

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEĞİRMENDERE 1 BOYUTLU TAŞKIN MODELLEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MISRA GUMMA WARA

**TEMMUZ 2023
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DEĞİRMENDERE 1 BOYUTLU TAŞKIN MODELLENESİ

MISRA GUMMA WARA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"YÜKSEK LİSANS (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 06 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 05 / 07 / 2023

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez sürecim boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen, her türlü yol göstericiliği ve olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, zor zamanlarımda yanımda olduğunu hissettiren ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken yolumu aydınlatan, beraber çalışmaktan ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum rol modelim kıymetli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN'a teşekkürü bir borç bilirim. HEC-RAS tecrübelerinden faydalandığım, teknik destek ve samimiyetini esirgemeyen çok değerli Arş. Gör. Hasan Oğulcan MARANGOZ'a gönülden teşekkür ederim. Hidrolojik ve geometrik verilerin temin edilmesinde katkı sağlayan Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü'ne ve Dr. Emre AKÇALI'ya teşekkür ederim. Yüksek lisansım boyunca destek veren ve hayatıma yeni adım atmamı sağlayan değerli Yurt Dışı Akraba Topukluları (YTB) Burs Programı Daire Başkanlığı'na minnetlerimi sunuyorum. Manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve emeği geçen herkese sonsuz teşekkürler.

Misra Gumma WARA

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum Değirmendere 1 Boyutlu Taşkın Modellemesi başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05/07/2023

Misra Gumma WARA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	4
1.3. Literatür Taraması.....	5
1.3.1. Dünya Geneline Yapılmış Çalışmalar	5
1.3.2. Türkiye Geneline Yapılmış Çalışmalar.....	6
1.3.3. Doğu Karadeniz Havzası'nda Yapılmış Çalışmalar	7
1.4. Taşkın Debisi Tahmin Yöntemleri	9
1.4.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi.....	9
1.4.2. L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi	10
1.5. Taşkın Modelleme	12
1.5.1. HEC-RAS 6.3.1 ile Taşkın Modelleme	13
1.5.2. Geometrik Modelin Oluşturulması	14
1.5.3. Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması	15
1.5.4. Bir Boyutlu Akım Modelleme.....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	2
2.1. Çalışma Alanı	2
2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler	18
2.2.1. Geometrik Veriler	18
2.2.2. Akım Verileri	19
2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem	21

2.3.1.	Çeşitli Tekerrür Sürelerine Ait Taşkın Debilerinin Tahmini	23
2.3.2.	Geometrik Modelin Oluşturulması	26
2.3.3.	Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması	36
2.3.4.	Kararlı Akım Modelleme	36
3.	BULGULAR VE İRDELEME	41
3.1.	Çeşitli Tekerrür Sürelerine Ait Taşkın Debilerinin Tahmini	41
3.1.1.	Noktasal Taşkın Pik Debilerinin Belirlenmesi	41
3.1.2.	Bölgesel Taşkın Frekans Analizi ile Debi Hesabı	46
3.1.3.	Taşkın Debilerinin Seçimi.....	52
3.2.	HEC-RAS ile Taşkın Modelleme Analizi.....	53
3.2.1.	Köprülerin Su Profillerinin Analizi	62
3.2.2.	Taşkın Haritalarının Tespiti	64
4.	SONUÇLAR.....	69
5.	ÖNERİLER.....	71
6.	KAYNAKLAR	73
7.	EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DEĞİRMENDERE 1 BOYUTLU TAŞKIN MODELLEMESİ

MISRA GUMMA WARA

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe ANILAN

2023, 76 Sayfa, 22 Sayfa Ek

Bu çalışmada, Trabzon/Değirmendere Nehri üzerinde, Esiroğlu Arıtma Tesislerinden itibaren Karadeniz'e kadar uzanan 18.6 km'lik bir güzergâhı kapsayan bölgede bir boyutlu taşkın modellemesi yapılmıştır. Çeşitli tekerrür süreli taşkın debilerinin hesabı için noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizi yapılmıştır. Bölgesel frekans analizi kapsamında, bölgede bulunan istasyonların yıllık maksimum akım verilerinin dağılım parametreleri L-momentler yöntemi ile hesaplanmıştır. Yapılan analizler neticesinde taşkın modelleme analizinde bölgesel taşkın frekans analiz metodu ile hesaplanan $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ ve 1000 tekerrür süreli taşkın debileri kullanılmıştır. HEC-RAS hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılarak nehrin ana kanalına ait güzergâh belirlenmiş, taban kotları ve nehir kesitleri elde edilmiştir. Akım güzergâhında yer alan tüm köprüler de hesap alanına dâhil edilmiş, ardından Manning pürüzlülük haritası oluşturulmuştur. Farklı tekerrür süreli taşkın debileri, kütle korunum/momentum eşitlikleri kullanılarak kararlı akım koşullarında modellenmiştir. Analizler sonucunda, farklı tekerrür süreli debiler için su derinlikleri ve taşkın altında kalacak alanlar belirlenmiştir. Ardından, bölgede tekrar yaşanması muhtemel taşkınların önüne geçmek için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: L-momentler, taşkın modelleme, kararlı akım, HEC-RAS, su yüzü profili, Değirmendere

Master Thesis

SUMMARY

1 DIMENSIONAL FLOOD MODELLING OF DEĞİRMENDERE

MISRA GUMMA WARA

Karadeniz Technical University

The Graduate School of Natural and Applied Sciences

Civil Engineering Graduate Program

Supervisor: Asst. Prof. Tuğçe ANILAN

2023, 76 Pages, 22 Pages Appendix

In this study, one-dimensional flood modeling was carried out for the Değirmendere/Trabzon includes the length of 18.6 km starting from Esiroğlu Treatment Plant, covering part of the city center and reaching to the Black Sea. Point and regional flood frequency analysis was performed to calculate the various flood quantiles to be used in the analyses. Within the scope of regional frequency analysis, the distribution parameters of the annual maximum flow data of the stations in the region were calculated by the L-moments method. As a result of the analysis, the flood flow rates for return periods of $T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ and 1000 calculated with the regional flood frequency analysis method were used in the flood modeling analysis. By using the HEC-RAS computational fluid dynamics software, the route of the main channel of the river was determined, the bottom elevations and river sections were obtained. Then the roughness coefficients were defined, and the roughness map was also obtained. Flood flows with different returning periods are modeled under steady flow conditions using the mass conservation/momentum equations. As a result of the analysis, water depths and areas to be flooded were determined for flow rates with different returning periods. Then, improvement suggestions were made in order to prevent possible floods in the region.

Key words: L-moments, flood modelling, steady flow, HEC-RAS, water surface profile,
Değirmendere

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası'nda dere yataklarında inşa edilen yapılar	2
Şekil 2. Taşkın anında taşınan rüsubi malzemenin köprü vb. yapıların kesitlerini tıkaması	3
Şekil 3. HEC-RAS 6.3.1 programının ana menüsü	13
Şekil 4. Çalışma alanı.....	18
Şekil 5. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.....	19
Şekil 6. Çalışmada kurulan hidrolik model	22
Şekil 7. XTEST programı için hazırlanmış girdi dosyası	25
Şekil 8. XSIM programı girdi dosyası.....	26
Şekil 9. Çalışma alanının TIN şeklinde RAS Mapper'de görünüşü	27
Şekil 10. RAS Mapper'de nehir sisteminin oluşturulması	28
Şekil 11. Nehir kesitlerinin elde edilmesinde çizim yönü.....	29
Şekil 12. Nehir kesitlerinin geometrik veri kısmında görünüşü	29
Şekil 13. Kesit özelliklerinin düzenlenmesi	30
Şekil 14. Köprünün temel kesit yerleşiminin plan görünüşü	31
Şekil 15. Çalışmadan alınmış köprü ve kesitlerinin haritada görünüşü	32
Şekil 16. Geometrik veri düzenlemede 1B köprü ve nehir kesitlerinin düzenlenmesi	34
Şekil 17. Köprü düzenlemede köprü iskelesi ve köprü özelliklerinin düzenlenmesi	35
Şekil 18. Değirmendere tarihi köprüsünün mansabında bulunan köprünün kesiti	35
Şekil 19. Çalışma bölgesinde oluşturulan Manning haritasındaki n pürüzlülük katsayıları	36
Şekil 20. Kararlı akış verileri giriş penceresi	37
Şekil 21. Kararlı akım penceresinin akım verileri girildikten sonraki görünümü	38
Şekil 22. HEC-RAS'ın çalıştırılması	39
Şekil 23. İstasyonların uyumsuzluk ölçüsüne göre dağılımı	48
Şekil 24. Nehrin ilk kesitin farklı tekerrür süreli debilere göre görünüşü	54
Şekil 25. Nehrin son kesitin farklı tekerrür süreli debilere göre görünüşü	55
Şekil 26. Q ₂ ve Q ₁₀₀₀ debilerine göre ilk kesitin su seviyesi görünüşü	56
Şekil 27. HEC-RAS'ın sonuç görüntüleme kısmından tüm su yüzü profilleri görünüşü	58
Şekil 28. T= 100 yıl tekerrür sürelerinin oluşturduğu debilerin su yüzü profili.....	59

Şekil 29. T= 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür sürelerinin debilerin su yüzü profilleri	60
Şekil 30. 1990 yılı büyük taşkınının oluşturduğu su yüzü profili	61
Şekil 31. Q ₂ 'ye göre 21 no.lu köprünün su yüzü profilleri	63
Şekil 32. 1990 yılı debisine göre 21 no.lu köprünün su yüzü profilleri.....	64
Şekil 33. Çeşitli tekerrür sürelerine sahip debilere göre oluşturulan taşkın haritaları.....	65
Şekil 34. CBS'te çeşitli tekerrür sürelerine sahip debilere göre oluşturulan taşkın haritaları ..	66



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Arazi yüzeyi cinsine göre Manning pürüzlülük katsayısı değerleri.....	16
Tablo 2. Öğütlü AGİ yıllık maksimum akımlar	20
Tablo 3. Bölgesel frekans analizinde kullanılan istasyonlar	21
Tablo 4. Çalışmada tanımlanan köprülerin Karadeniz'den uzaklığı ve genişliği.....	33
Tablo 5. Gumbel dağılımı için Öğütlü AGİ istatistik parametreler	41
Tablo 6. Gumbel dağılımına göre χ^2 hesap tablosu	42
Tablo 7. Gumbel dağılımına göre χ^2 sonuç değerlendirme tablosu.....	42
Tablo 8. Log-Pearson Tip III dağılımı için olasılık çizgileri korelasyon testi	44
Tablo 9. Öğütlü AGİ EasyFit ile edilen dağılım parametreleri	45
Tablo 10. Öğütlü AGİ verileri Log-Pearson Tip III dağılımına göre hesaplanan debiler	46
Tablo 11. İstasyonların olasılık ağırlık momentleri ve L-momentleri.....	47
Tablo 12. Dağılımların L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü (D_i) değerleri.....	48
Tablo 13. Havzanın heterojenlik ölçüsü.....	49
Tablo 14. Uygunluk Testi Sonuçları.....	50
Tablo 15. GLO dağılımına ait parametre tahminleri (%90 kabul edilebilir düzeyde).....	50
Tablo 16. İstasyonlar için çeşitli tekerrür sürelerine karşılık gelen karakteristik değerler	51
Tablo 17. İstasyonların çeşitli tekerrür sürelerine göre taşkın debileri.....	52
Tablo 18. Noktasal ve bölgesel frekans analizi sonucu hesaplanan debiler.....	53
Tablo 21. Çeşitli tekerrür sürelerine ait debilere göre bulunan su derinlikleri.....	67
Tablo 22. Tekerrür sürelerine göre su altında kalan alanı (ha).....	68

SEMBOLLER DİZİNİ

Sembol	Açıklama
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
Cs	Çarpıklık katsayısı
DKH	Doğu Karadeniz Havzası
DSİ	Devlet Su İşleri
ESRI	Environmental Systems Research Institute
HEC	Hydrologic Engineering Center
n	Manning pürüzlülük katsayısı
Q _p	Pik debi
RAS	River Analysis System
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TIN	Triangulated Irregular Network
T	Tekerrür süresi
UTM	Universal Transverse Mercator
x	Rastgele değişken
μ	Ortalama
σ	Standart sapma
κ	Frekans faktörü

1. GENEL BİGİLER

1.1. Giriş

Yağmur ve kar erimesi gibi hidrolojik olaylar sebebiyle akarsular ana mecrasından taşarak civarında bulunan tarım, hayvancılık, ulaşım, barınma ve sanayi için kullanılan arazi ve yapıları tahrip edebilmekte, can ve mal kayıpları yaşanmalarına neden olabilmektedir (Anılan, 2014; Doğu ve Yıldız, 2019). Taşkınların oluşumunda en temel etkenlerden olan havzanın büyüklüğü, eğimi, şekli, jeomorfolojik yapısı, bitki örtüsü, toprak yapısı ve yağış-akış dengesi çok önemli yer tutar. Fakat doğal sebeplerin yanında insanların doğaya müdahalesi de taşkınların oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Gülbaş 2019; Yüksek vd., 2021). Yapılaşmanın özellikle dere güzergâhlarında yapılması sonucu dere kesit alanı daralmakta ve taşkınlar oluşmaktadır (Anılan ve Yüksek, 2017; Akçalı ve Anılan, 2021).

Taşkınları ve taşkınların etkilerini artıran temel unsurlar genel olarak; kısa sürede meydana gelen şiddetli yağışlar ve ani kar erimeleri, iklim değişikliği, akarsu havzalarında yaşanan değişiklikler ve bozulmalar, dere yataklarına ve taşkın kontrol tesislerine yapılan olumsuz müdahaleler, taşkın riski taşıyan alanların çeşitli maksatlarla kullanılması, ormansızlaştırma faaliyetleri, sanayileşme faaliyetleri, plansız kentleşme, yetersiz boyutlarda tasarlanan sanat yapıları, dere yataklarında tabii olarak büyüyen ağaç ve çalılarının yatak kapasitesini azaltması, heyelan, baraj yıkılması, dalga hareketleri ve buzul hareketleri olarak özetlenebilmektedir (Uşıkay ve Aksu, 2002; Bayazıt ve Önöz, 2008; Serencam vd., 2011; Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017; Demir, 2020; Marangoz ve Anılan, 2022).

Taşkınlar, dünyanın çeşitli yerlerinde her yıl milyonlarca canlıyı etkileyerek ölümlere neden olmakta, çevre tahribatı yaparak ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir (Gülbaş, 2019). Farklı coğrafik yapı ve yağış rejimine sahip bölgelerin yer aldığı Türkiye’de de taşkınlar, depremlerden sonra en büyük can ve mal kayıplarına neden olan doğal afettir. Türkiye’nin yüzey şekilleri bakımından genellikle dağlık ve engebeli bir yapıya sahip olması barındırdığı akarsuların karakteristik özelliklerini de doğrudan etkilemekte ve daha hızlı akmalarına sebep olarak taşkınların sık sık yaşanmasına neden olmaktadır. Ekonomik bakımdan da taşkınlar her yıl milyonlarca TL zarara yol açmaktadır (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Türkiye'nin Doğu Karadeniz Havzası (DKH), taşkınların en yoğun yaşandığı bölgelerin başında gelmektedir. DKH, iklim yapısı itibarıyla Türkiye'nin en çok yağış alan havzası konumundadır. DKH'de yaşanan bu taşkınların gerek ekonomik gerek can kaybı açısından boyutu, fiziki ve iklimsel koşulları nedeniyle Türkiye'deki diğer havzalardan daha fazladır (Yüksek vd., 2021). Bu bölgedeki normal koşullarda yağış değerlerinin yüksek, arazinin eğimli, toprağın çoğunlukla doymuş ve buharlaşmanın az olması nedeniyle akışa geçen su miktarı artmakta ve yağışların akışa geçme oranı çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir (Gürgeç, 2004). Dere yataklarına kesiti yetersiz geçiş yapıları yapılması, dere yataklarının üzerlerinin kapatılması, insan müdahalesi kaynaklı heyelanlar, yerleşimlerin taşkın alanına yapılması, dere yataklarına malzeme dökülmesi ve dere yataklarının yol ya da imar alanı nedeniyle daraltılması da bu havzada sıklıkla karşılaşılan taşkın sebeplerindendir (Akçalı ve Anılan, 2021). Şekil 1'de dere yataklarına inşa edilen yapılar görülmektedir.



Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası'nda dere yataklarında inşa edilen yapılar

DKH'de yaşanan taşkınlara bakıldığında ağırlıklı olarak rüsubat hareketi kaynaklı taşkınların da sıklıkla yaşandığı görülmektedir. Şekil 2'de DKH'de taşkın anında taşınan rüsubi malzemenin köprü vb. yapıların kesitlerini tıkaması görülmektedir (Akçalı ve Anılan 2021; Yüksek vd., 2021).



Şekil 2. Taşkın anında taşınan rüsubi malzemenin köprü vb. yapıların kesitlerini tıkaması

20 Haziran 1990 tarihinde DKH sınırları içinde bulunan Trabzon Değirmendere Havzası'nda etkili olan ve mal kaybına, köprülerin yıkılmasına ve nihayetinde 57 kişinin ölümüne, sebep olan taşkın olayı; bugüne kadar Değirmendere Nehri'nin maksimum debisi olarak kayıtlara geçmiştir. 7 Ağustos 1998 tarihinde DKH'nin büyük kısmında etkili olan taşkın olayları, en büyük yıkımı Trabzon'un Beşköy beldesinde yapmış ve heyelanların da meydana geldiği olayda en az 43 kişi yaşamını yitirmiş, ana kara yolları üzerindeki büyük köprüler dâhil çok sayıda köprü yıkılmış, yollar tahrip olmuş, ulaşımın sağlıklı bir hâle gelmesi uzun bir zaman almıştır. 13 Kasım 2001 tarihinde Rize'de ve 6 kişi ölümüne sebep olan taşkın olayı da yine bu havzada yaşanan taşkın olaylarından (Gürgen, 2004). Artvin İli genelinde ve özellikle de Arhavi ve Hopa İlçelerinde 24 Ağustos 2015 Pazartesi günü meydana gelen taşkın ve heyelan sonucunda 8 kişi ölmüş ve onlarca milyon TL'lik bir hasar meydana gelmiştir. Trabzon İli Araklı İlçesinde 18 Haziran 2019 günü meydana gelen taşkın ve heyelan sonucunda ise 10 kişi ölmüş, onlarca milyon TL'lik hasar meydana gelmiştir (Yüksek vd., 2021). Bu kapsamda, risk altında olan her bölge için taşkın yayılım haritalarının hazırlanması, oluşabilecek risklerin öngörülerek önlem alınması büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla da taşkın modelleme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Değirmendere Havzası için bir boyutlu taşkın modellemesi yapılmıştır. Proje alanı Değirmendere Nehri üzerinde Esiroğlu Arıtma Tesisinden itibaren şehir merkezinin de bir kısmını kapsayan ve Karadeniz’e kadar uzanan 18.6 km’lik bir güzergâhı kapsamaktadır. Analizlerde kullanılacak çeşitli tekerrür süreli taşkın debilerinin hesabı için noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizi yapılmıştır. Noktasal taşkın frekans analizi kapsamında, yıllık maksimum akım değerleri için en uygun dağılım tespitinde Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına Kikare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri uygulanmıştır. Bölgesel frekans analizi kapsamında ise, bölgede bulunan istasyonların yıllık maksimum akım verilerinin dağılım parametreleri L-momentler yöntemi ile hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde taşkın modelleme analizinde bölgesel taşkın frekans analiz metodu ile hesaplanan taşkın debileri kullanılmıştır. T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 tekerrür süreli bu taşkın debileri, HEC-RAS 6.3.1. programına aktararak hidrolik model oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak HEC-RAS yazılımının Mapper alt bileşeni ile nehrin ana kanalına ait güzergâh belirlenmiş, taban kotları ve nehir kesitleri çıkartılmıştır. Akım güzergahı boyunca bulunan tüm köprüler de tanımlanmış ve ardından pürüzlülük katsayıları da tanımlanarak pürüzlülük haritası elde edilmiştir. Elde edilmiş çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri, kütle korunum ve momentum eşitlikleri kullanılarak kararlı akım koşullarında modellenmiştir. Ardından, bölgede tekrar yaşanması muhtemel taşkınların önüne geçmek için yapısal ve yapısal olmayan ıslah önerilerinde bulunulmuştur.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan genel bilgilerde, tezin konusu ve kapsamı hakkında bilgi verildikten sonra taşkınlar, taşkın debisi tahmin yöntemleri ve taşkın modelleme hakkında genel bilgiler verilmiştir. Taşkın modelleme çalışmalarının önemi ve analiz için kullanılan metotlar literatürde yapılan çalışmalar doğrultusunda açıklanmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan paket program hakkında bilgiler de birinci bölümde verilmiştir.

İkinci bölüm olan yapılan çalışmalarda, çalışma alanı olan Değirmendere Havzası tanıtılmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait debi değerleri ile havzanın topografik, hidrolojik ve meteorolojik verileri hakkında bilgiler verilmiş; modelde kullanılan sayısal yükseklik modeli açıklanmış, verilerin analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Bulgular ve irdelemeyi içeren üçüncü bölümde, öncelikle istasyonlara ait uygun dağılımlar ve tahmin edilen debi değerlerinin noktasal ve bölgesel frekans analizi ile elde edilen değerleri

sunulmuştur. 1 boyutlu (1B) kararsız akım modellemesi sonuçları da bu bölümde verilmiş ve elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, çalışmadan elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Beşinci bölümde, gelecekte yapılacak diğer çalışmalara yardımcı olması amacıyla önerilerden bahsedilmiş olup altıncı bölümde kaynak bilgileri verilmiştir.

1.3. Literatür Taraması

Bu bölümde, tez çalışmasının kapsamında bulunan taşkın debisi tahmin teknikleri ve taşkın modelleme ile yapılmış araştırma ve çalışmaların özet bilgileri yıl sırasına göre verilmiştir.

1.3.1. Dünya Geneline Yapılmış Çalışmalar

Mcllin vd. (2001), Meksika'daki Pajarito Platosu'nda 100 yıl tekrerrür süreli akışların sebep olabileceği taşkın alanlarını belirlemek için ArcView ve HEC bileşimi bir model kurmuşlardır. Çalışma alanının hidrolojik modellemesini HEC-HMS ile yaptıktan sonra, HEC-RAS hidrolik modeli ile taşkın anındaki su derinliklerini hesaplamışlardır.

Knebl vd. (2004), çalışmalarında ABD merkezinde yer alan 10.000 km²'lik alana sahip olan San Antonio Nehri Havzası'nda, hidrolojik analizleri HEC-HMS ile gerçekleştirdikten sonra taşkın analizini HEC-RAS programı ile yapmış ve analiz sonuçlarını uydu görüntüleri ile karşılaştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada bölgenin gelecekte yaşayabileceği taşkın ve tehlike durumlarını tahmin etmeyi amaçlamışlardır.

Kreibich vd. (2009), 2003 yılında Elbe Havzası'nda oluşan taşkın hız ve su derinlik verilerini kullanarak taşkın modellemesi yapmışlardır. Ayrıca, suyun hızı ve derinliğine göre hesaplanan enerji yüksekliğinin taşkın zararına etkisini incelemişlerdir.

Elkhrancy (2018), Hindistan'da yer alan Necran Vadisi'ni çalışma alanı olarak belirlemiş, HEC-HMS, HEC-GeoRas modelleri oluşturarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) temelli taşkın analizi yapmıştır. Çalışmanın sonucunda kullanılan metodolojinin taşkın haritalarının oluşturulmasında etkili olduğunu tespit etmiştir.

Moghim vd. (2023), farklı topografyalara sahip iki havzada taşkınları simüle etmek için HEC-RAS ve LISFLOOD-FP olmak üzere iki hidrolik model kullanmışlardır. Giriş

Çözünürlükleri, dijital yükseklik modelleri, pürüzlölük katsayısı ve modelleme teknikleri gibi farklı parametrelerin taşkın simölasyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, modellerin performansının topografyaya, giriş çözünürlüklerine ve modelleme yaklaşımına bağlı olarak değiştini göstermektedir.

1.3.2. Türkiye Geneline Yapılmış alışmalar

Onuşluel (2005), İzmir Bostanlı Havzası'nın taşkın riski altındaki yerleri için HEC-RAS ile kararlı ve kararsız akım benzeşimleri yapmıştır. Maksimum debi değerleri ve taşkın hidrografları ile hidrolojik model kurulmuş ve elde edilen ıktılar HEC-RAS'ta girdi olarak kullanılmıştır. Daha sonra su altında kalabilecek olan alanlar belirlenmiştir.

Sönmez (2013), Iowa eyaletinde taşkın risk bölgesi olan Cedar Nehri'nin tam ortasından aktığı Waverly şehri için, 1B ve 2B modelin birlikte çalıştırılması ile elde edilmiş hidrodinamik model geliştirmiştir. 1B modelleme için HEC-RAS hidrolik programı kullanılmıştır. 1 ve 2B modellerin birlikte ele alındığı MikeFlood hidrodinamik programı ile de 2B taşkın simölasyonu yapılmıştır. 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debileri için taşkın haritaları hazırlanmıştır.

Yeğin (2015), Fırat-Dicle Havzası'ndaki Salkım Deresi için 3 risk parametresi olan ekonomik, sosyal ve çevresel değişkenleri dikkate alarak taşkın risk haritalaması için bir yöntem sunmuştur. Öncelikle HEC-RAS ile su derinlikleri ve ArcGIS ile risk hesaplanmıştır. Ayrıca hassasiyet ve direnç kavramları da analizlerde dikkate alınmıştır. Son olarak, kapsamlı risk haritalarını geliştirmek için üç risk boyutu bir araya getirilmiştir.

Akkoç (2019), Aras Havzası içinde Kars ayı'nı kapsayan bölgede ArcGIS programı yardımıyla havzaya ait parametreleri tespit ederek akım rasatlarına yönelik hesaplamaları deterministlik yöntemler ve ampirik yöntemler ile havzaya uygulamıştır. Ardından en uygun yöntemi seçerek tekerrürlü taşkın debilerini belirlemiş, sonrasında da HEC-RAS programı yardımıyla taşkın analizi yapmıştır.

Karakuş (2019), Wami ve Düden Nehirlerinin taşkın senaryolarını, iki farklı köprü bölgesi için HEC-RAS 2D yazılımı ile iki boyutlu modelleme yapmıştır. Analizlerde, 1B modelleme yerine, bölgelerin düz topografik özellikleri, belirgin nehir yatağının bulunmaması ve farklı akış rejimlerindeki paralel kanalların bulunması nedeniyle 2B modelleme tercih edilmiştir.

Yurdakul (2019), Sakarya ili güney Sapanca Havzası'nda yer alan Keçi Deresi için istatistik yöntemler ile 5, 10, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın tekerrür debilerini hesaplamış ve taşkın yayılım haritalarını çıkarmıştır. Elde edilen bu haritalar yardımı ile risk altında bulunan yerleşim yerleri ve olası taşkın durumunda yaşanabilecek zararlar tespit edilmiş ve bu zararların önlenmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Demir (2020), Samsun Mert Havzası'nda 1 ve 2B hidrolik modeller ile taşkın alanlarını ve taşkın zararlarını belirlemiştir. Çalışmada taşkın tekerrür debilerinin ve taşkın hidrograflarının elde edilmesinde noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizi ile sentetik yöntemler (Mockus, DSİ Sentetik ve Snyder) kullanılmıştır. Daha sonrasında, taşkın tehlike ve risk haritaları üretilmiştir.

Taşkın (2021), çalışmasında sayısal haritaların elde edilip istenen verilerin model olarak aktarılmasından sonra HEC-RAS paket programı ile 1B analiz ile Doğu Akdeniz Havzası içerisinde yer alan Çeşneli Deresi alt havzasında taşkın risk analizi yapmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda elde edilen veriler taşkın risk haritaları oluşturulmak üzere kullanılmıştır.

Bakırcı (2022), İstanbul'da bulunan ve kentleşme baskısı altında olan Alibeyköy Havzası'nı araştırma alanı olarak seçerek kentleşmenin taşkınlar üzerindeki etkisini incelemiştir. Kentleşme hızı ve potansiyeli açısından kademeli olarak üç farklı kentleşme senaryosu üzerinde çalışılmıştır. HEC-RAS programı kullanılarak 2B hidrolik model oluşturulmuştur. Farklı senaryolar için elde edilen hidrolojik veriler, oluşturulan hidrolik modele girilmiştir. Sonuç olarak, yapılan analizler ile farklı senaryolar için geleceğe yönelik 10 yıllık periyotlarda taşkın derinlik ve yayılım haritaları elde edilmiştir.

Küçükoğlu (2023), Erzurum'un ilçesi olan Oltu'daki Oltu Çayı'nın 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın debileriyle, 1 ve 2B modelleme yöntemleri kullanılarak taşkın analizi yapmıştır. Analiz sonucunda Oltu ilçe merkezinden geçen Oltu Çayı için 1B modellemeye en kesitlerin, boy kesitlerin ve köprülerin taşkındaki durumları ve taşkın yayılımı haritası tespit edilmiştir. 2B analizde ise taşkın yayılım haritası oluşum simülasyonunu oluşturmuştur. Her iki modelleme sonuçları karşılaştırarak elde edilen sonuçlar ışığında çeşitli öneriler sunulmuştur.

Taşkın çalışmalarında frekans analizinin önemi ise daha önce pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Haktanır, 2009; Anılan vd., 2016).

1.3.3. Doğu Karadeniz Havzası'nda Yapılmış Çalışmalar

Kaleyci (2004), Doğu Karadeniz’de yer alan Değirmendere Havzası için çeşitli tekerrür süreli taşkın debilerini DSİ Sentetik ve Mocus yöntemleri ile hesaplamıştır. Mevcut koşullar altında 500 yıllık taşkın debisinin dahi Değirmendere'nin sağ ve sol sahilinde yer alan bir kısım arazi ve ulaşım yolunu taşkın etkisinde bıraktığı gözlenmiştir.

Uçar (2010), Trabzon Değirmendere Havzası taşkın modellemesini yapmıştır. Öncelikle, farklı tekerrür sürelerine ait debi değerlerini istatistik metotlarla hesaplamıştır. Daha sonra bu değerleri hidrolik modele girerek su seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçlar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS’e aktararak taşkın risk haritaları elde edilmiştir.

Serencam (2013), Değirmendere Havzası'nın mansap tarafında yer alan Sanayi Mahallesi'nde taşkınların meydana gelmesi halinde meydana gelebilecek zararlar ve zarar görülebilirlikle ilgili tahminler sunmuştur. Bu kapsamda, oluşturulan taşkın risk haritaları yardımıyla sahadaki olası taşkınlar neticesinde su altında kalabilecek binaların alanları ve ortalama su derinlikleri ve bunlar yardımıyla da binalarda ortaya çıkabilecek zararlar tahmin edilmiştir.

Yüksek vd. (2013), Türkiye’nin Doğu Karadeniz Havzası’ndaki büyük taşkınların değerlendirilmesi araştırmalarında seçilen dokuz taşkın özet olarak hidro-meteorolojik analizi ve en büyük taşkın için ayrıntılı analiz yapmışlardır. Çalışma alanında 1955-2005 yılları arasında 51 tane büyük taşkın meydana gelip 258 ölüme neden olduğunu ve yaklaşık 500.000.000 ABD dolarına zarar olduğunu ifade etmişlerdir.

Anılan (2015), Türkiye'nin Doğu Karadeniz Havzası’nda bulunan 33 akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum debilere L-momentler yöntemi ile taşkın frekans analizi uygulamıştır. Bölgede ölçümü olmayan yerlerde taşkın debisi tahmini için lineer olmayan regresyon modeli, yapay arı kolonisi ve öğretim-öğrenme tabanlı optimizasyon modelleri geliştirilerek elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır.

Terzioğlu (2018), Doğu Karadeniz Havzası’nda bulunan Değirmendere Deresi, Araklı İlçesi Karadere Deresi ve Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi için farklı tekerrüre sahip debi değerleri için taşkın zararlarını tahmin etmiş, zarar oranlarını derecelendirilmiş ve taşkın risk sınıflandırması yapmıştır. Her bir bina için zarar derecelendirilmeleri ve risk sınıflandırmaları haritalar üzerinde gösterilmiştir.

Şahin (2022), çalışma alanı olarak Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve Türkiye'nin en fazla taşkın olaylarının aktif olarak meydana geldiği Fol Deresi ve Solaklı Deresi havzalarını

seçmiştir. Drenaj havzası morfometrik parametrelerine dayalı incelemede iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda iki dere havzası için taşkın olma potansiyeli belirlenmiştir.

1.4. Taşkın Debisi Tahmin Yöntemleri

Hidrolik yapıların projelendirilmesinde ve taşkın modelleme çalışmalarında çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerin tahmini önemli bir yer tutmaktadır (Aydoğan, 2008). Çeşitli tekerrür süreli taşkınların tahmini için kullanılan yöntemler deterministik ve istatistik yöntemler olarak tanımlanmaktadır. Deterministik yöntemlerde taşkınlarla havza ve iklim parametreleri arasında analitik ilişkiler kurulup, bu ilişkiler yardımıyla taşkın tahminleri yapılmaktadır. İstatistik yöntemlerde ise taşkınlar rastgele değişkenler olarak ele alınıp meydana gelme ihtimalleri çeşitli olasılık dağılım fonksiyonları yardımıyla taşkın tahminleri edilmektedir (Uçar, 2010; Sönmez vd., 2013; Anılan, 2014; Akkaya, 2016;). Bu çalışmada çeşitli süreli taşkın debisi hesapları için noktasal ve bölgesel frekans analizi uygulanmış olup aşağıda bu yöntemler hakkında özet bilgi sunulmuştur.

1.4.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Bu yöntemde, bir noktaya ait akım yağış veya yağış şiddeti gibi veriler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu o bölgeye ait en uygun olasılık yoğunluk fonksiyonu belirlenir. Belirlenen olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak o noktaya ait istenilen tekerrür süresinde meydana gelebilecek taşkın debileri hesap edilir. Ancak noktasal taşkın frekans analizi yöntemi bölgesel frekans analizi metotları kadar hassas ve doğru hesaplamalar yapılması çoğu zaman mümkün olamamaktadır.

1.4.1.1. Taşkın Debisi Hesaplarında En Sık Kullanılan Dağılımlar

Noktasal frekans analizi kapsamında taşkın debisi hesaplarında en sık kullanılan dağılımlar Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarıdır. Bu dağılımlara ve dağılım parametrelerine ait bilgiler Saf (2009); Anılan (2014); Şarlak ve Tiğrek (2016); Demir ve Keskin (2022) çalışmalarında bulunmaktadır.

1.4.1.2. Dağılım Uygunluk Testleri

Gözlenen bir örnekten elde edilen sıklık fonksiyonunu seçilen bir teorik olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğunu kontrol etmek için, olasılık dağılım fonksiyonu uygunluk sınaması yapılmaktadır. Debi verileri için en uygun dağılım modelinin belirlenmesinde en sık kullanılan testler Kikare ve olasılık çizgileri korelasyon testidir (Anılan, 2014). Testlere ait detaylı bilgiler Bayazıt ve Oğuz (1994), Bayazıt (1996) ve Yüksek (2009) çalışmalarında bulunmaktadır.

1.4.2.L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi

Hosking (1986) tarafından geliştirilen L-momentler yöntemi; parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmede yaygın olarak kullanılmaktadır. L-momentler yöntemi olasılık ağırlıklı momentler yönteminin doğrusal bir fonksiyonudur ve bilinen momentlere benzer olup olasılık ağırlıklı momentleri cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilirler:

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{1,0,k} \quad 1$$

L-momentler;

$$\begin{aligned} r = 0 \text{ ise } L_1 &= M_{100} \\ r = 1 \text{ ise } L_2 &= M_{100} (2M)_{101} = 2M_{110} - M_{100} \\ r = 2 \text{ ise } L_3 &= M_{100} (6M)_{101} + 6M_{102} = 6M_{120} - 6M_{110} + M_{100} \\ r = 3 \text{ ise } L_4 &= M_{100} - 12M_{101} + 30M_{102} - 20M_{103} = 20M_{130} - 30M_{120} + 12M_{110} - M_{100} \end{aligned} \quad 2$$

Yüksek mertebeden momentlerde ölçümler birbirinden bağımsızlaştırılırsa L-moment oranları aşağıdaki gibidir (Vogel ve Fennessey, 1993):

$$r = 3, 4, \dots, \text{ ise } t_r = \frac{L_r}{L_2}, \quad t = \frac{L_2}{L_1} \quad 3$$

L-momentler (L_1) ve (L_2), L-moment oranları $L\text{-cv}(t)$, çarpıklık katsayısı (t_3), basıklık (kurtosis) katsayısı (t_4), olasılık dağılımını özetlemek için en çok kullanılan parametrelerdir. L_1 dağılımı yer parametresini, L_2 dağılımı ise ölçek parametresini temsil etmektedir (Hosking, 1990). Klasik

parametre tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında L-momentler yönteminin birçok avantajı vardır (Şorman ve Okur, 2000). Yöntemin avantajları ve hesaplama detayları Hosking tarafından yapılan çalışmalarda mevcuttur (Hosking, 1986; Hosking, 1990).

1.4.2.1. Homojenlik Analizi

Bölgesel taşkın frekans analizinde, havzayı temsil eden tek bir frekans dağılımının uygulanması ve homojen bölgelerin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, istasyonların homojenlik koşulunu sağlaması gerekmektedir. L-momentler yönteminde havzanın homojenliğini belirlemek için uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsü dikkate alınmaktadır (Seçkin, 2009).

Uyumsuzluk ölçüsü (D_i) ve heterojenlik ölçüsü (H_i) hesaplarının detayları Hosking (1986), Hosking (1990), Hosking ve Wallis (1993), Seçkin (2009) ve Anılan (2014) çalışmalarında mevcuttur.

1.4.2.2. L-Moment İstatistiklerine Dayalı Uygunluk Ölçüsü Testi

Gözlenmiş verilere uygun olması muhtemel dağılımlar için bölgesel L-moment oranları hesaplanır. Uygulanan dağılımın basıklığı t_4^{Dist} olarak adlandırılır. Bölgesel L-moment oranlarına Kappa dağılımı uygulanır ve benzeşim yapılır. Her bir dağılım için uygunluk testi ölçüsü;

$$Z^{\text{Dist}} = \frac{(t_4^{\text{Dist}} - t_4^R + B_4)}{\sigma_4} \quad 4$$

Benzeşim kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılımın uygunluğu ölçüsünün mutlak değeri 1.645'den küçük ise $(|Z| < 1,645)$, o dağılım bölgesel frekans dağılımı olmaya adaydır. Formüllerin detayları Hosking ve Wallis (1997)'in çalışmasında bulunmaktadır.

1.4.2.3. Taşkın Debilerinin Tahmini ve Doğruluklarının Belirlenmesi

Frekans analizinin amacı belirli bir yinleme aralığındaki Q_T 'nin doğru tahmin edilmesidir. Bu periyot, bir yapının ekonomik ömrü veya yasal olarak zorunlu tasarım periyodu olabilir (Anılan, 2014).

Farklı tekrür sürelerine ait tahmin edilen debilerinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı Monte Carlo benzeşimi ile analiz edilmektedir. Öncelikle, istasyonların L-cv değerleri elde edilir. Bu değerler Hosking tarafından IBM araştırma merkezinde hazırlanan XSIM programında kullanılır. Benzeşim programındaki tahmin edilen tekrürlerin doğruluğu bu parametrelerin modifiye edilmiş haliyle hesaplanır (Hosking ve Wallis, 1997). Bu hesaplara ait detaylar ve benzeşim programının algoritması Hosking (1986), Hosking (1990), Hosking ve Wallis (1993), Seçkin (2009), Anılan (2014) çalışmalarında mevcuttur.

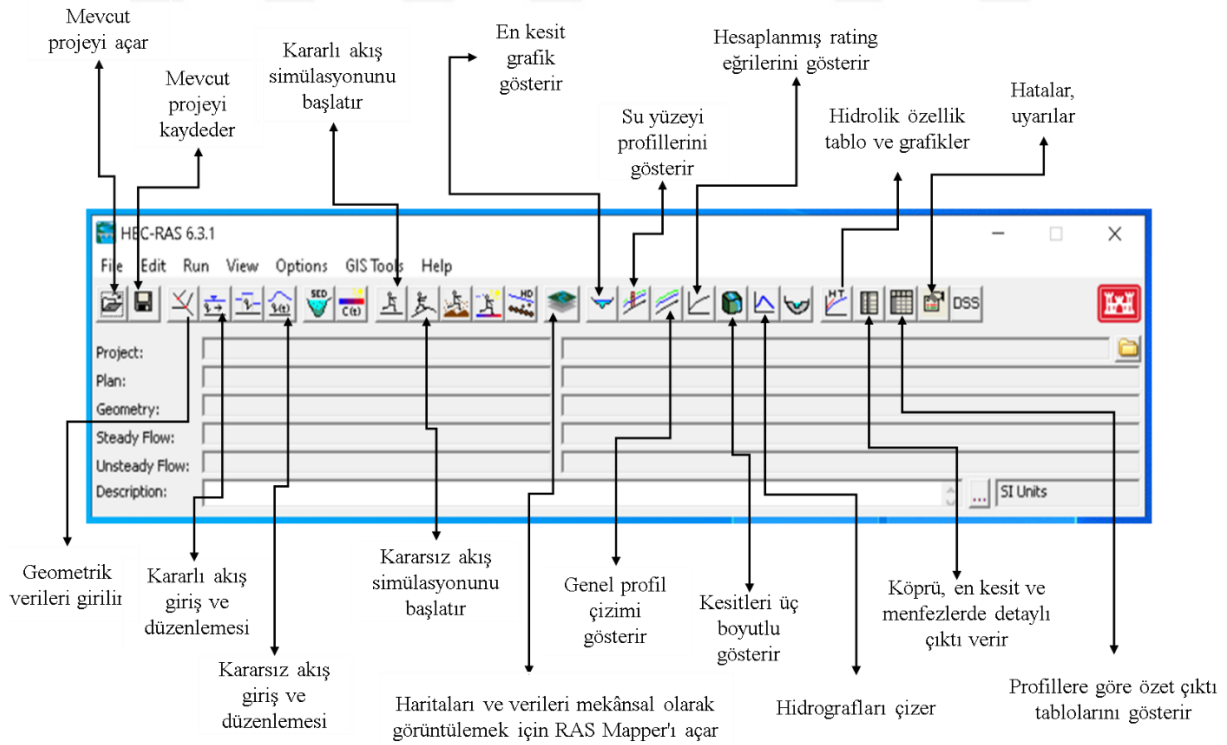
1.5. Taşkın Modelleme

Suyun akışı, doğal bir ortamda sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanabilmektedir. Akışkan, bir kontrol hacmine giren ve çıkan kütle olarak değerlendiren Euler yaklaşımı veya akışkan taneciğinin hareketini izleyerek değerlendiren Langrange yaklaşımı, akımın sayısal olarak temsil edilmesinde ve yöntemin belirlenmesinde önemlidir. Buna göre Euler yaklaşımından elde edilen 3 boyutlu Navier Strokes denkleminin derinlik yönünde integrali alınması ile 2 boyutlu momentum denklemleri, akışa dik yönde integrali alınmasıyla da 1 boyutlu momentum denklemleri elde edilmektedir. Buna göre elde edilen son denklem takımı, suyun akışı ile ilgili iki temel denklem olan süreklilik ve hareket denklemlerini içermektedir.

Taşkın risk yönetimi kapsamında modelleme çalışmalarında 1B veya 2B modeller kullanılabilmektedir. Ancak birinin diğerinden üstünlüğü hususunda standartlaşmış bir kabul yoktur. Veri hazırlama, veri temini ve ön hazırlık işlemleri açısından 2B model daha avantajlıdır. Kompleks topografyalarda daha doğru sonuçlar vermekte fakat kapasite büyüklüğü ve nehir yatağında bulunan yapıların modellenmesi açısından da olumsuzlukları beraberinde getirmektedir. 1B modele göre daha fazla bilgisayar yükü gerektirmektedir. Teknolojinin gelişmesi sayesinde bilgisayar kapasiteleri 2B çalışmalar yapmaya daha elverişli hale gelmiştir (Marangoz, 2020). 1B modelde özellikle geometrik verilerin hazırlanması daha fazla zaman almaktadır. Fakat 1B modelin ilave nehir yapılarını temsil etmekte önemli avantajları söz konusudur (Kaya, 2022). 1B ve 2B modelin birlikte bütünleşik olarak çalıştırılması ile bu iki modelin avantajlarından yararlanılması mümkün olan karma modeller de oluşturulabilir.

1.5.1. HEC-RAS 6.3.1 ile Taşkın Modelleme

HEC-RAS, ABD Ordusu Mühendisleri Birliği Su Kaynakları Enstitüsü tarafından oluşturulmuş bir akarsu modelleme programıdır. HEC-RAS, akarsuların 1D ve/veya 2D hidrolik hesaplarını yaparak, akarsuyun modellenmesi amacıyla tasarlanmıştır (Gülbaz, 2019). Taşkın pik debisi hesaplama yöntemleri ile bulunan çeşitli tekerrür sürelerine ait debi değerleri HEC-RAS'a girilerek su seviyeleri belirlenmektedir. Bu analizleri gerçekleştirirken tek boyutlu enerji denklemleri ve momentum denklemleri kullanılabilir. HEC-RAS modeli için gerekli coğrafi veriler, CBS teknolojileri kullanarak hazırlanabilir. Sonuçlar CBS yazılımlarında değerlendirilerek, taşkın risk haritaları elde edilir. Böylece risk altında kalan yerleşim yerleri belirlenmiş olur. Elde edilen sonuçlara göre yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerileri yapılır. Şekil 3'te HEC-RAS 6.3.1 programının penceresi gösterilmektedir. Analiz aşamaları ise aşağıda özet olarak sunulmuştur:



Şekil 3. HEC-RAS 6.3.1 programının ana menüsü

1.5.2. Geometrik Modelin Oluşturulması

Genel olarak, geometrik verilerinin oluşturulması; nehir sisteminin bağlantısının kurulması, en kesit verilerinin girilmesi, gerekli tüm bağlantı bilgilerinin tanımlanması, hidrolik yapı verileri (köprüler, menfezler, barajlar, setler, savaklar, vb.), pompa istasyonları, depolama alanları ve bir yada iki boyutlu akış alanları oluşturulmasını kapsar.

HEC-RAS 5.0 ve önceki versiyonlar için geometrik modelin oluşturulmasında CBS yazılımları kullanmak, kullanılan altığın işlevsel hale gelebilmesi için daha gerekli iken en güncel HEC-RAS 6.3.1 versiyonunda geometrik model, tamamen yazılım ara yüzü kullanılarak oluşturulabilmektedir. HEC-RAS'ta geometrik verileri hazırlamak için çalışma alanının sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılmaktadır. SYM, belirli bir alan için raster tabanlı yükseklik verilerini sağlayan dünya yüzeyinin bir temsilidir. Taşkın modelleme yaparken SYM, taşkın dalgasının, topoğrafya üzerinde izlediği güzergahı belirlemek amacıyla oluşturulan geometrik veri sağlamaktadır. Bu bilgi, taşkın boyutunu ve şiddetini tahmin etmek ve uygun taşkın kontrol önlemlerini tasarlamak için geometrik altlık olarak kullanılır.

Çalışmada kullanılan SYM, projeksiyon koordinat sistemine göre elde edilmiş UTM 3 derece 39 DOM (Dilim Orta Meridyeni)'ne dönüşümü yapılmıştır. Çalışma alanı, Türkiye pafta bölümlendirmesinde ITRF sisteme göre 37. Bölgede yer almaktadır. İlgili SYM'den türetilerek TIN (düzensiz üçgen ağı) modeli elde edilmiştir. HEC-RAS geometrik veri olarak TIN modeli kullanılmaktadır.

SYM, düzenli bir yükseklik nokta bulut dizisini temsil eder. Her yükseklik noktasını bir hücrenin merkezine yerleştirerek yükseklik bilgisini içeren pixel değerine dönüştürmektedir. TIN ise arazi yüzeyini bir dizi düzensiz üçgen ile temsil eder ve haritalamada SYM'nin işlenmesi ile oluşturulur. Bu çalışmada HEC-RAS'ın en güncel versiyonu kullanılmıştır. Bu nedenle, geometrik verileri hazırlama kısmında RAS Mapper modülü kullanılmıştır. Çalışma için gerekli olan aşağıdaki geometrik modeller hem RAS Mapper'da hem de geometrik veri düzenleyici kullanarak oluşturulmuştur:

- Nehir sisteminin çizilmesi
- Nehir kesitlerinin çıkartılması
- Köprülerin tanımlanması

1.5.3. Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması

Pürüzlülük katsayısı, akarsu yatağını oluşturan malzemenin cinsi, nehir kıyısındaki bitki örtüsü ve engeller, çevirme etkileri, dolaşma-girdap kayıplarından dolayı akıma gelen direnci tanımlamak için kullanılmaktadır. Pürüzlülük katsayısı, akımın hidrolik özelliklerini doğrudan etkileyen bir faktördür. Herhangi bir noktada, su yüksekliğinin, debi veya hız parametrelerinin elde edilebilmesi için pürüzlülük katsayısının belirlenmesi gereklidir (Kocaman, 2002).

Literatürde n pürüzlülük katsayısı seçimi üzerine çok çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, söz konusu yöntemlerin çoğu gerçek pürüzlülük değerinden çok daha düşük değerler hesaplamaktadır. Bunun sonucu olarak da bazı dere yataklarında inşa edilmiş taşkın kontrol tesisleri, düşük seçilen pürüzlülük katsayısı nedeniyle yetersiz boyutlarda projelendirilmiş ve taşkınlar sırasında yetersiz kalmıştır (DSİ, 2016). Manning pürüzlülük katsayılarının tanımlandığı alanlar ve sayısal değerleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Arazi yüzeyi cinsine göre Manning pürüzlülük katsayısı değerleri

Arazi Yüzeyinin Cinsi	n; Manning Pürüzlülük Değeri
Asfalt yolu	0.016
Orman alanı	0.125
Uzun boylu bitkiler	0.125
Beton	0.016
Yerleşim bakımından yoğun kesimler	0.016
Nehir içi	0.045
Bitkisiz kumlu toprak	0.023

1.5.4. Bir Boyutlu Akım Modelleme

Kararlı akış için HEC-RAS'ın temel hesaplama prosedürü, tek boyutlu akım denklemlerinin çözümüne dayanmaktadır. Kanal tasarımında Manning katsayısı, projenin istenen tekerrür aralığına göre suyun debisi, kanal eğimi ve akımın türü gibi veriler programa girdi olarak kaydedilir. Akım planındaki birçok engel, örneğin köprüler, kapaklar ve kanal gibi yapılar hesaplamalarda dikkate alınır (Kara, 2009).

Bir boyutlu, kararlı akımlar için su yüzü profillerini elde etmek için enerji denklemi standart adım yöntemi ile yinelemeli bir şekilde çözülerek bir kesitten diğerine hesaplanır (Brunner, 2021):

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad 5$$

Burada Z_1 ve Z_2 kanalın taban kotları, Y_1 ve Y_2 , kesitlerdeki su derinlikleri, V_1 ve V_2 ortalama akım hızları, a_1 ve a_2 hız ağırlık katsayıları, g yerçekimi ivmesi ve h_e enerji kaybıdır. İki kesit arasındaki enerji kaybı ise, kanaldaki daralma ve genişleme de göz önüne alınarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$h_e = L \overline{S_f} + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad 6$$

Burada, S_f , iki kesit arasındaki sürtünme enerji kaybı eğimi, L debi ağırlıklı hesaplanan kanal uzunluğu ve C daralma, genişleme kayıp katsayısıdır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

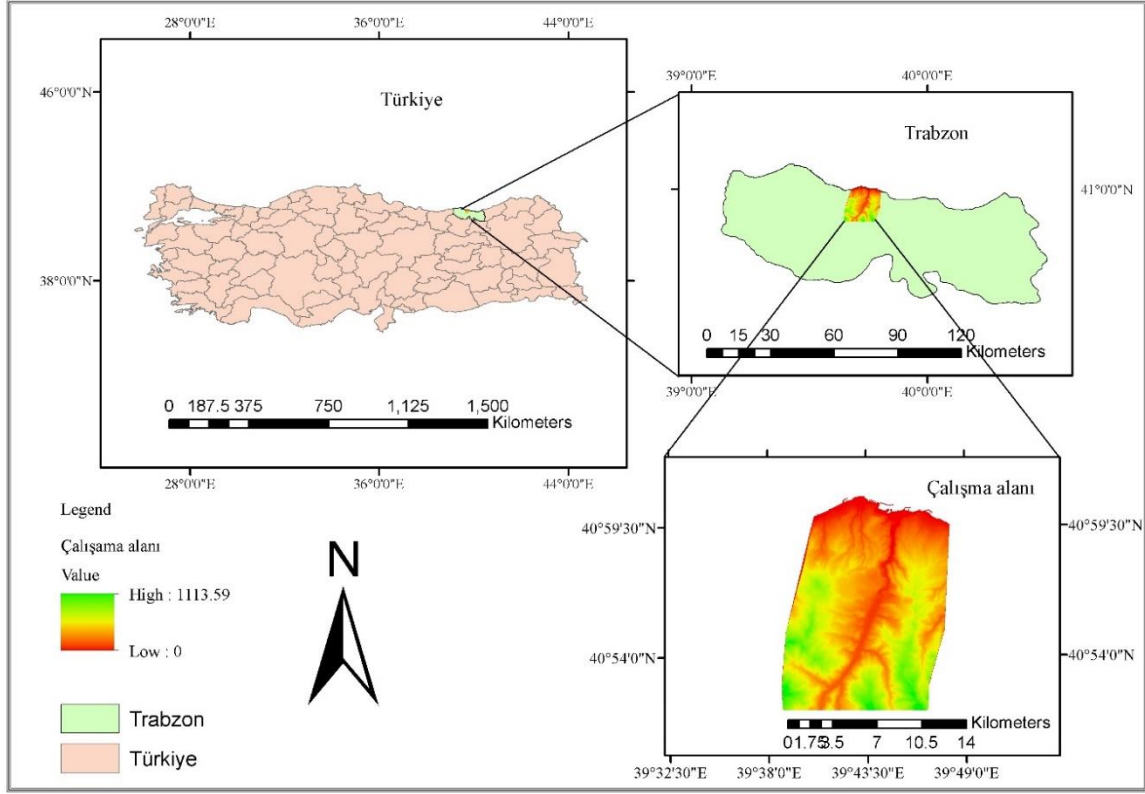
2.1. Çalışma Alanı

Doğu Karadeniz Havzası (DKH), sık sık taşkınlara maruz kalmaktadır (Anılan ve Yüksek, 2017). Bundan dolayı, geçmişten bugüne yaşanan taşkınlar pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlıklarının bozulmasına neden olmakta; her yıl milyonlarca TL taşkınlardan kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların kapatılmasına harcanmaktadır (Yüksek vd., 2013; Yüksek vd., 2021).

DKH'nin toplam alanı yaklaşık 22.848 km² ve çevre uzunluğu ise yaklaşık 1.462 km'dir. DKH oldukça engebeli ve yükselti farklılıkları olan değişken bir topoğrafyaya sahiptir. DKH'nin yıllık ortalama yağış yüksekliği 1.198 mm; yıllık ortalama akışı ise 566,23 m³/s'dir. Yağış alanı 22.844 km² olan DKH'nin yıllık ortalama verimi yaklaşık 17,86*10⁶ m³ ve yıllık ortalama akış yüksekliği ise 743,35 mm'dir. (DKMP, 2016; Yüksek vd., 2021).

DKH'de yer alan Trabzon Değirmendere Havzası ise 1054 km²'lik drenaj alanına sahip, jeolojik ve topoğrafik şartları nedeniyle bol sedimente sahip bir havzadır. Havza sınırları içerisinde Trabzon İl Merkezinin bir kısmı (sanayi sitesi, çeşitli işletmeler, yerleşimler vs.), Maçka ilçesi ve 5 belediye bulunmaktadır (Çağlayan, Esiroğlu, Şahinkaya, Akoluk, Çukurçayır). Maçka ilçe merkezine kadar çok dik eğimle gelen nehir kolları, bu merkezde birleşip çok daha az bir eğimle Karadeniz'e ulaşmaktadırlar (Uçar, 2010).

Bu çalışmanın alanı, DKH'nin Değirmendere Nehri üzerinde Esiroğlu Arıtma Tesislerinden itibaren Trabzon şehir merkezinin de bir kısmını kapsayan ve Karadeniz'e kadar uzanan 18.6 km'lik bir güzergahı kapsamaktadır (Şekil 4). Bu bölge çok fazla yerleşim yeri, sanayi bölgesi vb. yerleri kapsadığı için taşkın tehlike haritalarının tespit edilmesi gereken en önemli bölgelerden birisidir.



Şekil 4. Çalışma alanı

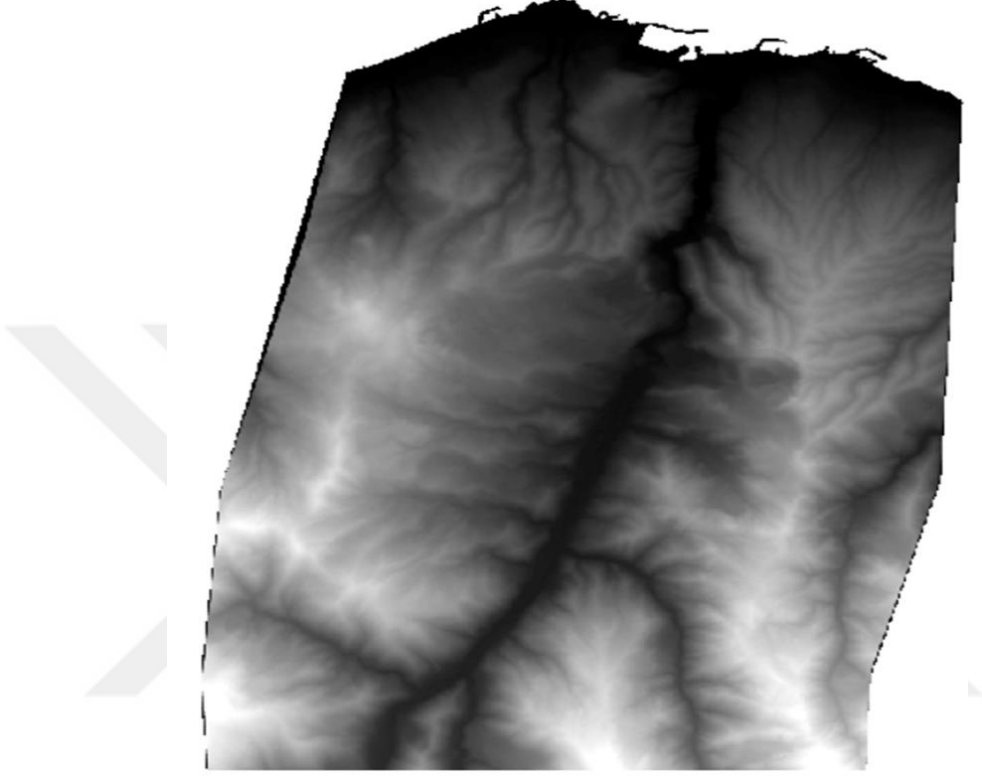
2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Taşkın modelleme çalışmalarını gerçekleştirebilmek için ilk aşamada iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, fotogrametrik alım sonucunda elde edilen SYM ve taşkın anındaki su yüzü seviyelerinin tespiti için hidrolik analizlerde kullanılan akım değerleridir.

2.2.1. Geometrik Veriler

HEC-RAS ile taşkın modelleme yapmak için öncelikle çalışma alanının SYM'yi oluşturmak gereklidir. Bu çalışmada kullanılan SYM ise Devlet Su İşleri (DSİ) 22. Bölge Müdürlüğü tarafından daha önce hazırlamış olan fotogrametrik veri olarak pafta şeklinde

alınmıştır. Daha sonra CBS yardımıyla çalışma alanına göre kırılarak HEC-RAS'a aktarılmıştır. Çalışmada kullanan SYM görüntüsü aşağıda Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Çalışma alanın sayısal yükseklik modeli

2.2.2. Akım Verileri

Akım verileri DSİ 22. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Noktasal frekans analizi için Değirmendere Nehri üzerinde D22A086'nolu Değirmendere Öğütlü akım gözlem istasyonunun (AGİ) yıllık maksimum debileri kullanılmıştır (Tablo 2). Bölgesel frekans analizi için ise Trabzon sınırları içinde bulunan 14 istasyonun verileri kullanılmıştır. Bu istasyonlar seçilirken gözlem süresinin 10 yıldan fazla olmasına dikkat edilmiştir. İstasyonlara ait bilgiler Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 2. Öğütlü AGİ yıllık maksimum akımlar

Yıllar	Q (m ³ /s)	Yıllar	Q (m ³ /s)
1984	58	2008	72.7
1985	80	2009	81
1986	56	2010	87.2
1987	70	2011	79.9
1988	90	2012	204
1989	61.5	2013	113
1992	158	2014	55.5
1999	111	2015	135
2000	129	2016	166
2001	85.4	2017	139
2002	83.2	2018	60
2003	138	2019	97.2
2004	109	2020	147
2005	79		

Tablo 3. Bölgesel frekans analizinde kullanılan istasyonlar

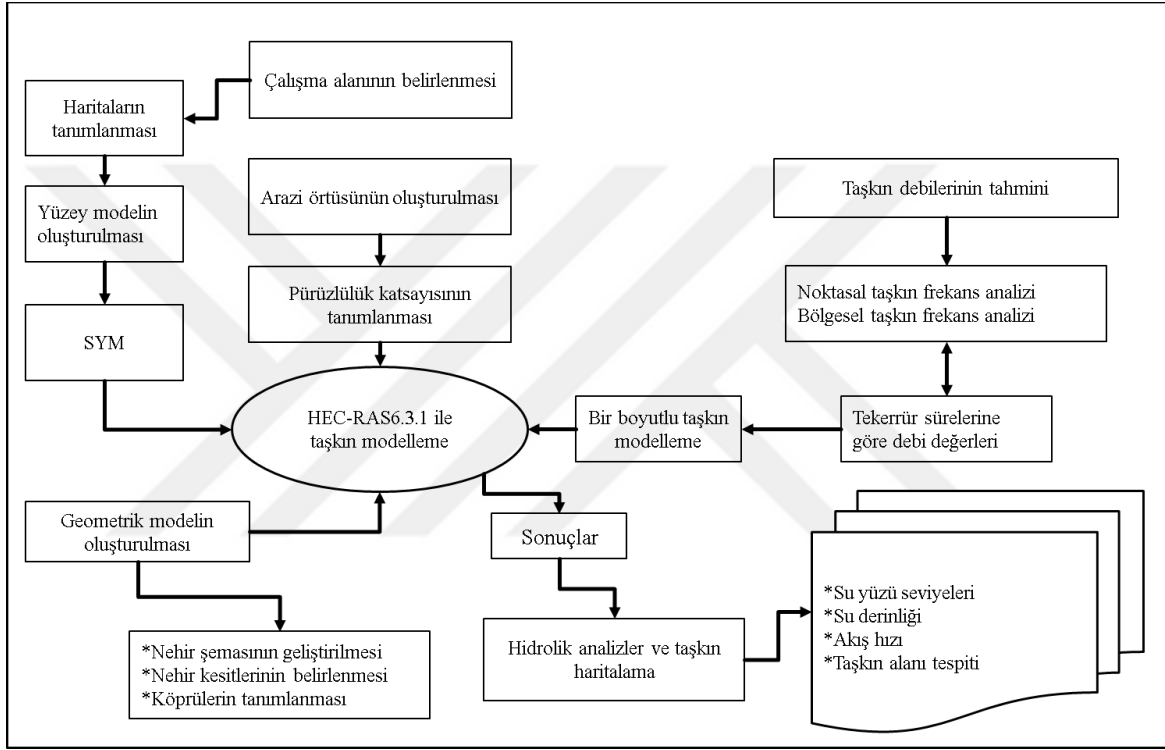
İstasyon No.	Gözlem Süresi (yıl)	Alan (km ²)	Q _{ort.} (m ³ /s)
2202	62	635.7	94.847
2206	39	746.6	91.29
22-07	49	154.7	27.41
2228	46	191.4	83.133
22-34	25	258.6	52.32
22-44	29	421.2	58.879
2251	15	728.5	98.473
22-52	33	576.8	92.679
22-27/57	28	240/242,6	37.561
22-59	25	121.5	26.828
22-61/101	28	261	43.243
D22A086	27	728.4	101.689
22-88/97	26	150/168.8	17.573
D22A105	12	74.5	161.76

2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem

Analizlerde kullanılacak çeşitli tekerrür süreli taşkın debilerinin hesabı için daha hassas sonuçlar elde etmek için hem noktasal hem bölgesel taşkın frekans analizi yapılmıştır. Noktasal taşkın frekans analizi kapsamında, yıllık maksimum akım değerleri için en uygun dağılım tespitinde Kikare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri uygulanmıştır. Ayrıca EasyFit paket programı da kullanılmış ve tüm test sonuçları değerlendirilmiştir. Bölgesel frekans analizi kapsamında ise, bölgede bulunan istasyonların yıllık maksimum akım verilerinin dağılım parametreleri L-momentler yöntemi ile hesaplanmıştır. Her iki yöntemle T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir.

Daha sonra, SYM oluşturularak geometrik model elde edilmiştir. Nehir kesitleri çıkartılmış ve akım güzergahındaki tüm köprüler tanımlanmıştır. Ardından pürüzlülük

katsayıları da tanımlanarak pürüzlülük haritası elde edilmiştir. Önceden elde edilmiş çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri, kütle korunum ve momentum eşitliklerini kullanarak kararlı akım koşullarında modellenmiştir. Çalışmada kurulan hidrolik modelin akış çizelgesi Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Çalışmada kurulan hidrolik model

Çalışmada HEC-RAS 6.3.1 tercih edilmesinin sebepleri, programın ücretsiz olması, grafiklerinin kullanıcı tarafından kullanışlı olması ve nehir akım modellerinin kolay uygulanabilir olmasıdır.

2.3.1.Çeşitli Tekerrür Sürelerine Ait Taşkın Debilerinin Tahmini

2.3.1.1. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Noktasal taşkın frekans analizi kapsamında, Öğütlü AGİ'ye ait yıllık maksimum akım değerleri için en uygun dağılım tespitinde Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına Kikare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri uygulanmıştır.

Kikare testinde öncelikle test edilecek dağılıma göre istasyonun gözlem sayısının ortalaması, standart sapması ve çarpıklık katsayısı hesaplanmıştır. Daha sonra, tüm debiler küçükten büyüğe sıralanmış ve Z katsayısı hesaplanmıştır. Kritik değer, α önem seviyesi ve $sd=r-1-m$ serbestlik derecesine göre hazırlanmış ve χ^2 kritik değerler tablosundan belirlenmiştir. Test istatistiğinde hesaplanan χ^2 değeri ile kritik χ^2_{α} ; $r-1-m$ değeri, karar modeline göre mukayese edilerek karar verilmiştir.

Olasılık çizgileri korelasyon testinde, P_i ampirik olasılıklarına karşılık gelen X_m değerleri ile gözlenmiş X_m değerleri arasındaki korelasyon katsayısı (r), α anlamlılık düzeyine, N veri uzunluğuna ve dağılım türüne bağlı olarak EK Tablo 10'da verilen r_{α} kritik değerleri ile karşılaştırılarak frekans dağılım modelinin uygunluğuna karar verilmiştir. Hipotezin karar verme aşaması da ($r \geq r_{\alpha}$) ise uygunluk hipotezi kabul edilmekte ve ($r < r_{\alpha}$) ise hipotez reddedilmektedir.

Öğütlü AGİ verilerinin hangi dağılıma uygun olduğunun kontrolü amacıyla EasyFit 5.1 programı aracılığı ile de analiz yapılmıştır. Teorik dağılım fonksiyonlarının parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan EasyFit programı genellikle maksimum olabilirlik yöntemini kullanmakta olup, dağılım türüne göre parametre kestiriminde kullanılan yöntem değişmektedir (Karahana ve Özkan, 2013). Dağılım uygunluk analizi için bu program Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling ve Kikare uygunluk testlerini uygulamaktadır. İlgili menüden Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III belirtilen dağılımlar seçildikten sonra; hangi dağılım uygunluk testi veya testlerinin uygulanacağı menüden seçilmektedir.

Uygun dağılım seçildikten sonra, istasyona en uygun olan dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ ve 1000 tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir.

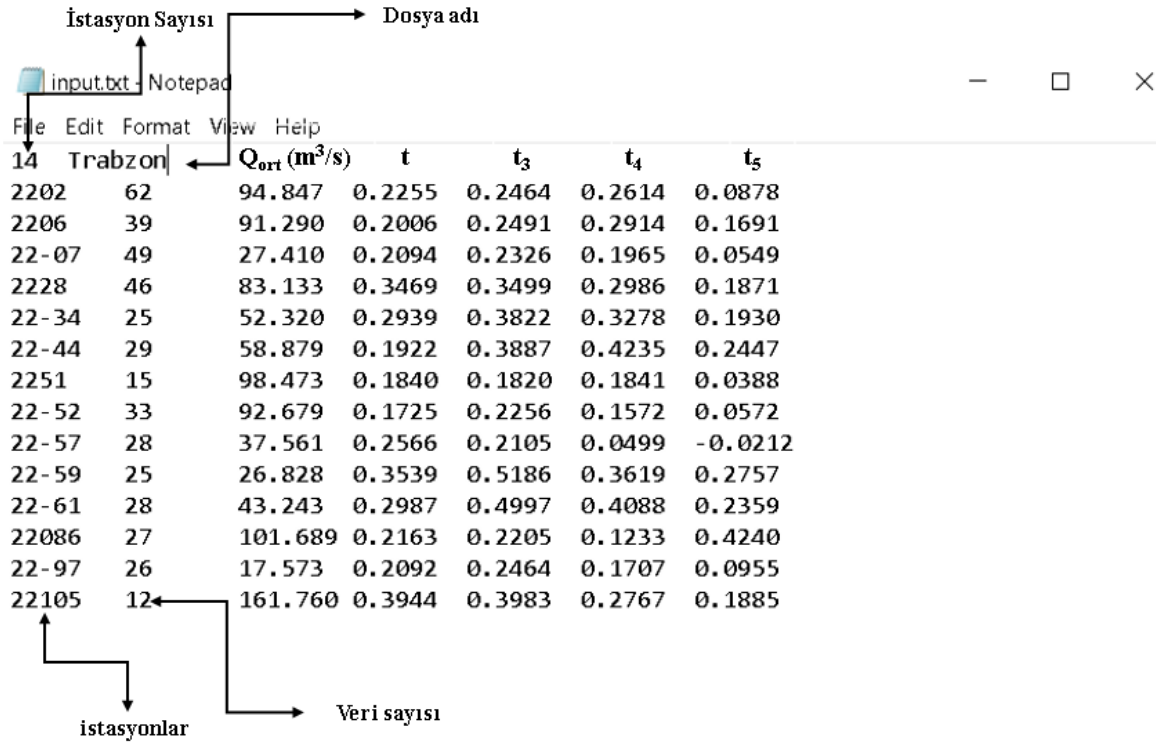
2.3.1.2. Bölgesel Taşkın Frekans Analizi

L-momentler ile taşkın frekans analizinde öncelikle AGİ'lere ait olasılık ağırlıklı moment değerleri elde edilmiştir. Ardından, literatürdeki denklemler kullanılarak L-moment değerleri hesaplanmıştır. Bölgenin homojenliği L-momentler yöntemine dayalı iki istatistik olan uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsü ile test edilmiştir. Uyumsuzluk ölçüsü hesabında Amerika'da IBM araştırma merkezinde Hosking (1990) ve ekibi tarafından FORTRAN dilinde geliştirilen XTEST yazılımından faydalanılmıştır. Her bir istasyon için elde edilen D_i değerleri Hosking (1990) tarafından üretilmiş olan değerler ile karşılaştırılarak istasyonların homojenliği test edilmiştir. Heterojenlik ölçüsü hesabında ise V_1, V_2 ve V_3 'e bağlı H_i değerleri belirlenmiş olup hesaplar da XTEST programı ile yapılmıştır. H_i değerinin sınır şartları değerlendirilerek bölgenin heterojenlik analizi yapılmıştır.

Bölge için tek bir dağılımın kabulü esasına göre yapılan testi için XTEST yazılımının Regtst.for alt programı çalıştırılarak Z değerleri hesaplanmıştır. Uygun bulunan dağılımların içinde Z değeri 0'a en yakın olan dağılım en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

En uygun dağılım belirlendikten sonra çeşitli yinleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerinin tahmini yapılmıştır. Hesaplar için XSIM yazılımı kullanılmıştır. Sabitlerin seçilmesinde ise literatürde kullanılan değerler dikkate alınmıştır (Hosking ve Wallis 1997; Seçkin 2009; Anılan, 2014).

XTEST programını çalıştırmak için daha önce Excel'de hesaplanmış olan L-moment oranları ile program ile aynı klasörde olan girdi (input) dosyası oluşturulmuştur. Girdi dosyasının biçimi Şekil 7'de görülmektedir. XTEST programdan çıktı (output) dosyası elde edildikten sonra o çıktıdan istasyonların homojenlik ve heterojenlik bilgileri kontrol edilmiştir. Bunun için uyum testleri olan D_i ve H_i ölçüleri incelenmiştir.



İstasyon Sayısı	Dosya adı	Q_{ort} (m ³ /s)	t	t ₃	t ₄	t ₅
14 Trabzon		94.847	0.2255	0.2464	0.2614	0.0878
2202	62	91.290	0.2006	0.2491	0.2914	0.1691
2206	39	27.410	0.2094	0.2326	0.1965	0.0549
22-07	49	83.133	0.3469	0.3499	0.2986	0.1871
2228	46	52.320	0.2939	0.3822	0.3278	0.1930
22-34	25	58.879	0.1922	0.3887	0.4235	0.2447
22-44	29	98.473	0.1840	0.1820	0.1841	0.0388
2251	15	92.679	0.1725	0.2256	0.1572	0.0572
22-52	33	37.561	0.2566	0.2105	0.0499	-0.0212
22-57	28	26.828	0.3539	0.5186	0.3619	0.2757
22-59	25	43.243	0.2987	0.4997	0.4088	0.2359
22-61	28	101.689	0.2163	0.2205	0.1233	0.4240
22086	27	17.573	0.2092	0.2464	0.1707	0.0955
22-97	26	161.760	0.3944	0.3983	0.2767	0.1885
22105	12					

Şekil 7. XTEST programı için hazırlanmış girdi dosyası

Homojen çıkan dağılımlar Z değerine göre seçilmektedir. Z değerinin $|Z^{GER} \leq 1.64|$ olduğu dağılım seçilmiş ve XSIM program ile kuantiles belirlenmiştir. XSIM programına L-moment oranları, her istasyonların L_{CV} 'leri ve istasyonların L_{skew} değerleri girilmiştir (Şekil 8).

```

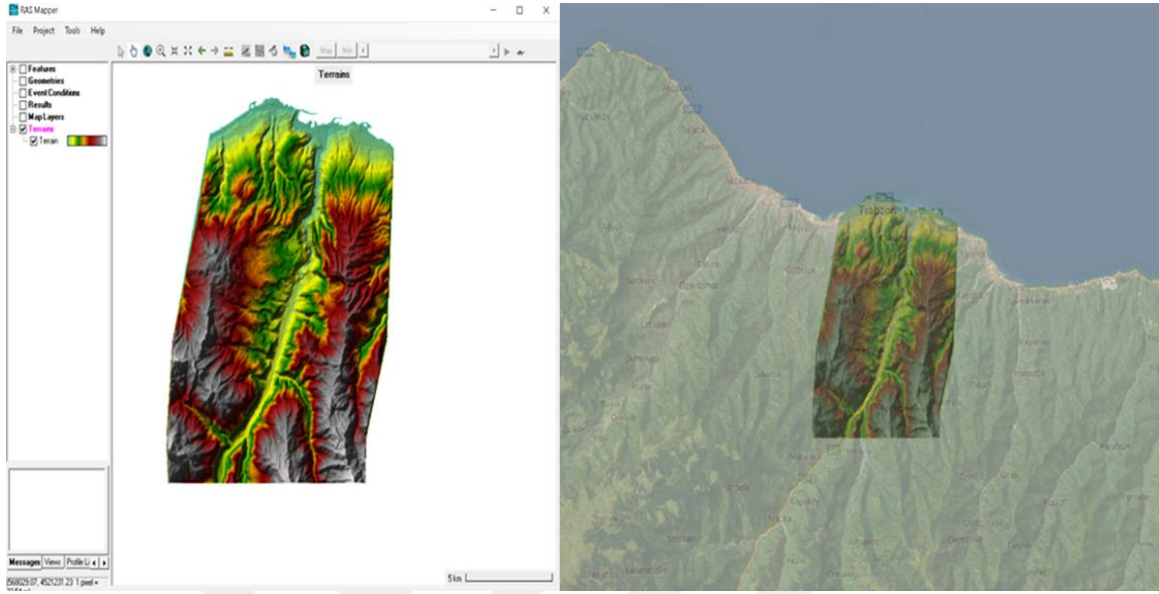
File Edit Format View Help
417935084D0 500 0
14 200 0.44D0
6 2 802 0.5D0 0.005D0
0.8D0 0.9D0 0.96D0 0.98D0 0.99D0 0.998D0
0.05D0 0.95D0
2
62 0.2255D0 0.3006D0
39 0.2006D0 0.3006D0
49 0.2094D0 0.3006D0
46 0.3469D0 0.3006D0
25 0.2939D0 0.3006D0
29 0.1922D0 0.3006D0
15 0.1840D0 0.3006D0
33 0.1725D0 0.3006D0
28 0.2566D0 0.3006D0
25 0.3539D0 0.3006D0
28 0.2987D0 0.3006D0
27 0.2163D0 0.3006D0
26 0.2092D0 0.3006D0
12 0.3944D0 0.3006D0

```

Şekil 8. XSIM programı girdi dosyası

2.3.2. Geometrik Modelin Oluşturulması

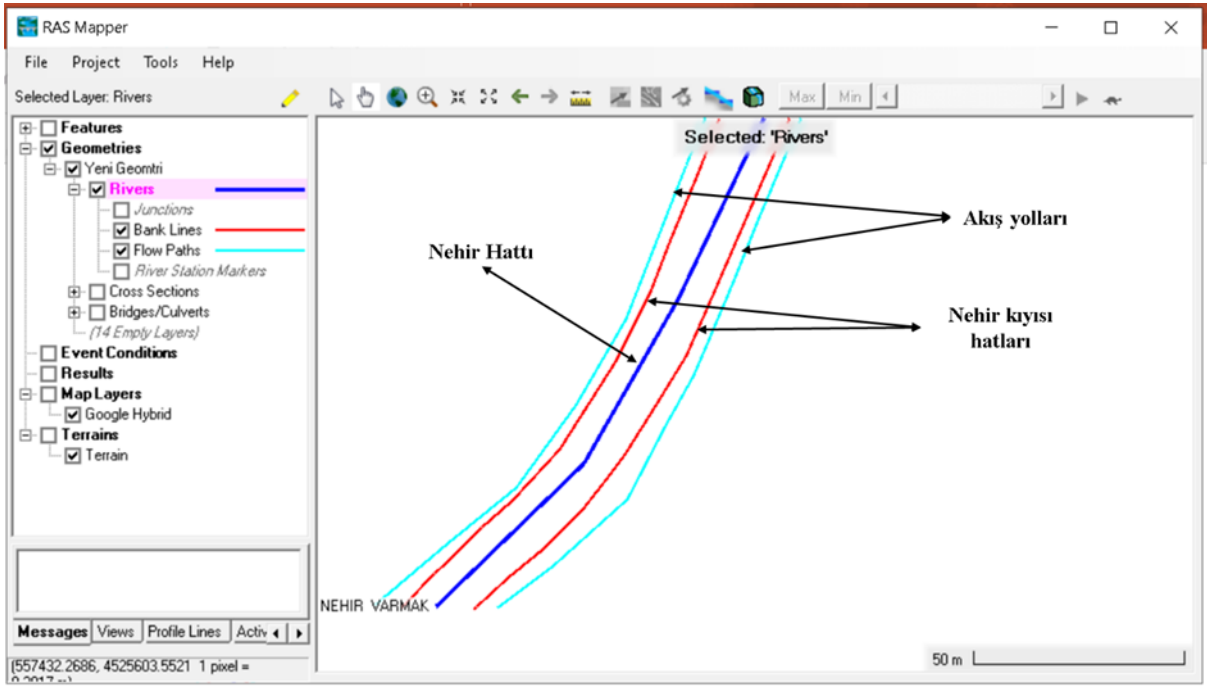
HEC-RAS yazılımı açtıktan sonra çalışmanın adı verilip RAS Mapper açılmış ve SYM HEC-RAS'a yüklenmiştir. Program SYM'yi otomatik olarak TIN'e dönüştürmüştür (Şekil 9). RAS Mapper'de kararlı akım koşullarına göre geometrik modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin düzenlenmesi; nehir sisteminin çizilmesi, nehir kesitlerinin çıkartılması ve köprülerin tanımlanmasını kapsamaktadır. Bu çalışmada HEC-RAS'ın son versiyonu kullanıldığı için geometrik verileri hazırlama kısmında CBS kullanılmamıştır.



Şekil 9. Çalışma alanının TIN şeklinde RAS Mapper’de görünüşü

2.3.2.1. Nehir Sisteminin Oluşturulması

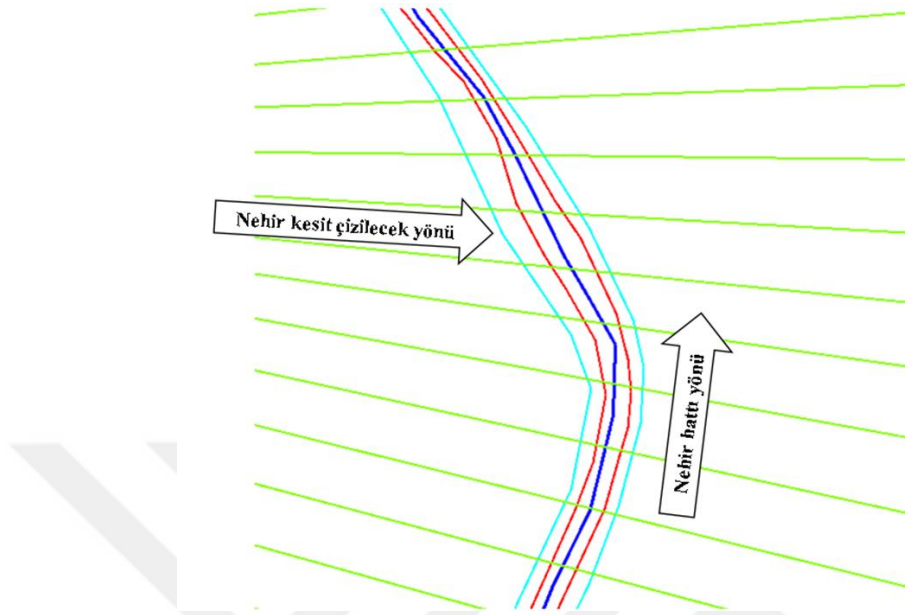
HEC-RAS’ta taşkın modellemesi yaparken ilk yapılan nehir hattının belirlenmesidir. Bu da akış yolunu yazılıma tanıtarak yapılmaktadır. Nehir hattının çizilmesinden sonra da nehrin memba ve mansabının tanımlanması da modelleme için önemli bir konudur. Nehir sisteminin içindeki kavşak noktaları, nehir kıyısı hatları ve akış yolları olup bu çalışmada yan kollar nehre dâhil edilmediği için sadece ana nehir hattı dikkate alınmıştır. Geometrik model oluşturulurken nehir hattı membadan mansaba doğru çizilmektedir. Yeni geometrik dosya açılarak TIN üzerinde RAS Mapper’de nehir membadan itibaren çizildikten sonra diğer nehir sistemi de devamı olarak Şekil 10’daki gibi geliştirilmiştir.



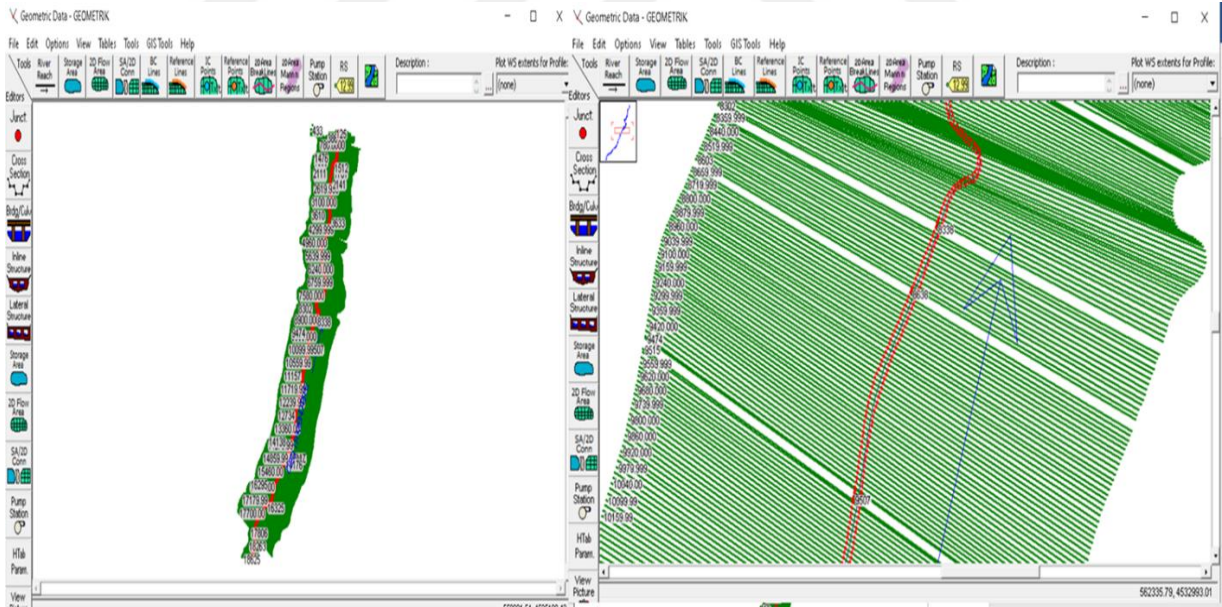
Şekil 10. RAS Mapper’de nehir sisteminin oluşturulması

2.3.2.2. Nehir Kesitlerinin Çıkartılması

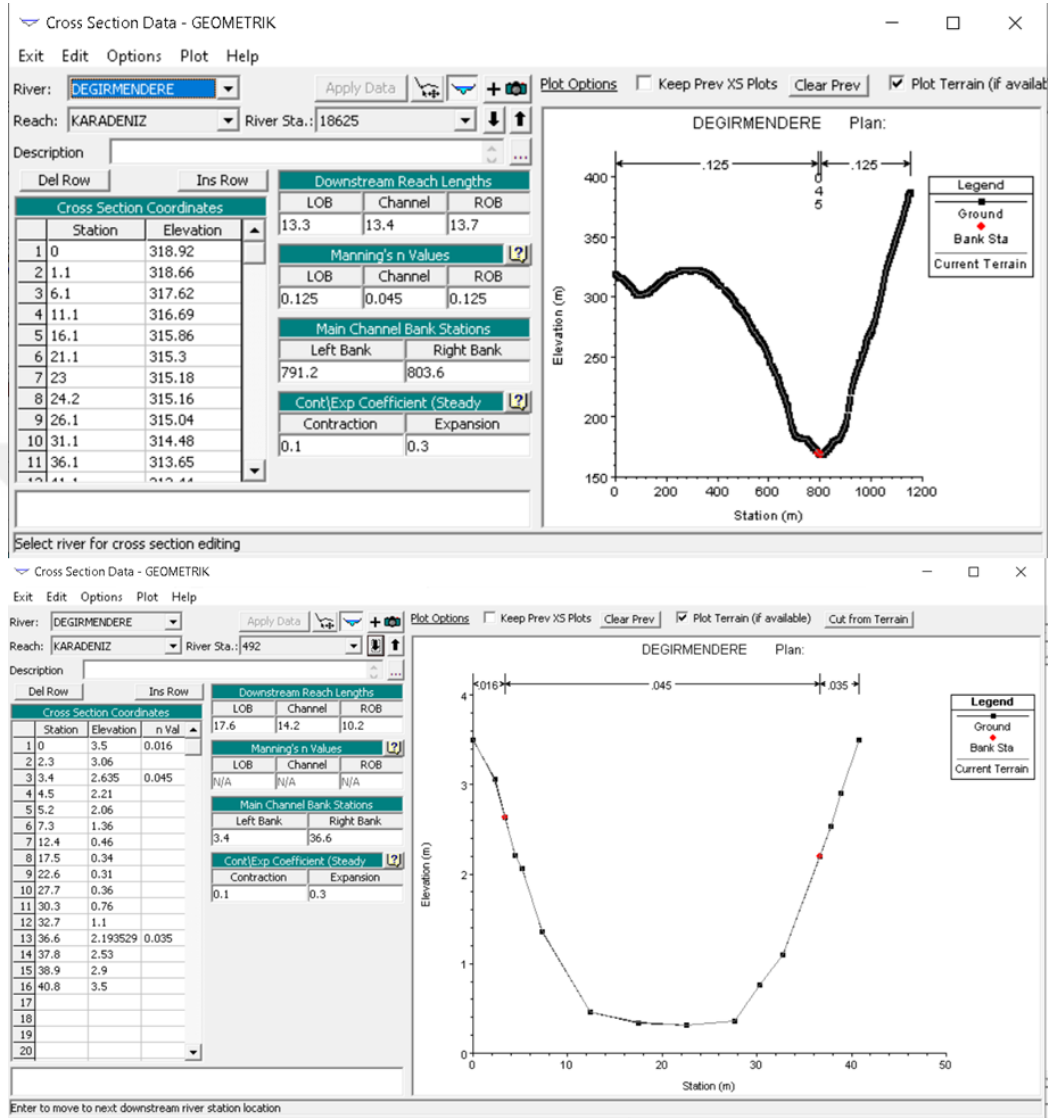
HEC-RAS’ta nehir kesitlerinin elde edilmesi de nehir hattı geliştirmesine benzer şekilde yapılmakta olup burada da kesit çizgileri soldan sağa doğru çizilmektedir. Çizimler nehir hattı üzerinde akım yönüne dikkat edilerek membadan mansaba doğru gerçekleştirilmektedir. Nehir kesitleri RAS Mapper’de veya geometrik verileri düzenleme aracı kullanılarak yapılabilmektedir. Bu çalışmada kesitler RAS Mapper ile çıkartılmış ve gerekli düzeltmeler geometrik verileri düzenleme aracı kullanılarak yapılmıştır. Nehir kesitleri çizilirken kesitlerin nehir sistemine (nehir hattı, nehir kıyısı hattı ve akış yolları) dik olmasına dikkat edilmiştir (Şekil 11, 12 ve 13).



Şekil 11. Nehir kesitlerinin elde edilmesinde çizim yönü



Şekil 12. Nehir kesitlerinin geometrik veri kısmında görünüşü

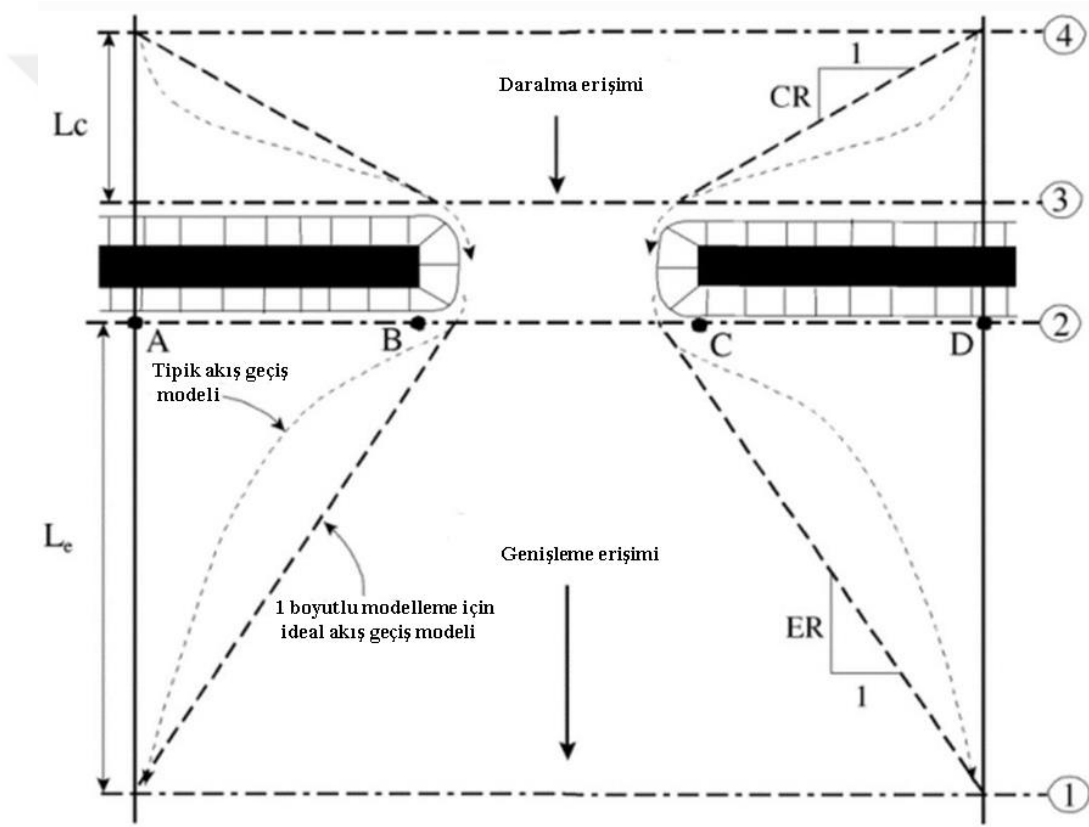


Şekil 13. Kesit özelliklerinin düzenlenmesi

2.3.2.3. Köprülerin Tanımlanması

Köprülerin tanımlanması için öncelikle nehir sisteminin tanımlanması ve gerekli tüm kesit verilerinin girilmesi gerekmektedir. Daha sonra, gerekli görülen tüm köprüler veya menfezler için modelleme yapılabilir. HEC-RAS, köprü ve menfez gibi yapılardan kaynaklanan enerji kayıplarını üç kısımda hesaplamaktadır. Birinci kısım, akışta bir genişlemenin meydana geldiği, köprü'nün hemen mansabındaki erişimde meydana gelen kayıplardır. İkinci kısım, köprü'nün kendisindeki kayıplardır. Üçüncü kısım ise akışın açıklıktan geçmek için genellikle daraldığı, yapının membaındaki erişimde meydana gelen kayıplardır. Köprü tanımlama

işlemleri esnasında, yapıdan kaynaklanan enerji kayıplarının hesaplanmasında kullanıcı tanımlı dört kesit kullanılmaktadır. Hidrolik hesaplamalar sırasında, HEC-RAS köprü yapısının içinde iki ek kesiti otomatik olarak formüle etmektedir. Diğer iki kesit ise kullanıcı tarafından köprü'nün hem mansabında hem de membainda her zaman ek enine kesitler olarak dâhil edilmelidir (Brunner, 2020). Böylece köprülerdeki su yüzeyi profil hesaplamaları yapılmaktadır.



Şekil 14. Köprü'nün temel kesit yerleşiminin plan görünüşü

Şekil 14'te bir köprü'nün temel kesit yerleşim planı görülmektedir. Burada, L_e genişleme erişim uzunluğu, L_c daralma erişim uzunluğu, C_e genişleme enerji kaybı katsayısı, C_c kasılma enerjisi kaybı katsayısıdır. Şekildeki kesitler ise;

Kesit 1, akış yapıdan etkilenmeyecek şekilde (yani akış tamamen genişlemiştir) yapıdan yeterince aşağıya doğru yerleştirilmiştir.

Kesit 2, köprüden kısa bir mesafede bulunur (yani, genellikle yol setinin mansabında bulunur). Bu kesit, köprü tabliyesi yüzünün veya menfez açıklığının hemen mansabına yerleştirilmemelidir.

Kesit 3, köprüden kısa bir memba mesafesine yerleştirilmelidir (genellikle yol setinin memba topuğuna yerleştirilir). Kesit 3 ile köprü arasındaki mesafe, yalnızca açıklığın hemen yakınında meydana gelen akışın ani hızlanması ve daralması için gereken uzunluğu yansıtmalıdır.

Kesit 4, akış çizgilerinin yaklaşık olarak paralel olduğu ve kesitin tamamen etkili olduğu bir memba kesitidir.

Bu çalışmada, 3 m'den fazla genişliği sahip olan 21 köprü tanımlanmış ve her köprünün Karadeniz'den uzaklığı ile genişliği Tablo 4'te sunulmuştur. Şekil 15'te ise çalışma alanında yer alan bir köprü ve kesitlerinin haritada görünüşü sunulmuştur.

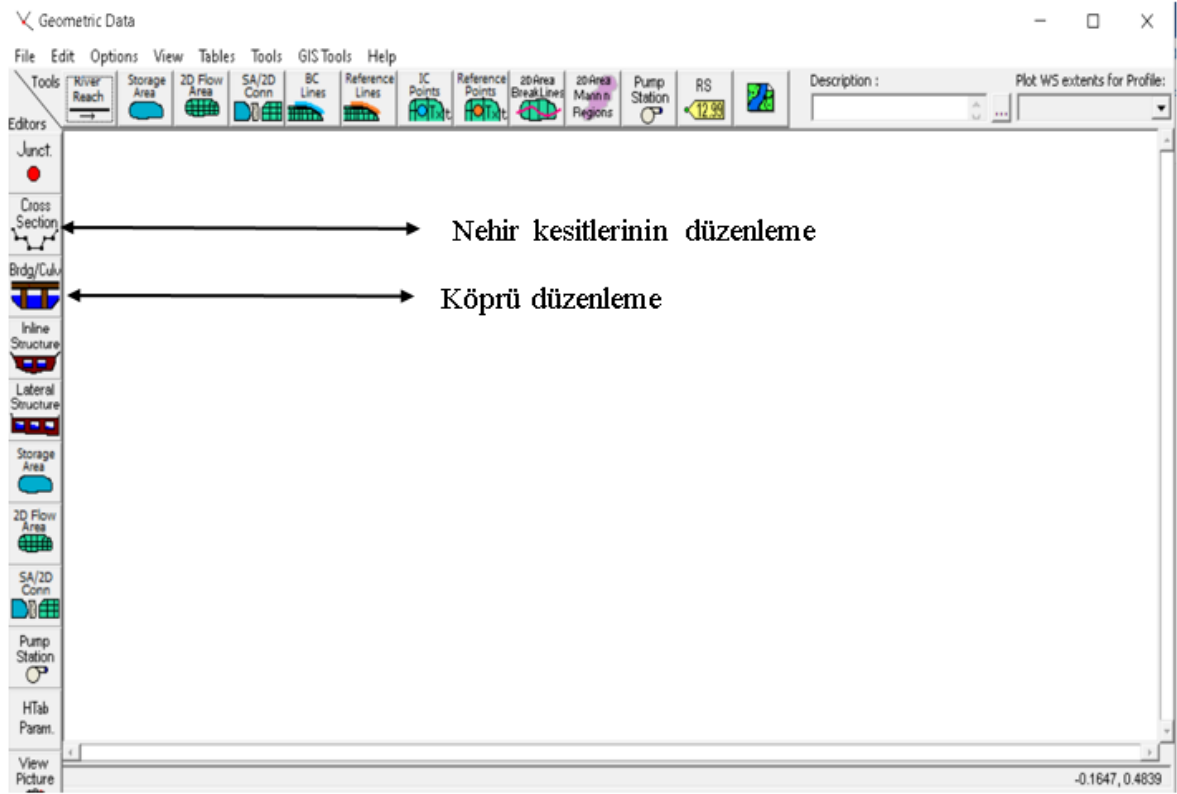


Şekil 15. Çalışmadan alınmış köprü ve kesitlerinin haritada görünüşü

Tablo 4. Çalışmada tanımlanan köprülerin Karadeniz'den uzaklığı ve genişliği

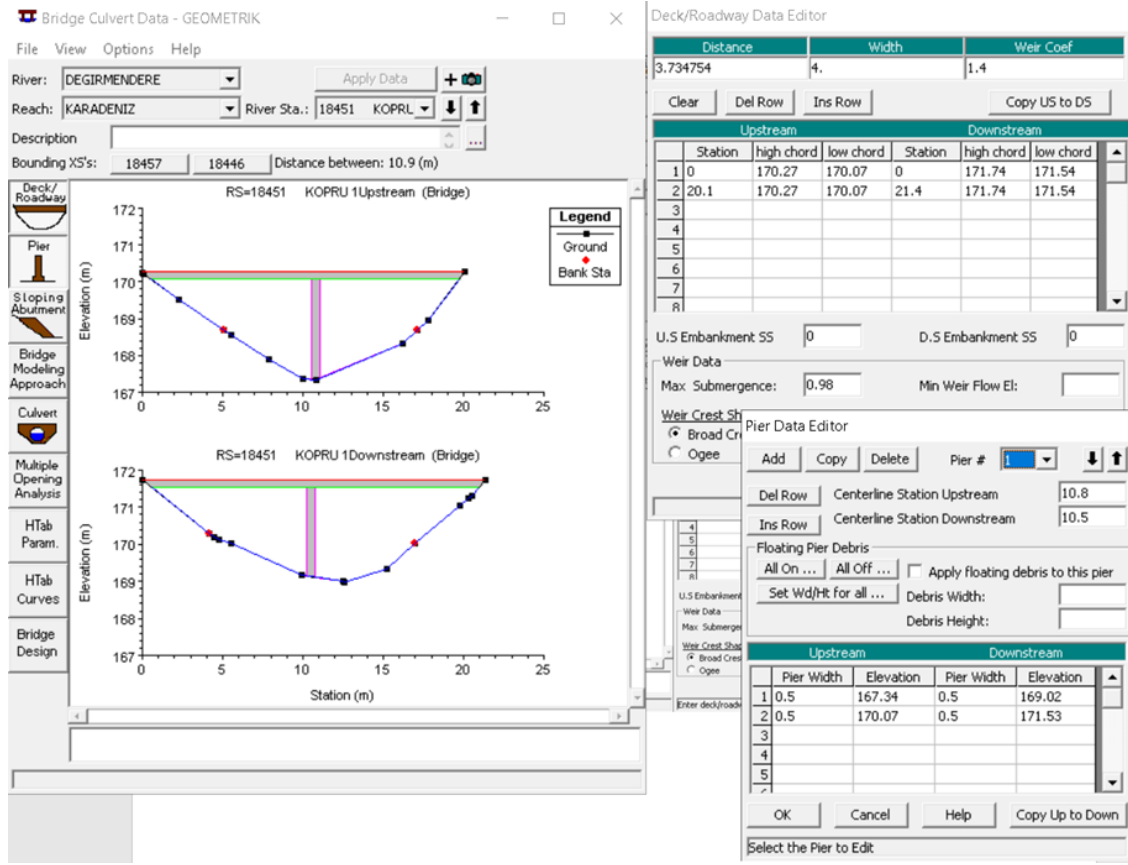
Köprü No	Uzaklık (m)	Genişlik (m)
1	18451	4
2	16319	3
3	14163	5
4	12787	5
5	11179	7
6	9496	8
7	8631	3
8	8328	6
9	7358	5
10	6368	8
11	5053	6
12	4262	4
13	4137	22
14	3827	5
15	2797	10
16	2137	3
17	1687	15
18	1504	5
19	603	6
20	511	30
21	90	30

Çalışmada köprüler ve kesitleri RAS Mapper'de çizildikten sonra HEC-RAS'ın ana menüsündeki geometrik veri düzenleme aracından köprü/menfezler sekmesi kullanılarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır (Şekil 16).

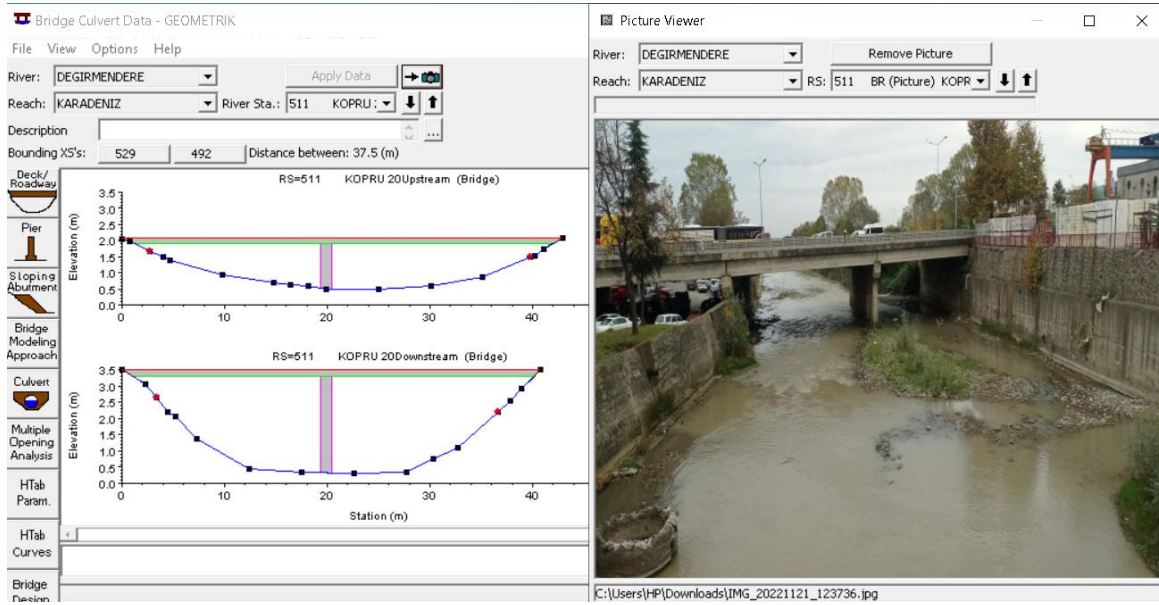


Şekil 16. Geometrik veri düzenlemede 1B köprü ve nehir kesitlerinin düzenlenmesi

Şekil 17’de köprü düzenlemede köprü iskelesi ve köprü özelliklerinin düzenlenmesi ve Şekil 18’de ise Değirmendere tarihi köprüsünün mansabında bulunan köprünün kesiti görülmektedir.



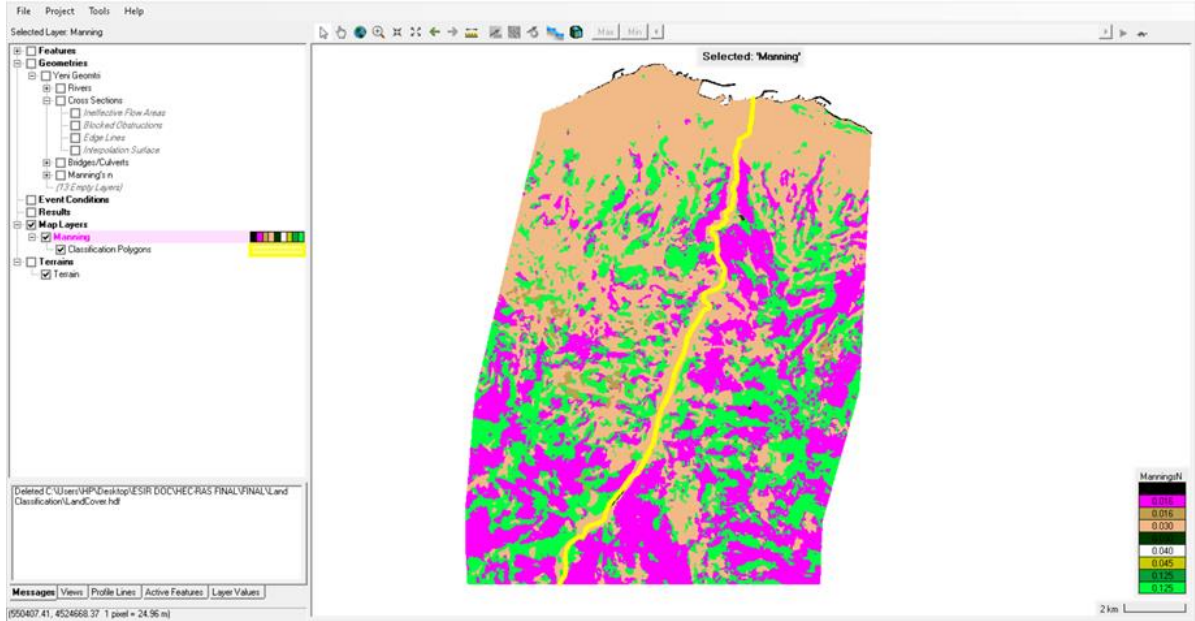
Şekil 17. Köprü düzenlemede köprü iskelesi ve köprü özelliklerinin düzenlenmesi



Şekil 18. Değirmendere tarihi köprüsünün mansabında bulunan köprüünün kesiti

2.3.3. Pürüzlülük Katsayısının Tanımlanması

Birinci Bölümde Tablo 1’de sunulan pürüzlülük katsayılarının tanımlandığı alanlar ve sayısal değerleri kullanılarak üretilen Manning pürüzlülük haritası Şekil 19’da gösterilmiştir.



Şekil 19. Çalışma bölgesinde oluşturulan Manning haritasındaki n pürüzlülük katsayıları

2.3.4. Kararlı Akım Modelleme

Geometrik veriler tamamen belirlendikten sonra HEC-RAS’ı çalıştırmak üzere akım tipi seçilmiştir. Bu çalışmada, kararlı akıma göre taşkın modelleme yapılmıştır. Kararlı akıma göre taşkın modelleme yapmak için, akış tipi HEC-RAS ana menüsünden düzenleme kısmından kararlı akım seçilmiştir. Kararlı akış verileri giriş penceresi Şekil 20’deki gibi görünmektedir.

Steady Flow Data

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates
	River	Reach	RS	PF 1
1				

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Şekil 20. Kararlı akış verileri giriş penceresi

Önceden hesaplanmış taşkın pik debilerine göre dokuz profil (tekerrür sürelerine göre) ve ayrıca 1990 yılında yaşanan büyük taşkın debisi için taşkın modelleme yapılmıştır. Böylece, 10 profil (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür sürelerine ait debileri ve 1990 yılı debisi) girilmiş ve her profil adı tekerrür sürelerine göre adlandırılmıştır. Nehrin adı Değirmendere ve nehrin eriştiği son nokta da Karadeniz olarak adlandırılmıştır. Kararlı akım veri girişinden sonra pencere Şekil 21'deki gibi görünmektedir.

Steady Flow Data - KARARLI AKIM

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates					
	River	Reach	RS	2 YIL	5 YIL	10 YIL	25 YIL	50 YIL	100 YIL
1	DEGIRMENDERE	KARADENIZ	18625	90.2	126.91	155.28	195.65	228.8	264.6

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Steady Flow Data - KARARLI AKIM

File Options Help

Description :

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max): Reach Boundary Conditions ...

Locations of Flow Data Changes

River: Add Multiple...

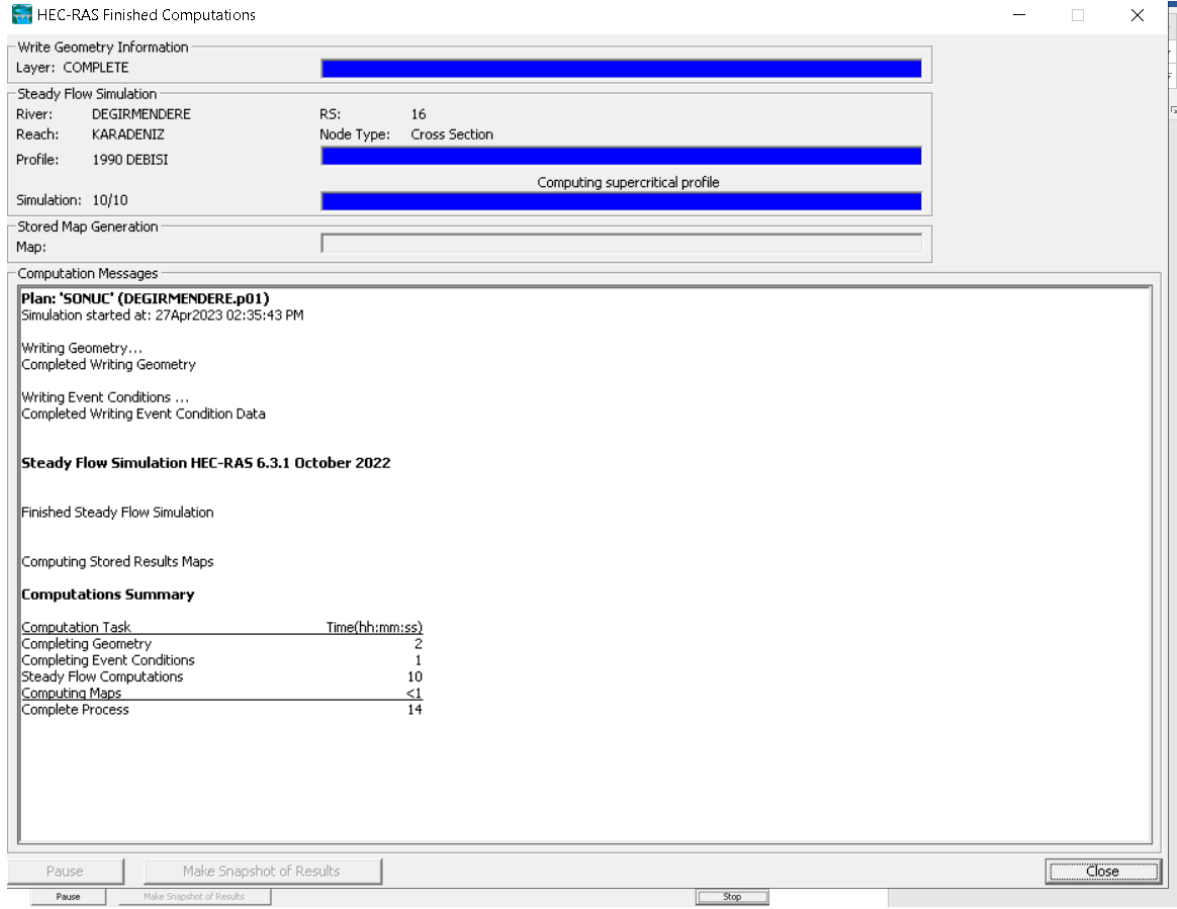
Reach: River Sta.: Add A Flow Change Location

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates					
	River	Reach	RS	50 YIL	100 YIL	200 YIL	500 YIL	1000 YIL	1990 DEBISI
1	DEGIRMENDERE	KARADENIZ	18625	228.8	264.6	303.13	358.76	404.52	610

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Şekil 21. Kararlı akım penceresinin akım verileri girildikten sonraki görünümü

Geometrik verilerin tanımlanması ve gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra istenilen sonuçları bulmak için HEC-RAS çalıştırılmıştır. Bu da HEC-RAS ana menüsünden kararlı akım seçilerek “Run” komutu çalıştırılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. HEC-RAS'ın çalıştırılması

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Çeşitli Tekerrür Sürelerine Ait Taşkın Debilerinin Tahmini

3.1.1. Noktasal Taşkın Pik Debilerinin Belirlenmesi

Noktasal taşkın frekans analizi kapsamında verilere ait uygun dağılımı belirlemek için Kikare (χ^2) testi ve olasılık çizgileri korelasyon testi uygulanmıştır. Dağılım uygunluk sonuçları ayrıca EasyFit programı ile de kontrol edilmiştir.

3.1.1.1. Kikare (χ^2) Uyum Testi

Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına uygulanan Kikare testi sonucunda Öğütlü AGİ yıllık maksimum debileri Gumbel dağılımına uygun çıkmıştır. Aşağıda sadece bu uygun dağılım için yapılan test sonuçları verilmiş olup diğer dağılımların test sonuçları EKLER’de sunulmuştur.

Gumbel dağılımına göre Kikare uyum testi yapılırken, Öğütlü AGİ’nin 27 yıl gözlem süresi için Y_n ve S_n değerleri EK Tablo 4’ten okunmuştur. Okunan değerler ve diğer istatistik parametreler ise Tablo 5’te görülmektedir.

Tablo 5. Gumbel dağılımı için Öğütlü AGİ istatistik parametreler

Gözlem süresi, N	27
Y_N	0.533
S_N	1.1
Ortalama	101.689
Standart sapma	38.656

Tablo 6. Gumbel dağılımına göre χ^2 hesap tablosu

Debi(m ³ /s)	55,5≤Q<85,2	85,2≤Q<114,9	114,9≤Q<144,6	144,6≤Q<174,3	174,3≤Q<240
O _i	12	7	4	3	1
x ₁	55.5	85.2	114.9	144.6	174.3
x ₂	85.2	114.9	144.6	174.3	204
P ₁	0.115631292	0.390937955	0.66439027	0.836934717	0.925430084
P ₂	0.390937955	0.66439027	0.836934717	0.925430084	0.966824438
P _i = P ₂ -P ₁	0.275306663	0.273452315	0.172544447	0.088495367	0.041394354
e _i = N*P _i	7.433279906	7.383212504	4.658700072	2.389374902	1.117647556
(O _i -e _i)/e _i	2.805616455	0.019889963	0.093134518	0.156050442	0.012384
$\chi^2_h = \sum_{i=1}^m \left[\frac{(O_i - e_i)^2}{e_i} \right] = 3,0871$					

Tablo 7. Gumbel dağılımına göre χ^2 sonuç değerlendirme tablosu

Kabul olasılığı	0,10	0,05	0,025	0,01
χ^2 (EK Tablo 2'ye göre)	4,605	5,991	7,378	9,210
Sonuçlar ($x_h^2 > x_t^2, x_t^2$)	Kabul	Kabul	Kabul	Kabul

Elde edilen sonuçlara göre Gumbel dağılımı, 0,10, 0,05, 0,025 ve 0,01 anlamlılık dereceleri için kabul edilebilir çıkmaktadır (Tablo 7).

3.1.1.2. Olasılık Çizgileri Korelasyon Testi

Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına uygulanan olasılık çizgileri korelasyon testi sonucunda da Öğütlü AGİ yıllık maksimum debileri Gumbel ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına uygun çıkmıştır. Aşağıda sadece Log-Pearson dağılımı için yapılan test sonuçları verilmiş olup diğer dağılımların test sonuçları EK 1'de sunulmuştur.

Olasılık çizgileri korelasyon testi için öncelikle değerler küçükten büyüğe sıralanmış ve her bir verinin aşılma olasılığı hesaplanmıştır. Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının ortalama değerleri, standart sapması ve çarpıklık katsayısı:

$$\overline{\log X} = \frac{\sum \log x}{N} = \frac{53,4307}{27} = 1,979$$

$$\sigma_{\log x} = \sqrt{\frac{\sum (\log x - \overline{\log x})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{0,65161}{26}} = 0,15831$$

$$C_s = 0.277$$

Aşağıdaki denklem kullanılarak Tablo 8'deki Logx değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Log}x = \overline{\log x} + k * \sigma_{\log x} = 1,979 + 0,15931 * K$$



Tablo 8. Log-Pearson Tip III dağılımı için olasılık çizgileri korelasyon testi

X	Logx	i	P _i	K	$e_i = \overline{\log X} + K * \sigma_{\log x}$	O _i	e _i *O _i
55.5	1.74429	1	0.02206	-2.04	1.6560476	1.744292983	2.88863
56	1.74819	2	0.05882	-1.794	1.616687926	1.748188027	2.82627
58	1.76343	3	0.09559	-1.549	1.670005071	1.763427994	2.94493
60	1.77815	4	0.13235	-1.303	1.723539837	1.778151250	3.06471
61.5	1.78888	5	0.16912	-1.058	1.776856982	1.788875116	3.17858
70	1.84510	6	0.20588	-0.836	1.825168844	1.845098040	3.36762
72.7	1.86153	7	0.24265	-0.737	1.846713323	1.861534411	3.43772
79	1.89763	8	0.27941	-0.639	1.868040181	1.897627091	3.54484
79.9	1.90255	9	0.31618	-0.54	1.88958466	1.902546779	3.59502
80	1.90309	10	0.35294	-0.441	1.911129139	1.903089987	3.63705
81	1.90849	11	0.38971	-0.342	1.932673618	1.908485019	3.68848
83.2	1.92012	12	0.42647	-0.244	1.954000476	1.920123326	3.75192
85.4	1.93146	13	0.46324	-0.145	1.975544955	1.931457871	3.81568
87.2	1.94052	14	0.50000	-0.046	1.997089434	1.940516485	3.87538
90	1.95424	15	0.53676	0.061	2.020374881	1.954242509	3.94830
97.2	1.98767	16	0.57353	0.167	2.043442707	1.987666265	4.06168
109	2.03743	17	0.61029	0.274	2.066728154	2.037426498	4.21081
111	2.04532	18	0.64706	0.381	2.090013601	2.045322979	4.27475
113	2.05308	19	0.68382	0.488	2.113299048	2.053078443	4.33877
129	2.11059	20	0.72059	0.594	2.136366874	2.110589710	4.50899
135	2.13033	21	0.75735	0.701	2.159652321	2.130333768	4.60078
138	2.13988	22	0.79412	0.808	2.182937768	2.139879086	4.67122
139	2.14301	23	0.83088	0.974	2.219062854	2.1430148	4.75548
147	2.16732	24	0.86765	1.147	2.256711287	2.167317335	4.89101
158	2.19866	25	0.90441	1.346	2.300017866	2.198657087	5.05695
166	2.22011	26	0.94118	1.674	2.371397554	2.220108088	5.26476
204	2.30963	27	0.97794	2.162	2.477596602	2.309630167	5.72233
$r = \frac{\sum (e_i o_i) - N \bar{e}_i \bar{o}_i}{NS_{e_i} S_{o_i}} = 0,951$							
α				0.01		0.05	
r_α (EK Tablo 12)				0.915		0.949	
Sonuç				Kabul		Kabul	

Elde edilen sonuçlara göre Log-Pearson Tip III dağılımı 0,01 ve 0,05 anlamlılık dereceleri için kabul edilebilir çıkmaktadır (Tablo 8).

3.1.1.3. EasyFit ile Dağılım Uygunluk Testi

Öğütlü AGİ yıllık maksimum debilerin noktasal frekans analizinde, dizilere en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu EasyFit programı ile de belirlenmiştir. Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına ait parametre sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur. Programın yaptığı analizler neticesinde veriler için Gumbel en uygun dağılım olarak belirlenmiştir

Tablo 9. Öğütlü AGİ EasyFit ile edilen dağılım parametreleri

İstasyon No. D22A086	Parametreler	
Gumbel	k	0,073
	σ	29,08
	μ	82,65
2 parametrelili Log-Normal	k	0,073
	σ	29.08
	μ	82.65
3 parametrelili Log-Normal	σ	0.68
	μ	3.88
	γ	41.77
Log-Pearson Tip III	α	52.26
	β	0.05
	γ	1.92
		82.65

3.1.1.4. En Uygun Dağılıma Göre Noktasal Taşkın Pik Debinin Hesabı

Öğütlü AGİ noktasal pik debi tahmini için uygulanmış olan uyum testlerine göre Gumbel dağılımı veriler için en uygun dağılım olarak seçilmiştir. Bu dağılım fonksiyonunun parametreleri için kullanılan denklemlerden faydalanarak T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın pik debileri hesaplanmıştır. Verilerin ortalama değeri 101,689; standart sapması 38,656, olarak elde edilirken; Y_n değeri 0.533 ve S_n değeri 1,1 olarak EK Tablo 4’ten okunmuştur. Bu dağılıma göre yapılan hesaplar Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Öğütlü AGİ verileri Log-Pearson Tip III dağılımına göre hesaplanan debiler

T	K	Q_T (m ³ /s)
2	-0.15135	95.83835
5	0.879	135.6673
10	1.5612	162.0382
25	2.4232	195.3594
50	3.06267	220.0786
100	3.69741	244.6149
200	4.3298	269.0604
500	5.16418	301.3139
1000	5.795	325.6987

3.1.2. Bölgesel Taşkın Frekans Analizi ile Debi Hesabı

3.1.2.1. Olasılık Ağırlıklı Momentler, L-Momentler, L-Moment Oranları Belirleme ve Homojenlik Analizi

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarından yola çıkılarak, olasılık ağırlıklı momentler hesaplanmıştır. Bunların yardımıyla da L-momentler bulunmuştur. Hesaplar Excel ile yapılmış olup sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. İstasyonların olasılık ağırlık momentleri ve L-momentleri

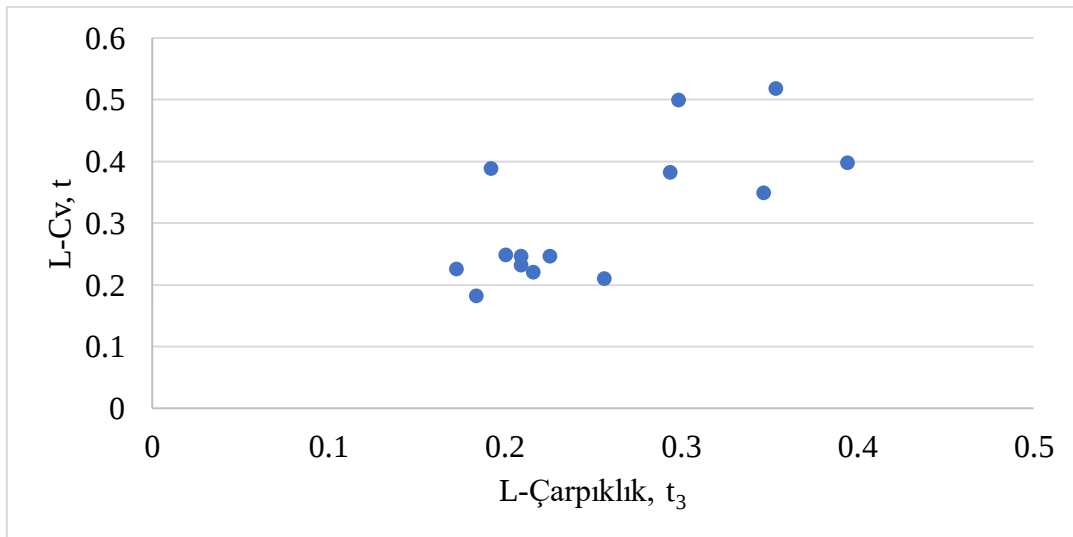
İst, No	$M_{100}(L_1)$	M_{110}	M_{120}	M_{130}	M_{140}	L_2	L_3	L_4	L_5
2202	94.85	58.12	43.19	34.93	29.62	21.39	5.27	5.59	1.88
2206	91.29	54.8	40.34	32.47	27.46	18.31	4.56	5.34	3.1
22-07	27.41	16.57	12.23	9.83	8.28	5.74	1.33	1.13	0.32
2228	83.13	55.99	43.81	36.71	31.98	28.84	10.09	8.61	5.4
22-34	52.32	33.85	26.11	21.72	18.84	15.37	5.88	5.04	2.97
22-44	58.88	35.1	26.02	21.15	18.08	11.32	4.4	4.79	2.77
2251	98.47	58.3	42.44	33.77	28.23	18.12	3.3	3.34	0.7
22-52	92.68	54.33	39.49	31.39	26.23	15.99	3.61	2.51	0.91
22-27/57	37.56	23.6	17.68	14.26	11.99	9.64	2.03	0.48	-0.2
22-59	26.83	18.16	14.51	12.38	10.95	9.49	4.92	3.44	2.62
22-61/101	43.24	28.08	21.95	18.5	16.23	12.92	6.45	5.28	3.05
D22A086	101.69	61.84	45.7	36.67	30.8	21.99	4.85	2.71	0.93
22-88/97	17.57	10.62	7.85	6.31	5.31	3.68	0.91	0.63	0.35
D22A105	161.76	112.78	90.06	76.39	67.07	63.8	25.41	17.65	12.02

L-momentler vasıtasıyla L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü (D_i) değerleri elde edilmiştir ve sonuçlar Tablo 12’de sunulmuştur. Uyumsuzluk ölçüsü analizinde, seçilmiş olan 14 adet istasyon için D_i kritik değer şartının sağlandığını görülmüştür.

Tablo 12. Dağılımların L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü (D_i) değerleri

İst. No	t	t_3	t_4	t_5	D_i
2202	0.2255	0.2464	0.2614	0.0878	0.63
2206	0.2006	0.2491	0.2914	0.1691	0.89
22-07	0.2094	0.2326	0.1965	0.0549	0.19
2228	0.3469	0.3499	0.2986	0.1871	1.4
22-34	0.2939	0.3822	0.3278	0.193	0.22
22-44	0.1922	0.3887	0.4235	0.2447	1.79
2251	0.184	0.182	0.1841	0.0388	0.62
22-52	0.1725	0.2256	0.1572	0.0572	0.84
22-27/57	0.2566	0.2105	0.0499	-0.0212	1.64
22-59	0.3539	0.5186	0.3619	0.2757	1.7
22-61/101	0.2987	0.4997	0.4088	0.2359	1.4
D22A086	0.2163	0.2205	0.1233	0.0424	0.6
22-88/97	0.2092	0.2464	0.1707	0.0955	0.35
D22A105	0.3944	0.3983	0.2767	0.1885	1.72

İstasyonların L-moment oranları (L-cv, L-çarpıklık, L-basıklık) bir noktanın üç boyutlu koordinatları olarak tanımlandığında ve tanımlanan bu noktaların L-cv ve L-çarpıklık değerleri grafikte karşılıklı olarak noktalandığında oluşan grup Şekil 23'te görülmektedir. Şekilde yatay eksen L-çarpıklık (t_3) ve dikey eksen L-cv (t)'yi göstermektedir.



Şekil 23. İstasyonların uyumsuzluk ölçüsüne göre dağılımı

Heterojenlik ölçüsü için kullanılan XTEST programı için tüm istasyona ait gözlem süresi (n), Q_{ort} , t , t_3 ve t_4 değerleri sırayla yazılmış ve program için girdi dosyası hazırlanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen V_1 , V_2 ve V_3 'e göre hesaplanan H_1 , H_2 ve H_3 değerlerinden, homojen ve heterojen bölgelerin ayrımında daha güçlü olmasından dolayı H_1 dikkate alınmıştır. 14 istasyon için uygulanan heterojenlik testi sonucunda, $H_1=1,75$ değerinin $1 < H_1 < 2$ aralığında kalarak bölgenin muhtemelen homojen olma koşulu sağlanmıştır. Elde edilen H_i değerleri, Tablo 13'te görülmektedir. Özet olarak, uygunluk ölçüsü testleri doğrultusunda, 14 istasyonun kendi içinde homojen bir bölgeyi temsil ettiği kabul edilmiştir.

Tablo 13. Havzanın heterojenlik ölçüsü

Heterojenlik ölçüsü (simülasyon sayısı=500)	
Gözlenen değerlerin grup L-C _v 'lerinin standart sapması	0.0621
Grup L-C _v 'lerinin standart sapmasının simülasyon ortalamaları	0.0417
Grup L-C _v 'lerinin standart sapmasının simülasyonlarının standart sapması	0.0116
Standartlaştırılmış H_1 değerleri	1.75
Gözlenmiş ortalamanın L-C _v /L-C _s mesafesi	0.1051
Ortalama L-C _v /L-C _s mesafesinin simülasyon ortalaması	0.1013
Ortalama L-C _v /L-C _s mesafesinin simülasyon standart sapması	0.0211
Standartlaştırılmış H_2 değerleri	0.18
Gözlenmiş ortalamanın L-C _s /L-C _k mesafesi	0.1239
Ortalama L-C _s /L-C _k mesafesinin simülasyon ortalaması	0.1295
Ortalama L-C _s /L-C _k mesafesinin simülasyon standart sapması	0.0264
Standartlaştırılmış H_3 değerleri	-0.21

XTEST yazılımı ile hesaplanan H değerlerinin H_2 ve H_3 bakıldığında 1.00 değerinden küçük olduğu görülmektedir. H_1 değerine göre de bölge kabul edilebilir derecede homojendir.

3.1.2.2. Uygun Dağılımların Belirlenmesi

XTEST yazılımı sonucunda elde edilen uygun dağılımlar Z ölçüsü değerine göre seçilmiştir. Dağılım uygun testleri genelleştirilmiş lojistik, genelleştirilmiş ekstrem değer, genelleştirilmiş normal, Pearson Tip III ve genelleştirilmiş Pareto dağılımları için yapılmıştır.

Tablo 14. Uygunluk Testi Sonuçları

Genelleştirilmiş lojistik	L-Basıklık= 0.242	Z =-1.35*
Genelleştirilmiş ekstrem değer	L-Basıklık= 0.215	Z =-2.24
Genelleştirilmiş normal	L-Basıklık= 0.194	Z =-2.95
Pearson Tip III	L-Basıklık= 0.157	Z =-4.17
Genelleştirilmiş Pareto	L-Basıklık= 0.142	Z =-4.66

Uygunluk testi sonuçlarına göre Z değerlerinin yanında yıldız olan testi geçmiş yani $|Z| \leq 1.64$ şartını sağlamıştır.

Tablo 14'te göre sıfıra en yakın Z değerine sahip olan dağılımın genelleştirilmiş lojistik (GLO) dağılımı olduğu görülmektedir. Tablo 15'te bu dağılıma ait yer, şekil ve ölçek parametreleri sunulmuştur.

Tablo 15. GLO dağılımına ait parametre tahminleri (%90 kabul edilebilir düzeyde)

Bölgesel parametreler					
ζ (yer parametresi)		α (ölçek parametresi)		k (şekil parametresi)	
0.883		0.212		-0.301	
Yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler					
2	5	10	20	100	200
0.883	1.248	1.543	1.888	2.986	3.642

3.1.2.3. Taşkın Debilerinin Tahmini

Z testine göre bölge için en uygun dağılım olarak belirlenen GLO dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler XTEST programından hesaplanmıştır. Tablo 16'deki bu karakteristik değerlerin doğruluğu Monte Carlo benzeşimi ile kontrol edilmiştir. Bu değerlerin doğruluğunun tespiti için her bir istasyonun taraflılık (BIAS) ve ortalama en küçük hata (RMSE) parametreleri hesaplanmıştır. Güvenilirlik aralığının alt ve üst sınır değerleri (%5 ve %95), bulunan bölgesel gelişim eğrisi değerinin XSIM programında bulunmuş olan %5 ve %95 aşılıma olasılığına karşılık gelen değere bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri EK Tablo 16'da ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri EK Tablo 17'de gösterilmiştir.

Tablo 16. İstasyonlar için çeşitli tekerrür sürelerine karşılık gelen karakteristik değerler

Kuantil	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
T	2	5	10	25	50	100	200	500	1000
İstasyonlar	Karakteristik Değerler								
2202	0.882	1.258	1.55	1.964	2.304	2.67	3.065	3.635	4.105
2206	0.895	1.23	1.489	1.857	2.16	2.486	2.837	3.344	3.762
22-07	0.891	1.24	1.51	1.895	2.211	2.551	2.918	3.447	3.883
2228	0.819	1.397	1.846	2.482	3.006	3.569	4.177	5.054	5.777
22-34	0.846	1.336	1.716	2.256	2.699	3.177	3.692	4.435	5.047
22-44	0.9	1.22	1.468	1.821	2.111	2.424	2.76	3.246	3.647
2251	0.904	1.211	1.448	1.786	2.064	2.363	2.685	3.15	3.534
22-52	0.91	1.197	1.42	1.737	1.997	2.278	2.58	3.016	3.375
22-27/57	0.866	1.294	1.625	2.096	2.483	2.901	3.35	3.999	4.533
22-59	0.815	1.405	1.863	2.512	3.046	3.621	4.242	5.136	5.873
22-61/101	0.844	1.342	1.728	2.276	2.727	3.212	3.736	4.491	5.113
D22A086	0.887	1.248	1.527	1.924	2.25	2.602	2.981	3.528	3.978
22-88/97	0.891	1.239	1.51	1.894	2.209	2.549	2.916	3.445	3.881
D22A105	0.794	1.451	1.961	2.685	3.28	3.921	4.612	5.609	6.431

Her bir istasyon için T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıl tekerrür sürelerine göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla debi değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 18’de gösterilmiştir.

Tablo 17. İstasyonların çeşitli tekerrür sürelerine göre taşkın debileri

İst.	Q _{ort.} (m ³ /s)	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
		Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
2202	94.8	83.6	119.3	147.1	186.3	218.5	253.2	290.7	344.8	389.3
2206	91.2	81.7	112.3	135.9	169.5	197.2	226.9	258.9	305.3	343.4
22-07	27.4	24.4	33.9	41.4	51.9	60.6	69.9	79.9	94.5	106.4
2228	83.1	68.1	116.1	153.4	206.3	249.9	296.7	347.2	420.1	480.2
22-34	52.3	44.2	69.9	89.8	118.1	141.2	166.2	193.2	232	264.1
22-44	58.9	52.9	71.8	86.4	107.2	124.3	142.7	162.5	191.1	214.7
2251	98.5	89.1	119.2	142.6	175.9	203.2	232.6	264.4	310.2	348
22-52	92.7	84.3	110.9	131.6	160.9	185.1	211.1	239.1	279.5	312.8
22-27/57	37.5	32.5	48.6	61.1	78.7	93.2	108.9	125.8	150.2	170.3
22-59	26.8	21.8	37.7	49.9	67.4	81.7	97.1	113.8	137.8	157.5
224-61/101	43.2	36.5	58.1	74.7	98.4	117.9	138.9	161.5	194.2	221.1
D22A086	101.7	90.2	126.9	155.3	195.6	228.8	264.5	303.1	358.7	404.5
22-88/97	17.5	15.6	21.8	26.5	33.3	38.8	44.8	51.2	60.5	68.2
D22A105	161.7	128.4	234.7	317.2	434.3	530.5	634.2	746	907.3	1040

3.1.3. Taşkın Debilerinin Seçimi

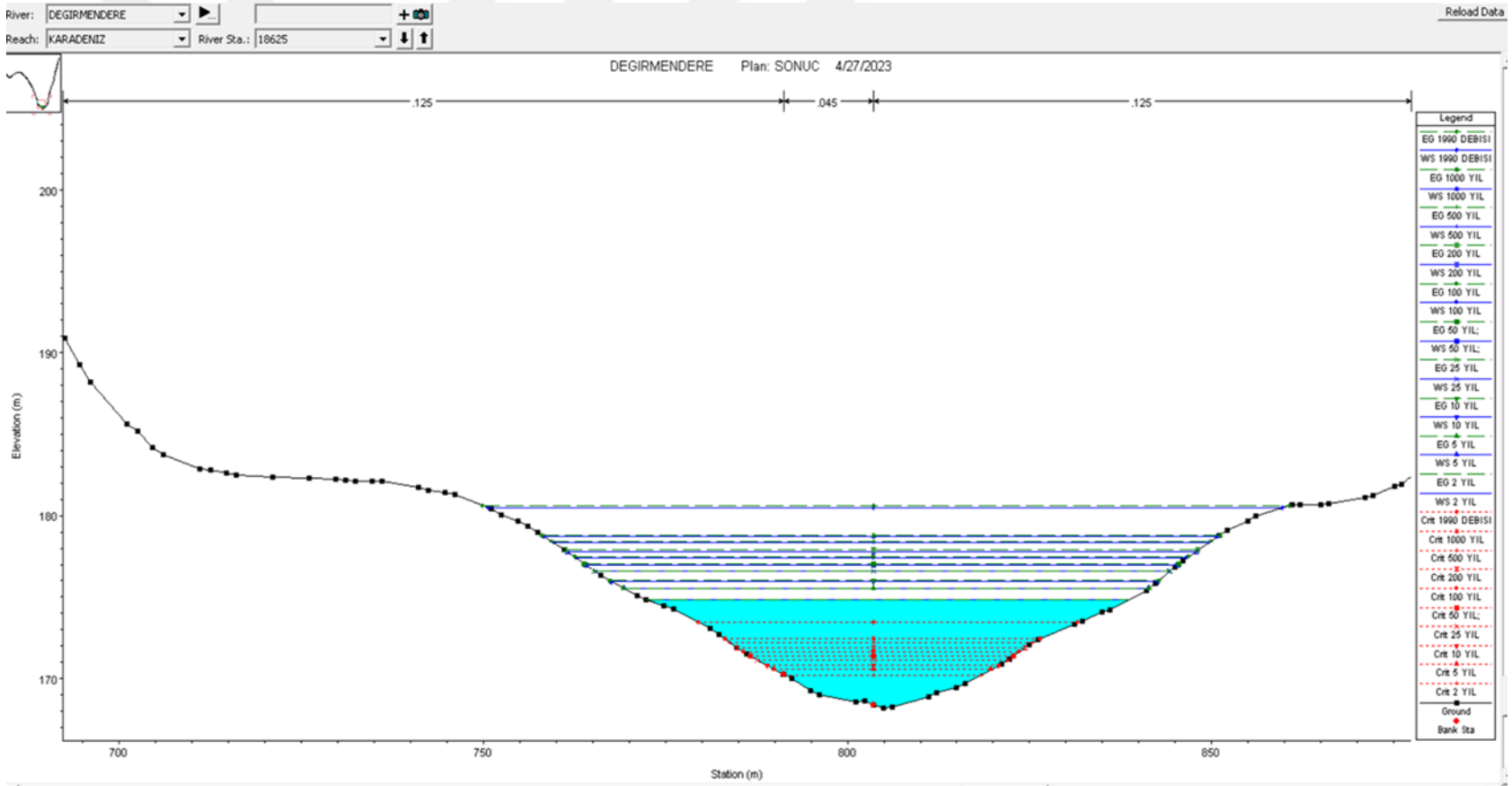
T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debisi hesapları için noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizinden bulunan değerler Tablo 18’de özetlenmiştir. Modellemede kullanılmak üzere bölgesel taşkın frekans analizinden elde edilen debiler seçilmiştir.

Tablo 18. Noktasal ve bölgesel frekans analizi sonucu hesaplanan debiler

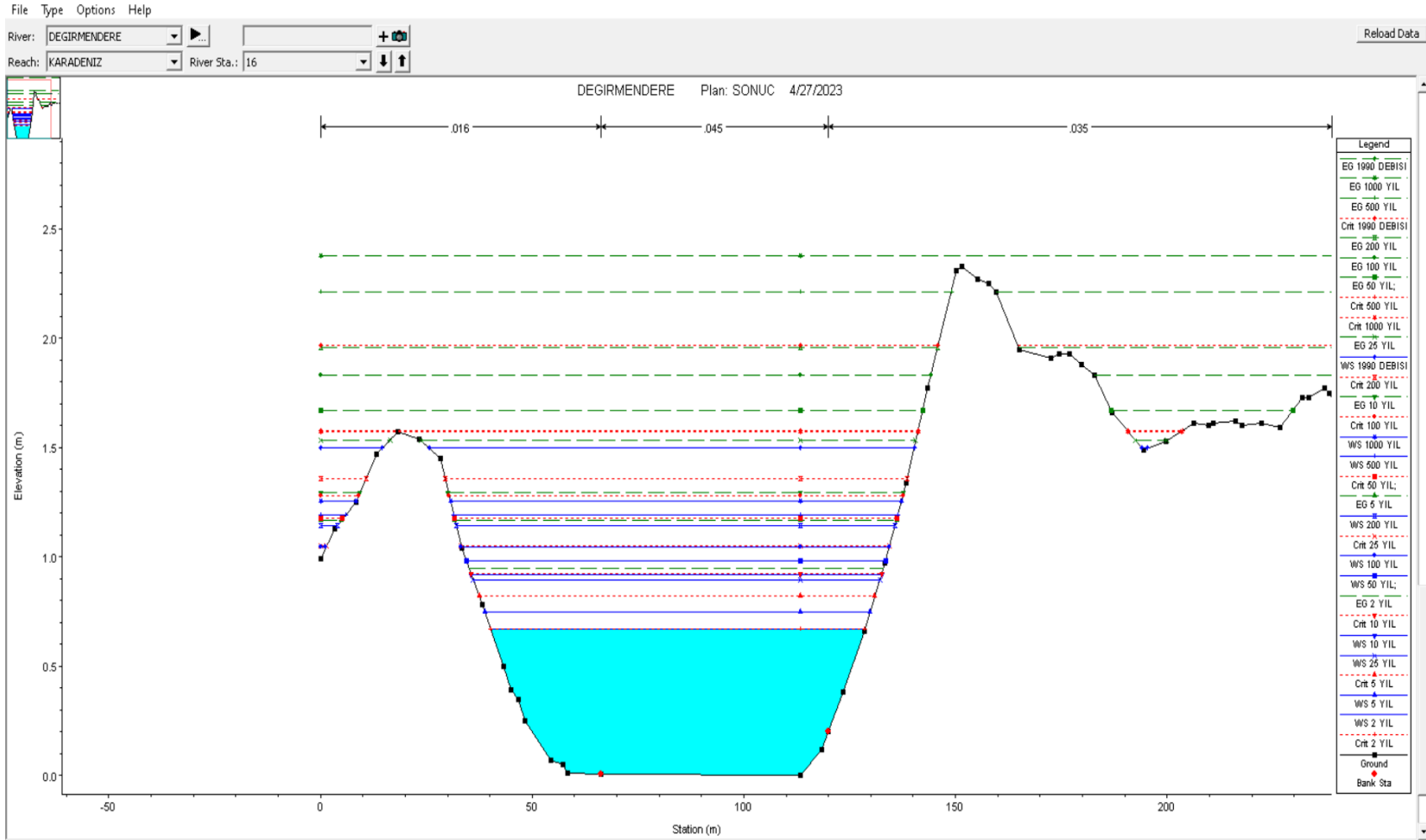
Tekerrür Süresi (yıl)	Debi (m ³ /s)	
	Noktasal	Bölgesel (L-moment)
2	95.84	90.2
5	135.67	126.91
10	162.03	155.28
25	195.36	195.65
50	220.08	228.8
100	244.62	264.6
200	269.06	303.13
500	301.31	358.76
1000	325.69	404.52

3.2. HEC-RAS ile Taşkın Modelleme Analizi

Hidrolojik analizlerin tamamlanmasının ardından, her bir tekerrür süresindeki debi değerlerine göre kesitlerde meydana gelecek su yüzü seviyeleri belirlenmiştir. HEC-RAS çalıştırıldıktan sonra nehrin ilk ve son kesitlerinin farklı tekerrür süreli debilere göre görünüşü Şekil 24 ve Şekil 25’te sunulmuştur. Bu kesitler su seviyelerine göre karşılaştırıldığında, nehrin son kesitindeki su seviyesinin daha yüksek olduğu gözükmemektedir.



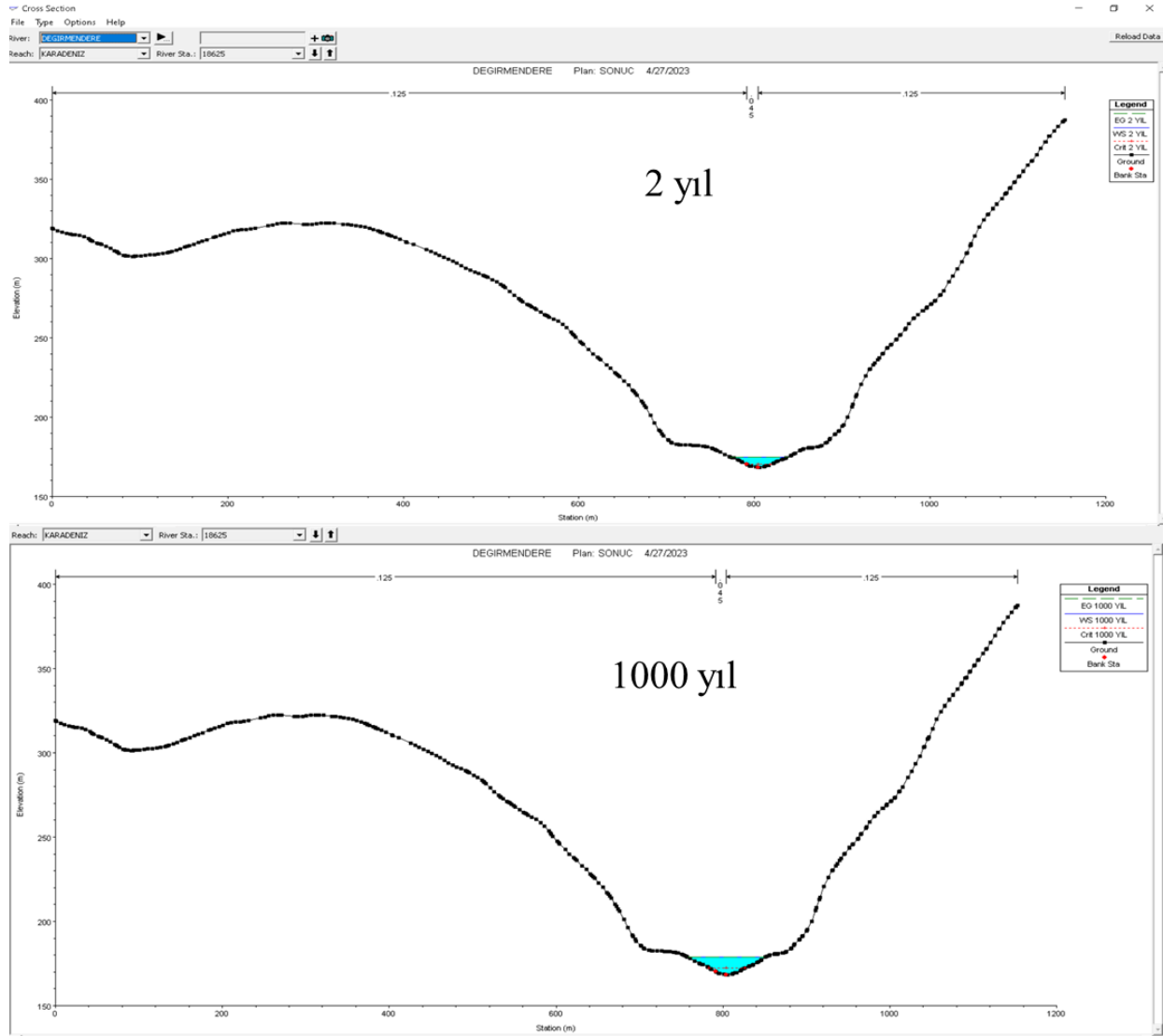
Şekil 24. Nehrin ilk kesitin farklı tekerrür süreli debilere göre görünüşü



Şekil 25. Nehrin son kesitin farklı tekerrür süreli debilere göre görünüşü

Tüm kesitlerin nehir boyunca su yüzü profilleri değerlendirildiğinde, Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} ve Q_{100} tekerrür süreleri için nehir kıyısına su taşınabileceği gözlenmişken, Q_{200} , Q_{500} , Q_{1000} tekerrür süreli debiler ve 1990 yılı maksimum debisinin su yüzü profillerinin nehir kıyısı üstüne çıktığı gözlemlenmiştir.

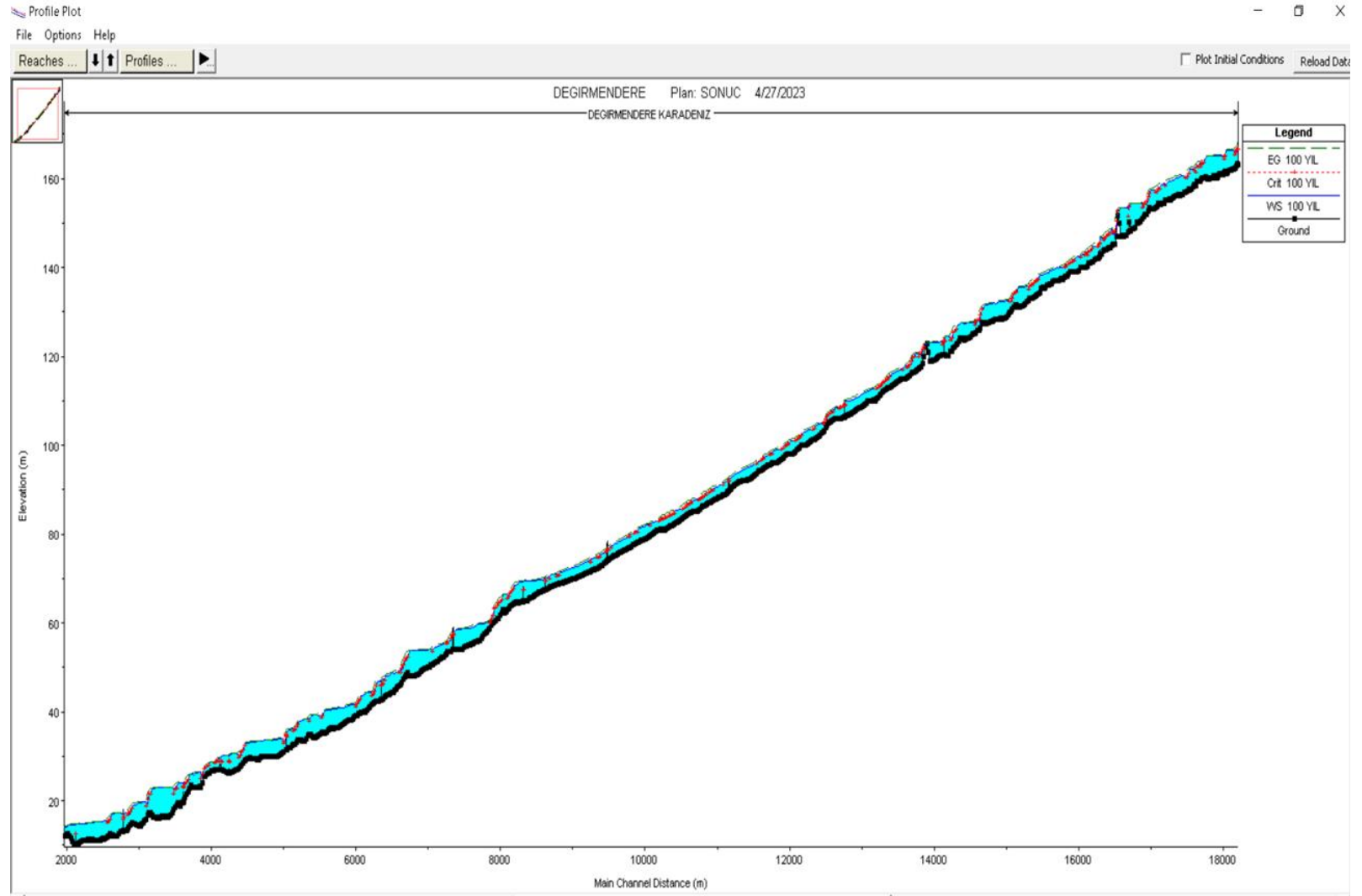
Örnek olarak Q_2 ve Q_{1000} debilerine göre ilk kesitin su seviyesi görünüşü Şekil 26'da sunulmuştur.



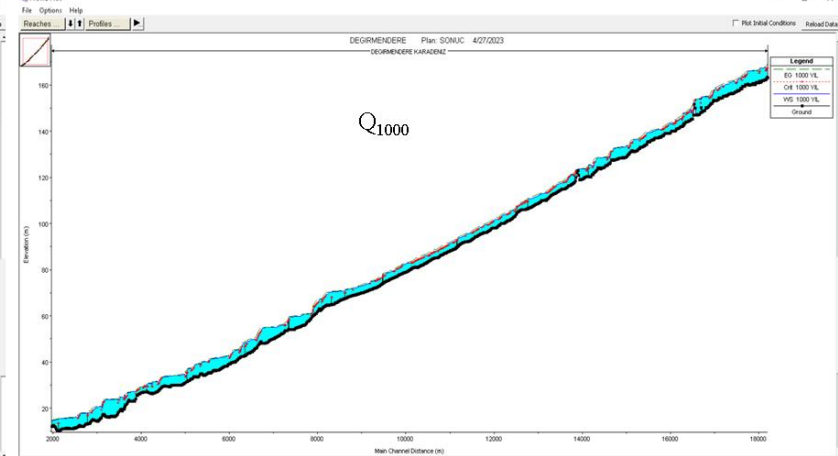
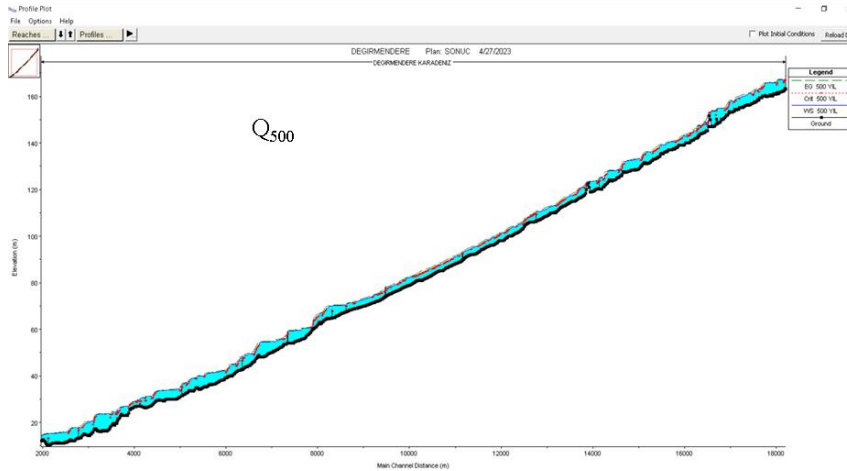
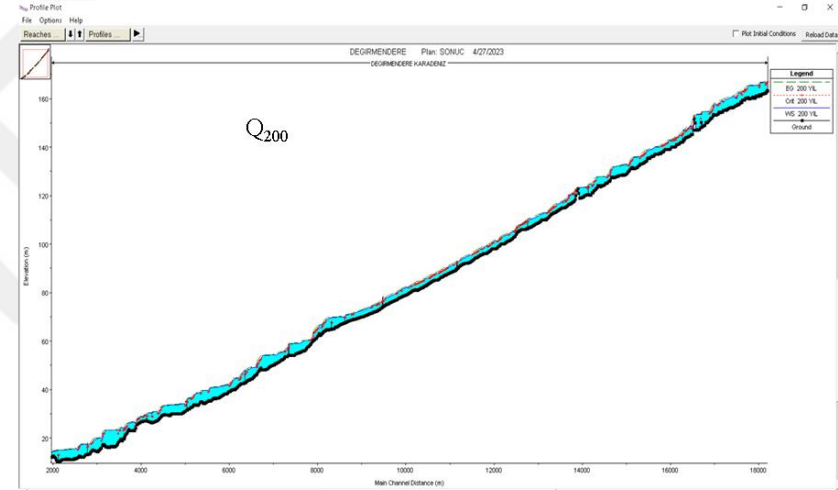
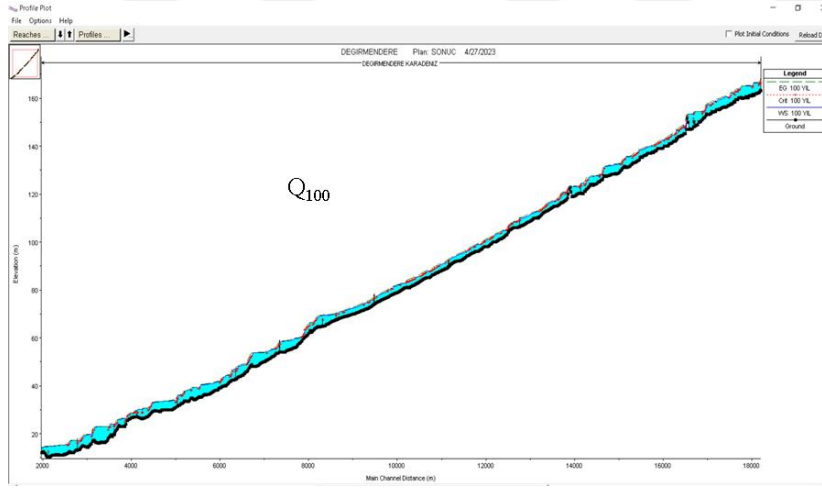
Şekil 26. Q_2 ve Q_{1000} debilerine göre ilk kesitin su seviyesi görünüşü

Tüm profiller (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli debiler ve 1990 yılı maksimum debi) için su seviyesi değerleri elde edilmiştir. Profillerin oluşturulmasında kullanılan debilere göre çıkan su seviyesinin, debi arttıkça yükseldiği gözükmemektedir. $Q= 90.2, 126.91, 155.28, 195.65, 228.8, 264.6, 303.13, 358.76, 404.52$ ve $610 \text{ m}^3/\text{s}$ için hesaplanan su yüzü profillerinin debi değeri ile orantılı olarak arttığı hesaplanmıştır(Şekil 29). 1990 yılının $610 \text{ m}^3/\text{s}$ 'lik debisi için hesaplanan su yüzü profili incelendiğinde, su seviyesi derinliğinin diğer profillere oranla daha fazla olduğu görülebilmektedir (Şekil 30).

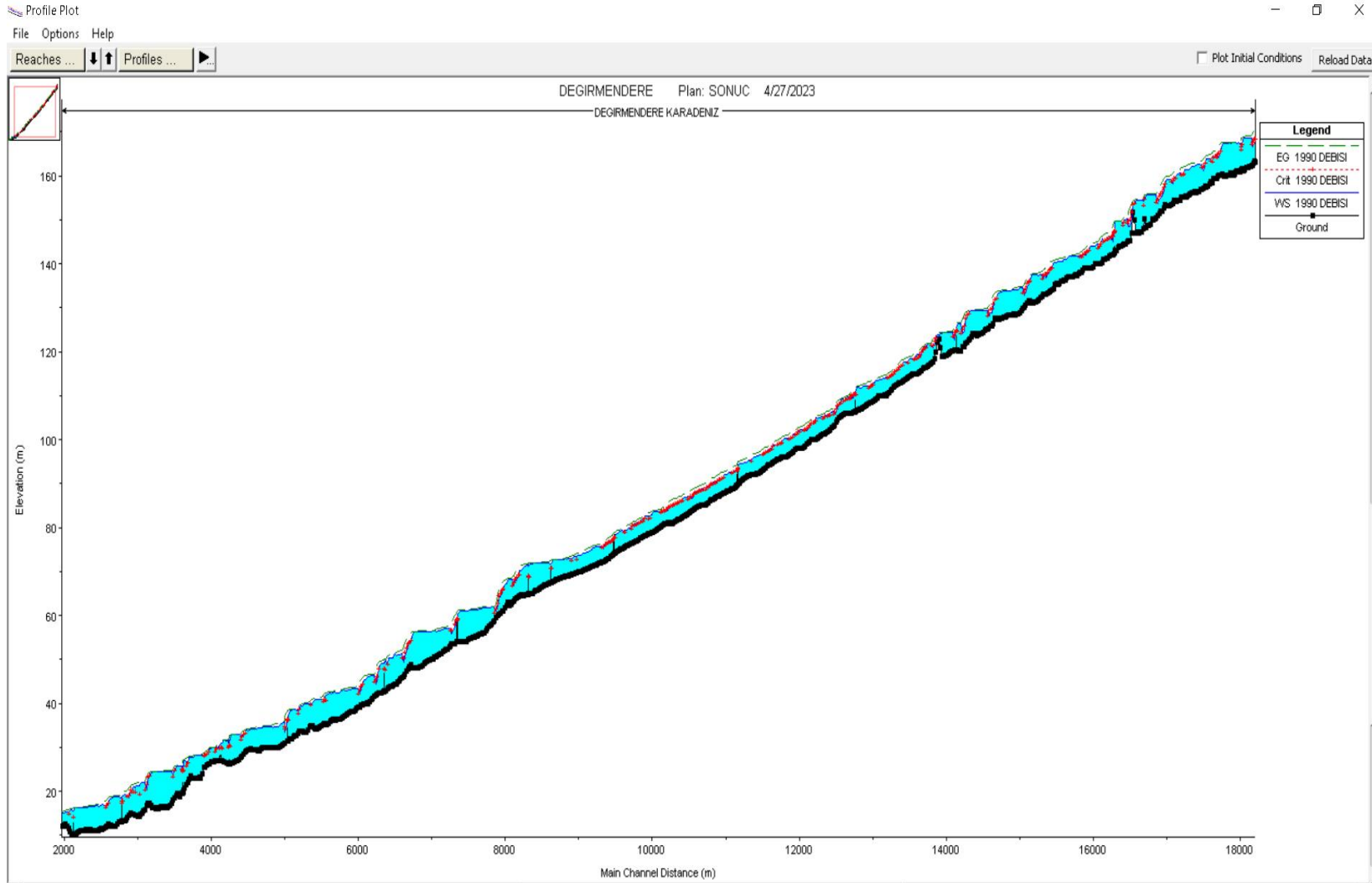




Şekil 28. T= 100 yıl tekerrür sürelerinin oluşturduğu debilerin su yüzü profili



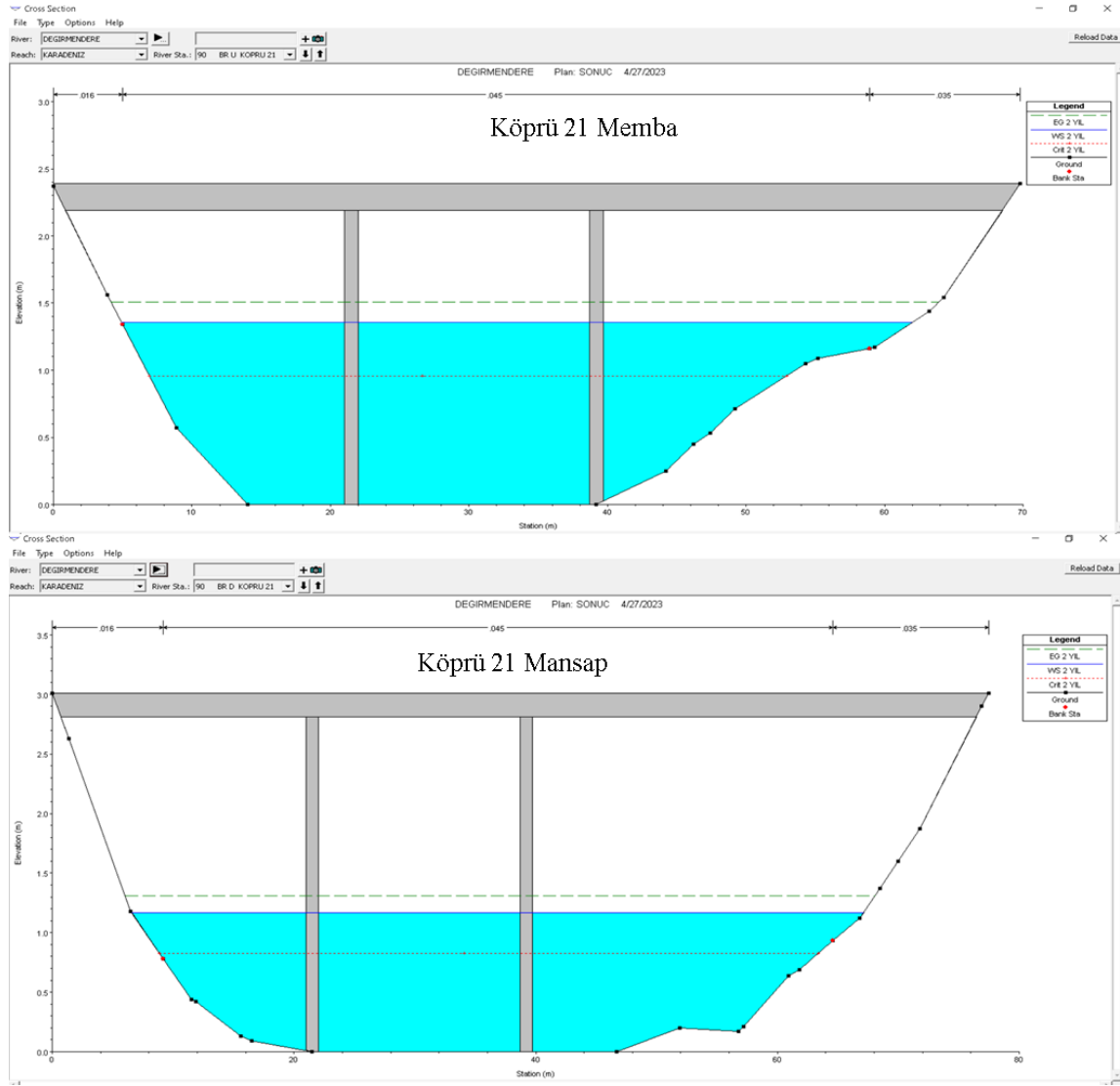
Şekil 29. T= 100, 200, 500 ve 1000 yıl tekerrür sürelerinin debilerin su yüzü profilleri



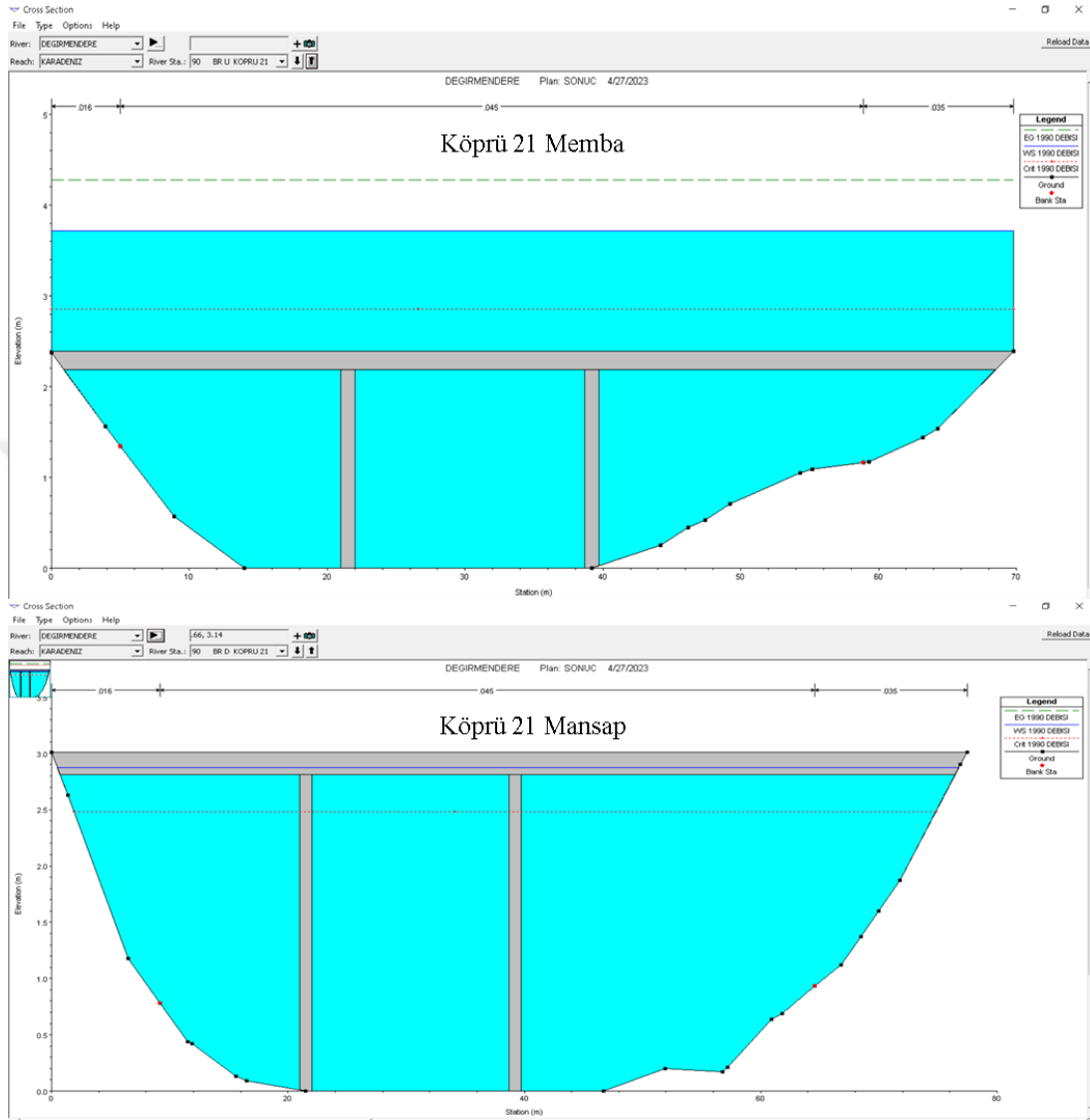
Şekil 30. 1990 yılı büyük taşkınının oluşturduğu su yüzü profili

3.2.1. Köprülerin Su Profillerinin Analizi

Çalışma alanının kapsadığı nehir güzergâhı üzerinde bulunan 21 adet köprü tanımlanmış ve bu köprülerin su yüzü profilleri değerlendirilmiştir. Tanımlanan köprülerde, Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} ve Q_{50} debilerinde su seviyesi köprü tabliyesinin üzerine çıkmamıştır. Ancak, Q_{100} , Q_{200} , Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin oluşturduğu su yüzü seviyeleri, köprülerin tamamının sular altında kalmasına neden olmuştur. 1990 yılı maksimum debisinin ($610 \text{ m}^3/\text{s}$) su derinliği de yine çalışmada tanımlanan köprüleri tamamen su altında bırakmıştır. Şekil 30'da örnek olarak çalışma güzergâhındaki 21 no.lu en son köprünün Q_2 debisi için yapılan taşkın analizinde, köprünün memba ve mansap tarafının su yüzü profilleri elde edilmiştir. Şekil 31'de ise aynı köprünün 1990 yılı maksimum debisi için profilinde köprünün memba ve mansabının tamamen su altında kaldığını görülmektedir.



Şekil 31. Q_2 'ye göre 21 no.lu köprünün su yüzü profilleri

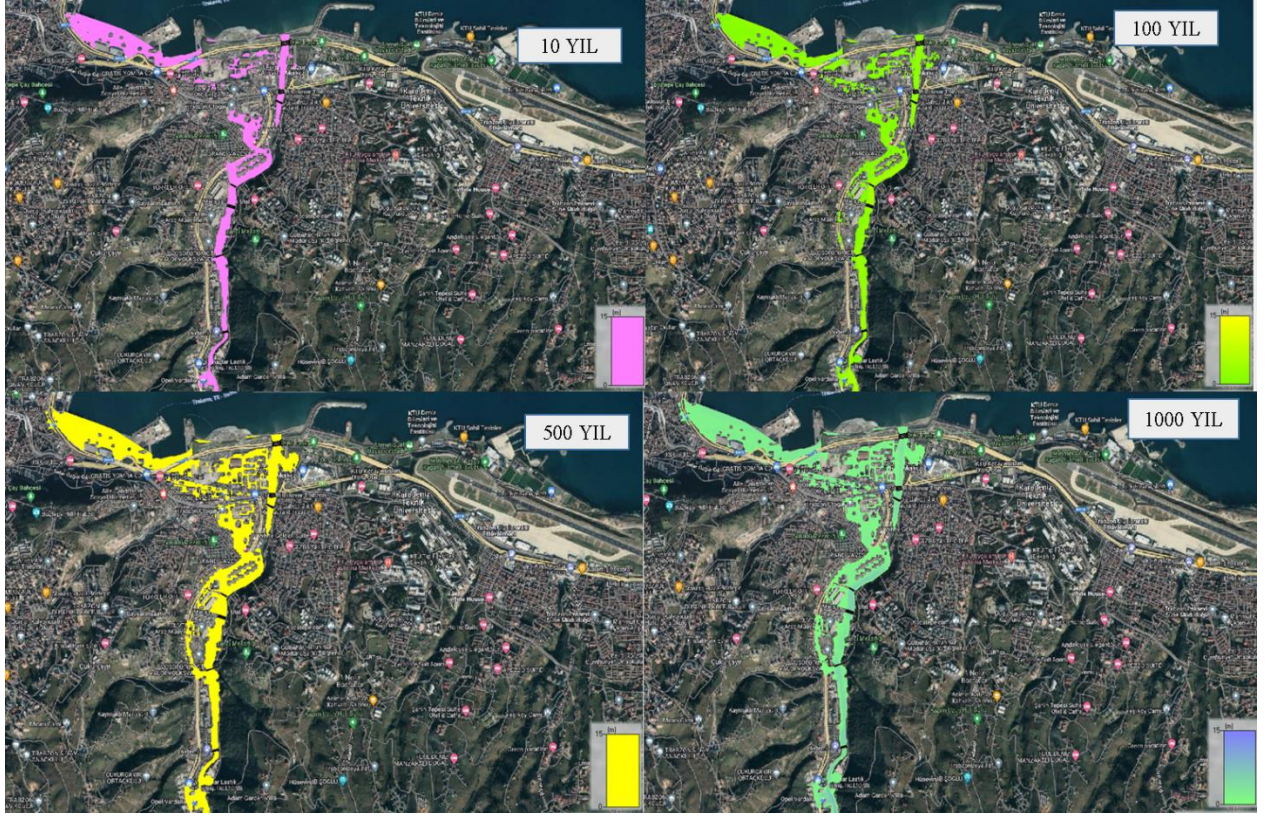


Şekil 32. 1990 yılı debisine göre 21 no.lu köprünün su yüzü profilleri

3.2.2. Taşkın Haritalarının Tespiti

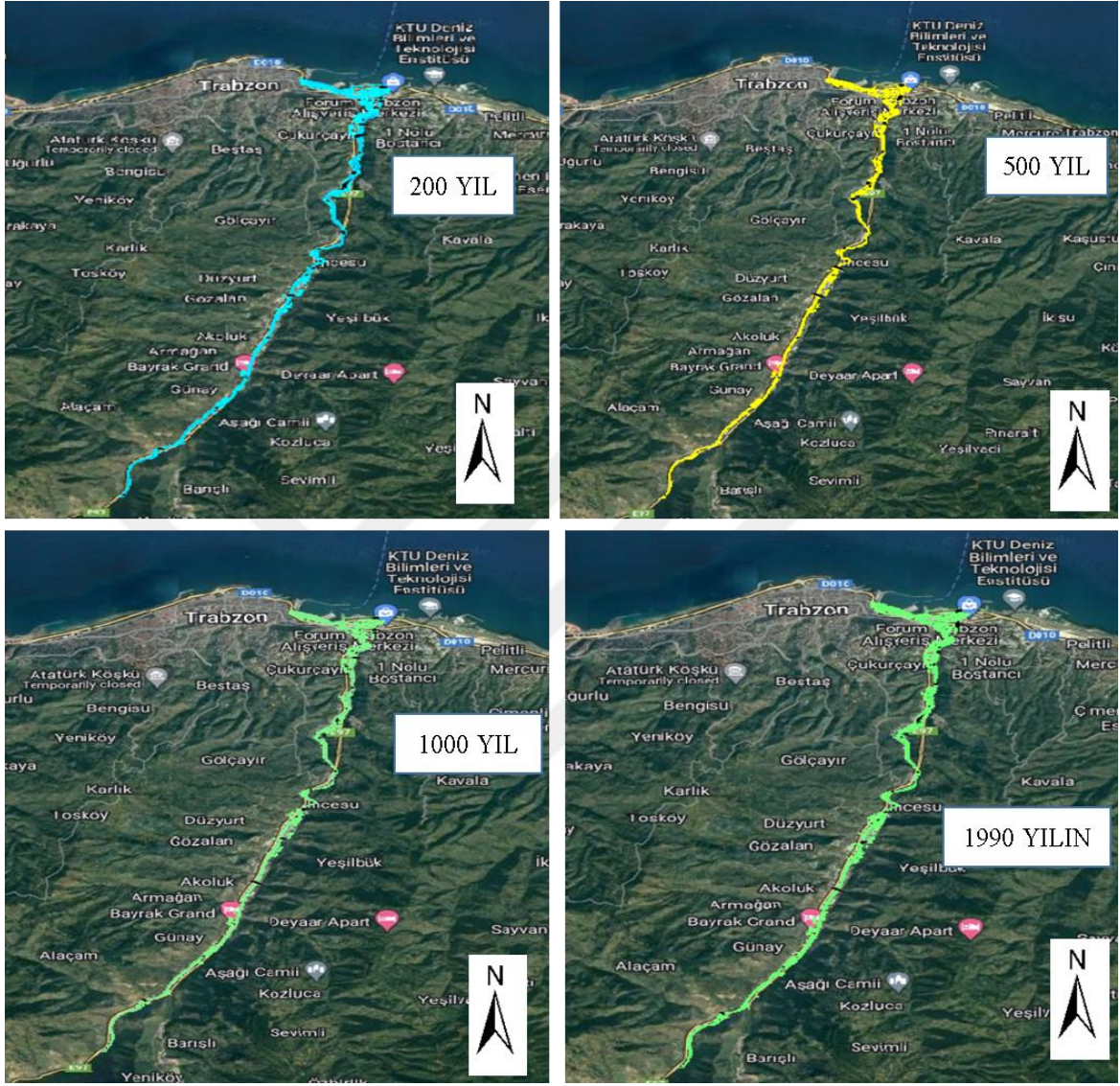
Çalışma alanı nehir güzergâhı başlangıç noktasından Karadeniz'e kadar uzanan bölgenin taşkın analizleri yapıldıktan sonra, su derinlikleri elde edilmiş ve haritada gösterilmiştir. Böylece; çeşitli tekerrür süreleri debilerin taşkın altında bırakacağı alanlar tespit edilmiştir.

HEC-RAS 6.3.1'de yapılan taşkın haritalama sonucuna göre, her bir profilin oluşturacağı taşkın alanının farklı olduğu ve debi değeri arttıkça taşkın altında kalan bölgenin ise arttığı görülmektedir (Şekil 32). Bu haritadan hangi binaların ve bölgelerin su altında kalacağı belirlenebilmektedir.



Şekil 33. Çeşitli tekerrür sürelerine sahip debilere göre oluşturulan taşkın haritaları

HEC-RAS'tan alınan hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri ArcGIS'e CBS yazılımına aktarıldıktan sonra arazi modeli altlığı açılarak taşkından etkilenen yerleşim yerleri tanımlanmıştır. Sonuç olarak $T = 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ ve 1000 yıl tekerrür sürelerine ve 1990 yılı maksimum debisi için 10 farklı taşkın profilleri incelenmiş ve taşkın alanları tespit edilmiştir (Şekil 33).



Şekil 34. CBS’te çeşitli tekerrür sürelerine sahip debilere göre oluşturulan taşkın haritaları

CBS’de taşkın profillerinin pik debilerinin oluşturduğu maksimum ve minimum su derinlikleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 19. Çeşitli tekerrür sürelerine ait debilere göre bulunan su derinlikleri

Tekerrür Süreleri (T)	Maksimum Derinlik (m)
2	7.92188
5	8.61005
10	9.06558
25	9.65294
50	10.071
100	10.4794
200	10.8759
500	11.3821
1000	11.7703
1990 yılı debisi	13.5051

Taşkın haritaları oluşturulan 10 farklı debi profiline göre, taşkın suları altında kalacak arazilerin büyüklükleri debilere göre farklılık göstermektedir (EK-3'te detaylıca gösterilmiştir). Buna göre Q_2 debisi meydana geldiğinde 6,12 ha alan taşkın suları altında kalırken, Q_{500} debisinin oluşma anında bu rakam 16,57 hektara kadar ulaşmaktadır (Tablo 19). Haritalarda görüldüğü gibi yerleşimlerin daha sıklıkla bulunduğu bölgelerde Q_{200} debisi meydana geldiğinde nehir yatağından taşmalar artmaktadır. Bu nedenle taşkın alanlarının artışı Q_{100} debisi oluşana kadar doğrusala yakınken, daha sonra birden artmaktadır.

Tablo 20. Tekerrür sürelerine göre su altında kalan alanı (ha)

Tekerrür Süreleri (T)	Su altında kalan alanı (ha)
2	6,12
5	7,64
10	8,76
25	10,3
50	11,54
100	12,91
200	14,43
500	16,57
1000	18,33
1990 yılı debisi	26,74

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Değirmendere Havzası için bir boyutlu taşkın analizi yapılmıştır. Proje alanı Değirmendere Nehri üzerinde Esiroğlu Arıtma Tesislerinden itibaren şehir merkezinin de bir kısmını kapsayan ve Karadeniz'e kadar uzanan 18.6 km'lik bir güzergâhı kapsamaktadır.

Çeşitli tekerrür süreli taşkın debilerinin hesabında daha hassas sonuçlar elde etmek için hem noktasal hem de bölgesel taşkın frekans analizi yapılmıştır. Noktasal taşkın frekans analiz hesabında, Öğütlü AGİ'ye ait yıllık maksimum akım değerleri için en uygun dağılım tespitinde Gumbel, 2 parametrelili Log-Normal, 3 parametrelili Log-Normal ve Log-Pearson Tip III dağılımlarına Kikare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri uygulanmıştır. Uygulanan testlere göre Gumbel dağılımı en uygun dağılım olarak seçilmiştir. Kikare (χ^2) testinde Gumbel dağılıma göre hesaplanan $\sum \chi^2 = 3,0871$, serbestlik derecesi (sd = 2) için sırayla, anlamlılık derecesi ($\alpha = 0,10, 0,05, 0,025, 0,01$ için tablodan okunan $\chi^2 = 4,605, 5,991, 7,378, 9,210$ kritik değerden az olduğu için dağılım uygun çıkmıştır. Olasılık grafiği korelasyon katsayısı testine göre ise, hesaplanan r katsayısı $r = 0.952$ olup anlamlılık derecesi $\alpha = 0.01, 0.05$ için tablodan r katsayısı $r_\alpha = 0.915, 0.949$ okunmuştur. Bu katsayı da hesaplanan r katsayısından az olduğundan test Gumbel dağılımı için kabul edilmiştir. Ayrıca EasyFit paket programı da kullanılmış ve tüm test sonuçları değerlendirilmiştir.

Bölgesel frekans analizi kapsamında, bölgede bulunan istasyonların yıllık maksimum akım verilerinin dağılım parametreleri L-momentler yöntemi ile hesaplanmıştır. L-momentler ile bölgesel taşkın frekans analizinde öncelikle AGİ'lere ait olasılık ağırlıklı moment değerleri elde edilmiştir. Ardından, literatürdeki denklemler kullanılarak L-moment değerleri hesaplanmıştır. Bölgenin homojenliği L-momentler yöntemine dayalı iki istatistik olan uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsü ile test edilmiştir. Uyumsuzluk ölçüsü hesaplamasında, seçilmiş olan her 14 adet istasyon için D_1 kritik değer şartının sağladığı görülmüştür. En yüksek uyumsuzluk ölçüsü değerinin $D_1 = 2.971$ olarak kritik değer altında kaldığı ve tüm istasyonların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. XTEST yazılımı ile hesaplanan H değerlerine ($H_2 = 0,18$ ve $H_3 = -0,12$) bakıldığında hepsinin 1.00 değerinden küçük olduğu görülmektedir. ($H_1 = 1,75$) değerine göre de bölgenin kabul edilebilir derecede homojen olduğu gözükmemektedir. Uygun olan dağılımı seçmek ise XTEST programında Z değerine bakılmıştır.

Uygunluk testi Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal (GNO), Pearson Tip III (PE3) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları için yapılmıştır ve $|Z| \leq 1.64$ şartını sağlayan Genelleştirilmiş Lojistik dağılım (GLO) ($|Z| = |-1,35|$) seçilmiştir. XTEST programında uygun dağılım bulunduktan sonra XSIM programında her istasyonun çeşitli tekerrür sürelerine göre karakteristik değerleri bulunmuştur. Bulunan karakteristik değerler her istasyonlarının ortalaması debisi ile çarpılarak tekerrür sürelerine göre taşkın debileri elde edilmiştir. Her iki yöntemle $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ ve 1000 tekerrür süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir, ancak sonuçlar karşılaştırıldığında değerlerin hemen hemen yakın olduğu, sadece bölgesel taşkın frekans analizinde biraz daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebeple taşkın modelleme analizinde bölgesel taşkın frekans analiz metodu ile hesaplanan debiler tercih edilmiştir. $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500$ ve 1000 tekerrür süreleri için debiler $Q= 90.2, 126.91, 155.28, 195.65, 228.8, 264.6, 303.13, 358.76$ ve $404.52 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak elde edilmiştir. Daha sonra bu debiler, HEC-RAS 6.3.1. programına aktararak hidrolik model oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modeli kullanılarak HEC-RAS yazılımının Mapper alt bileşeni ile nehrin ana kanalına ait güzergâh belirlenmiş, taban kotları ve nehir kesitleri çıkartılmıştır. Akım güzergâhı boyunca bulunan tüm köprüler de tanımlanmış ve ardından pürüzlülük haritası elde edilmiştir. Elde edilmiş çeşitli tekerrür süreli taşkın debileri, kütle korunum ve momentum eşitliklerini kullanarak kararlı akım koşullarında modellenmiştir.

Modellemede 10 profil kullanılmıştır. Bu profiller $T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000$ yıl tekerrür süreli debiler ve 1990 yılında meydana gelen $Q= 610 \text{ m}^3/\text{s}$ maksimum debisinden oluşmaktadır. Tüm bu profillere karşılık gelen taşkın alanları sırasıyla $A= 6.12, 7.64, 8.76, 10.3, 11.54, 12.91, 14.43, 16.57, 18.33$ ve 26.74 ha olarak elde edilmiştir. Burada, tekerrür süreleri arttıkça pik debi ve akış alanlarının da arttığı görülmektedir. Buna göre maksimum akım değerlerinin ve taşkın kapladığı su basma alanlarının, 1990 yılında meydana gelen $Q= 610 \text{ m}^3/\text{s}$ debisinin kullanılması ile meydana geldiği hesaplanmıştır.

5. ÖNERİLER

DKH, gerek havza karakteristikleri (topoğrafya, jeoloji, iklim vb.), gerekse insan müdahaleleri ile taşkın olaylarına çok müsait bir bölgedir. Taşkın debileri tahmin ve tedbirleri konusunda bilimsel gerçeklere uygun davranılması; bu kapsamda özellikle taşkın yönetimi ilkelerine titizlikle uyulması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Önlem ve tekniklerin geliştirilmesi esnasında belli tekerrürlü taşkın debilerinin güvenilir biçimde tahmin edilmesi de bu konunun en temel bileşenidir.

Değirmendere Havzası da nehir hattı boyunca uzanan ve ona göre şekillenen bir havzadır. Yerleşim yerleri, iş yerleri, sanayi bölgesi, terminal binası gibi birçok yapı dereye çok yakın inşa edilmiştir. Bu şekilde inşa edilen yapıların birçoğunun dereye mesafeleri sıfırdır. Taşkın olması durumunda bu plansız yerleşimler hasar görme riski altındadır. Önceki taşkınlarda da oldukça fazla can ve mal kayıplarının yaşandığı bilinmektedir. Bundan dolayı risk altındaki yerleşim alanlarının taşkında hasar görmeyecek yerlere taşınması gerekmektedir. Ayrıca yerleşim yerlerinde su altında kalan alanlar dikkate alınarak mevcut imar planları düzenlenip bu alanlarda yapılaşmaya izin verilmemelidir.

Çalışmadan elde edilen debi hesaplarına göre, mevcut köprü menfez gibi su geçiş yapılarının kesit kontrollerinin en az 100 yıllık tekerrür debilerine göre hesaplanarak gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Çalışma alanı boyunca 100 yıllık ve üzeri tekerrür debilerinin yatacağı alanda nehrin sol tarafı daha fazla etkilenmektedir. Bu bölgede su derinliğinin az olması durumunda bile tüm tekerrür süreleri için civarında bulunan binalar ve dere yatağının etkileneceği gözükmektedir. Bu sebeple sol sahilde taşkın koruma yapılarının planlanması gerekmektedir. Denizden 1500 ve 940 m mesafede bulunan nehir güzergâhında en az 3 m yüksekliğinde taşkın duvarı yapılması uygun görünmektedir. Aynı zamanda, 20 sıra numaralı köprüden itibaren denize doğru nehir güzergâhı sol taraftaki kıyısında oluşan taşkın debileri için de gerekli önlemlerin alınması önerilir. Burada bulunan binalar ve iş yerleri de risk altındadır. Bu alanda oluşabilecek su derinliği 3.5 m'ye kadar ulaşabilmektedir.

Taşkın kontrol yapılarının yapılabilmesi için ise bu çalışmada hesaplanan akarsu debisinin, su yüksekliği ve hızının bilinmesi gerekir.

Bunun dışında, sanayi kuruluşları için ekonomik kaybın belirlenmesine yönelik hasar olasılık fonksiyonlarının elde edilmesi de gelecek çalışmalara fayda sağlayacaktır. Arazi kullanımına yönelik planlamalar yapılarak gerekirse kanuni sınırlandırmaların getirilmesi de taşkın risk yönetimi planlamaları açısından önemlidir. Küresel ısınmasının etkisiyle yağış rejimlerinde yaşanan değişikliklerin de dikkate alınarak modellemenin yapılması oldukça önemlidir.

Bölge için taşkın risk yönetimi planlamasının daha hassas bir biçimde yapılabilmesi amacıyla çalışmanın 2 boyutlu olarak da ele alınması fayda sağlayacaktır. Analiz için 1B modellemede farklı tekerrür süreli taşkın pik debileri yeterliyken 2 boyutlu modellemede taşkın hidrografi gerekmektedir. Böylece taşkın hangi zamanda nerede başladığını, taşkın en şiddetli olduğu anı ve taşkın sona erdiğinde taşkın alanındaki durum da tespit edilebilecektir.

Yerel idareler ve yetkili kurumların alacağı önlemlerle akarsu kesitini daraltacak her türlü yabancı madde atımı ve dökümü de önlenmelidir. En büyük etmenlerden birinin dere yataklarına insan müdahalesi ve taşkın alanlarına yerleşim olduğu da düşünüldüğünde, halkı bu hususta bilinçlendirmek ve farkındalık oluşturmak en etkili yapısız yöntemlerdendir. Önemli bir yapısız tedbir de taşkın erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesidir. Hassas düzeyde meteorolojik tahmin sistemlerinin geliştirilmesi ve hidrolojik model tabanlı hidrolik modellerin oluşturularak taşkın erken uyarı sistemlerinin tasarımı bölge için oldukça gereklidir.

Bölgede yaşanan taşkınlara bakıldığında ağırlıklı olarak rüsubat hareketi kaynaklı taşkınlar yaşandığı görülmektedir. Bu durum taşkın kontrolü konusunda geleneksel çözümlerin yanında dünyada benzer havza karakteristiklerinde uygulanan daha güncel yöntemlerin de bu bölgede uygulanmasını gerektirmektedir. DKH genelinde taşkın ve rüsubat kontrolü adına klasik yöntemlerin haricinde, özellikle 2010 yılından itibaren uygulamaya başlayan yenilikçi yöntemler olan geçirgen tersip bentleri ve moloz bariyeri uygulamalarının çoğaltılması ve yeni tasarımların geliştirilmesine devam edilmesi önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akçalı, A ve Anılan, T., 2021. Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkın ve Rüşbat Kontrolünde Yenilikçi Uygulamalar, Doğu Karadeniz Doğal Çevre Tartışmaları, Prof. Dr. Dilek Beyazlı, Editör, Livre de Lyon, Lyon, 67-85.
- Akkaya, U., 2016. Meriç ve Tunca Nehirlerinin Edirne Şehir Merkezi Kısımında 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Akkoç, N., F., 2019. Aras Havzası Kars Çayı 1D ve 2D taşkın analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anılan, T., 2014. Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zekâ Yöntemlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anılan, T. ve Yüksek, O., 2017. Perception of Flood Risk and Mitigation: Survey Results from the Eastern Black Sea Basin, Turkey, Natural Hazards Review, 18, 2, 05016006.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. ve Kankal, M., 2016. Doğu Karadeniz Havzası'nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizi, İMO Teknik Dergi, 451, 7403-7427.
- Aydoğan, D., 2008. L-Momentleri Yöntemiyle Çoruh Havzası'nın Bölgesel Frekans Analizinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bakırcı, M., 2022. Taşkın Analizinde Kentleşme Etkisinin İncelenmesi: Alibeyköy Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B., 1994. İstatistik, Birsan Yayınevi, İstanbul, 211s.
- Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No:1573, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Önöz B., 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Ankara: Nobel Basımevi.
- Brunner, G. W., 2021. HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis: US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Demir V., 2020. Samsun Mert Havzası'nda Bir ve İki Boyutlu Modeller ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Demir, V. ve Keskin, A. Ü. 2022. Yeterince Akım Ölçümü Olmayan Nehirlerde Taşkın Debinin Hesaplanması ve Taşkın Modellemesi (Samsun, Mert Irmağı Örneği). Geomatik, 7, 2, 149-162.

- DKMP, 2016. Doğu Karadeniz Master Plan Raporu, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, 1496 ss.
- DSİ, 2016. Dere Yatakları İçin Pürüzlülük Katsayısı Belirleme Kılavuzu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Doğu A. ve Yıldız O., 2019. Kırıkkale Çoruzözü Deresi'nde Bir Boyutlu Taşkın Modellemesi, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 11, 2, 748-758.
- Elkhrachy, I., 2018. Assessment and Management Flash Flood in Najran Wady Using GIS and Remote Sensing. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 46, 297-308.
- Gülbaz S., 2019. Sayısal Modeller ile Taşkın Yayılım Haritasının Oluşturulması ve Risk Altında olan Alanların Belirlenmesi: Türkköse Deresi Örneği, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5, 2, 335-349.
- Gürgen, G. 2004. Doğu Karadeniz Bölümünde Maksimum Yağışlar ve Taşkınlar Açısından Önemi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24,2.
- Haktanir, T. 2009. Statistical Modelling of Annual Maximum Flows in Turkish Rivers. Hydrological Sciences Journal. 36, 4, 367-389.
- Hosking, J. R. M., 1986. The Theory of Probability Weighted Moments. Research Rep. RC 12210, 160 ss., IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
- Hosking, J. R. M., 1990. L moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics, Journal of the Royal Statistical Society Series B, 52, 105-24.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1993. Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis, Water Resources Research, 29, 2, 271-281.
- Kaleyci, H., 2004. Değirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sahalarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kara, Ö., 2009. Su Yüzü Profillerinin HEC-RAS Paket Programıyla İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Karahan, H., ve Özkan, E. 2013. Ege Bölgesi Standart Süreli Yıllık Maksimum Yağışları için En Uygun Dağılımlar. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19, 3, 152-157.
- Karakuş, U. C. 2019. 2-Dimensional Flood Control Simulations for Wami and Düden Rivers, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara.
- Kaya, Ç. M, 2022. 1B ve 2B Taşkın Modellemesinin Karşılaştırılması: Fol Deresi Örneği, Afet ve Risk Dergisi 5,1, 13-21.
- Knebl, M. R., Yang, Z. L., Hutchison, K. ve Maidment, D. R., 2005. Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD Rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a Case Study for

- the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event. Journal of Environmental Management, 75,4, 325-336.
- Kocaman, S. 2002. Baraj Yıkılması Analizi ve Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwarz, J. and Thieken, A. H. 2009. Is Flow Velocity a Significant Parameter in Flood Damage Modelling? Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 5, 1679-1692.
- Küçüköğlu, M. İ., 2023. HEC-RAS ile 1 ve 2 Boyutlu Taşkın Analizi: Oltu Çayı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Marangoz, H. M., 2020. Baraj Yıkılma Sonrası Oluşacak Taşkın Dalgasının Difüzyon ve Momentum Dalga Yaklaşımlarıyla Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Marangoz, H.O. ve Anılan, T., 2022. Two-Dimensional Modeling of Flood Wave Propagation in Residential Areas After a Dam Break with Application of Diffusive and Dynamic Wave Approaches, Natural Hazards, 110, 1, 429-449.
- McLin, S. G., Springer, E. P. ve Lane, L. J. 2001. Predicting Floodplain Boundary Changes Following the Cerro Grande Wildfire. Hydrological Processes, 15,15, 2967-2980.
- Moghim, S., Gharehtoragh, M. A. ve Safaie, A., 2023. Performance of the Flood Models in Different Topographies. Journal of Hydrology, 620, 129446.
- Onuşluel, G., 2005. Floodplain Management Based on the HEC-RAS Modeling System, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Saf, B. 2009. Regional Flood Frequency Analysis Using L Moments for The Büyük and Küçük Menderes River Basins of Turkey. Journal of Hydrologic Engineering, 14, 8, 783-794.
- Seçkin, N., 2002. Ceyhan ve Seyhan Havzalarının Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Seçkin, N., 2009. L-Momentlere Dayalı Gösterge-sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Serencam, U., Yüksek, Ö., Anılan, T. ve Ertaş, B., Doğu Karadeniz Taşkınları ve İyileştirme Çalışmaları, 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 12-16 Eylül 2011, İstanbul.
- Serencam, U. 2013. Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2017). Taşkın Yönetimi. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

- Şarlak, N. ve Tiğrek, S. 2016. Flood Frequency Analysis: Case study of Goksu River and Kayraktepe Dam. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31, 4, 1095-1103.
- Şorman, Ü. ve Okur, A., 2000. L-momentler Tekniği Kullanılarak Noktasal ve Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması. İMO Teknik Dergi, 2199–2216.
- Sönmez, O. 2013. Nehirlerde 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi ve Taşkın Haritalarının Oluşturulması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Şahin, İ., 2022. Morfometrik Parametrelerin Taşkınlar Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Taşkın, S., 2021. CBS Kullanılarak Çeşneli Deresi'nin Taşkın Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Terzioğlu, Z., 2018. Taşkın Zararlarının Tahmini, Zarar Derecelendirmesi ve Risk Sınıflandırması: Doğu Karadeniz İçin Bir Uygulama, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uçar, İ., 2010. Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uşkay, S. ve S. Aksu (2002). Ülkemizde taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler. Türkiye Mühendislik Haberleri. 420, 133-136.
- Vogel, R.M. ve Fennessey, N.M., 1993. L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, Water Resources Research, 29,6, 1745-1752.
- Yeğin, M. 2015. Flood Risk Mapping Using Economic, Environmental and Social Dimensions, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Ankara.
- Yurdakul, M. E. 2019. Güney Sapanca Havzası Taşkın Yayılım Haritalarının Modellenmesi: Keçi Deresi örneği, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Yüksek, Ö., 2009. Hidrolojide İstatistiksel Yöntemler, Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Yüksek, Ö., Kankal, M. ve Üçüncü, O., 2013. Assessment of Big Floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 185, 1, 797–814.
- Yüksek Ö., Anılan T. ve Akçalı E., 2021. Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Yönetimi, Doğu Karadeniz Doğal Çevre Tartışmaları, Prof. Dr. Dilek Beyazlı, Editör, Livre de Lyon, Lyon, 1-25.

7. EKLER

EK-1. Dağılım Uygunluk Testleri

Kikare (χ^2) Dağılım Uygunluk Testi

EK Tablo 1. Log-Pearson Tip III dağılımları için K frekans faktörleri

C _s	T Yineleme Dönemi (yıl)									
	1.01	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Aşılma Olasılığı (P)									
	99	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3	-0.667	-0.636	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97	7.25
2.8	-0.714	-0.666	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973	4.847	6.915
2.6	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718	6.672
2.4	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584	6.423
2.2	-0.905	-0.752	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444	6.168
2	-0.99	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.398	5.908
1.8	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.642
1.6	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99	5.371
1.4	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.095
1.2	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661	4.815
1	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489	4.531
0.8	-1.733	-0.856	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312	4.244
0.6	-1.88	-0.857	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.956
0.4	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949	3.666
0.2	-2.178	-0.85	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.377
0	-2.326	-0.842	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.09
-0.2	-2.472	-0.83	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388	2.808
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.533
-0.6	-2.755	-0.8	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016	2.268
-0.8	-2.891	-0.78	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.017
-1	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.786
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.577
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351	1.394
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.238
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.107
-2	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-0.574	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907	0.909
-2.4	-3.8	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.83	0.832	0.833	0.833
-2.6	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769	0.769
-2.8	-3.973	-0.46	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714	0.714
-3	-4.051	-0.42	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

EK Tablo 2. Kikare dağılım tablosu

sd	$\alpha = 0.99$	0.975	0.95	0.9	0.1	0.05	0.025	0.01
	$P_c = 0.01$	0.025	0.05	0.1	0.9	0.95	0.975	0.99
1	-	-	0.004	0.0158	2.706	3.841	5.024	6.635
2	0.02	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.21
3	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345
4	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277
5	0.554	0.831	1.145	1.61	9.236	11.07	12.833	15.086
6	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812
7	1.239	1.69	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475
8	1.646	2.18	2.733	3.49	13.362	15.507	17.535	20.09
9	2.088	2.7	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666
10	2.558	3.247	3.49	4.865	15.897	18.307	20.483	23.209
11	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.92	24.725
12	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	22.337	26.217
13	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688
14	4.66	5.629	6.571	7.79	21.064	23.685	26.119	29.141
15	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578
16	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32
17	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409
18	7.015	8.231	9.39	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805
19	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191
20	8.26	9.591	10.851	12.443	28.412	31.41	34.17	37.566
21	8.897	10.283	11.591	13.24	29.615	32.671	35.479	38.932
22	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289
23	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.075	41.638
24	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.98
25	11.524	13.12	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314
26	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642
27	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963
28	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278
29	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588
30	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892
40	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691
50	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.42	76.154
60	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379
80	53.54	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329
100	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807

EK Tablo 3. Z değerleri

Z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0	0.004	0.008	0.012	0.016	0.019	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.091	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.148	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.17	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.195	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.219	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.258	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.291	0.2939	0.2969	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.334	0.3365	0.3389
1	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3513	0.3554	0.3577	0.3529	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.377	0.379	0.381	0.383
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.398	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.437	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.475	0.4756	0.4761	0.4767
2	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.483	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.485	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.489
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.492	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.494	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.496	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.497	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.498	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.499	0.499
3.1	0.499	0.4991	0.4991	0.4991	0.4992	0.4992	0.4992	0.4992	0.4993	0.4993
3.2	0.4993	0.4993	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4994	0.4995	0.4995	0.4995
3.3	0.4995	0.4995	0.4995	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4996	0.4997
3.4	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4997	0.4998

EK Tablo 4. Gumbel dağılımının katsayıları

N	10	15	20	25	30	35	40	50	75	100	200
Y_N	0.495	0.513	0.524	0.531	0.536	0.54	0.544	0.549	0.556	0.56	0.567
S_N	0.95	1.021	1.063	1.092	1.112	1.129	1.141	1.161	1.19	1.207	1.236

2 parametrelili log normal dağılım uygunluk testi:

EK Tablo 5. 2 ve 3 parametrelili log normal dağılım için Öğütli AGİ istatistik parametreler

Gözlem süresi, N	İstatistik değeri	Normal	Log
27	Ortalama	101.689	1.979
	Standard sapma	38.656	0.158

EK Tablo 6. 2 parametrelili log normal dağılıma göre χ^2 hesap tablosu

Debi (m ³ /s)	55,5≤Q<85,2	55,5≤Q<85,2	85,2≤Q<114,9	114,9≤Q<144,6	144,6≤Q<240
o _i	12	7	4	3	1
X ₁	55.5	85.2	114.9	144.6	174.3
X ₂	85.2	114.9	144.6	174.3	204
Z ₁	-1.195	-0.427	0.342	1.11	1.878
Z ₂	-0.427	0.342	1.11	1.878	2.647
P ₁	0.38395	0.16532	0.13384	0.3665	0.46978
P ₂	0.16532	0.13384	0.3665	0.46978	0.49597
P _i = P ₂ -P ₁	-0.21863	0.29916	0.23266	0.10328	0.02619
e _i = N*P _i	-5.90301	8.07732	6.28182	2.78856	0.70713
(o _i -e _i) ² /e _i	6.297344	0.143688	0.828852	0.016032	0.121297
$\chi^2_h = \sum_{i=1}^m \left[\frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \right] = 7,41$					

EK Tablo 7. 2 parametrelili log normal dağılıma göre χ^2 sonuç değerlendirme tablosu

Kabul olasılığı	0,90	0,95	0,975	0,99
χ^2 (EK Tablo 2'ye göre)	4,605	5,991	7,378	9,210
Sonuçlar ($\chi^2_h > \chi^2_t, \chi^2_t$)	Ret	Ret	Ret	Kabul

3 parametrelili log normal dağılım uygunluk testi:

EK Tablo 8. 3 parametrelili log normal dağılıma göre χ^2 hesap tablosu

Debi (m ³ /s)	55,5≤Q<85,2	55,5≤Q<85,2	85,2≤Q<114,9	114,9≤Q<144,6	144,9≤Q<240
o_i	12	7	4	3	1
x_1	55.5	85.2	114.9	144.6	174.3
x_2	85.2	114.9	144.6	174.3	204
Z_1	-1.195	-0.427	0.342	1.11	1.878
Z_2	-0.427	0.342	1.11	1.878	2.647
P_1	0.38395	0.16532	0.13384	0.3665	0.46978
P_2	0.16532	0.13384	0.3665	0.46978	0.49597
$P_i = P_2 - P_1$	-0.21863	0.29916	0.23266	0.10328	0.02619
$e_i = NP_i$	5.90301	8.07732	6.28182	2.78856	0.70713
$(o_i - e_i)^2 / e_i$	6.297344	0.143688	0.828852	0.016032	0.121297
$sd = m - 3 - 1 = 5 - 3 - 1 = 1$ $\chi^2_h = \sum_{i=1}^m \left[\frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \right] = 7.407$					

EK Tablo 9. 3 parametrelili log normal dağılıma göre χ^2 sonuç değerlendirme tablosu

Kabul olasılığı	0.9	0.95	0.975	0.99
χ^2 (EK Tablo 2'ye göre)	2.706	3.841	5.024	6.635
Sonuçlar ($x_h^2 > x_t^2, x_t^2$)	Ret	Ret	Ret	Ret

Log-Pearson Tip III dağılım uygunluk testi:Tablo 10. Log-Pearson Tip III dağılımı için Kikare (χ^2) testi

Kümülatif P	K	Logx	$X = 10^{\text{Log}X}$	o_i	Kümülatif o_i	P_i	$e_i = n \cdot p_i$	$(o_i - e_i)^2 / e_i$
0.1	-1.52	1.738	54.748	0	0	0.1	2.7	2.7
0.2	-0.852	1.844	69.843	5	5	0.1	2.7	1.9592
0.5	-0.046	1.972	93.695	10	15	0.3	8.1	0.446
0.6	0.244	2.018	104.142	1	16	0.1	2.7	1.070
0.7	0.535	2.064	115.797	3	19	0.1	2.7	0.033
0.8	0.825	2.110	128.708	0	19	0.1	2.7	2.7
0.9	1.307	2.186	153.430	5	24	0.1	2.7	1.959
1				3	27	0.1	2.7	0.033
$\Sigma \chi^2 = 10,868$								

Tablo 11. Serbestlik derecesi ve anlamlılık derecesine (α) göre tablodan bulunan χ^2

Anlamlılık derecesi (α)	0,05	0,025	0,01
χ^2 (EK Tablo 2'den)	9.488	11.143	13.277
Sonuç	Ret	Kabul	Kabul

Olasılık Çizgileri Korelasyon (r) Testi

EK Tablo 12. Kritik r değerleri

N (gözlem süresi)	Dağılımlar			
	Gumbel ve Log-Pearson Tip III		Log-Normal	
	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
10	0.863	0.9084	0.879	0.918
20	0.906	0.939	0.926	0.951
30	0.9191	0.9526	0.947	0.964
40	0.9286	0.9594	0.959	0.972
50	0.9389	0.9646	0.966	0.977
60	0.9467	0.9685	0.971	0.98
70	0.9506	0.972	0.975	0.983
80	0.9525	0.9747	0.978	0.985
90	0.9554	0.9764	0.98	0.986
100	0.9596	0.9779	0.982	0.987

Gumbel dağılımı için uygunluk testi:

EK Tablo 13. Gumbel dağılımına göre r hesap ve sonuç değerlendirme tablosu

i	P _i	o _i	y _i	e _i	o _i *e _i
1	0.0221	55.5	-1.3387	35.1497	1950.81
2	0.0588	56	-1.0414	45.7667	2562.94
3	0.0956	58	-0.8534	52.4801	3043.84
4	0.1324	60	-0.7042	57.809	3468.54
5	0.1691	61.5	-0.575	62.4237	3839.06
6	0.2059	70	-0.4577	66.6132	4662.93
7	0.2426	72.7	-0.3479	70.5336	5127.79
8	0.2794	79	-0.243	74.2814	5868.23
9	0.3162	79.9	-0.141	77.9234	6226.08
10	0.3529	80	-0.0406	81.5094	6520.75
11	0.3897	81	0.05936	85.0802	6891.49
12	0.4265	83.2	0.15992	88.6714	7377.46
13	0.4632	85.4	0.26199	92.3167	7883.85
14	0.5000	87.2	0.36651	96.0497	8375.54
15	0.5368	90	0.4745	99.9065	8991.58
16	0.5735	97.2	0.58708	103.927	10101.7
17	0.6103	109	0.7056	108.16	11789.4
18	0.6471	111	0.83168	112.663	12505.6
19	0.6838	113	0.96744	117.511	13278.8
20	0.7206	129	1.1157	122.806	15842
21	0.7574	135	1.2804	128.689	17373
22	0.7941	138	1.4674	135.367	18680.7
23	0.8309	139	1.68596	143.173	19901
24	0.8676	147	1.95214	152.679	22443.8
25	0.9044	158	2.29789	165.028	26074.3
26	0.9412	166	2.80305	183.069	30389.5
27	0.9779	204	3.80291	218.778	44630.8
$r = \frac{\sum (e_i o_i) - \overline{Ne_i} \overline{o_i}}{NS_{e_i} S_{o_i}} = 0,952$					
α	0.01		0.05		
r _t	0.915		0.949		
Sonuç	Kabul		Kabul		

EK Tablo 14. 2 ve 3 parametrelili log normal dağılıma göre r hesap tablosu

i	P _i	o _i	P _z	Z	e _i	o _i *e _i
1	0.0221	1.744	0.4779	-2.012	1.661	2.89745
2	0.0588	1.748	0.4412	-1.565	1.732	3.02739
3	0.0956	1.763	0.4044	-1.3071	1.772	3.12565
4	0.1324	1.778	0.3676	-1.1152	1.803	3.20564
5	0.1691	1.789	0.3309	-0.9577	1.828	3.2695
6	0.2059	1.845	0.2941	-0.8207	1.849	3.4122
7	0.2426	1.862	0.2574	-0.6981	1.869	3.47866
8	0.2794	1.898	0.2206	-0.5847	1.887	3.58009
9	0.3162	1.903	0.1838	-0.4783	1.903	3.62135
10	0.3529	1.903	0.1471	-0.3776	1.919	3.65268
11	0.3897	1.908	0.1103	-0.28	1.935	3.69246
12	0.4265	1.920	0.0735	-0.1854	1.950	3.74368
13	0.4632	1.931	0.0368	-0.0923	1.964	3.79418
14	0.5000	1.941	0.0000	0	1.979	3.84028
15	0.5368	1.954	0.0368	0.09231	1.994	3.89595
16	0.5735	1.988	0.0735	0.18538	2.008	3.99181
17	0.6103	2.037	0.1103	0.28	2.023	4.1222
18	0.6471	2.045	0.1471	0.37757	2.039	4.16971
19	0.6838	2.053	0.1838	0.47833	2.055	4.21821
20	0.7206	2.111	0.2206	0.58471	2.071	4.37184
21	0.7574	2.130	0.2574	0.69806	2.089	4.45089
22	0.7941	2.140	0.2941	0.82067	2.109	4.51229
23	0.8309	2.143	0.3309	0.95769	2.130	4.5653
24	0.8676	2.167	0.3676	1.11524	2.155	4.67102
25	0.9044	2.199	0.4044	1.30706	2.186	4.8052
26	0.9412	2.220	0.4412	1.565	2.226	4.94256
27	0.9779	2.310	0.4779	2.012	2.297	5.30498
$r = \frac{\sum(e_i o_i) - N e_i \bar{o}_i}{N S_{e_i} S_{o_i}} = 0,942$						
α		0.01			0.05	
r _t		0.9446			0.9601	
Sonuç		Ret			Ret	

EK-2 L-momentler ile taşkın pik debisi hesaplama

EK Tablo 15. GLO dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre her bir istasyonundaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

F	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
İstasyon 1	Kuantile								
BIAS	-0.007	0.021	0.031	0.038	0.041	0.043	0.044	0.044	0.044
RMSE	0.057	0.065	0.076	0.092	0.106	0.12	0.135	0.154	0.169
0.05 PT.	0.899	0.926	0.92	0.91	0.897	0.882	0.865	0.848	0.832
0.95 PT.	1.093	1.13	1.155	1.185	1.21	1.232	1.265	1.3	1.328
İstasyon 2	Kuantile								
BIAS	-0.021	0.046	0.074	0.099	0.111	0.121	0.129	0.137	0.141
RMSE	0.067	0.086	0.111	0.14	0.161	0.179	0.197	0.219	0.236
0.05 PT.	0.883	0.937	0.957	0.966	0.953	0.943	0.932	0.905	0.887
0.95 PT.	1.092	1.18	1.235	1.295	1.335	1.375	1.414	1.465	1.505
İstasyon 3	Kuantile								
BIAS	-0.018	0.035	0.057	0.075	0.084	0.09	0.095	0.1	0.103
RMSE	0.062	0.075	0.093	0.117	0.133	0.15	0.165	0.186	0.201
0.05 PT.	0.892	0.93	0.939	0.939	0.928	0.915	0.902	0.88	0.86
0.95 PT.	1.083	1.151	1.183	1.229	1.282	1.315	1.35	1.39	1.42
BIAS	0.073	-0.077	-0.131	-0.175	-0.198	-0.216	-0.23	-0.245	-0.253
RMSE	0.133	0.129	0.167	0.206	0.229	0.248	0.264	0.282	0.294
0.05 PT.	0.897	0.763	0.716	0.661	0.627	0.604	0.579	0.551	0.535
0.95 PT.	1.259	1.1	1.057	1.022	1.005	1	1.002	1	1
İstasyon 5	Kuantile								
BIAS	0.035	-0.038	-0.068	-0.095	-0.11	-0.122	-0.131	-0.142	-0.148
RMSE	0.125	0.125	0.139	0.159	0.174	0.187	0.2	0.216	0.227
0.05 PT.	0.86	0.79	0.76	0.725	0.706	0.685	0.665	0.643	0.626
0.95 PT.	1.255	1.165	1.135	1.107	1.11	1.117	1.125	1.139	1.163
İstasyon 6	Kuantile								
BIAS	-0.023	0.057	0.093	0.124	0.141	0.154	0.164	0.175	0.181
RMSE	0.072	0.098	0.129	0.164	0.187	0.208	0.227	0.251	0.269
0.05 PT.	0.869	0.937	0.963	0.97	0.962	0.955	0.938	0.915	0.903
0.95 PT.	1.089	1.195	1.252	1.315	1.37	1.425	1.461	1.495	1.53
İstasyon 7	Kuantile								
BIAS	-0.03	0.063	0.105	0.143	0.164	0.18	0.194	0.207	0.216
RMSE	0.094	0.12	0.154	0.193	0.218	0.241	0.262	0.288	0.306
0.05 PT.	0.833	0.905	0.932	0.948	0.953	0.95	0.945	0.933	0.926
0.95 PT.	1.13	1.25	1.308	1.37	1.417	1.453	1.485	1.54	1.585

EK Tablo 16. Devamı) GLO dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre her bir istasyonundaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

F	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
İstasyon 8	Kuantile								
BIAS	-0.033	0.078	0.131	0.179	0.207	0.229	0.247	0.265	0.277
RMSE	0.067	0.105	0.154	0.206	0.238	0.267	0.292	0.323	0.344
0.05 PT.	0.876	0.967	1.006	1.033	1.04	1.042	1.031	1.007	0.988
0.95 PT.	1.078	1.208	1.28	1.363	1.422	1.485	1.525	1.588	1.64
İstasyon 9	Kuantile								
BIAS	0.006	-0.011	-0.021	-0.032	-0.038	-0.044	-0.049	-0.054	-0.057
RMSE	0.095	0.1	0.107	0.12	0.131	0.143	0.156	0.172	0.185
0.05 PT.	0.859	0.846	0.831	0.804	0.786	0.766	0.75	0.725	0.715
0.95 PT.	1.172	1.17	1.167	1.18	1.181	1.188	1.203	1.228	1.245
İstasyon 10	Kuantile								
BIAS	0.084	-0.077	-0.133	-0.18	-0.204	-0.222	-0.237	-0.252	-0.261
RMSE	0.172	0.156	0.188	0.225	0.246	0.264	0.28	0.297	0.309
0.05 PT.	0.845	0.71	0.657	0.614	0.588	0.569	0.545	0.526	0.512
0.95 PT.	1.365	1.167	1.095	1.055	1.03	1.027	1.032	1.042	1.049
İstasyon 11	Kuantile								
BIAS	0.041	-0.039	-0.071	-0.1	-0.116	-0.128	-0.139	-0.149	-0.156
RMSE	0.116	0.114	0.132	0.155	0.171	0.186	0.199	0.216	0.228
0.05 PT.	0.873	0.802	0.764	0.723	0.699	0.676	0.655	0.631	0.61
0.95 PT.	1.225	1.155	1.124	1.121	1.132	1.135	1.14	1.137	1.138
SITE 12	Kuantile								
BIAS	-0.01	0.033	0.05	0.063	0.07	0.074	0.078	0.081	0.082
RMSE	0.079	0.094	0.109	0.129	0.143	0.157	0.172	0.191	0.205
0.05 PT.	0.869	0.889	0.893	0.898	0.89	0.875	0.852	0.83	0.822
0.95 PT.	1.126	1.176	1.212	1.261	1.301	1.341	1.37	1.407	1.433
İstasyon 13	Kuantile								
BIAS	-0.011	0.043	0.065	0.083	0.092	0.099	0.104	0.109	0.112
RMSE	0.081	0.099	0.118	0.14	0.157	0.172	0.188	0.208	0.223
0.05 PT.	0.854	0.907	0.917	0.922	0.91	0.901	0.884	0.865	0.85
0.95 PT.	1.12	1.19	1.235	1.278	1.31	1.343	1.38	1.427	1.443
İstasyon 14	Kuantile								
BIAS	0.109	-0.109	-0.179	-0.235	-0.262	-0.283	-0.299	-0.316	-0.326
RMSE	0.269	0.231	0.263	0.301	0.323	0.341	0.356	0.373	0.384
0.05 PT.	0.755	0.595	0.544	0.505					
0.95 PT.	1.53	1.24	1.155	1.102	1.073	1.052	1.04	1.051	1.03

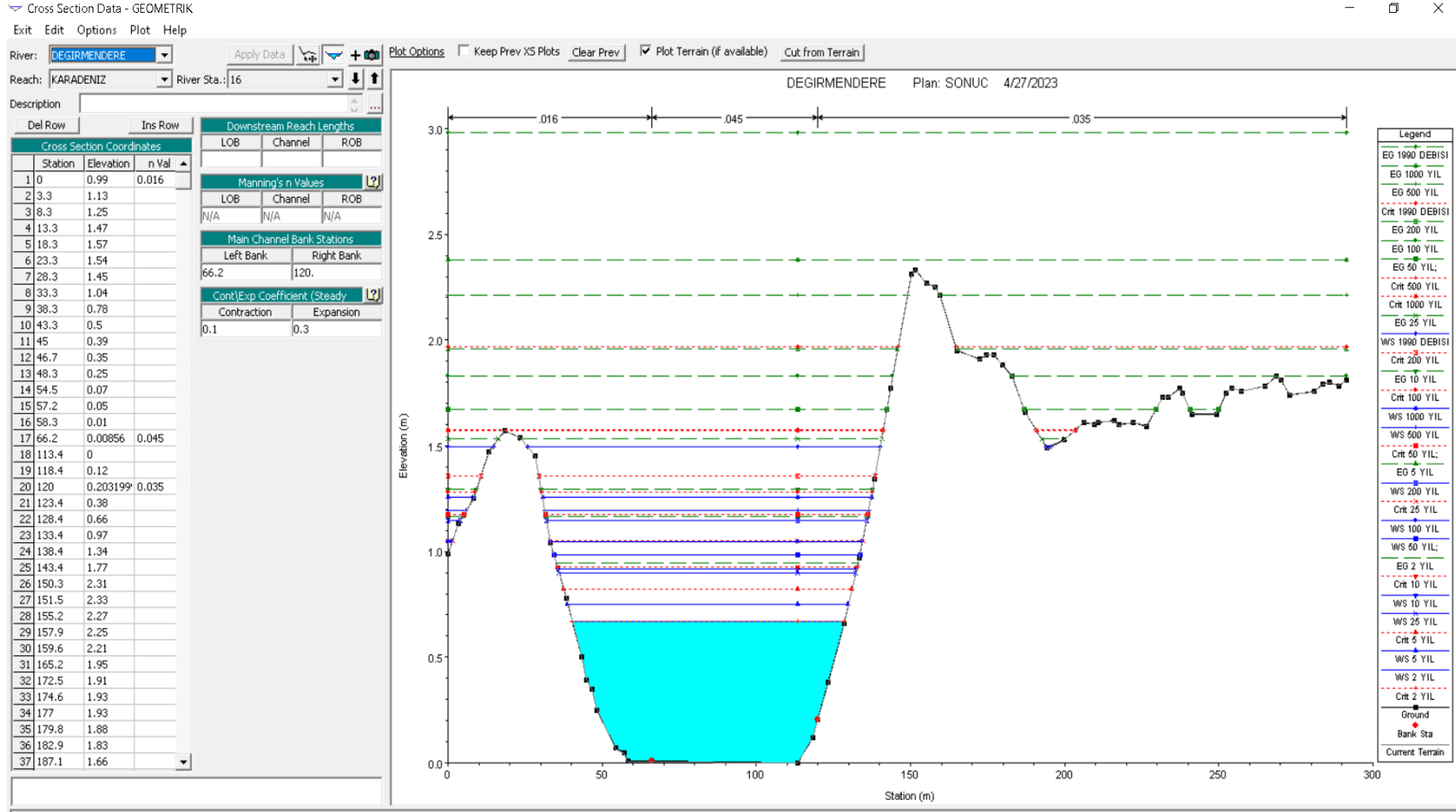
EK Tablo 17. Tüm İstasyonlar için ortalama

Tüm İstasyonlar için ortalama									
ABS. BIAS	0.036	0.052	0.086	0.116	0.131	0.143	0.153	0.163	0.168
BIAS	0.014	0.002	0	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003
RMSE	0.106	0.114	0.139	0.168	0.187	0.205	0.221	0.241	0.256
0.05 PT.	0.925	0.905	0.891	0.871	0.854	0.837	0.815	0.791	0.774
0.95 PT.	1.105	1.108	1.126	1.154	1.177	1.202	1.232	1.263	1.285

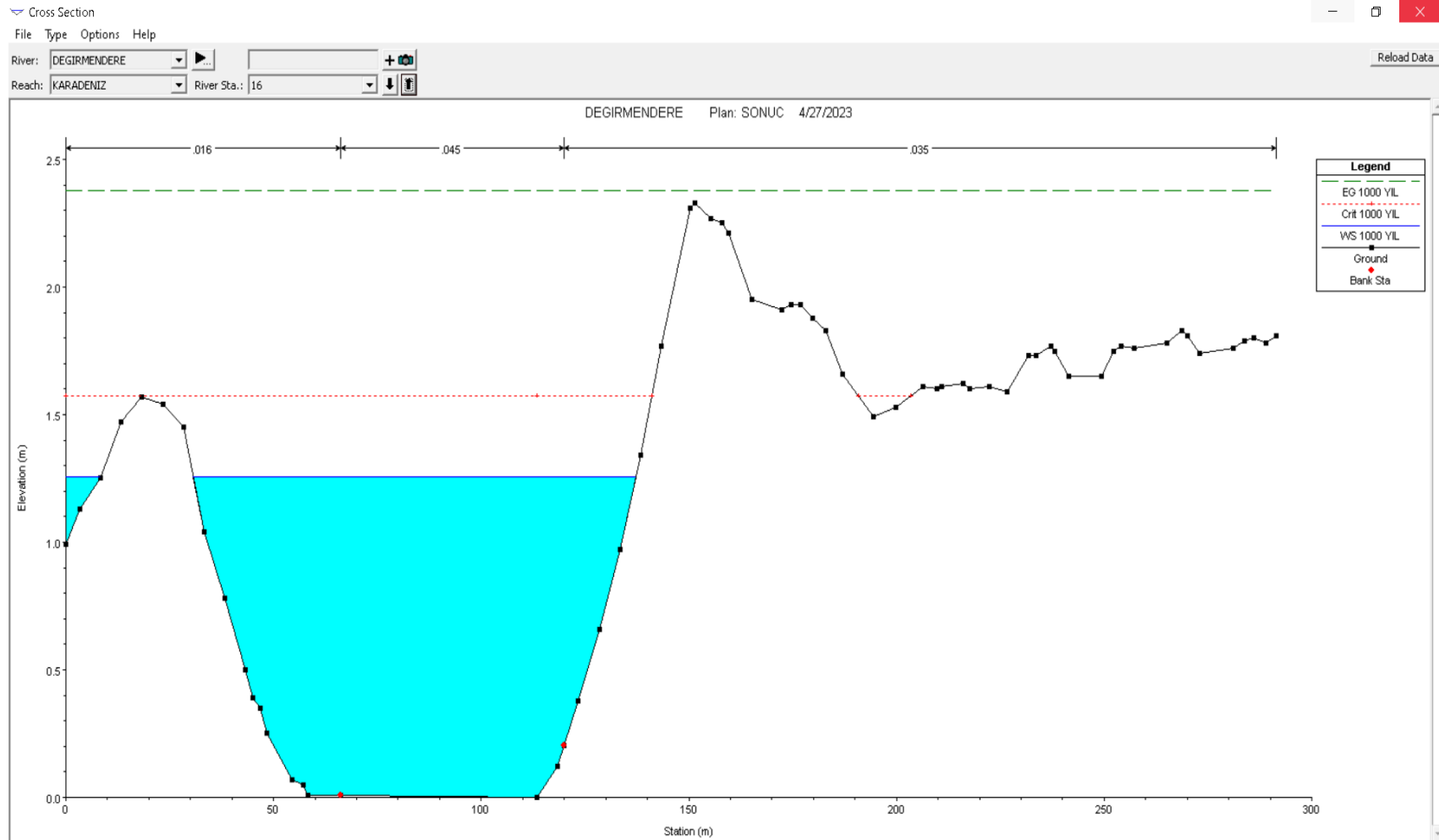
EK Tablo 18. Bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

Aşılmama olasılığı (F)	0.5	0.8	0.9	0.96	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
Tüm istasyonlar için ortalama (aritmetik ortalama)	0.867	1.291	1.619	2.085	2.468	2.88	3.325	3.967	4.496
Bölgesel büyüme eğrisi (harmonik ortalama)	0.866	1.286	1.602	2.047	2.409	2.799	3.218	3.821	4.317

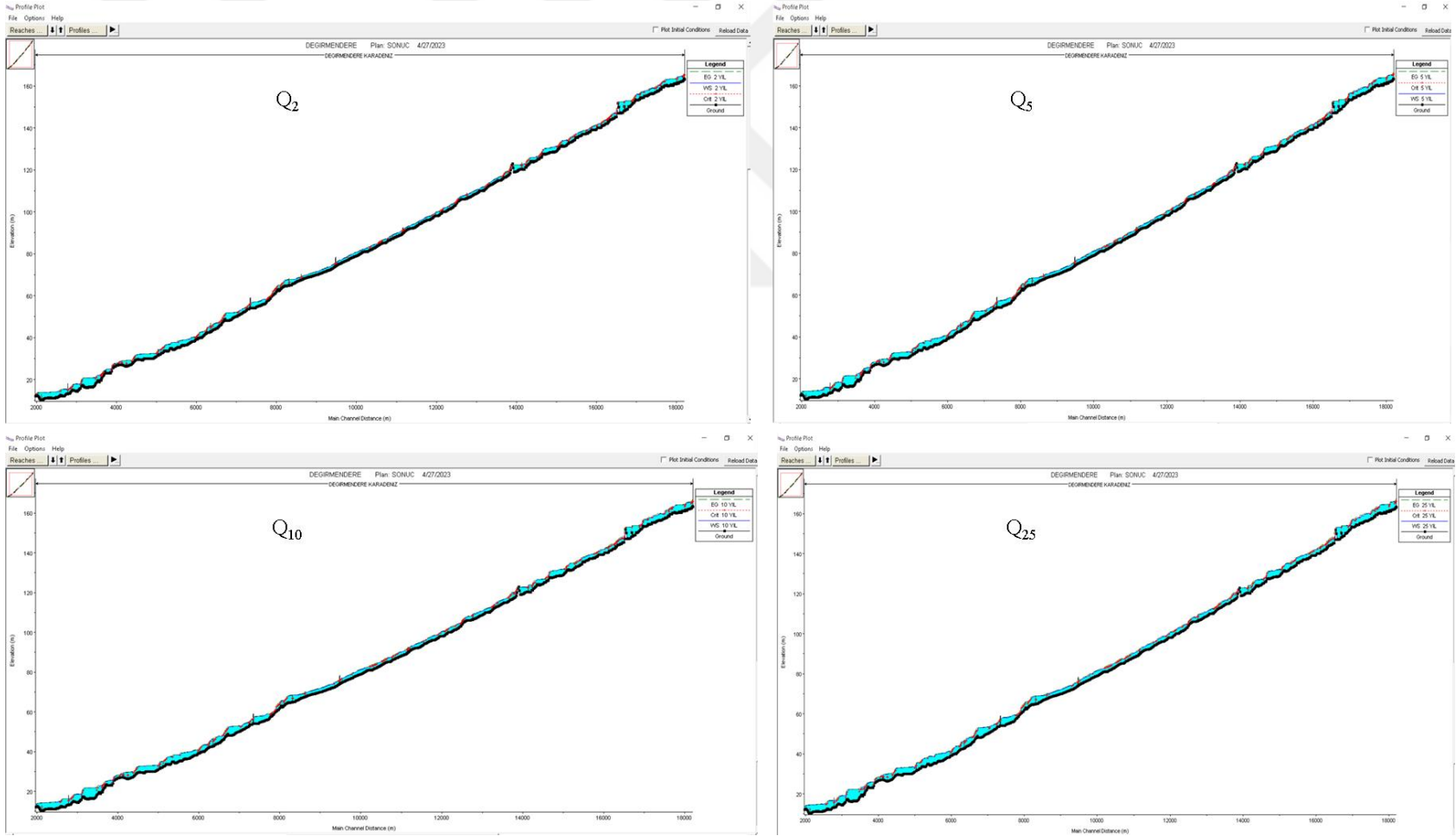
EK-3 HEC-RAS ile Taşkın Modelleme



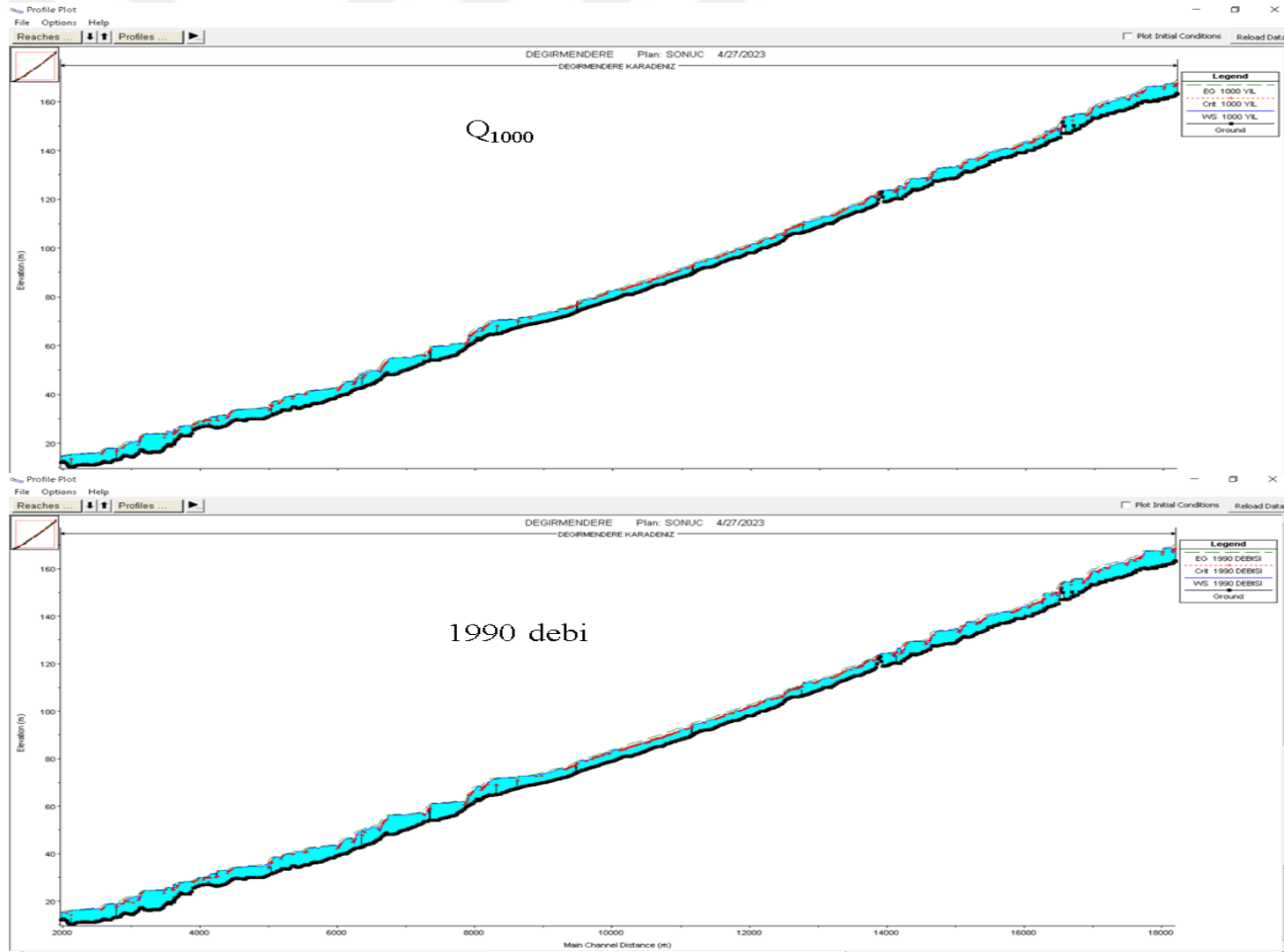
EK Şekil 1. T= 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000 ve 1990 debilerine göre son kesitin su seviyesi görünüşü



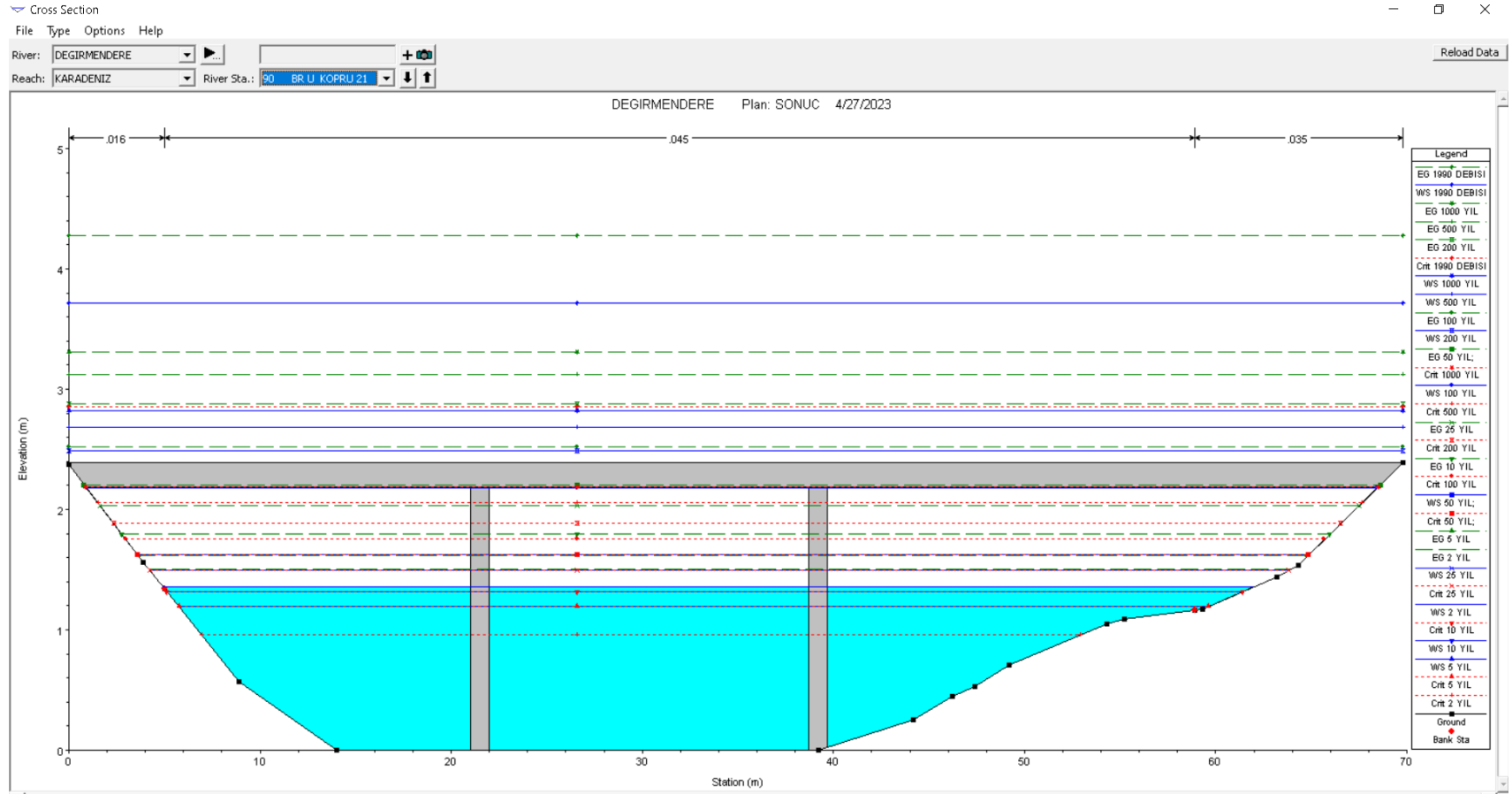
EK Şekil 2. T= 1000 yıl debilerine göre son kesitin su seviyesi görünüşü



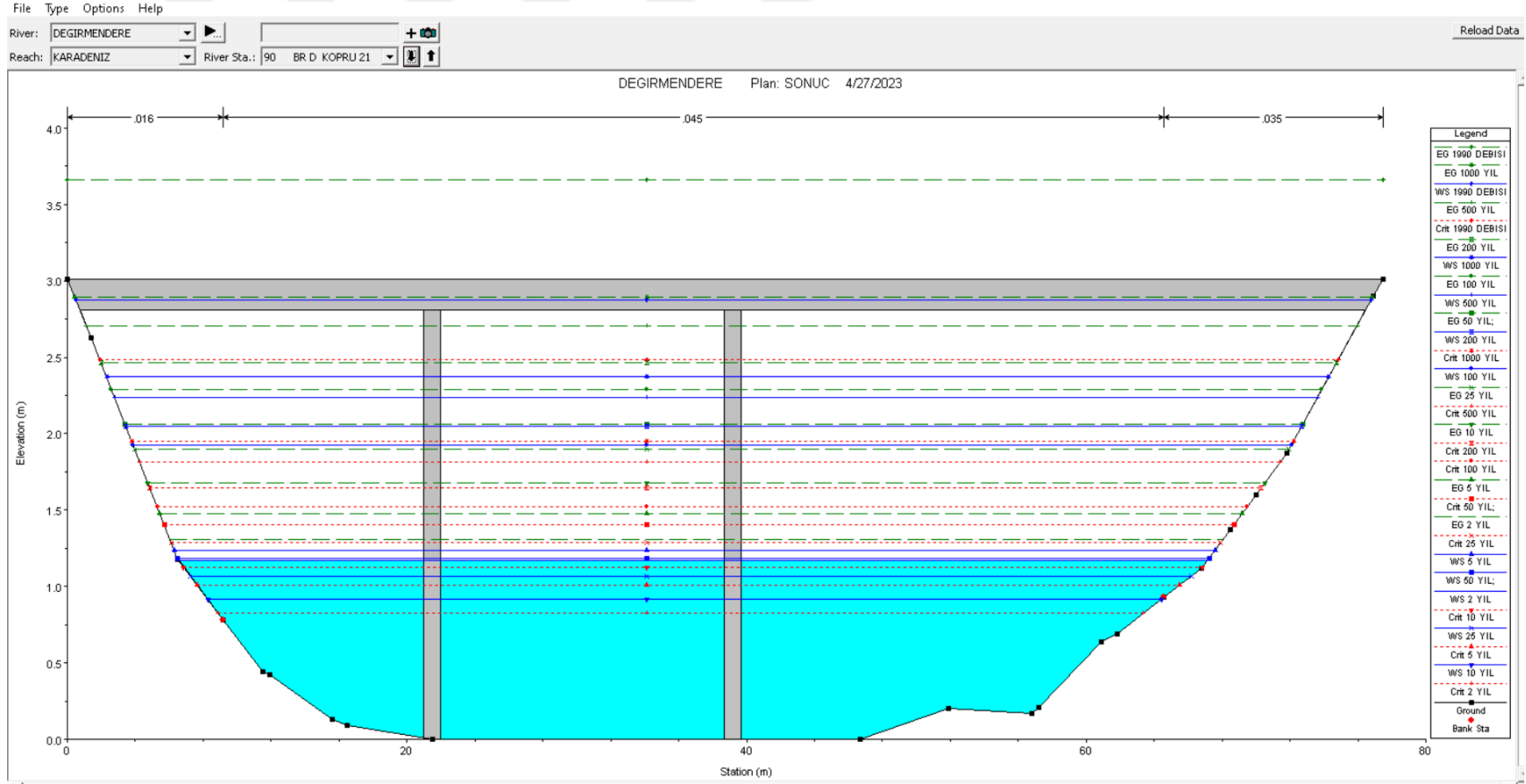
EK Şekil. 3 Q₂, Q₅, Q₁₀ ve Q₂₅ debileri için su yüzü profilleri



EK Şekil 4. EK Şekil. 3. Q_{1000} ve 1990 yılın debileri için su yüzü profilleri



EK Şekil 5. Tüm tekerrür sürelerine göre 21 no.lu köprü'nün membaında su yüzü profilleri



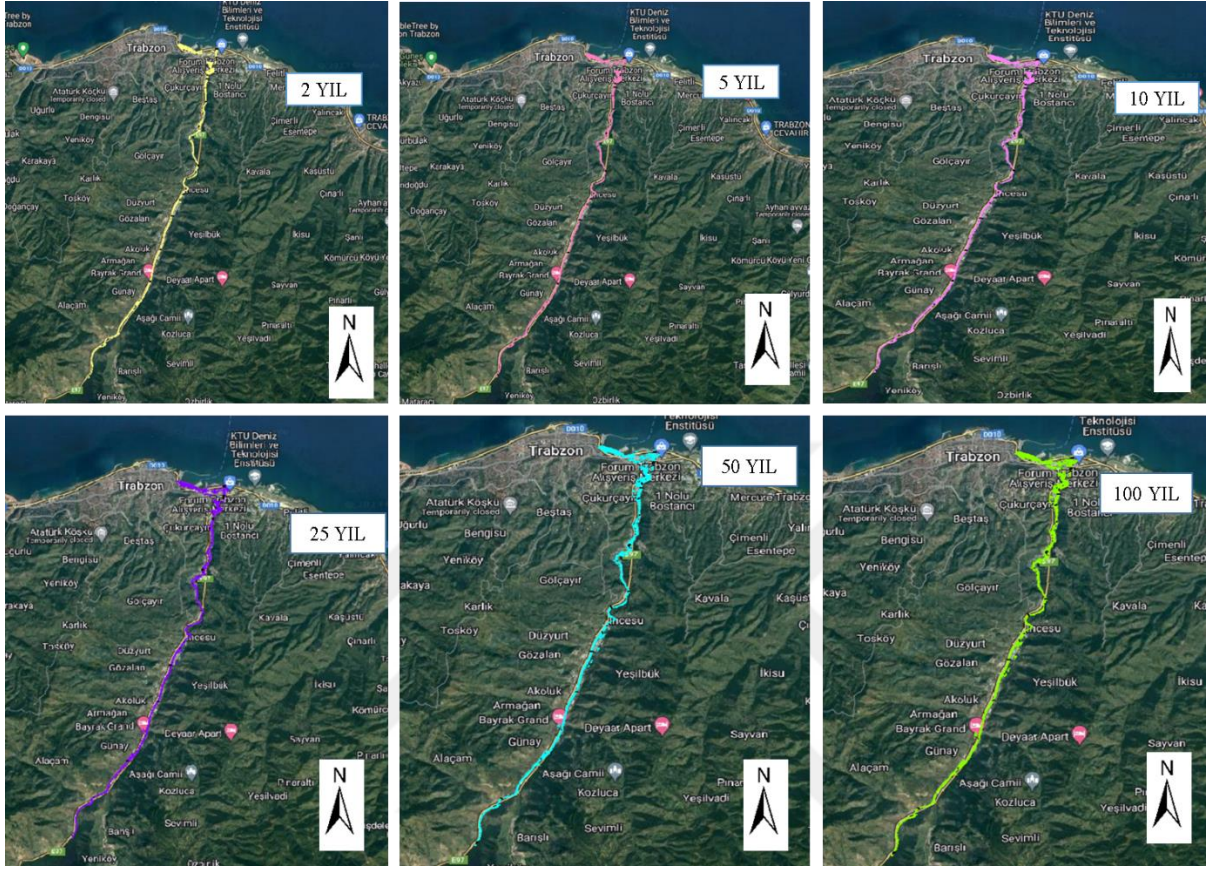
EK Şekil 6. Tüm tekerrür sürelerine göre 21 no.lu köprünün mansabında su yüzü profilleri



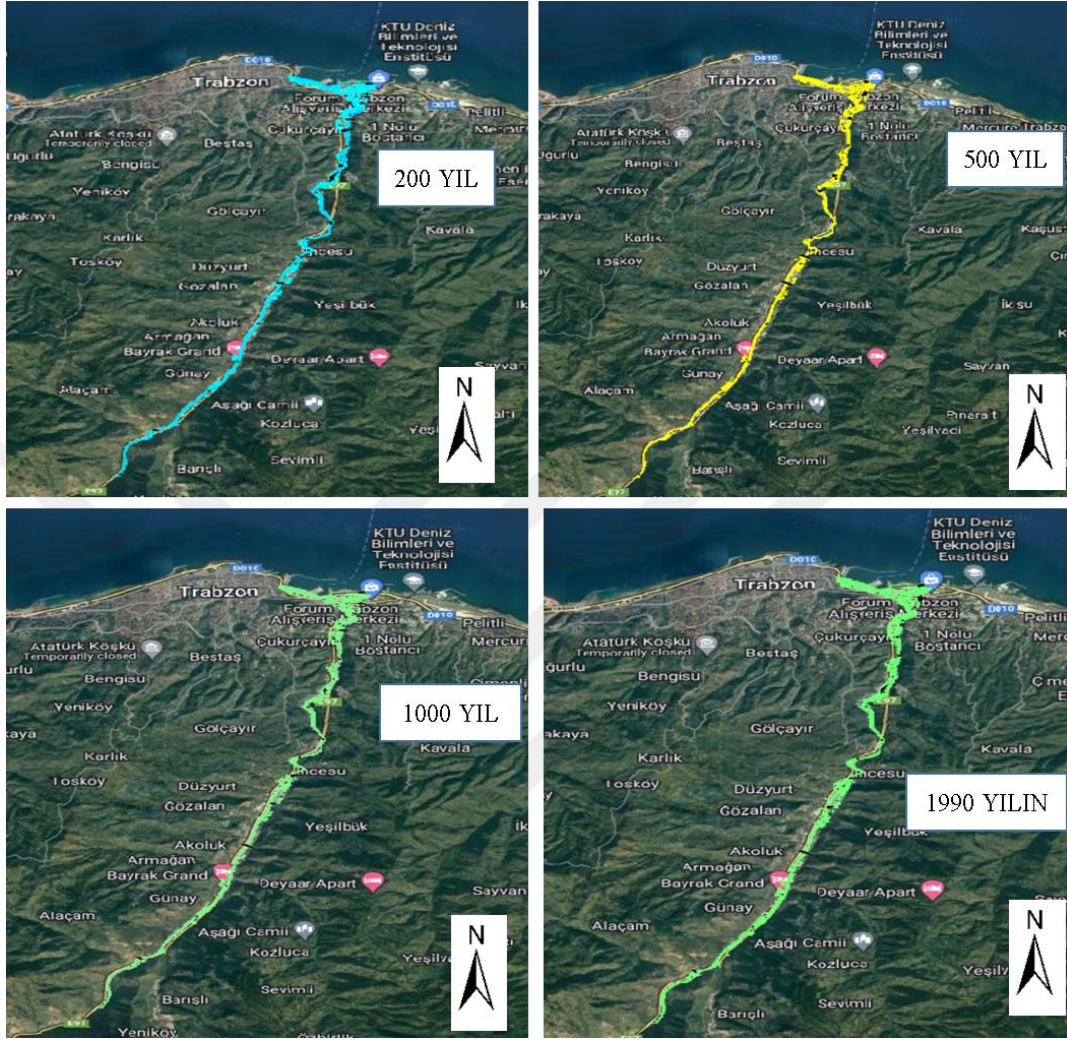
EK Şekil 7. T=10 yıl debisinin su yüzü seviyesinin haritası



EK Şekil 8. T=1000 yıl debisinin su yüzü seviyesinin haritası



EK Şekil 9. Çeşitli tekerrür sürelerine sahip debilere göre oluşturulan taşkın haritaları



EK Şekil 10. Taşkından etkilenen alanı CBS’de haritalama

ÖZGEÇMİŞ

Misra Gumma WARA ilk, orta, lise ve lisans öğrenimini Etiyopya’da tamamladı. 2012’de kazandığı Jimma Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2018 yılında Etiyopya’da Ambo Üniversitesinde öğretim üyesi yardımcısı olarak üç dönem tecrübe kazandı. 2019 yılında Türkiye’de Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Tezli Yüksek Lisans eğitimine başladı. Bir yıllık Türkçe dili hazırlık eğitiminin ardından lisansüstü derslerini de tamamladı. Tez süresince çeşitli bilgisayar yazılımları konusunda deneyim kazanan Misra Gumma WARA ileri seviyede İngilizce bilmektedir.