



Nakkaş Otoyol Yatırım ve İşletme A.Ş.

Taşkın Risk Değerlendirmesi Raporu

Nakkaş Başakşehir Otoyolu, Türkiye

05 Aralık 2022

Proje No.: 0580559

Belge ayrıntıları	Aşağıya girilen bilgiler otomatik olarak kapakta ve ana sayfa alt bilgisinde gösterilir. LÜTFEN DİKKAT: Bu tablo belgeden ÇIKARILMAMALIDIR.
Belge başlığı	Taşkın Risk Değerlendirmesi Raporu
Belge alt başlığı	Nakkaş Başakşehir Otoyolu, Türkiye
Proje No.	0580559
Tarih	05 Aralık 2022
Sürüm	1,0
Hazırlayan	
İşverenin Adı	Nakkaş Otoyol Yatırım ve İşletme A.Ş.

Belge Geçmişi

Sürüm	Revizyon	Hazırlayan	İnceleyen	Yayın için ERM onayı		Görüşler
				İsim	Tarih	

05 Aralık 2022

Taşkın Risk Değerlendirmesi Raporu

Nakkaş Başakşehir Otoyolu, Türkiye

Raimund Vogelsberger
Ortak

Serkan Kırdogan
Proje Müdürü

ERM GmbH
Siemensstrasse 9
63263 Neu-Isenburg

© Telif Hakkı 2023 ERM International Group Limited ve/veya iştiraklerine ("ERM") aittir.
Tüm Hakları Saklıdır. Bu çalışmanın hiçbir kısmı ERM'nin önceden alınan yazılı izni olmadan herhangi bir biçimde veya herhangi bir yolla yeniden üretilemez veya
aktarılamaz.

İçindekiler

1. GİRİŞ 4

1.1	Kapsam.....	4
1.2	Çalışma Sahası	5
1.3	Otoyol Drenaj Yapıları ve Nehir Geçişleri	6
1.4	Çalışma Yöntemi	8
1.5	Toplanan Veri	10
1.5.1	Sayısal Yükseklik Modeli	10
1.5.2	Fırtına ve Taşkın Verileri.....	11
1.5.3	Arazi Örtüsü Verileri.....	13

2. PİK AKIŞ VE HİDROGRAFLAR İÇİN HAVZA DEĞERLENDİRMESİ 15

2.1	Giriş	15
2.2	Havza Sınırlarının Belirlenmesi.....	15
2.3	Fırtına Analizi.....	19
2.3.1	Havzalar İçin Fırtınaların Süresi.....	19
2.3.2	Fırtına Yüksekliği ve Yoğunluğu.....	20
2.4	Bölgesel Pik Akış Analizi.....	26
2.5	Yağış-Yüzey Akışı Modeli	28
2.5.1	Rasyonel Yöntem.....	29
2.5.2	Yüzey Akışı Katsayıları	29
2.5.3	Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi	30
2.6	Seçilen Tasarım Taşkınları	35

3. VİYADÜK HİDROLİKLERİ VE TAŞKIN RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ..... 37

3.1	Sazlıdere Barajı'nın Sazlıdere Aşağı Akışındaki Sazlıdere Eğik Askılı Köprü.....	37
3.2	Viyadük-01 için Hidrolikler ve Taşkın Riski	39
3.3	Viyadük-02 için Hidrolikler ve Taşkın Riski	40
3.4	Viyadük-03 için Hidrolikler ve Taşkın Riski	42
3.5	Viyadük-04 için Hidrolikler ve Taşkın Riski	46
3.6	Viyadük-05 için Hidrolikler ve Taşkın Riski	48

4. MENFEZLER İÇİN TAŞKIN RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ 50

4.1	Menfez M02 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi.....	50
4.2	Menfez M03 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi.....	53
4.3	Menfez M04 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi.....	55
4.4	Menfez M13 ve M15 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi	57
4.4.1	Menfez M13	57
4.4.2	Menfez M15	57

5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 61

Tablolar Listesi

Tablo 1-1-1	Proje Sahasındaki İlgili Doğal Tehlikeler	4
Tablo 1-2	Proje'nin Önemli Unsurları	6
Tablo 1-3	Viyadük ve Nehir Geçişi Listesi.....	7
Tablo 1-4	Menfezlerin Listesi ve Özellikleri.....	8
Tablo 1-5	Proje Çalışma Alanı için Mevcut Meteoroloji İstasyonları	12
Tablo 1-6	Proje Çalışma Alanı için Mevcut Hidrometri İstasyonları	13
Tablo 2-1	Alt Yapılara Sahip Geçişte Havzaların Hesaplanan Fizyografik Özellikleri	19
Tablo 2-2	Fırtınaların Konsantrasyon Süresi ve Kritik Süresi için Hesaplama Sonucu	20

Tablo 2-3	Kaydeden Meteoroloji İstasyonlarında Fırtınaların Hesaplanmış Betimleyici Parametreleri.....	22
Tablo 2-4	İstasyonlar için Hesaplanmış Tasarım Fırtınaları	23
Tablo 2-5	Fırtınaların Hesaplanmış Yüksekliği ve Ortalama Yoğunluğu	24
Tablo 2-6	Fırtınaların Yapılar için Hesaplanmış Yüksekliği ve Ortalama Yoğunluğu	25
Tablo 2-7	Seçili İstasyonlar için Yıllık Pik Akışın İstatistiksel Betimlemelerinin Özeti.....	27
Tablo 2-8	Alt Yapılar (Viyadükler) için Tasarım Taşkın Hesaplaması.....	28
Tablo 2-9	Çeşitli Arazi Kullanımı Koşulları için Yüzey Akışı Katsayısı	29
Tablo 2-10	Menfezlerin Konumunda 100, 200 ve 500 Yıllık Taşkınların Hesaplanmış Pik Debisi ..	30
Tablo 2-11	Viyadük Havaları için Sentetik Birim Hidrograf Parametreleri	31
Tablo 2-12	Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde Kayıp Oranı Hesaplaması için Arazi Örtüsü Parametreleri.....	32
Tablo 2-13	Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde Kayıp Oranı Hesaplaması için Arazi Örtüsü Parametreleri.....	33
Tablo 2-14	Tasarım Taşkınlarının Hesaplanan Pik Akışlarının Sentetik Birim Hidrografına Göre Özeti.....	33
Tablo 2-15	Alt Yapılar için Seçilen Pik Debi.....	35
Tablo 3-1	Viyadük 01'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonucu	40
Tablo 3-2	Viyadük 02'nin Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100, 200 ve 500 Yıllık Taşkın Özellikleri Sonucu	42
Tablo 3-3	Viyadük 03'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları	46
Tablo 3-4	Viyadük 03'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları	46
Tablo 3-5	Viyadük 05'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları	49
Tablo 4-1	Taşkın Riski Değerlendirmesi için Seçilen Menfezler	50
Tablo 4-2	M02'nin Yukarı Akış ve Aşağı Akışı için Hidrolik Sonuçları	52
Tablo 4-3	M03'ün Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları ..	54
Tablo 4-4	M04'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları ..	56
Tablo 4-5	M13'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları ..	58
Tablo 4-6	M15'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları ..	60

Şekiller Listesi

Şekil 1-1	Otoyol Kesimi ve Ana Nehir Geçişi	5
Şekil 1-2	Taşkın Risk Değerlendirmesi Çalışma Sahası	6
Şekil 1-3	Köprü ve Menfezlerin Hidrolik Modellemesi için Kesit Konumu (Source https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf)	9
Şekil 1-4	Verev Konumunda Bir Köprü Örneği (Kaynak https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf)	10
Şekil 1-5	Çalışma Alanı için Hazırlanan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM).....	11
Şekil 1-6	Proje Çalışma Alanı için Mevcut Meteoroloji ve Hidrometri İstasyonları (https://data.ibb.gov.tr/en/dataset/meteorology-observation-station-data-set)	12
Şekil 1-7	Proje Çalışma Alanı için Dijital Arazi Kullanımı Haritası	14
Şekil 1-8	Proje Çalışma Alanı için Dijital Toprak Haritası	14
Şekil 2-1	Viyadükler için Belirlenmiş Havza Sınırı Haritası	16
Şekil 2-2	Menfezler için Belirlenmiş Havza Sınırı	17
Şekil 2-3	Menfezler için Belirlenmiş Havza Sınırı (Devam)	18
Şekil 2-4	100, 200 ve 500 Yıllık Tasarım Fırtınaların Yüksekliği	24

Şekil 2-5	100, 200 ve 500 Yıllık Tasarım Fırtınaların Yoğunluk-Süre Eğrileri	25
Şekil 2-6	Ortalama Yıllık Pik Akış ve Hidrometrik İstasyonların Havza Alanı Arasındaki İlişki	27
Şekil 2-7	Ortalama Yıllık Pik Akış ve Hidrometrik İstasyonların Havza Alanı Arasındaki İlişki	28
Şekil 2-8	Sazlıdere Barajı Rezervuarının Sazlıdere Aşağı Akışındaki Viyadük için Doğal Tasarım Taşkın Hidrografları	34
Şekil 2-9	01 ila 05 Arasındaki Viyadükler için Tasarım Taşkın Hidrografları	35
Şekil 3-1	Sazlıdere Barajı'nın Aşağı Akışında Bulunan Sazlıdere Eğik Askılı Köprü'nün Hidrolik Modellemesi için Konum ve Çapraz Kesitler	37
Şekil 3-2	Sazlıdere Eğik Askılı Köprü için 100 Yıllık Taşkın Haritası ve Su Yüzeyinin Boylamsal ve Çapraz Kesiti	38
Şekil 3-3	Viyadük 01 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler	40
Şekil 3-4	Viyadük 02 için Plan Su Yüzeyi ve Çapraz Kesitler	41
Şekil 3-5	Viyadük 02 için Su Yüzey Profili	41
Şekil 3-6	Viyadük 03 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler	43
Şekil 3-7	Viyadük 03 Çevresinde Nakkaş Deresi için Su Yüzey Profili	44
Şekil 3-8	Viyadük 03 Çevresinde Fener Deresi için Su Yüzey Profili	44
Şekil 3-9	Viyadük 03 ve Mevcut Menfezin Çapraz Kesitleri için Su Yüzeyi	45
Şekil 3-10	Viyadük 01 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler Tablo 3-5 Viyadük 01'in Yukarı ve Aşağı Akışındaki 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri	47
Şekil 3-11	Viyadük 05 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler	48
Şekil 4-1	M02 Menfezi için Oluşturulmuş Model ve Q100 için Taşkın Haritası Planı	51
Şekil 4-2	Menfez M02 Boylamsal ve Yukarı Akış ve Aşağı Akış Çapraz Kesin Su Yüzey Profili	52
Şekil 4-3	M03 Menfezi için Oluşturulmuş Model ve Q100 için Taşkın Haritası Planı	53
Şekil 4-4	M03 Boylamsal ve Yukarı Akış ve Aşağı Akış Çapraz Kesin Su Yüzey Profili	54
Şekil 4-5	M04 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler	56
Şekil 4-6	M13 ve M15 Menfezleri için Oluşturulmuş Modelin Planı	57
Şekil 4-7	M13 ve M15 Menfezleri için Taşkın Haritası Sonuçları	58
Şekil 4-8	M13 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler	58
Şekil 4-9	M15 için Boylamsal ve Çapraz Kesitler için Su Yüzeyi Profili	59

1. GİRİŞ

Bir Özel Amaçlı Şirket (ÖAŞ) olan Nakkaş Otoyol Yatırım ve İşletme A.Ş. (Nakkaş Otoyol A.Ş.) Ulaştırma Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ile bir sözleşme yaparak toplam uzunluğu 30,64 km olan ve bir bağlantı yolu ve 1.619 m uzunluğunda Sazlıdere Eğik Askılı Köprüyü kapsayan 4 şeritli bir çift ücretli geçişli yolun yapılması, işletilmesi ve devredilmesi ihalesini almıştır.

Nakkaş Otoyol A.Ş., Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD), Asya Altyapı Yatırım Bankası (AIIB), Atradius, Swiss Export Risk Insurance (SERV), Standard Chartered Bank (SCB), DZ Bank, Bank of China, Credit Suisse, Deutsche Bank, İslam Kalkınma Bankası (ICD) ve Vakıfbank'ın da yer aldığı bir Proje Finansman yapısı altında borç ve öz kaynakla finanse etmeyi planlamaktadır. Büyük ve uzun vadeli bir altyapı projesi olan "8. Kısım - Nakkaş-Başakşehir Otoyolu" Projesi **A Kategori**'de bir proje olup Yeniden Yerleşim Eylem Planı (YYEP) dahil olmak üzere tam kapsamlı bir ÇSED değerlendirmesine tabidir. Bu nedenle, Nakkaş Otoyol A.Ş., ÇSED çalışmalarını yürütmesi için ERM GmbH (ERM) ve YYEP geliştirme çalışmalarını Kredi Kuruluşlarının standartları uyarınca yürütmesi için GEM Sürdürülebilirlik Hizmetleri ve Danışmanlık Şti. (GEM) şirketini görevlendirmiştir.

Nisan 2022'de kredi kuruluşlarıyla yapılan taslak ÇSED Paketi tartışmaları sırasında kredi kuruluşları Proje geliştirmesinden dolayı tetiklenebilecek taşkın riskleri konusunda daha spesifik bir değerlendirmenin yapılmasını talep etmiştir. Bu doküman talep edilen Taşkın Riski Değerlendirme Raporudur.

1.1 Kapsam

Proje için yapılan ÇSED çalışmaları Proje bölgesinde bulunan iklim değişikliği tehlikelerinin muhtemel orman yangını, toprak kayması, ani taşkın ve su kıtlığı olduğunu göstermiştir.

Otoyolun bazı kısımları, su yollarına yakın mesafede (1 km'den az) bulunmaktadır. Örneğin, Geçiş Hakkı bazı kısımlarda Küçükçekmece ve Sazlıdere baraj gölü kıyısından geçmektedir. Bununla birlikte, Proje bölgesinde ani taşkın riski orta derece olarak değerlendirilirken nehir taşkını ve kentsel taşkın riski ise düşük olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca Marmara Denizi'ne olan mesafenin kilometrelerce olduğu düşünüldüğünde, kıyı taşkını riski çok düşüktür/göz ardı edilebilir. İstanbul bölgesinde yerleşmiş toprak kaymalarını (ani taşkınlarla sonuçlanan) seyrek rastlanan bir tehlike haline getiren (orta derecede bir tehlike olarak değerlendirilir) potansiyel yağış kalıpları, arazi eğimi, jeoloji, toprak, arazi örtüsü ve depremler mevcut olup, Tablo 1-1-1 Proje Sahasındaki İlgili Doğal Tehlikelerde açıklanmaktadır.

Tablo 1-1-1 Proje Sahasındaki İlgili Doğal Tehlikeler

Tehlike	Tehlike Seviyesi Değerleme
Aşırı yüksek sıcaklık	Orta
KontROLSÜZ Yangın	Yüksek
Nehir Taşkını	Düşük
Kentsel Taşkın	Düşük
Kıyı Taşkını	Çok düşük
Heyelan / Ani Su Baskını	Orta
Su kıtlığı	Orta

Kaynak: Think Hazard, 2021¹

¹ Küresel Afet Azaltma ve Kurtarma Tesisi (GFDRR) Think Hazard. Şu adresten erişilebilir: <https://thinkhazard.org/en/report/3056-turkey-istanbul> [18.06.2021]

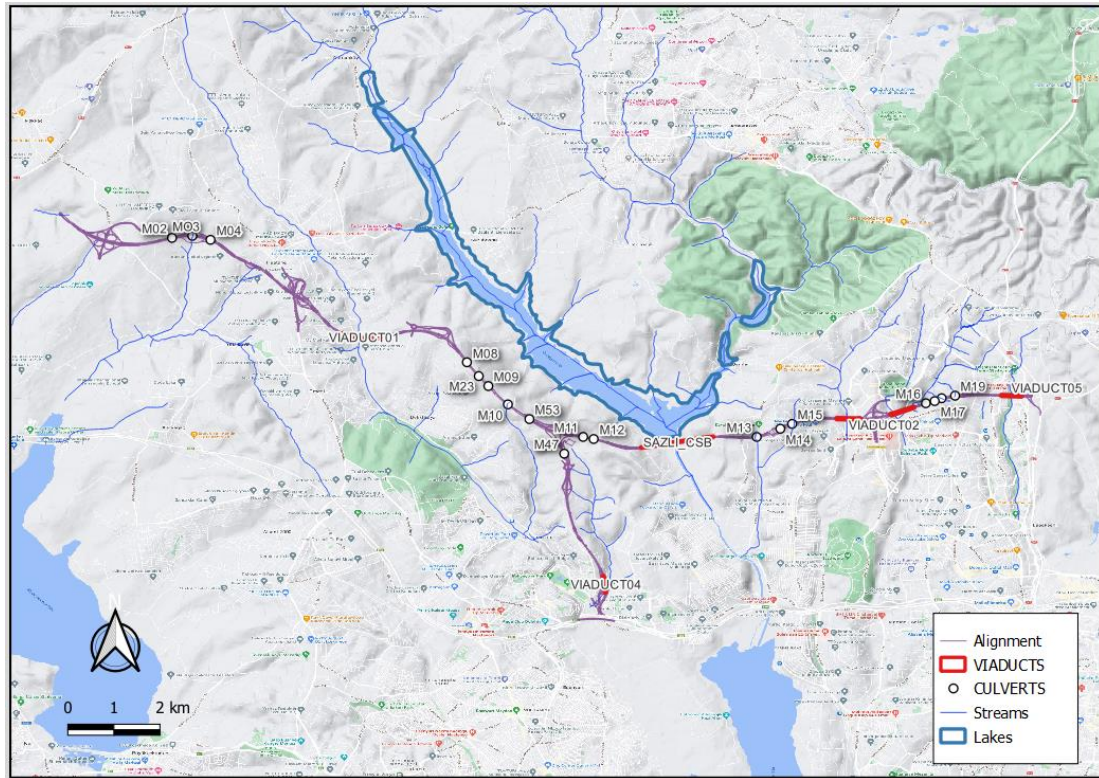
Proje yapıları, feyezan depolama kapasitesinin kaldırılmasıyla sonuçlanabilir ve başka yerde artan bir taşkın riskine sebep olabilir ve köprüler, menfezler ve yönlendirme kanalları gibi hidrolik yapılar da taşkın zamanlarında akışı engelleyebilir, böylece yapıların yukarı akış yönündeki su seviyelerinin yapının yokluğunda meydana gelecek olandan daha yükseğe çıkmasına sebep olabilir. Kentsel otoyollarda nehirler, akarsular ve drenaj sistemlerini geçen olması gerekenden daha küçük alt yapılar da aşırı koşullar altında taşkın sularının akışını önleyebilir. Drenaj alt yapılarından gelen geri akış taşkına sebep olabilir ve kentsel bölgelerde can ve mal kaybı riskini artırabilir.

Bu muhtemel riskler göz önüne alınarak hidrolik yapıların tasarımı sırasında riskleri belirlemek ve bu riskleri değerlendirmek için ÇSED çalışmaları kapsamında ERM ve ACE tarafından bu taşkın riski değerlendirmesi hazırlanmıştır. Çalışma kapsamı şöyle tanımlanmıştır:

- Proje'nin geçtiği havza alanları için 100, 200 ve 500 yıllık aşırı olaylar için pik akış ve hidrografların hesaplanması
- Viyadüklerin hidrolik incelemesi ve taşkın riski değerlendirmesi
- Menfezlerin hidrolik incelemesi ve taşkın riski değerlendirmesi

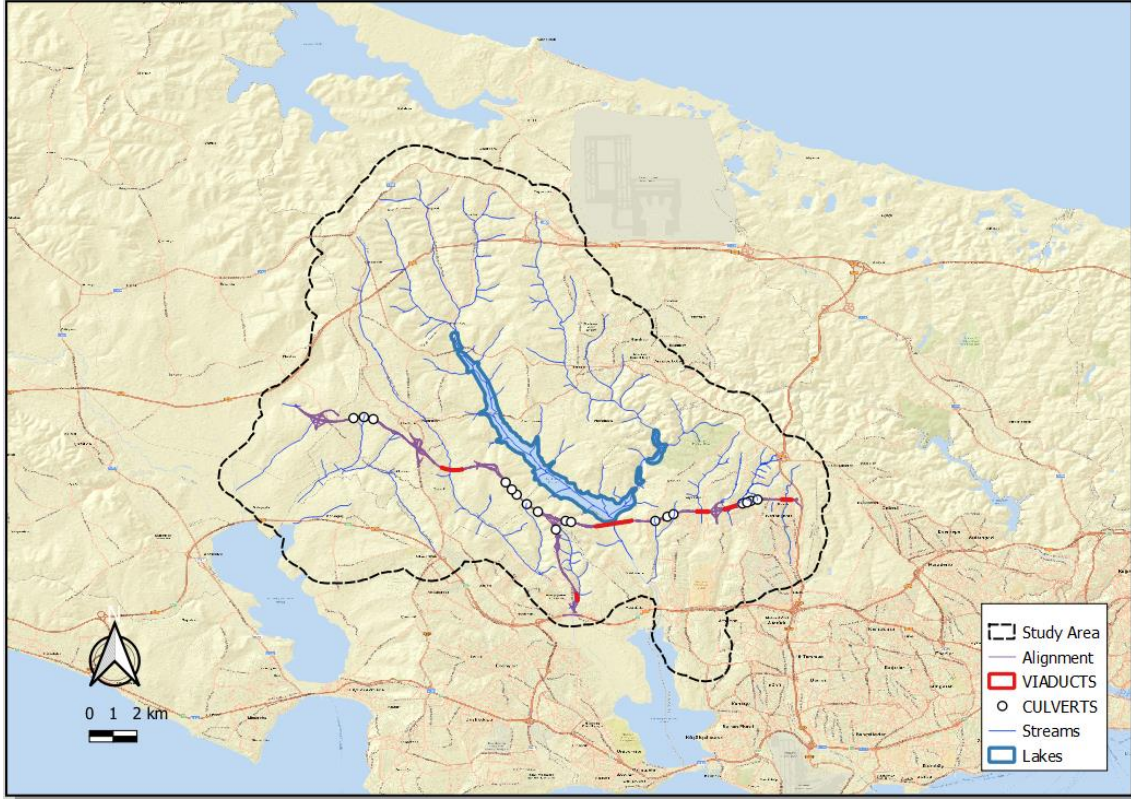
1.2 Çalışma Sahası

Proje Geçiş Hakkı Ayamama, Nakkaş, Sazlıdere nehirleri ve kuzeyden güneye akan çeşitli küçük akarsulardan geçer. Proje güzergahında Şekil 1-1'de gösterildiği gibi beş viyadük ve 20 menfez akarsuları ve nehirleri geçmektedir.



Şekil 1-1 Otoyol Kesimi ve Ana Nehir Geçişi

Bu Taşkın Riski Değerlendirmesi için çalışma alanı, Proje bölgesi içinde Şekil 1-2'de gösterildiği gibi geçişlerin havzalarını içermektedir.



Şekil 1-2 Taşkın Risk Değerlendirmesi Çalışma Sahası

1.3 Otoyol Drenaj Yapıları ve Nehir Geçişleri

Proje, mevcut durumda aşağıdaki Tablo 1-2'de gösterildiği gibi tanımlanmış olan bir dizi unsuru içerir.

Tablo 1-2 Proje'nin Önemli Unsurları

Bileşen	Ayrıntılar
Anayolun uzunluğu	24,17 km
Bağlantı yollarının uzunluğu	6,47 km
Kesitler	Ana Otoyol için 2x4 şerit ve bağlantı yolları için 2x3
Kavşaklar	10
Eğik Askılı Köprü	1619 m (Uzunluk) x 46 m (Genişlik) ve Kule Yüksekliği 196 m
Üstgeçitler	18
Altgeçitler	18
Viyadükler	5
Menfezler	55
Ücret Gişesi	Şu andaki aşamada ücret gişelerinin sayısı belirlenmemiştir. Proje'de, KMO'nun diğer segmentlerine benzer biçimde serbest akış sistemleri ve ücretli geçiş ücreti toplama sistemleri kullanılacaktır.
Aydınlatma	Kavşaklarda, ücret gişelerinde ve servis alanlarında sağlanacaktır.

Servis İstasyonları / Dinlenme Alanları	Servis İstasyonu/Dinlenme Alanları türü ve sayısı şu andaki aşamada belirlenmemiştir.
İşletme ve Bakım Tesisleri	KM 36+300 ve 49+200 noktalarında özellikle Sazlıdere Eğik Askılı Köprü için planlanmış iki İşletme ve Bakım tesisi vardır. Bu İşletme ve Bakım tesisleri aynı zamanda Afet Kurtarma merkezleri olarak da hizmet verecektir.

Yukarıdaki tabloda bulunan geçiş bileşenleri listesi sırasıyla Tablo 1-3 ve Tablo 1-4'te gösterilmiştir.

Tablo 1-3 Viyadük ve Nehir Geçişi Listesi

Adı	Başlangıç KM	Bitiş KM	Uzunluk
Viyadük 01	42+841	43+809	968
Viyadük 02	55+129	55+669	540
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	50+730	52+360	1630
Viyadük 03	56318	56+888	570
Viyadük 04	3+874	4+399	525
Viyadük 05	58+820	59+290	470

Tablo 1-4 Menfezlerin Listesi ve Özellikleri

Adı	KM	Genişlik (m)	Yükseklik (m)
M02	38+032	4,0	2,5
M03	38+480	5,0	2,5
M04	38+895	4,0	2,5
M08	46+022	2,0	2,0
M09	46+847	2,0	2,0
M10	47+517	2,0	2,0
M11	49+448	3,0	2,0
M12	49+684	2,0	2,0
M13	53+296	3,0	2,5
M14	53+863	2,0	2,0
M15	54+148	4,0	2,0
M16	57+160	2,0	2,0
M17	57+366	2,0	2,0
M18	57+532	2,0	2,0
M19	57+833	2,0	2,0
M23	46+495	2,0	2,0
M43	00+607	2,0	2,0
M47	00+281	2,0	2,0
M53	48+152	2,0	2,0

1.4 Çalışma Yöntemi

Taşkın riski değerlendirme çalışması yöntemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmuştur

- Proje geçişleri için havzalar ve özelliklerinin tanımlanması
- Bölgenin sayısal yükseklik modellemesi
- Gözlenen aşırı fırtınalar ve taşkınların pik akışının toplanması ve değerlendirilmesi
- Aşırı fırtına olaylarında viyadükler ve menfezler için su yüzey profili hesaplaması

Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) alınan çalışma bölgesinin 5 metrelik Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) alt yapılaraya sahip akarsu ve nehir geçişlerinin havza belirleme çalışması için hazırlanmış ve kullanılmıştır. SYM verileri havzaların fizyografik özelliklerini (havza alanı, akarsuların uzunluğu ve eğimi) çıkarmak, aşırı yağışın kritik süresini belirlemek ve 100 ve 500 yıllık geri dönüş dönemleriyle aşırı taşkın durumlarını hesaplamak için kullanılmıştır. Bu çalışma için viyadükler ve menfezlerin konumları belirlenmiştir ve bunların havza alanı sayısal yükseklik modeli verileri kullanılarak belirlenmiştir.

Aşırı taşkın hesaplaması için gözlenen aşırı fırtınalar ve taşkınların pik akışları toplanmış ve istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Bölgesel taşkın sıklığı analizi için pik akış analizi kullanılmıştır; ancak, yağışa dayalı taşkın hesaplaması için yağmur suyu analizi kullanılmıştır. Küçük havzalarda (1 km² alandan daha küçük) taşkın piki hesaplaması için rasyonel yöntemler kullanılmıştır; ancak daha büyük havzalar için Sentetik Birim Hidrograf yöntemi kullanılmıştır. Bir kılavuz olarak hesaplamada DSİ (Devlet Su İşleri), İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi) ve KGM (Karayolları

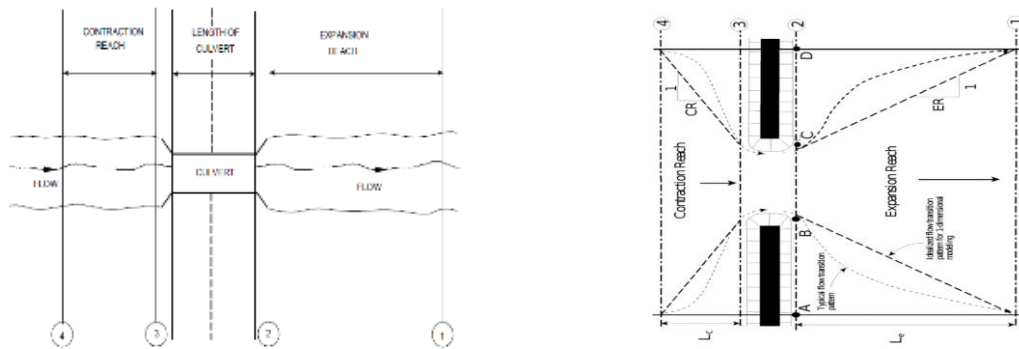
Genel Müdürlüğü) tarafından hazırlanmış standartlar göz önüne alınmıştır. Hesaplamanın 100 yıllık taşkın piklerini ve hidrografını ortaya koymayı amaçlanmıştır. Sazlıdere Eğik Askılı Köprü'nün özel durumu için Sazlıdere Baraj gölüne giren akıştaki hesaplanan taşkın hidrografi geçiş konumunda taşkın hidrografının elde edilmesi için yönlendirilmiştir.

Viyadükler ve menfezler için su yüzey profili hesaplaması ayrı biçimde planlanmıştır. Bu çalışmada su yüzeyi modellemesi için Nehir Analiz Sistemi (RAS) kullanılmıştır. Bu model, Amerika Birlik Devletleri Ordusu HEC-RAS'ın ²Hidrolik Mühendislik Merkezi'nden (HEC) alınan bir kamuya açık yazılımdır ve akarsu kanalı geometrisi ve alt yapılar üstündeki su akışının hidrolik analizi için çok sayıda girdi parametresini kullanır. Bu parametreler akarsu boyunca bir dizi çapraz kesit oluşturmak için kullanılmıştır. Her bir çapraz kesit içinde akarsu kıyılarının konumları belirlenmiştir ve sol taşkın yolu, ana kanal ve sağ taşkın yolu segmanlarına ayırmak için kullanılmıştır. Her bir çapraz kesitte HEC-RAS akarsu boyunca şekil, rakım ve göreceli konumun tanımlanması için şu gibi çeşitli girdi parametreleri kullanır:

- Nehir istasyonu (çapraz kesit) sayısı.
- Sol ve sağ kıyı koordinatları
- Bitişik çapraz kesitlerin sol taşkın yolu, akarsu merkez hattı ve sağ taşkın yolu arasında erişim uzunlukları.
- Ana kanal ve sağ ve sol taşkın yatağı için Manning pürüzlülük katsayıları
- Kanalin daralma ve genişleme katsayıları
- Köprüler, menfezler ve su bentleri gibi her türlü hidrolik yapının geometrik açıklaması

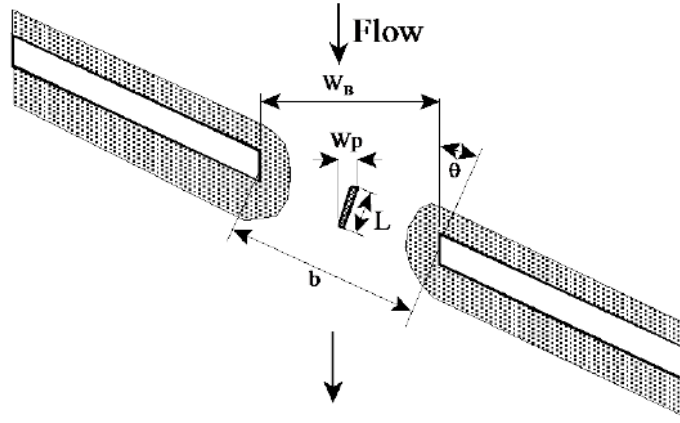
Köprü ve menfezin geometrisi HEC-RAS modelinde ayrı biçimde tanımlanmıştır. Genel olarak su yüzey profili geçiş yönünün yukarı akış ve aşağı akışında Şekil 1-3'te gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Verev Köprü/Menfez seçeneği Şekil 1-4'te gösterildiği gibi köprü/menfez editöründe mevcuttur. Verev açısı köprüden geçen akış açısını köprüyü bağlayan çapraz geçişlere dik bir hatla karşılaştırır.

Verev köprü geçişleri genellikle akış hatlarına dik olan eşdeğer bir çapraz kesit tanımlamak için köprü boyutlarının ayarlanması yoluyla idare edilir. Köprü bilgileri ve köprüyü bağlayan çapraz kesitler köprü editöründen revize edilebilir. Menfez ve köprü modellemesinin ayrıntıları HEC-RAS modelinin hidrolik referansında sunulmuştur.



Şekil 1-3 Köprü ve Menfezlerin Hidrolik Modellemesi için Kesit Konumu
(Source <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>)

² Hidrolojik Mühendislik Merkezi'nin (HEC) Nehir Analiz Sistemi (HEC-RAS) yazılımı <https://www.hec.usace.army.mil/>



Şekil 1-4 Verv Konumda Bir Köprü Örneği (Kaynak <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>)

HEC-RAS kesit çapında enerji başının sabit olduğunu ve hız vektörünün kesite dik olduğunu varsayar. Nehir hidroliklerini modellemek için sabit olmayan akış için Saint-Venant denklemi ve sabit akış için enerji denklemi sıralı kesitlerde çözümlenir (Hicks ve Peacock 2005, Johnson v.d. 1999).

Oluşturulan model 100 yıllık taşkınlar için çalıştırılmıştır ve HEC-RAS modelinin Haritalayıcısı içinde deşarj için taşkın haritaları çıkarılmıştır ve bunlar taşkın riski değerlendirme yöntemi için temeli oluşturur. Ayrıca, geçişlerin hassasiyet analizi için 200 yıllık ve 500 yıllık taşkın riski de araştırılmıştır. Alt yapıların çevresinde taşkın riskleri, taşkın derinliği ve hızına dayalı olarak değerlendirilmiştir. RAS Haritalayıcı buna göre otomatik olarak taşkın haritaları oluşturur. Yöntem ve yaklaşımların ayrıntıları ilgili bölümlerde sunulmuştur.

Çalışmada aşağıdaki kısıtlamalar mevcuttur:

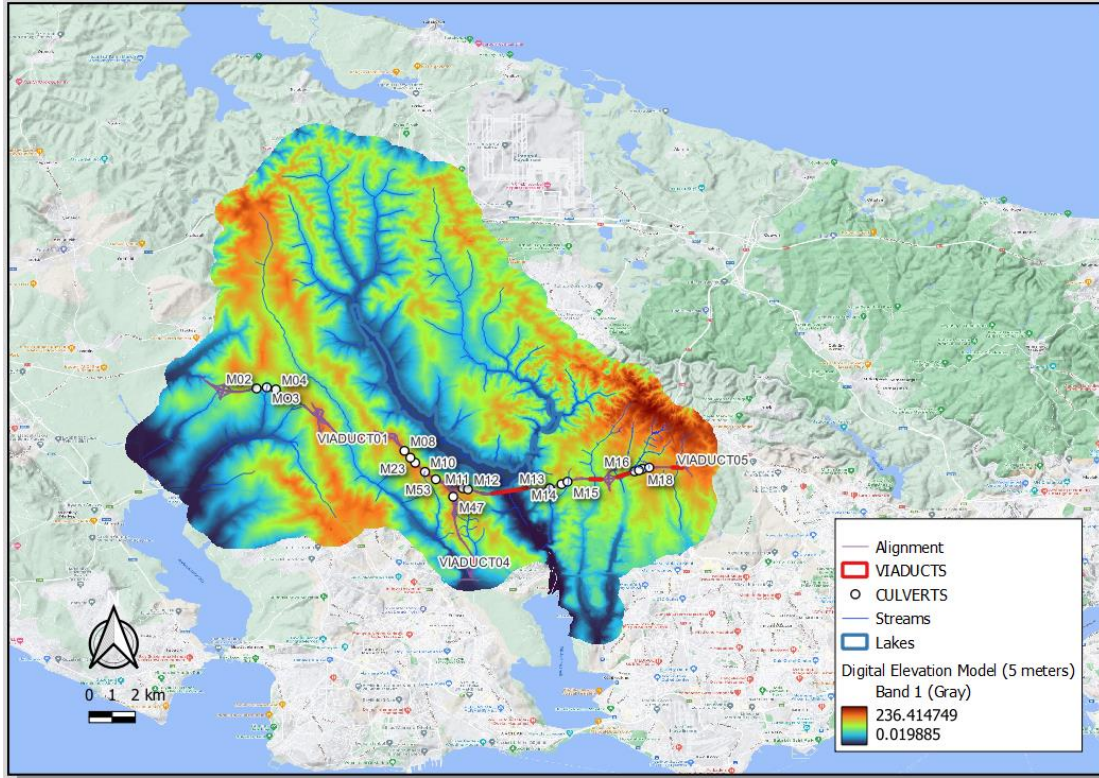
- Yapılan bir saha çalışması yoktur
- Proje tasarımı Şubat 2022 tarihine göre varsayılmıştır
- İlgili Proje Bileşenlerinde bunu takiben herhangi bir tasarım değişikliği yapıldığı takdirde, bu taşkın riski değerlendirmesinin sonuçları artık geçerli olmayabilir.
- Toprak örtüsü konusundaki bilgiler CORINE 2018 arazi kullanımı haritasından alınmıştır. Bu, gerçek koşulları temsil etmiyor olabilir.

1.5 Toplanan Veri

Tanımlanan yöntemle dayalı olarak toplanan veriler SYM, aşırı yağışlar ve taşkınlar ve arazi örtüsü verileridir. Arazi örtüsü ve toprak özellikleri açık kaynaklı verilerden toplanarak hazırlanmıştır.

1.5.1 Sayısal Yükseklik Modeli

Yöntem içinde belirtildiği üzere, havza sınırlarının belirlenmesi için Genel Etüt İdaresi'nden (GEİ) çalışma bölgesinin 5 metrelik bir SYM'si hazırlanmış ve kullanılmıştır. SYM, TUREF/TM30 projeksiyonunda kullanılmıştır (EPSG: 5254). SYM'nin güzergahı ve kapsamı Şekil 1-5'te gösterilmiştir.



Şekil 1-5 Çalışma Alanı için Hazırlanan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)

1.5.2 Fırtına ve Taşkın Verileri

Meteoroloji (MGI) ve hidrometri (AGI) istasyonlarının konumları Şekil 1-6'da verilmiştir. Meteoroloji istasyonları İstanbul Büyükşehir Belediyesi (Afet Koordinasyon Merkezi Müdürlüğü'ne (AKOM) ve bunlar 1 dakika zaman aralığıyla yağış ölçer ve bu toplamada MGM kaydı standart sürelerine (5,10,30,45,60,120, 180 ve ...) sahip yağmur ölçer istasyonları göz önüne alınmıştır. Hazırlanan istasyonların listesi Tablo 1-5'te sunulmuştur. Ayrıca çalışma alanı yakınlarındaki hidrometri istasyonlarının toplanan yıllık pik akış verileri Tablo 1-6'te sunulmuştur.

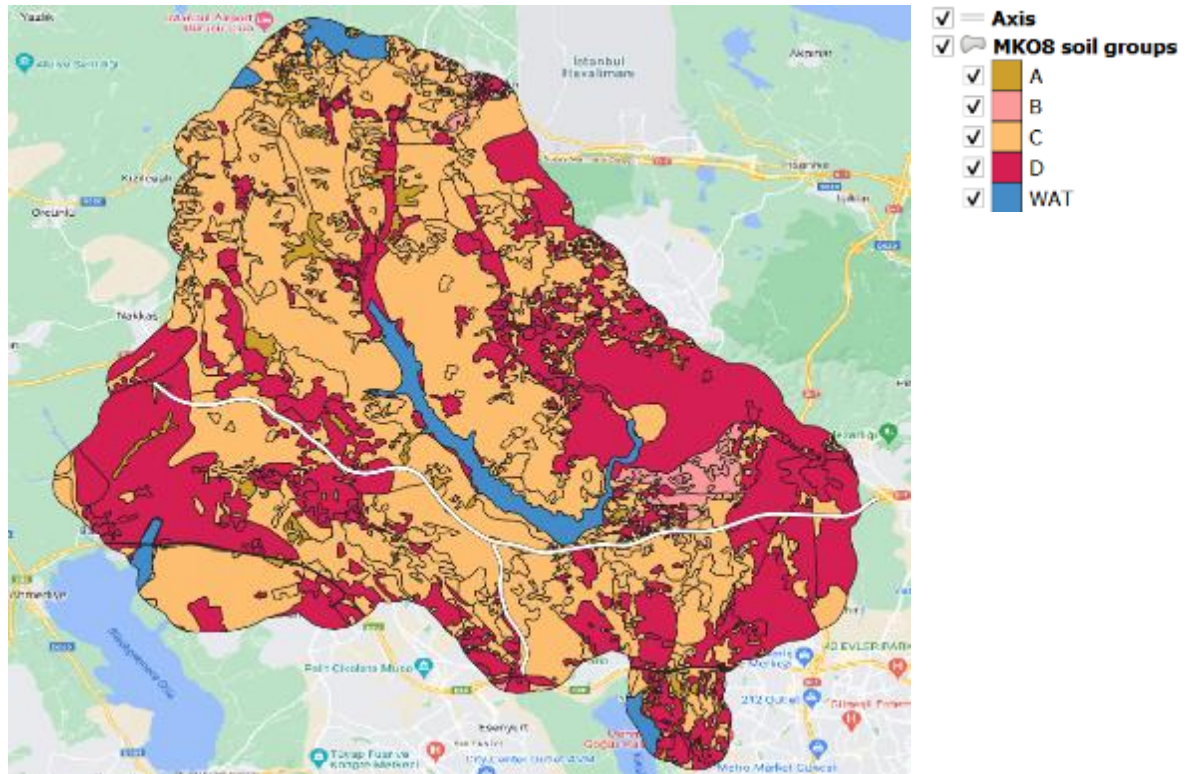
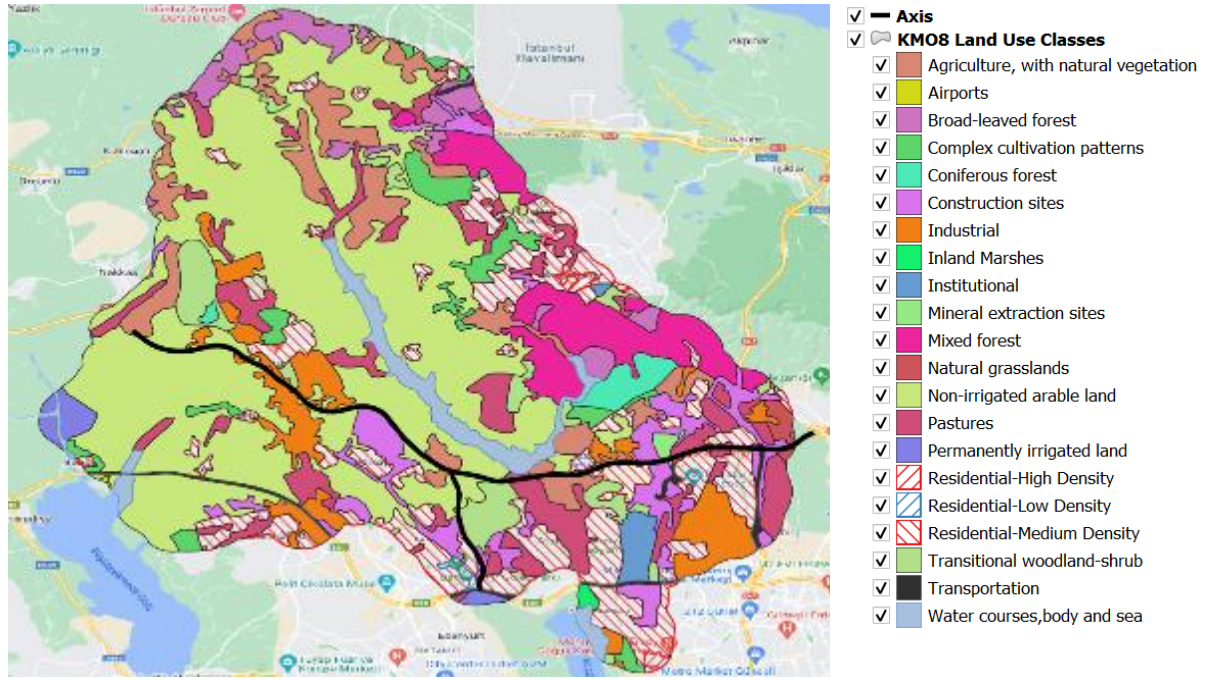
Tablo 1-6 Proje Çalışma Alanı için Mevcut Hidrometri İstasyonları

İstasyon Kodu	Akarsu Adı	İstasyon Adı	Faaliyet Durumu*	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	İstasyon Kotu (m)	Memba Havzası Alanı (km ²)
02-116	Sarısu Dere	İzzettin	O	17.02.1994		8	84
02-117	Çakıl Dere	Ahmetli	O	09.05.1994		30	66
02-136	Kağıthane Dere	Kağıthane	O	02.07.1997		3	183
02-015	Karasu	İnceğiz	O	16.09.1965		30	175
02-022	Sazlıdere	Bosna	O	19.05.1905	01.07.1981	12	84
02-023	Nakkaş D.	Halkalı	C	19.05.1905	18.02.1993	2	44
02-024	Çakıldere	Tepecik	C	19.05.1905	08.06.1905	3	96
02-047	Malava D.	Pirinçköy	O	15.03.1969		30	112
02-090	Sazlıdere	Kayabaşı	O	10.01.1984		5	136
02-027	Çavuşbaşı D.	Şirinevler	C	01.07.1966	01.04.1969	3	22
02-002	Alibey D.	Albayın Çiftliği	C	09.06.1960	01.04.1969	5	170
02-021	Sarısu	Bahşayış DDY Köp.	C	08.07.1966	31.12.1972	5	143

* O: açık ve C: kapalı

1.5.3 Arazi Örtüsü Verileri

Arazi örtüsü verileri yüzey akışı hesaplamasındaki kayıp oranı parametrelerini tahmin etmek için kullanılmıştır ve CORINE 2018 arazi kullanım haritasını ve TOB tarafından hazırlanan toprak haritasından hazırlanan toprakların hidrolojik gruplamasını içerir. Dijital arazi kullanımı ve toprak haritası Şekil 1-8'de sunulmuştur.



2. PİK AKIŞ VE HİDROGRAFLAR İÇİN HAVZA DEĞERLENDİRMESİ

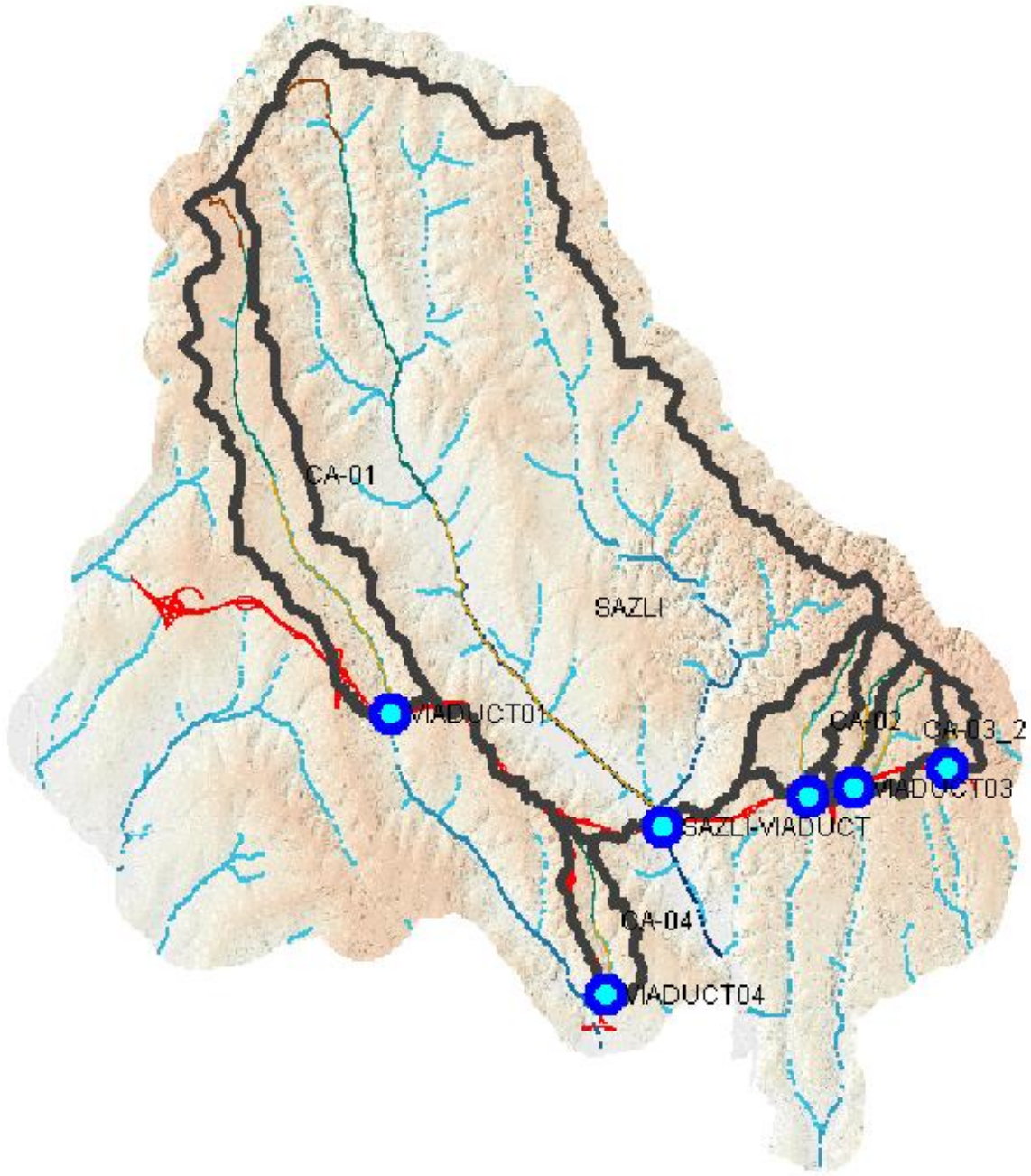
2.1 Giriş

Bu bölümde alt yapıların konumu için akışlar, pik akış ve hidrograflar hesaplanmıştır. İlk olarak havza alanı ve özellikleri hesaplanmıştır, ardından günlük ve saatlik yağış konusunda gözlenen verilere dayalı olarak havzalardaki aşırı taşkınlar çıkarılmıştır. Son olarak havza alanlarını göz önüne alan alt yapı konumundaki pik akış rasyonel veya sentetik ünite hidrograf yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, aşırı olay koşulları altında su seviyesi yüksekliklerini simüle etmek için gereken girdilerin bir parçasıdır.

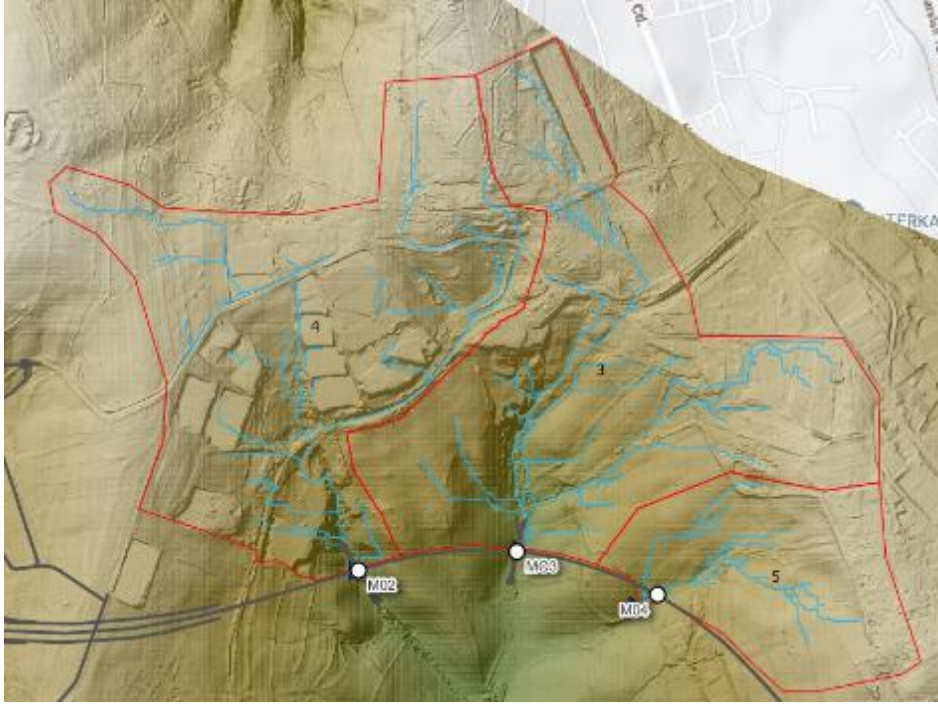
2.2 Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Havza sınırlarının belirlenmesi hidrolojik çalışmalarda temel adımlardan biridir. Topografik haritalar kullanan geleneksel manüel havza sınırı belirleme yöntemi zaman alıcıdır ve bu çalışmada Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanan otomatik havza sınırı belirlemesi kullanılmıştır. Ardından hesaplanan havza sınırları kentsel bölge drenajı için kontrol edilmiştir ve yollar ve yağmur suyu toplama sisteminin durumuna dayalı olarak modifiye edilmiş sınırlardır. Viyadük havzaları için Hidrolik Modelleme Sistemi (HMS)³ içinde CBS araçları sağlanarak ve küçük menfez havzaları için QSWAT modeli kullanılarak otomatik sınır belirleme işlemi yapılır. Birinci bölümde belirtildiği üzere, havza sınırlarının belirlenmesi için Harita Genel Müdürlüğü'nden (HGM) çalışma bölgesinin 5 metrelik bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) hazırlanmış ve kullanılmıştır. Havza ve akarsu ağlarının özellikleri de araçlar kullanılarak hazırlanmıştır. HMS modelinden viyadükler için elde edilen havza sınır belirleme sonuçları Şekil 2-1'de gösterilmiştir. Kentsel alanlar için manüel modifikasyondan sonra menfezler için elde edilen hesaplama sonucu Şekil 2-3'te sunulmuştur. Ayrıca alt yapıların fizyografik özellikleri Tablo 2-1'de gösterilmiştir.

³ Dendritik havza sistemlerinin tüm hidrolojik süreçlerini simüle etmek için kullanılan model, Hidrolojik Modelleme Sistemi (HEC-HMS) <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>



Şekil 2-1 Viyadükler için Belirlenmiş Havza Sınırı Haritası

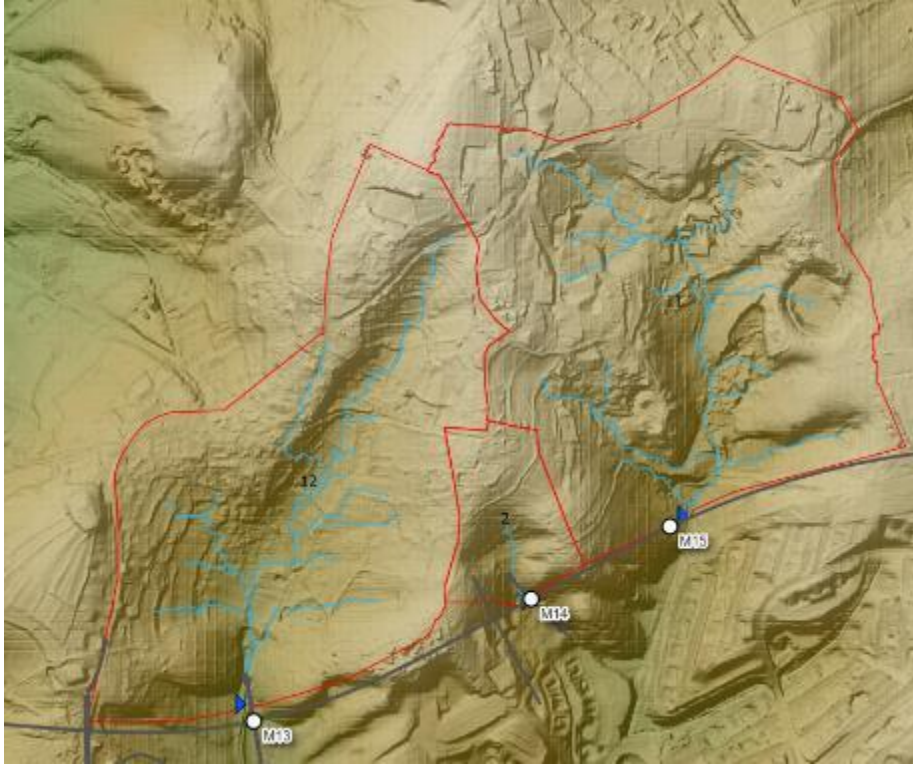


M02
M03
M04



M08
M23
M09
M10
M53
M47
M11
M12

Şekil 2-2 Menfezler için Belirlenmiş Havza Sınırı



M13
M14
M15



M16
M17
M18
M19

Şekil 2-3 Menfezler için Belirlenmiş Havza Sınırı (Devam)

Tablo 2-1 Alt Yapılara Sahip Geçişte Havzaların Hesaplanan Fizyografik Özellikleri

Altyapı	Havza Alanı (km ²)	En Uzun Akış Yolu Uzunluğu (KM)	En Uzun Akış Yolu Eğimi (KM)	Merkezi Akış Yolu Uzunluğu (KM)	Havza Tahliyesi (KM)
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	168,8400	25,9358	0,0063	11,4962	239
VIA-01	24,2440	16,6935	0,0085	7,6503	142
VIA-03_2	4,7547	4,3990	0,0317	2,0491	150
VIA-03_1	3,4251	5,4598	0,0265	2,5927	147
VIA-04	4,6000	5,4997	0,0282	2,1382	155
VIA-02	6,2533	5,8237	0,0251	2,1781	155
VIA-05	1,8927	3,3756	0,0238	1,3225	80
M02	0,877	2,2544	0,04658	-	105
M03	0,849	2,0457	0,05230	-	107
M04	0,28	0,8126	0,08984	-	73
M09	0,027	0,4670	0,05996	-	28
M10	0,035	0,3100	0,06129	-	19
M11	0,125	0,8276	0,08217	-	68
M12	0,11	0,5990	0,10017	-	60
M13	0,415	1,2984	0,05776	-	75
M14	0,039	0,3870	0,10078	-	39
M15	0,504	1,0889	0,05969	-	65
M16	0,086	0,4380	0,09132	-	40
M17	0,042	0,3461	0,08957	-	31
M18	0,095	0,5147	0,09132	-	47
M19	0,015	0,2500	0,09200	-	23

2.3 Fırtına Analizi

Aşırı fırtına analizi, çalışma alanında viyadükler (köprüler) ve menfezler için fırtına yüksekliği (mm) ve yoğunluğunun (mm/saat) çıkarılması için yapılır. Parametreler hesaplanmadan önce havza fırtına süresinin hesaplanması için konsantrasyon süresi değerlendirilir.

2.3.1 Havzalar İçin Fırtınaların Süresi

Bu çalışmada parametre, konsantrasyon süresi için KGM standardının önerisine dayalı olarak fizyografik parametrelerin çıkarılmasıyla hesaplanır. Konsantrasyon süresi iki kısma ayrılabilir: Yüzey akış süresi ve kanal akış süresi.

$$t_c = t_s + t_{ch}$$

Burada:

t_c : Alt yapı için konsantrasyon süresi (dakika)

t_s : Kanallara alınmadan önce yüzey üzerinden akan fırtınaların süresi (dakika)

t_{ch} : Alt yapıya alınmadan önce kanal içinden akan fırtınaların süresi (dakika)

Yüzey akış süresi, aşağıdaki denkleme göre suyun uzunluğu ve hızına göre değerlendirilir:

$$t_s = \frac{LS}{60 V}$$

Burada:

LS: yüzeyden akan fırtına uzunluğu (m)

V: yüzey akış hızı (m/sn.)

Çeşitli yüzey pürüzlülüğünün yüzey akışının uzunluğu ve hızı üzerindeki etkisi sebebiyle, bu çalışmada yüzey akış uzunluğunun 150-300 metreden az olduğu varsayılmıştır ve yüzey üzerindeki maksimum hızın 0,5 m/sn olduğu varsayılmıştır, burada tüm havzalar için zaman 5 dakika olarak varsayılmıştır. Kanal akış süresi aşağıdaki denklemde olduğu gibi Kirpich yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır:

$$t_{ch} = 0.0195(L^3/H)^{0.385}$$

Burada:

L: yüzeyden akan fırtına uzunluğu (m)

H: kanal veya havza tahliyesi (m)

Belirtilen varsayımlara dayalı olarak ve alt yapı havzaları fizyografik verileri kullanılarak, havzalar için konsantrasyon süresi ve fırtına süresi hesaplanmıştır. Küçük havzalar için, fırtına süresi olarak 1.1 t_c varsayılmıştır. Ancak viyadük havzası için bu $2\sqrt{t_c}$ olarak varsayılmıştır. Alt yapıların havza alanı için hesaplama sonucu Tablo 2-2'de gösterilmiştir.

2.3.2 Fırtına Yüksekliği ve Yoğunluğu

Fırtınaların yüksekliği (mm) ve yoğunluğu (mm/saat) kısa vadeli fırtına sıklığı analizinin gözlenmiş verilerine dayalı olarak hesaplanır. Sıklık analizinde farklı geri dönüş dönemleri için uygun dağılım ve fırtına miktarını öngörmek amacıyla betimleyici istatistik parametreleri (ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık) kullanılmıştır. Chow (1951) hidrolojik sıklık analizinde bir frekans faktörü kullanmayı önermiştir. Bu prosedürde bir istasyonun (P) yıllık maksimum fırtınasının yükseldiği kestirilmiştir, ardından T geri dönüş dönemli fırtına miktarı; P_T , bulunmuştur. Hidroloji ders kitaplarında ortalama, $\bar{P}$, ve P'nin standart sapması olarak ve frekans faktörü K_T kullanılarak aşağıdaki istatistiksel denklem ortaya konmaktadır:

Tablo 2-2 Fırtınaların Konsantrasyon Süresi ve Kritik Süresi için Hesaplama Sonucu

Altyapı	En Uzun Akış Yolu Uzunluğu (KM)	Havza Tahliyesi (m)	Karadan Uzunluğu	Karadan Debi Süresi (dakika)	Kanal Debi Süresi (dakika)	Konsantrasyon Süresi (dakika)	Kritik Fırtına Süresi (dakika)
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	25,9358	239	300	10	90	100	154,92
VIA-01	16,6935	142	300	10	66	76	135,06

Altyapı	En Uzun Akış Yolu Uzunluğu (KM)	Havza Tahliyesi (m)	Karadan Uzunluğu	Karadan Debi Süresi (dakika)	Kanal Debi Süresi (dakika)	Konsantrasyon Süresi (dakika)	Kritik Fırtına Süresi (dakika)
VIA-03_2	4,3990	150	300	10	18	28	81,98
VIA-03_1	5,4598	147	300	10	18	28	81,98
VIA-04	5,4997	155	300	10	18	28	81,98
VIA-02	5,8237	155	300	10	24	34	90,33
VIA-05	3,3756	80	300	10	18	28	81,98
M02	2,2544	105	300	10	12	22	24,2
M03	2,0457	107	300	10	12	22	24,2
M04	0,8126	73	150	5	6	11	12,1
M09	0,4670	28	150	5	6	11	12,1
M10	0,3100	19	150	5	6	11	12,1
M11	0,8276	68	150	5	6	11	12,1
M12	0,5990	60	150	5	6	11	12,1
M13	1,2984	75	250	8	6	14	15,8
M14	0,3870	39	150	5	6	11	12,1
M15	1,0889	65	150	5	6	11	12,1
M16	0,4380	40	150	5	6	11	12,1
M17	0,3461	31	150	5	6	11	12,1
M18	0,5147	47	150	5	6	11	12,1
M19	0,2500	23	150	5	6	11	12,1

$$P_T = \bar{P} + K_T S$$

Burada K_T T geri dönüş dönemine ve Olasılık Yoğunluk İşlevine (PDF) dayalıyken; K_T , istenen yüzdelik dilimin elde edilmesi için ortalamanın üstünde ve altındaki standart sapmaların sayısı anlamına gelir. Dağılım için çeşitli dağılımlarda K_T ile T arasında bir ilişki türetilebilir. Çalışma alanında yalnızca beş istasyonun verileri analiz için güvenilir olarak bulunmuştur: Olimpiyat, Çanta, Kâğıthane ve Teros yaklaşık 15 yıllık verilerle AKOM'a aittir ve Florya yağmur ölçer 75 yıllık verilerle MGM'ye aittir. Fırtına analizi için maksimum süre, havza konsantrasyon süresiyle orantılı olarak 4 saat olarak seçilmiştir. İstasyonda çeşitli sürelerle fırtınaların betimleyici istatistik parametreleri Tablo 2-3'te sunulmuştur. Gumbel dağılımı kullanılarak istasyonlar için 100, 200 ve 500 yıllık geri dönüş dönemlerine sahip fırtınalar hesaplanmış ve çalışma alanı için bunların kapsama değeri (maksimum) kullanılmıştır. Hesaplamaların sonuçları Tablo 2-4'te sunulmuştur. Fırtınaların yüksekliği ve ortalama yoğunluğunun özeti Tablo 2-5, Şekil 2-4 ve Şekil 2-5'te gösterilmiştir. Ayrıca kritik fırtına süresine dayalı olarak tasarım fırtınalarının yüksekliği ve ortalama yoğunluğu hesaplanmış ve Tablo 2-6'da sunulmuştur.

Tablo 2-3 Kaydeden Meteoroloji İstasyonlarında Fırtınaların Hesaplanmış Betimleyici Parametreleri

Süre	Açıklama	İstasyon Adı				
		Florya	Kağıthane	Çanta	Olimpiyat	Terkos
5 Dakika	Azami	16,9	13,0	12,8	11,0	13,0
	Ortalama	6,5	6,1	5,6	5,7	6,5
	Standart Sapma	2,9	3,1	3,5	3,2	3,7
	Çarpıklık	1,1	0,4	0,9	-0,1	-0,1
	Basıklık	2,3	0,6	0,2	-0,8	-0,8
10 Dakika	Azami	21,0	19,4	20,6	15,8	20,2
	Ortalama	9,4	10,1	7,9	8,6	9,4
	Standart Sapma	4,4	5,1	5,4	5,1	5,5
	Çarpıklık	0,7	-0,1	1,2	0,0	0,1
	Basıklık	-0,1	-0,2	1,3	-1,0	-0,3
15 dakika	Azami	29,2	22,4	25,0	21,2	21,2
	Ortalama	11,4	11,0	9,7	10,4	11,3
	Standart Sapma	5,4	6,0	7,3	6,4	6,5
	Çarpıklık	0,8	0,2	1,2	0,5	-0,2
	Basıklık	0,6	-0,5	0,3	-0,6	-1,1
30 Dakika	Azami	38,0	24,4	42,6	41,8	29,8
	Ortalama	15,3	14,0	13,4	16,1	16,7
	Standart Sapma	7,2	7,6	10,8	11,9	9,2
	Çarpıklık	0,7	0,1	1,7	1,0	-0,4
	Basıklık	0,1	-1,2	3,2	0,2	-1,3
1 Saat	Azami	42,9	33,0	83,2	56,4	44,8
	Ortalama	18,8	18,0	19,5	21,5	23,2
	Standart Sapma	8,4	9,2	20,8	16,7	13,2
	Çarpıklık	0,8	-0,1	2,5	1,1	-0,3
	Basıklık	0,1	-1,3	7,2	0,3	-1,2
2 Saat	Azami	58,2	37,0	103,6	66,6	61,2
	Ortalama	22,8	20,6	23,1	25,4	27,3
	Standart Sapma	10,8	10,1	25,1	19,9	15,7
	Çarpıklık	1,1	0,1	2,9	1,3	0,4
	Basıklık	1,1	-0,9	9,4	0,9	0,2
3 Saat	Azami	62,4	37,2	103,8	75,8	65,4
	Ortalama	25,5	22,2	26,0	27,2	33,1
	Standart Sapma	12,9	9,4	24,5	21,2	19,3

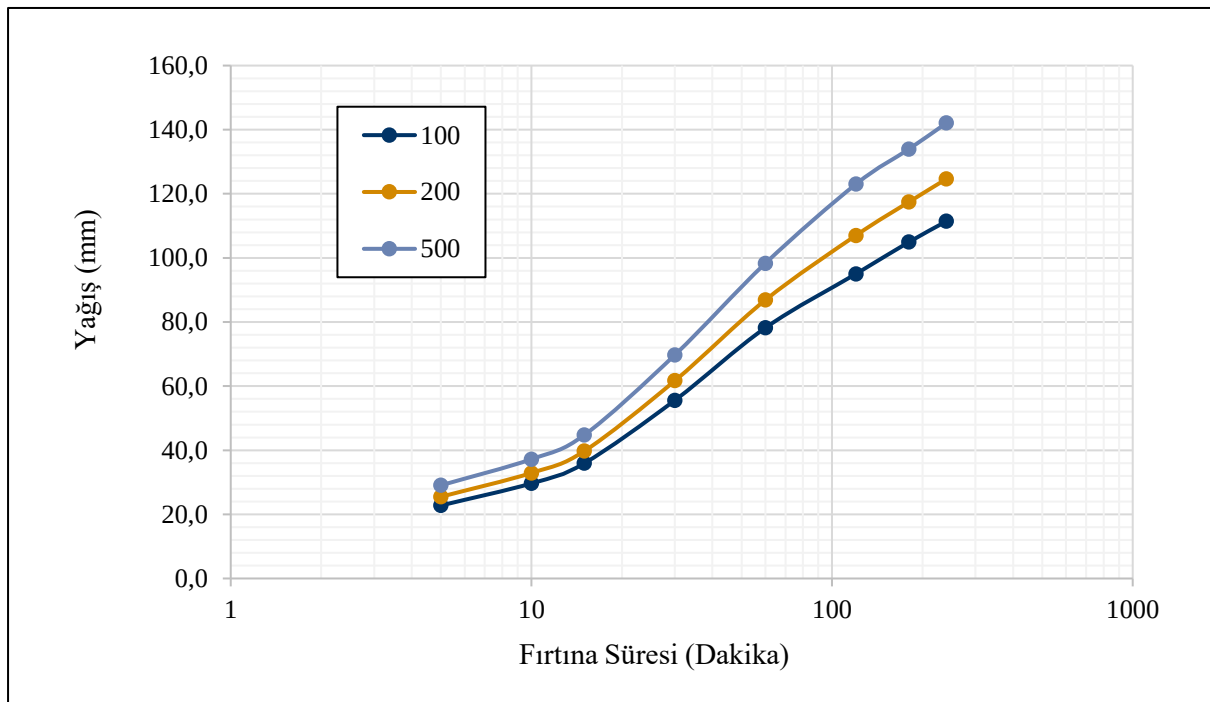
Süre	Açıklama	İstasyon Adı				
		Florya	Kağıthane	Çanta	Olimpiyat	Terkos
4 Saat	Çarpıklık	1,3	-0,2	2,8	1,5	0,0
	Basıklık	1,1	-0,3	8,8	1,3	-1,2
	Azami	67,8	44,6	110,0	78,0	63,2
	Ortalama	27,8	24,3	27,9	28,8	33,3
	Standart Sapma	14,2	11,2	25,9	21,8	19,1
	Çarpıklık	1,2	0,0	2,7	1,5	0,0
	Basıklık	1,0	-0,7	8,8	1,6	-1,3

Tablo 2-4 İstasyonlar için Hesaplanmış Tasarım Fırtınaları

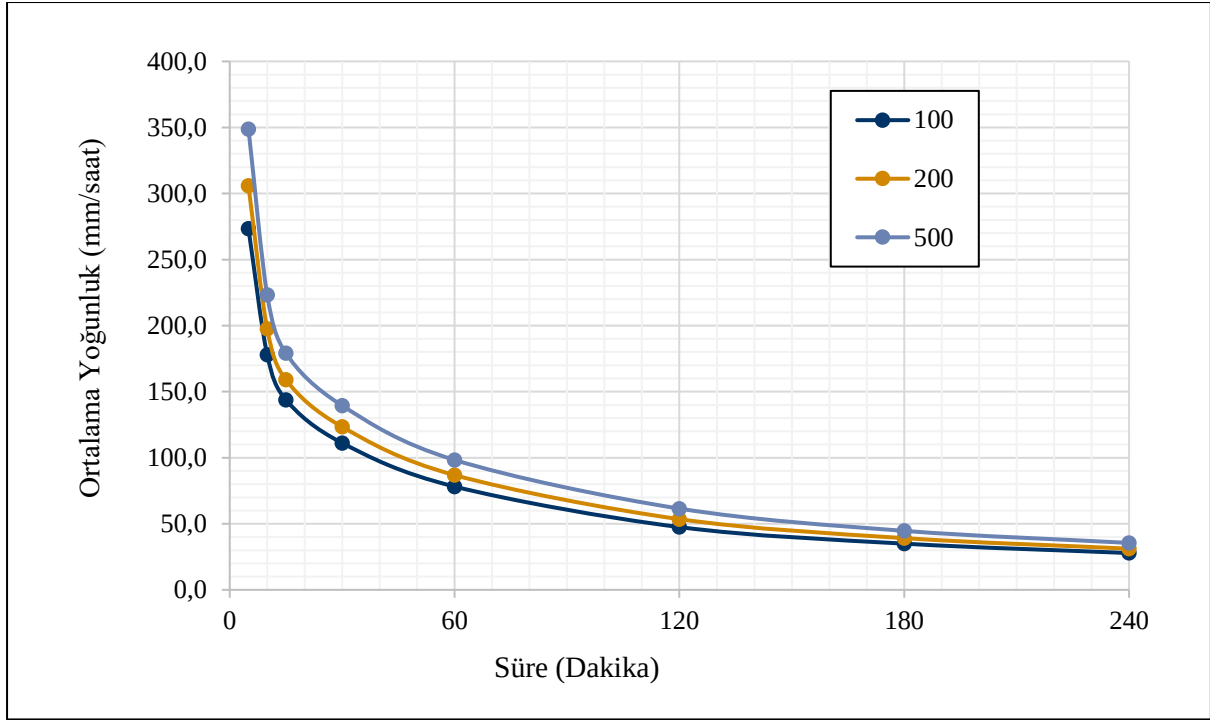
Süre	Geri Dönüş Dönemi (Yıl)	İstasyon					Çalışma Sahası
		Florya	Kağıthane	Çanta	Olimpiyat	Terkos	
5 Dakika	100	15,7	20,5	22,8	18,9	19,0	22,8
	200	17,3	22,7	25,5	21,0	20,9	25,5
	500	19,4	25,6	29,1	23,7	23,4	29,1
10 Dakika	100	23,3	26,0	28,7	29,7	28,0	29,7
	200	25,7	28,6	32,0	32,9	30,8	32,9
	500	28,8	32,1	36,3	37,2	34,5	37,2
15 dakika	100	28,2	31,5	33,8	36,0	33,5	36,0
	200	31,1	34,6	37,6	39,8	36,9	39,8
	500	35,0	38,6	42,5	44,8	41,3	44,8
30 Dakika	100	38,0	40,0	48,8	55,6	48,0	55,6
	200	41,9	43,9	54,3	61,7	52,7	61,7
	500	47,1	49,0	61,6	69,7	58,8	69,7
1 Saat	100	45,2	49,8	71,5	78,2	68,0	78,2
	200	49,8	54,5	79,7	86,9	74,8	86,9
	500	55,8	60,7	90,4	98,3	83,6	98,3
2 Saat	100	56,6	71,4	103,0	90,9	80,8	103,0
	200	62,5	79,2	115,8	101,1	88,8	115,8
	500	70,2	89,6	132,7	114,5	99,4	132,7
3 Saat	100	65,9	81,3	104,9	96,9	98,6	104,9
	200	72,9	90,5	117,4	107,8	108,4	117,4
	500	82,1	102,7	133,9	122,1	121,4	133,9
4 Saat	100	72,2	83,9	111,4	100,7	98,4	111,4
	200	79,9	93,1	124,6	111,8	108,1	124,6
	500	90,0	105,3	142,1	126,5	121,0	142,1

Tablo 2-5 Fırtınaların Hesaplanmış Yüksekliği ve Ortalama Yoğunluğu

Süre (dakika)	Parametre	Geri Dönüş Dönemi (Yıl)		
		100	200	500
5	Yağış yüksekliği (mm)	22,8	25,5	29,1
10		29,7	32,9	37,2
15		36,0	39,8	44,8
30		55,6	61,7	69,7
60		78,2	86,9	98,3
120		95,0	107,0	123,0
180		104,9	117,4	133,9
240		111,4	124,6	142,1
5	Ortalama yağış yoğunluğu (mm/saat)	273,3	305,9	348,8
10		178,0	197,5	223,3
15		143,8	159,0	179,1
30		111,2	123,4	139,5
60		78,2	86,9	98,3
120		47,5	53,5	61,5
180		35,0	39,1	44,6
240		27,9	31,2	35,5



Şekil 2-4 100, 200 ve 500 Yıllık Tasarım Fırtınaların Yüksekliği



Şekil 2-5 100, 200 ve 500 Yıllık Tasarım Fırtınaların Yoğunluk-Süre Eğrileri

Tablo 2-6 Fırtınaların Yapılar İçin Hesaplanmış Yüksekliği ve Ortalama Yoğunluğu

Altyapı	Havza Alanı (km ²)	Fırtına Süresi (dakika)	Alan Azaltma Faktörü	Yağış yüksekliği (mm) veya Yoğunluk (mm/saat)			Açıklama
				100	200	500	
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	168,8400	150,00	0,80	80,0	89,8	102,8	yükseklik (mm)
VIA-01	24,2440	135,00	0,96	93,6	105,2	120,7	yükseklik (mm)
VIA-03_2	4,7547	80,00	0,98	82,1	91,6	104,3	yükseklik (mm)
VIA-03_1	3,4251	80,00	0,98	82,1	91,6	104,3	yükseklik (mm)
VIA-04	4,6000	80,00	0,98	82,1	91,6	104,3	yükseklik (mm)
VIA-02	6,2533	90,00	0,97	84,0	94,0	107,3	yükseklik (mm)
VIA-05	1,8927	85,00	0,99	84,4	94,4	107,6	yükseklik (mm)
M02	0,8770	25,0	1,0	121,9	135,1	152,5	yoğunluk (mm/saat)
M03	0,8490	25,0	1,0	121,9	135,1	152,5	yoğunluk (mm/saat)
M04	0,2800	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M09	0,0270	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)

Altyapı	Havza Alanı (km ²)	Fırtına Süresi (dakika)	Alan Azaltma Faktörü	Yağış yüksekliği (mm) veya Yoğunluk (mm/saat)			Açıklama
				100	200	500	
M10	0,0350	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M11	0,1250	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M12	0,1100	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M13	0,4150	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M14	0,0390	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M15	0,5040	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M16	0,0860	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M17	0,0420	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M18	0,0950	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)
M19	0,0150	15,0	1,0	143,8	159,0	179,1	yoğunluk (mm/saat)

2.4 Bölgesel Pik Akış Analizi

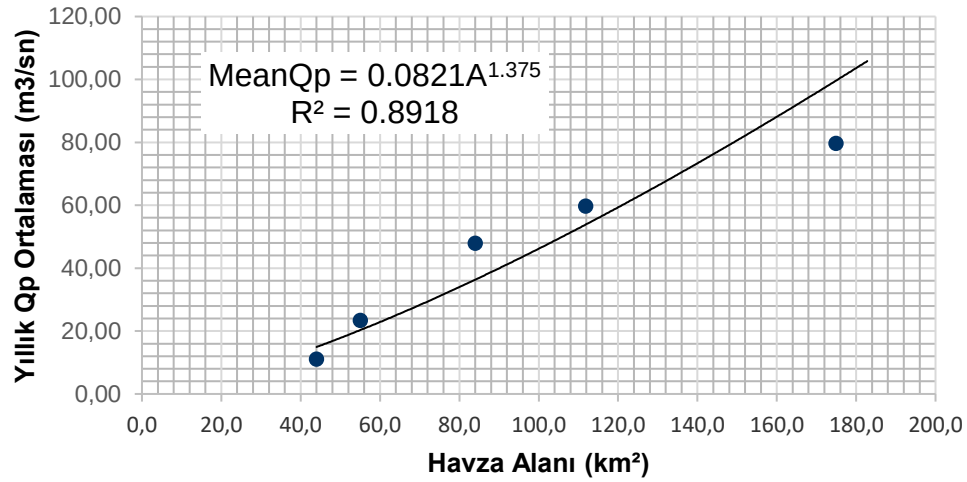
Çalışma alanı civarında mevcut olan hidrometrik istasyonlarda gözlenen pik akış, alt yapılar için gerekli tasarım girdisini çıkarmak için kullanılabilir. İstasyonun kaydedilen yıllık günlük pik akışı, alt yapıların sahalarında 100, 200 ve 500 yıllık geri dönüş dönemleriyle (yüzde 1, 0,5 ve 0,2 risk) bölgesel akışların pik miktarını belirlemek için çıkarılmış ve analiz edilmiştir. Devlet Su İşleri (DSİ) internet sitesinden günlük veriler indirilerek ve çalışma alanındaki projelerin seyrek verileri kullanılarak 1966 ila 2018 arasındaki kayıtlar çıkarılmıştır. Hidrometrik istasyonların yıllık günlük pik akışlarının birincil istatistiksel özellikleri hesaplanmış ve Tablo 2-7’de sunulmuştur. Veriler sıfır olmayan çarpıklık ve basıklığa sahiptir, bu da bunların Normal bir dağılım izlediğini gösterir ve bunlara en uygun model Gumbel veya Log Pearson Tip III olabilir. Dolayısıyla bu çalışmada, havza alanı ve istasyonun pik akışının yıllık ortalaması ve standart ayrımı arasında bir ilişki kurulmaktadır. Ardından istenen geri dönüş dönemi için K_T çıkarılarak alt yapılar için tasarım taşkın pik değeri hesaplanır. Çarpıklık ve basıklığı göz önüne alan bu çalışmada, T geri dönüş dönemi için hesaplamada aşağıdaki K_T ile Gumbel Tip I kullanılmıştır:

$$K_T = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi}\right)(0.57721 - \ln(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)))$$

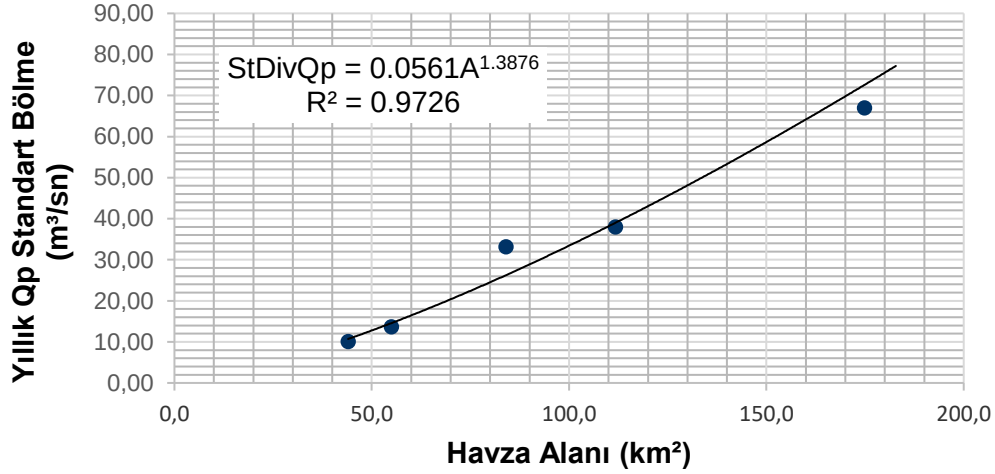
Yıllık pik akışın ortalama ve standart ayrımı ve istasyonların yukarı akış havza alanı arasındaki basit ilişki Şekil 2-6 içinde gösterilmiştir. 20 yıldan fazla bir zamanın kayıtlarına sahip olan istasyonlar ve büyük havza alanlarına sahip istasyonlar için seçilen ilişkiler bölgesel analizden çıkarılmıştır. İlişkilerden alt yapılar için yıllık pik akışın ortalama ve standart ayrımı hesaplanmıştır. Ayrıca, tasarım taşkınlarının hesaplanması için 100, 200 ve 500 yıl için Gumbel dağılımının K_T denklemi kullanılmıştır ve sonuçlar Tablo 2-8’de sunulmuştur. Bu yöntemde, viyadükler için tasarım taşkın değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntem, sırasıyla küçük havzalara sahip menfezler için tasarım altını gösteren sonuçlar vermektedir.

Tablo 2-7 Seçili İstasyonlar için Yıllık Pik Akışın İstatistiksel Betimlemelerinin Özeti

İstasyon Adı	İnceğiz	Bahşayış DDY Köp.	Bosna	Halkalı	Tepecik	Pirinçköy	Ahmediye	Kağıthane
Akarsu Adı	Karasu	Sarısu	Sazlıdere	Nakkaş Dere.	Çakıldere	Malava D.	Çakıl Dere.	Kağıthane Dere
İstasyon Kodu	D02A015	D02A021	D02A022	D02A023	D02A024	D02A047	D02A117	D02A136
Havza Alanı (km ²)	174,9	143,0	84,0	44,0	133,0	111,8	55,0	182,8
Azami	350,0	91,0	190,0	34,0	41,0	165,0	45,0	119,0
Ortalama	79,7	30,6	47,9	11,1	17,6	59,7	23,4	67,6
Minimum	5,7	3,0	10,0	0,2	4,6	8,1	4,9	26,4
Standart Bölme	67,0	30,7	33,1	10,1	9,6	38,0	13,7	32,6
Çarpıklık	1,9	0,9	2,9	1,4	0,9	1,0	0,3	0,4
Basıklık	5,1	-0,9	11,1	0,8	0,2	0,5	-1,3	-1,3



Şekil 2-6 Ortalama Yıllık Pik Akış ve Hidrometrik İstasyonların Havza Alanı Arasındaki İlişki



Şekil 2-7 Ortalama Yıllık Pik Akış ve Hidrometrik İstasyonların Havza Alanı Arasındaki İlişki

Tablo 2-8 Alt Yapılar (Viyadükler) için Tasarım Taşkın Hesaplaması

Altyapı	Havza Alanı (km²)	Yıllık pik akış ortalaması (m³/sn)	Yıllık Pik Akışın Standart Ayrımı (m³/sn)	Geri Dönüş Dönemleri (Yıl) için Pik Akışlar (m³/sn)		
				100	200	500
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	168,84	94,8684	69,1525	374,03	411,54	461,03
VIA-01	24,244	6,5792	4,6799	25,47	28,01	31,36
VIA-03_2	4,7547	0,7005	0,4881	2,67	2,94	3,29
VIA-03_1	3,4251	0,4462	0,3097	1,70	1,86	2,09
VIA-04	4,6	0,6693	0,4662	2,55	2,80	3,14
VIA-02	6,2533	1,0209	0,7139	3,90	4,29	4,80
VIA-05	1,8927	0,1974	0,1360	0,75	0,82	0,92

2.5 Yağış-Yüzey Akışı Modeli

Yöntem içinde belirtildiği gibi, uzun vadeli olarak gözlenmiş elverişli pik ve taşkın verilerinin yokluğunda, taşkın hesaplaması yağışa dayalı yöntemlerle yapılır. TGM kılavuzuna dayalı olarak, küçük havzalarda (1 km² alandan daha küçük) taşkın piki hesaplaması için rasyonel yöntemler kullanılmıştır; ancak daha büyük havzalar için Sentetik Birim Hidrograf yöntemi önerilir.

2.5.1 Rasyonel Yöntem

Rasyonel yöntem, KGM kılavuzu içinde belirtildiği gibi 1 km² veya 100 hektardan küçük menfez havzaları için pik akışın tahmin edilmesi amacıyla uygundur. Rasyonel formül, pik akışı konsantrasyon süresine eşit bir süre için drenaj alanı, yüzey akışı katsayısı ve ortalama yağış yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak tahmin eder. Rasyonel formül şöyledir:

$$Q = \frac{CiA}{3.60}$$

Burada:

Q: pik debi (m³/sn.)

C: yüzey akışı katsayısı

i: ortalama yağış yoğunluğu (mm/saat)

A: havza alanı (km²)

Yüzey akışı katsayısı ve ortalama fırtına yoğunluğu devam eden bölümlerde hesaplanmıştır.

2.5.2 Yüzey Akışı Katsayıları

KGM kılavuzunda yüzey akışı katsayısı Tablo 2-9'da gösterildiği gibi bir tablo olarak sunulmuştur.

Tablo 2-9 Çeşitli Arazi Kullanımı Koşulları için Yüzey Akışı Katsayısı

Yol Platformu	C Yüzey Akışı Katsayıları
Yol Platformu ve Asfaltlı Alanlar	0,9
Yüksek Eğimli Kesim veya Dolgu Eğimleri ($\alpha > 45^\circ$)	0,8
Düşük Eğimli Kesim veya Dolgu Eğimleri ($\alpha \leq 45^\circ$)	0,5
Düzenlenmiş Düşük Eğimli Alanlar (Refüj vs.)	0,3
Kırsal Havzalar	
Geçirimsiz	0.90-0.95
Düz-Açık	0.80-0.90
Dalgalı-Açık	0.60-0.80
Yumuşak-Açık	0.50-0.70
Dalgalı-Çayır	0.40-0.65
Yaprak Döken Orman	0.35-0.60
Çam Ormanı	0.25-0.50
Meyve Ağaçlığı	0.15-0.40
Tarım Arazisi	0.15-0.40
Kentsel Havzalar	
Yoğun ve Kesintisiz Yapılaşmış Kentsel Alan	0.80-0.90
Ticari/Kentsel Alan, İnşaat Yakınında	0.70-0.85
Kentsel Konut Alanı, Kısıtlı Bahçeler	0.45-0.75
Banliyöde Bahçeli Konut Alanı	0.35-0.65
Bir Kum Katmanı Üzerinde Tümüyle Yapılaşmış Banliyö	0.25-0.55
Park Bahçe ve Çayırlar	0.15-0.45

Bu tablo sabit arazi kullanım koşulları için elverişlidir, ancak bu alanın küçük havzası için kısa sürede gelişme koşulu varsayılmaktadır. Kentsel alanın çevre koşulu için katsayının 0,75 olduğu varsayılmıştır. Ancak bu katsayıya ve önceki bölümlerden fırtına yoğunluğuna sahip olduğu göz önüne alınarak (Tablo 2-6), menfezler için pik debi değeri çıkarılmış ve Tablo 2-10 içinde sunulmuştur.

Tablo 2-10 Menfezlerin Konumunda 100, 200 ve 500 Yıllık Taşkınların Hesaplanmış Pik Debisi

Altyapı	Havza Alanı (km ²)	Yağış yüksekliği (mm) veya Yoğunluk (mm/saat)			Tasarım Taşkın Pik Debisi (m ³ /sn)		
		100	200	500	100	200	500
M02	0,8770	121,9	135,1	152,5	22,28	24,69	27,87
M03	0,8490	121,9	135,1	152,5	21,57	23,90	26,98
M04	0,2800	143,8	159,0	179,1	8,39	9,28	10,44
M09	0,0270	143,8	159,0	179,1	0,81	0,89	1,01
M10	0,0350	143,8	159,0	179,1	1,05	1,16	1,31
M11	0,1250	143,8	159,0	179,1	3,75	4,14	4,66
M12	0,1100	143,8	159,0	179,1	3,30	3,64	4,10
M13	0,4150	143,8	159,0	179,1	12,44	13,75	15,48
M14	0,0390	143,8	159,0	179,1	1,17	1,29	1,45
M15	0,5040	143,8	159,0	179,1	15,10	16,70	18,80
M16	0,0860	143,8	159,0	179,1	2,58	2,85	3,21
M17	0,0420	143,8	159,0	179,1	1,26	1,39	1,57
M18	0,0950	143,8	159,0	179,1	2,85	3,15	3,54
M19	0,0150	143,8	159,0	179,1	0,45	0,50	0,56

2.5.3 Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi

Bu yöntem, bir kilometre kareden büyük açık havza alanları için kullanılır. Havzanın fizyografik parametrelerine dayalı olarak bir milimetrelık yüzey akışından oluşan spesifik debi kullanılır. Ardından havzanın aşırı yağışı (yağış eksi kayıp oranı) taşkın hidrografının süresi ve pik debisinin hesaplanması için kullanılır. KGM tarafından bir taşkın hidrografının oluşturulması için bir hidrograf şekli önerilmiştir. Pik debi formülleri şunlardır:

$$Q = \frac{Aq_p h_a}{1000}$$

Burada:

Q: pik debi (m³/sn.)

A: havza alanı (km²)

q_p : birim hidrografın spesifik debisidir (m³/sn/ km²) ve şu formülle hesaplanır:

$$q_p = \frac{414}{\left[A^{0.225} \left(\frac{LL_c}{\sqrt{S}} \right)^{0.16} \right]}$$

Bu formüldeki parametreler önceki Bölümde açıklanmıştır. Birim hidrografın debisi şu formül kullanılarak hesaplanır:

$$Q_p = A q_p$$

h_a : aşırı yağış yüksekliği (mm) ve şu formülle hesaplanır:

$$h_a = \frac{(H_y - 0.2 SC)^2}{(H_y + 0.8 SC)}$$

Burada:

H_y : yağış yüksekliği (mm)

SC: havza arazi örtüsünün biriktirmesi (mm), şu formüldeki gibi eğri sayısı kullanılarak hesaplanır:

$$SC = \frac{25400}{CN} - 254$$

Arazi örtüsü ve hidrolojik toprak grupları için CN değeri hesaplanmıştır, bu da çalışma alanının çeşitli arazi örtüleri için aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Aşağıdaki denklem aynı zamanda birim hidrograf için pik debiye olan süreyi de hesaplar:

$$T_p = 0,73 \frac{1000 A}{Q_p}$$

Sentetik birim hidrograf parametreleri hesaplanmış ve Tablo 2-11'de sunulmuştur.

Tablo 2-11 Viyadük Havaları için Sentetik Birim Hidrograf Parametreleri

Altyapı	LLc/sqrt(S)	qp (m³/sn/km²)	Qp (m³/sn)	Tp (saat)	Tb (saat)
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	3762	34,974	5,90	5,80	29,00
VIA-01	1386	63,501	1,54	3,20	16,00
VIA-03_2	51	155,576	0,74	1,40	7,00
VIA-03_1	87	153,616	0,53	1,40	7,00
VIA-04	70	148,812	0,68	1,40	7,00
VIA-02	80	135,946	0,85	1,50	7,50
VIA-05	29	209,314	0,40	1,00	5,00

Havzalar için birim hidrografın boyutsuz şekli KGM kılavuzundan çıkarılmıştır. Kayıp oranı, çeşitli arazi kullanımı eğri sayılarına dayalı olarak hesaplanmıştır. Hesaplama Tablo 2-12'ye dayalı olarak ve toprak ve arazi kullanımının dijital haritalarının kesişmesine göre yapılmıştır. Her havza için, CBS ortamında toprak ve arazi örtüsü kombinasyonu hesaplanır ve ardından havzalar için CN değeri çıkarılır. Hesaplanan CN değeri, kentsel alan ve gelecekteki geçirimsiz yüzey geliştirme göz önüne alınarak yüzde 20 oranında (98 ile sınırlı) arttırılır ve yüzey akışı hesaplaması için kullanılır. Ayrıca hidrografların baz akışı olarak 2 mm varsayılmıştır.

Tablo 2-12 Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde Kayıp Oranı Hesaplaması için Arazi Örtüsü Parametreleri

GH	Arazi Kullanımı	Geçirimsiz Oranı	Yüzey Pürüzlülüğü	Eğri Sayısı			
				A	B	C	D
1	Tarımsal Arazi-Genel	0,05	0,14	67	77	83	87
2	Çıplak veya Seyrek Bitki Örtülü	0,12	0,15	39	61	74	80
3	Kurak Alan, Tarla ve Otlak	0,05	0,15	58	73	81	86
4	Tarla/Otlak Mozaïği	0,05	0,15	58	73	81	86
5	Sulanan Tarla ve Otlak	0,05	0,15	58	73	81	86
6	Yaprak Döken Geniş Yapraklı Orman	0,05	0,1	45	66	77	83
7	Orman-Yaprak Döken	0,05	0,1	45	66	77	83
8	Orman-Karma	0,05	0,1	36	60	73	79
9	Üzüm bağları	0,1	0,14	45	66	77	83
10	Otlak	0,05	0,15	49	69	79	84
11	Meyve Bahçesi	0,1	0,15	45	66	77	83
12	Mera	0,05	0,15	49	69	79	84
13	Pirinç	0,05	0,14	62	73	81	84
14	Çıplak Zemin Tundra	0,05	0,13	35	60	73	80
15	Ağaçlıklı Tundra	0,05	0,13	35	60	73	80
16	Havalimanı	0,98	0,015	98	98	98	98
17	Endüstriyel	0,84	0,015	81	88	91	93
18	Kurumsal	0,51	0,015	68	79	86	89
19	Mineral Çıkarma Sahaları	0,38	0,015	81	88	91	93
20	Liman Alanları	0,98	0,015	98	98	98	98
21	Şantiyeler	0,38	0,015	72	82	87	89
22	Konut Alanı-Yüksek Yoğunluk	0,6	0,015	77	85	90	92
23	Konut Alanı- Düşük Yoğunluk	0,12	0,015	51	68	79	84
24	Konut Alanı- Orta Yoğunluk	0,38	0,015	61	75	83	87
25	Ulaşım	0,98	0,015	98	98	98	98
26	Su	0,98	0,01	92	92	92	92
27	Bataklıklar-Karma	0,12	0,05	49	69	79	84

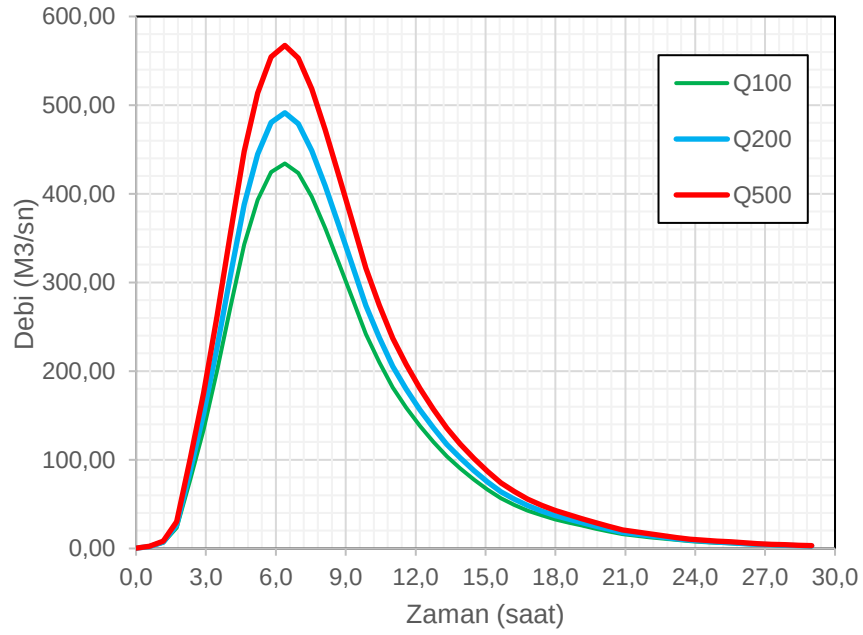
Tablo 2-13 Sentetik Birim Hidrograf Yönteminde Kayıp Oranı Hesaplaması için Arazi Örtüsü Parametreleri

Altyapı	Hy(Mm)			Kayıp Oranı Parametreleri		Ha(Mm)		
	100	200	500	CN	Ia (mm)	100	200	500
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	80,0	89,8	102,8	98,0	1,037	74,07	83,84	96,80
VIA-01	93,6	105,2	120,7	98,0	1,037	87,64	99,25	114,70
VIA-02	84,0	94,0	107,3	96,4	1,906	73,55	83,48	96,69
VIA-03_1	82,1	91,6	104,3	98,0	1,037	76,15	85,70	98,36
VIA-03_2	82,1	91,6	104,3	98,0	1,037	76,15	85,70	98,36
VIA-04	82,1	91,6	104,3	94,1	3,189	65,61	74,94	87,37
VIA-05	84,4	94,4	107,6	98,0	1,037	78,48	88,42	101,62

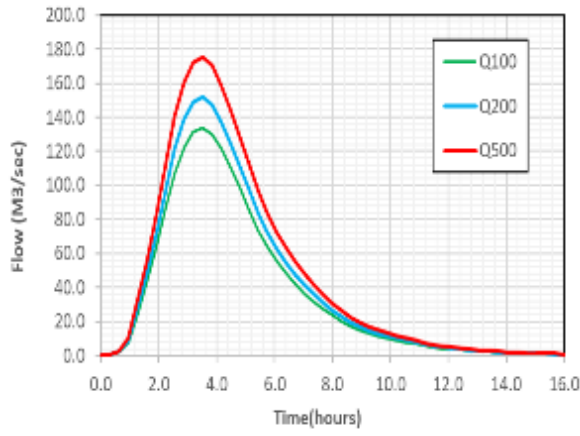
Aşırı yağış yüksekliğinin hesaplanması için bir saatten daha fazla bir süre için yağış, kayıp oranı göz önüne alınarak 1 saatlik yağış yüksekliklerine dağıtılır. Sıralı aşırı yağış yükseklikleri ve birim hidrograf için 1 saatlik gecikmeler göz önüne alınarak biriken taşkın hidrografi hesaplanır. Viyadüklerin konumu için hesaplanan hidrograflar Şekil 2-8 ve Şekil 2-9 içinde sunulmuştur. Viyadüklerin konumunda tasarım taşkınlarının pik akışları Tablo 2-14 içinde özetlenmiştir.

Tablo 2-14 Tasarım Taşkınlarının Hesaplanan Pik Akışlarının Sentetik Birim Hidrografına Göre Özeti

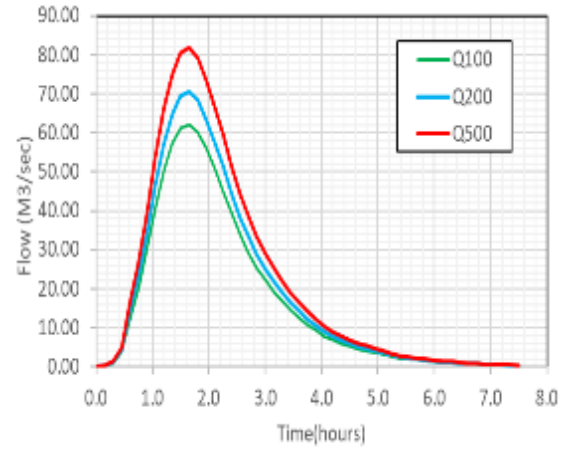
Altyapı	Hidrograf Pik Akış (m3/s)		
	100	200	500
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	434,2	491,4	567,36
VIA-01	134,0	151,8	175,37
VIA-02	62,2	70,6	81,72
VIA-03_1	39,8	44,8	51,45
VIA-03_2	56,0	63,0	72,33
VIA-04	44,7	51,0	59,46
VIA-05	30,9	34,8	40,02



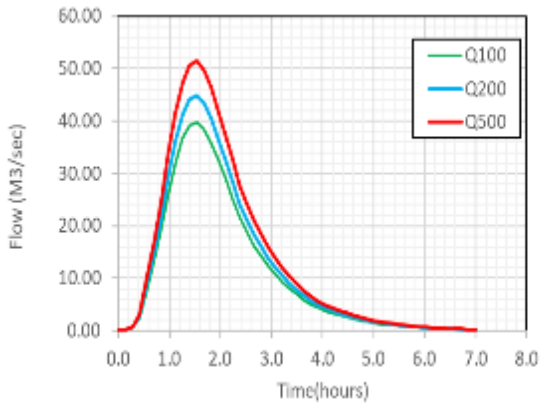
Şekil 2-8 Sazlıdere Barajı Rezervuarının Sazlıdere Aşağı Akışındaki Viyadük için Doğal Tasarım Taşkın Hidrogrfları



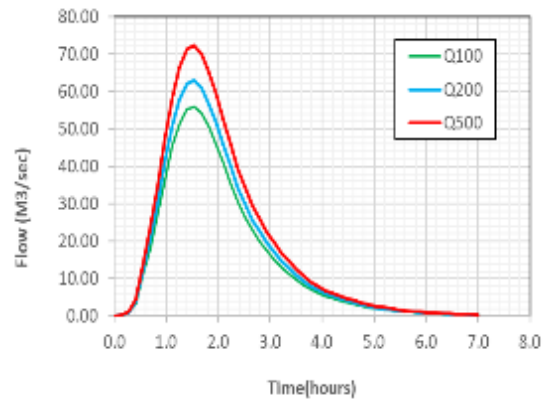
Viyadük 01



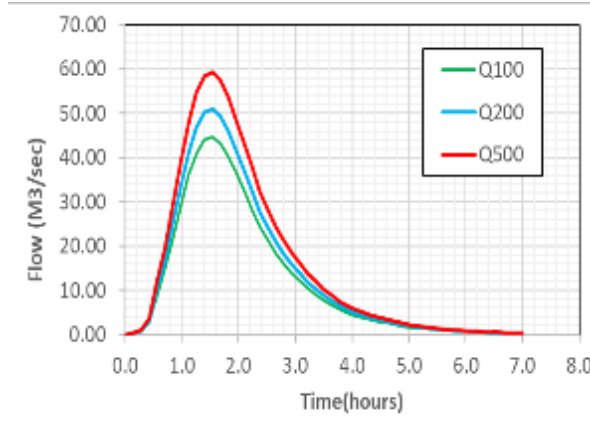
Viyadük 02



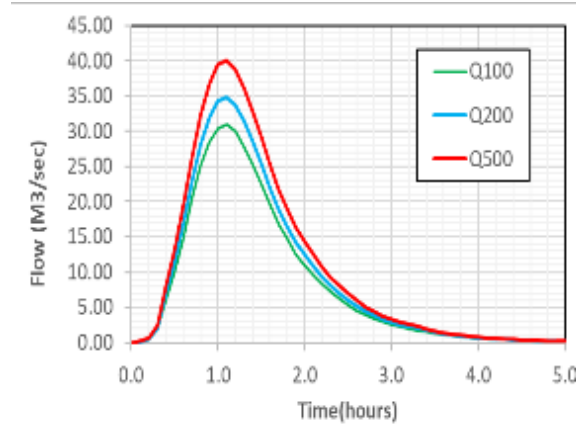
Viyadük 03_1



Viyadük 03_2



Viyadük 04



Viyadük 05

Şekil 2-9 01 ila 05 Arasındaki Viyadükler için Tasarım Taşkın Hidrografları

2.6 Seçilen Tasarım Taşkınları

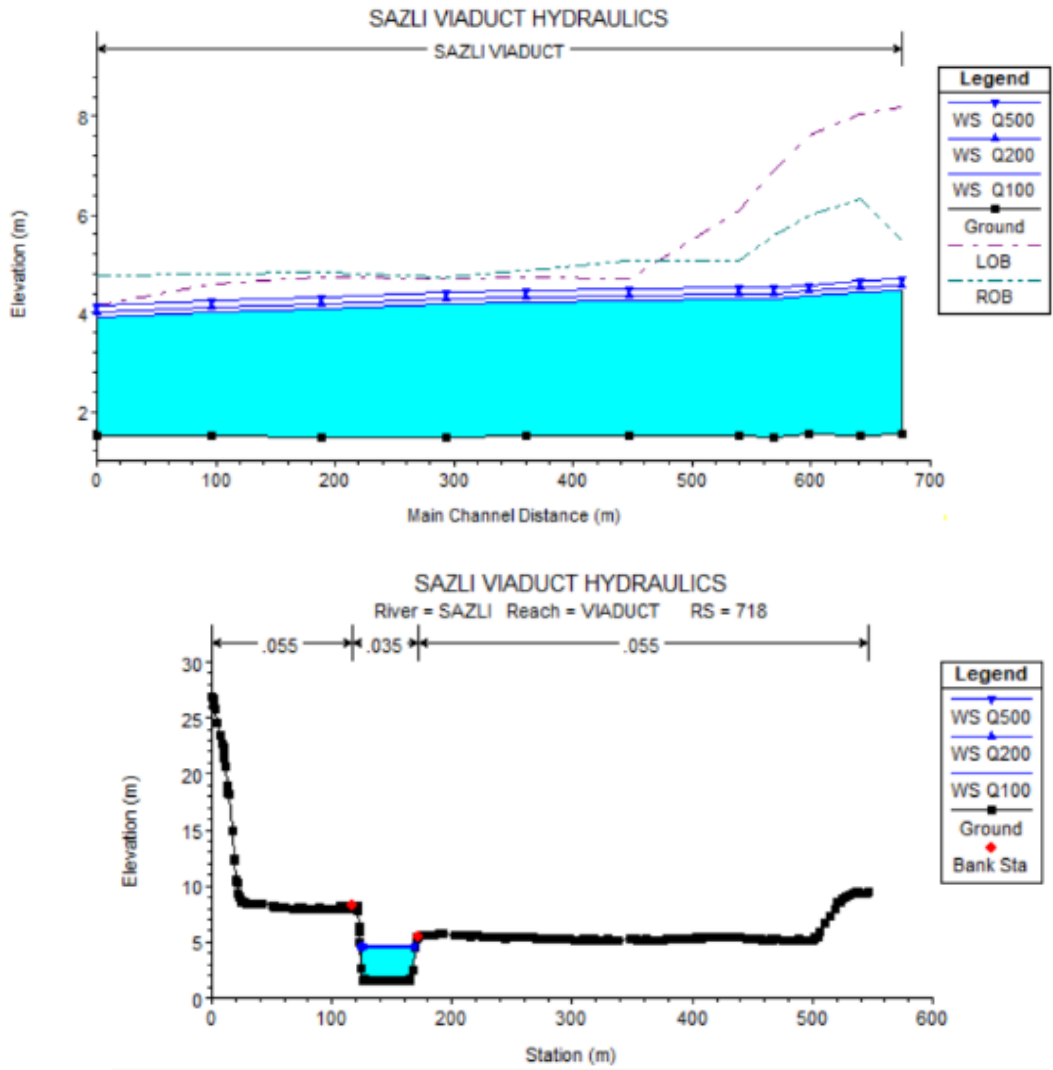
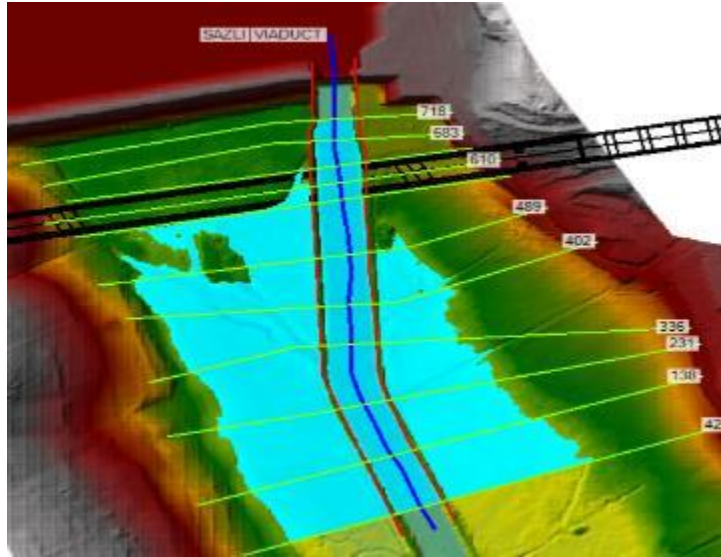
Viyadüklerin tasarım taşkınlarının hesaplanması için iki yöntem kullanılmıştır. Sonuçlar, bölgesel analizin viyadükler için taşkın koşullarını olduğundan daha az olarak kestirdiğini göstermiştir. Bu sebeple, su yüzey profilinin bir sonraki analizi için sentetik birim hidrograf sonucu seçilmiştir. Ayrıca, menfezler için rasyonel yöntemin sonucu seçilmiştir. Seçilen tasarım pik debisi Tablo 2-15'te sunulmuştur.

Tablo 2-15 Alt Yapılar için Seçilen Pik Debi

Altyapı	Tasarım Pik Debisi (m³/sn)		
	100 yıl	200 yıl	500 yıl
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	434,2	491,4	567,36
VIA-01	134,0	151,8	175,37
VIA-02	62,2	70,6	81,72
VIA-03_1	39,8	44,8	51,45
VIA-03_2	56,0	63,0	72,33
VIA-04	44,7	51,0	59,46
VIA-05	30,9	34,8	40,02
M02	22,28	24,69	27,87
M03	21,57	23,90	26,98
M04	8,39	9,28	10,44
M09	0,81	0,89	1,01
M10	1,05	1,16	1,31
M11	3,75	4,14	4,66
M12	3,30	3,64	4,10
M13	12,44	13,75	15,48
M14	1,17	1,29	1,45
M15	15,10	16,70	18,80

Altyapı	Tasarım Pik Debisi (m³/sn)		
	100 yıl	200 yıl	500 yıl
M16	2,58	2,85	3,21
M17	1,26	1,39	1,57
M18	2,85	3,15	3,54
M19	0,45	0,50	0,56

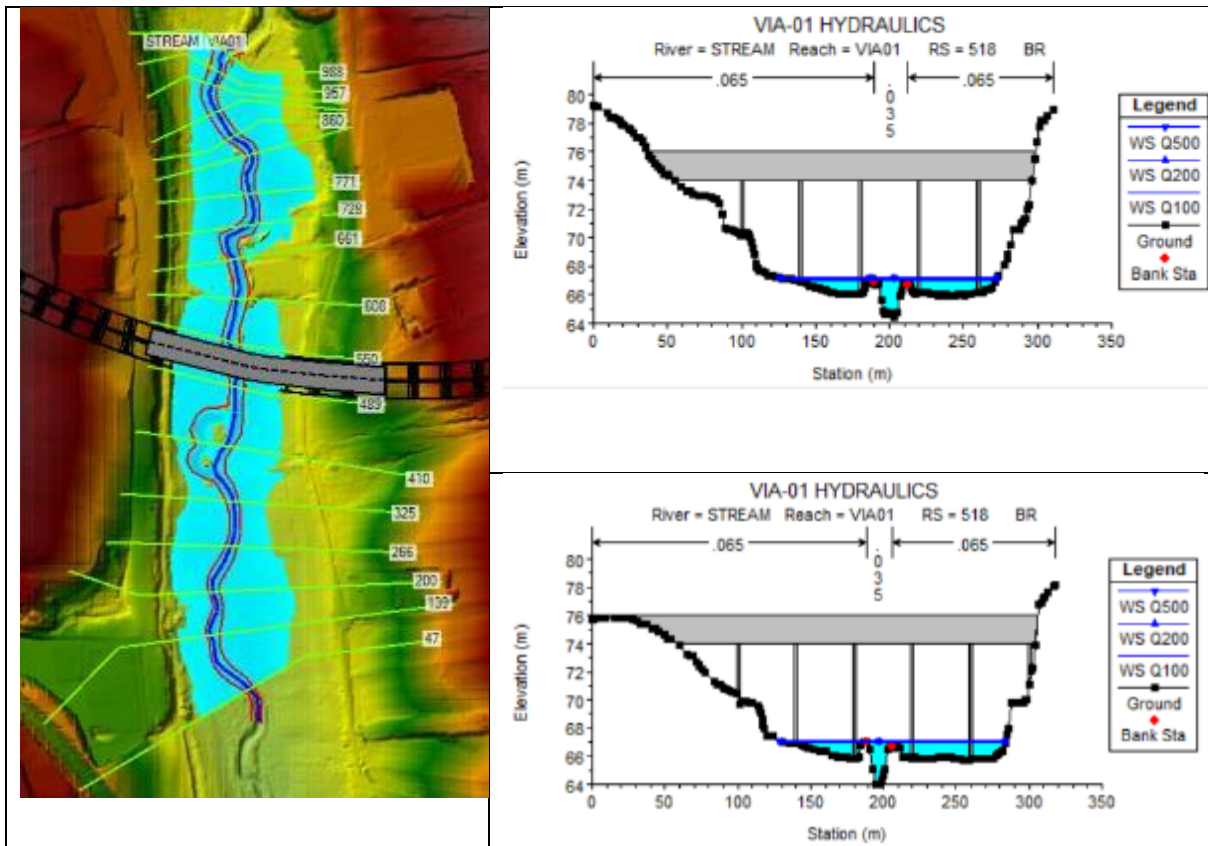
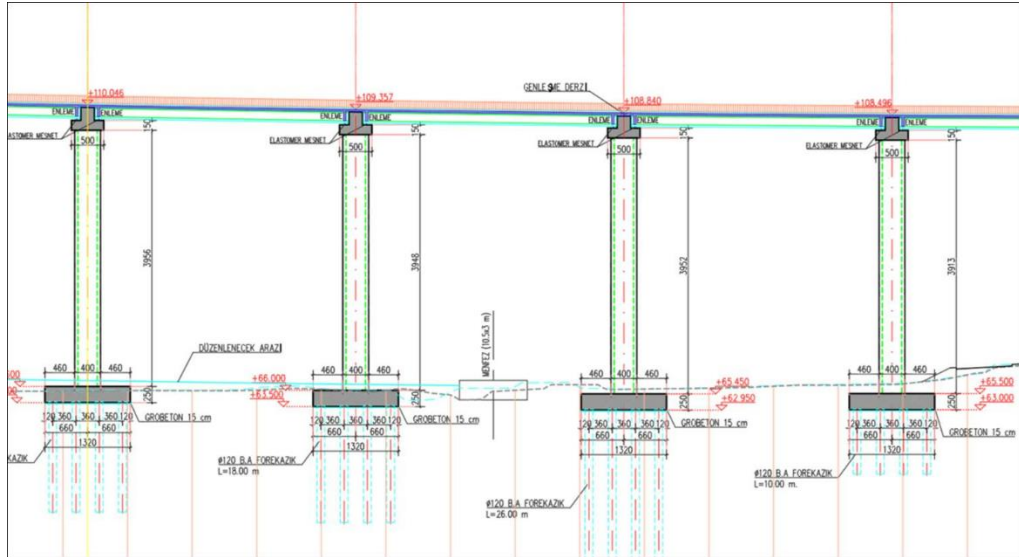
M08, M10, M23, M43, M47, M53 ve M55 menfezleri için önemli havza alanı yoktur. Ayrıca M09, M10, M11, M12, M14 ve M16-M19 havza tasarım taşkınları menfezlerin 2×2 boyutuyla kıyaslandığında düşüktür ve bunların hidrolikleri burada değerlendirilmemiştir.

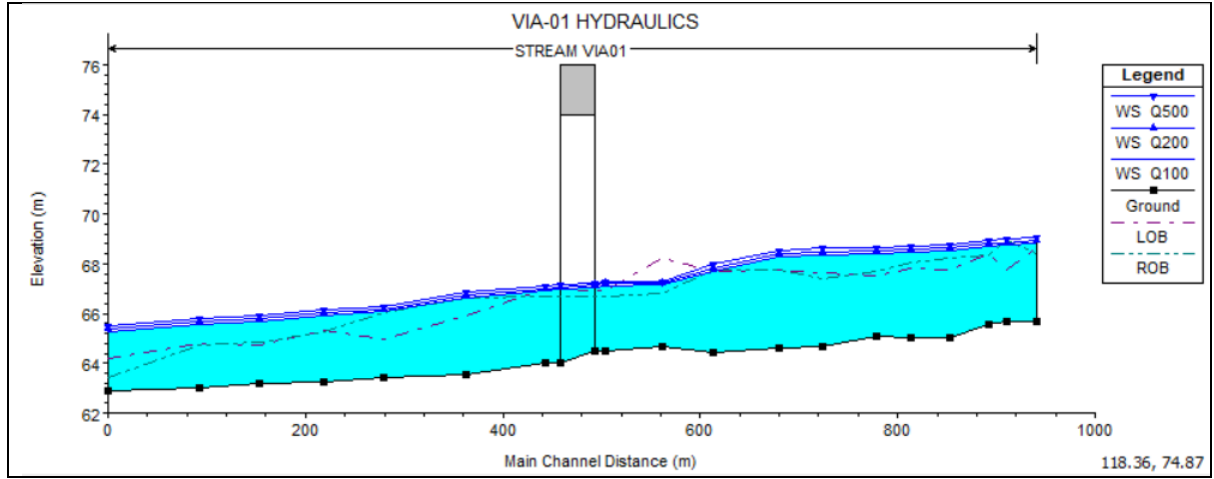


Şekil 3-2 Sazlıdere Eğik Asıklı Köprü için 100 Yıllık Taşkın Haritası ve Su Yüzeyinin Boylamsal ve Çapraz Kesiti

3.2 Viyadük-01 için Hidrolikler ve Taşkın Riski

Bu viyadük Eskinoz deresi üzerinde bulunur ve 968 metre uzunluğa sahiptir. Üst kısmının yüksekliği akarsu seviyesinden yaklaşık 42 metredir ve viyadüğün beş ayağı (40 metre) akarsu kıyısında bulunur. Köprünün planı ve konumu ve köprü üzerindeki çapraz kesitler, su yüzeyi profili dahil olmak üzere Şekil 3-3'te sunulmuştur. Şekillerde gösterildiği gibi köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Ancak kanal kapasitesi taşkın için yeterli değildir. Bu nedenle köprünün etrafındaki alana su basacaktır. Köprünün yukarı akış ve aşağı akışındaki hidrolik özellikler Tablo 3-1'de sunulmuştur.





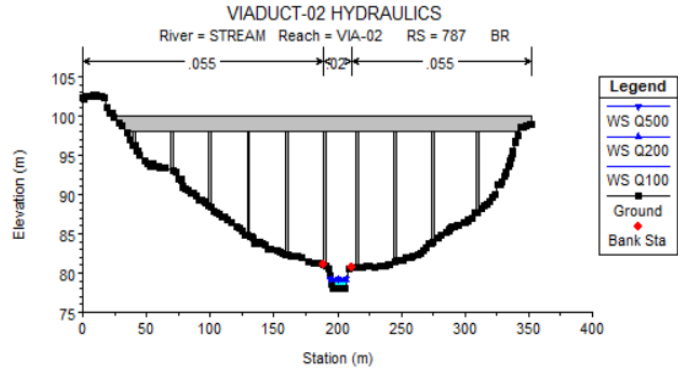
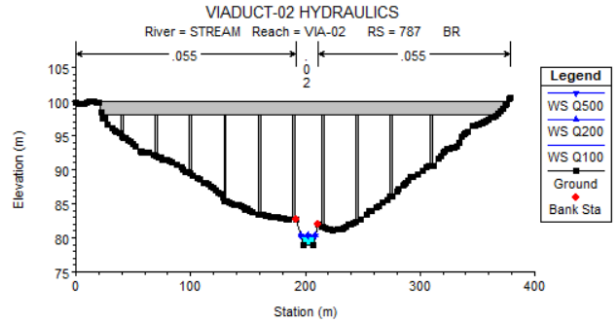
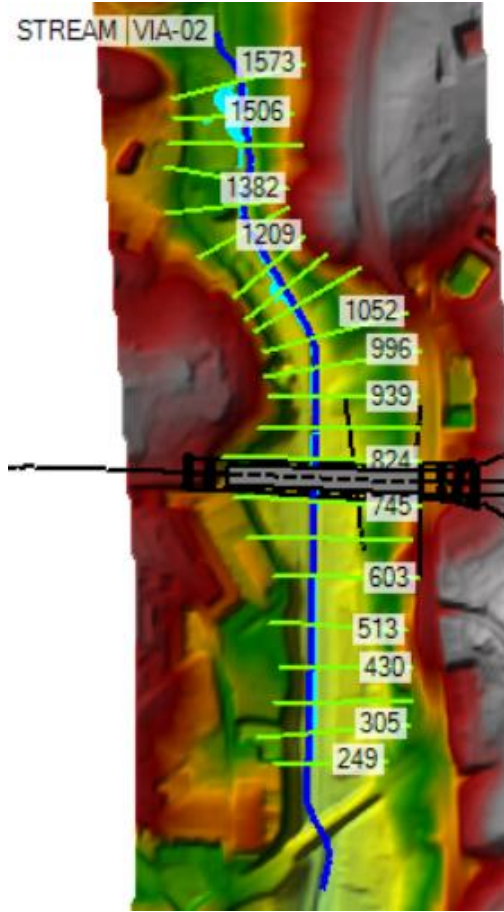
Şekil 3-3 Viyadük 01 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler

Tablo 3-1 Viyadük 01'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonucu

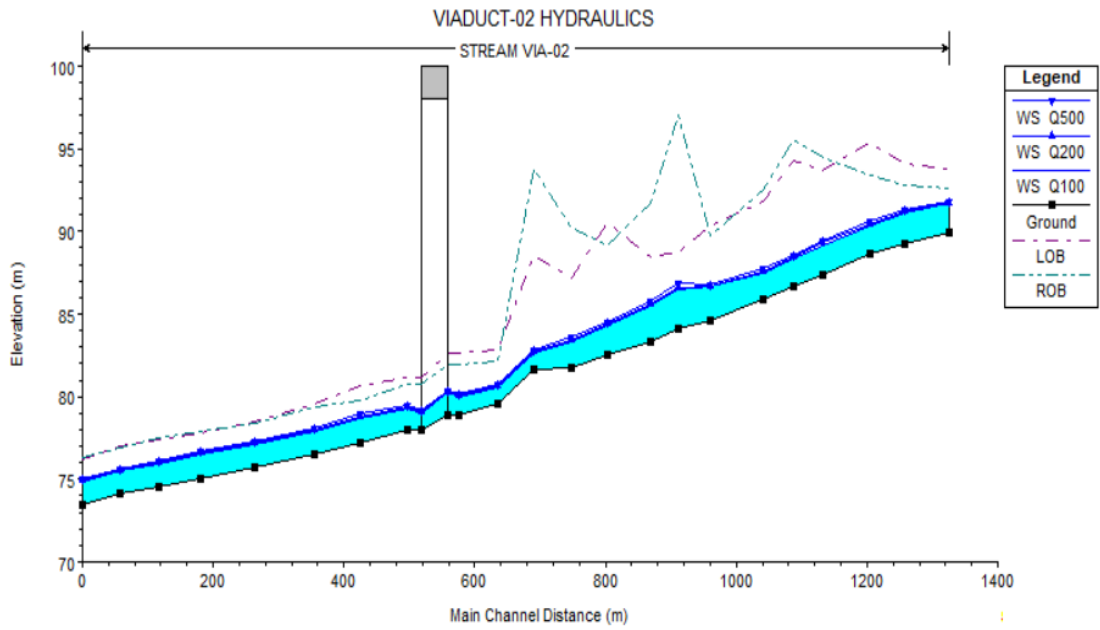
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frcbn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)
VIA01	608	Q100	67.75	67.13	67.31	0.23	0.09	87.75	2.01	103.72	28.27	3.90
VIA01	550	Q100	67.21	67.11	66.73	0.03	0.00	141.97	23.02	65.03	45.95	1.91
VIA01	518 BR U	Q100	67.18	67.05	66.74	0.11	0.01	126.42	23.74	67.76	42.50	2.07
VIA01	518 BR D	Q100	67.06	66.96	66.63	0.05	0.00	139.40	18.30	56.60	59.10	2.05
VIA01	489	Q100	67.01	66.91		0.25	0.00	144.91	17.55	55.50	60.95	2.07
VIA01	410	Q100	66.76	66.64		0.37	0.02	137.69	20.63	102.28	11.09	1.74

3.3 Viyadük-02 için Hidrolikler ve Taşkın Riski

Bu viyadük Hasanoğlu deresi üzerinde bulunur ve 540 metre uzunluğa sahiptir. Hasanoğlu deresi, alt genişliği 10 metre olan ikizkenar yamuk bir kesit olarak tasarlanmıştır. Viyadüğün 17 ayağından 9'u nehir vadisi içindedir. Kesit etrafı çevrili bir kesit haline gelir. Köprü'nün planı ve konumu ve köprü üzerindeki çapraz kesitler, su yüzeyi profili dahil olmak üzere Şekil 3-4'te sunulmuştur. Ayrıca akarsuyun boylamı için su yüzey profili Şekil 3-5'te gösterilmiştir. Şekillerde gösterildiği gibi köprü kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir. Bu nedenle, bu köprüden kaynaklı su basması riski yoktur. Köprü'nün yukarı akış ve aşağı akışındaki hidrolik özellikler Tablo 3-2'de sunulmuştur.



Şekil 3-4 Viyadük 02 için Plan Su Yüzeyi ve Çapraz Kesitler



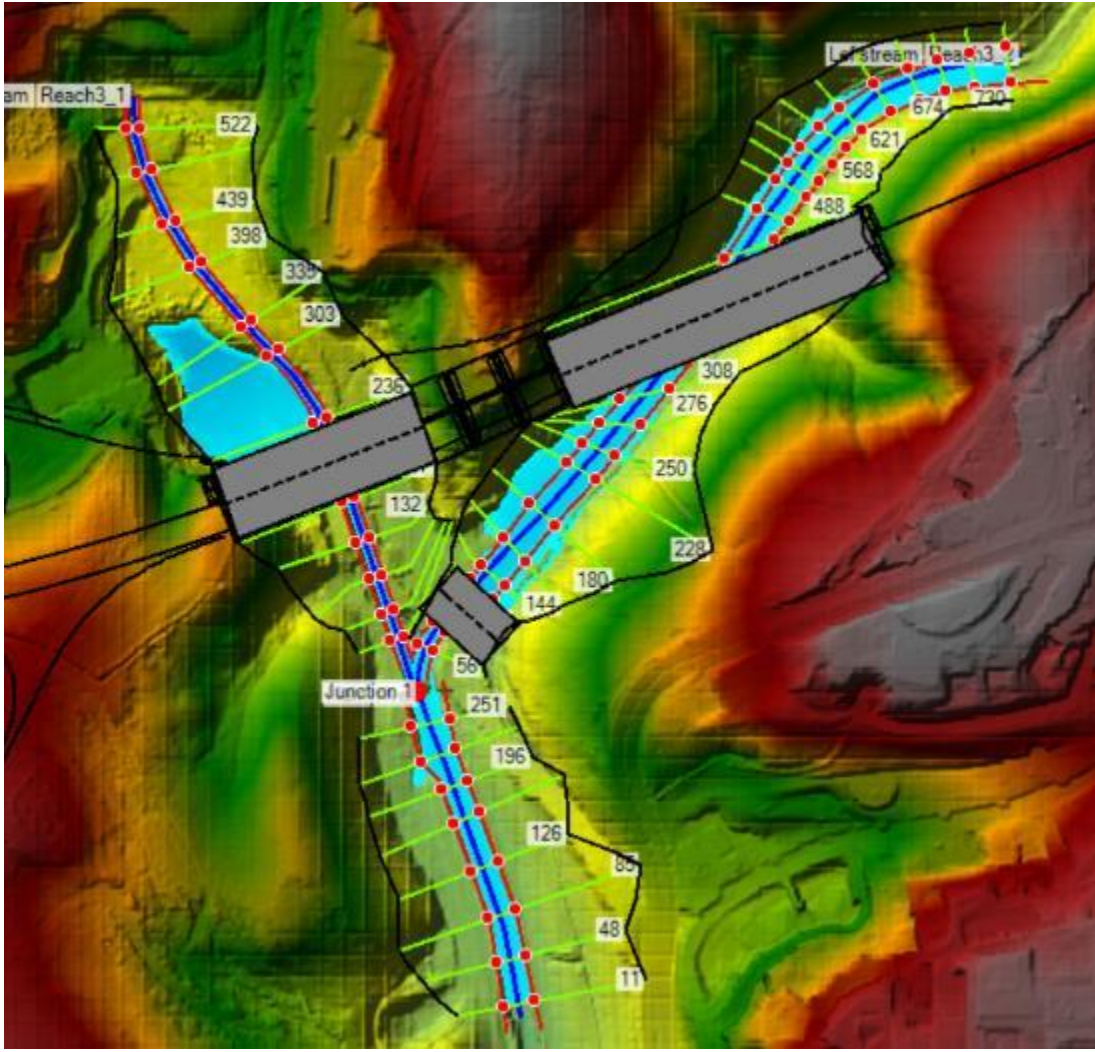
Şekil 3-5 Viyadük 02 için Su Yüzey Profili

Tablo 3-2 Viyadük 02'nin Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100, 200 ve 500 Yıllık Taşkın Özellikleri Sonucu

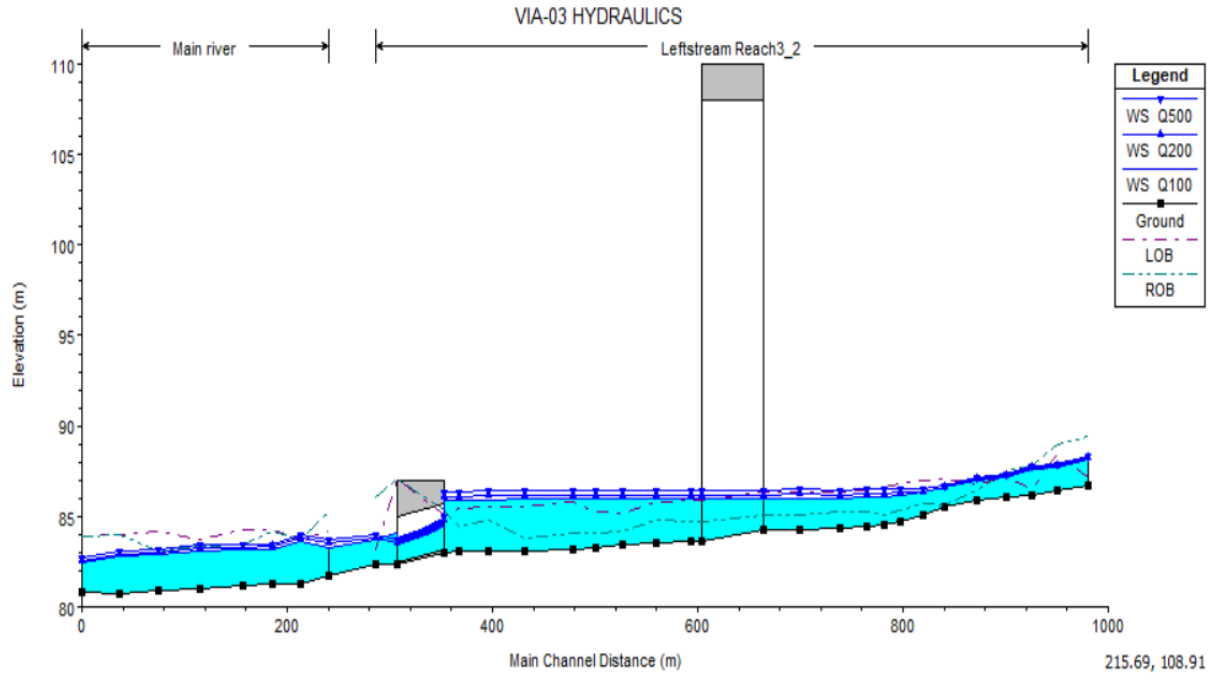
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)
VIA-02	884	Q100	82.82	80.54	81.17	1.12	0.24	12.35		62.20		6.69
VIA-02	884	Q200	83.02	80.62	81.29	1.11	0.23	12.53		70.60		6.86
VIA-02	884	Q500	83.27	80.72	81.44	1.09	0.22	12.76		81.72		7.07
VIA-02	824	Q100	81.46	79.97	80.44	0.15	0.17	12.24		62.20		5.40
VIA-02	824	Q200	81.69	80.05	80.56	0.16	0.16	12.47		70.60		5.66
VIA-02	824	Q500	81.97	80.15	80.72	0.17	0.16	12.76		81.72		5.97
VIA-02	787 BR U	Q100	81.14	80.22	80.44	0.40	0.07	12.97		62.20		4.25
VIA-02	787 BR U	Q200	81.36	80.27	80.56	0.42	0.07	13.12		70.60		4.62
VIA-02	787 BR U	Q500	81.63	80.35	80.72	0.44	0.06	13.35		81.72		5.01
VIA-02	787 BR D	Q100	80.67	79.02	79.53	0.22	0.22	12.28		62.20		5.70
VIA-02	787 BR D	Q200	80.87	79.10	79.65	0.23	0.22	12.50		70.60		5.89
VIA-02	787 BR D	Q500	81.12	79.21	79.81	0.23	0.21	12.78		81.72		6.13
VIA-02	745	Q100	80.24	79.30	79.52	0.51	0.01	13.02		62.20		4.28
VIA-02	745	Q200	80.43	79.38	79.64	0.53	0.00	13.22		70.60		4.54
VIA-02	745	Q500	80.68	79.47	79.80	0.55	0.00	13.46		81.72		4.86
VIA-02	673	Q100	79.72	78.72	78.97	0.60	0.02	12.84		62.20		4.41
VIA-02	673	Q200	79.90	78.82	79.10	0.59	0.02	13.09		70.60		4.60
VIA-02	673	Q500	80.13	78.94	79.25	0.59	0.02	13.40		81.72		4.83

3.4 Viyadük-03 için Hidrolikler ve Taşkın Riski

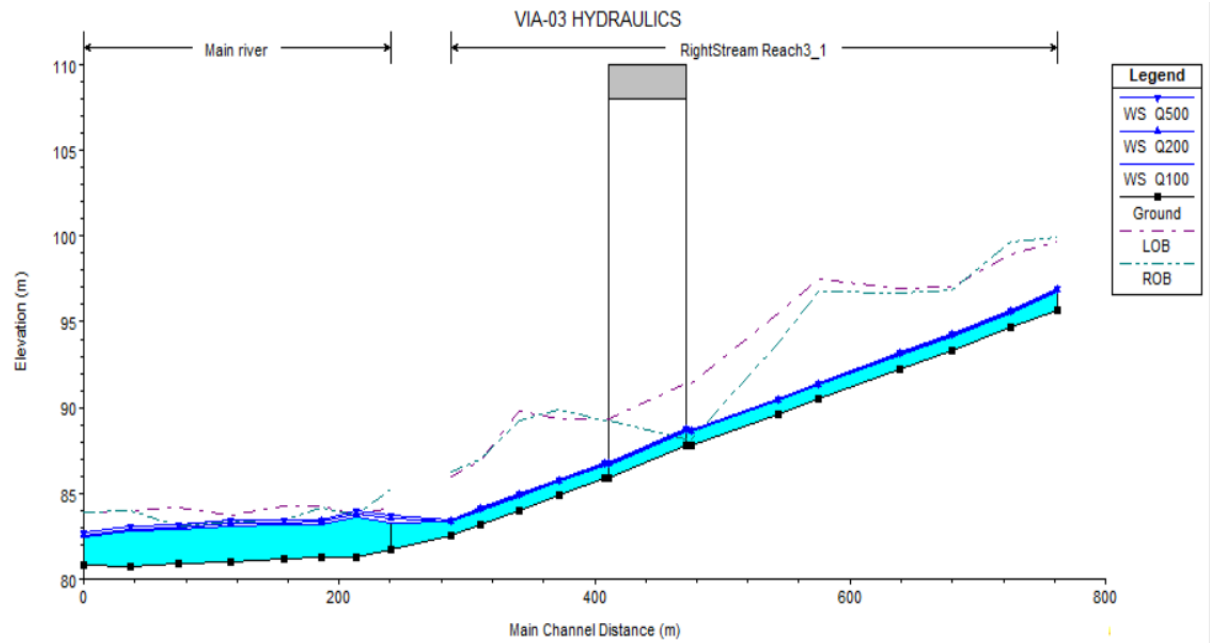
Bu viyadük Menekşe ve Oyak derelerinin birleşiminden önce konumlanmıştır ve 570 metre uzunluğa sahiptir. Bu konumdaki Menekşe akarsuları 8 metrelik bir alt genişlikle beton ve dikdörtgen bir kanal olarak tasarlanmıştır. Ancak Nakkaş deresi 35 metrelik bir üst genişlikle topraktan bir yatağa sahiptir. Akarsuda Oyak deresine akmadan önce 10x3 metre boyutlarında bir kutu menfezin inşa edilmesi tasarlanmıştır. Akarsuların birleşiminden sonra kanal kesiti 15x2,75 metre olarak değişmiştir. Köprü ve menfezin planı ve konumu Şekil 3-6'da sunulmuştur. Menekşe ve Oyak akarsularının hesaplanan boylamsal profili Şekil 3-7 ve Şekil 3-8 içinde gösterilmiştir. Şekillerde gösterildiği gibi, Oyak deresi üzerinde mevcut olan menfezin kapasitesi düşüktür ve Oyak kolu üzerindeki viyadük konumuna geri akış etkileri gelmektedir. Ancak her iki akarsu üzerinde bulunan viyadük kapasitesi 100, 200 ve 500 yıllık taşkınların geçişi için yeterlidir. Viyadük ve menfezin köprü yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri Tablo 3-3 ve Tablo 3-4'te sunulmuştur.



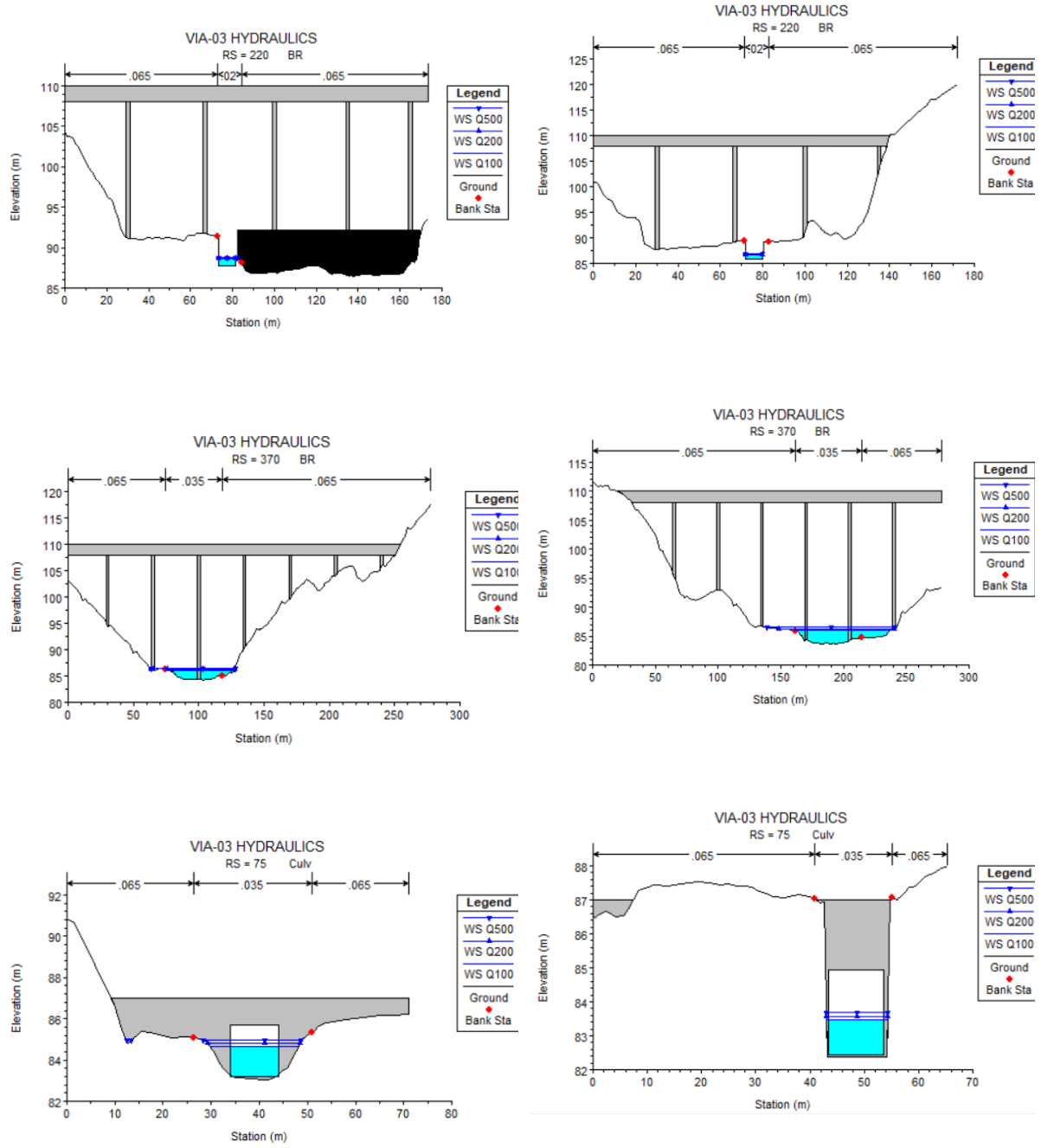
Şekil 3-6 Viyadük 03 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler



Şekil 3-7 Viyadük 03 Çevresinde Nakkaş Deresi için Su Yüzey Profili



Şekil 3-8 Viyadük 03 Çevresinde Fener Deresi için Su Yüzey Profili



Şekil 3-9 Viyadük 03 ve Mevcut Menfezin Çapraz Kesitleri için Su Yüzeyi

Tablo 3-3 Viyadük 03'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

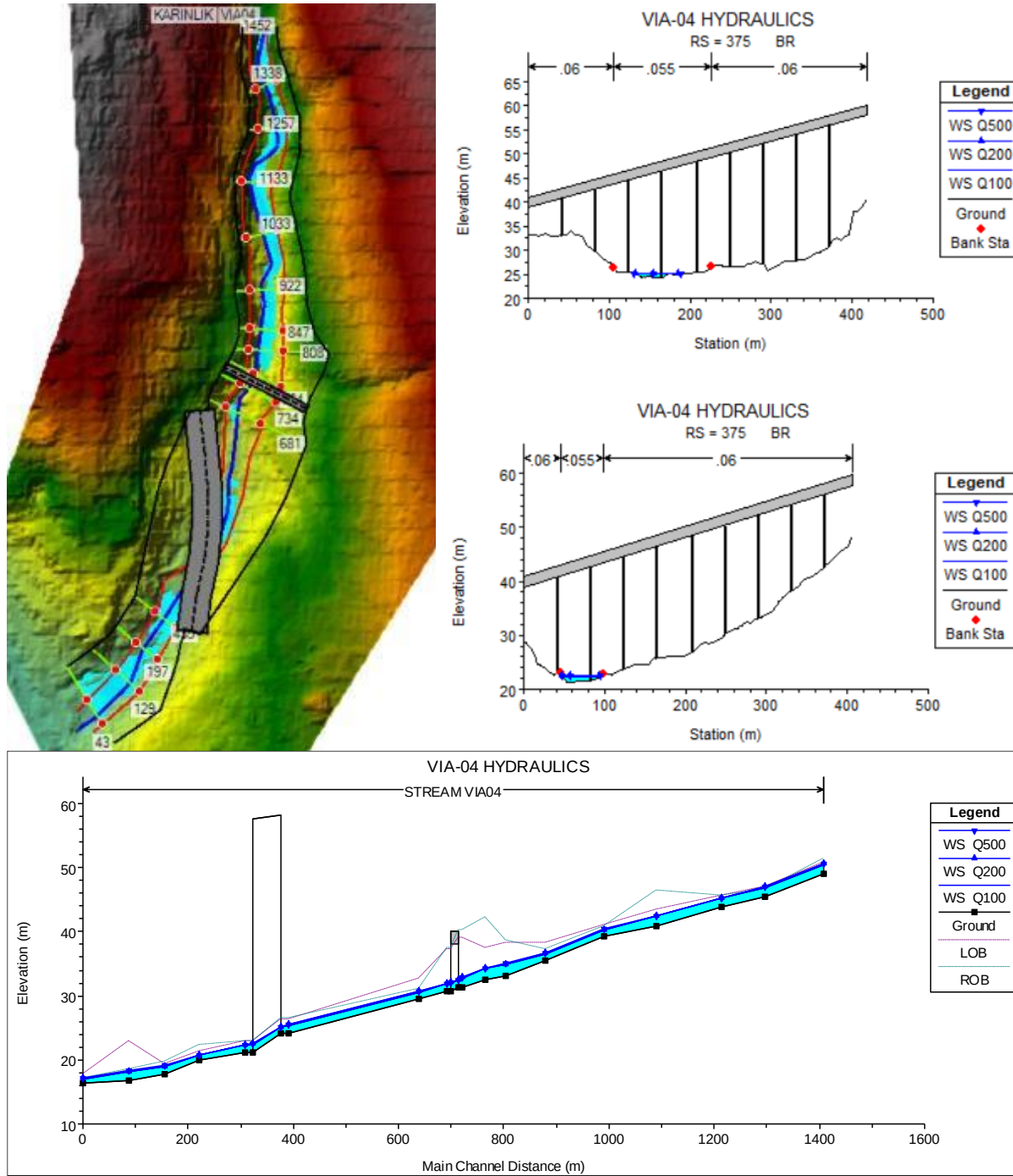
River	Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)
RightStream	Reach3_1	303	Q100	92.42	90.40	90.97	1.86	0.01	8.30		39.80		6.29
RightStream	Reach3_1	236	Q100	90.55	88.57	89.14	0.12	0.07	8.00		39.80		6.23
RightStream	Reach3_1	220 BR U	Q100	90.36	88.62	89.14	1.53	0.04	8.00		39.80		5.83
RightStream	Reach3_1	220 BR D	Q100	88.96	86.61	87.23	0.10	0.06	8.03		39.80		6.79
RightStream	Reach3_1	167	Q100	88.78	86.64	87.23	1.03	0.03	8.03		39.80		6.48
RightStream	Reach3_1	132	Q100	87.73	85.69	86.26	0.89	0.00	8.00		39.80		6.33
Leftstream	Reach3_2	488	Q100	86.15	86.00		0.05	0.03	30.72		52.84	3.16	1.80
Leftstream	Reach3_2	449	Q100	86.07	86.02	85.13	0.03	0.00	49.52	0.00	54.34	1.66	0.98
Leftstream	Reach3_2	370 BR U	Q100	86.04	85.98	85.17	0.02	0.01	46.67		54.24	1.76	1.07
Leftstream	Reach3_2	370 BR D	Q100	86.00	85.98	84.51	0.00	0.00	73.73	0.00	50.60	5.40	0.58
Leftstream	Reach3_2	342	Q100	86.00	85.98		0.01	0.00	77.70	0.00	51.31	4.69	0.54
Leftstream	Reach3_2	308	Q100	85.99	85.97		0.01	0.00	62.61	0.02	50.98	5.00	0.64

Tablo 3-4 Viyadük 03'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

River	Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
Leftstream	Reach3_2	116	Q100	85.93	85.88	0.05	0.01	0.00	0.88	54.69	0.44	44.40
Leftstream	Reach3_2	102	Q100	85.92	85.87	0.05			2.98	52.93	0.10	45.04
Leftstream	Reach3_2	75		Culvert								
Leftstream	Reach3_2	56	Q100	84.54	84.11	0.42	0.19	0.02		56.00		11.37
Leftstream	Reach3_2	36	Q100	84.33	83.72	0.61	0.39	0.00	0.66	55.34		14.25

3.5 Viyadük-04 için Hidrolikler ve Taşkın Riski

Bu viyadük Karanlık deresi üzerinde bulunur ve 525 metre uzunluğa sahiptir. Köprü'nün planı ve konumu ve köprü üzerindeki çapraz kesitler, su yüzeyi profili dahil olmak üzere Şekil 3-3'te sunulmuştur. Şekillerde gösterildiği gibi köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Ancak kanal kapasitesi taşkın için yeterli değildir. Bu nedenle köprü'nün etrafındaki alana su basacaktır. Köprü'nün yukarı akış ve aşağı akışındaki hidrolik özellikler Şekil 3-10 'da sunulmuştur.



Şekil 3-10 Viyadük 01 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler

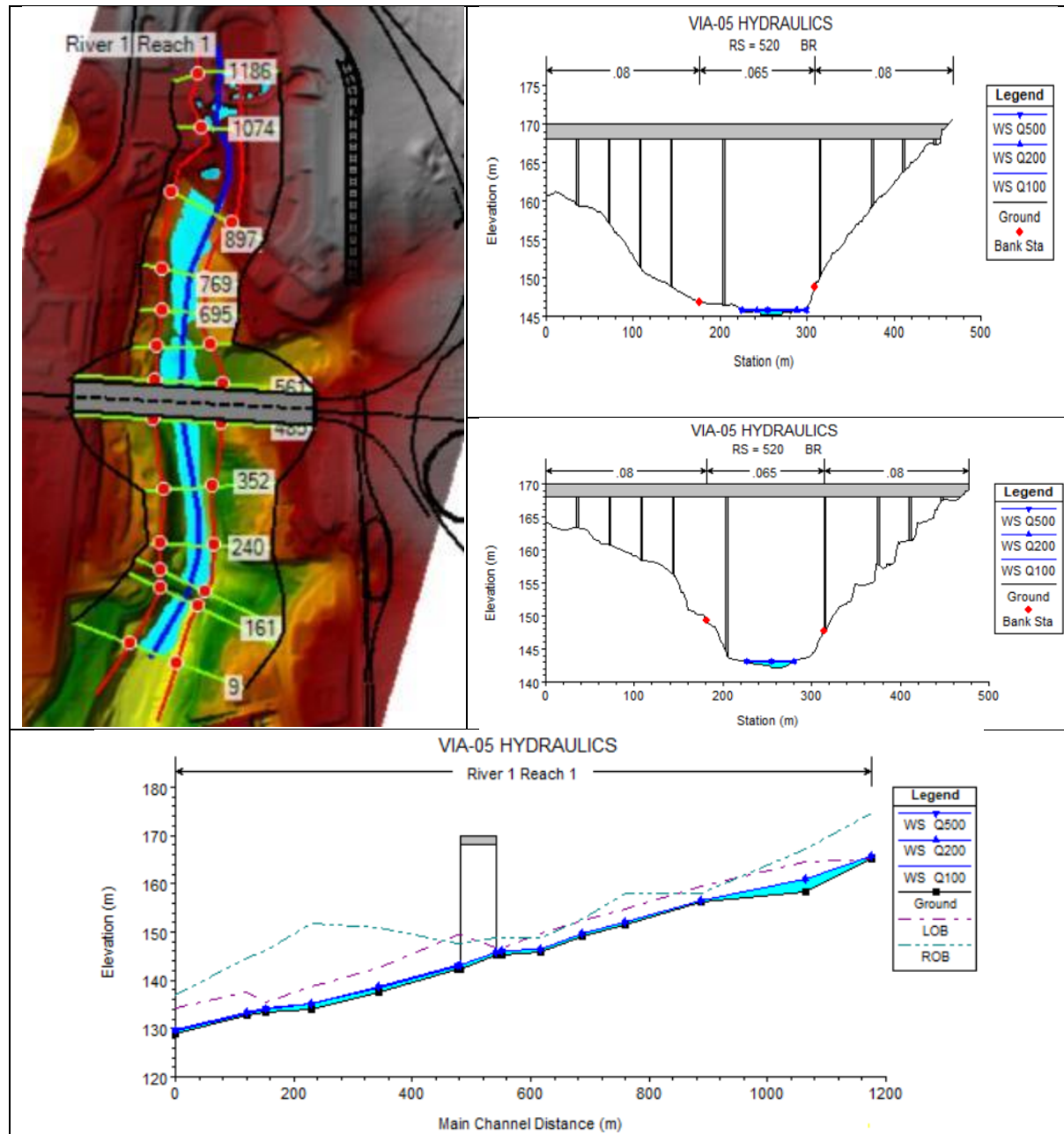
Tablo 3-5 Viyadük 01'in Yukarı ve Aşağı Akışındaki 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri

River	Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m ³ /s)	Q Channel (m ³ /s)	Q Right (m ³ /s)	Vel Chnl (m/s)	Hydr Depth (m)
STREAM	VIA04	375 BR U	Q100	25.27	25.06	25.06	0.72	0.04	49.68		44.70		2.07	0.44
STREAM	VIA04	375 BR U	Q200	25.33	25.10	25.10	0.73	0.04	51.49		51.00		2.13	0.46
STREAM	VIA04	375 BR U	Q500	25.41	25.16	25.16	0.76	0.04	55.16		59.46		2.20	0.49
STREAM	VIA04	375 BR D	Q100	22.47	22.39	22.00	2.96	0.02	43.34		44.70		1.24	0.83
STREAM	VIA04	375 BR D	Q200	22.54	22.45	22.05	2.94	0.02	44.08		51.00		1.32	0.88
STREAM	VIA04	375 BR D	Q500	22.64	22.54	22.11	2.91	0.02	45.50		59.46		1.40	0.93

3.6 Viyadük-05 için Hidrolikler ve Taşkın Riski

Bu viyadük Ayamama deresinin su yolları üzerinde bulunur ve 470 metre uzunluğa sahiptir. Burada su yolu Sular Vadisi sosyal toplama ve parkından geçmektedir. Viyadüğün planı ve konumu ve yukarı akış ve aşağı akışının çapraz kesitleri, su yüzeyi profili dahil olmak üzere Şekil 3-3'te sunulmuştur. Şekilde gösterildiği gibi köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de sosyal ve park alanı 100 yıllık bir taşkınla viyadük çevresinde yaklaşık 0,6 metrelik bir derinlikte su altında kalacaktır. Köprünün yukarı akış ve aşağı akışındaki hidrolik özellikler

Tablo 3-6'de sunulmuştur.



Şekil 3-11 Viyadük 05 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler

Tablo 3-6 Viyadük 05'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Top Width (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Vel Chnl (m/s)	Hydr Depth (m)
Reach 1	626	Q100	146.50	146.46	146.12	0.45	0.00	50.69		30.90		0.96	0.64
Reach 1	626	Q200	146.55	146.50	146.15	0.46	0.00	51.69		34.80		1.01	0.67
Reach 1	626	Q500	146.62	146.56	146.19	0.48	0.01	52.87		40.02		1.07	0.71
Reach 1	561	Q100	146.05	146.02	145.75	0.15	0.01	77.19		30.90		0.79	0.50
Reach 1	561	Q200	146.09	146.05	145.78	0.16	0.01	77.46		34.80		0.84	0.54
Reach 1	561	Q500	146.13	146.09	145.81	0.16	0.01	77.78		40.02		0.90	0.57
Reach 1	520 BR U	Q100	145.89	145.75	145.75	1.23	0.02	68.10		30.90		1.64	0.28
Reach 1	520 BR U	Q200	145.92	145.78	145.78	1.25	0.02	73.26		34.80		1.67	0.28
Reach 1	520 BR U	Q500	145.96	145.81	145.81	1.26	0.03	75.11		40.02		1.73	0.31
Reach 1	520 BR D	Q100	143.12	143.06	142.80	3.66	0.00	52.91		30.90		1.04	0.56
Reach 1	520 BR D	Q200	143.16	143.10	142.83	3.61	0.01	53.58		34.80		1.10	0.59
Reach 1	520 BR D	Q500	143.22	143.15	142.87			54.34		40.02		1.16	0.63
Reach 1	485	Q100	143.03	142.94		4.28	0.01	50.62		30.90		1.32	0.46
Reach 1	485	Q200	143.07	142.98		4.27	0.01	51.28		34.80		1.38	0.49
Reach 1	485	Q500	143.13	143.02		4.27	0.01	52.13		40.02		1.46	0.53
Reach 1	352	Q100	138.74	138.54	138.54	2.84	0.03	40.38		30.90		1.96	0.39
Reach 1	352	Q200	138.79	138.58	138.58	2.81	0.04	40.91		34.80		2.03	0.42
Reach 1	352	Q500	138.85	138.62	138.62	2.80	0.04	41.57		40.02		2.12	0.45

4. MENFEZLER İÇİN TAŞKIN RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ

Proje çapındaki menfezlerin listesi ve boyutları birinci bölümde sunulmuştur. Önceki bölümde belirtildiği gibi, M08, M10, M23, M43, M47, M53 ve M55 menfezleri için önemli havza alanı yoktur. Ayrıca M09, M10, M11, M12, M14 ve M16-M19 havzalarının tasarım taşkınları, menfezlerin eğimi ve boyutuna (2×2 metre) kıyasla düşüktür. Bu nedenle bu bölümde Tablo 4-1'deki liste için hidrolikler ve taşkın riskleri değerlendirilmiştir.

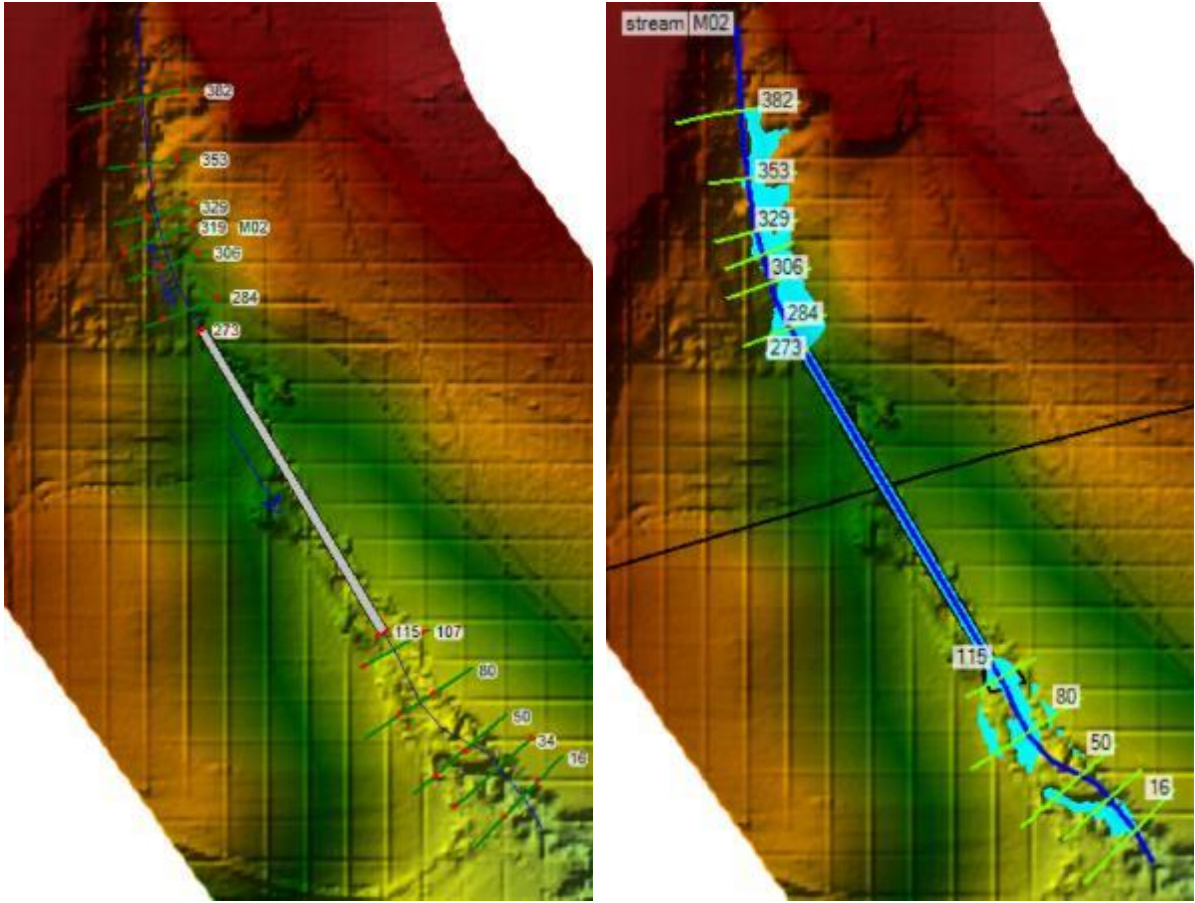
Tablo 4-1 Taşkın Riski Değerlendirmesi için Seçilen Menfezler

Menfez Adı	KM	Boyut		Menfez Kontrol Seviyeleri (masl)		Tasarım Pik Debisi (m³/sn)		
		Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Giriş	Çıkış	100 yıl	200 yıl	500 yıl
M02	38+032	4,0	2,5	80,67	72,24	22,28	24,69	27,87
M03	38+480	5,0	2,5	71,04	66,79	21,57	23,90	26,98
M04	38+895	4,0	2,5	93,77	87,06	8,39	9,28	10,44
M13	53+296	3,0	2,5	88,28	81,69	12,44	13,75	15,48
M15	54+148	4,0	2,0	97,02	93,91	15,10	16,70	18,80

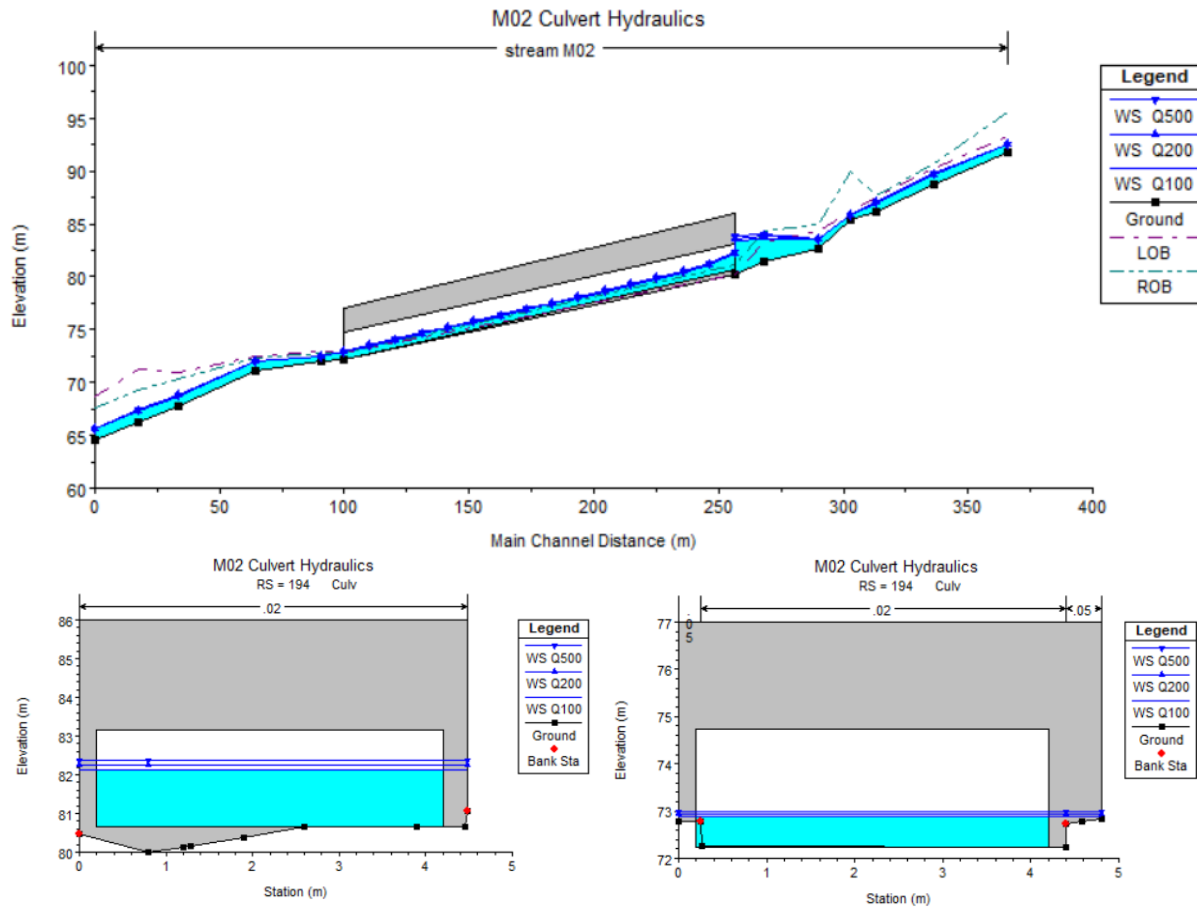
Her menfezin geometrisi HEC-RAS modeli içinde oluşturulmuştur ve ardından giriş ve çıkışta en alçak görülebilir seviyeler göz önüne alınarak su başının yukarı ve aşağı akışları hesaplanmıştır. Taşkın haritaları ve muhtemel tehlike ve risklere dayalı olarak risk seviyesi değerlendirilmiştir.

4.1 Menfez M02 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi

Bu menfez 38+032 KM noktasında bulunur ve 4.0 ×2.5 metrelik bir çapraz kesite sahiptir. Havzası için 100 yıllık taşkın 22,28 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış yükseklikleri deniz seviyesinin 80,666 ve 72,236 metre üzerindedir. Menfezin oluşturulmuş planı yukarı akış ve aşağı akıştaki taşkın haritası Şekil 4-1'te sunulmuştur. Ayrıca menfezin boylamsal ve çapraz kesitleri, su yüzey profiliyle birlikte Şekil 4-2'de sunulmuştur. Menfezin yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri de Tablo 4-2'de sunulmuştur. Tabloda gösterildiği gibi menfez kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de su yüksekliğinin giriş kontrol 3,02 metreyi alır ve oluşan su geri akışı menfezin etrafındaki alana su basmasına neden olacaktır. Bu menfez için derenin gelecekte 100 yıllık bir taşkın kapasitesiyle tasarlanması gerekir.



Şekil 4-1 M02 Menfezi için Oluşturulmuş Model ve Q100 için Taşkın Haritası Planı



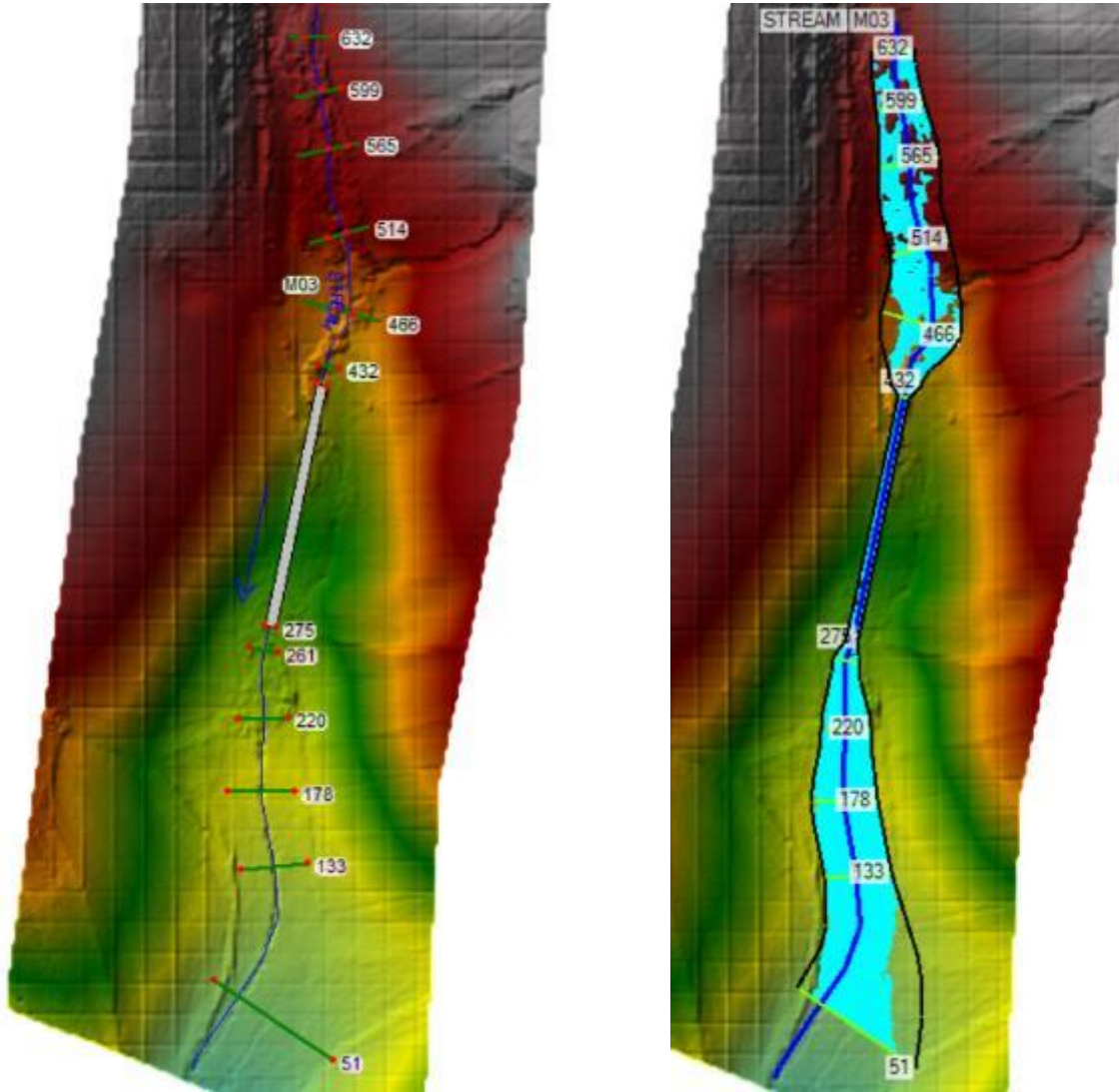
Şekil 4-2 Menfez M02 Boylamsal ve Yukarı Akış ve Aşağı Akış Çapraz Kesin Su Yüzey Profili

Tablo 4-2 M02'nin Yukarı Akış ve Aşağı Akışı için Hidrolik Sonuçları

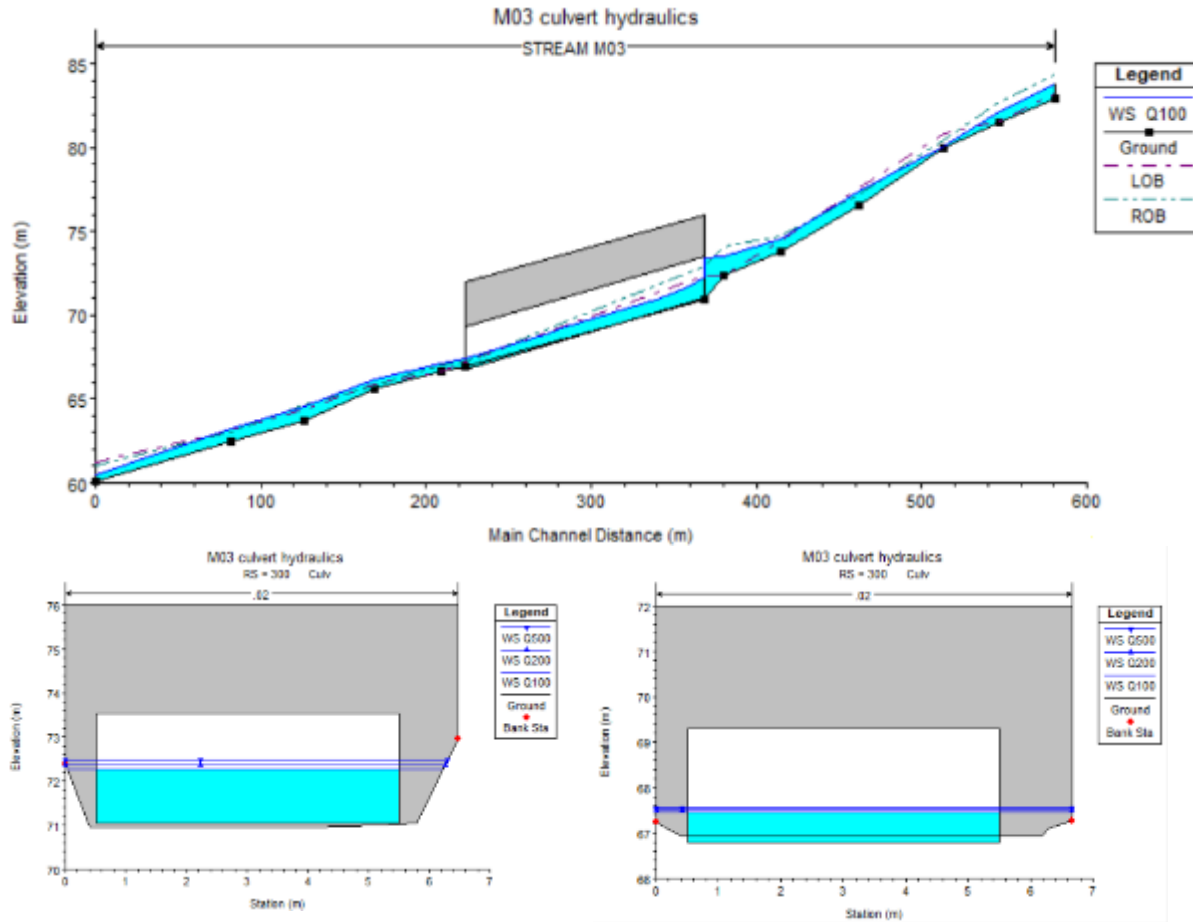
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)	Hydr Depth (m)
M02	284	Q100	83.62	83.59	0.04	0.01	0.01	0.02	22.26		23.78	1.13
M02	284	Q200	83.83	83.80	0.03	0.01	0.01	0.07	24.62		25.36	1.27
M02	284	Q500	84.09	84.07	0.03	0.01	0.01	0.18	27.69		27.40	1.43
M02	273	Q100	83.60	83.46	0.14				22.28		4.48	3.02
M02	273	Q200	83.81	83.66	0.15				24.69		4.48	3.21
M02	273	Q500	84.07	83.91	0.16				27.87		4.48	3.46
M02	194	Culvert										
M02	115	Q100	76.36	72.89	3.47	1.22	0.33	0.03	22.21	0.04	4.80	0.58
M02	115	Q200	76.63	72.94	3.69	1.22	0.31	0.05	24.57	0.08	4.80	0.62
M02	115	Q500	76.96	73.00	3.96	1.21	0.28	0.07	27.68	0.12	4.80	0.68
M02	107	Q100	74.82	72.44	2.38	1.84	0.58		22.28		15.74	0.21
M02	107	Q200	75.11	72.45	2.66	1.99	0.65		24.69		16.07	0.21
M02	107	Q500	75.47	72.46	3.01	2.17	0.73		27.87		16.53	0.22

4.2 Menfez M03 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi

Bu menfez 38+480 KM noktasında bulunur ve 5.0 ×2.5 metre boyutlarındadır. Havzası için 100 yıllık taşkın 21,57 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış yükseklikleri deniz seviyesinin 71,04 ve 66,79 metre üzerindedir. Menfezin oluşturulmuş planı yukarı akış ve aşağı akıştaki taşkın haritası Şekil 4-3'te sunulmuştur. Ayrıca menfezin boylamsal ve çapraz kesitleri, su yüzey profiliyle birlikte Şekil 4-4'te sunulmuştur. Menfezin yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri de Tablo 4-3'da sunulmuştur. Tabloda gösterildiği gibi menfez kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de su yüksekliğinin giriş kontrolü 2,66 metredir ve oluşan su geri akışı menfezin etrafındaki alana su basmasına neden olacaktır. Bu menfez için derenin gelecekte 100 yıllık bir taşkın kapasitesiyle tasarlanması gerekir.



Şekil 4-3 M03 Menfezi için Oluşturulmuş Model ve Q100 için Taşkın Haritası Planı



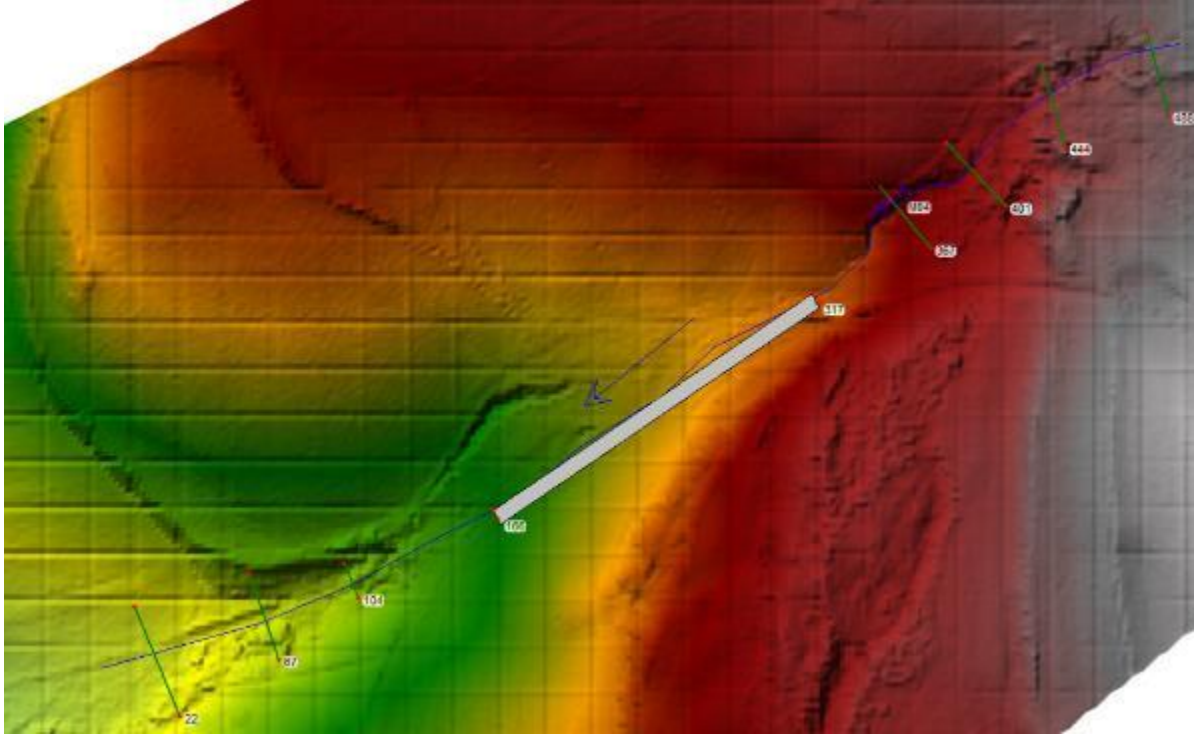
Şekil 4-4 M03 Boylamsal ve Yukarı Akış ve Aşağı Akış Çapraz Kesin Su Yüzey Profili

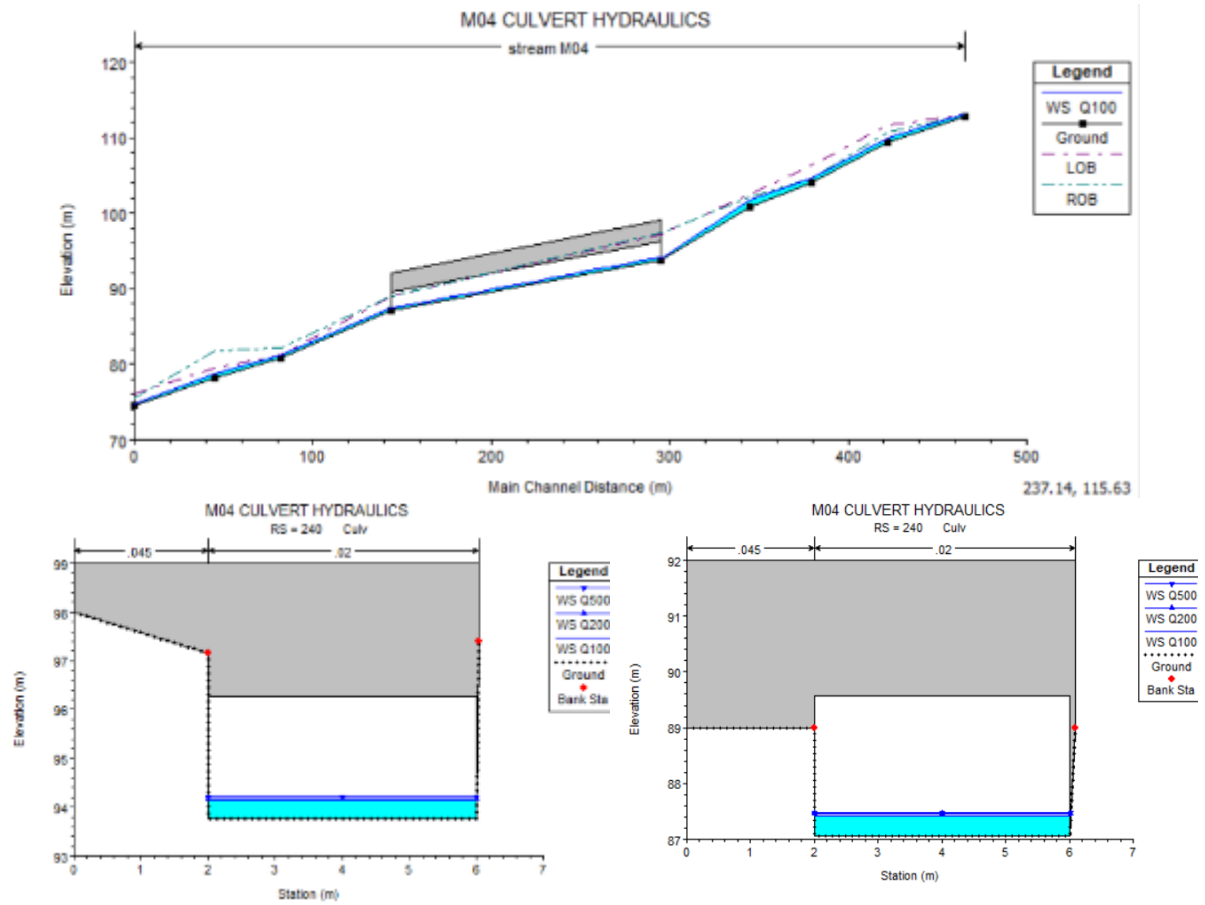
Tablo 4-3 M03'ün Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)	Hydr Depth (m)
M03	432	Q100	73.97	73.54	0.43	0.02	0.10		21.57		8.73	0.85
M03	432	Q200	74.05	73.67	0.38	0.02	0.08		23.85	0.05	12.24	0.72
M03	432	Q500	74.15	73.75	0.40	0.02	0.08		26.83	0.15	12.91	0.76
M03	420	Q100	73.52	73.41	0.11				21.57		6.48	2.28
M03	420	Q200	73.69	73.58	0.12				23.90		6.48	2.45
M03	420	Q500	73.91	73.79	0.12				26.98		6.48	2.66
M03	300		Culvert									
M03	275	Q100	69.67	67.45	2.22	1.23	0.41		21.57		6.68	0.49
M03	275	Q200	69.77	67.50	2.28	1.22	0.39		23.90		6.68	0.54
M03	275	Q500	69.91	67.55	2.36	1.19	0.36		26.98		6.68	0.59
M03	261	Q100	68.03	67.17	0.86	1.13	0.03		21.57		16.10	0.33
M03	261	Q200	68.18	67.18	1.00	1.10	0.03		23.90		16.10	0.34
M03	261	Q500	68.36	67.19	1.17	1.06	0.03		26.98		16.10	0.35

4.3 Menfez M04 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi

Bu menfez KM 38+895 noktasında bulunur ve 4.0 ×2.5 metre boyutlarındadır. Havzası için 100 yıllık taşkın 8,39 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış yükseklikleri deniz seviyesinin 93,77 ve 87,06 metre üzerindedir. Menfezin oluşturulmuş planı ve taşkın haritası ve boylamsal ve çapraz kesitleri için su yüzeyi profili Şekil 4-5'te sunulmuştur. Menfezin yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri de Tablo 4-4'de sunulmuştur. Tabloda gösterildiği gibi, menfez kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir ve menfez etrafında veya yukarı akışında taşkın altında kalma riski yoktur.





Şekil 4-5 M04 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler

Tablo 4-4 M04'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m ³ /s)	Q Channel (m ³ /s)	Q Right (m ³ /s)	Top Width (m)	Hydr Depth (m)
M04	367	Q100	101.96	101.71	0.25	4.30	0.31		8.39		12.28	0.31
M04	367	Q200	102.00	101.73	0.26	4.18	0.32		9.28		12.63	0.32
M04	367	Q500	102.04	101.76	0.28	4.05	0.33		10.44		13.06	0.34
M04	317	Q100	97.36	94.03	3.33				8.39		4.00	0.26
M04	317	Q200	97.50	94.05	3.45				9.28		4.00	0.28
M04	317	Q500	97.66	94.08	3.58				10.44		4.00	0.31
M04	240		Culvert									
M04	166	Q100	89.06	87.43	1.63	6.75	0.24		8.39		4.02	0.37
M04	166	Q200	89.21	87.45	1.75	6.80	0.25		9.28		4.02	0.39
M04	166	Q500	89.41	87.48	1.92	6.88	0.28		10.44		4.02	0.42
M04	104	Q100	82.07	81.24	0.83	2.93	0.19		8.39		9.36	0.22
M04	104	Q200	82.16	81.25	0.90	2.96	0.21		9.28		9.52	0.23
M04	104	Q500	82.25	81.27	0.98	3.00	0.23		10.44		9.73	0.24

4.4 Menfez M13 ve M15 için Hidrolikler ve Taşkın Riski Değerlendirmesi

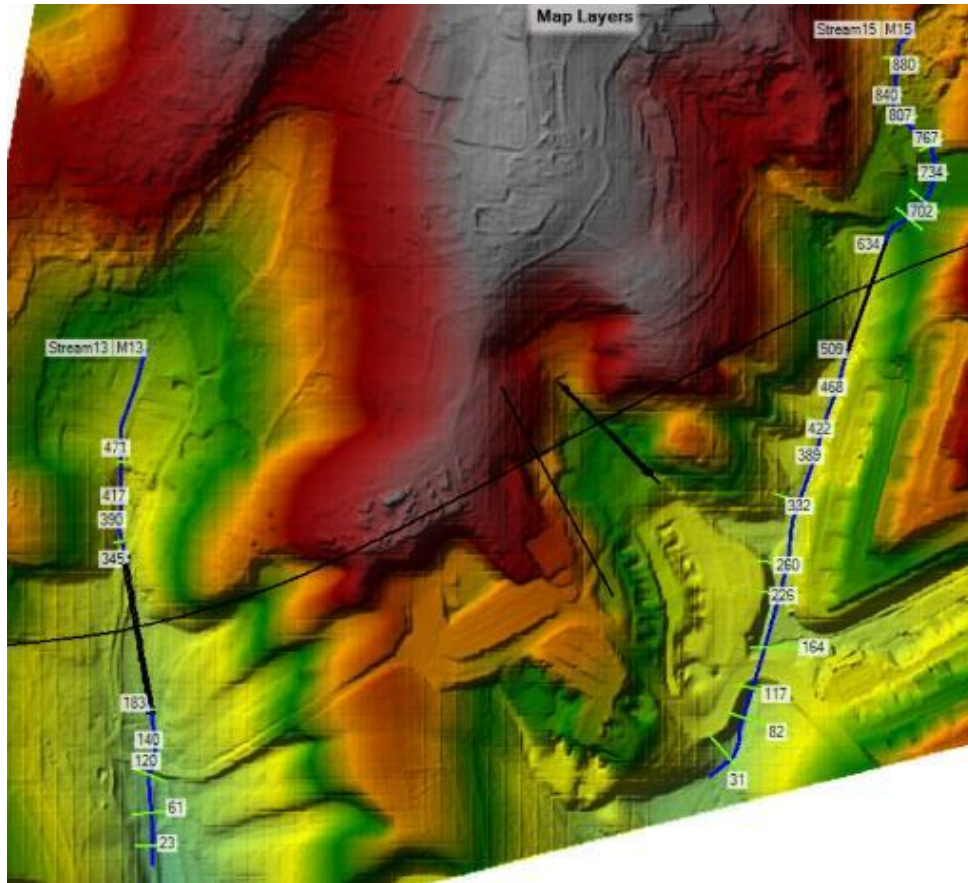
Bu menfezler, Kayabaşı deresinin iki ana su yolu üzerinde KM 53+296 ve KM 54+148 noktalarında bulunmaktadır ve boyutları sırayla 3,0 x 2,5 ve 4,0 x 2,0 metredir. Bu su yolları ve menfezlerin oluşturulmuş geometrisi Şekil 4-5'te sunulmuştur. Bu menfezlerin her ikisi için de hesaplanan taşkın haritası Şekil 4-7'de sunulmuştur. Her bir menfezin sonuçlarına dayalı olarak risk değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılır.

4.4.1 Menfez M13

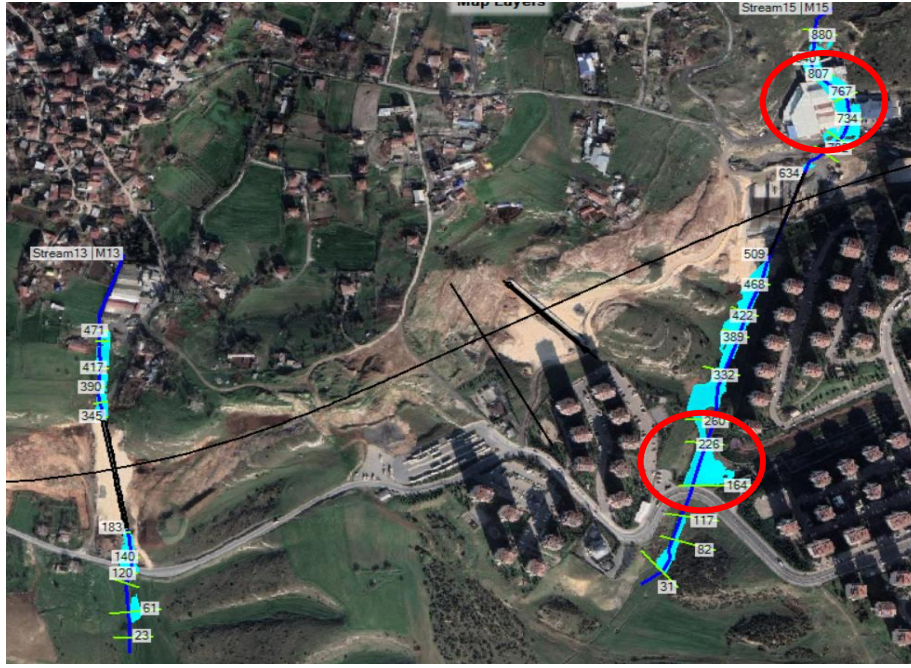
Bu menfezin giriş ve çıkış yükseklikleri deniz seviyesinin 88,28 ve 81,69 metre üzerindedir. Boylamsal ve çapraz kesit su yüzeyi profili Şekil 4-8'da sunulmuştur. Menfezin yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri de Tablo 4-5'da sunulmuştur. Tabloda gösterildiği gibi, menfez kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir ve menfez etrafında veya yukarı akışında taşkın altında kalma riski yoktur.

4.4.2 Menfez M15

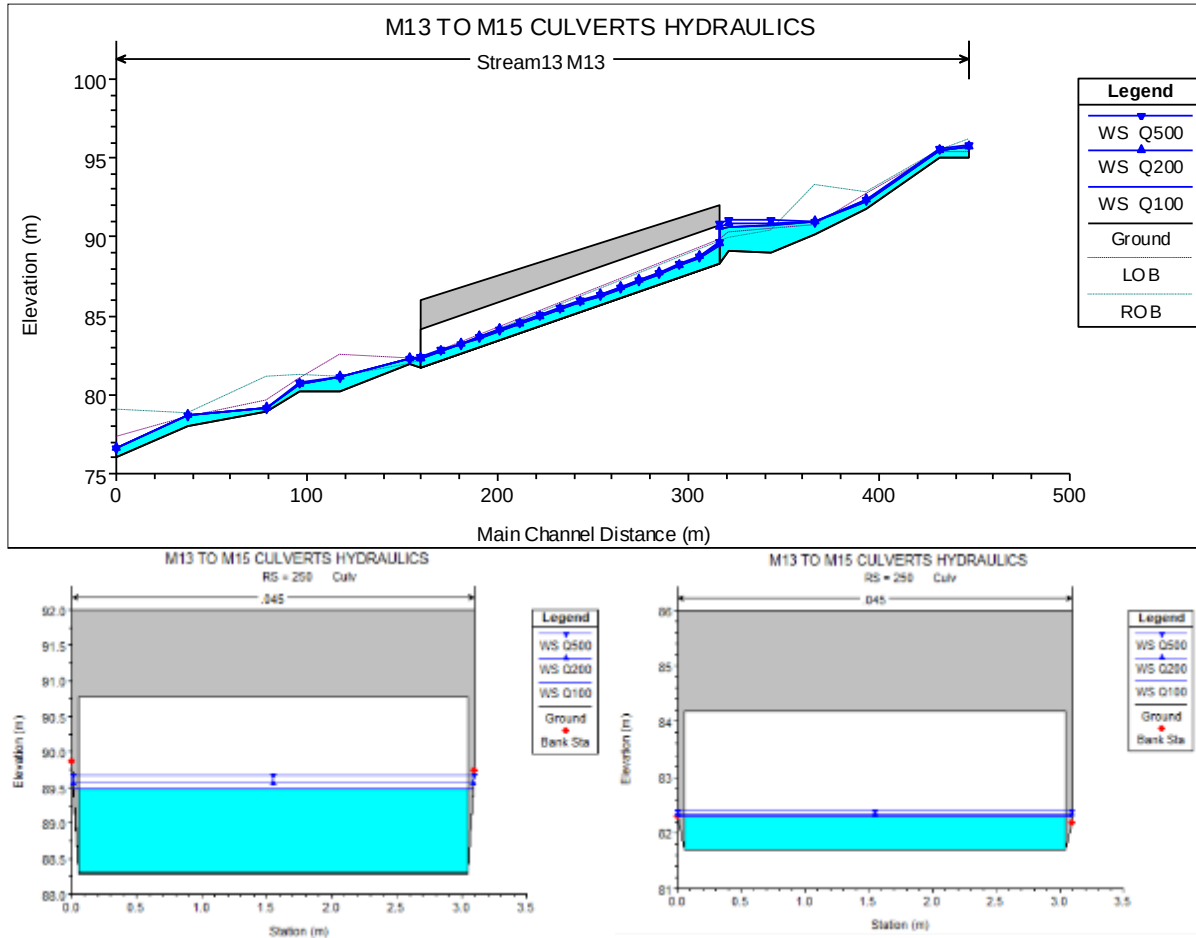
Bu menfezin giriş ve çıkış yükseklikleri deniz seviyesinin 97,02 ve 93,91 metre üzerindedir. Boylamsal ve çapraz kesit su yüzeyi profili Şekil 4-9'da sunulmuştur. Menfezin yukarı ve aşağı akışının hidrolik özellikleri de Tablo 4-6'da sunulmuştur. Tabloda gösterildiği gibi menfez kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de elverişli olmayan mevcut yapılar sebebiyle menfezin yukarı akışı ve aşağı akışındaki kentsel alana su basar. Dolayısıyla, bu menfez etrafında muhtemel taşkın riskini azaltmak için bu menfezin yukarı akış ve aşağı akışında bir tasarım uygulaması yapmak gereklidir.



Şekil 4-6 M13 ve M15 Menfezleri için Oluşturulmuş Modelin Planı

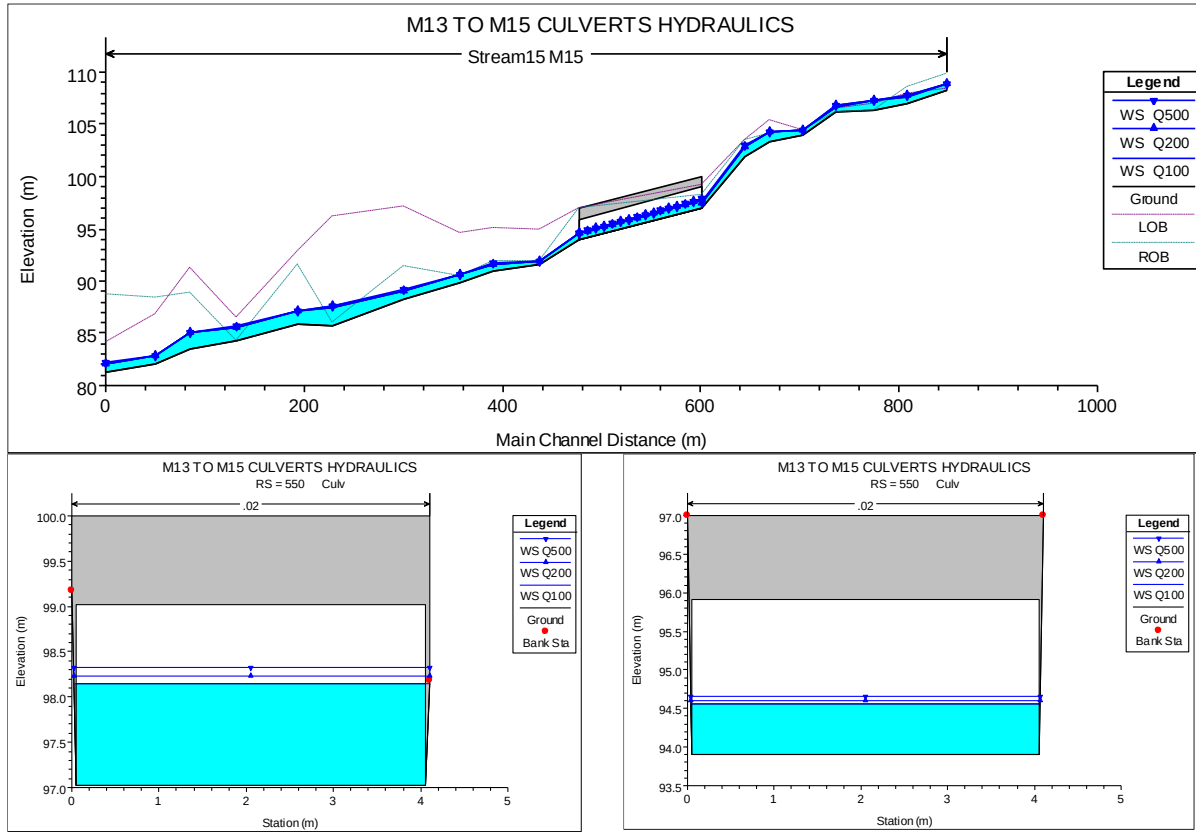


Şekil 4-7 M13 ve M15 Menfezleri için Taşkın Haritası Sonuçları



Şekil 4-8 M13 için Plan Su Yüzeyi, Boylamsal ve Çapraz Kesitler
Tablo 4-5 M13'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)	Hydr Depth (m)
M13	345	Q100	90.73	90.64	0.09	0.03	0.01		12.44		9.56	0.98
M13	345	Q200	90.89	90.82	0.08	0.03	0.01		13.75		9.56	1.16
M13	345	Q500	91.10	91.03	0.07	0.02	0.01		15.48		9.56	1.38
M13	340	Q100	90.69	90.52	0.17				12.44		3.10	2.19
M13	340	Q200	90.86	90.68	0.18				13.75		3.10	2.34
M13	340	Q500	91.07	90.87	0.20				15.48		3.10	2.54
M13	250		Culvert									
M13	183	Q100	84.61	82.29	2.31	1.06	0.46		12.44		3.10	0.60
M13	183	Q200	84.81	82.34	2.47	1.13	0.47		13.75		3.10	0.64
M13	183	Q500	85.04	82.39	2.65	1.19	0.48		15.48		3.10	0.69
M13	177	Q100	83.08	82.31	0.78	0.54	0.06		12.44		9.40	0.34
M13	177	Q200	83.21	82.32	0.89	0.55	0.06		13.75		9.40	0.35
M13	177	Q500	83.37	82.33	1.04	0.56	0.07		15.48		9.40	0.37



Şekil 4-9 M15 için Boylamsal ve Çapraz Kesitler için Su Yüzeyi Profili

Tablo 4-6 M15'in Yukarı Akış ve Aşağı Akışında 100 Yıllık Taşkın Hidrolik Özellikleri Sonuçları

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)	Hydr Depth (m)
M15	676	Q100	103.44	102.82	0.61	2.63	0.24		15.10		6.91	0.63
M15	676	Q200	103.49	102.91	0.58	2.41	0.27		16.70		7.33	0.68
M15	676	Q500	103.58	102.98	0.59	2.32	0.28		18.80		7.90	0.70
M15	634	Q100	100.56	97.51	3.06				15.10		4.03	0.48
M15	634	Q200	100.81	97.54	3.28				16.70		4.03	0.52
M15	634	Q500	100.99	97.59	3.39				18.80		4.04	0.57
M15	550	Culvert										
M15	509	Q100	96.27	94.56	1.70	3.14	0.22		15.10		4.02	0.65
M15	509	Q200	96.42	94.61	1.81	3.17	0.22		16.70		4.02	0.70
M15	509	Q500	96.63	94.66	1.97	3.22	0.22		18.80		4.02	0.75
M15	468	Q100	92.91	91.94	0.97	2.97	0.23		15.10		16.17	0.21
M15	468	Q200	93.04	91.95	1.09	0.58	0.01		16.70	0.00	16.36	0.22
M15	468	Q500	93.20	91.96	1.24	2.99	0.30		18.80	0.00	16.62	0.23

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu rapor, altı viyadük ve 18 menfezi içerecek Proje yapılarının hidrolik çalışmasını ve taşkın riski değerlendirmesini kapsamaktadır. M08, M10, M23, M43, M47, M53 ve M55 menfezleri için önemli havza alanı yoktur. Ayrıca M09, M10, M11, M12, M14 ve M16-M19 havzalarının tasarım taşkınları, menfezlerin eğimi ve boyutuna (2x2 metre) kıyasla düşüktür.

Geri kalan geçişler için risk değerlendirmesi aşağıdaki gibidir:

Altyapı	Sonuçlar
Sazlıdere Eğik Askılı Köprü	Köprü ve kanal kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir. Bu nedenle, bu köprüden kaynaklı su basması riski yoktur. Dolu savağın serbest bırakılması 506,39 m3/s kadarlık bir alandan fazla olursa bu köprü etrafında problemlere yol açacaktır (500 yıllık bir geri dönüş dönemine ve dolu savak tasarım taşkınına sahip yönlendirilmiş taşkın).
VIA-01	Köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir kanal kapasitesi taşkın için yeterli değildir.
VIA-02	Köprü ve kanal kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir. Bu nedenle, bu köprüden kaynaklı su basması riski yoktur.
VIA-03_1	Her iki akarsu üzerinde bulunan viyadük kapasitesi 100, 200 ve 500 yıllık taşkınların geçişi için yeterlidir.
VIA-03_2	Her iki akarsu üzerinde bulunan viyadük kapasitesi 100, 200 ve 500 yıllık taşkınların geçişi için yeterlidir.
VIA-04	Köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Ancak kanal kapasitesi taşkın için yeterli olmayabilir. Bu nedenle köprünün etrafındaki alana su basabilir.
VIA-05	Köprü kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de sosyal ve park alanına su basabilir
M02	Menfez kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Oluşan su geri akışı menfezin etrafındaki alana su basmasına neden olabilir.
M03	Menfez kapasitesi 100 yıllık bir taşkın geçişi için yeterlidir. Oluşan su geri akışı menfezin etrafındaki alana su basmasına neden olabilir.
M04	Menfez kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir ve menfez etrafında veya yukarı akışında taşkın altında kalma riski yoktur.
M13	Menfez kapasitesi 100 ila 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir ve menfez etrafında veya yukarı akışında taşkın altında kalma riski yoktur.
M15	Menfez kapasitesi 100 ile 500 yıllık taşkın geçişi için yeterlidir. Yine de menfezin yukarı akış ve aşağı akışındaki kentsel alana su basabilir.

Hidrolik hesaplamalarına göre, Şekil 1-2'de tanımlanan havza alanının taşkın yatağında viyadüklerin kapasitesi, üst kısım yükseklikleri ve çok ayaklı yapıları sebebiyle yüksektir. Değerlendirilen menfezlerin su basma koşulları arasında M02, M03 ve M15'in Su Geri Akışı göz önüne alınmalı ve nehir tasarım duvarları gibi gerekli önlemler yapıların yukarı akışına uygulanmalıdır. Ayrıca, M15'in aşağı akışında düşük kapasiteli mevcut yapının yeniden boyutlandırılması veya restore edilmesi düşünülmelidir.

ERM dünya çapındaki aşağıdaki ülkeler ve bölgelerde 160'ın üzerinde ofise sahiptir

Arjantin	Hollanda
Avustralya	Yeni Zelanda
Belçika	Norveç
Brezilya	Panama
Kanada	Peru
Şili	Polonya
Çin	Portekiz
Kolombiya	Porto Riko
Fransa	Romanya
Almanya	Senegal
Gana	Singapur
Guyana	Güney Afrika
Hong Kong	Güney Kore
Hindistan	İspanya
Endonezya	İsveç
İrlanda	İsviçre
İtalya	Tayvan
Japonya	Tanzanya
Kazakistan	Tayland
Kenya	BAE
Malezya	İngiltere
Meksika	Amerika
Mozambik	Vietnam
Myanmar	

ERM GmbH

Siemensstrasse 9
63263 Neu-Isenburg
Almanya

T: +49 6102 206-0

F: +49 6102 771 904 0

www.erm.com