                   | 15           |
| 2.2.4.1.2. Akımın Periyodik Ölçüm Verileri .....                            | 16           |
| 2.2.4.1.3. Ekstrem Ölçüm Verileri .....                                     | 16           |
| 2.2.4.1.4. Tarihi Taşkın Verileri .....                                     | 16           |
| 2.2.4.2. Arazi Verileri .....   | 17           |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.4.2.1. Su Toplama Sahası Yüzölçümünün Büyüklüğü .....            | 17 |
| 2.2.4.2.2. Su Toplama Sahasının Şekli .....                          | 17 |
| 2.2.4.2.3. Su Toplama Sahasının Eğimi .....                          | 18 |
| 2.2.4.2.4. Su Toplama Sahasının Jeolojik Özellikleri .....           | 18 |
| 2.2.4.2.5. Su Toplama Sahasındaki Akarsu Yatakları .....             | 18 |
| 2.2.4.2.6. Su Toplama Sahasının Depolama Kapasitesi .....            | 19 |
| 2.2.4.2.7. Su Toplama Sahasının Bitki Örtüsü .....                   | 19 |
| 2.2.4.2.8. Su Toplama Sahasının Toprak Örtüsü .....                  | 19 |
| 2.2.4.2.9. Su Toplama Sahasının Yağış – Akış Bağıntısı .....         | 19 |
| 2.2.4.3. Yağış Verileri .....  | 21 |
| 2.2.4.3.1. Yağışın Şekli .....                                       | 21 |
| 2.2.4.3.2. Yağışın Şiddeti .....                                     | 21 |
| 2.2.4.3.3. Yağışın Süresi .....                                      | 21 |
| 2.2.4.3.4. Yağışın Zamansal Dağılımı .....                           | 22 |
| 2.2.4.3.5. Yağışın Alansal Dağılımı .....                            | 22 |
| 2.2.4.3.6. Yağış Ölçümleri .....                                     | 22 |
| 2.2.5. Taşkınların Hidrolojik Verilerinin Doğruluğu .....            | 22 |
| 2.2.6. Havza Yönetimi ve Modellenmesi .....                          | 23 |
| 2.2.6.1. Modellerin Sınıflandırılması .....                          | 25 |
| 2.2.6.2. Modellerin İrdelenmesi .....                                | 27 |
| 2.2.6.3 HEC-RAS Yazılımı .....                                       | 28 |
| 2.2.6.3.1. HEC-RAS Yazılımının Çalışması İçin Gerekli Veriler .....  | 28 |
| 2.2.6.3.1.1. Geometrik Veriler .....                                 | 28 |
| 2.2.6.3.1.2. Akım Verileri .....                                     | 29 |
| 2.3. Hidrograf .....   | 29 |
| 2.3.1. Hidrografın Şekli .....                                       | 29 |
| 2.3.2. Birim Hidrograf .....   | 30 |
| 2.3.2.1. Birim Hidrografın Elde Edilmesi .....                       | 31 |
| 2.3.2.1.1. Gözlem Değerlerinden Birim Hidrografın Elde Edilmesi .    | 31 |
| 2.3.2.1.2. Sentetik Yöntemlerle Birim Hidrografın Elde Edilmesi .... | 32 |
| 2.3.2.1.2.1. DSİ Sentetik Metodu .....                               | 32 |
| 2.3.2.1.2.2. Mockus Metodu .....                                     | 34 |
| 2.3.3. Boyutsuz Birim Hidrograf.....                                 | 36 |
| 2.4. Çalışma Alanı.....  | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.1. Havzanın Tanıtılması .....                                     | 38 |
| 2.4.2. Çoruhözü Deresinin Tanıtılması .....                           | 39 |
| <b>3. BULGULAR</b> .....  | 46 |
| 3.1. Hesaplamalar .....   | 46 |
| 3.2. Kesitlerin Oluşturulması .....                                   | 58 |
| 3.3. Model Analizi .....  | 61 |
| 3.3.1. D 765 Karayolu Köprüsü Kesitlerinin İncelenmesi .....          | 63 |
| 3.3.1.1. Proje Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....                  | 64 |
| 3.3.1.2. Proje Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu .....                 | 67 |
| 3.3.1.3. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....  | 70 |
| 3.3.1.4. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu ..... | 73 |
| 3.3.2. Ardiyeciler Köprüsü Kesitleri .....                            | 76 |
| 3.3.2.1. Proje Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....                  | 76 |
| 3.3.2.2. Proje Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu .....                 | 79 |
| 3.3.2.3. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....  | 82 |
| 3.3.2.4. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu ..... | 85 |
| 3.3.3. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kesitleri .....                      | 88 |
| 3.3.3.1. Proje Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....                  | 88 |
| 3.3.3.2. Proje Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu .....                 | 89 |
| 3.3.3.3. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>500</sub> Geçmesi Durumu .....  | 90 |
| 3.3.3.4. DSİ Sentetik En Düşük Q <sub>1000</sub> Geçmesi Durumu ..... | 91 |
| <b>4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....                                  | 92 |
| <b>KAYNAKLAR</b> .....  | 94 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>ÇİZELGE</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.1. Yağmur ve Kar Kaynaklı Taşkınların Karşılaştırılması.....                       | 14           |
| 2.2. Hidrolojik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri<br>No.ları .....     | 20           |
| 2.3. SCS Tarafından Geliştirilmiş Boyutsuz Birim Hidrografın<br>Koordinatları .....  | 37           |
| 3.1. DSİ raporuna baz teşkil eden yağış yükseklikleri .....                          | 46           |
| 3.2. Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu yağış yükseklikleri .....                       | 47           |
| 3.3. Havza ve ana akarsu kolunun çalışmada girdi olarak kullanılan<br>değerleri..... | 51           |
| 3.4. Havza için DSİ Sentetik yöntemiyle hesaplanan BH <sub>2</sub> .....             | 53           |
| 3.5. Havza için Mockus yöntemiyle hesaplanan BH <sub>2</sub> .....                   | 54           |
| 3.6. Q <sub>T</sub> ekstrem debiler için Z <sub>T</sub> katsayıları .....            | 55           |
| 3.7. DSİ Sentetik yöntemiyle elde edilen maksimum taşkın debileri ...                | 56           |
| 3.8. Mockus yöntemiyle elde edilen maksimum taşkın debileri .....                    | 57           |
| 3.9. Karayolu köprüsü modelinin program çıktıları .....                              | 62           |
| 3.10. Ardiyeciler köprüsü modelinin program çıktıları .....                          | 63           |
| 3.11. Düzenleme kanal kesitleri modelinin program çıktıları .....                    | 63           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>ŞEKİL</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 2.1. Serbest yüzeyli akım.....   | 6            |
| 2.2. Basınçlı akım ya da boru akımı .....  | 7            |
| 2.3. Kararlı ve kararsız bir akışkan akımının E özelliğinin değişimi .....                             | 8            |
| 2.4. Şematik tanım .....   | 9            |
| 2.5. Entegre havza yönetiminin aşamaları .....   | 24           |
| 2.6. Havza modellerinin sınıflandırılması.....   | 26           |
| 2.7. Model bileşenleri .....   | 26           |
| 2.8. Çoruhözü deresi düzenleme kesitinde kirlilik.....   | 27           |
| 2.9. Tipik bir hidrograf ve kısımları .....  | 30           |
| 2.10. Birim Hidrograf .....  | 31           |
| 2.11. Mockus Hidrografi.....   | 35           |
| 2.12. Boyutsuz birim hidrograflar.....   | 36           |
| 2.13. Çoruhözü havzasının uydu görüntüsü.....  | 38           |
| 2.14. Konveksiyonel yağış.....   | 39           |
| 2.15. Çoruhözü deresinin uydu görüntüsü .....  | 41           |
| 2.16. Çoruhözü deresinin Kızılırmak'a katıldığı nokta .....  | 42           |
| 2.17. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği .....  | 42           |
| 2.18. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-1 (Başpınar köprüsü)                                 | 43           |
| 2.19. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-2 (Başpınar köprüsü)                                 | 43           |
| 2.20. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-3 (Başpınar köprüsü)                                 | 44           |
| 2.21. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-4 (kesit içinde bitkiler)                            | 44           |
| 2.22. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit bitiş noktası .....   | 45           |
| 3.1. Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu yağış şiddet-süre-tekerrür eğrileri.                              | 48           |
| 3.2. Çoruhözü havzası için DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla elde edilmiş BH <sub>2</sub> 'ler ..... | 49           |
| 3.3. Yağışın alan dağılımı grafiği .....   | 50           |
| 3.4. Yağışın zaman içerisindeki dağılımı grafiği .....   | 50           |
| 3.5. Türkiye'de yağışın zaman içerisindeki dağılımı haritası.....                                      | 51           |
| 3.6. Türkiye'de kritik yağış süreleri haritası.....  | 52           |
| 3.7. Düzenleme kanalının tasarımına ait ölçü ve değerler .....   | 58           |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.8.  | Düzenleme kanalından alınan kesitlerinin uydu görüntüsü .....              | 60 |
| 3.9.  | D 765 Karayolu ve Ardiyeciler köprüsündeki kesitlerin uydu görüntüsü ..... | 60 |
| 3.10. | HEC-RAS girdisi olan kararlı akım verileri .....                           | 61 |
| 3.11. | Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit .....                                       | 64 |
| 3.12. | Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit .....                                       | 64 |
| 3.13. | Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit .....                                   | 65 |
| 3.14. | Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit .....                                   | 65 |
| 3.15. | Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit .....                                       | 66 |
| 3.16. | Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit .....                                       | 66 |
| 3.17. | Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit .....                                       | 67 |
| 3.18. | Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit .....                                       | 67 |
| 3.19. | Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit .....                                   | 68 |
| 3.20. | Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit .....                                   | 68 |
| 3.21. | Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit .....                                       | 69 |
| 3.22. | Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit .....                                       | 69 |
| 3.23. | Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit .....                                       | 70 |
| 3.24. | Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit .....                                       | 70 |
| 3.25. | Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit .....                                   | 71 |
| 3.26. | Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit .....                                   | 71 |
| 3.27. | Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit .....                                       | 72 |
| 3.28. | Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit .....                                       | 72 |
| 3.29. | Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit .....                                       | 73 |
| 3.30. | Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit .....                                       | 73 |
| 3.31. | Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit .....                                   | 74 |
| 3.32. | Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit .....                                   | 74 |
| 3.33. | Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit .....                                       | 75 |
| 3.34. | Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit .....                                       | 75 |
| 3.35. | Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit .....                                    | 76 |
| 3.36. | Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit .....                                    | 76 |
| 3.37. | Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit .....                                | 77 |
| 3.38. | Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit .....                                | 77 |
| 3.39. | Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit .....                                    | 78 |
| 3.40. | Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit .....                                    | 78 |

|   |    |
|---|----|
| 3.41. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit.....              | 79 |
| 3.42. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit.....              | 79 |
| 3.43. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit.....          | 80 |
| 3.44. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit.....          | 80 |
| 3.45. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit.....              | 81 |
| 3.46. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit.....              | 81 |
| 3.47. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit.....              | 82 |
| 3.48. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit.....              | 82 |
| 3.49. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit.....          | 83 |
| 3.50. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit.....          | 83 |
| 3.51. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit.....              | 84 |
| 3.52. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit.....              | 84 |
| 3.53. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit.....              | 85 |
| 3.54. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit.....              | 85 |
| 3.55. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit.....          | 86 |
| 3.56. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit.....          | 86 |
| 3.57. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit.....              | 87 |
| 3.58. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit.....              | 87 |
| 3.59. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit..... | 88 |
| 3.60. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit..... | 88 |
| 3.61. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit..... | 89 |
| 3.62. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit..... | 89 |
| 3.63. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit..... | 90 |
| 3.64. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit..... | 90 |
| 3.65. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit..... | 91 |
| 3.66. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit..... | 91 |

## 1. GİRİŞ

Günümüzdeki halini almasından çok önceleri dünyamızda bulunan su, varlığının ilk anından beri en güçlü yeryüzü şekillendiricisi olmuştur. Suyun bu şekillendirmesi, tedrici ya da ani olabilmektedir. Mağaralarda sarkıt ve dikitlerin oluşumu ilkinde, taşkınlar ise ikincisine örnektir.

Taşkın, bir akarsuyun halihazırda taşıdığı su miktarının, kar erimesi ve yağmur gibi hidrolojik olaylar sebebiyle çok kısa bir süre içerisinde artması ve sonucunda ana mecrası civarındaki tarım, hayvancılık, ulaşım, barınma ve sanayi için kullanılan arazi ve yapıları tahrip etmesidir.

Gerek orman alanlarının azaltılması ve büyük barajlar gibi çeşitli su yapılarının inşası gibi yapay, gerek coğrafi konumu ve yapısı gibi doğal nedenlerden; gerekse hem yapay hem doğal etkenlerin birlikte etkimesiyle meydana gelen küresel ısınma gibi olgulardan dolayı, şiddet-müddet-tekerrür açısından incelendiklerinde ülkemizde görülen yağışların, belirli bir düzenden yoksun olduğu görülür. Bu durum, taşkınların ne zaman ve ne şekilde gerçekleşeceğini bilmeyi imkansız hale getirmiştir.

Taşkının yaşamsal faaliyetler üzerinde doğrudan çok büyük etkide bulunması potansiyel bir taşkının özelliklerini öngörebilme ve gerekli tedbirlerin planlaması ihtiyacı doğurmaktadır. Ülkemizde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile yerel yönetimler bu ihtiyaca yönelik çalışmalar yürütmekte ve uzun ve kısa vadeli planlarını buna göre yapmaktadırlar.

DSİ tarafından tutulan kayıtlara göre, 1975 ile 2010 yılları arasında Türkiye’de 695 adet taşkın meydana gelmiş ve bunların sonucunda 634 kişi yaşamını yitirmiştir. Ayrıca, 810.000 hektar tarım arazi zarar görmüştür. Bu taşkınların ülke ekonomisine maliyeti yaklaşık olarak 3,7 milyon Amerikan doları olmuştur [1].

Kırıkkale il merkezinde 18.07.1999 tarihinde 21.30 ile 22.15 saatleri arasında meydana gelen su baskınında 4 kişi hayatını kaybetmiş, 3 kişi de yaralanmıştır. Mustafa Keskin Caddesi, Kafkas Caddesi, Yeşilöz Caddesi başta olmak üzere Sanayi,

Gündoğdu ve Bahçelievler mahallelerinde ciddi hasarlar görmüştür. Sanayi ve Ticaret İl Müdürlüğü tarafından tespit edilen toplam zarar 176.235.013.725 TL (eski TL) olmuştur [2].

Taşkın sonrasında DSİ 5. Bölge Müdürlüğünce oluşturulan komisyonun tespitleri doğrultusunda Kırıkkale il merkezinin taşkınlardan korunması için 1999 yılında taşkın önlemleri raporu hazırlanmış ve projede belirtilen iyileştirme çalışmaları hayata geçirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında il merkezinden geçen Çoruhözü deresinin Km 0+000- Km 4+500 ve Km 10+500- Km 14+000 arasındaki 8 km'lik bölümüne toplam 16 km uzunlukta, 20 cm kalınlıkta beton ile kaplanmış kanallar ve trafik akışını sağlamak üzere 1 adet köprü de yapılmıştır [3].

Bu çalışmada, Çoruhözü deresi üzerinde DSİ tarafından inşa edilen kanallar ve Çoruhözü deresinin D 765 Karayolu üzerinde bulunan köprü ve hemen yakınındaki Ardiyecileri mevkisindeki köprüde çalışma kapsamında alınan ölçümler sonucu oluşturulan kesitler HEC-RAS yazılımı yardımıyla modellenmiş ve Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilen yağış verileri kullanılarak hesaplanan 500 yıllık ( $Q_{500}$ ) ve 1000 yıllık ( $Q_{1000}$ ) tekerrüre sahip taşkınların pik debilerinin geçmesi halinde modellenen en kesitlerin yeterli olup olmayacağı araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında dört bölüm bulunmaktadır. Birinci bölümde taşkın tanımı yapılmış, çalışmanın amacı belirtilmiş, literatür özeti verilmiştir. İkinci bölümde materyal ve metot bilgisi verilmiştir. Üçüncü bölümde bulgular sunulmuş ve dördüncü bölümde sonuçlar ve öneriler tartışılmıştır.

### **1.1.Çalışmanın Amacı**

Kırıkkale, İç Anadolu Bölgesi coğrafyasının ve ikliminin doğurduğu sonuçlardan ötürü konvektif yağışların çok sık gözlemlendiği bir şehirdir. Kısa sürede şiddetli yağışlar nedeniyle su baskınları sıklıkla görülmektedir. Sadece 2011 ve 2015 yılları arasında bile 3 defa taşkın gerçekleşmiştir. 2011 Haziran ayında Irmak beldesinde, 2014 Ağustos ayında Merkez ilçede ve 2015 Haziran ayında ise yine Kırıkkale şehir merkezinde taşkınlar yaşanmıştır [4].

Görüldüğü gibi, şehir yaz aylarında şiddetli yağışlara maruz kaldığı için sıklıkla taşkınlar meydana gelmektedir. Bu nedenledir ki, Kırıkkale’de yaşanabilecek taşkınların önceden ne boyutta gelebilecek olduğunu ve olası etkilerini araştırmak yüksek önem arz etmektedir. Kırıkkale Merkez’de yapılmış olan Çoruhözü deresi üzerindeki düzenlemelerin tasarım debilerinin proje safhasındaki değerleri ile güncellenmiş yağış verilerinden elde edilen aynı tekerrürlü debilerin aynı olmayacağı savını kontrol etmek ve yeni debilerin güvenli bir şekilde kesitlerden geçip geçmeyeceği sınımlanmalıdır. Bu çalışma, DSİ tarafından Kırıkkale şehir merkezinde yapılmış kanal kesitlerinin, DSİ tarafından Mockus yöntemiyle belirlenmiş taşkın debilerinin değerlerini ve raporda verilen taşkın debileri altındaki performansını kontrol etme amacıyla yapılmış; aynı zamanda D 765 karayolunun geçtiği köprüünün ve hemen mansabında kalan Ardiyeciler mevkisi olarak bilinen yerdeki köprüünün (bu çalışmada Ardiyeciler köprüsü adıyla geçmektedir) hem DSİ’nin raporundaki taşkın debilerini hem de geçemeyeceği öngörülen en küçük  $Q_{500}$  ve  $Q_{1000}$  debilerini, köprü üstünde bizzat alınan ölçümlerle tespit kesitlerden güvenle geçirip geçirmeyeceklerini de görmek amaçlanmıştır.

## **1.2. Literatür Özeti**

Taşkın, etkilerinin ve niteliğinin belirlenmesi istenen doğal bir afet cinsidir. Sayısal ortamda hazırlanan modellemelerle tahminler yapılması zaman alacak hesaplamaların kısa sürede yapılıp taşkın olası etkileri ve özellikleri tahmin edilebilir. Bu amaçla birçok paket program geliştirilmiştir. Bu yazılımlara Amerika Birleşik Devletleri Kara Kuvvetleri İstihkam Birliği (United States Army Corps of Engineers) mühendislerince geliştirilen HEC-RAS, HR Wallingford tarafından geliştirilmiş CES/AES, Danimarka Hidroloji Enstitüsü (Danish Hydrological Institute) tarafından piyasaya sürülmüş MIKE HYDRO Basin, ABD Çevre Koruma Kurumu’nun (USEPA) geliştirdiği BASINS (Better Assessment Science Integrating Point and Non-point Sources) örnek olarak sunulabilir. Bu programlar sayesinde taşkın sularının hangi sınırlara kadar yükseleceği ve su yüzey profil çeşidinin ne olacağı gibi önemli bilgiler tahmin edilebilir.

Bu çalışmada da kullanılan HEC-RAS paket programı, gerek kolayca anlaşılıp kullanılabilen arayüzü gerekse ArcGIS benzeri programlarla uyumlu çalışabilmesi nedeniyle akademik çalışmalarda çokça tercih edilmekte olan bir yazılımdır.

Ö. Kara, yaptığı çalışmada dört farklı dikdörtgen köprü açıklığını yapay kanal düzeneğinde beş farklı debi geçmesi durumunda meydana gelen su yüzeyi profillerini HEC-RAS yazılımıyla elde ettikleriyle kıyaslamış ve aralarında uyum olduğu sonucuna varmıştır [5].

C. T. Ackerman ve ark., daha önceden gerçekleşmiş taşkın verilerini kullanarak su seviyeleri belirleme çalışmasında HEC-RAS modelinin doğruluğunu göstermeyi amaçlamış, modelden elde edilen sonuçların taşkın tahmininde ve yerleşim yeri planlamasında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir [6].

C. T. Ackerman ve ark., HEC-RAS yazılımı gibi yazılımlarda coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) yeterliliğinin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmiş, RAS Mapper ile HEC-RAS'te hidrolik mühendislerinin ihtiyaç duyacağı geospacial verilerin tek bir modelde, ekstra bir CBS yazılımı kullanmadan simülasyon sonuçlarından elde edilebileceğini, hidrolik model kullanıcılarının hidrolik analiz sonuçlarına odaklanabileceğini belirtmişlerdir [7].

G. Onuşluel Gül ve ark., HEC-HMS ile İzmir Bostanlı havzası için taşkın hidrografları elde etmiş, bölge için HEC-GeoRAS ve HEC-RAS kullanarak yaptıkları modelleme ile bölgede taşkın tedbirlerinin yeterli olmama ihtimali üzerinde durmuşlardır [8].

İ. Uçar, Trabzon Değirmendere havzasının arazi modelini ArcGIS ile oluşturmuş, HEC-RAS yazılımı ile de hidrolik analizlerini yapmıştır. İstatistiksel metotlarla elde ettiği çeşitli tekerrürlü debileri kullanarak taşkın risk haritaları temin etmiştir [9].

İ. Tuncer, İstanbul Küçükçekmece Gölü çevresindeki yerleşim yerleri ve ulaşım sistemlerinin bulunduğu bölgedeki Nakkaş Deresi'ni ele almış, taşkın sırasında meydana gelecek su seviyelerini Excel yardımıyla hesaplamış ve HEC-RAS'te modelleyerek iki yazılımdan elde ettiği sonuçları kıyaslamıştır. Sonuç olarak, uygulama sahasında tasarlanan kaplamalı trapez kanalın, bulduğu su seviyeleri için yeterli olduğunu ifade etmiştir [10].

E. Şahin ve ark., Kıbrıs Güzelyurt'ta yaşanan taşkını irdelemişler, havzaya ait yüzeysel özellikleri yağış verilerini kullanarak SCS Sentetik birim hidrografını elde etmişler, HEC-RAS yazılımı ile Bostancı ve Fabrika derelerini modellemişler ve analizlerin sonucunda iki dere için taşkın önleyici önlemler önermişlerdir [11].

H. Efe, Batman Çayı'na ait Yeni Malabadi Köprüsü ve Diyarbakır – Batman Karayolu Köprüsü arasındaki akarsu kesiminde tek boyutlu taşkın analizi yapmış ve HEC-RAS yazılımını çalışmasında kullanmıştır. Doğal dere yatağında 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yılda bir tekerrür eden debilerde su yüzeyinin ulaştığı kotları tespit etmiştir [12].

M. Üyükoğlu, Manavgat ilçesi Ilıca deresi için taşkın yayılım alanlarını bulmak için HEC-RAS kullanarak bir model oluşturmuştur. Bu çalışmasında Ilıca deresine, alternatif bir güzergah seçmiş, üzerinde düzenleme yapıp HEC-RAS kullanarak taşkın kontrolü sağlaması yapmıştır [13].

M. Ünsal ve ark., Kılavuzlu Barajı sulama kanalını HEC-RAS ile modellemiş, modelle elde edilen su derinliklerinin projedeki değerlerle uyumlu olduğunu göstermiştir [14].

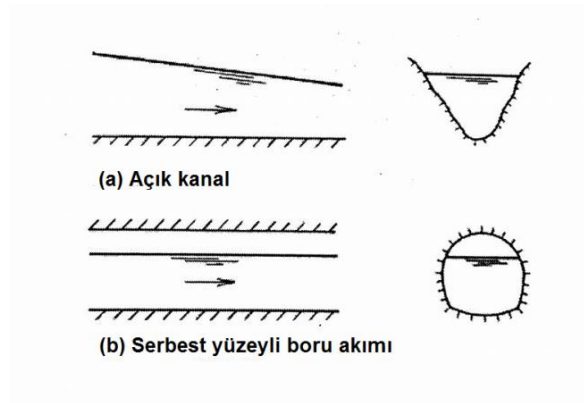
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Akım Tipleri

Akışkan akımlarının sınıflandırılması akımın ya da akışkanın kendi özelliklerinin yanı sıra akış olayının gerçekleştiği yerin özelliklerine göre de olabilir. Akışın gerçekleştiği yere göre açık kanal akımı ya da boru akımı sınıflandırması yapılabilir. Akıma ve/veya akışkana ait özelliklerine göre yapılan sınıflandırmada ise kararlı ve kararsızlık durumu ya da üniformluk ve üniform olmama durumu kriterdir.

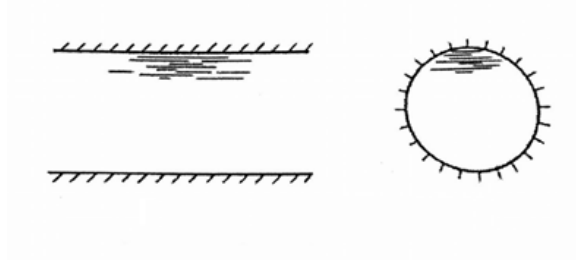
#### 2.1.1. Açık Kanal ve Boru Akımları

Akışkanlar bir yerden bir yere doğal veya yapay iletim yapılarıyla taşınır. Bu yapıların enkesitleri en üst bölümlerinde açık ya da kapalı olabilir. En üst noktası tamamen kapalı olan bu yapılar kapalı kanal olarak, açık olanlar da açık kanal olarak adlandırılır. Açık kanal ya da serbest su yüzeyine sahip kapalı bir kanaldaki akıma açık kanal akımı denir. Serbest yüzeyli akımda akışkan genellikle atmosfer basıncına maruzdur (Şekil 2.1). Yeraltı suları ve yüzey altı suları bunun istisnasıdır. Serbest bir sıvı yüzeyi bulunmuyor ise kapalı kanaldaki bu akıma boru akımı ya da basınçlı akım adı verilir (Şekil 2.2) [15].



Şekil 2.1. Serbest yüzeyli akım [15]





Şekil 2.2. Basınçlı akım ya da boru akımı [15]

### 2.1.2. Üniform ve Üniform Olmayan Akım

Akışkan akımı içindeki bir noktada akışkanın yoğunluk, hız, sıcaklık vs. gibi özellikleri, bulunduğu noktanın konumunun ve zamanın fonksiyonudur. Bu özellik

$$E = E(x, y, z, t) \quad (2.1)$$

ile formülize edilebilmektedir. E; akışkana ait özelliklerin yanı sıra, akıma ait herhangi bir özelliği de temsil edebilir. Bu özellikler göz önünde bulundurularak akım tipleri sınıflandırılır.

Bir akım, konuma göre sınıflandırılabilir. Hareket süresince, bir akışkanın ve/veya akımın özellikleri hiçbir s konumunda değişim göstermiyorsa bu haldeki akıma üniform akım denir.

$$\frac{\partial E}{\partial s} = 0 \quad (2.2)$$

Hareket etmekte olan bir akışkan akımında akım boyunca, akım ve/veya akışkanın özellikleri değişiyorsa bu akıma üniform olmayan akım olarak adlandırılır.

$$\frac{\partial E}{\partial s} \neq 0 \quad (2.3)$$

Üniform akıma nehir akımlarının bir kısmı ve açık kanal akımları, üniform olmayan akımlara da nehir tipi elektrik santrallerinde bağlamalar yüzünden bağlama arkasındaki kabarmış akarsu örnek verilebilir.

### 2.1.3.Kararlı ve Kararsız Akım

Bir akışkanın akımı içinde dikkate alınan herhangi bir noktadaki akıma ve/veya akışkana ait tüm özelliklerin zaman içinde değişime uğramadan sabit olması halindeki akıma kararlı (permenant) akım denir.

$$\frac{\partial E}{\partial t} = 0 \quad (2.4)$$

veya

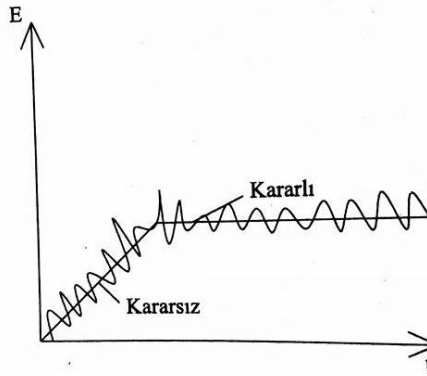
$$E = E(x, y, z) \quad (2.5)$$

Hareket halindeki bir akışkanın içinde dikkate alınan, konumunda değişim olmayan herhangi bir noktadaki akıma ve akışkana ait tüm özellikler zaman içinde değişiyorsa bu tip akımlara kararsız akım denir, yani

$$\frac{\partial E}{\partial t} \neq 0 \quad (2.6)$$

olur [16].

Şekil 2.3'te E özelliğinin değişimi ile akımın adlandırılması arasındaki ilişki görülmektedir.

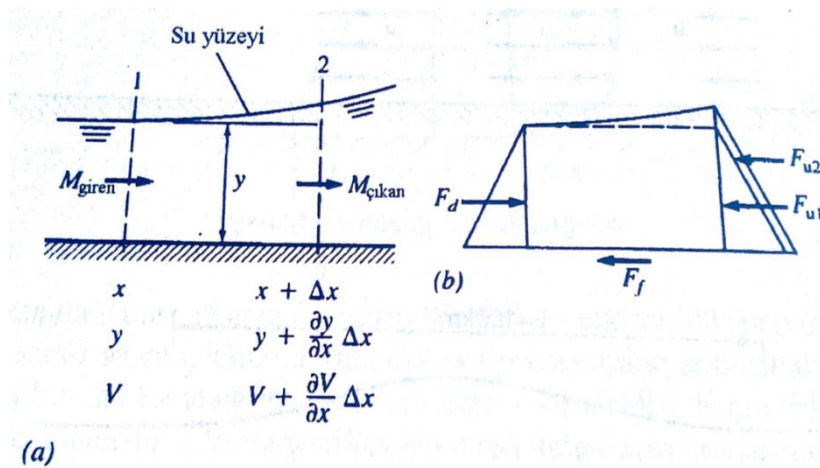


Şekil 2.3. Kararlı ve kararsız bir akışkan akımının E özelliğinin değişimi [16]

### 2.1.3.1. Tedrici Değişen Kararsız Akım ve Ani Değişen Kararsız Akım

Bir kanaldaki akımın derinliğindeki değişimin oranına göre, kararsız akımları, tedrici değişen kararsız akım ve ani değişen kararsız akım olarak sınıflandırmak mümkündür. Tedrici değişen kararsız akımları tanımlamak amacıyla Süreklilik Denklemi ve Hareket Denklemi'nden faydalanılır. Bu denklemleri yazarken aşağıdaki kabuller söz konusudur:

- Akım yüzeyinde eğrilik çok değilse, hidrostatik basınç dağılımı vardır.
- Kanal tabanının eğimi çok küçük ise, ölçülecek akım derinliği kanal tabanının normaline eşit olur ( $\sin 0 \approx \tan 0$ ). Burada, kanal tabanının yatay düzlem ile arasındaki açının 0 olduğu kabulü söz konusudur.
- Kanalın enine kesitindeki hız değişimi üniform olur.
- Enine kesit ve taban eğimi akış yolu ile değişmiyor ise prizmatik kanal kabulü yapılır.
- Kararsız akımdaki sürtünme kayıplarını hesaplamak için kararlı akımdaki ampirik ifadeler kullanılabilir.



Şekil 2.4. Şematik tanım [16]

Şekil 2.4'te görülen  $x$  ve  $x + \Delta x$  mesafelerindeki enine kesitleri incelensin. Akım yönü pozitif alınıp akım derinliğini dik olarak ölçülsün.  $x$  noktasındaki akım derinliğine  $y$ ,

akım hızına  $V$  denilsin.  $x + \Delta x$  mesafesindeki değerleri ise  $y + (\partial y / \partial x) \Delta x$  ve  $V + (\partial V / \partial x) \Delta x$  olur.

Süreklilik denklemini yazarken, şekil (a)'daki 1 ve 2 kesitleri arasındaki kontrol hacmine kütle korunumu prensibi uygulanır.  $\Delta t$  zamanında giren kütle

$$M_{in} = \frac{\gamma}{g} AV \Delta t \quad (2.7)$$

çıkan kütle ise;

$$M_{out} = \frac{\gamma}{g} (A + (\partial A / \partial x) \Delta x) (V + (\partial V / \partial x) \Delta x) \Delta t \quad (2.8)$$

olur. Net kütle taşınımı

$$M_{net} = M_{in} - M_{out} = -\frac{\gamma}{g} [u(\partial A / \partial x) + A(\partial u / \partial x)] \Delta x \Delta t \quad (2.9)$$

olarak bulunur. Burada yüksek mertebeden terimler ihmal edilmiştir.

$\Delta t$  zamanında kontrol hacim içinde kütle artışı

$$\frac{\gamma}{g} (\partial A / \partial t) \Delta x \Delta t \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Kontrol hacmine giren net kütle,  $\Delta t$  zamanındaki kütle artışına eşitlenir ve iki taraf da

$\frac{\gamma}{g} \Delta x \Delta t$  'ye bölünürse ve düzenlenirse

$$\frac{\partial A}{\partial t} + u \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial (uA)}{\partial x} = 0 \quad (2.12)$$

halini alır.

2.11 denklemi, kütle korunumundan elde edilen 1 Boyutlu Süreklilik Denklemi olarak adlandırılır.

Akım gözlem istasyonlarında su seviyesi değişimleri kolaylıkla kaydedildiğinden birim alan ifadesinin yüzeyde tanımlanması uygundur. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra

$$u \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (2.13)$$

haline gelir.

Akım yönündeki momentum denklemi kontrol hacmine Newton'un İkinci Kanunu'nun uygulanmasıyla bulunur. Buna göre, kontrol hacmindeki momentumun zamansal değişimi, kontrol hacmindeki net momentumla kontrol hacmine etkiyen kuvvetlerin toplamına eşittir.

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra, Newton'un 2. Kanunu'na göre momentum sakınım ifadesi

$$\Delta x \frac{\partial}{\partial t} (\rho u y) = -\Delta x \frac{\partial}{\partial x} (\rho u^2 y) + \rho g y \Delta x S_0 - \rho g y \Delta x S_f - \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{2} (\rho g y^2) \Delta x \right) \quad (2.14)$$

şeklinde ifade edilebilir [17]. Bu denklemin her tarafı  $\rho \Delta x$  ifadesine bölünür ve düzenlemeler yapılırsa

$$\frac{u}{y} \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u^2}{y} \frac{\partial y}{\partial x} + 2u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f) \quad (2.15)$$

elde edilir. (2.13) denklemi (2.15) denkleminde yerine konursa

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f) \quad (2.16)$$

elde edilir. 2.13 denklemi ile 2.16 denklemi birlikte kullanılarak bir boyutlu zamanla yavaş değişen akım problemleri çözülebilir. Bu denklemlere St. Venant Denklemleri denir.

St. Venant denklemleri, Bütünleştirilmiş Dinamik Denklemler olarak da bilinirler. Birinci mertebeden doğrusal olmayan kısmi diferansiyel denklemler olduklarından ötürü bu denklemleri doğrusal analitik yolla çözmek mümkün değildir. St. Venant denklemlerini çözmek için 3 değişik metot kullanılır: Dinamik model (Dinamik dalga), Difüzyon modeli (Difüzyon dalga), Kinematik model (Kinematik dalga).

Doğrusal olmayan terimlerden ötürü, çok basit haller haricinde St. Venant denklemlerinin kapalı çözümleri bulunmamaktadır. Bu sebeple, nümerik metotlar kullanılır. Karakteristikler Metodu ve Sonlu Farklar Metodu en çok kullanılan metotlardır.

Zamanla (tedrici) değişen kararsız akım ve hızlı (ani) değişen kararsız akım sınıflandırması, hareket denklemlerindeki değişik terimlerin birbirine göre rölatif olarak önemine bağlı biçimde yapılmaktadır.

Tedrici değişen akımlarda, hızdaki değişim miktarı mesafeye bağlı olarak çok küçüktür. Yani, düşey alanda akım çizgilerinin eğrilik yarıçapları su derinliği ile kıyaslandığında çok büyüktür. Bu, düşey ivmenin etkin olmadığını gösterir ve basınç dağılımının hidrostatik basınç dağılımıyla yaklaşık aynı olduğu kabul edilebilir. Düşey boyunca dalgadan dolayı meydana gelen dinamik basınç uniform alınabilir. Ani değişen akımlarda bu durum tam tersidir. Düşeydeki momentum dengesi esas alındığında, temel ayırım, düşey ivmenin ihmal edilebilecek mertebede olup olmadığıdır.

Kararsız akımlarda bir noktadaki akımın hızında değişiklik meydana gelir. Bu tip akımlar nehir gibi doğal ya da sulama kanalları gibi yapay kanallarda su seviyesinde değişim olursa veya giriş ve çıkış akımlarının arasındaki oran değişirse oluşabilir. Akarsulardaki taşkın dalgaları, nehir tipi hidroelektrik santrallerde bağlama ardında gerçekleşen kabarma, akarsu ağızlarındaki gelgit etkileri, düşey ivme bileşeni küçük

olduğundan tedrici değişen kararsız akıma; kanallardaki kapak operasyonları sonucunda oluşan kabarma dalgaları ise ani değişen kararsız akıma örnek verilebilir [16].

## **2.2. Taşkın Hidrolojisi**

### **2.2.1. Taşkın Tanımı**

Taşkın; durağan ya da hareket halindeki bir su kütlesinin miktarının kar erimesi, yağmur gibi hidrolojik olaylardan ötürü kısa bir süre içerisinde artmasına ya da deprem, kasırga gibi bir nedenle önündeki engellerin (sedde, vb.) yıkılmasına bağlı olarak çevresine yayılması ve civarındaki tarım, hayvancılık, ulaşım, barınma ve sanayi gibi faaliyetler için kullanılan arazi ve yapıları tahrip edebilecek duruma gelmesidir.

Taşkın diğer bir tanımı; belirli bir süre zarfında ölçümü yapılmış akımlar arasında en üst sınır değeri ya da debi gidiş eğrisinin en büyük değeridir, şeklidir.

### **2.2.2. Taşkın Tekerrürü Ve Olasılığı**

Tekerrür, herhangi bir serideki belirli bir olayın ortalama tekrarlanma süresidir. Taşkın tekerrürü analizi için yıllık, aylık, mevsimlik gerçek süre serileri kullanılır. İstatistik biliminden faydalanarak taşkın frekans analizi yapılmaktadır. Taşkın periyodu  $T$  kaç ise o taşkın gelme olasılığı  $1/T$  yıldır.

Taşkınların düzenli zaman aralıklarında meydana gelmesi beklenemez. Tekerrür süresi uzun olan taşkınlar birkaç yıl ardı ardına gelebilir. Bu nedenle herhangi bir tekerrür süresine sahip taşkın olasılığı hiçbir zaman %100 olamaz. İster taşkın miktarı isterse de tekerrürü ancak belirli bir olasılık sınırları içinde tahmin edilebilir. Esas olarak, geçmişteki gözlemler ışığında gelecekte oluşabilecek taşkın tahmini, geçmişte gerçekleştirilen gözlemlerin ileriki yıllarda da değişime uğramayacağını kabul etmek demektir ve aynı serilerle karşılaşılabileceği iddiasında bulunulamaz. Gözlemler ne kadar uzun süreli olursa olsun yapılan tahminler sadece istatistiksel anlam taşır [18].

### 2.2.3. Taşkının Sebepleri

Taşkını meydana getiren sebeplerin bilinmesi; yapılacak debi miktar ve su seviyesi tahmini ile, aynı bölgede olası yeni taşkınlar için alınacak yatak düzenlemesi ve taşkın duvarı inşası gibi önlemlerin belirlenebilmesi için hayati önem taşımaktadır. Ülkemizde taşkınların kışın gerçekleşenlerinin asıl sebebi yağmurlardır. İlk baharla birlikte havaların ısınması, soğuk havanın etkisiyle henüz eriyememiş karların eriyerek akış haline dönüşmesine yol açar. Bu nedenle ilk baharda meydana gelen taşkınların büyük bir bölümünün sebebinin kar erimesi olduğu söylenebilir. Birbirlerine göre kıyaslandıklarında, yağmurdan kaynaklanan taşkınlar hidrolojik özellikler bakımından kar kaynaklı taşkınlardan ayrılmaktadır. Bu farklılık aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır [18].

**Çizelge 2.1.** Yağmur ve Kar Kaynaklı Taşkınların Karşılaştırılması

| Taşkın Türü            | Pik Debi | Pike Ulaşma Süresi | Taşkın Süresi |
|------------------------|----------|--------------------|---------------|
| Yağmur Kaynaklı Taşkın | Yüksek   | Kısa               | Kısa          |
| Kar Kaynaklı Taşkın    | Düşük    | Uzun               | Uzun          |

*Kaynak:*[18]

Taşkınların oluşum nedenlerinin bilinmesi meydana gelebilecek taşkınların özelliklerinin irdelenmesinde kullanılabilecek doneleri bizlere sunmaktadır. Meydana gelmiş bir taşkın doğru şekilde gerçekleştirilecek analizi aynı ya da benzer özelliklerdeki havzalarda daha sonra meydana gelebilecek taşkınların mahiyetini tahmin edebilmemize yardımcı olabilmektedir. Analizin verimli bir şekilde yapılabilmesi taşkın hangi etkenlerin meydana getirdiği ile alakalıdır. Bir havzada taşkını oluşturan etkenlerin tespit edilebilmesi taşkın analizinde karşılan en önemli sorunlardandır. Taşkında üzerinde etkisi bulunan faktörleri iki grupta inceleme olanağı söz konusudur.

#### 2.2.3.1. Taşkına Etki Eden Fizyografik Faktörler

Havzanın kapladığı alanının büyüklüğü, akarsuya ait olan yatağın fiziksel özellikleri, yatak eğimi, arazinin eğimi, akarsuyun ana ve yan kollarından meydana gelen akarsu ağında kolların sıklığı, yatağın biçimi, pürüzlülük durumu, havza içinde bulunan göller



gibi diğerk doğall ve yapay su kaynakları ve bu su kaynaklarının sularının nerelerde konumlandığı, havzanın coğrafi konumu ve topoğrafik özellikleri, zeminin çeşidi ve yapısı gibi jeolojik özellikler, arazinin tarımsal ya da yerleşim gibi kullanılış biçimleri fizyografik faktörler arasında sayılabilir.

### **2.2.3.2. Taşkına Etki Eden Meteorolojik Faktörler**

Akarsuyun su toplama havzası içinde gerçekleşen meteorolojik olaylar meydana gelecek taşkının özellikleri üzerinde doğrudan etkili olabilmektedir. Bu olayları etkileyen faktörler meteorolojik faktörler olarak adlandırılabilirler. Yağışın havza alanındaki dağılımı, hangi hacimde yağışın düştüğü, düşen yağışın ne kadar sürede düştüğü, yağışa neden olan fırtınanın yönü, taşkın kar ve buz erimesi nedeniyle oluştuysa erimenin derecesi, havzanın yer aldığı coğrafyanın ikliminin kurak ya da sulak oluşu taşkına etki eden meteorolojik faktörler arasında sayılabilir.

### **2.2.4. Taşkınların Hidrolojik Verileri**

Taşkın hesaplarında çeşitli hidrolojik veriler kullanılmaktadır. Hidrolojik verilerin (donelerin) kullanılmasının ne denli önemli olduğu taşkın hesabına yaptıkları etkiye bakılarak anlaşılabilir. Taşkın hesaplarında kullanılan hidrolojik doneler genel itibariyle arazi, akım ve yağış verileri olarak sınıflandırılabilirler. Bu veriler arasında akım doneleri taşkın hesaplarında doğrudan etkilidir. Bu yüzden bu verilerin önem derecesi yüksektir ve güvenilir olmaları istenir.

#### **2.2.4.1. Akım Verileri**

##### **2.2.4.1.1. Akım – Gözlem İstasyonları**

Akım verileri, akarsu üstüne kurulan akım gözlem istasyonlarında (a.g.i.) yapılan ölçümlerden elde edilirler. Bir a.g.i. verilerini; coğrafi konumuna, ölçümlerin yapıldığı zaman içinde su toplama sahasında herhangi bir değişiklik olup olmadığına, ölçümleri yapmak için hangi teçhizatın kullanıldığına, taşkın kayıtlarının eksiksiz düzenlenip düzenlenmediğine, taşkınların hangi zaman dilimlerinde geldiğine, gözlem zamanı ile ölçülmüş maksimum debi miktarına, maksimum taşkın debileri ile maksimum ölçülen

debi arasındaki orantının nasıl olduğuna, düşen yağışın ne kadarının akışa geçtiğine bakıp güvenilirliğine kanaat getirilirse kullanmak gerekir.

Bazı akarsularda akım gözlem istasyonu bulunmamaktadır; ancak bu durum, o akarsu üzerinde nehir tipi hidroelektrik santrali (HES) gibi projeler hayata geçirilmek istendiğinde önemli bir sıkıntı doğurmaktadır. Bir akım gözlem istasyonunun bulunmadığı hallerde ya da kapatıldığından dolayı verilerin bulunmaması nedeniyle elde edilememiş olan akım verilerinin yerine sentetik yöntemler uygulanarak elde edilen birim hidrograflar kullanılabilir.

#### **2.2.4.1.2. Akımın Periyodik Ölçüm Verileri**

Periyodik ölçümler genellikle 08.00 – 16.00 saatleri arasında yapılır. Bunlara ait doneler ilgili gözlem yıllıklarında verilir. Gözlem yıllıklarından faydalanırken hata düzeltilmesi var mı yok mu araştırılmalı, baraj gibi yapılar bulunması halinde barajdan bırakılan değerler düşülmüş mü düşülmemiş mi, civar istasyonlarla uyum var mı yok mu araştırmak gereklidir.

#### **2.2.4.1.3. Ekstrem Ölçüm Verileri**

Ekstrem ölçümler maksimum ve minimum taşkınların hesaplanmasından temel doneyi oluşturdukları için hatasızca yakın tayin edilebilmeleri sonuçların güvenilirliğine etki eder. Anlık piklerin yakalanması belirli gözlem saatlerine bağlı olmadan, taşkınların devam ettiği süre boyunca, gerektiğinde çok küçük zaman aralıklarına kadar inen gözlemlerin yapılması lazım olabilir. Bütün taşkınları tamamen kaydedilememiş küçük havzaların a.g.i. verilerinde anlık piklerin doğruluğu şüphelidir [18].

#### **2.2.4.1.4. Tarihi Taşkın Verileri**

Tarihi taşkın kayıtlarının değerlendirilmesi sentetik yolla hesaplanacak değerlerin tahkik edilmesi bakımından önemlidir. Taşkın sahasında yaşayan yaşlı nüfusun gözlemlerinden, akarsu yatak cidar durumlarından, bu cidarlardaki taşkın izlerinden, yataktaki rüsubat çeşidinden elde edilecek sonuçlarla geçmişte yaşanmış bir taşkınların özellikleri hakkında bir kanıya sahip olunmalıdır.

Taşkın yıllıkları önemli kaynaklardır. Bu yıllıklardan elde edilecek donelerin korunmasına gereksinim duyulur.

#### **2.2.4.2. Arazi Verileri**

Bir akarsuyun yağışlar ve yeraltı sularıyla beslendiği ve suyunu topladığı coğrafi birime havza adı verilir. Drenaj alanı, drenaj sahası ya da su toplama sahası isimleriyle de tanımlanabilir. Drenaj alanının özellikleri ile meydana gelmesi muhtemel taşkının büyüklüğü, pike ulaşma süresi, taşkının devam ettiği süre orantılıdır. Taşkının büyüklüğü açısından bu oran literatürde, değişen bir C katsayısı ile birlikte drenaj alanı üssünün ortalama  $2/3$ 'ncü kuvveti olarak verilmiştir. Türkiye'de analiz sonuçlanıncaya kadar bu oranın kullanılması eğilimi vardır [18].

##### **2.2.4.2.1. Su Toplama Sahası Yüzölçümünün Büyüklüğü**

Su toplama alanının yüzölçümü, sentetik yöntemlerle taşkın hidrograf tahminlerinin çok önemli ayaklarından biridir. Bir yağış sonrası yağışın düştüğü havzanın büyüklüğü, akışa geçecek olan suyun miktarına, dolayısıyla oluşabilecek taşkının büyüklüğüne doğrudan etki eder. Havza yüzölçümünün büyük olması arttıkça toplanıp akarsuda akış haline gelecek su miktarını artırır. Taşkın pik debiye ulaşma zamanı, sürme süresi, taşkın taşıyacağı su hacmi ile su toplama alanının yüzölçümü ile doğru orantılıdır.

##### **2.2.4.2.2. Su Toplama Sahasının Şekli**

Büyüklükleri ve diğer özellikleri aynı olan su toplama sahalarında gelecek taşkın hacmi aynı olmasına karşın bölgenin şekline bağlı olarak debi miktarı, pike ulaşma ve devam süreleri farklılık gösterir. Örneğin, proje kesitine sapsi yukarıda olacak şekilde oturtulmuş armut şeklindeki bir alanda ortaya çıkacak debi, zıt şekilde konumlanmış aynı şekildeki alanda ortaya çıkacak debiden daha fazla olacaktır. Ayrıca, pike ulaşma ve taşkın devam süresi ilk alan için daha kısa olur. Bu nedenden ötürü, sentetik yöntemlerdeki taşkın hesapları sırasında havza ağırlık merkezinin ana akarsu kolu üzerindeki izdüşümünün proje kesitine olan uzaklığı ( $L_c$ ) olarak kullanılır. Bu uzunluk ne kadar kısalsa taşkın o kadar büyük olacaktır.

#### **2.2.4.2.3. Su Toplama Sahasının Eğimi**

Alansal ve diğer özellikleri aynı olan iki su toplama sahasından birbirine denk taşkın hacimleri ortaya çıkacak olmasına karşın eğimi daha büyük olandan meydana gelecek taşkın pike ulaşma süresi ve devam süresi eğimi küçük olana göre daha az olacaktır. Genellikle bu eğim, ana akarsu kolunun harmonik eğimi olarak kabul edilir; fakat akarsu boyu harmonik eğiminin havzanın genel eğiminden alenen az olması durumunda hesaplanan taşkın değerleri beklenenden her zaman daha düşük olur. Bu gibi durumlarda su toplama sahasının alanı yan derelere göre parçalara ayrılmalı ve her parça için hesaplanan değerler, gecikme zamanları da dikkate alınarak, süperpoze ve öteleme yapılmak suretiyle su toplama sahasının tümünden gelecek toplam taşkın değerleri bulunur.

#### **2.2.4.2.4. Su Toplama Sahasının Jeolojik Özellikleri**

Genellikle başkalaşım kayaların olduğu çatlaklı, kırıklı, faylı ve geçirgenliği yüksek formasyonlardan oluşan su toplama sahaslarında yağışın akışa geçmesi çok az olur. Karstik formasyonun olduğu sahalarda düdenler, mağalar, dehlizler akışa geçecek suları kısa sürede daha derinlere ya da komşu su toplama sahaslarına taşır. Böylece muhtemel taşkın hacmi azalır.

#### **2.2.4.2.5. Su Toplama Sahasındaki Akarsu Yatakları**

Su toplama sahasındaki akarsu yataklarının boyları kısa ve yataklar sık olursa toplanma zamanı azalır; taşkınların büyümesine, pike ulaşma zamanlarının ve taşkın süresinin azalmasına etki eder. Sentetik metotlarda yatak boyu olarak ana akarsu boyu (L) göz önünde bulundurulur. Ana akarsu kolu, su toplama sahasının esas tahliye edicisidir. Akarsu yataklarında yoğunluk, enkesit, taşıma kapasitesi, pürüzlülük özellikleri gerek havza alanı yüzeyinde gerekse akarsuyun aktığı yatak boyunca değişime uğradıklarından değerlendirmek zordur. Dikkate alınan özelliklerin yanında etkileri de çok azdır [18].

#### **2.2.4.2.6. Su Toplama Sahasının Depolama Kapasitesi**

Akışa geçen suyun yüzey şekillerinde bulunan girintilerde birikmesi veya eğimin az olduğu yerlerde göllenmesi o bölgede meydana gelecek taşkın hidrografında sürelerin uzamasına neden olabilir. Hatta bu biçimde ötelenmiş piklerim akım istasyonunda yapılacak ölçümleri mabadaki istasyonların değerlerinden küçük bile çıkabilir.

#### **2.2.4.2.7. Su Toplama Sahasının Bitki Örtüsü**

Havzadaki bitki örtüsü yağıştan akışa geçene kadarki sürede oluşan başlangıç kayıplarında etkilidir. Bitki örtüsünün cinsi, ne sıklıkta olduğu, bitkilerin yaprak şekilleri bile bu değişim üzerinde tesir sahibidir [18].

#### **2.2.4.2.8. Su Toplama Sahasının Toprak Örtüsü**

Toprak örtüsünün çeşidi ve kalınlığı başlangıç kayıplarında bitki örtüsünün etkisinden daha çok etkiye sahiptir. Toprak cinsine bağlı olarak sızma da değişeceğinden havzanın toprak örtüsü çok önemlidir. Topraktaki nem yağıştan akışa geçişi de etkiler. Taşkını oluşturacak yağışın büyük bir kısmı, zemin kuru ise, başlangıç kayıplarında harcanır. Zemin doymun olursa doğrudan akışa geçer.

#### **2.2.4.2.9. Su Toplama Sahasının Yağış – Akış Bağıntısı**

Su toplama sahasındaki bitki örtüsü ile toprak örtüsünün ve arazinin kullanılış biçiminin (teraslama, bitki ekim ve dikiminde düzenli sıralama yapma, arazinin izohips eğrileriyle uyumlu şekilde sürülmesi) taşkınlara etkileri deneysel yöntemlerle değerlendirilerek yağış – akış bağıntısı eğrileri ile hidrolojik zemin grupları ve bitki örtüsüne göre akış eğri numaraları tablosu ortaya çıkarılmıştır (Çizelge 2.2). Taşkın hesaplarında bu tablodan faydalanılarak potansiyel sızma ve akış değerleri tahmin edilmektedir.

**Çizelge 2.2.** Hidrolojik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri No.ları [18]

|  | Arazi kullanılması örtü                         | Muamele ve tatbikat | Sızma için hidrolik şart | Hidrolik toprak grubu |    |    |    |
|--|---|---------------------|--------------------------|-----------------------|----|----|----|
|  |   |                     |                          | A                     | B  | C  | D  |
| A. Çok kumlu zeminler<br>B. Kumu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak<br>C. Kumu az, kili çok zemin, sığ bitkisel toprak<br>D. Çok ağır killi veya kayalık zemin, bitkisel toprak çok ince veya hiç yok | NADAS   | SR                  | ----                     | 77                    | 86 | 91 | 94 |
|  | DİZİ  | SR                  | Zayıf                    | 72                    | 81 | 88 | 91 |
|  | NEBATİ  | SR                  | İyi                      | 67                    | 78 | 85 | 89 |
|  | Pancar gibi                                     | C                   | Zayıf                    | 70                    | 79 | 84 | 88 |
|  |   | C                   | Zayıf                    | 65                    | 75 | 82 | 86 |
|  |   | CT                  | Zayıf                    | 66                    | 74 | 80 | 82 |
|  |   | CT                  | İyi                      | 62                    | 71 | 78 | 81 |
|  |   | UFAK                | SR                       | Zayıf                 | 65 | 76 | 84 |
|  | DANELİ<br>Buğday gibi                           | SR                  | İyi                      | 63                    | 75 | 83 | 87 |
|  |   | C                   | Zayıf                    | 63                    | 74 | 82 | 85 |
|  |   | C                   | İyi                      | 61                    | 73 | 81 | 84 |
|  |   | CT                  | Zayıf                    | 61                    | 72 | 79 | 82 |
|  |   | CT                  | İyi                      | 59                    | 70 | 78 | 81 |
|  | SİK EKİLMİŞ<br>BAKLİYAT<br>VEYA OT<br>RATOSYONU | SR                  | Zayıf                    | 66                    | 77 | 85 | 89 |
|  |   | SR                  | İyi                      | 58                    | 72 | 81 | 85 |
|  |   | C                   | Zayıf                    | 64                    | 75 | 83 | 85 |
|  |   | C                   | İyi                      | 55                    | 69 | 78 | 83 |
|  |   | CT                  | Zayıf                    | 63                    | 73 | 80 | 83 |
|  |   | CT                  | İyi                      | 51                    | 67 | 76 | 80 |
|  | ÇAYIRLIK<br>VEYA<br>MEYDAN                      | ----                | Zayıf                    | 68                    | 79 | 86 | 89 |
| ----   |   | Müsait              | 49                       | 69                    | 79 | 84 |    |
| ----   |   | İyi                 | 39                       | 61                    | 74 | 80 |    |
| C  |   | Zayıf               | 74                       | 67                    | 81 | 88 |    |
| C  |   | Müsait              | 25                       | 59                    | 75 | 83 |    |
| C  |   | İyi                 | 6                        | 35                    | 70 | 79 |    |
| DEVAMLİ ÇAYIR  | ----  | ----                | 30                       | 58                    | 71 | 78 |    |
| ORMAN<br>Çiftlik<br>Ağaçları   | ----  | Zayıf               | 45                       | 60                    | 77 | 83 |    |
|  | ----  | Müsait              | 36                       | 60                    | 73 | 79 |    |
|  | ----  | İyi                 | 25                       | 55                    | 70 | 77 |    |
| ÇİFTLİK BİNALARI   | ----  | ----                | 59                       | 74                    | 82 | 86 |    |
| YOLLAR (Tozlu)   | ----  | ----                | 72                       | 82                    | 87 | 89 |    |
| YOLLAR (Sert zeminde)  | ----  | ----                | 74                       | 84                    | 90 | 92 |    |

### **2.2.4.3. Yağış Verileri**

Yağış, yeryüzünden atmosfere buharlaşma yoluyla taşınmış suyun tekrardan yeryüzüne dönmesine denir. Taşkınlara neden olan şiddetli yağışlar genelde orografik ya da konvektif karakterdeki yağışlardır. Orografik yağış, alttan nemle beslenmiş havanın yamaç boyunca yükselerek soğumasıyla, konvektif yağış da ısınıp yükselen nemli havanın yukarıda soğumasıyla oluşur. Konvektif yağışlar, merkezi olup kısa süren ve şiddeti fazla olan yağışlardır.

#### **2.2.4.3.1. Yağışın Şekli**

Bir su toplama sahasına düştüğünde taşkına neden olabilecek yağışlar yağmur, kar ve doludur. Çiy, kırağı ve sis yağmuru da gözlenebilir; ancak bunların taşkınlara katkı vermesi söz konusu değildir.

Yağmur, akarsu üzerinde akışa geçmeye başladığı anda taşkına katkı vermeye de başlar; ancak o sırada su toplama sahasının diğer kısımlarına düşen yağış henüz akışa geçmediğinden taşkına katkısı az olur. Havzadaki esas akış minimum sızma gerçekleştiği anda başlar.

#### **2.2.4.3.2. Yağışın Şiddeti**

Yağışın şiddeti birim zamanda düşen yağış miktarıdır. Şiddetli yağışların sonunda taşkınlar oluşmaktadır. Şiddetli yağışlarda sızma için yeterli zaman bulunamadığından yağışın önemli bir kısmı akışa geçer.

#### **2.2.4.3.3. Yağışın Süresi**

Yağış şiddeti sabit ise, yağış süresi uzadıkça meydana gelecek taşkın büyümesi, su toplama sahasının yüzölçümünün büyüklüğüne, toplanma süresine ve sahanın diğer özelliklerine bağlı olarak, belli bir zaman sonunda sınır değerine ulaşır. Yağış sonsuz süre de yağsa taşkın hacmi büyür; fakat pikinde bir değişim olmaz. Yağış şiddeti değişkenlik gösteriyor ise, taşkın pik değerine ulaşılması yağış şiddetinin en yüksek olduğunda gözlemlenir.

#### **2.2.4.3.4. Yağışın Zamansal Dağılımı**

Yağışın zamansal dağılımı, yağış süresi boyunca şiddetinde ne gibi değişimler meydana geldiğinin ifadesidir. Genellikle birim zaman büyüdükçe azalma eğilimindedir. Örneğin, aynı zaman aralığında meydana gelen değişiklik yıllık yağışlarda aylık yağışlardan daha az olur. İki havzanın yıllık ortalama yağışları aynı olabilir; ancak mevsimlik dağılımları farklılık gösterir.

#### **2.2.4.3.5. Yağışın Alansal Dağılımı**

Genel itibarıyla, yağışın düştüğü alanın yüzölçümü 25 km<sup>2</sup>'ye kadar ise, yağış şiddetinin aynı olduğu, daha büyük yüzölçümlü alanlar içinse yağış merkezinde şiddetin alan büyüklüğüyle ters orantılı olduğu bilinmektedir.

#### **2.2.4.3.6. Yağış Ölçümleri**

Günlük yağış miktarları meteoroloji istasyonlarınca ölçülür ve kayıt altına alınır. Taşkın hesaplarında bölge için düzenlenmiş ve sadece yağmurdan oluşan seriler kullanılmalıdır.

Taşkın sırasında hakim rüzgarların yönü önemlidir. Eğer a.g.i. bulunmuyorsa ve taşkınlar tamamen sentetik yöntemlerle hesaplanacaksa bu durum daha önemli hâle gelir; çünkü drenaj sahasına düşen yağış, sentetik yöntemlerde kabul edildiği gibi, drenaj sahasının tamamına düşmez. Her yerde aynı saatte başlayıp aynı şiddette aynı süre zarfında yağmaz. Özellikle cephesel tipte yağışların etkilediği büyük drenaj sahalarında bu durum daha açık şekilde gözlemlenir. Yağış yönü membadan mansaba doğru ise sentetik yollarda elde edilecek pikler daha büyük olur. Tam tersi durumda da aksi gibi gerçekleşir.

#### **2.2.5. Taşkınların Hidrolojik Verilerinin Doğruluğu**

Taşkınların hesaplanması sırasında kullanılan arazi doneleri içinde su toplama sahasının genişliği ve şekli, rakımı ve eğimi, akarsuyun ana kolunun uzunluğu, toprak ve bitki örtüsünün niteliği ve nem içeriği, arazinin ne amaçla kullanıldığı; akım



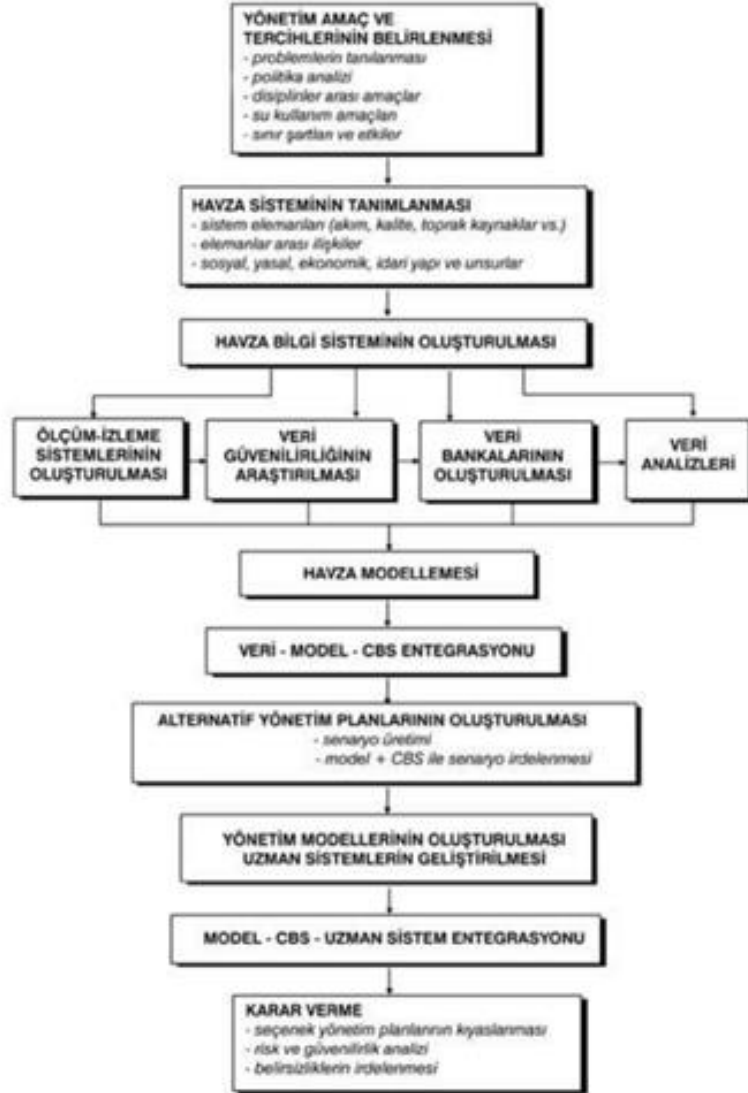
doneleri içindeyse uç debi ve hacimler ve ilgili zamanları; yağış doneleri içerisinde de yağış süresi, şiddeti, miktarı, alansal ve zamansal olarak yağışın dağılımı bulunur.

Arazi donelerinin gerçeğe en yakın halini tespit etmek mümkündür. Hidrolojik hesaplarda önemli olan akım ve yağış verilerinin doğruya ne kadar yakın olduğudur. Bu doneler taşkın hesaplarında temeli teşkil ederler ve tamamen doğru olsalar dahi yeterli gözlem süresine sahip değillerse genellikle gözlem süresinin üzerindeki tekerrür süreleri için yapılacak hesaplarda hatalar büyüyecektir. Elde 5 yıllık veriler varken yapılacak  $Q_{1000}$  tahmini çok hatalı olacaktır. Ayrıca drenaj alanının küçük sayılabilecek ölçekte olması durumunda, oluşması muhtemel taşkın nicel özelliklerinin tahmini sırasında, bir gün içerisinde iki adet ölçümle elde edilen akım verileri dikkate alınacak olursa, gerek ölçümünün yapıldığı zannedilen pik debilerin gerekse hesapla bulunacak yıllık su değerlerinde çok büyük hatalar yapılabilir. Bunun yerine taşkınların hidrografla tahmin edilmesi daha yerinde olacaktır.

Genelde taban akışının az olduğu akarsularda bir yılda gelecek suyun büyük bir kısmı taşkınlarla geleceği düşünülecek olursa hatanın mahiyeti daha kolay kavranabilir. Taban akışı az, su toplama alanı dar olan akım istasyonlarından temin edilen donelere güvenilir sayılabilmesi için daha önce gerçekleşen taşkınların eksiksiz raporlanmış olması ve ölçümlerin yüksek su seviyelerinde de yapılması gerekir [18].

#### **2.2.6. Havza Yönetimi Ve Modellemesi**

Su kaynakları yenilenebilir türde kaynaklardan olmanın yanında miktarı sınırlı olan doğal kaynaklardan biridir [19]. Sınırlı su kaynakların etkin, faydalı ve tutumlu bir şekilde kullanılabilmesi için gerek yerel halklar gerekse idareciler tarafından çeşitli düzenlemeler yapılması yoluna gidilmiştir. Bu düzenlemeler su kaynaklarının yönetimi için uygulanır. 1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme Dünya Zirve Konferansı'nın sonuç bildirisinde yer alan öngörüye göre su kaynakları yönetimi havza bazında ve su, hava ve toprak kaynakları ile birlikte entegre biçimde yapılmalıdır [20]. Entegre havza yönetiminin aşamaları Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Entegre havza yönetiminin aşamaları [21]

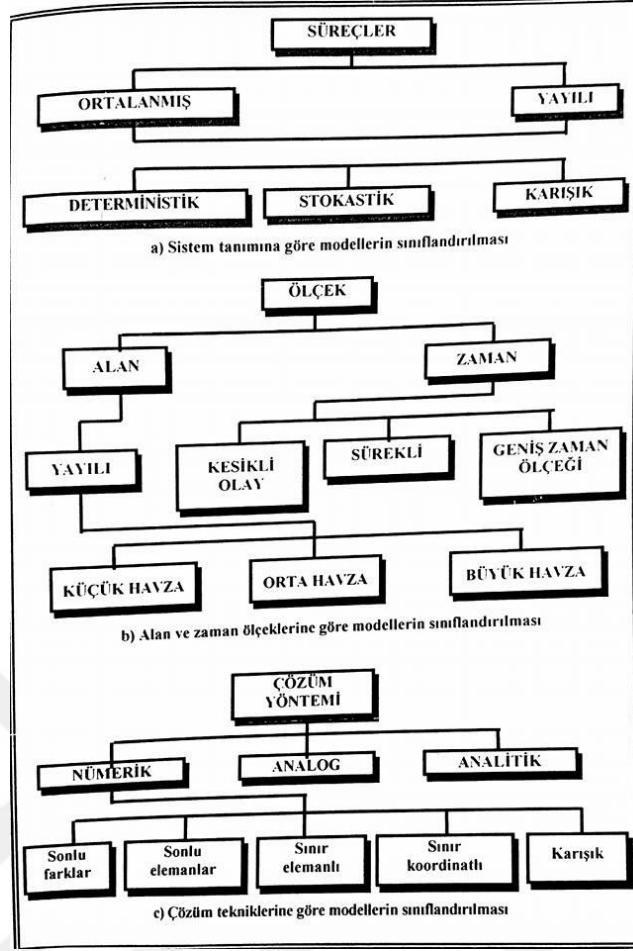
Akarsular havzada yer alan su kaynaklarındandır. Akarsuya yapılan bir müdahale ile meydana gelebilecek değişimleri yalnızca o akarsuyun belirli bir kesiti için irdelemek yerine söz konusu müdahalenin havza üzerindeki değişkenlikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Su kaynakları yönetimi kapsamında verilecek çok kapsamlı yönetim kararlarının bilimsel bir tabana oturması gerekir [22]. Bu amaçla havzanın şartlarının temsili gerekir. Bir havzanın hidrolik davranışının temsili için kullanılan sayısal modele o havzanın hidrolik modeli denir [23].

Günümüzde veri toplamadaki (uzaktan algılama ve uydu teknolojileri) gelişmeler ve bilgisayar kullanımının hayatın her alanında yaygınlaşması, bu modellerin paket programlar olarak dizayn edilmesine neden olmuştur. Bu bilgisayarla yapılan modellerin amacı iki yönlüdür: [22]

- a) İncelenen olayların temel oluşum mekanizmalarının tanımlanması; bununla havzanın, su miktarı, su kalitesi, toprak kaynakları gibi bütün bileşenlerini ve etkileşimleri içerecek şekilde tanınması;
- b) Seçenek yönetim kararlarının model uygulamalarıyla irdelenmesi (senaryo üretilmesi) ve en uygun yönetim politikasının seçilmesi

#### **2.2.6.1. Modellerin Sınıflandırılması**

1966 yılında Crawford ve Linsey'in Stanford Havza Modeli'ni (SWM) geliştirmesinden sonra [24], farklı birçok model ortaya sürülmüştür. Çoğu model temel varsayımlarının aynı olmasından dolayı birbirine benzemektedir [22]. Havza benzeşim modelleri Şekil 2.6'daki gibi (a) sistem tanımı; (b) ölçek ve (c) çözüm tekniği açısından sınıflandırılabilir [25].



Şekil 2.6. Havza modellerinin sınıflandırılması [26]

Sistem tanımına göre sınıflandırmada, modelin Şekil 2.7’de görülen bileşenlerinden oluştuğu izlenebilir [25].



Şekil 2.7. Model bileşenleri [26]

### 2.2.6.2. Modellerin İrdelenmesi

Meydana gelen ya da gelmesi öngörülen taşkında havzada gerçekleşen olaylar birebir olarak gerçek haliyle modellenemez. Bunun başlıca nedenlerinden biri havza fiziksel özelliklerine ait patemlerin havza alanı boyunca homojen olmamasıdır. Taşkın modellemesinde kolaylık sağlanması için bazı kabuller ve ihmaller yapılır. Havzanın alanı boyunca homojen süreğenlik göstermemesi ve havza coğrafi özelliklerinin çok kısa mesafelerde değışiklik sergileyebilmesi modellemede yapılan kabullerin esas nedenidir [18]. Ayrıca taşkın modellemesi için kullanılan dijital olmayan topoğrafik haritaların arazi şartlarının tamamını temsil edememesi, ayrıntılı bir şekilde sahayı göstermemesi de taşkın analizinin istenilen düzeylerde olmamasına neden olmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile konvansiyonel veri toplamadan daha hassasiyetli harita bilgisi kullanılabilir [26].

Taşkın modellemesi yaparken karşılaşılan bir diğfer sorun ise akarsuyun yataklarının bağdaşık özelliklerde, üniform şekilde devam etmemesidir. Doğal açık kanallar olarak kabul edilen akarsuların ister ana yatakları ister taşkın yatakları düşünöldüğünde analiz için kullanılacak akarsu enkesitleri için geçerli Manning pürüzlölük katsayısı için de kabuller yapmak zorunda kalınmaktadır. Şekil 2.8'de de göröldüğü gibi, akarsuyun yatağı boyunca görölebilen doğal bitki örtüsü ve yatak içine dökölen atıkların çeşitlilik arz etmeleri de analiz ve modellemede kullanılacak olan pürüzlölük katsayısının gerçekte olandan farklı ama gerçeğe yaklaştırmış bir değferde kullanılması sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 2.8. Çoruhözü deresi düzenleme kesitinde kirlilik

Yukarıda bahsedilen zorluklardan ötürü modellemeleri gerçeğe yakın olarak yapabilmek için bazı paket programlar kullanılır. Bir paket program yazılımını kullanan kişinin, modelin işleyiş şekline, kullanılan hesap metoduna, programın neler yapıp neler yapamayacağına hakim olması gerekir. Bilgisayar modelleri yalnızca verilen girdi verilerini kullanarak çıktı verileri üretmeye yarayan programlar olarak algılanmamalıdır [22].

### **2.2.6.3. HEC-RAS Yazılımı**

Bu çalışmada kullanılan paket program Amerika Birleşik Devletleri Kara Kuvvetleri İstihkam Birliği (United States Army Corps of Engineers) tarafından yayımladığı HEC-RAS paket programıdır. Açılımı, Hydrologic Engineering Centers River Analysis System olan bu yazılım, kararlı akımları tek boyutta modellemeye yarayan; su yüzey profillerini hesaplayabilen; su sıcaklığı ve kalitesi ile sınır koşulları değişen akım hallerinde sediment taşınmasının analizi yapabilen; ayrıca kararsız akım modellemeleri yapmakta da kullanılabilen; verileri saklama ve yönetme kapasitesine sahip bir yazılımdır [4].

Menfez ve köprü gibi yapıların, pompa istasyonlarının ve akımı etkileyen kum ocaklarında açılan çukurlar gibi depolama alanlarının ilave edilmesine imkan sağlayarak akarsu yatağı boyunca akış şartlarının modellenmesine izin veren bir arayüzü bulunur.

1995'e kadar sadece Amerikan ordusuna hizmet veren bu yazılım daha sonra dünya üzerindeki sivil ve resmi kullanımlar için sunulmuştur.

#### **2.2.6.3.1. HEC-RAS Yazılımının Çalışması İçin Gerekli Veriler**

##### **2.2.6.3.1.1. Geometrik Veriler**

HEC-RAS'te geometrik veriler modellenmesi istenen yerin gerçeğe yakın koşullarının oluşturulmasını sağlamak için kullanılır. Akarsuyun geçtiği enkesitler, daralma/gemişlemeden ve pürüzlülüğünden kaynaklanan enerji kayıp için gerekli

katsayılar, hidrolik yapı bilgileri ve birden çok akımın birleşim özellikleri bu veriler sınıfına dahil edilebilir [10].

HEC-RAS bir akarsuyun şematik olarak çizilmesine izin verir. Birden fazla akarsuyu tek bir kol üzerinde birleştirerek akarsu ağını çizmek mümkündür. Akış yönü bilgisinin doğru girilmesi önemlidir.

Enkesit tanımlaması sırasında enkesit üzerindeki her bir noktayı temsil edecek (başlangıç eksenine) uzaklık (station) ve (o eksene göre) kot (elevation) bilgileri girdi olarak işlenir. Eksenin solunda kalan değerler negatif, sağında kalan değerler ise pozitifdir. En kesitler arasındaki mesafeler de sağ sahil, sol sahil ve merkezden uzaklıklar şeklinde işlenir.

#### **2.2.6.3.1.2. Akım verileri**

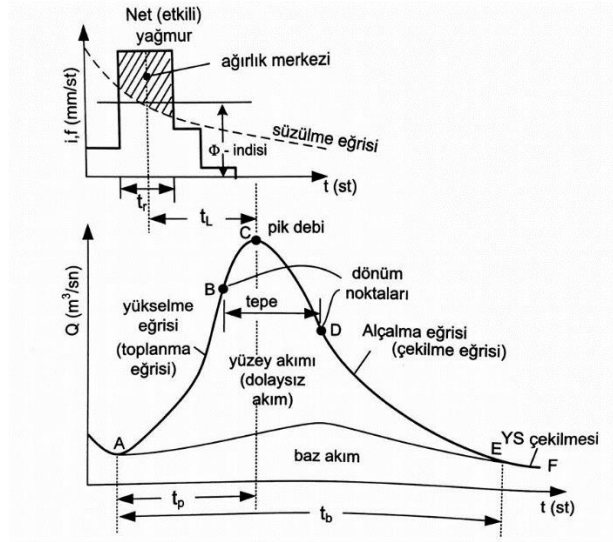
Kararlı, kararsız ve ikisi arasında geçiş yapılan akımların verilerini girmek gerekmektedir. Girilen bu veriler yazılımın su yüzü değişimlerinin akımla nasıl değiştiğinin hesaplayabilmesi için gerekir.

### **2.3. Hidrograf**

Bir akarsuyun belli bir kesitinden geçmekte olan debinin zamanın bir fonksiyonu olarak çizilen grafiğine hidrograf denir. Genellikle debi birimi  $m^3/s$ 'dir. Küçük dereler için birim l/s olabilir. Zaman birimi dakikadan başlayıp saat, ay ve yıla kadar birimler seçilebilir [27].

#### **2.3.1. Hidrografın Şekli**

Hidrografların hemen hepsi simetrik olmayan çan eğrisi biçimine sahiptir. Şekil 2.9'daki kısımlardan oluşur. Bunlar; yükselme eğrisi ya da toplanma eğrisi, tepe ve alçalma eğrisi ya da çekilme eğrisidir.



**Şekil 2.9.** Tipik bir hidrograf ve kısımları [27]

Yükselme eğrisi debinin yükselmeye başladığı noktadan tepe noktasına kadar olan kısımdır. Havza özellikleri ve sağanağın karakteri bu çizgiyi etkiler. Eğim ve drenaj ne kadar çoksa çizginin eğimi de o kadar dik olur. Hidrografın en yüksek noktasına karşılık gelen debi pik debi adını alır. Alçalma eğrisinin şeklini de yeraltı ve yüzeyaltı suları, yüzeyde birikme gibi durumlar etkiler.

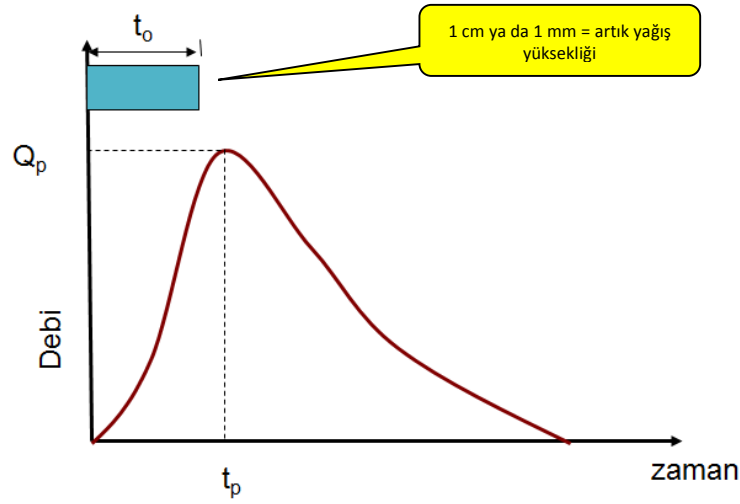
Histogramdaki etkili yağış bölümünün ağırlık merkezinden pik debiye ulaşma noktasına kadar olan kısma gecikme zamanı adı verilir ve yağışın alansal ve zamansal dağılımına göre değişir.

Hidrografta başlangıçtan pik debiye kadar geçen süreye pik zamanı, yüzeysel akışın başlangıcından bitmesine kadar geçen süreye ise taban süresi denir.

### 2.3.2. Birim Hidrograf

Bir su toplama sahasına belirli bir süre içinde, zamanda ve mekanda dağılımı düzgün olarak yağın ve 1 birim (cm veya mm) su derinliği oluşturan sağanağın yüzey akım hidrografına birim hidrograf adı verilir ve BH kısaltmasıyla anılır (Şekil 2.10) [27].





Şekil 2.10. Birim hidrograf

Bir drenaj alanının üzerinde aynı süre devam eden iki yağış fazlasından biri diğerinin n katı ise, birim hidrografın ordinatları da diğerinin n katı olur. Böylece aynı akış süresine ait çeşitli taşkın hidrografoı incelenerek drenaj sahası birim hidrografi elde edilebilir. Bilinen bir birim hidrograftan da belirli bir yağışa ait taşkın hidrografi bulmak mümkündür. Birim hidrograf o havzaya özgüdür.

### 2.3.2.1. Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Bir birim hidrografi temin edebilmek amacıyla iki yol izlenir. Ya üzerinde çalışılan bölgede daha önceden yapılmış gözlemlerden hareketle ya da çeşitli formüller kullanılarak elde etme olarak açıklanabilecek olan sentetik yöntemlerle birim hidrograf temin edilebilir. Bu çalışmada sentetik metotlarla birim hidrograf analizi üstünde durulmuştur.

#### 2.3.2.1.1. Gözlem Değerlerinden Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Gözlemlerden hidrograf temin edebilmek için o bölge için akım ve yağış kayıtlarının tutulmuş olması lazımdır. Ayrıca birim hidrografi istenen su toplama sahasının mansabında, verileri düzenli ve güvenilir şekilde kaydedilmiş bir akım gözlem istasyonu (a.g.i.) olmalıdır. Söz konusu havzanın yüzölçümü 5000 km<sup>2</sup>'yi geçmemelidir.

Akım gözlem istasyonundan elde edilmiş kayıtlardan, içinde kar suyu bulundurmayan pik debisi yüksek en az 5 hidrograf seçilir. Bu hidrografoı grafik hale getirilir.

### 2.3.2.1.2. Sentetik Yöntemlerle Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Çoğu zaman a.g.i. verilerine ulaşmak mümkün olmamaktadır ya da akım verilerinin kayıt altına alınması veya ölçümlerde hatalar bulunması nedeniyle gerçek birim hidrografi elde edilemeyebilir. Bu durumda sentetik yöntemlerle birim hidrograf temin etme yoluna gidilebilir. Bu yöntemlerle elde edilecek birim hidrografa sentetik birim hidrograf denir.

DSİ Sentetik metodu, Snyder metodu, SCS metodu, Mockus metodu, Mc Math metodu, Rasyonel metot sentetik birim hidrograf elde etme yöntemleridir. Bu çalışmada DSİ Sentetik ve Mockus metotları üzerinde durulmuştur.

Taşkınların rastgele karaktere sahip olması sentetik birim hidrograf elde edilirken istatistiksel metotların kullanılmasını zorunlu kılmaktadır [28]. Sentetik birim hidrografların elde edilmesinde yağış ve arazi doneleri önemli rol oynar. Günümüz teknolojisi sayesinde haritalardan doğruya en yakın veriler alınıp kullanılabilir. Yağış verilerinin temin edilmesinde ise meteoroloji istasyonları mühim role sahiptir. Yağışlar dakikalık ve saatlik olarak ölçülür.

#### 2.3.2.1.2.1. DSİ Sentetik Metodu

DSİ Sentetik yöntemi ile birim hidrograf temini için ilk olarak, taşkına neden fırtına yağışlarının süreleri bölgesel özellikler göz önünde bulundurularak seçilir.

1/25000 ölçekli topografik haritalardan ya da uydu bazlı görüntüler üzerinden işlem yapan bazı paket programlar üzerinden, birim hidrografi temin edilmek istenen su toplama sahasının alanı ( $A$ ) belirlenir. Aynı ölçekli haritadan söz konusu su toplama sahasındaki en uzun ana akarsu kolunun uzunluğu ( $L$ ) belirlenir. Havza alanının ağırlık merkezinin konumu dijital ortamda ya da manuel olarak tespit edilir. Yüzölçümü ve ağırlık merkezinin yeri belirlenmiş bu su toplama alanının ağırlık merkezinin havzadaki en uzun akarsu kolu üzerindeki izdüşümü olan noktadan, akarsuyun havzayı terk ettiği çıkış noktasına kadar olan uzunluğu ( $L_C$ ) ölçülür.

Sentetik yöntemde havza için bir harmonik eğim (meyil) belirlemek gerekmektedir. Bunun için yukarıda da bahsedilen, su toplama sahasındaki en uzun ana akarsu kolunun menbasında mansabına doğru, en yüksek arazi kotundan en düşük arazi

kotuna kadar aralarındaki toplam akarsu uzunluğu metre cinsinden işlendikten sonra 10 eşit parçaya bölünür ve 10 noktanın karşısına gelen yükseklikler sırasıyla metre cinsinden kaydedilir. Her parçadaki en yüksek kottan en düşük kot çıkarılarak yükseklik farkları ( $h$ ) bulunur. Her yükseklik farkı da her parça için aynı olan ( $l$ ) uzunluğuna bölünür.  $h/l$  oranı  $s$  sembolüyle temsil edilmekte olup eğimi vermektedir.

$$s_i = \frac{h_i}{l} \quad (2.17)$$

Her aralık için bulunan bu  $s$  değerlerinin ayrı ayrı  $\sqrt{s_i}$  formülüyle karekökü alınır. Her bir  $s$  değerinin de çarpmaya göre tersi  $\frac{1}{\sqrt{s_i}}$  formülü yardımıyla belirlenir.

Harmonik eğim ( $S$ ) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = \left( \frac{10}{\sum(1/\sqrt{s_i})} \right)^2 \quad (2.18)$$

Bu ifadenin karekökü alınarak Havza katsayısı ( $E$ ) hesabında kullanılan

$$E = (L \cdot L_c) / \sqrt{S} \quad (2.19)$$

denklemindeki yerine konulur. Burada elde edilen  $E$  değeri, 1 mm'lik akış için verimin ( $q$ ) bulunmasında kullanılır.

$$q_p = \frac{414}{A^{0.225} \cdot E^{0.16}} \quad (2.20)$$

$q$  verim değeri, havzaya düşen ve 1 mm'lik akış meydana getirdiği varsayılan 2 saatlik bir yağışta birim alandan toplanacak akışı ifade eder ( $q$ , l/s/mm/km<sup>2</sup>).

Su toplama sahasının yüzölçümü alanı ile çarpımında, o drenaj alanı için birim hidrografa ait pik debi değeri ( $Q_p$ , m<sup>3</sup>/s/mm) bulunur.

$$Q_p = A \cdot q_p \cdot 10^{-3} \quad (2.21)$$

$h_a$ , birim artım akış yüksekliğini ifade eder. DSİ sentetik yönteminde  $h_a$  değeri 1 mm'dir.  $h_a$ 'yı bulmak için önce potansiyel sızma ( $S$ ) bulunmalıdır.

$$S = \left( \frac{100}{CN} - 10 \right) * 25,4 \quad (2.22)$$

2.22 eşitliğiyle bulunan değer mm cinsindedir. 25,4 katsayısı olmayan hali inç biriminde sonuç verir.

$$h_a = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \quad (2.23)$$

Taşkınla birlikte gelen suyun hacmini ( $V$ ) bulmak için ise

$$V = A \cdot h_a \cdot 10^3 \quad (2.24)$$

denklemini kullanılır. Hacim,  $m^3$  cinsinden bulunur.

Hidrograf başlangıcından bittiği ana kadar olan zaman ( $T$ ) ise

$$T = 3,65 \frac{V}{Q} \quad (2.25)$$

denklemini yardımıyla hesaplanır. Saat cinsinden bir büyüklüktür.

Taşkın maksimum debi değerine ulaştığı ana kadar geçen zaman pik süresidir ( $T_p$ ).

$$T_p = \frac{202.78}{q_p} \quad (2.26)$$

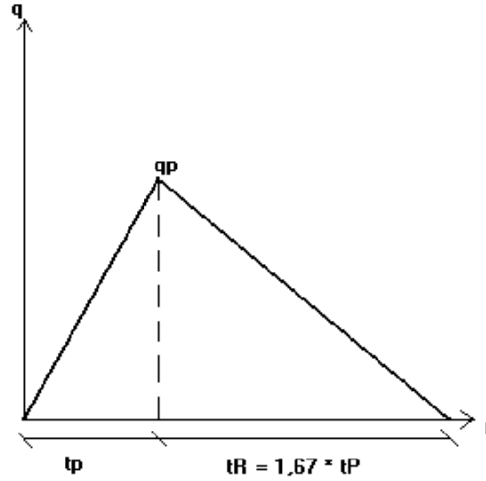
ya da

$$T_p = \frac{T}{5} \quad (2.27)$$

denklemlerinden elde edilir. Saat cinsinden bir büyüklüktür.

#### 2.3.2.1.2.2. Mockus Metodu

Hesapların kolay yapılabilir ve hidrografın bir üçgen olmasından ötürü tercih edilen bir sentetik hidrograf bulma yöntemidir. Akarsuyun yatağındaki ve rezervuarlardaki ötelemelerde eğrisel hidrograflardaki gibi hassas sonuçlar verir; yalnızca hidrografın kuyruk bölgesinin projelendirmeye etkisinin olduğu durumlarda eğrisel hidrograf haline getirilebilmektedirler. [18]



**Şekil 2.11.** Mockus Hidrografi

Toplanma zamanının ( $T_c$ ) 30 saatten çok olduğu durumlarda kullanılmaz. 30 saatten çok sürede toplanmanın olacağı kadar geniş alanlar daha küçük alt havzalara ayrılır ve her bir alt havzaya ait hidrograflar gecikme zamanlarına göre süperpoze edilir. Suların toplanma zamanına tekabül eden yağış süresi (saat) ( $D$ ), süperpozesiz durumda

$$D = 2\sqrt{T_c} \quad (2.28)$$

denklemleri ile bulunur. Süperpozeli durumda ise

$$D = T_c \quad (2.29)$$

denklemleri kullanılır.

$$t_p = 0,5 D + 0,6 T_c \quad (2.30)$$

$$t_r = 1,67 \cdot t_p \quad (2.31)$$

$$T_c = 0,0195 (L^3/H)^{0,385} \quad (2.32)$$

$$q_p(D) = (0,208 \cdot A \cdot 1) / t_p \quad (2.33)$$

$$Q_p(D) = q_p(D) \cdot h_a(D) \quad (2.34)$$

ya da

$$Q_p = \frac{K.A.h_a}{t_p} \quad (2.35)$$

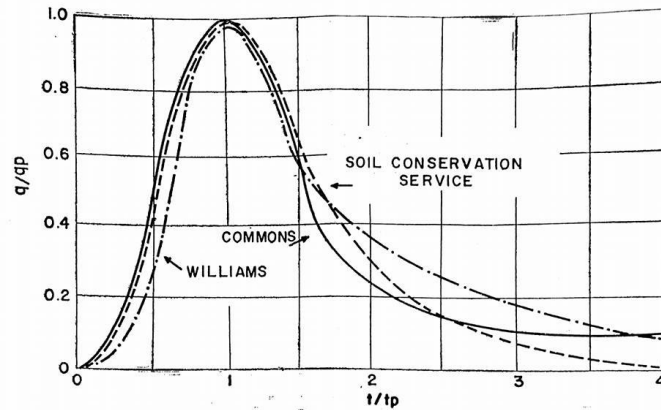
eşitliğiyle  $Q_p$  pik debi bulunabilir. K katsayısı hidrograf yokluğu gibi hesaplanmadığı hallerde 0,208 alınır. Bu çalışmada da 0,208 alınmıştır.

Bu denklemlerde  $t_p$  pik debiye ulaşma süresi (saat),  $T_c$  suların toplanma zamanı (dakika),  $t_r$  suların alçalma zamanı (saat),  $q_p$  ise  $\Delta D$  süreli yağışın 1 mm'lik akış yüksekliğinde oluşturduğu pik debidir.

### 2.3.3. Boyutsuz Birim Hidrograf

Bir hidrografın yükselme zamanına  $T_p$ , pikine de  $Q_p$  denir ve y eksenini değerleri  $Q_p$ 'ye, karşılık gelen x eksenini değerlerini de  $T_p$ 'ye bölünürse elde edilmiş hidrografa boyutsuz birim hidrograf denir. Çeşitli yağış süreleri için bulunacak birim hidrograflar birbirine benzeyecektir. Bir su toplama sahasına ait en az 5 hidrograf yardımı ile edinilecek boyutsuz birim hidrograflar sayesinde o su toplama sahası için birim hidrografın elde edilmesi yalnızca pik debinin bilinmesi halinde bile mümkün olacaktır [18].

Commons, Williams ve SCS tarafından geliştirilmiş boyutsuz birim hidrograflar mevcuttur (Şekil 2.11).



Şekil 2.12. Boyutsuz birim hidrograflar [18]

DSİ Sentetik yönteminde elde edilen  $T_p$  ve  $Q_p$  değerleri Amerika Birleşik Devletleri Toprak Koruma Dairesi SCS ( Soil Conservation Service) tarafından geliştirilmiş Çizelge 2.3'te verilen boyutsuz birim hidrografın  $Q/Q_p$  ve  $T/T_p$  koordinatları çarpılarak havza için  $T$  ve  $Q$  değerleri bulunmuş olur. Bu değerler tam sayı olmazlar. DSİ Sentetik yönteminde proje sağanak süresi 2 saatin katları şeklinde alınırsa (2, 4, 6, 8 saat gibi)  $T$  değerlerinin tam sayı olması gerekir. Lineer enterpolasyon yöntemi ile  $T$  değerlerinin tam sayı değerleri elde edilir ve o yağışta meydana gelecek  $Q$  değerleri süperpoze edilerek havza için hidrograf temin edilmiş olur.

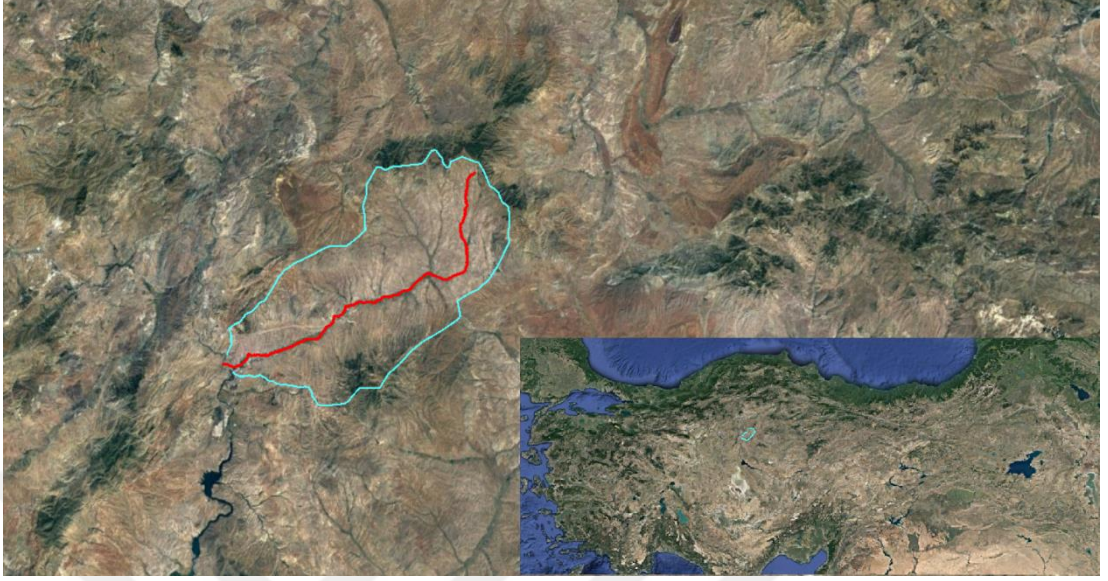
**Çizelge 2.3.** SCS Tarafından Geliştirilmiş Boyutsuz Birim Hidrografın Koordinatları

|                        |       |       |       |      |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>T/T<sub>p</sub></b> | 0     | 0,1   | 0,2   | 0,3  | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   |
| <b>Q/Q<sub>p</sub></b> | 0     | 0,015 | 0,075 | 0,16 | 0,28  | 0,43  | 0,6   | 0,77  | 0,89  |
| <b>T/T<sub>p</sub></b> | 0,9   | 1     | 1,1   | 1,2  | 1,3   | 1,4   | 1,5   | 1,6   | 1,8   |
| <b>Q/Q<sub>p</sub></b> | 0,97  | 1     | 0,98  | 0,92 | 0,84  | 0,75  | 0,66  | 0,56  | 0,42  |
| <b>T/T<sub>p</sub></b> | 2     | 2,2   | 2,4   | 2,6  | 2,8   | 3     | 3,5   | 4     | 4,5   |
| <b>Q/Q<sub>p</sub></b> | 0,32  | 0,24  | 0,18  | 0,13 | 0,098 | 0,075 | 0,036 | 0,018 | 0,009 |
| <b>T/T<sub>p</sub></b> | 5     | 5,5   |       |      |       |       |       |       |       |
| <b>Q/Q<sub>p</sub></b> | 0,004 | 0     |       |      |       |       |       |       |       |

#### 2.4. Çalışma Alanı

Kırıkkale il merkezinden geçmekte olan Çoruhözü deresi 1999 taşkınında taşmış ve çeşitli zararlara neden olmuştur. Bunun üzerine DSİ şehir merkezinden geçmekte olan kısımda dere yatağı iyileştirmesine gitmiş ve beton kaplama kanallar inşa etmiştir. Çalışma esnasında bu kesitler, Çoruhözü deresinin altından geçtiği Kayseri yolu köprüsü ve Ardiyeciler köprüsünde arazide yapılan ölçümlerle belirlenmiştir.

#### 2.4.1 Havzanın Tanıtılması



**Şekil 2.13.** Çoruhözü havzasının uydu görüntüsü

Şekil 2.12’de uydudan çekilmiş görüntüsü görülen ve bu çalışmaya konu olan Çoruhözü havzası, 15 numaralı Kızılırmak Havzası’nda yer alan bir alt havzadır. Kırıkkale’nin il merkezinin de içinde bulunduğu Çoruhözü vadisine ismini veren Çoruhözü deresi ve ona vadinin kuzey ve güney yamaçlarından mansaplanan dereler bu alt havzadadır. Kuzey yamaçlardan Çoruhözü’ne katılan dereler ve havza alanları şunlardır: Kızılyar çayı (5,75 km<sup>2</sup>), Handebaşı deresi (1,90 km<sup>2</sup>), Cin deresi (3,00 km<sup>2</sup>), Karakaya deresi (1,13 km<sup>2</sup>), Uzunca deresi (2,04 km<sup>2</sup>), Küme deresi (0,47 km<sup>2</sup>), Döğme deresi (0,95 km<sup>2</sup>), Karacaali deresi (5,15 km<sup>2</sup>), Alaağaç deresi (1,25 km<sup>2</sup>), Kavşak-Keklik deresi (4,55 km<sup>2</sup>), Söğüt deresi (26,90 km<sup>2</sup>), Karaağıl deresi (1,90 km<sup>2</sup>). Bu derelerin bir kısmı Ankara- Samsun karayolunu kat ederken menfez ve köprülerden geçmektedir.

Güney yamaçlardan mansaplanan dereler ve havza alanları ise şöyledir: Sevin Çeşmesi deresi (0,95 km<sup>2</sup>), Arpalık deresi (1,43 km<sup>2</sup>), Kuyucak deresi (1,32 km<sup>2</sup>), Tümen-Mine deresi (2,04 km<sup>2</sup>).

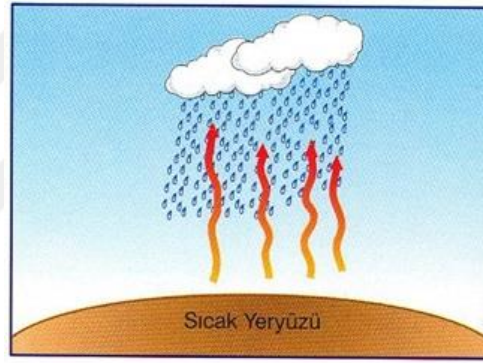
Havzanın kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda Koçubaba dağı ve güney-güneydoğu doğrultusunda Denek dağı bulunmaktadır. Su toplama sahası 692,11 km<sup>2</sup> olan



havzanın yamaçları genel itibarıyla orta eğimlidir. Yarımcı tepe, Çoruhözü Havzası'nın en yüksek noktasıdır. En düşük nokta 678 m kotundadır. Havzanın yaklaşık 115 km<sup>2</sup>'si ova hüviyetindedir.

Havzada bulunan ana kayayı arkoz, kuvarsit ve olivinli serpantinler meydana getirmektedir. Zayıf organik madde ve yüksek kireç muhteviyatlı havza toprağı, ağır bünyeli kumlu kil toprağıdır. Ovada derin, yamaçlarda sığ seyredir.

Çalışma sahasında tipik İç Anadolu iklimi gözlenmektedir. Yazların sıcak, kışların ise soğuk yaşandığı bölgeye en çok yağışın düştüğü mevsim ilk bahardır. Özellikle yaz akşamlarında yerel adı Kırkikindi olan konveksiyonel (yükselim) (Şekil 2.13) tipli yağışlar görülmektedir. Yıllık ortalama 12,4<sup>0</sup>C sıcaklık gözlemlenirken, yıllık ortalama yağış miktarı 353,1 mm'dir.



Şekil 2.14. Konveksiyonel yağış

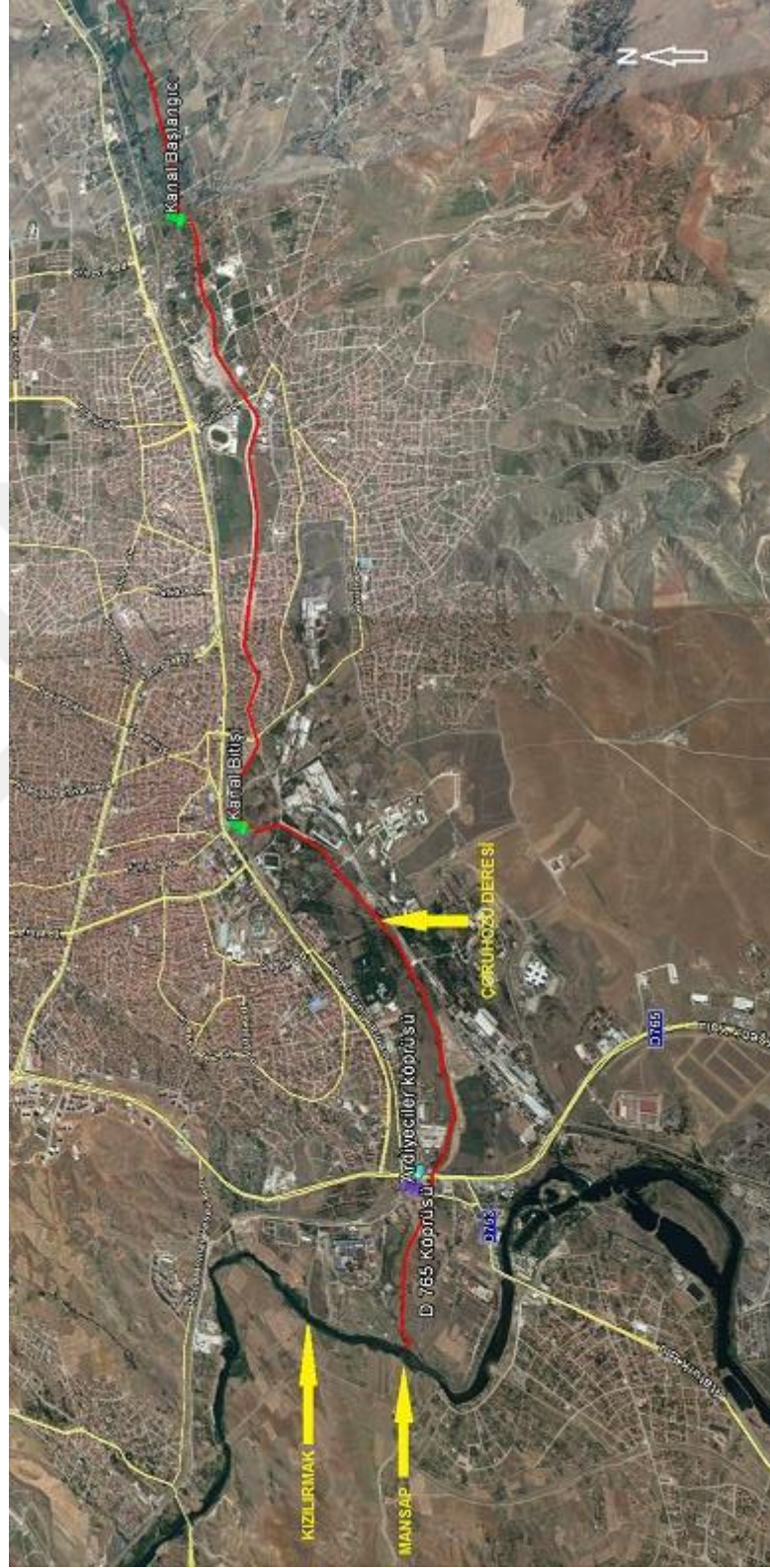
Koçubaba ve Denek dağlarında bodur meşe ağaçları ile birlikte yer yer ardıç ağaçları da bulunur. Bunların yanı sıra pelin, sütleğen, ısırgan, ebegümece gibi bitkiler kendiliğinden yetişmiş şekilde gözlemlenmektedir [3].

#### 2.4.2. Çoruhözü Deresinin Tanıtılması

Çoruhözü deresi, İzzettin köyü civarından doğup Kızılmak'a katılır (Şekil 2.14, Şekil 2.15). Kendi ismini verdiği havzadaki tarımsal faaliyetler için büyük önem arz eder. Ana kol uzunluğu yaklaşık 62,45 km'dir. Kuzey ve güney yamaçlardan birçok dere ile beslenir [3]. Şehir merkezinde toplamda 8 km uzunluğunda dere düzenlemesi için inşa edilmiş kanaldan geçer (Şekil 2.16, Şekil 2.17, Şekil 2.18, Şekil 2.19, Şekil 2.20, Şekil 2.21).

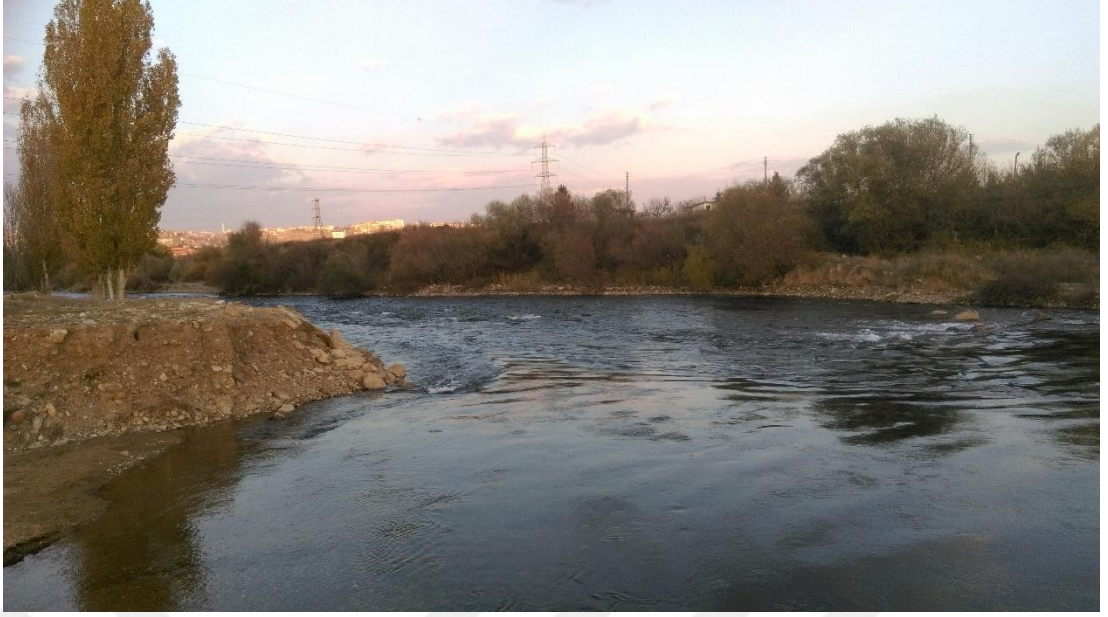
Çoruhözü deresinin aktığı güzergahta yapılan gözlemlere dayanarak dere yatağının malzemesi genel olarak sert toprak ve irim kum şeklinde sınıflandırılabilir. Kanal içlerinde ve dere yatağında bitki örtüsü oluşumu gözlenmiştir (Şekil 2.17, Şekil 2.18). Ayrıca atıkların da varlığı söz konusudur. Bu çalışmada dere yatağı düzenleme kesitlerinin DSİ rapor değerlerine göre kontrolleri yapıldığı için kanalların içindeki bu düzensizlikler kesitlerin modellenmesinde göz önünde bulundurulmamıştır. Dere yatağının doğal olduğu köprü kesitlerinin modellenmesinde ise pürüzlülük katsayısı tahmin edilirken bahsi geçen düzensizlikler dikkate alınmıştır.





Şekil 2.15. Çoruhözü deresinin uydu görüntüsü

Ölçek: 1/100.000



**Şekil 2.16.** Çoruhözü deresinin Kızılırmak'a katıldığı nokta



**Şekil 2.17.** Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği



**Şekil 2.18.** Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-1 (Başpınar köprüsü)



**Şekil 2.19.** Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-2 (Başpınar köprüsü)



**Şekil 2.20.** Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-3 (Başpınar köprüsü)



**Şekil 2.21.** Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit örneği-4 (kesit içinde bitkiler)



Şekil 2.22. Çoruhözü deresinde düzenlenmiş kesit bitiş noktası

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Hesaplamalar

Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilen veriler ile DSİ'nin 1999 taşkını sonrasında hazırladığı rapordaki yağış verileri kıyaslandığında farklılıklar bulunduğu gözlenmiştir. DSİ'nin proje taşkını hesabında kullandığı bu farklı yağış verileri kullanılarak elde edilen debilerle bu çalışmada Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilenler kıyaslanmıştır. Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'deki değerler 1.13 düzeltme katsayısı ile çarpılmamış haldedir. Bu katsayı ile yağış yüksekliklerinin çarpılması suretiyle maksimum yağış yükseklikleri bulunur. Aşağıda bahsedilecek olan alan dağılım oranı ve zaman dağılım oranıyla çarpılarak ile çarpıldığında da akış yükseklikleri bulunmuş olur. Artım akış yükseklikleri ise her bir zaman diliminde meydana gelen akışların farkından elde edilir. Çizelgelerdeki Saat sütunları sağanak sürelerini, Tekerrür satırları ise taşkın tekerrür sürelerini göstermektedir.

İki çizelgedeki değerlerin farklı olmasının nedeni DSİ'nin projede kullandığı muhtelif tekerrürlü yağış verilerinin 1996 yılına kadar olan kayıtlardan, bu çalışmada kullanılanların ise 2010 yılına kadar olan kayıtlardan elde edilmiş olmasıdır.

**Çizelge 3.1.** DSİ raporuna baz teşkil eden yağış yükseklikleri (1967-1996)

| <b>Saat/Tekerrür</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>1</b>             | 21,13    | 23,19     | 25,22     | 26,42     | 27,42      |
| <b>2</b>             | 23,35    | 25,63     | 27,87     | 29,21     | 30,31      |
| <b>4</b>             | 25,94    | 28,48     | 30,99     | 32,45     | 33,68      |
| <b>6</b>             | 27,80    | 30,52     | 33,18     | 34,76     | 36,08      |
| <b>8</b>             | 29,66    | 32,55     | 35,39     | 37,08     | 38,49      |
| <b>12</b>            | 30,77    | 33,77     | 36,72     | 38,47     | 39,93      |
| <b>18</b>            | 32,99    | 36,21     | 39,37     | 41,25     | 42,82      |
| <b>24</b>            | 37,07    | 40,69     | 44,24     | 46,36     | 48,11      |

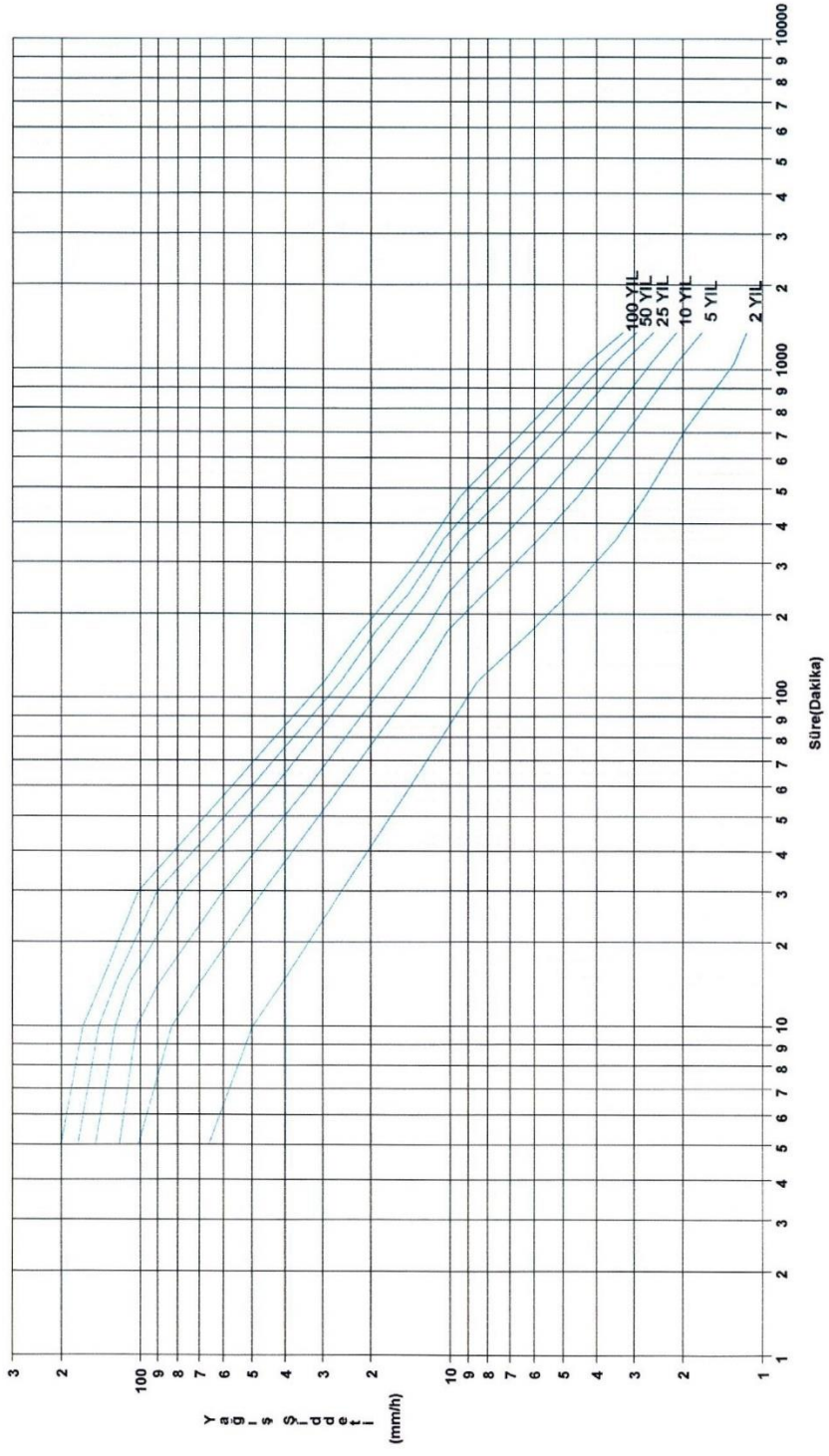


**Çizelge 3.2.** Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu yağış yükseklikleri (1967-2010)

| <b>Saat/Tekerrür</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>1</b>             | 22,70    | 30,40     | 42,40     | 53,00     | 64,70      |
| <b>2</b>             | 24,90    | 32,30     | 43,60     | 53,50     | 65,30      |
| <b>4</b>             | 27,10    | 35,30     | 48,60     | 61,00     | 75,90      |
| <b>6</b>             | 28,70    | 37,10     | 50,80     | 63,60     | 77,90      |
| <b>8</b>             | 29,90    | 38,40     | 52,20     | 65,10     | 78,60      |
| <b>12</b>            | 30,90    | 39,30     | 53,20     | 66,30     | 79,00      |
| <b>18</b>            | 32,50    | 41,00     | 54,70     | 67,10     | 80,70      |
| <b>24</b>            | 37,90    | 45,80     | 57,40     | 67,30     | 82,40      |

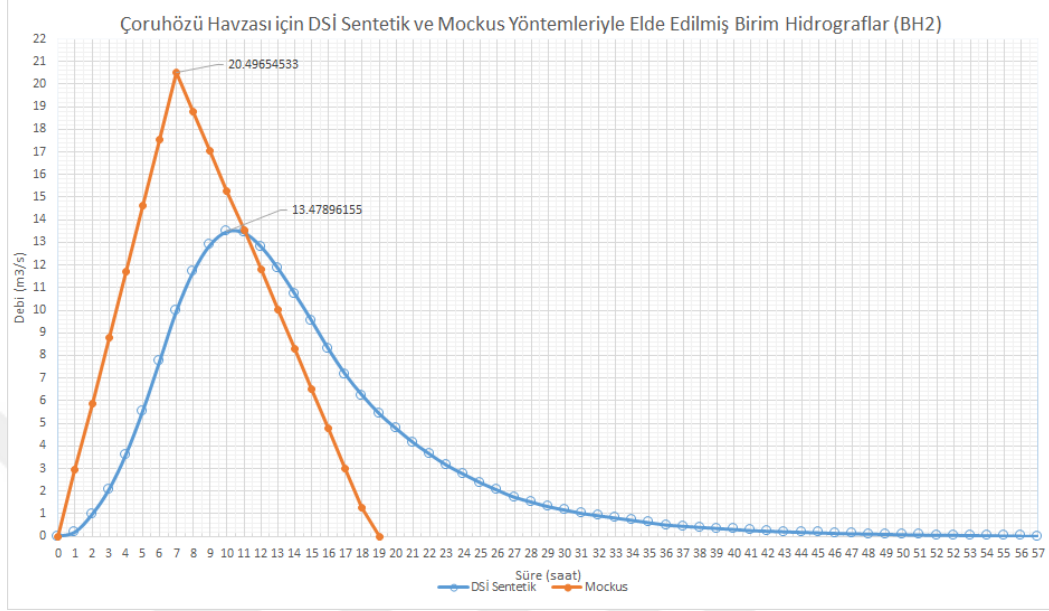
Bu çizelgelerin dışında, Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu'na ait yağış şiddet-müddet-tekerrür eğrileri Şekil 3.1'de verilmiştir.





Şekil 3.1. Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu yağış şiddet-süre-tekerrür eğrileri

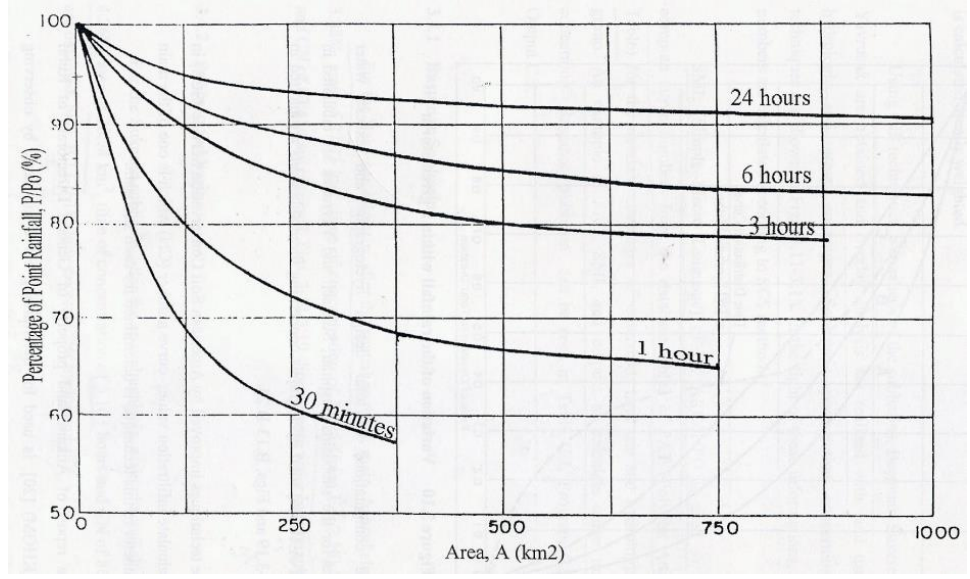
Bu çalışmada, DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleriyle iki saatlik birim hidrograf (BH<sub>2</sub>) tahminleri yapılmıştır. Hesaplamalarla Mockus ve DSİ Sentetik yöntemiyle tahmin edilen iki saatlik birim hidrograflar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



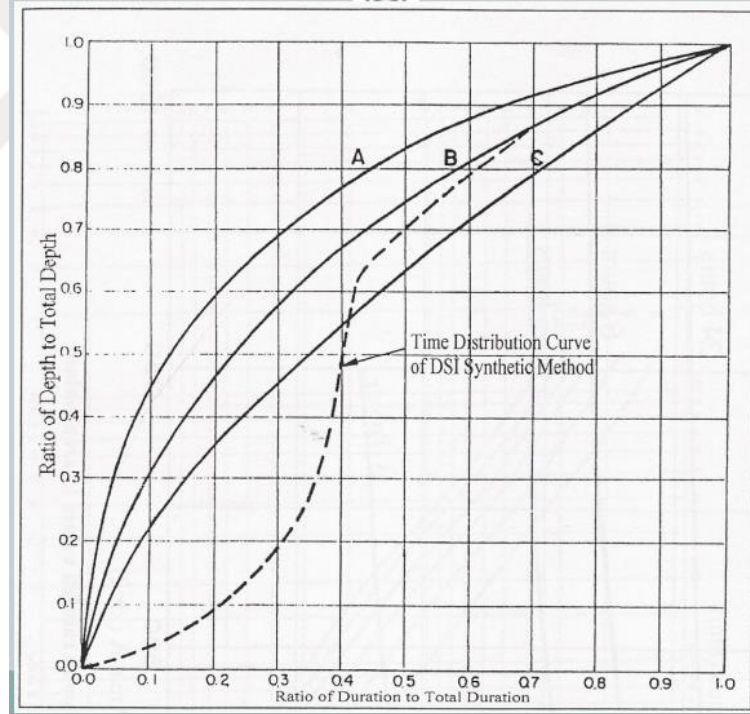
Şekil 3.2. Çoruhözü havzası için DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla elde edilmiş BH<sub>2</sub>'ler

İlgili işlemler için Excel tabloları oluşturulmuştur. Çalışmada girdi olarak kullanılan L, L<sub>c</sub> ve A değerleri haritadan ölçülmüştür. Alan dağılım oranları Şekil 3.3'ten tespit edilmiştir. 6 saatlik sağanak yağış için verilen eğriden, havza alanına tekabül eden değer doğrudan okunmuş, 8 ve 12 saatlik sağanaklar için ise eğriler tahmin edilerek okumalar gerçekleştirilmiştir.

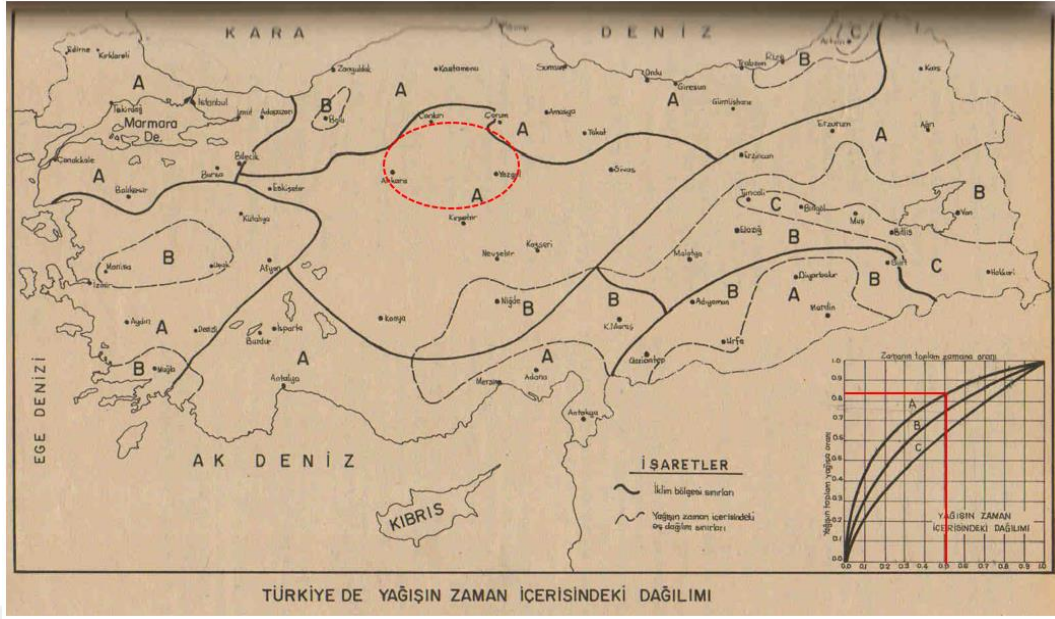
Yağışın zaman içerisindeki dağılımını temsil eden zaman dağılım oranı için ise, 6, 8 ve 12 saatlik sağanaklar ikişer saatlik aralıklara bölünmüş ve ikişer saatlik her dilimin toplam süreye oranları ayrı ayrı hesaplanarak Şekil 3.4'teki grafikten okumalar yapılmıştır. Şekil 3.5'deki Türkiye'de Yağışın Zaman İçerisindeki Dağılımı haritasında da görüleceği gibi, çalışma alanı, A bölgesinde yer almaktadır. Şekil 3.4'teki okumalar A bölgesi için verilen eğriden yapılarak zaman dağılım oranları belirlenmiştir. Zaman dağılım oranı; o zaman aralığı tamamlandığında, havzaya düşen toplam yağışın yüzde kaçının yağmış olduğunu gösterir. Bulunan değerler Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Yağışın alan dağılımı grafiği [29]



Şekil 3.4. Yağışın zaman içerisindeki dağılımı grafiği [29]

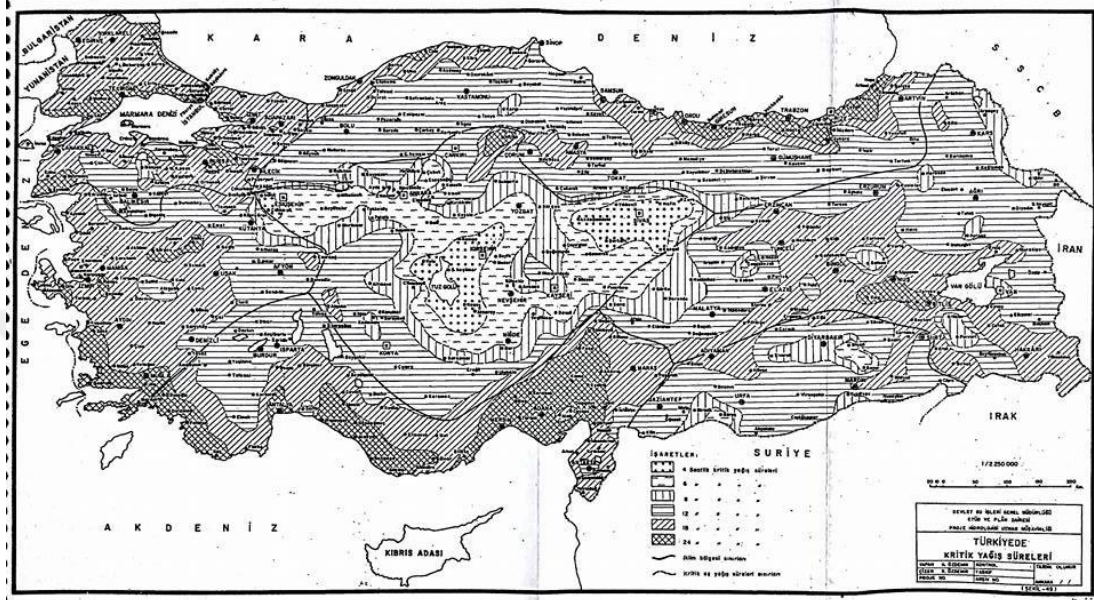


**Şekil 3.5.** Türkiye’de yağışın zaman içerisindeki dağılımı haritası [29]

**Çizelge 3.3.** Havza ve ana akarsu kolunun çalışmada girdi olarak kullanılan değerleri

|                                    |                          |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |
|------------------------------------|--------------------------|------|-----|--------------------------|------|------|-----|---------------------------|------|------|------|-------|-------|
| <b>L</b>                           | 62,45 km                 |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |
| <b>L<sub>c</sub></b>               | 27,5 km                  |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |
| <b>A (Drenaj alanı)</b>            | 692,11 km <sup>2</sup>   |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |
|                                    | <b>6 Saatlik Sağanak</b> |      |     | <b>8 Saatlik Sağanak</b> |      |      |     | <b>12 Saatlik Sağanak</b> |      |      |      |       |       |
| <b>Alan Dağılım Oranı</b>          | 0,83846                  |      |     | 0,846154                 |      |      |     | 0,8577                    |      |      |      |       |       |
| <b>Zamanın Toplam Zamana Oranı</b> | 2/6                      | 4/6  | 6/6 | 2/8                      | 4/8  | 6/8  | 8/8 | 2/12                      | 4/12 | 6/12 | 8/12 | 10/12 | 12/12 |
| <b>Zaman Dağılım Oranı</b>         | 0,71                     | 0,91 | 1   | 0,63                     | 0,82 | 0,92 | 1   | 0,54                      | 0,71 | 0,83 | 0,90 | 0,96  | 1     |
| <b>K</b>                           | 0,208                    |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |
| <b>S</b>                           | 0,008202                 |      |     |                          |      |      |     |                           |      |      |      |       |       |

Kritik sağanak süresi belirlenirken  $T_c$ ,  $T_p$  ve  $D$  değerlerinin en büyüğü dikkate alınmıştır. Ayrıca Şekil 3.6'daki haritadan çalışma alanı için kritik yağış süresi 12 saat olarak bulunmuştur.



Mockus yönteminde de  $T_c$ ,  $t_p$ ,  $t_r$  ve  $D$  değerleri ilgili formüllerden hesaplanmıştır. Buna göre 6 ve 8 ve 12 saatlik sağanaklarda meydana gelecek akış yükseklikleri hesaplanmış ve sağanak sürelerine göre ötelenmiş hidrograflar elde edilmiştir. Çizelge 3.4'te DSİ Sentetik yöntemiyle, Çizelge 3.5'te ise Mockus yöntemiyle elde edilen iki saatlik birim hidrograflara ( $BH_2$ ) ait koordinatlar verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Havza için DSİ Sentetik yöntemiyle hesaplanan  $BH_2$

|           |               |    |         |
|-----------|---------------|----|---------|
| 0         | 0             | 30 | 1,16427 |
| 1         | 0,1978        | 31 | 1,01509 |
| 2         | 0,97024       | 32 | 0,91223 |
| 3         | 2,07026       | 33 | 0,80938 |
| 4         | 3,60887       | 34 | 0,70652 |
| 5         | 5,53683       | 35 | 0,60366 |
| 6         | 7,73688       | 36 | 0,5008  |
| 7         | 9,97865       | 37 | 0,44738 |
| 8         | 11,7071       | 38 | 0,39991 |
| 9         | 12,8956       | 39 | 0,35243 |
| <b>10</b> | <b>13,479</b> | 40 | 0,30496 |
| 11        | 13,4239       | 41 | 0,25749 |
| 12        | 12,8162       | 42 | 0,22744 |
| 13        | 11,8614       | 43 | 0,20371 |
| 14        | 10,7289       | 44 | 0,17997 |
| 15        | 9,54204       | 45 | 0,15624 |
| 16        | 8,28594       | 46 | 0,1325  |
| 17        | 7,16257       | 47 | 0,11484 |
| 18        | 6,23949       | 48 | 0,10165 |
| 19        | 5,42993       | 49 | 0,08847 |
| 20        | 4,77059       | 50 | 0,07528 |
| 21        | 4,15966       | 51 | 0,06209 |
| 22        | 3,63219       | 52 | 0,05001 |
| 23        | 3,14478       | 52 | 0,05001 |
| 24        | 2,74917       | 53 | 0,03946 |
| 25        | 2,36943       | 54 | 0,02891 |
| 26        | 2,03976       | 55 | 0,01836 |
| 27        | 1,73113       | 56 | 0,00781 |
| 28        | 1,52014       | 57 | 0       |
| 29        | 1,31592       |    |         |

**Çizelge 3.5.** Havza için Mockus yöntemiyle hesaplanan BH<sub>2</sub>

|    |         |
|----|---------|
| 0  | 0       |
| 1  | 2,92808 |
| 2  | 5,85616 |
| 3  | 8,78423 |
| 4  | 11,7123 |
| 5  | 14,6404 |
| 6  | 17,5685 |
| 7  | 20,4965 |
| 8  | 18,7983 |
| 9  | 17,045  |
| 10 | 15,2916 |
| 11 | 13,5383 |
| 12 | 11,785  |
| 13 | 10,0316 |
| 14 | 8,27828 |
| 15 | 6,52494 |
| 16 | 4,7716  |
| 17 | 3,01826 |
| 18 | 1,26492 |
| 19 | 0       |

$Q_{500}$  ve  $Q_{1000}$  debilerinin hesabı için DSİ Sentetik ve Mockus yöntemleriyle elde edilen  $Q_{10}$  ve  $Q_{100}$  debileri kullanılır. T periyodu için beklenen ekstremler denklemi aşağıda verilmiştir. Her T değeri için bir  $Z_T$  değeri vardır [30].  $Q_T$ 'lere karşılık gelen  $Z_T$  değerleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

$$Q_T = Q_{10} + Z_T (Q_{100} - Q_{10}) \quad (3.1)$$



**Çizelge 3.6.**  $Q_T$  ekstrem debiler için  $Z_T$  katsayıları

| $Q_T$       | $Z_T$ |
|-------------|-------|
| $Q_{500}$   | 1,687 |
| $Q_{1000}$  | 1,990 |
| $Q_{10000}$ | 2,980 |

Sırasıyla 6, 8 ve 12 saatlik sağanıklardan elde edilen maksimum taşkın debilerinin DSİ Sentetik yöntemiyle bulunanları Çizelge 3.7’de, Mockus yöntemiyle bulunanlar ise Çizelge 3.8’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** DSİ Sentetik yöntemiyle elde edilen maksimum taşkın debileri

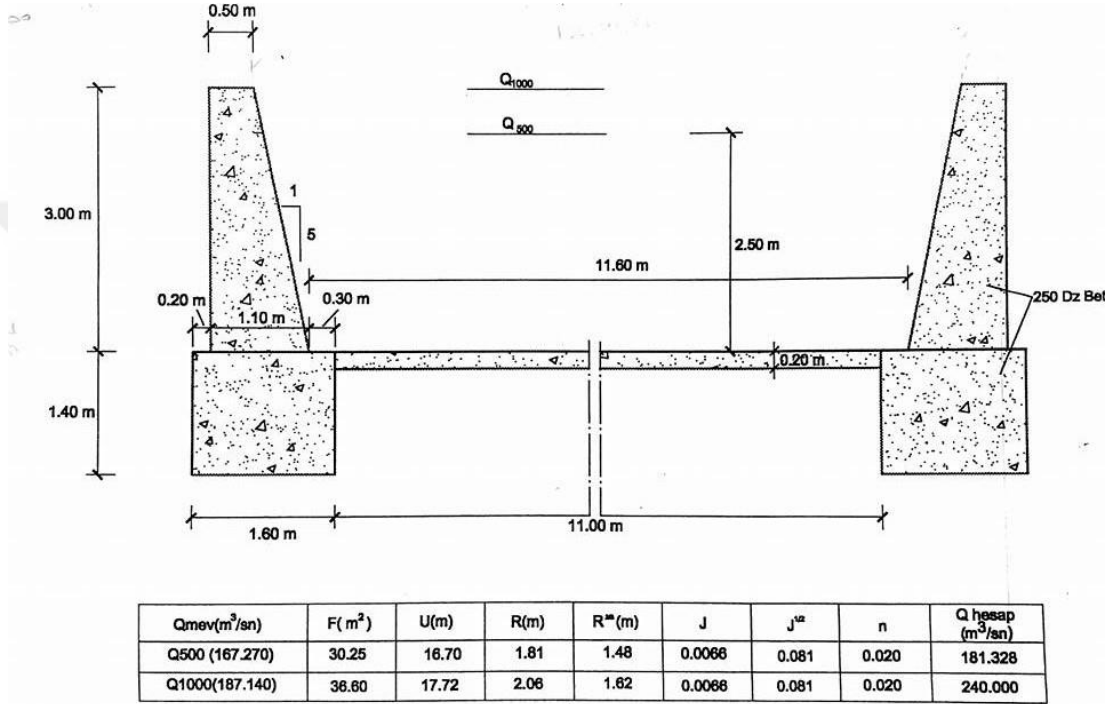
|                    | Q <sub>2</sub> | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>25</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> | Q <sub>500</sub> | Q <sub>1000</sub> |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| 6 Saatlik Sağanak  | 20,3910        | 67,68438       | 124,1059        | 234,7969        | 351,9312        | 514,3546         | 782,4556         | 900,7010          |
| 8 Saatlik Sağanak  | 25,03996       | 73,22677       | 129,9475        | 239,0673        | 353,5479        | 481,7596         | 723,4546         | 830,0536          |
| 12 Saatlik Sağanak | 28,8759        | 74,7321        | 127,2529        | 229,1344        | 337,6203        | 449,7178         | 671,2512         | 768,9581          |

**Çizelge 3.8.** Mockus yöntemiyle elde edilen maksimum taşkın debileri

|                    | Q <sub>2</sub> | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>25</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> | Q <sub>500</sub> | Q <sub>1000</sub> |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| 6 Saatlik Sağanak  | 28,3893        | 94,5159        | 172,6110        | 325,2818        | 486,4220        | 680,0563         | 1028,6712        | 1182,4271         |
| 8 Saatlik Sağanak  | 34,0651        | 98,2744        | 172,9384        | 321,5012        | 478,1403        | 654,1088         | 984,6728         | 1130,4674         |
| 12 Saatlik Sağanak | 38,1753        | 97,2831        | 166,9217        | 302,4890        | 444,9764        | 591,9864         | 884,0058         | 1012,8005         |

### 3.2. Kesitlerin Oluşturulması

Çalışma alanında yapılan ölçümler ve DSİ raporundan elde edilen bilgiler ışığında modele geometrik veriler girilmiştir. Bu bölümde kesitlere ilişkin bilgiler paylaşılmıştır. DSİ tarafından inşa edilen kanalların kesitlerine ait ölçüler şekil 3.7'de verilmiştir.



şekil 3.7. Düzendirme kanalının tasarımına ait ölçü ve değerler [3]

şekil 3.8'de, modellenen kanal kesitlerinin yerlerinin uydudan çekilmiş görüntüsü gösterilmiştir. şekil 3.9'da, modellenen D 765 Karayolu köprüsünün ve Ardiyeciler köprüsü yakınındaki kesitlerin konumunu uydu görüntüsü üzerinde göstermektedir.

Çalışma kapsamında DSİ raporundaki hesapların kontrolü yapılırken, raporda kullanılmış olan eğri numarası (CN=85) ve beton kanal kesitleri için Manning katsayısı vb. değerler aynen kullanılarak şartların benzeştiği kabulü yapılmıştır ve pürüzlülük katsayısı 0,02 alınmıştır. Köprü modellemelerinde ise pürüzlülük katsayısı,

DSİ tarafından önerilen pürüzlülük katsayıları tablosundan Cowan yöntemiyle 0,03 tahmin edilmiştir.

DSİ raporunda kanal kesitlerinin tasarımında kanal eğimin 0.0066 m/m alındığı ve hesapların buna göre yapıldığı verilmektedir [3]. Bu eğim değeri HEC-RAS modellemesinde aynen alınıp kullanılmıştır. D 765 Karayolu üzerindeki köprü ve Ardiyeciler köprüsü kesitleri için ise eğim 0.006 m/m belirlenmiştir.

Ardiyeciler köprüsü için alınan kesitler haritada A1, A2, A3 ve A4 kodlarıyla gösterilmiştir. A1-A2 ve A3-A4 mesafeleri eşit ve 20m'dir. A2 kesitinden köprü tabliyesinin mansap tarafına olan mesafe, köprü tabliyesinin memba tarafından A3 kesitine kadar olan mesafeye eşittir ve 20 m'dir. Köprü tabliye genişliği ise 14,7 m olup A2 ve A3 kesitleri arasında  $(20 + 14,7 + 20 = )$  54,7 m mesafe bulunduğu ölçülmüştür. Köprü açıklığı memba tarafında 12,15 m, mansap tarafında 13 m ölçülmüştür.

D 765 Karayolu köprüsü için alınan kesitler ise haritada K1, K2, K3 ve K4 kodlarıyla gösterilmiştir. Yine K1-K2 ve K3-K4 mesafeleri eşit ve 20 m'dir. K2 kesitinden köprü tabliyesinin mansap tarafına olan mesafe, köprü tabliyesinin memba tarafından K3 kesitine kadar olan mesafeye eşittir ve 20 m'dir. Köprü tabliye genişliği ise 22,25 m olup K2 ve K3 kesitleri arasında  $(20 + 22,25 + 20 = )$  62,25 m mesafe bulunmaktadır. Köprü açıklığı 12 m uzunluğundadır. Tabliye kalınlığı 30 cm ölçülmüştür. Köprü açıklığının memba tarafında da mansap tarafında da 12 m olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Düzenleme kanalından alınan kesitlerinin uydu görüntüsü

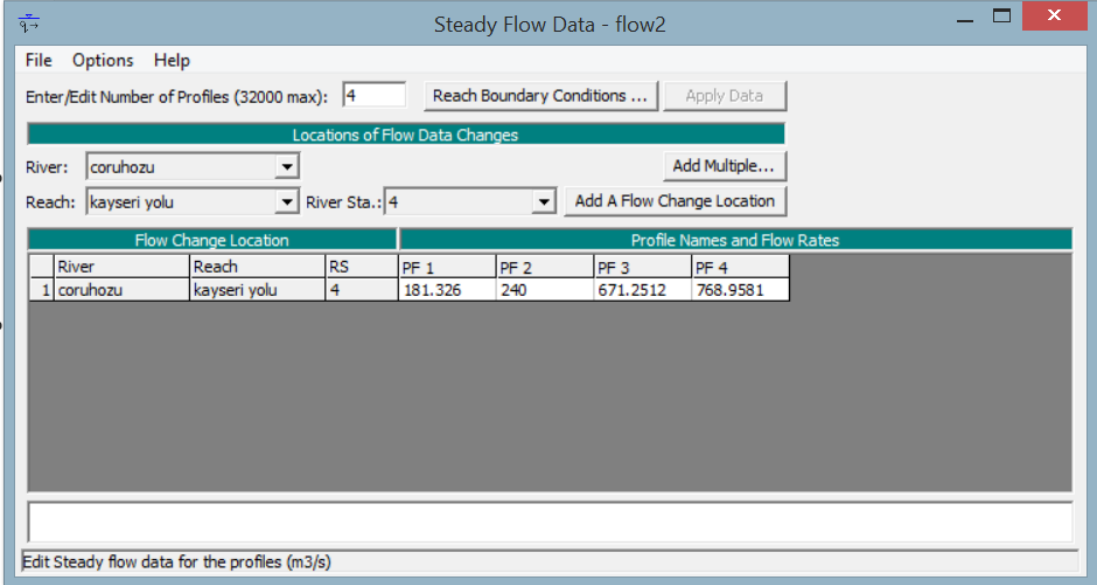


Şekil 3.9. D 765 Karayolu ve Ardıyeciler köprüsündeki kesitlerin uydu görüntüsü

### 3.3. Model Analizi

Çoruhözü üzerinde inşa edilmiş beton düzenleme kanal kesiti ölçülerinin sağlaması arazide ölçümlerle yapılmıştır. D 765 karayolunun geçtiği köprü ve Ardiyeciler köprüsü kesitlerine ait ölçüler de yerinde ölçümler yapılarak belirlenmiş, hem kanal kesitleri hem de köprülere ait kesitler HEC-RAS yazılımı yardımıyla modellenerek program yürütülmüş ve su yüzü değişimleri gözlemlenmiştir.

DSİ raporunda kanaldan güvenle geçebilecek Mockus metoduyla hesaplanan taşkın debileri  $Q_{500} = 167,270 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $Q_{1000} = 187,140 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak, proje taşkın değerleri ise  $Q_{500} = 181,326 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $Q_{1000} = 240,000 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak verilmiştir [3]. Bu proje debileriyle birlikte DSİ Sentetik ve Mockus metotlarıyla hesaplanan ve Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de verilenler arasında en düşük  $Q_{500}$  ve  $Q_{1000}$  taşkın debileri (DSİ Sentetik yöntemiyle elde edilmiştir), hem beton kanal kesitlerinde hem de köprü modellerinde program girdisi olarak belirlenmiş (Şekil 3.10), program akım rejimi karışık (mixed) olarak yürütülmüş ve su yüzeyleri profilleri belirlenmiştir.



The screenshot shows the 'Steady Flow Data - flow2' window in HEC-RAS. It includes a menu bar (File, Options, Help), a text input for 'Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):' set to 4, and buttons for 'Reach Boundary Conditions ...' and 'Apply Data'. Below this is a section titled 'Locations of Flow Data Changes' with dropdowns for 'River: coruhozu' and 'Reach: kayseri yolu', and a 'River Sta.: 4' dropdown. There are also buttons for 'Add Multiple...' and 'Add A Flow Change Location'. A table displays the flow change location and profile names and flow rates.

| Flow Change Location |              |    | Profile Names and Flow Rates |      |          |          |
|----------------------|--------------|----|------------------------------|------|----------|----------|
| River                | Reach        | RS | PF 1                         | PF 2 | PF 3     | PF 4     |
| 1 coruhozu           | kayseri yolu | 4  | 181.326                      | 240  | 671.2512 | 768.9581 |

At the bottom, there is a text box for 'Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)'.

Şekil 3.10. HEC-RAS girdisi olan kararlı akım verileri

Hesaplanan  $Q_{500}$  ve  $Q_{1000}$  debilerinin programa girilen en düşük değerlerinin bile kesitlerden güvenle geçemeyeceği savı test edilmiş ve gerçekten de en düşük debilerin bile rahatlıkla geçemediği belirlenmiştir.

Çoruhözü deresindeki düzenleme kesitlerinin hesabında kullanılan debilerin kanalların mansabında kalan köprülerden geçip geçemeyeceğinin test edilmemiş olduğu sonucuna varılmıştır.

Modellemelerin analizlerine dair göstergeler Çizelge 3.9, Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11’de verilmiştir.

**Çizelge 3.9.** Karayolu köprüsü modelinin program çıktıları

| Reach        | River Sta | Profile | Q Total<br>(m <sup>3</sup> /s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m <sup>2</sup> ) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|--------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| kayseri yolu | 4         | PF 1    | 181.33                         | 0.52             | 5.90             | 4.83             | 6.66             | 0.003729            | 3.86              | 46.96                          | 12.00            | 0.62         |
| kayseri yolu | 4         | PF 2    | 240.00                         | 0.52             | 6.69             | 5.42             | 7.61             | 0.003947            | 4.25              | 56.51                          | 12.00            | 0.62         |
| kayseri yolu | 4         | PF 3    | 671.25                         | 0.52             | 11.52            | 8.81             | 13.28            | 0.005011            | 5.86              | 114.49                         | 12.00            | 0.61         |
| kayseri yolu | 4         | PF 4    | 768.96                         | 0.52             | 12.52            | 9.46             | 14.41            | 0.005151            | 6.08              | 126.49                         | 12.00            | 0.60         |
| kayseri yolu | 3         | PF 1    | 181.33                         | 0.40             | 5.97             | 4.30             | 6.54             | 0.002491            | 3.34              | 54.32                          | 12.00            | 0.50         |
| kayseri yolu | 3         | PF 2    | 240.00                         | 0.40             | 6.76             | 4.89             | 7.48             | 0.002831            | 3.76              | 63.86                          | 12.00            | 0.52         |
| kayseri yolu | 3         | PF 3    | 671.25                         | 0.40             | 11.57            | 8.28             | 13.12            | 0.004314            | 5.52              | 121.50                         | 12.00            | 0.55         |
| kayseri yolu | 3         | PF 4    | 768.96                         | 0.40             | 12.56            | 8.92             | 14.25            | 0.004511            | 5.76              | 133.41                         | 12.00            | 0.55         |
| kayseri yolu | 2.5       | Bridge  |                                |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                                |                  |              |
| kayseri yolu | 2         | PF 1    | 181.33                         | 0.12             | 5.17             |                  | 5.73             | 0.002592            | 3.31              | 54.76                          | 12.00            | 0.50         |
| kayseri yolu | 2         | PF 2    | 240.00                         | 0.12             | 5.95             |                  | 6.66             | 0.002964            | 3.74              | 64.12                          | 12.00            | 0.52         |
| kayseri yolu | 2         | PF 3    | 671.25                         | 0.12             | 10.80            |                  | 12.34            | 0.004413            | 5.49              | 122.32                         | 12.00            | 0.55         |
| kayseri yolu | 2         | PF 4    | 768.96                         | 0.12             | 11.82            |                  | 13.48            | 0.004585            | 5.72              | 134.53                         | 12.00            | 0.55         |
| kayseri yolu | 1         | PF 1    | 181.33                         | 0.00             | 4.59             | 4.06             | 5.61             | 0.006001            | 4.47              | 40.57                          | 12.00            | 0.78         |
| kayseri yolu | 1         | PF 2    | 240.00                         | 0.00             | 5.34             | 4.64             | 6.53             | 0.006001            | 4.84              | 49.58                          | 12.00            | 0.76         |
| kayseri yolu | 1         | PF 3    | 671.25                         | 0.00             | 10.23            | 8.04             | 12.19            | 0.006001            | 6.20              | 108.27                         | 12.00            | 0.66         |
| kayseri yolu | 1         | PF 4    | 768.96                         | 0.00             | 11.27            | 8.66             | 13.34            | 0.006000            | 6.37              | 120.76                         | 12.00            | 0.64         |



**Çizelge 3.10.** Ardiyeciler köprüsü modelinin program çıktıları

| Reach | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| 2     | 4         | PF 1    | 181.33            | 0.45             | 5.27             | 4.08             | 5.97             | 0.003520            | 3.72              | 48.76             | 12.15            | 0.59         |
| 2     | 4         | PF 2    | 240.00            | 0.45             | 5.99             | 4.66             | 6.88             | 0.003922            | 4.17              | 57.51             | 12.15            | 0.61         |
| 2     | 4         | PF 3    | 671.25            | 0.45             | 10.15            | 8.03             | 12.12            | 0.005926            | 6.21              | 108.02            | 12.15            | 0.67         |
| 2     | 4         | PF 4    | 768.96            | 0.45             | 10.99            | 8.68             | 13.15            | 0.006200            | 6.50              | 118.30            | 12.15            | 0.67         |
| 2     | 3         | PF 1    | 181.33            | 0.33             | 5.22             | 3.96             | 5.90             | 0.003361            | 3.66              | 49.58             | 12.15            | 0.58         |
| 2     | 3         | PF 2    | 240.00            | 0.33             | 5.93             | 4.55             | 6.79             | 0.003795            | 4.12              | 58.21             | 12.15            | 0.60         |
| 2     | 3         | PF 3    | 671.25            | 0.33             | 10.03            | 7.91             | 12.00            | 0.005922            | 6.21              | 108.05            | 12.15            | 0.67         |
| 2     | 3         | PF 4    | 768.96            | 0.33             | 10.86            | 8.55             | 13.02            | 0.006213            | 6.51              | 118.20            | 12.15            | 0.67         |
| 2     | 2.5       |         | Bridge            |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  |              |
| 2     | 2         | PF 1    | 181.33            | 0.12             | 4.03             |                  | 5.05             | 0.006001            | 4.46              | 40.67             | 13.00            | 0.80         |
| 2     | 2         | PF 2    | 240.00            | 0.12             | 4.72             |                  | 5.91             | 0.006001            | 4.84              | 49.56             | 13.00            | 0.79         |
| 2     | 2         | PF 3    | 671.25            | 0.12             | 9.12             |                  | 11.13            | 0.006001            | 6.29              | 106.75            | 13.00            | 0.70         |
| 2     | 2         | PF 4    | 768.96            | 0.12             | 10.05            |                  | 12.18            | 0.006001            | 6.47              | 118.83            | 13.00            | 0.68         |
| 2     | 1         | PF 1    | 181.33            | 0.00             | 3.91             | 3.49             | 4.93             | 0.006001            | 4.46              | 40.67             | 13.00            | 0.80         |
| 2     | 1         | PF 2    | 240.00            | 0.00             | 4.60             | 4.04             | 5.79             | 0.006001            | 4.84              | 49.56             | 13.00            | 0.79         |
| 2     | 1         | PF 3    | 671.25            | 0.00             | 9.00             | 7.26             | 11.01            | 0.006001            | 6.29              | 106.75            | 13.00            | 0.70         |
| 2     | 1         | PF 4    | 768.96            | 0.00             | 9.93             | 7.88             | 12.06            | 0.006001            | 6.47              | 118.83            | 13.00            | 0.68         |

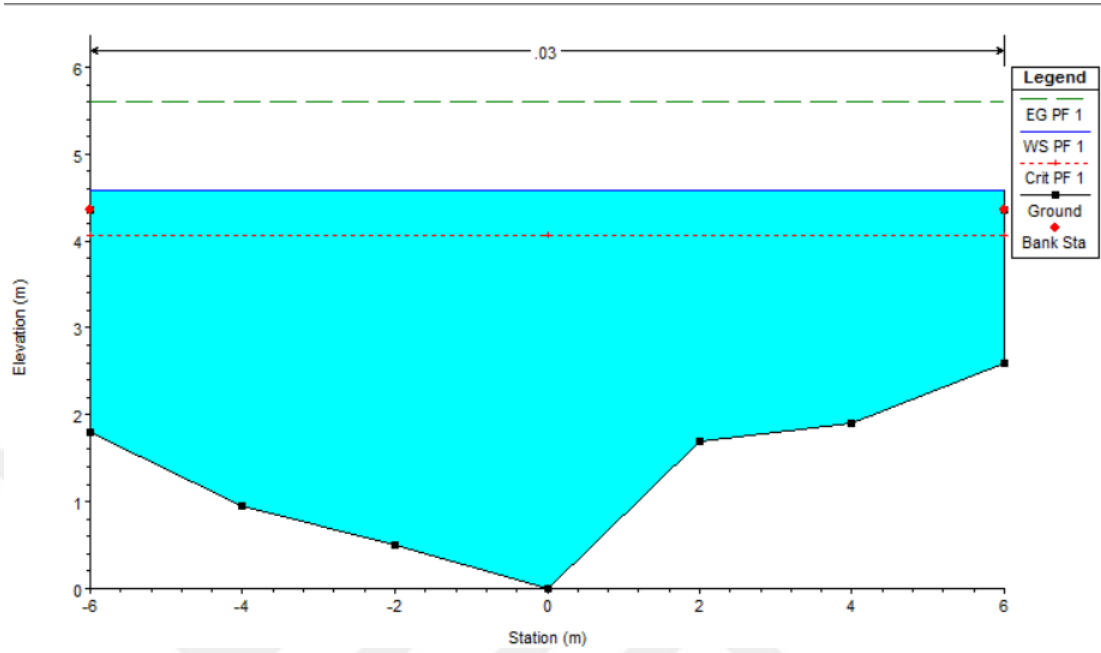
**Çizelge 3.11.** Düzenleme kanal kesitleri modelinin program çıktıları

| Reach | River Sta | Profile | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| kanal | 2         | PF 1    | 181.33            | 1.98             | 4.47             | 4.85             | 6.32             | 0.006603            | 6.02              | 30.10             | 12.60            | 1.24         |
| kanal | 2         | PF 2    | 240.00            | 1.98             | 4.97             | 5.42             | 7.18             | 0.006603            | 6.58              | 36.48             | 12.80            | 1.24         |
| kanal | 2         | PF 3    | 671.25            | 1.98             | 8.08             | 8.67             | 12.03            | 0.006600            | 8.80              | 76.27             | 12.80            | 1.15         |
| kanal | 2         | PF 4    | 768.96            | 1.98             | 8.72             | 9.29             | 12.94            | 0.006600            | 9.10              | 84.50             | 12.80            | 1.13         |
| kanal | 1         | PF 1    | 181.33            | 0.00             | 2.49             | 2.87             | 4.34             | 0.006598            | 6.02              | 30.11             | 12.60            | 1.24         |
| kanal | 1         | PF 2    | 240.00            | 0.00             | 2.99             | 3.44             | 5.20             | 0.006599            | 6.58              | 36.48             | 12.80            | 1.24         |
| kanal | 1         | PF 3    | 671.25            | 0.00             | 6.10             | 6.69             | 10.05            | 0.006601            | 8.80              | 76.27             | 12.80            | 1.15         |
| kanal | 1         | PF 4    | 768.96            | 0.00             | 6.75             | 7.31             | 10.96            | 0.006591            | 9.09              | 84.55             | 12.80            | 1.13         |

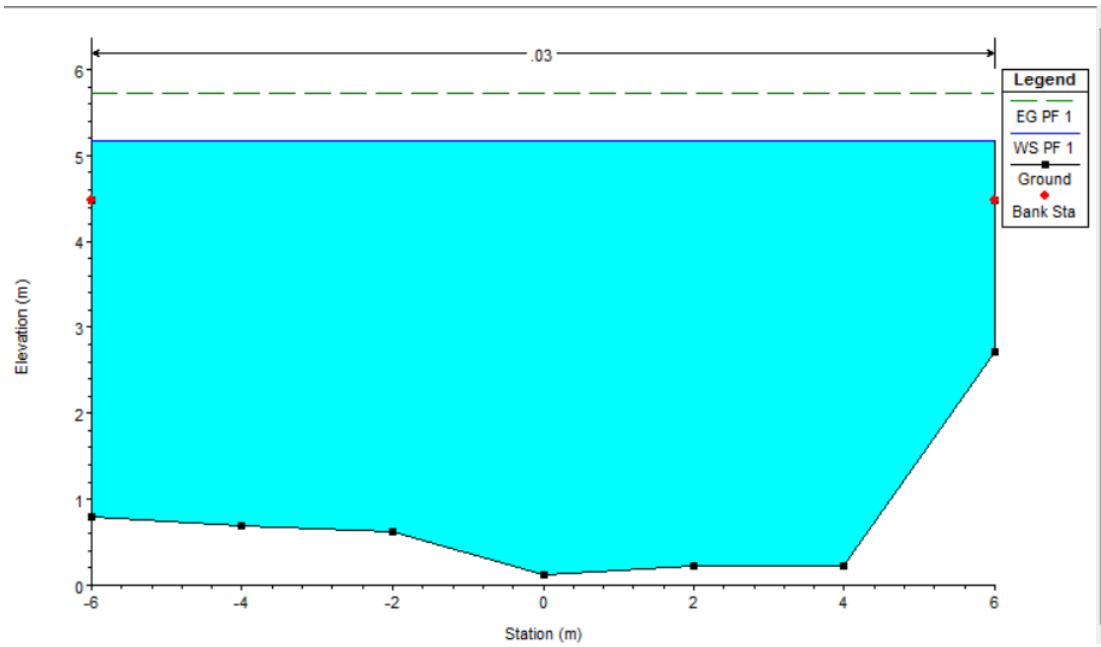
### 3.3.1. D 765 Karayolu Köprüsü Kesitlerinin İncelenmesi

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'daki haritalarda konumları gösterilen kesitler modellenmiş ve programın yürütülmesiyle her bir debinin ayrı ayrı geçmeleri halinde oluşan durumlar aşağıda verilmiştir. 2,5 D ve 2,5 U kesitleri köprü'nün hemen mansabında ve membasında olan kesitlerdir. HEC-RAS'te köprüler konumlandırılırken bu kesitlerin de oluşturulması gerekmektedir.

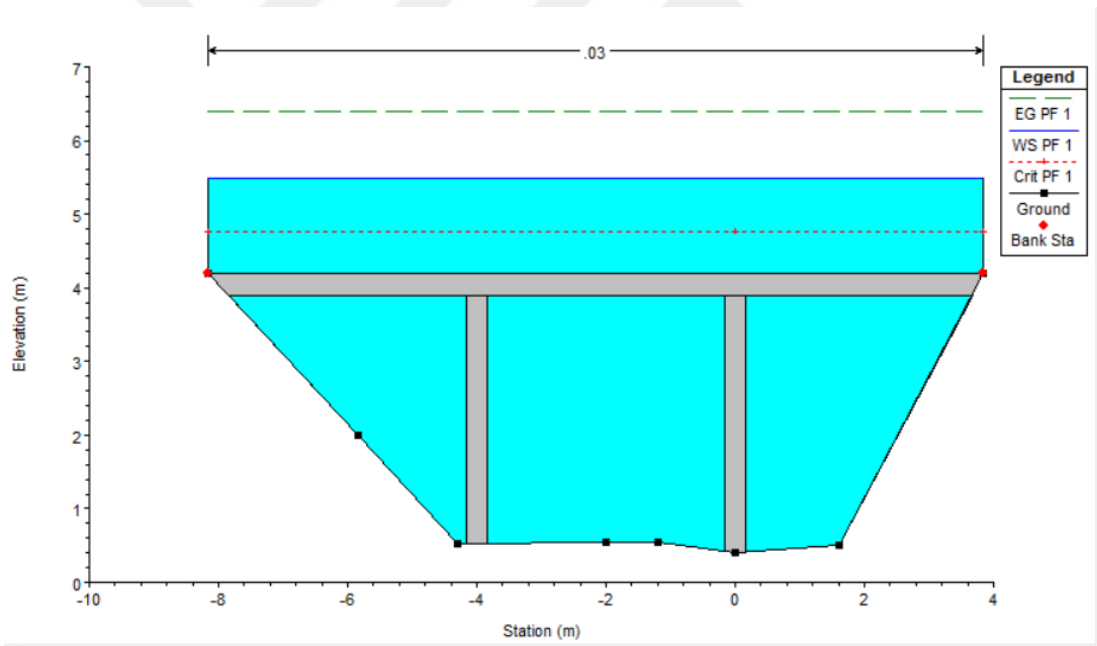
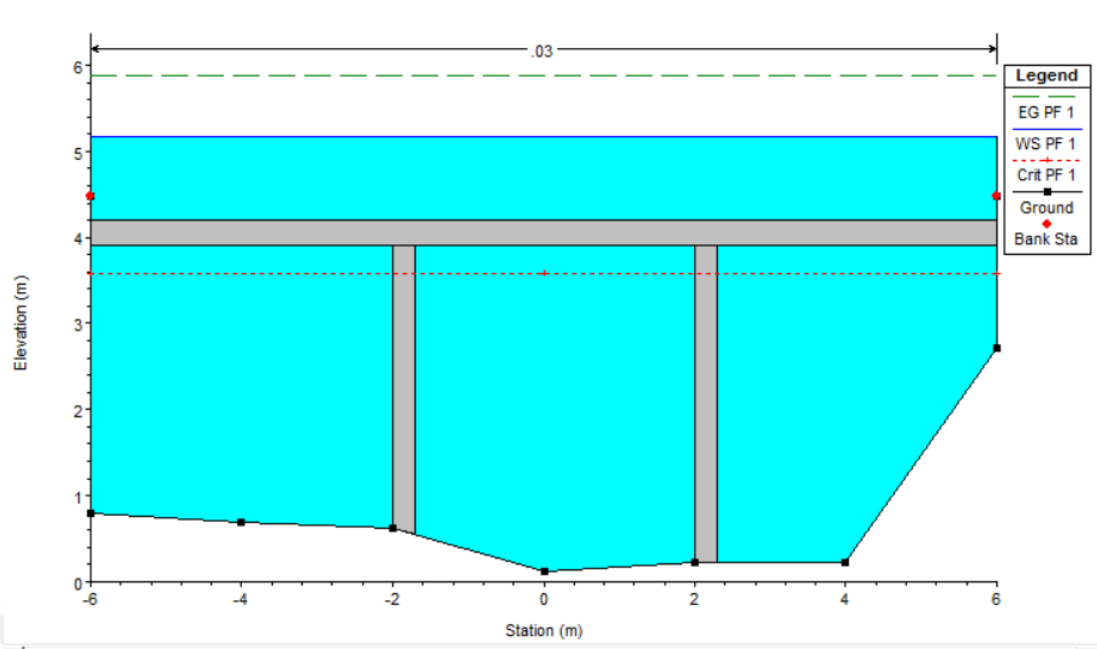
### 3.3.1.1. Proje Q500 Geçmesi Durumu

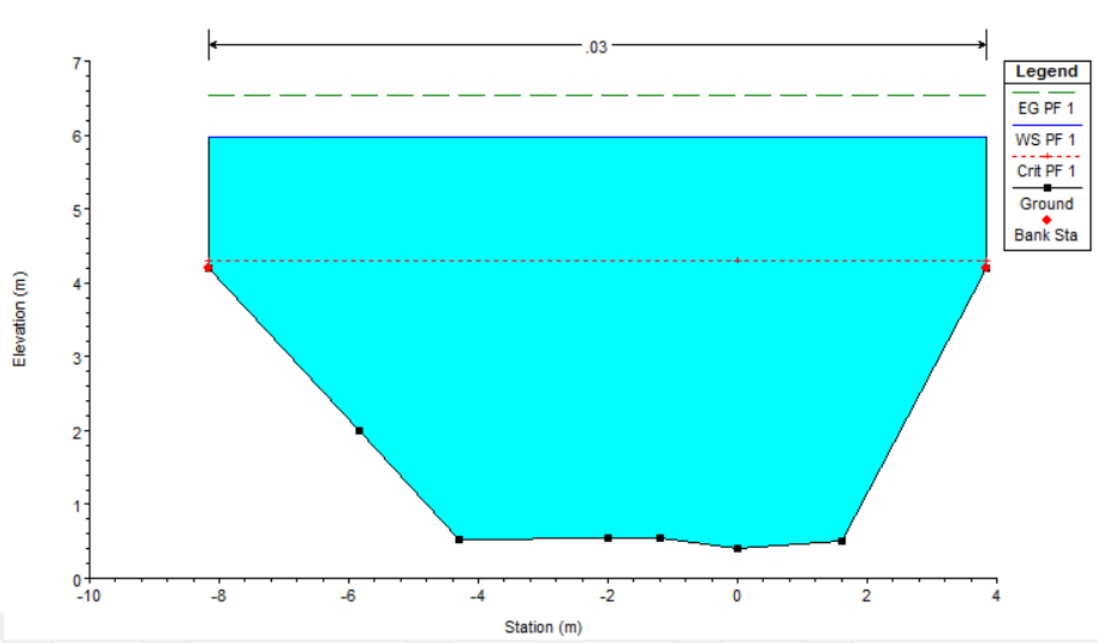


Şekil 3.11. Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit

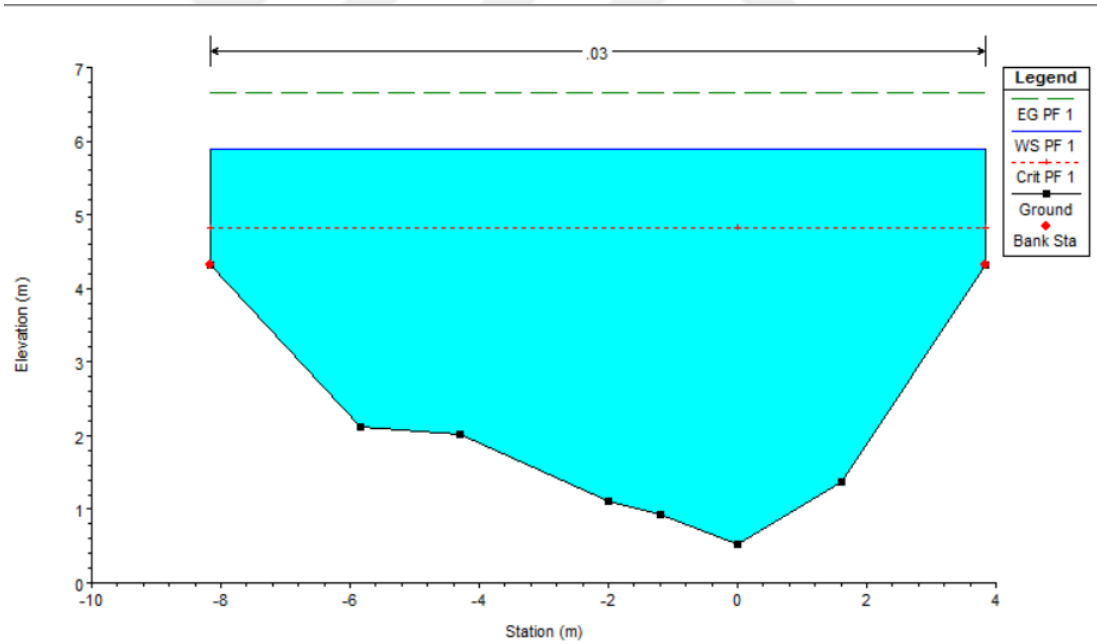


Şekil 3.12. Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit



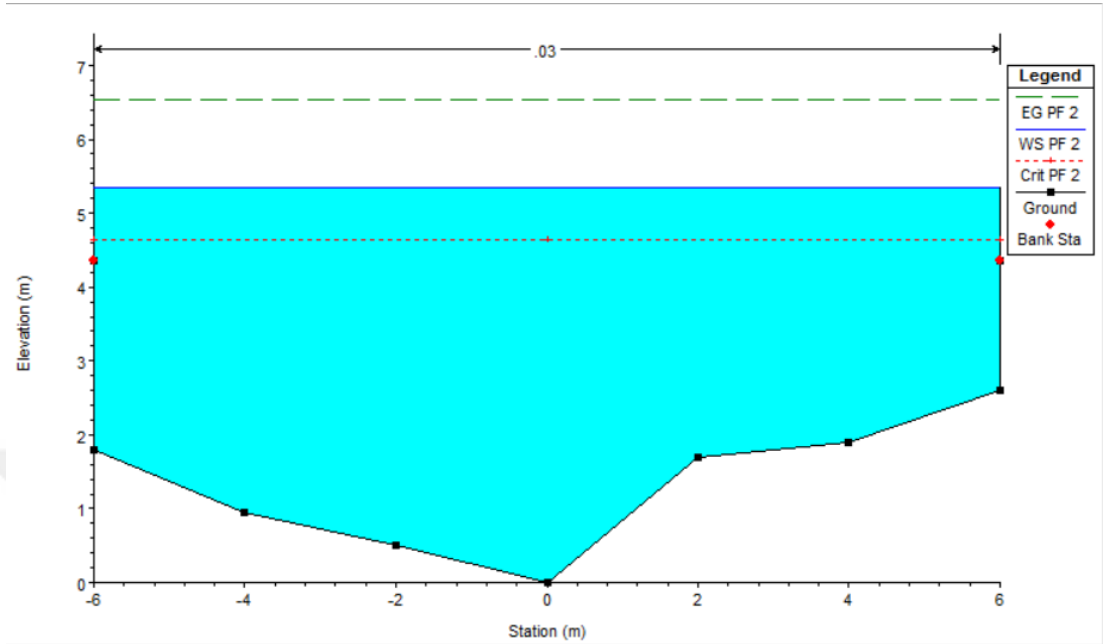


Şekil 3.15. Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit

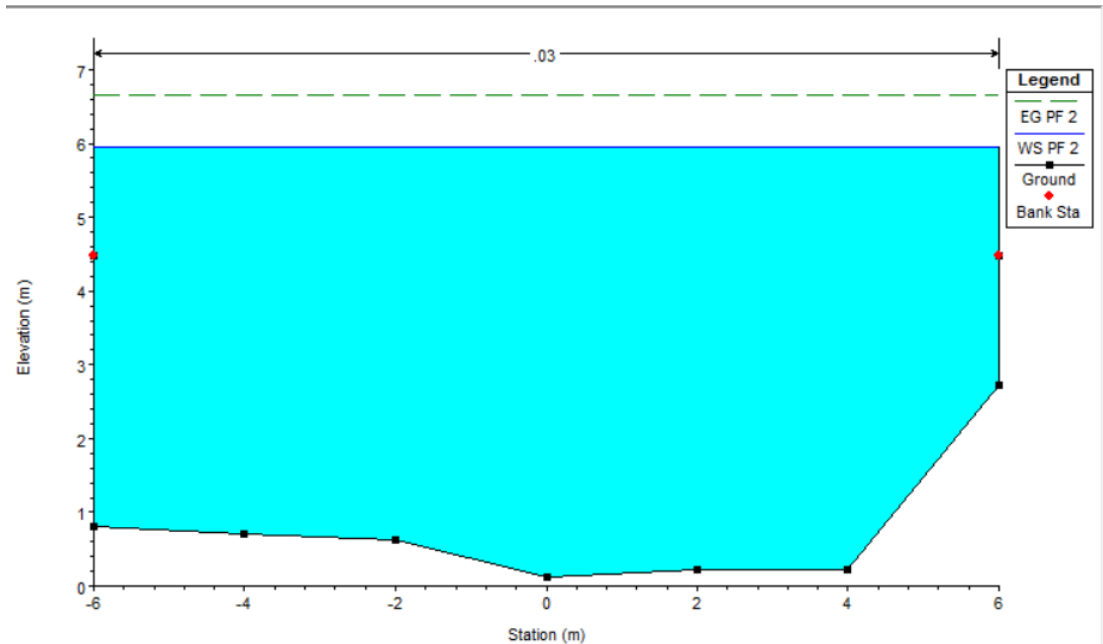


Şekil 3.16. Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit

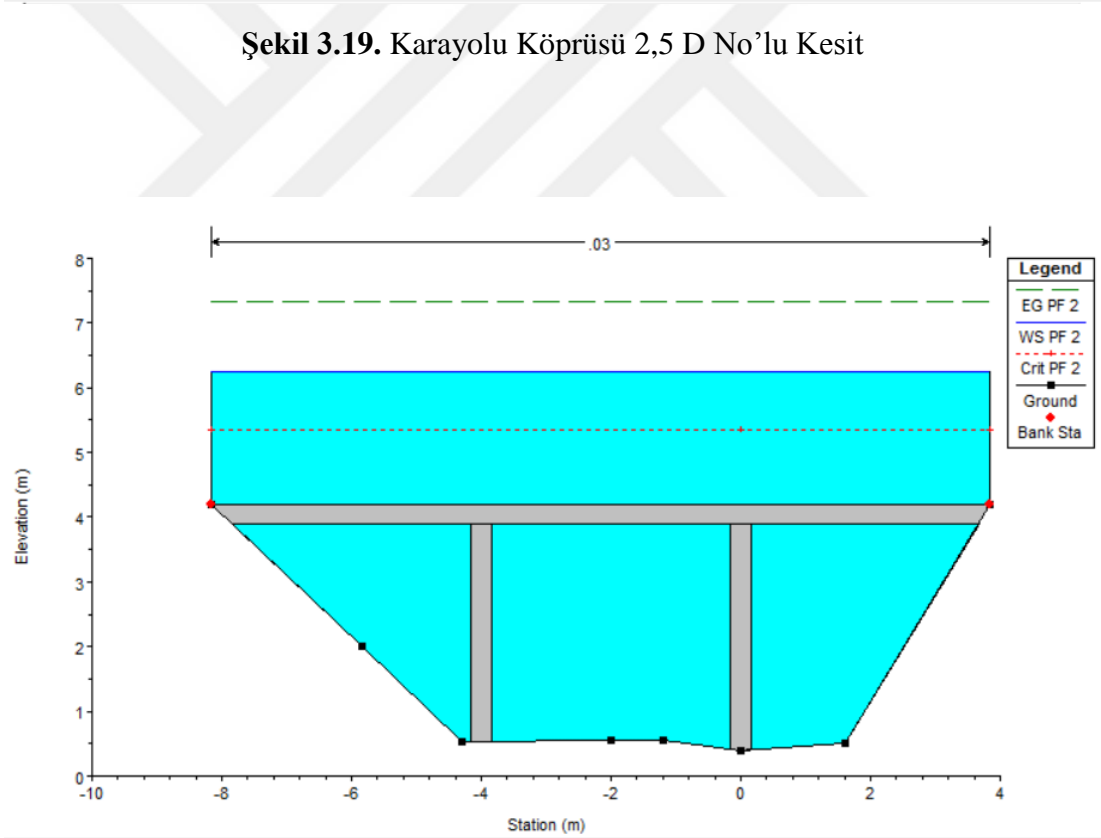
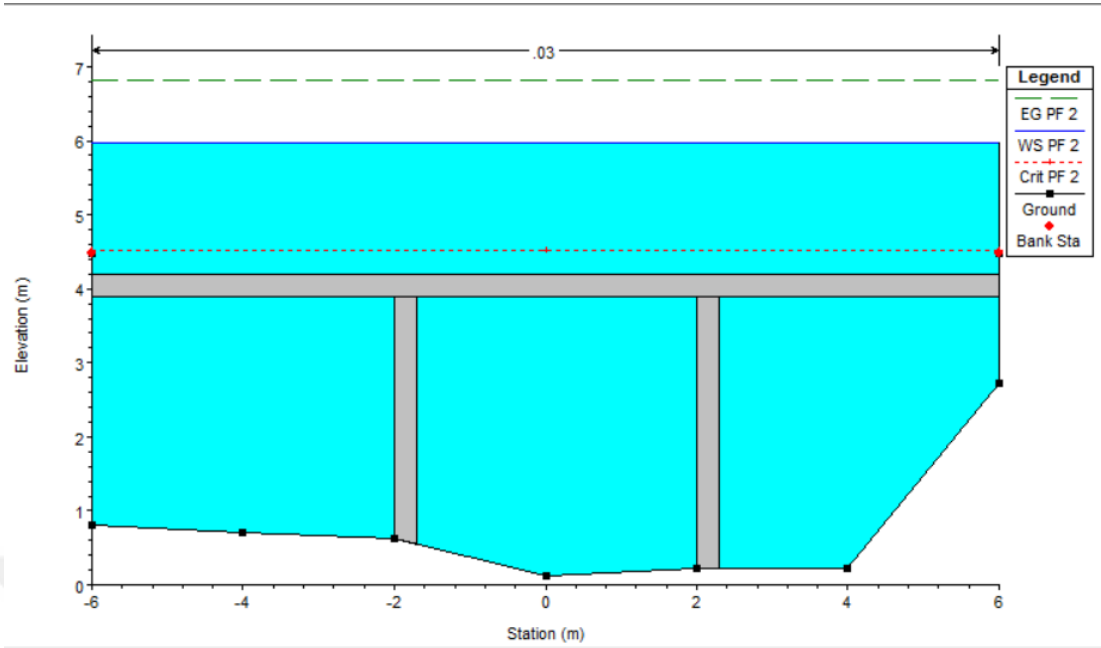
### 3.3.1.2. Proje Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu

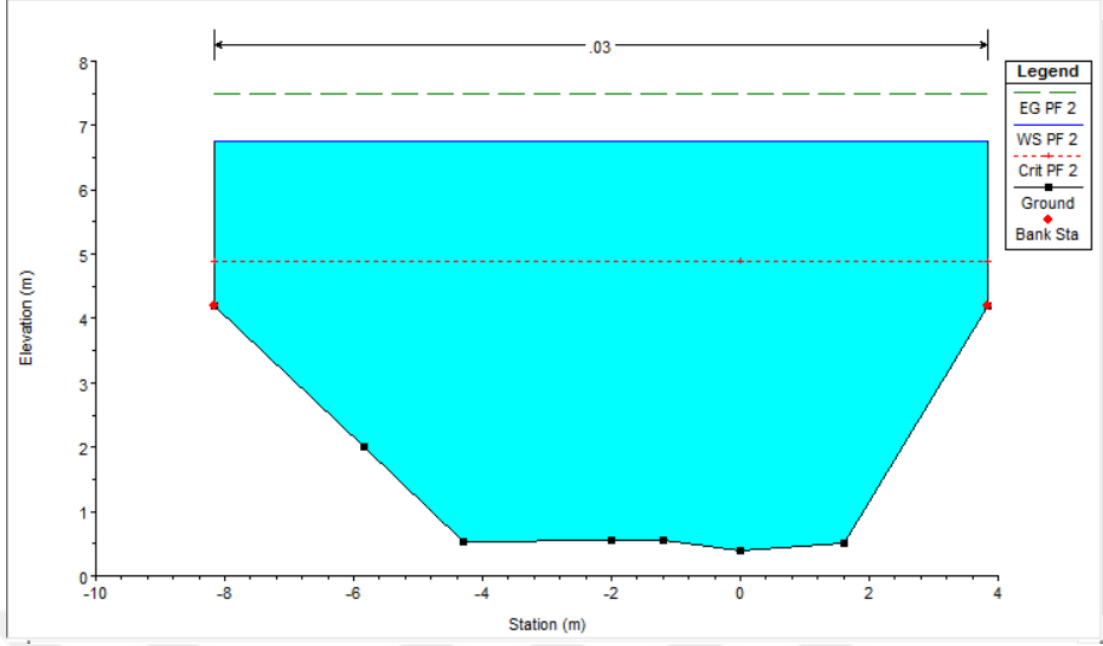


Şekil 3.17. Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit

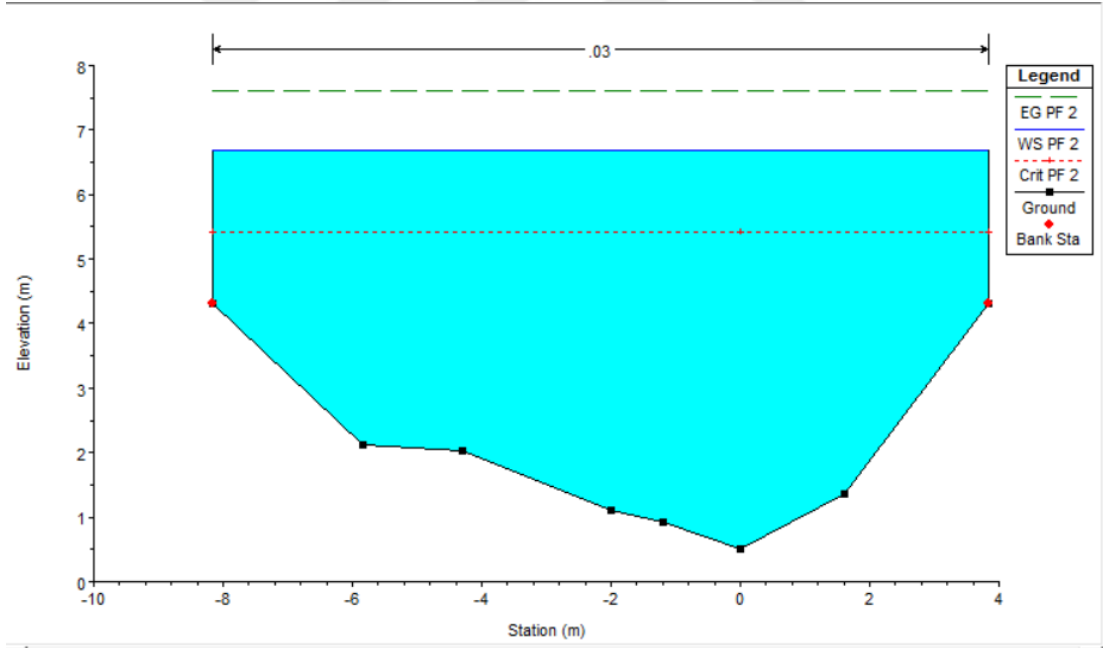


Şekil 3.18. Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit



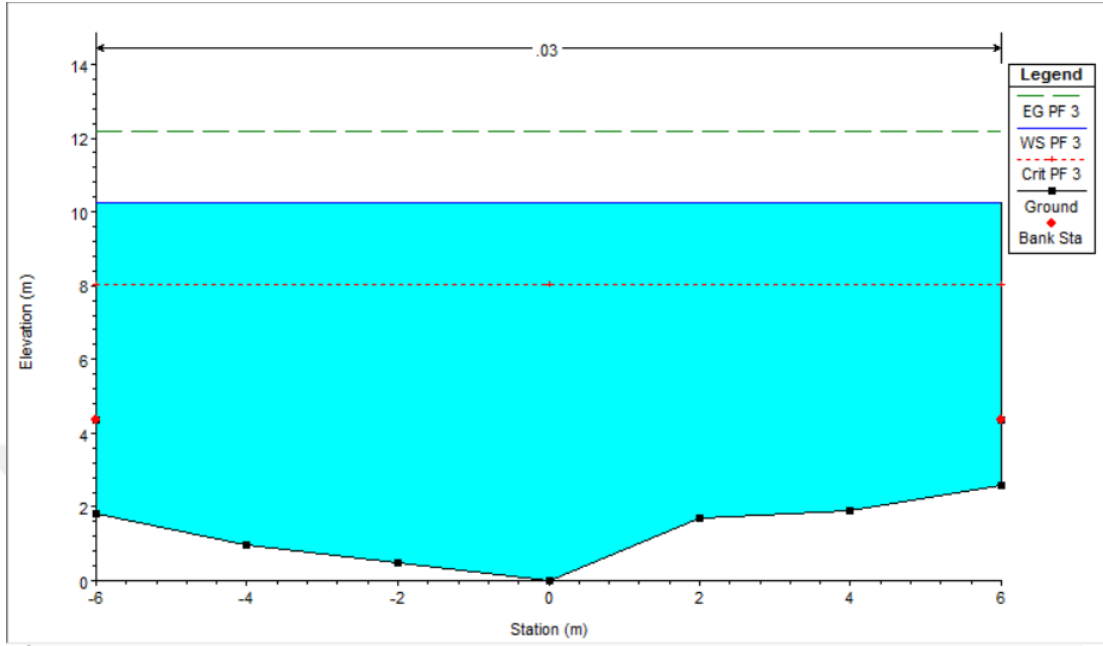


Şekil 3.21. Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit

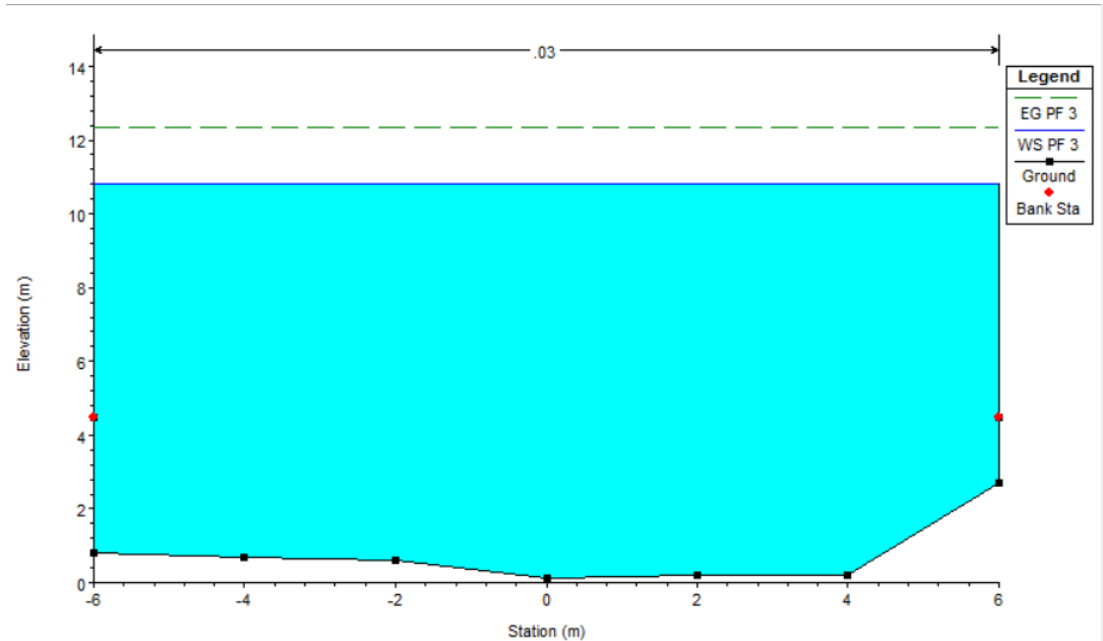


Şekil 3.22. Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit

### 3.3.1.3. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>500</sub> Geçmesi Durumu

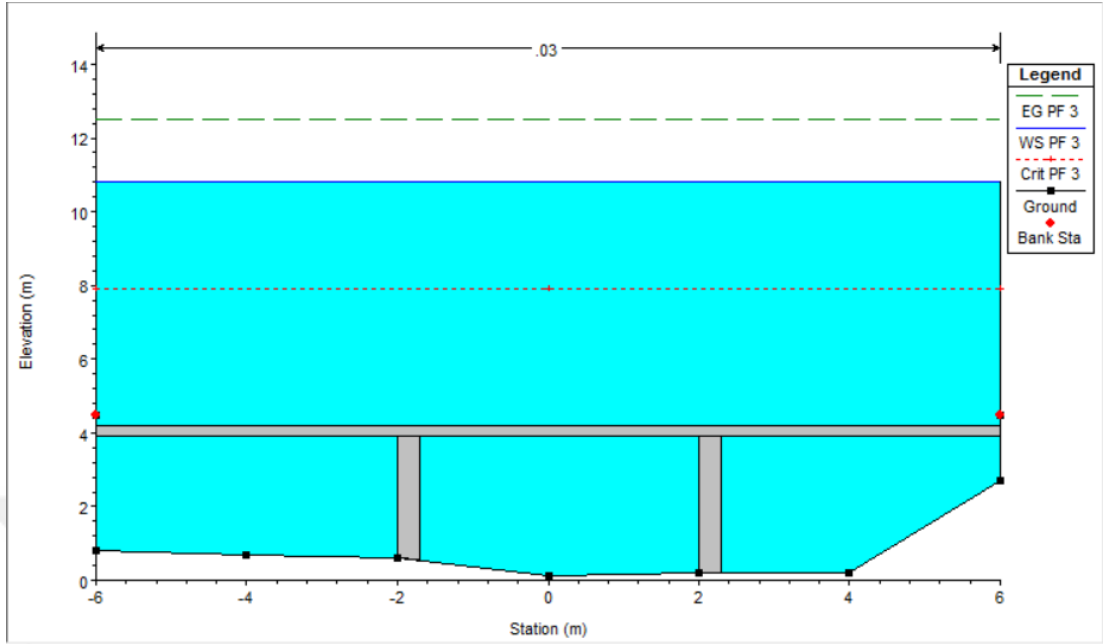


Şekil 3.23. Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit

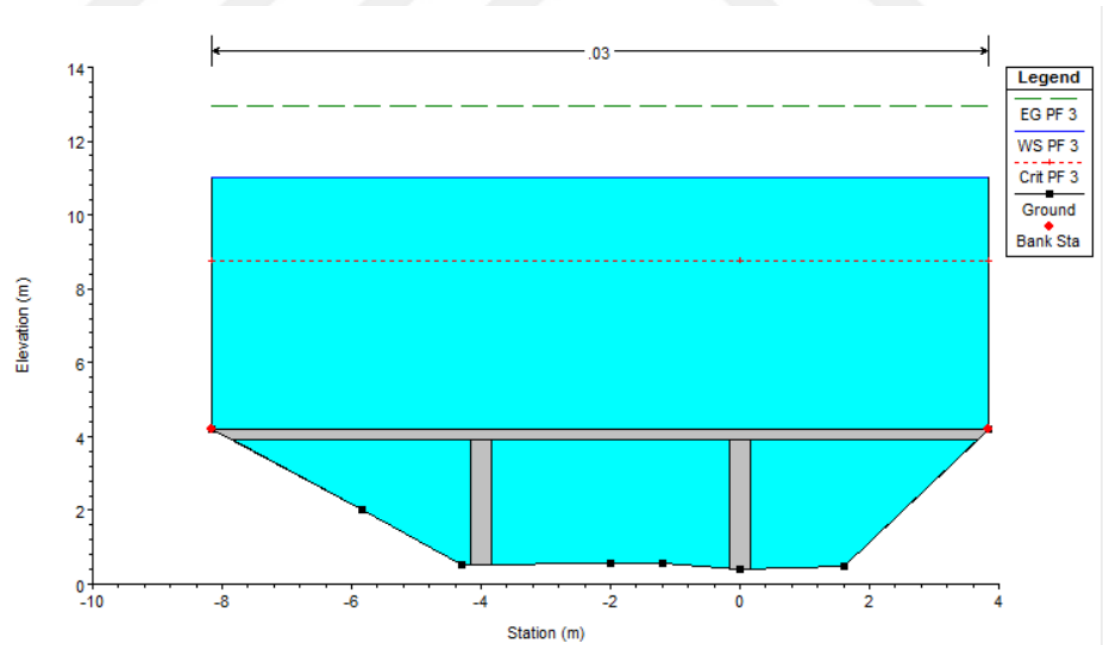


Şekil 3.24. Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit

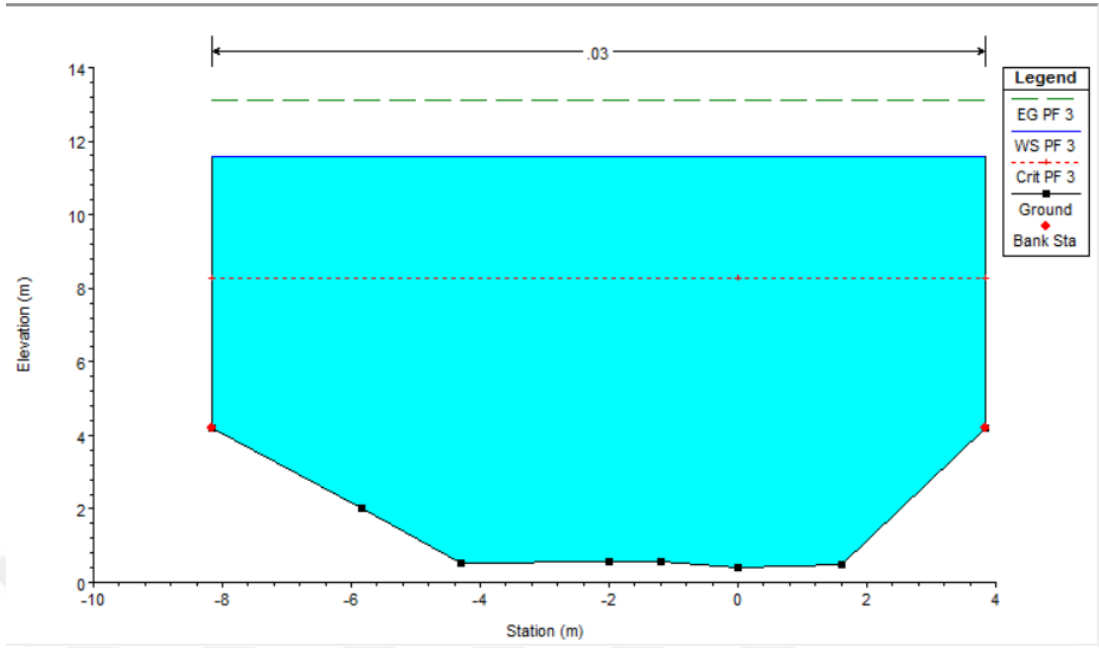




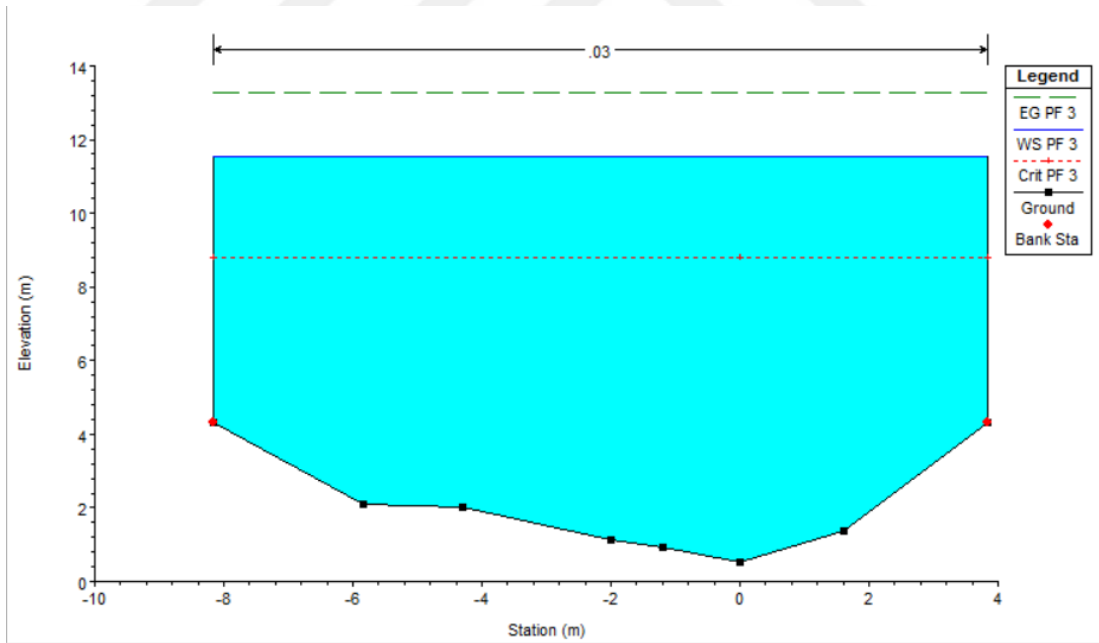
Şekil 3.25. Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit



Şekil 3.26. Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit

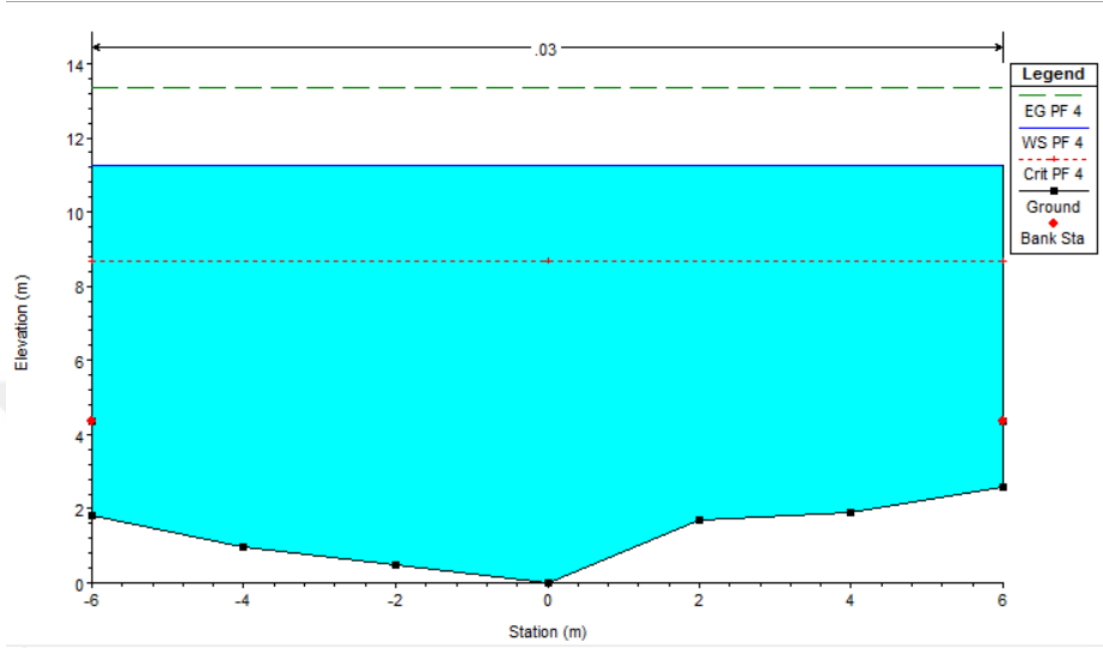


Şekil 3.27. Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit

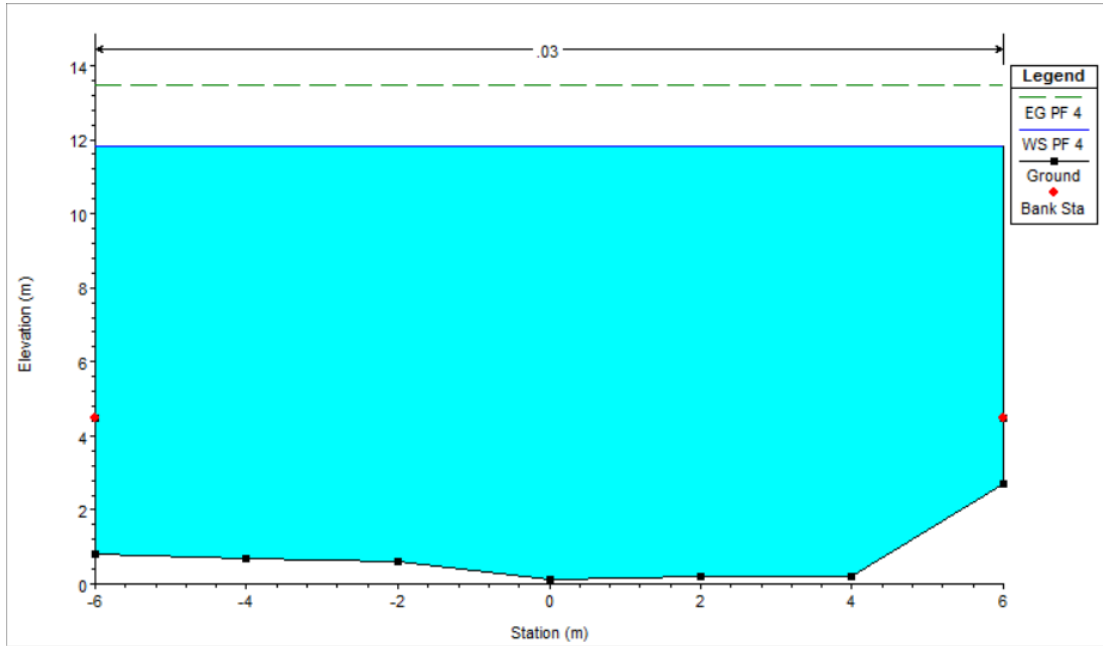


Şekil 3.28. Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit

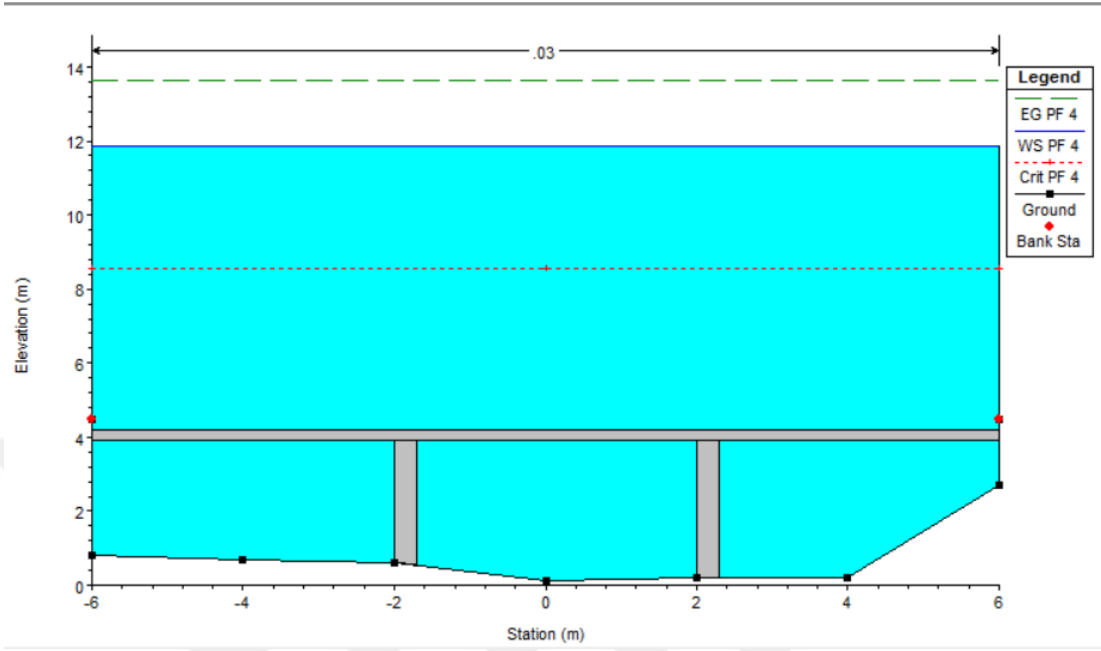
### 3.3.1.4. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu



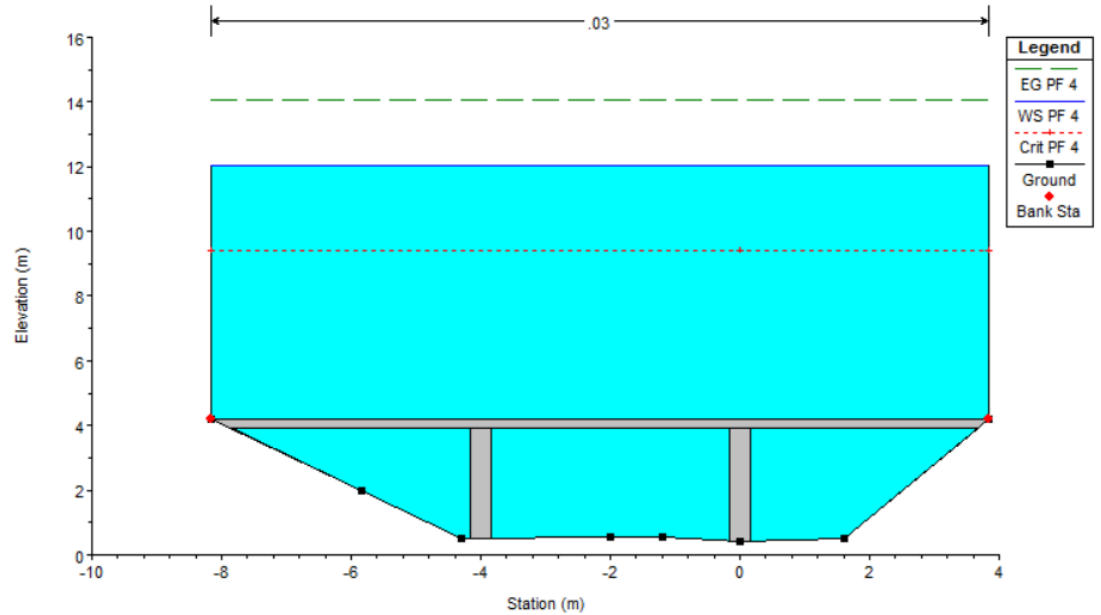
Şekil 3.29. Karayolu Köprüsü 1 No'lu Kesit



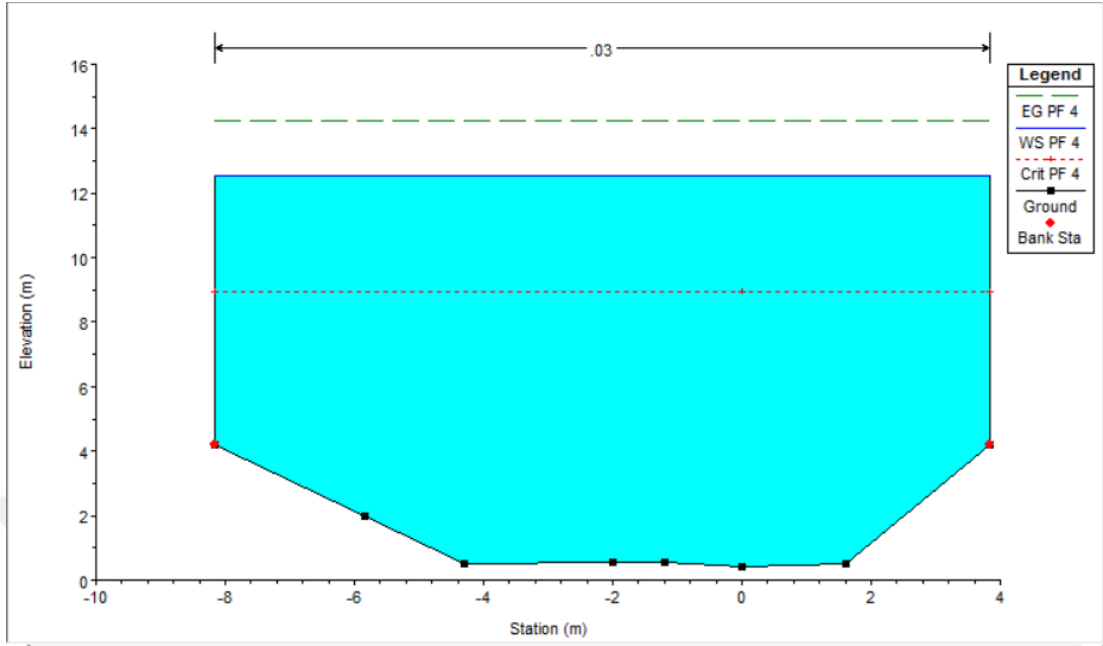
Şekil 3.30. Karayolu Köprüsü 2 No'lu Kesit



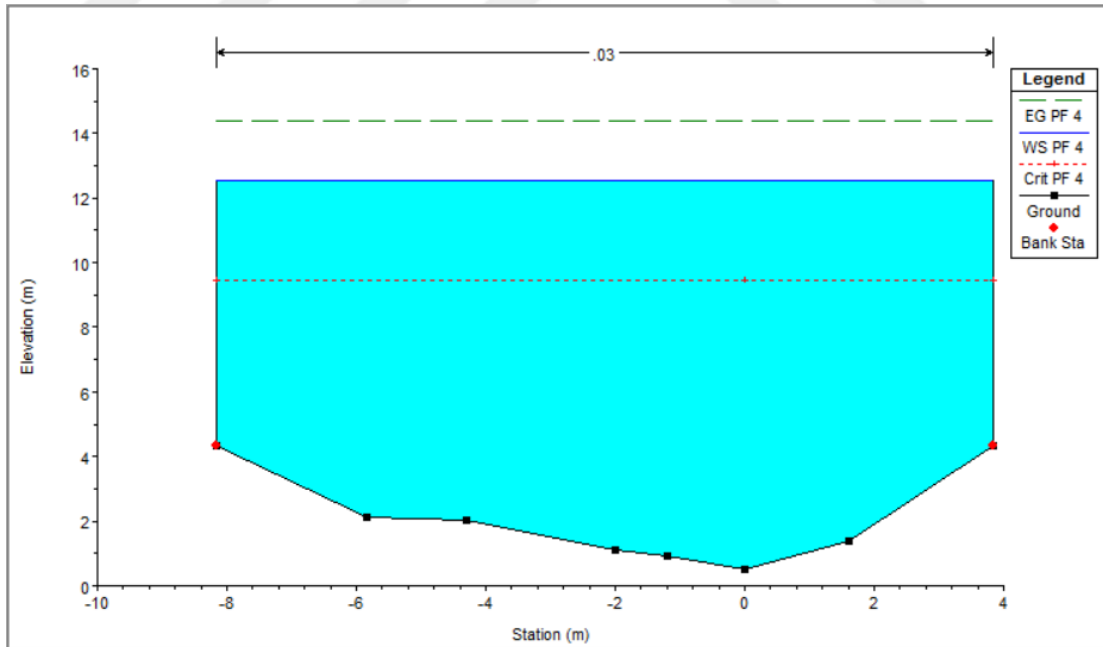
Şekil 3.31. Karayolu Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit



Şekil 3.32. Karayolu Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit



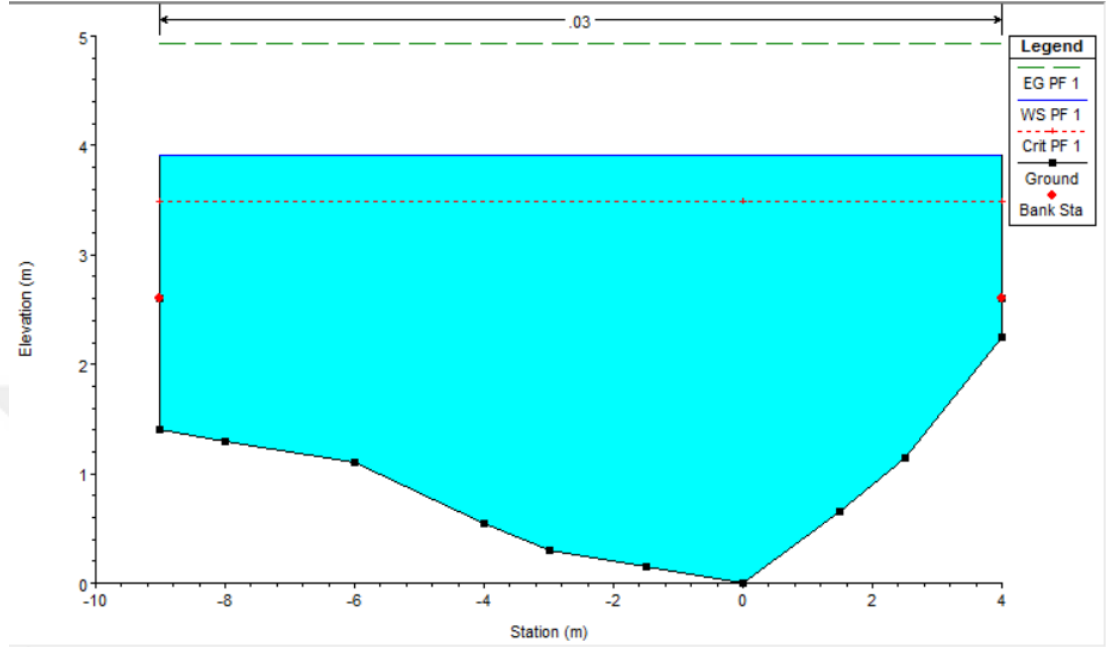
Şekil 3.33. Karayolu Köprüsü 3 No'lu Kesit



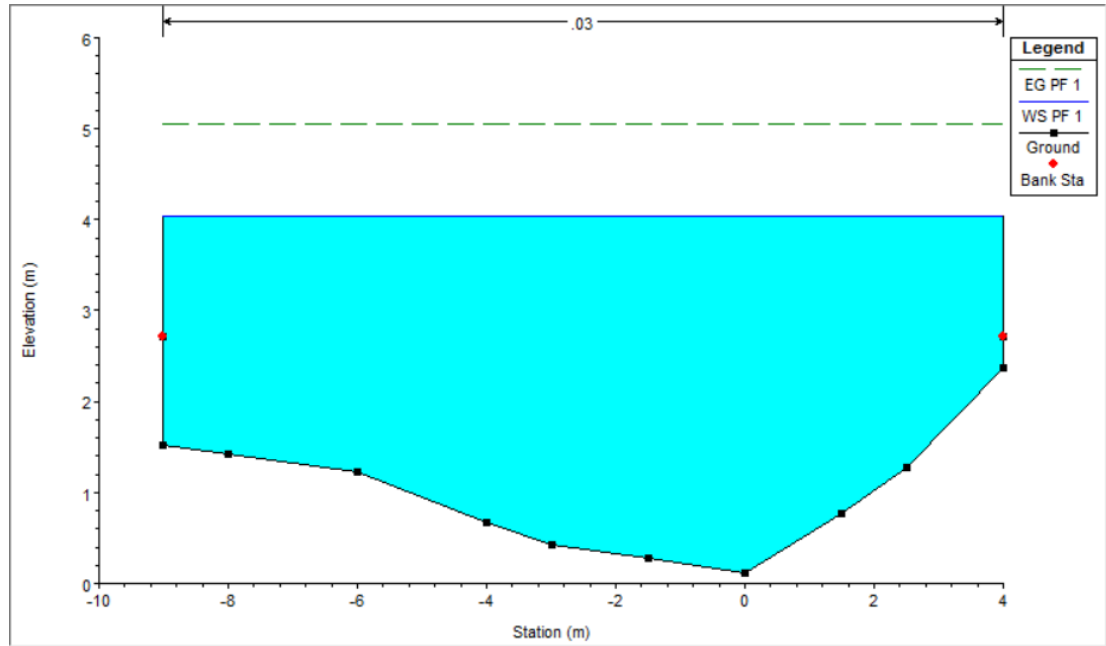
Şekil 3.34. Karayolu Köprüsü 4 No'lu Kesit

### 3.3.2. Ardiyeciler Köprüsü Kesitleri

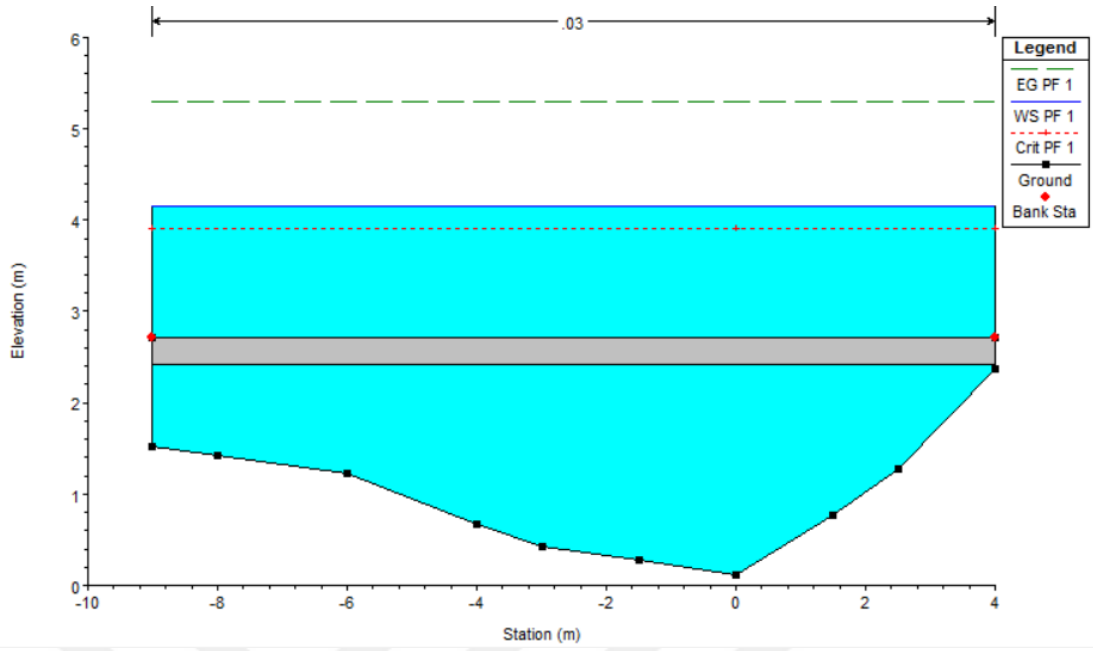
#### 3.3.2.1. Proje Q500 Geçmesi Durumu



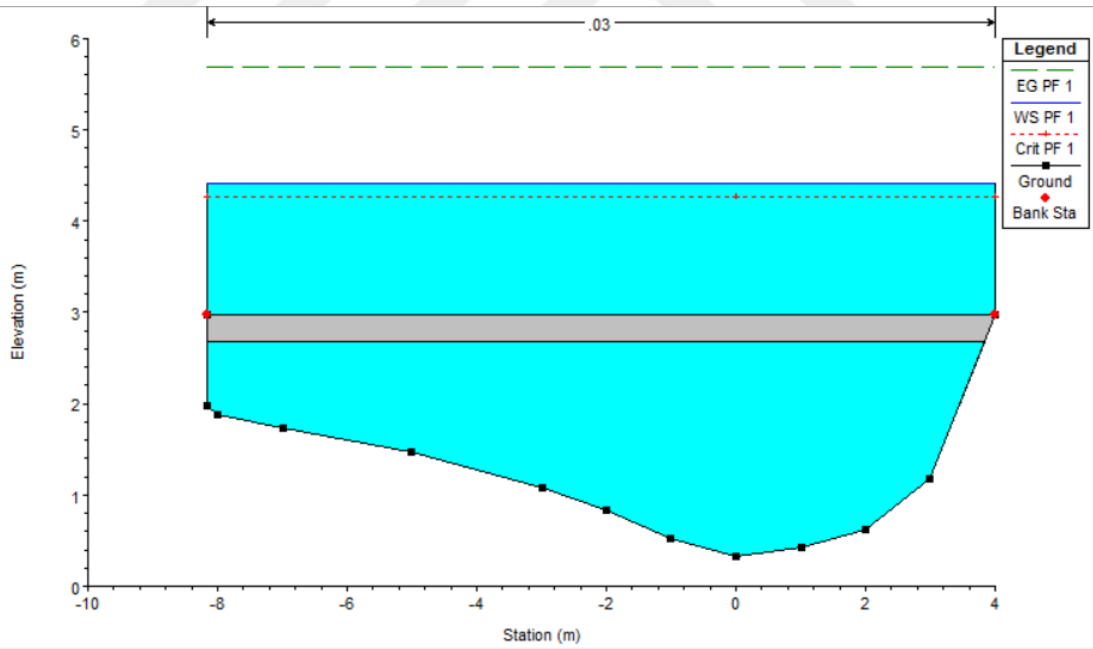
Şekil 3.35. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit



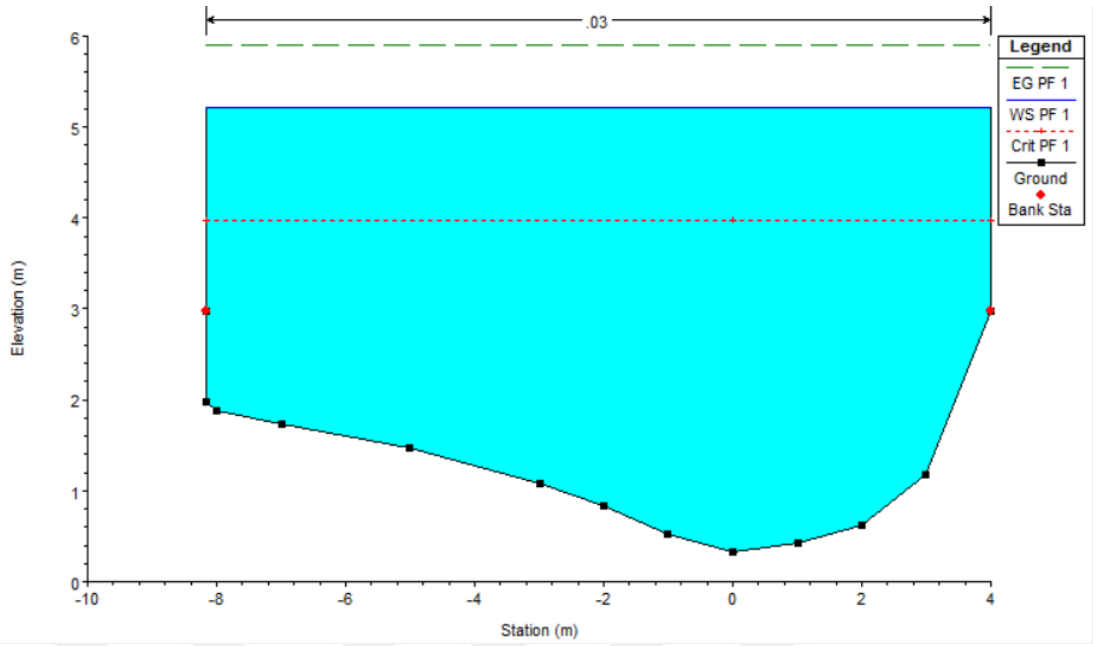
Şekil 3.36. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit



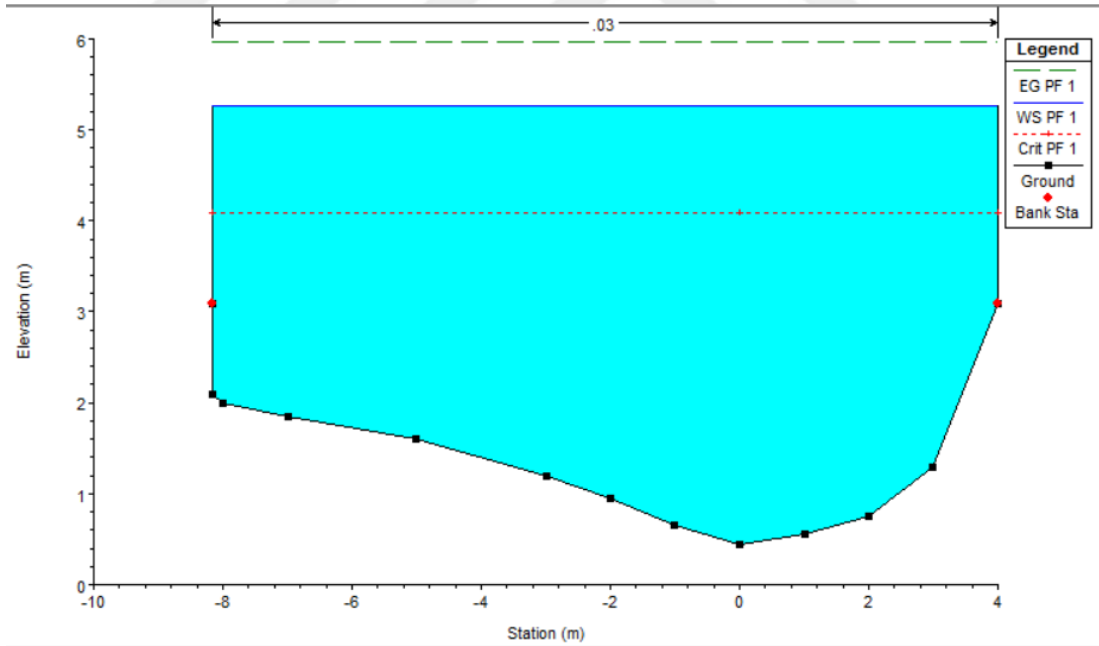
Şekil 3.37. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit



Şekil 3.38. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit



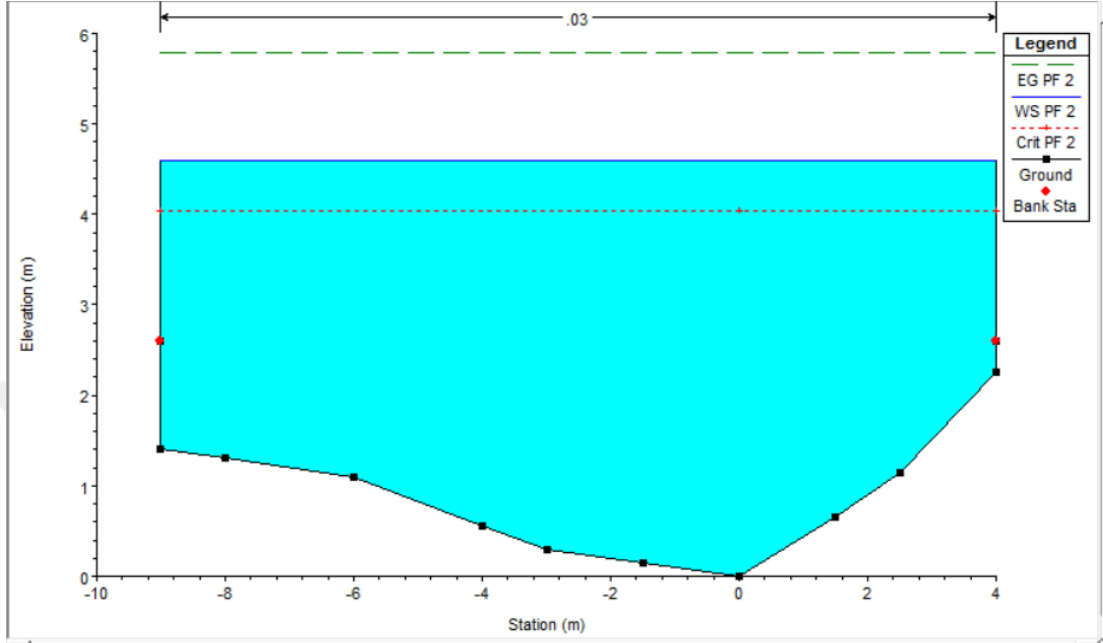
Şekil 3.39. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit



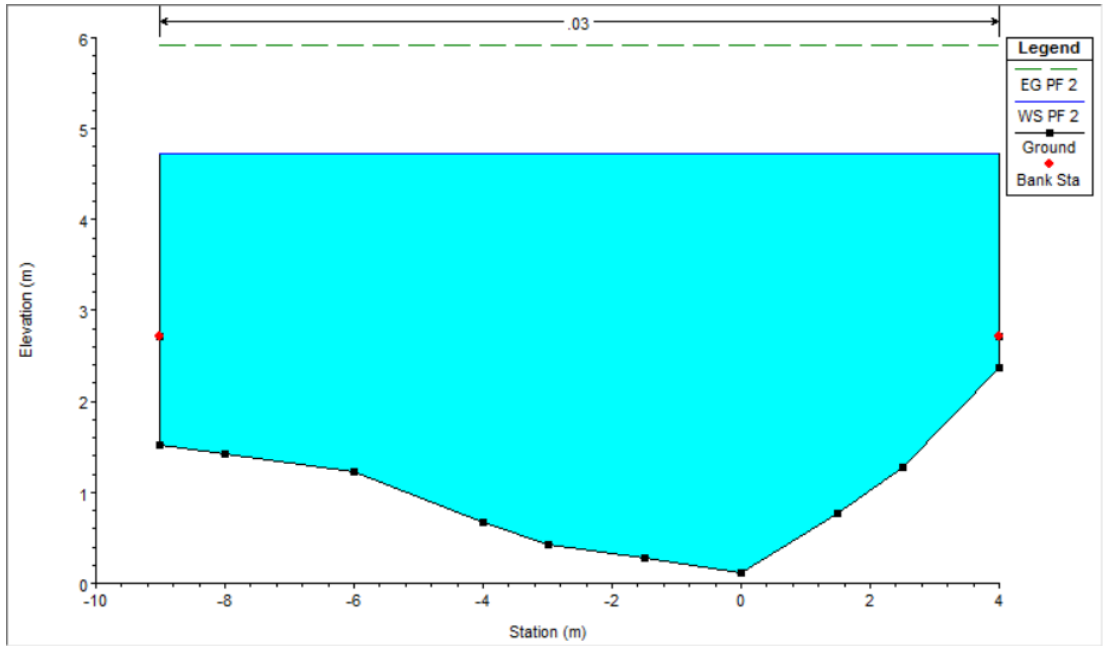
Şekil 3.40. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit



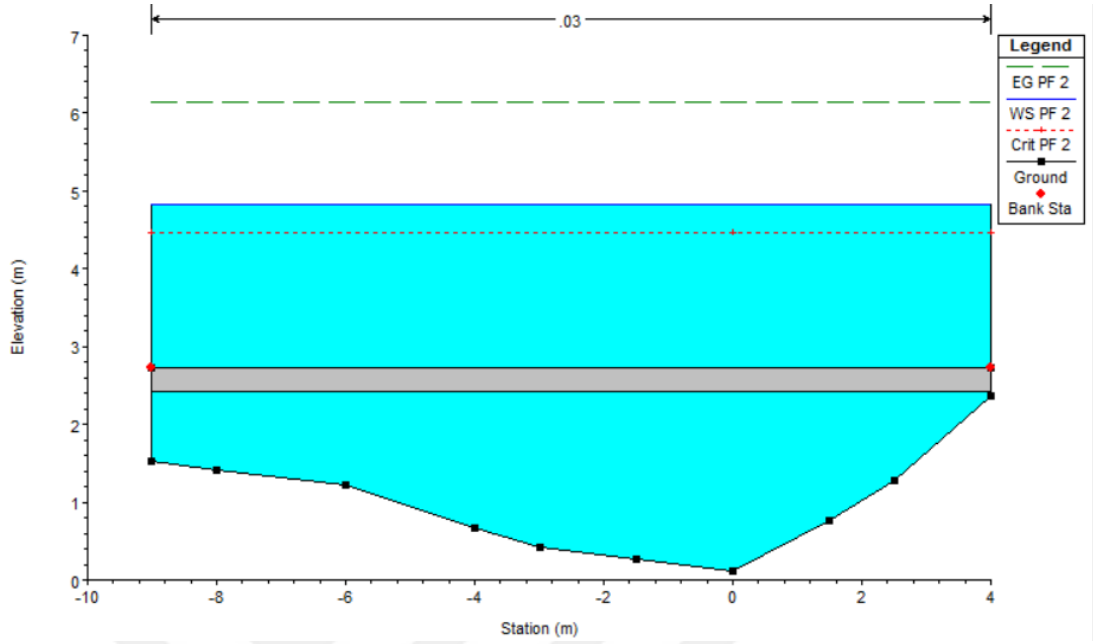
### 3.3.2.2. Proje Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu



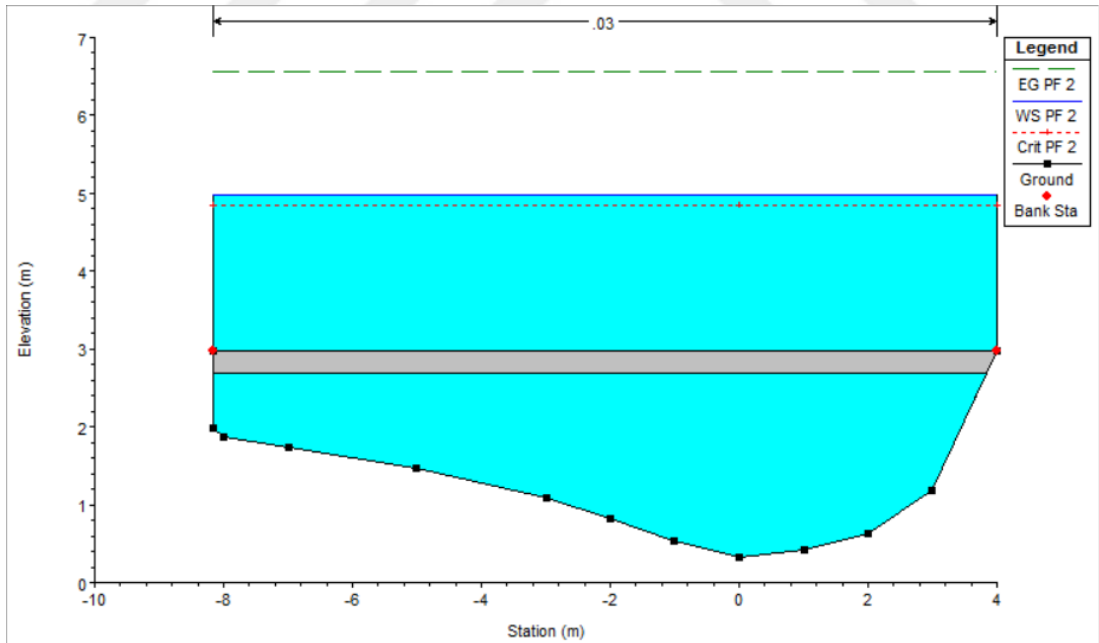
Şekil 3.41. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit



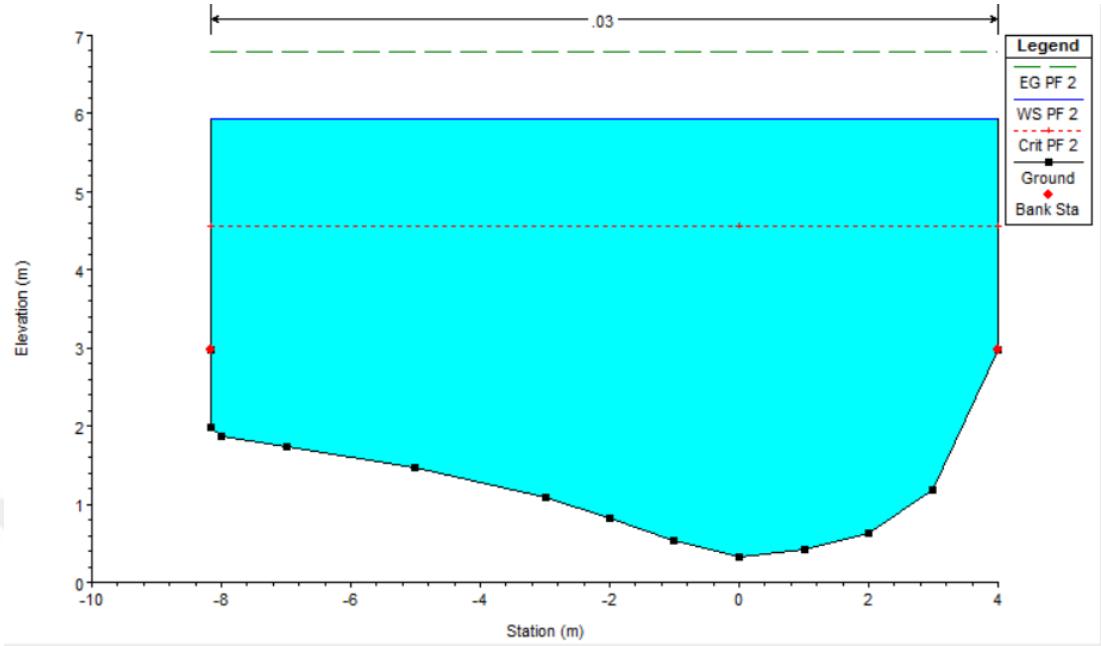
Şekil 3.42. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit



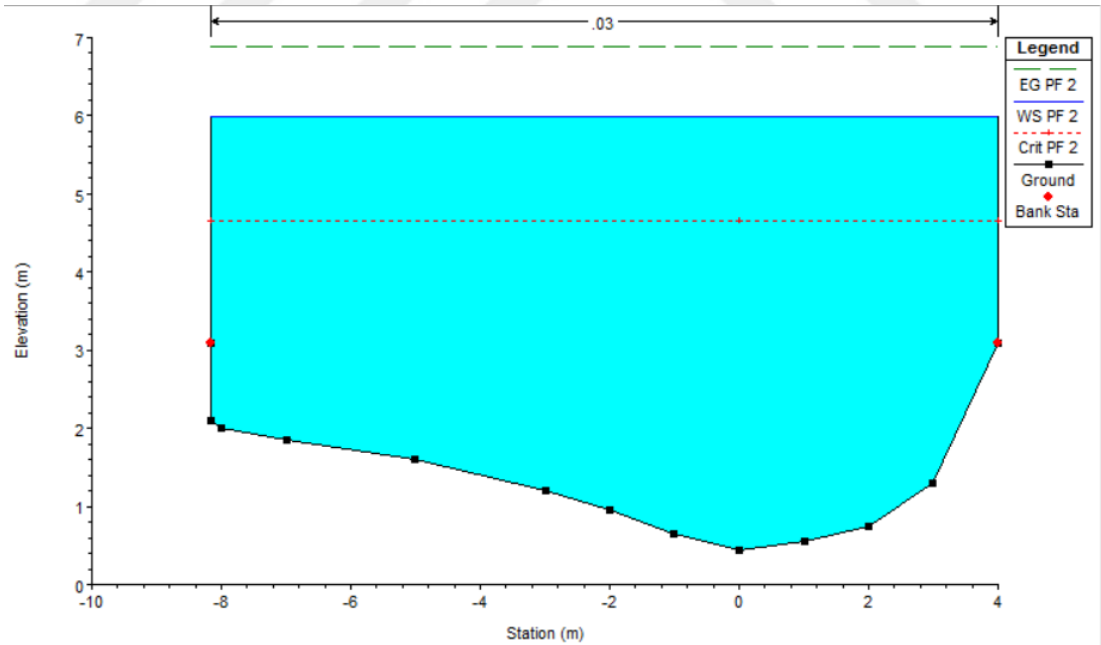
Şekil 3.43. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit



Şekil 3.44. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit

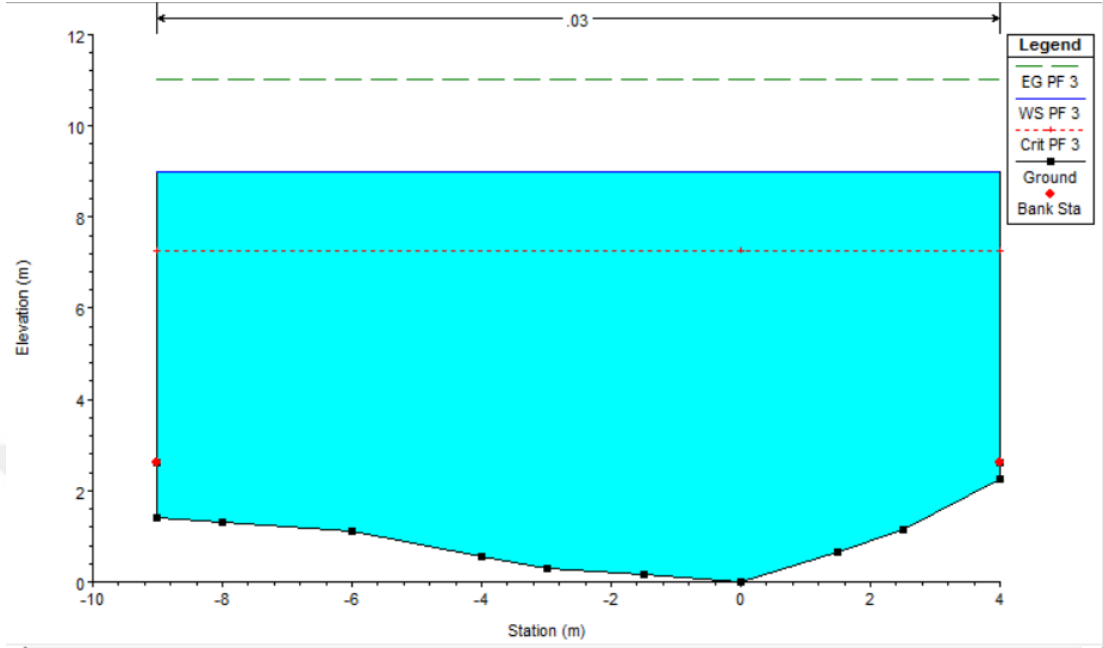


Şekil 3.45. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit

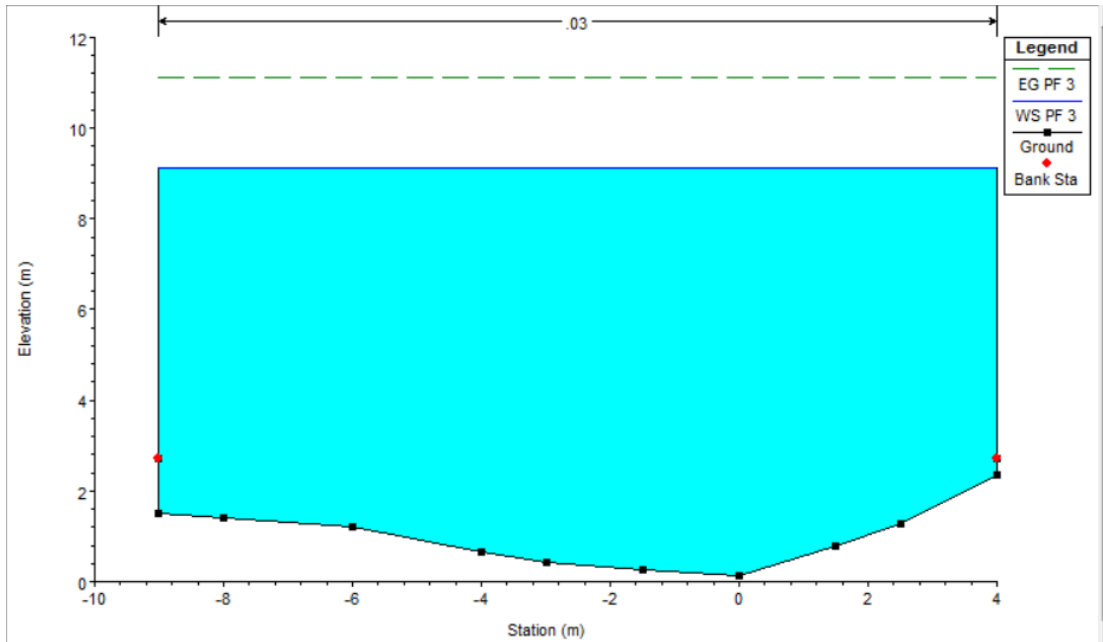


Şekil 3.46. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit

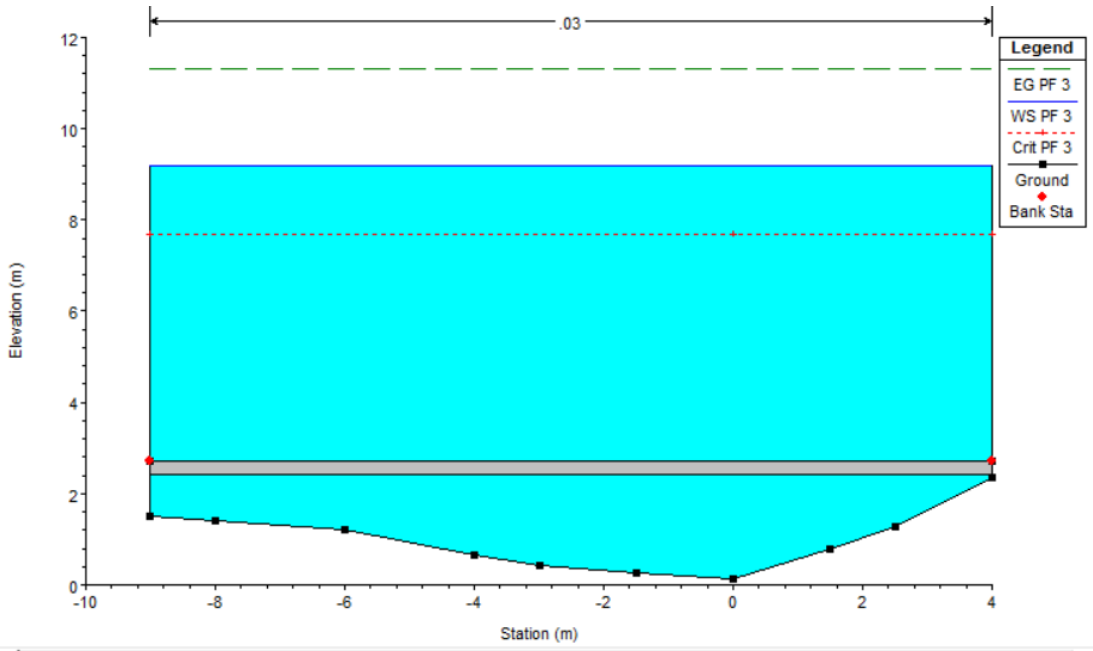
### 3.3.2.3. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>500</sub> Geçmesi Durumu



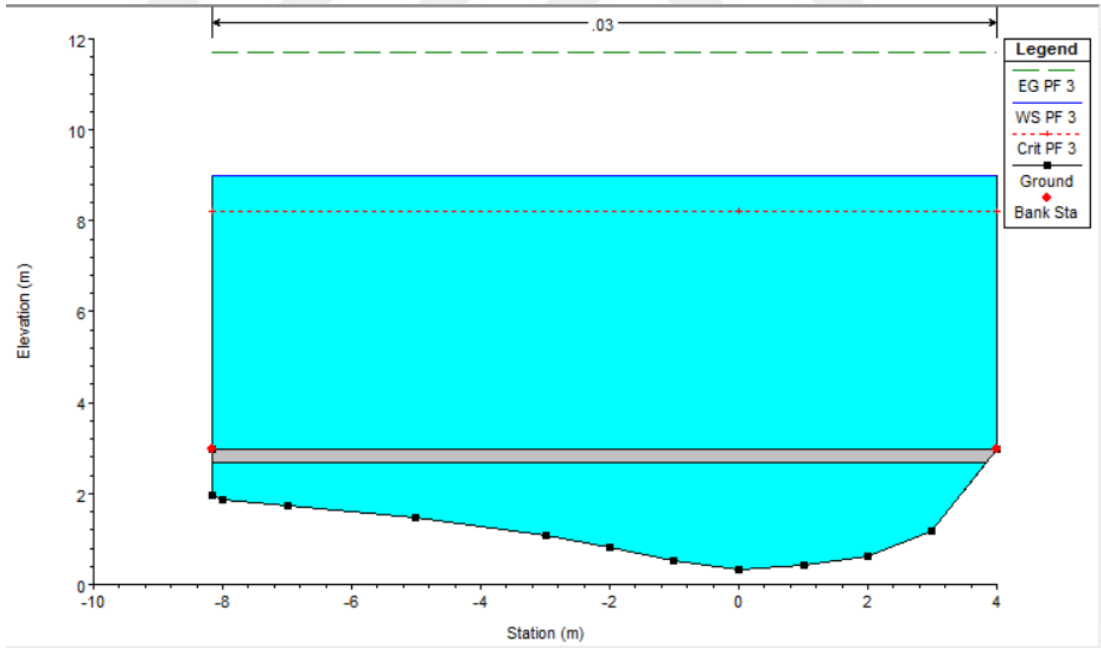
Şekil 3.47. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit



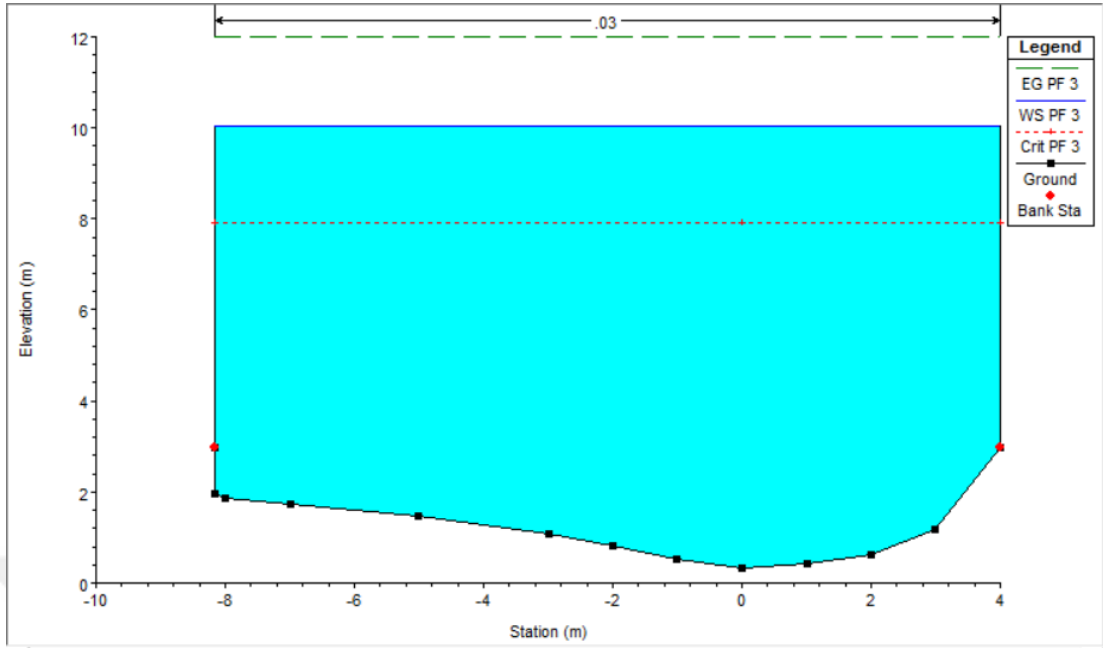
Şekil 3.48. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit



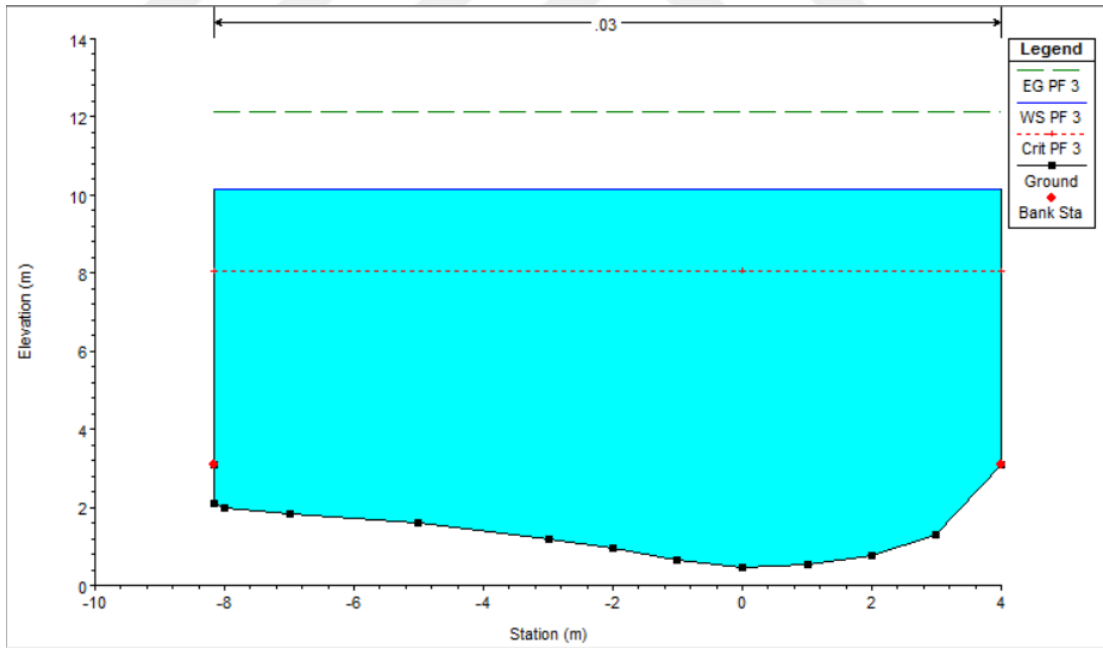
Şekil 3.49. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit



Şekil 3.50. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit

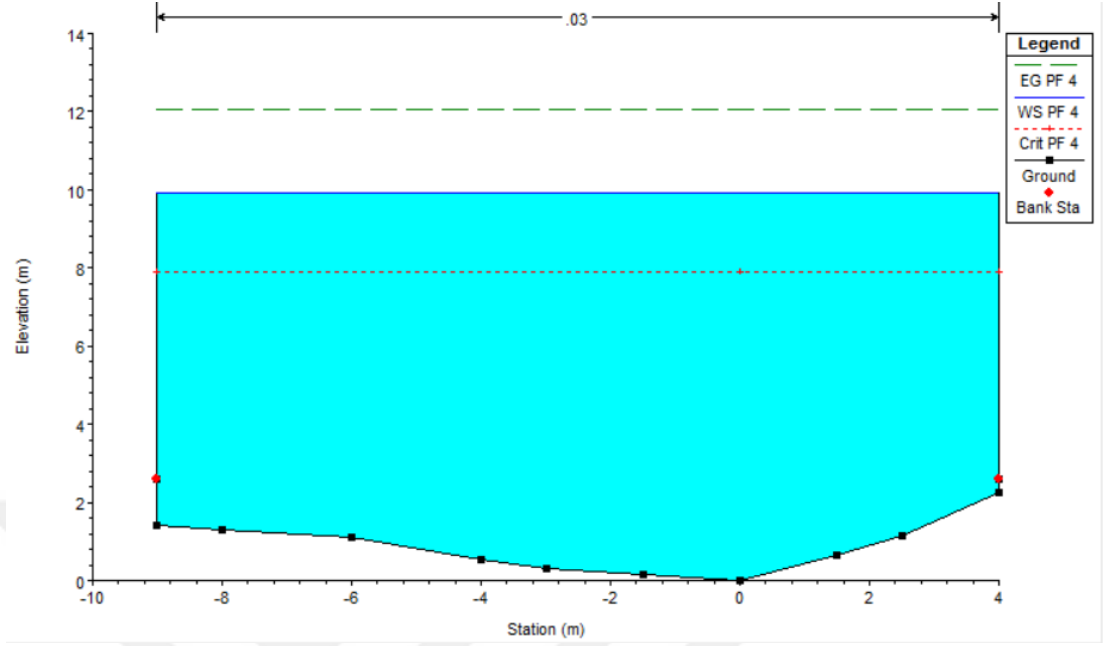


Şekil 3.51. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit

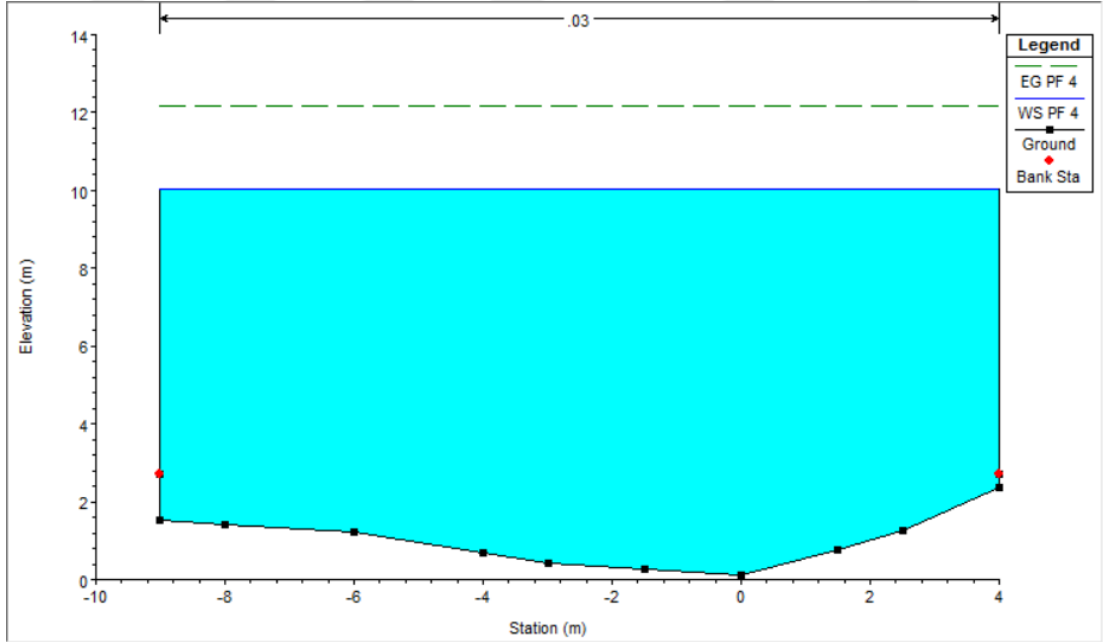


Şekil 3.52. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit

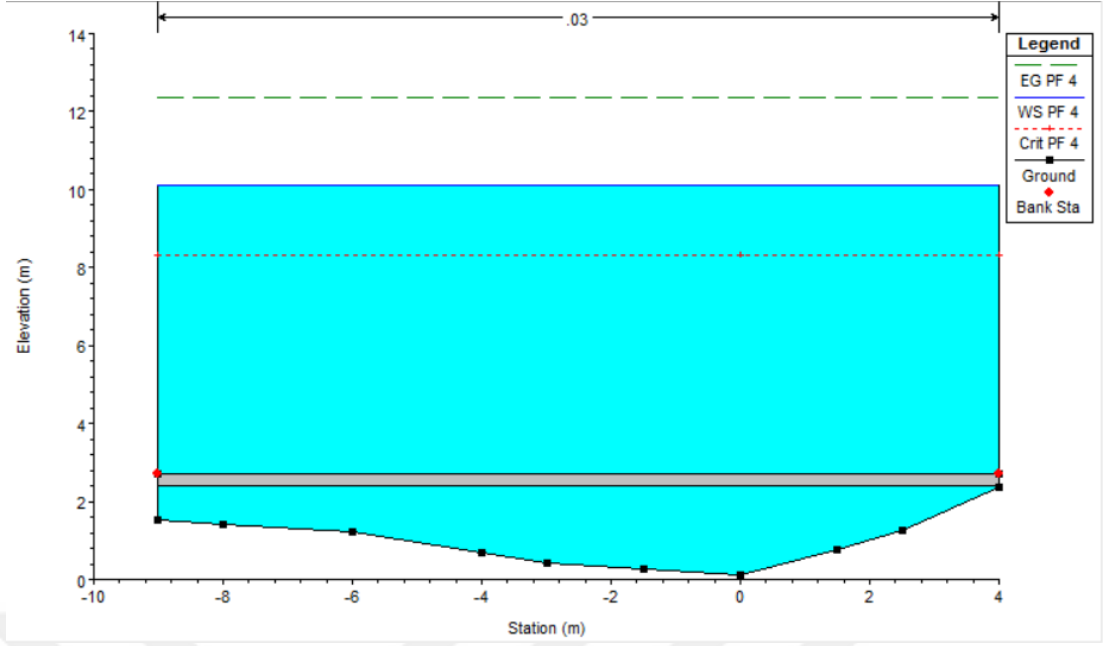
### 3.3.2.4. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu



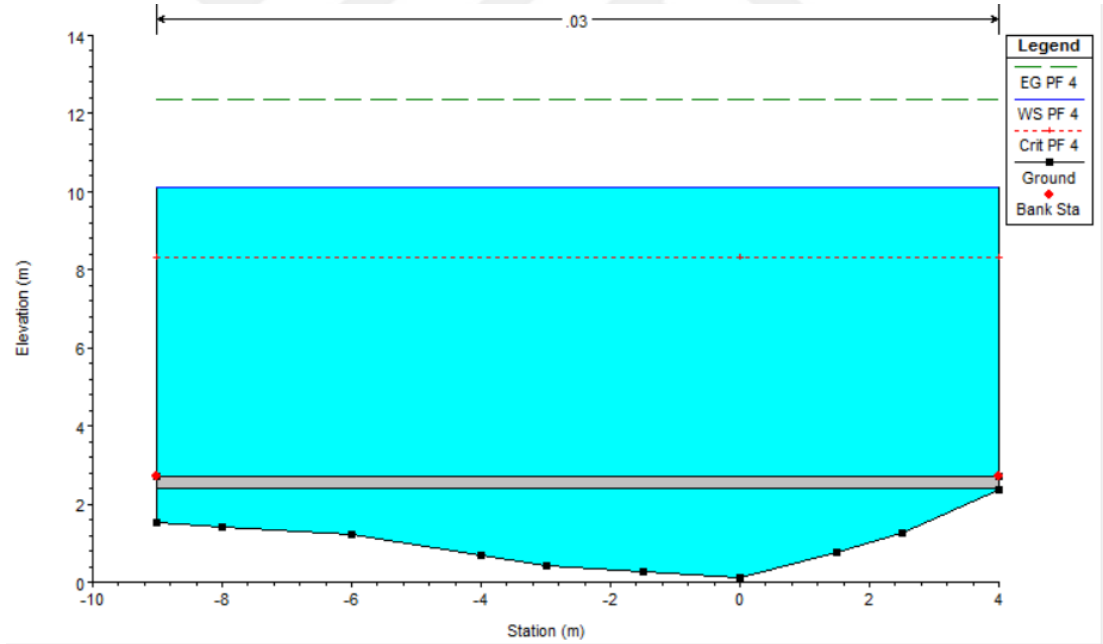
Şekil 3.53. Ardiyeciler Köprüsü 1 No'lu Kesit



Şekil 3.54. Ardiyeciler Köprüsü 2 No'lu Kesit

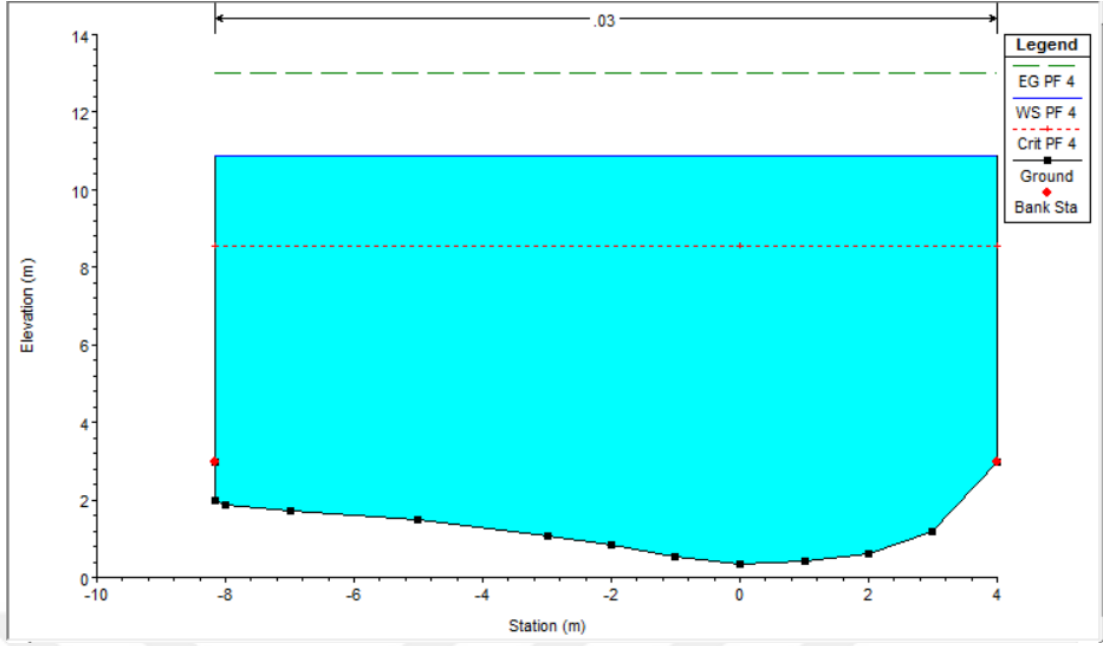


Şekil 3.55. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 D No'lu Kesit

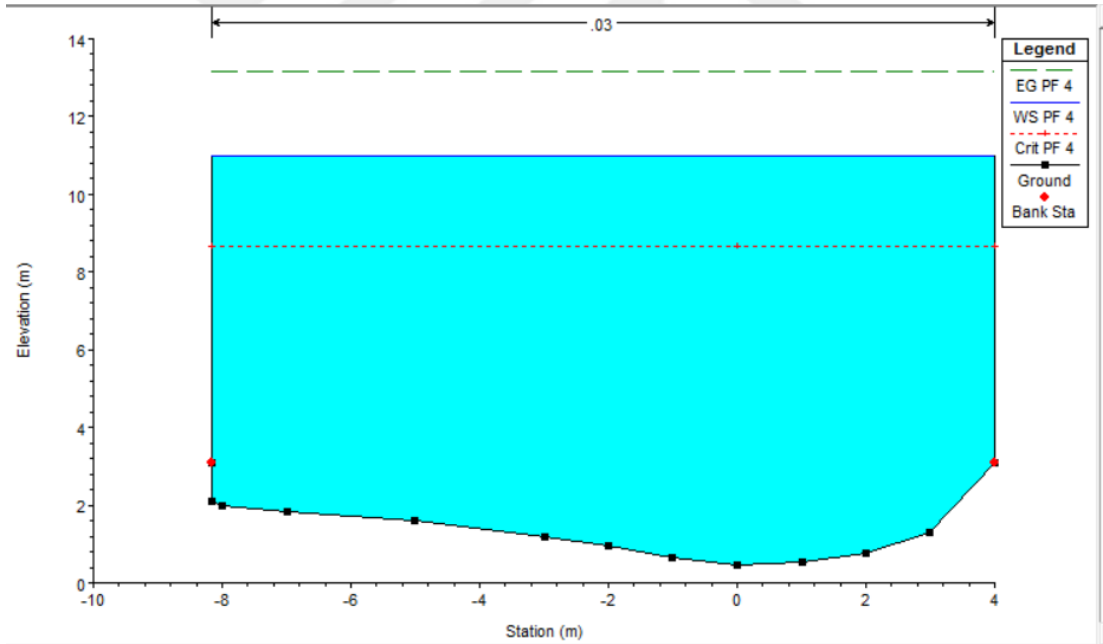


Şekil 3.56. Ardiyeciler Köprüsü 2,5 U No'lu Kesit





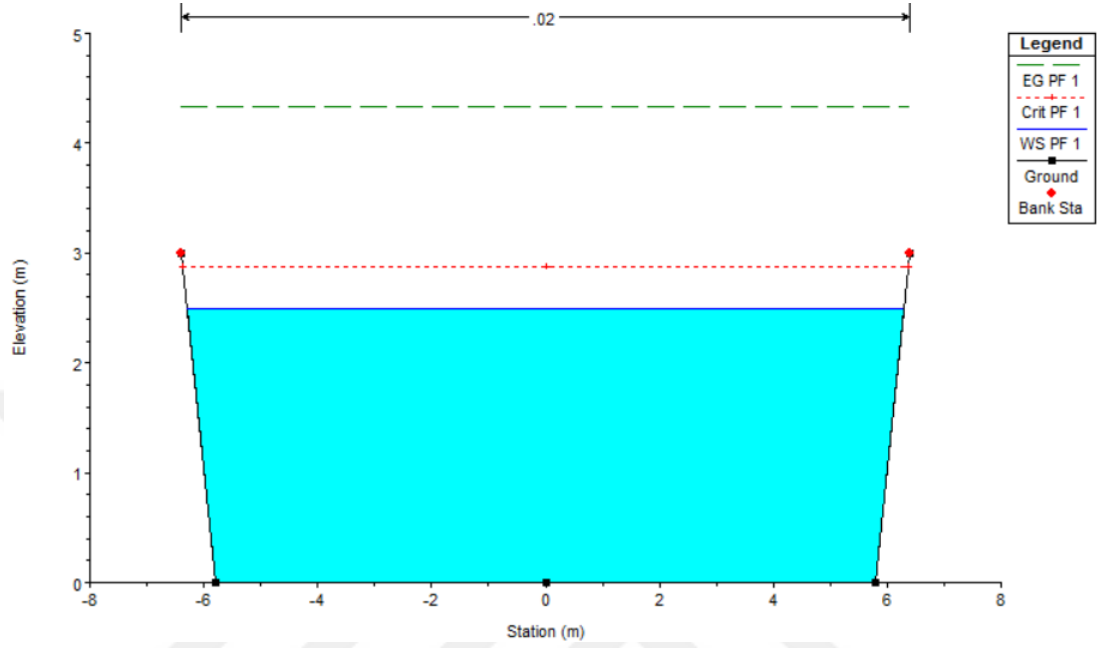
Şekil 3.57. Ardiyeciler Köprüsü 3 No'lu Kesit



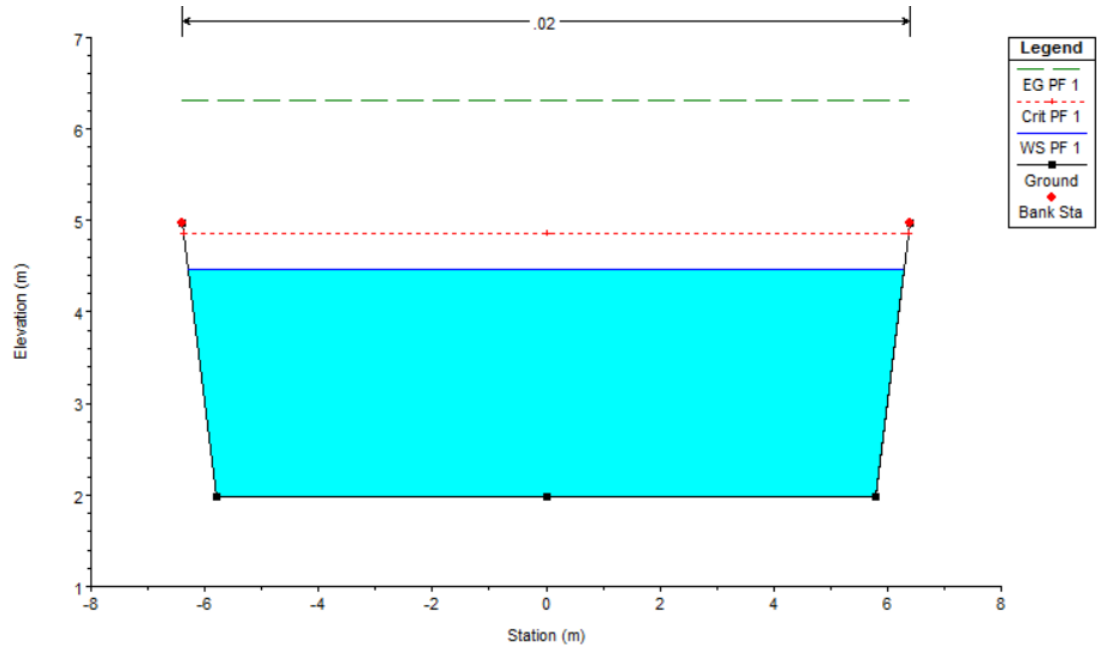
Şekil 3.58. Ardiyeciler Köprüsü 4 No'lu Kesit

### 3.3.3. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kesitleri

#### 3.3.3.1. Proje Q<sub>500</sub> Geçmesi Durumu

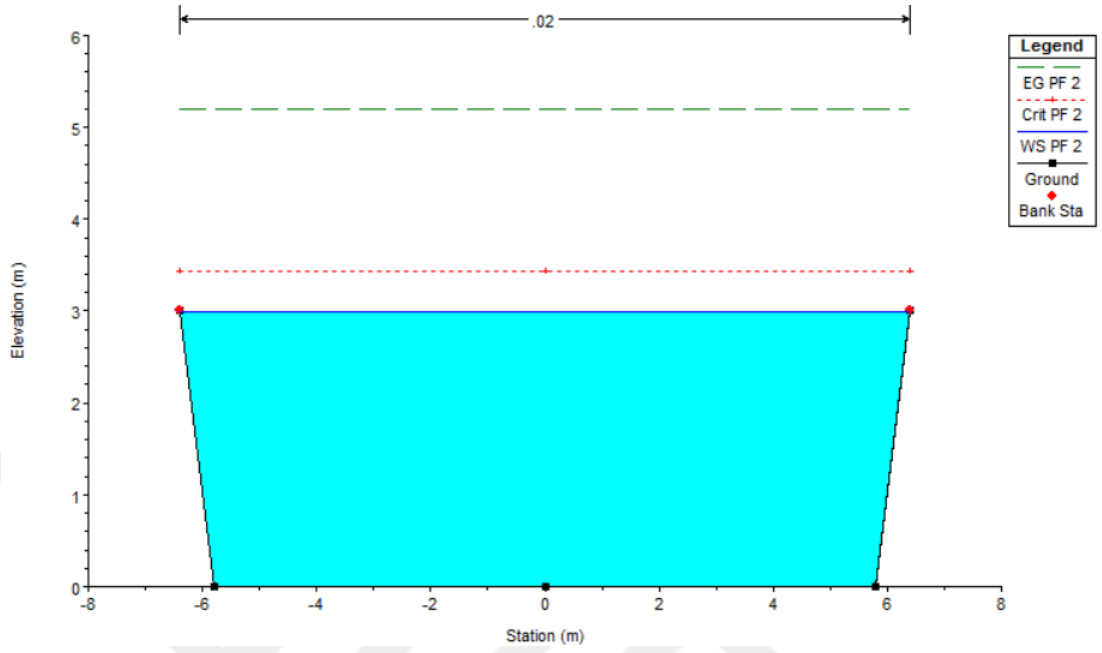


Şekil 3.59. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit

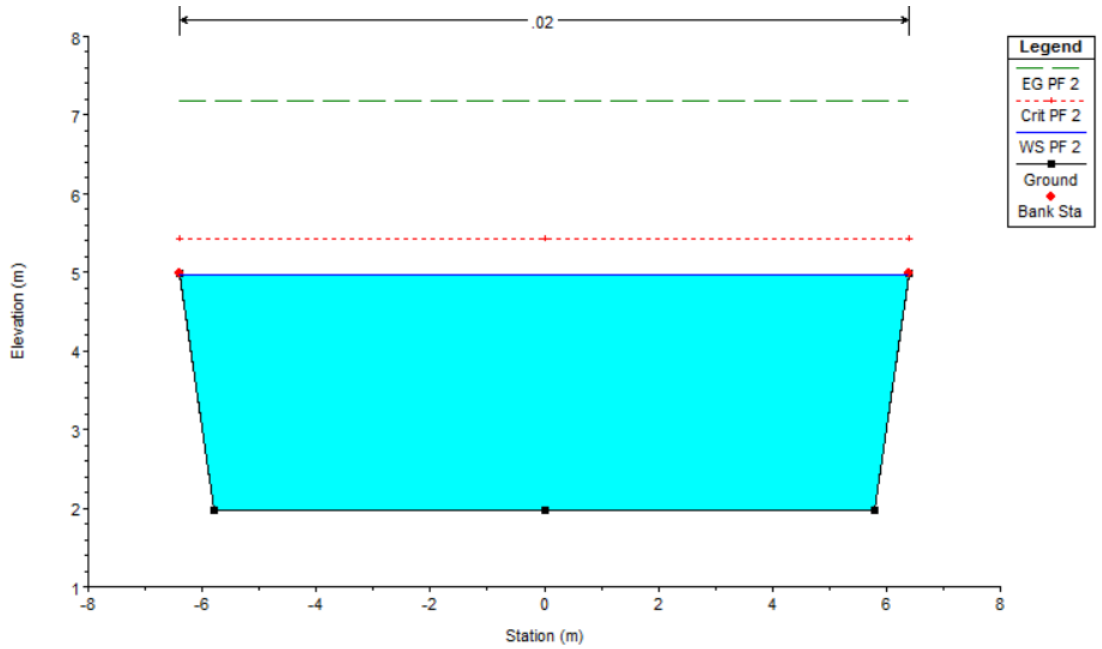


Şekil 3.60. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit

### 3.3.3.2. Proje Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu

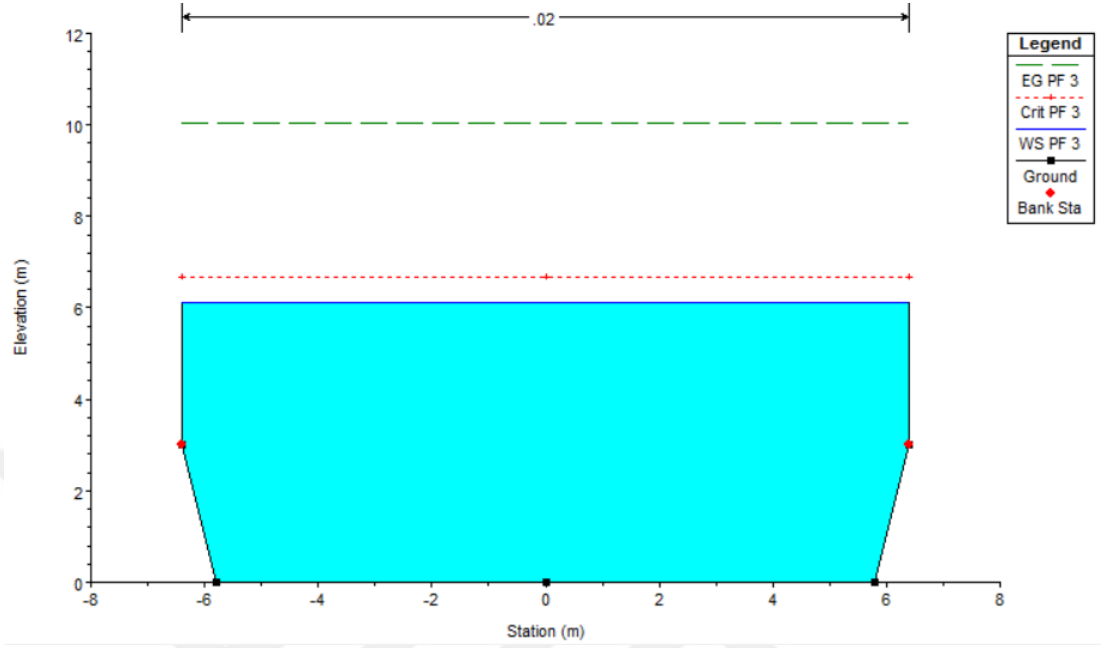


Şekil 3.61. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit

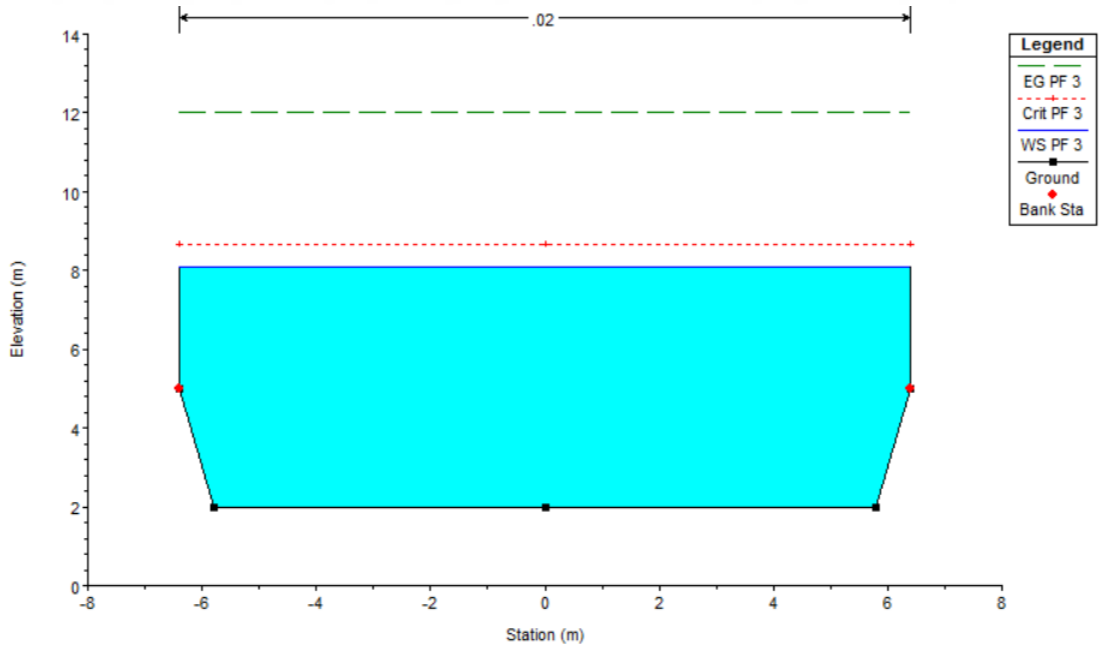


Şekil 3.62. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit

### 3.3.3.3. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>500</sub> Geçmesi Durumu

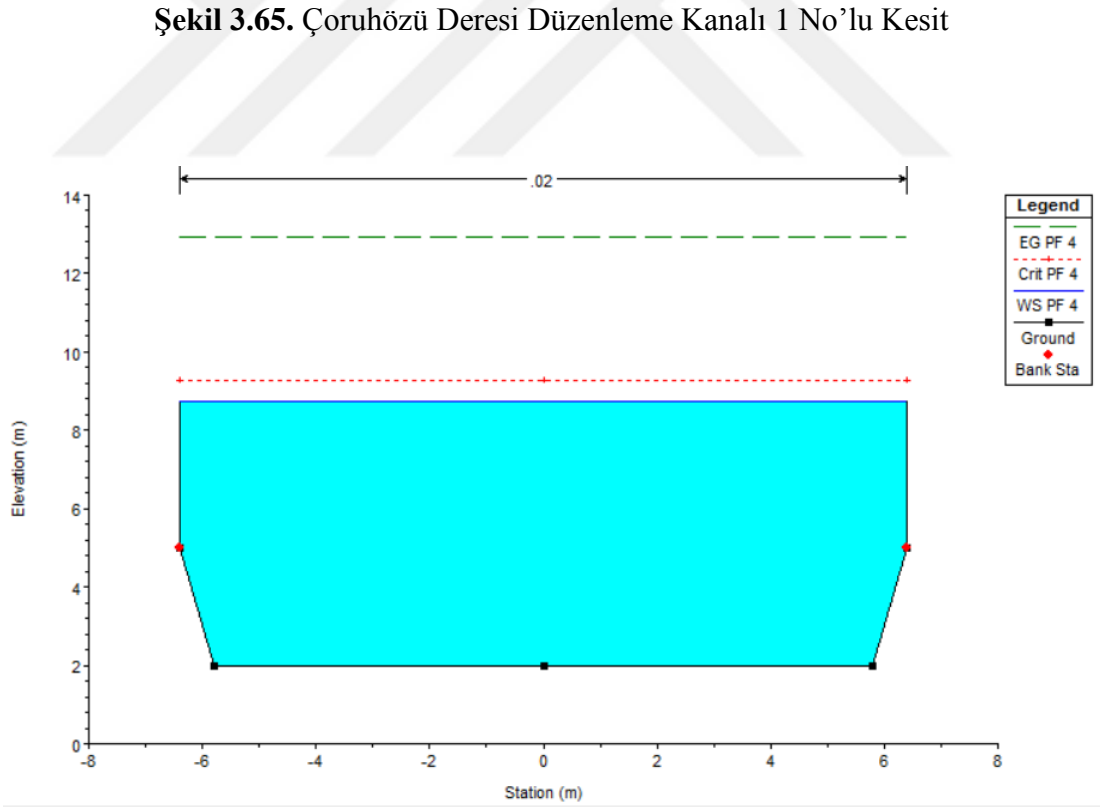
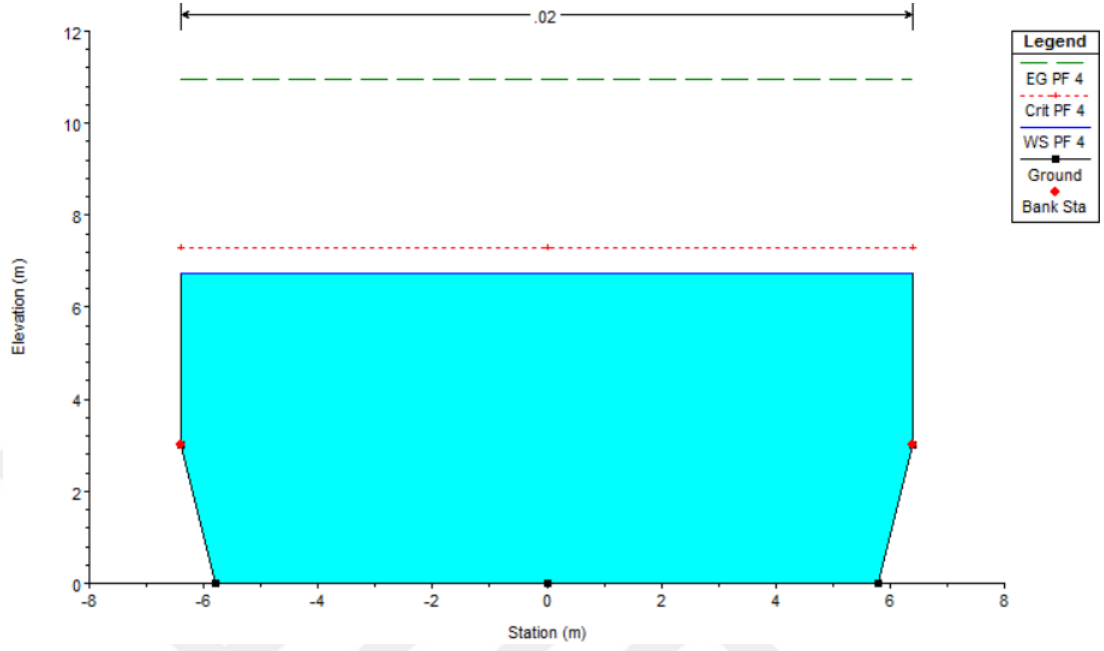


Şekil 3.63. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 1 No'lu Kesit



Şekil 3.64. Çoruhözü Deresi Düzenleme Kanalı 2 No'lu Kesit

### 3.3.3.4. DSİ Sentetik En Düşük Q<sub>1000</sub> Geçmesi Durumu



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınmayla birlikte dünyanın çeşitli bölgelerinde iklimsel karakteristiklerde değişim eğilimi gözlenmektedir. Ülkemiz de bu değişimden etkilenmektedir. Taşkın gibi hidrometeorolojik afetlerde gözlenme sıklığı artmıştır [31].

Bu çalışmada, Çoruhözü deresi üzerinde bulunan iyileştirme beton kanalları, şehirlerarası D 765 karayolu üzerindeki ve mansabındaki birer köprünün, güncellenmiş yağış yüksekliklerinden meydana gelecek muhtelif tekerrürlü taşkınlarda gösterecekleri performanslar araştırılmıştır. İleriki yıllarda çalışma sahasında yapılacak yeni düzenlemelerde bu tez çalışmasında ulaşılan bulguların ışığında yeni proje taşkınlarının seçilmesi umulmaktadır.

Gözlemlenmiş yağış miktarlarının önceki yıllara göre mevsim normallerinin üstüne son zamanlarda fazlaca çıkması sebebiyle, 1999 yılında uygulamaya konmuş, DSİ tarafından projelendirilmiş Çoruhözü dere yatağı iyileştirme çalışmalarında kullanılan proje taşkınlarıyla aynı tekerrüre sahip yeni debilerde aşırı bir büyüme olduğu bulgusuna ve bu taşkınların geçmesi durumunda kesitlerin yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Modelleme sonuçlarına göre, dere yatağı düzenlemesi proje taşkın debilerinin de Ardiyeciler Köprüsü ve D 765 karayolu köprüsünden güvenle geçemedikleri tespit edilmiştir.

Kanal kesitlerinin tabanında yapılacak kazı çalışmalarıyla ve duvarların yükseltilmesi ile mümkün olduğunca kesit artırımına gidilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, maddi kayıpların ve ölümlerin önlenmesi amacıyla gerekli tedbirler alınmalıdır. Belediyece dere yataklarında olumsuz müdahaleler engellenmelidir. Kanal, köprü ve menfezlerde kesit daralmasına neden olan bitki örtüsü, moloz yığınları, evsel atıklar buldukları yerden kaldırılmalıdır. Mutlak suretle teras ve ağaçlandırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada sentetik yöntemlerle elde edilen  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$  ve  $Q_{1000}$  debilerinin HEC-RAS benzeri program yazılımlarıyla aynı çalışma sahası için sınanarak benzer sonuçlara ulaşılıp ulaşılmayacağı kontrol edilmesi önerilir.

DSİ ve belediyelerin, eski tarihli verileri kullanarak yapacakları proje taşkın hesaplarında meteoroloji istasyonlarından temin edilecek güncel yağış verilerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] Altundal, M. 2010. Taşkınların Ekonomik Analizi. Erişim: [<http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/5-4-taskinlarin-ekonomik-boyutu-m-altundal-.pdf?sfvrsn=2>]. (Erişim tarihi 27.06.2016).
- [2] Kırıkkale İli Merkez Mahallelerinde 18.07.1999 Tarihinde Meydana Gelen Su Baskını Durum Raporu, Kırıkkale Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD), Rapor No: 30820934.5.71.00-155/235.
- [3] Tuğ, B., Özsoy, T., Dinçsoy, Y., Sönmez, B., Kırıkkale İl Merkezinin Taşkınlardan Korunmasına İlişkin İnceleme Raporu, DSİ, Kod No: 710153, Ankara, 1999.
- [4] Duvan, A., Kızılırmak Nehri Kırıkkale Bölgesinde Hidrolik Yöntemlerle Taşkın Ötelemesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2016.
- [5] Kara, Ö., Su Yüzü Profillerinin HEC-RAS Paket Programıyla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2009.
- [6] Ackerman, C. T., Jensen, M. R., Brunner, G. W., New Floodplain Delineation Capabilities In HEC-RAS. World Environmental and Water Resources Congress 2009: Great Rivers, ASCE, s. 2873-2879, 2009.
- [7] Ackerman, C. T., Jensen, M. R., Brunner, G. W., Geospatial Capabilities Of HEC-RAS For Model Development And Mapping. 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 - July 1, 2010.
- [8] Onuşluel Gül, G., Gül, A., İzmir Bostanlı Havzası İçin Taşkın Alanlarının HEC-HMS Ve HEC-RAS Modelleri İle Belirlenmesi. II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Mart 2010, Afyonkarahisar, s. 267-275, 2010.
- [9] Uçar, İ., Trabzon Değirmendere Havzasında Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizinin Yapılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [10] Tuncer, İ., Açık Kanallarda Su Yüzü Profilinin Belirlenmesi, Nakkaş Dere Örneğinde Bir HEC-RAS Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2011.
- [11] Şahin, E., Akıntuğ, B., Yanmaz, A. M., Güzelyurt Taşkını Modellemesi Ve Çözüm Önerileri. İMO Teknik Dergi, 6447-6462, Yazı 403, 2013.
- [12] Efe, H., Batman Çayı'nın Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2014.
- [13] Üyüklüoğlu, M., HEC-RAS İle Taşkın Bölgelerinin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2015.



- [14] Ünsal, M., Nalcıoğlu, A., Kılavuzlu Barajı Sulama Kanalında Su Derinliğinin HEC-RAS Programı İle Modellenmesi. KSU. Journal of Engineering Sciences, 19(1): 41-45, 2016.
- [15] Chaudhry, M. H., Open-Channel Flow. Springer, New York, 2008.
- [16] Yüksel, Y., Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik. Beta Yayınları, İstanbul, 2008.
- [17] Yanmaz, A. M., Köprü Hidroliği. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları, Ankara, 2002.
- [18] Özdemir, H., Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Basım ve Foto-Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1978.
- [19] Erkek, C., Ağırlioğlu, N., Su Kaynakları Mühendisliği. Beta Yayınları, İstanbul, 2013.
- [20] Agenda 21- Chapter 18, Protection Of The Quality And Supply Of Fresh Water Resources: Application Of Integrated Approaches To The Development, Management And Use Of Water Resources. United Nations Sustainable Development, United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992.
- [21] Harmancıoğlu, N. B., Gül, A., Fıstıkoğlu, O., Entegre Su kaynakları Yönetimi. TMH – Türkiye Mühendislik Haberleri, 419, 2002/3, 2002.
- [22] Harmancıoğlu, N. B., Özkul, S., Hidrolojik Verilerin Bilgiye Dönüştürülmesi. Hidrolojide Veri İşlem, Yorumlama Ve Tasarım Semineri, 28 Ocak- 2 Şubat 2002, İstanbul, 2002.
- [23] Hirtan, R., Floodplain Delineation For Calnau River Using HEC-RAS Software. Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering. Vol. IV, 2015.
- [24] Crawford, N. H., Burges, S. J., History Of The Stanford Watershed Model. Water Resources Impact. Vol. 6, No 2, 3-5, 2004.
- [25] Singh, V. P., Watershed Modelling, Computer Models of Watershed Hydrology (ed. Singh, V. P.). Water Resources Publications, Littleton, 1, 1-22, 1995.
- [26] Yanmaz, A. M., Applied Water Resources Engineering. ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2013.
- [27] Usul, N., Mühendislik Hidrolojisi. ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2013.
- [28] Bayazıt, M., Önöz, B., Taşkın Ve Kuraklık Hidrolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2008.

- [29] Çelik, H. E., Sel Kontrolunda Hidroloji. ÇEM Sel Kontrolü Semineri, 15-17 Şubat 2012, Afyonkarahisar, 2012.
- [30] Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi. 1. Barajlar Kongresi, Ekim 2012, Ankara, 2012.
- [31] Tolunay, D., EGD 7. Küresel Isınma Kurultayı Sonuç Bildirgesi. Ekonomi Gazetecileri Derneği VII. Küresel Isınma Kurultayı, İstanbul, Eylül 2015.

