



Aşağı Sakarya Nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi

Emrah Doğan¹, Osman Sönmez^{1*}, Emrah Yapan¹, Koray Othan¹, Sait Özdemir¹,
Tarık Çitgez²

¹Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. 54187 Esentepe/SAKARYA
²Düzce Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü. 81620Konuralp Yerleşkesi/DÜZCE

10.03.2013 Geliş/Received, 16.07.2013 Kabul/Accepted

ÖZET

Türkiye’de taşkın tehlikesi ile karşı karşıya kalan birçok alanlardan bir tanesi de Aşağı Sakarya Havzası diye adlandırılan Sakarya Nehrinin Karadeniz’e döküldüğü yer olan Karasu’ya bağlı Yenimahalle ile akım gözlem istasyonunun bulunduğu Doğançay’a kadar olan kısmıdır. Yerleşim ve toprak kullanımı açısından taşkın bölgelerinin cazibesi yukarıda anılan bölgenin de hem yerleşim hem de tarım arazisi olarak kullanılmasına sebep olmuştur. Taşkınların bilinen zarar ve zararları bu bölge için de söz konusudur. Bu çalışma kapsamında Aşağı Sakarya Nehir yatağının son 113 km lik kısmı için beklenen 100 yıl tekerrürlü olası taşkın taşıma kapasitesi araştırılmış,baraj yıkılması durumu için de oluşabilecek muhtemel taşkın senaryoları uygulanmak suretiyle risk analizleri yapılmıştır. Senaryo taşkınları, HEC-RAS programıyla senaryo taşkınları sırasındaki su yüksekliği ve taşkın alanı hesap edilmiş bu bilgiler, HEC-GeoRAS, ArcGIS 9x ve ArcView 3.2 programında taşkın yayılım haritalarına dönüştürülmüştür. Sonuçta Aşağı Sakarya Nehrinin muhtemel taşkınlarla karşı duyarlı olduğu görülmüştür. Nehrin zaman zaman taşkın suları altında kalması çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir. Taşkınlarla karşı yapılacak önleme ve azaltma çalışmalarında değişik senaryoların dikkate alınmasının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sakarya nehri, taşkın, taşkın yatağı, HEC-RAS

Creating flood inundation maps for Lower Sakarya River

ABSTRACT

The Sakarya River Basin in Turkey frequently floods. The allure of riverside settlement and of nutrient-rich riverbank soil has led to extensive residential and agricultural development in flood plains. In this study, the 100 years return period possible flood carrying capacities of last 113 km of the Lower Sakarya Riverbed were investigated, also dam break and risk analyses were performed by applying different scenarios for the floods likely to occur. Flooding scenarios and water depth within the floodplain during these scenarios were calculated with the HEC-RAS software program and results were converted into a map in HEC-GeoRAS, ArcGIS 9x and ArcView 3.2 programs. As a result, it was observed that the Lower Sakarya River is susceptible to flooding. Recent observations of the study area confirm the study findings. This study tries to underscore the importance of taking into account the different scenarios regarding flood prevention and reduction studies.

Keywords: Sakarya River, flood, floodplain, HEC-RAS

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de taşkınlar insanların sosyal ve ekonomik hayatlarını olumsuz yönde etkileyen doğal afetlerdendir. Taşkın, yaşandığı bölgenin iklim koşullarına, jeoteknik ve topoğrafik niteliklerine bağlı olarak gelişen bir doğa olayıdır. Günümüzde küresel ısınma ve buzullardaki erimeler her kıtayı etkileyen iklim değişikliklerine sebep olmuştur. Türkiye de bu iklim değişikliklerinden etkilenmiş ve son on yılda 258 taşkın yaşanmıştır. Bu taşkınlarda toplam 245 788 hektar alan sular altında kalmış, 135 kişi hayatını yitirmiştir. Maddi zarar ise \$160 milyon’ın üzerinde olarak hesaplanmıştır. Günümüzde taşkın önleme çalışmaları artmış olmasına rağmen sel felaketlerinin görülme sıklığı da o denli artmıştır.

Gumbel, Normal, LogNormal, Pearson, Logpearson istatistiksel dağılım fonksiyonları kullanılarak 100 yıl tekrerrürlü taşkın debisi elde edilmiştir. ArcGIS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak Sakarya Nehri’nin Doğançay’dan Karasu’ya kadar olan (113 km) kısmı için taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir.

Yenice Barajı gövde tipi toprak dolgu baraj olduğundan, taşkın anında dip ve dolu savakların yetersiz kalması durumunda suyun baraj gövdesi üzerinden savaklanmasına, bu da barajın yıkımına sebep olabilmektedir. Yenice Barajı’nın yıkılması durumunda 50752,11 m³/sn’lik bir debi meydana gelmektedir. 5000 yıllık tekrerrürlü taşkın debisinden daha büyük olan bu debinin kesitleri değiştirmedeği varsayılarak taşkın yayılım haritası ede edilmiştir.

Buna göre, 100 yılda bir gelmesi muhtemel taşkında 261,13 km² (26113 ha) alan sular altında kalacağı hesaplanmıştır. Baraj yıkılması durumunda ise başta

Çalışmaya konu olan Sakarya Nehri ise Türkiye’nin üçüncü en uzun, Kuzeypbatı Anadolu’nun ise en büyük akarsuyudur. Sakarya Nehri Havzası 56000 km²’lik yüzölçümü ile Türkiye’nin yaklaşık %7’sini kaplamaktadır. Üzerinde kurulmuş olan barajlara rağmen 2001-2009 yılları arasında ana ve yan kollarda olmak üzere toplam 29 adet taşkın meydana gelmiştir.

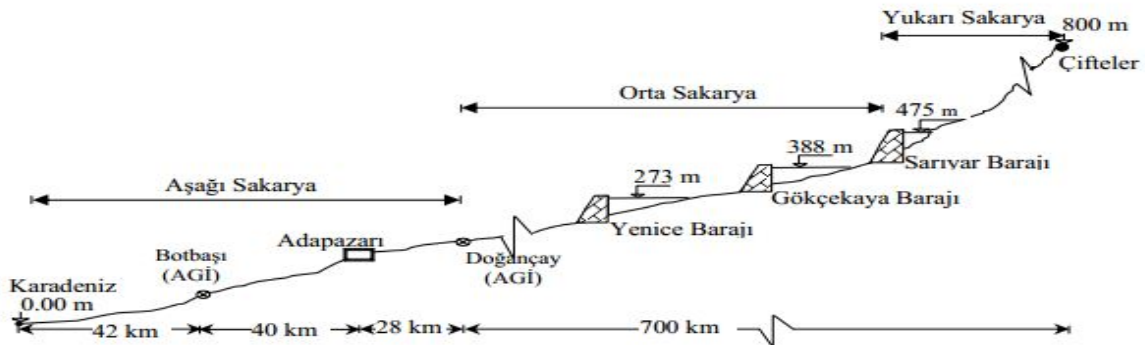
Bu çalışmada ise Sakarya Nehrinin sahip olduğu taşkın riski ve Sakarya il merkezine en yakın baraj olan Yenice Toprak Dolgu Barajının olası yıkılma durumunda meydana gelebilecek taşkın riski araştırılmıştır.

Bu amaçla, Sakarya Nehri’nin 113’üncü km’sinde bulunan Doğançay AGİ ve 44+250 km’sinde bulunan Ferizli (Botbaşı) AGİ olmak üzere iki farklı istasyonun Maksimum Anlık Feyezan Akımlarının (MAFA)

birçok mahalle olmak üzere organize sanayi ve bazı sağlık kuruluşları taşkın felaketinde etkilenebilecek muhtemel yerler arasında yer almaktadır.

2. ÇALIŞMA SAHASI (STUDY AREA)

Eskişehir’in 70 km. güneydoğusundaki Çifteler ilçesindeki Sakarbaşı denilen noktadan çıkan Sakarya Nehri, sırasıyla Sarıyar Barajı, Gökçekaya Barajı ve Yenice Barajı’nı barındırmaktadır. Sakarya İline Pamukova’nın güneyinden girer sonra Geyve ile Doğançay arasında dik yamaçlı ve dar Geyve Boğazı’ndan akarak Adapazarı ovasına çıkar. Burada da ova akarsu halini alan Sakarya’nın geçmişten bugüne Adapazarı ovasında birkaç defa yatak değiştirdiği bilinmektedir. Adapazarı şehir merkezinin 4 km doğusundan geçen nehir, ovanın kuzey kesiminden sağdan Mudurnu Çayı’nı, soldan Sapanca Gölü’nün fazla suyunu boşaltan Çark Suyu’nu alarak Karasu ilçesinin Yenimahalle semtinden Karadeniz’e dökülür (Şekil 1).



Şekil 1. Sakarya Nehri (Sakarya River)

Sakarya Nehri Kızılırmak ve Fırat nehirlerinden sonra Türkiye'nin üçüncü en uzun, Kuzeybatı Anadolu'nun ise en büyük akarsuyudur. Sakarya Nehri Havzası 56000 km²'lik alanla Türkiye'nin yaklaşık %7'sini kaplamaktadır. Toplam uzunluğu kollarıyla beraber 824 km olarak bilirse de kuruyan kolları dışında 720 km uzunluğa sahiptir. Nehrin il içindeki uzunluğu ise 159,5 km'dir. Sakarya Nehri'nin önemli yan kolları başta Porsuk ve Ankara Çayı olmak üzere Seydi Suyu, Çark Suyu, Karasu, Girmir Çayı, Göynük Çayı, Mudurnu Çayı ve Göksu Deresi'dir. Bölgedeki bütün çay ve derelerin birleştiği ana akarsudur. Akış rejimi düzensizdir. Yatağında en fazla su, yağışların bol olduğu ilkbahar mevsiminde görülür. Debinin en yüksek olduğu aylar Mart, Nisan ve Mayıs'tır. En düşük su seviyesi ise Temmuz, Ağustos, Eylül gibi yaz sonu aylarında görülür. Sakarya Nehri; yerleşim yeri ve sanayi kuruluşlarının kullanım suyu ihtiyacı, rekreasyon, tarımsal sulama, atık su deşarjı, hidroelektrik enerji gibi amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır.

Havzada 2001-2009 yılları arasında 27 akarsuda, 27 taşkın olayı meydana gelmiştir. Bu akarsulardan 6'sı Ankara'da, 3'ü Eskişehir'de, 1'i Bilecik'te, 7'si Kütahya'da, 10'u ise Sakarya'da yer almaktadır.

Bu çalışmada, ArcGIS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımlarının kullanılarak üretilen taşkın haritaları Sakarya Nehri'nin Doğançay'dan Karasu'ya kadar olan (113 km) kısmında uygulanmıştır. Sakarya Nehri'nin 113'üncü km'sinde bulunan Doğançay Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) ve 44+250 km'sinde bulunan Ferizli (Botbaşı) AGİ olmak üzere iki farklı istasyonun Maksimum Anlık Feyezan Akımlarının (MAFA) Gumbel, Normal, LogNormal, Pearson, Logpearson istatistiksel yöntemleri kullanılarak 100 tekerrürlü taşkın debisi hesaplanmıştır. Yenice Barajı'nın yıkılması durumunda meydana gelebilecek debi de hesaplanarak taşkın risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Sakarya'nın merkezine en yakın baraj olan Yenice Barajı gövde dolgu tipi toprak dolgu olup, olası büyük depremde yıkılma riski diğer baraj tiplerine (betonarme) göre daha fazladır. Dünyada yıkılan barajların istatistiklerine baktığımızda %77 ile ön sıralarda toprak dolgu barajlar vardır.

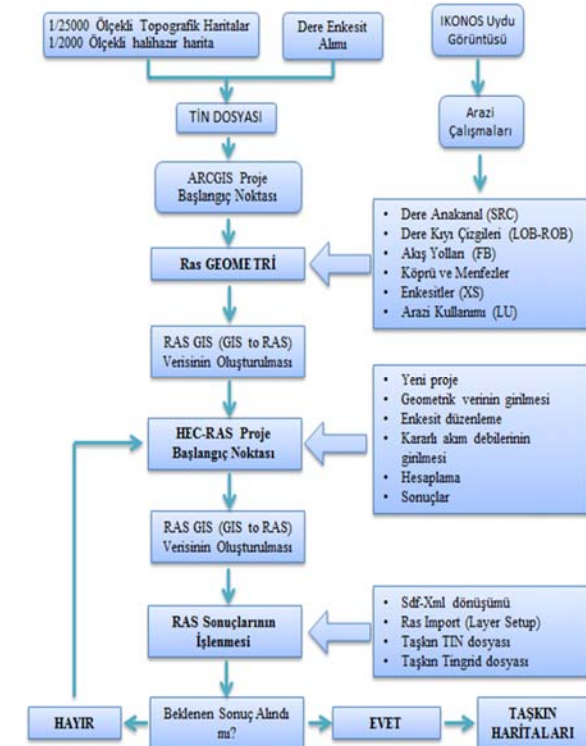
3. MATERYAL VE YONTEM (MATERIAL AND METHOD)

Bu çalışmada, Sakarya Nehri'ne ait nehir enkesit, boykesit verileri ve kıyı çizgileri, Quickbird uydu görüntüleri ve 1:25000 ölçekli topografik veriler kullanılmıştır. Veriler ArcGIS tabanına işlenerek HEC-GeoRAS toolbar'ı yardımı ile HECRAS programına aktarılmış ve enkesit, menfez, köprü... vb. gerekli

datalar sisteme girildikten sonra analiz sonuçları incelenmiştir. HECRAS tabanında elde edilen veriler daha önceden oluşturulmuş dijital yükseklik haritalarının (DEM) verilerinin TIN dosyasına dönüşümü ile HEC-GeoRAS yardımıyla örtüştürülüp taşkın haritaları üretilmiştir. İzlenen adımlar Şekil 2'de detaylı olarak sırasıyla verilmiştir.

Taşkın haritalarının oluşturulmasında gereceğe en yakın sonuçları elde edebilmek için dikkat edilecek konular aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

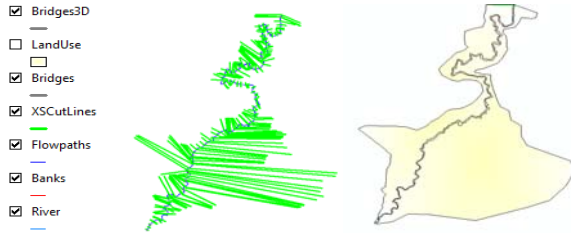
- Kullanılacak DEM verileri olabildiğince büyük ölçekli olmalıdır. Büyük ölçekli olduğunda geniş bölgeleri çalışmak için bilgisayarlar yeterli olmayabilir bu yüzden bölge bölge çalışmak tavsiye edilmiştir.
- Hidrolik veriler var ise verileri hatasız değerlendirmeli eğer hidrolik veriler yok ise hidrolojik verilerin değerlendirilmesinde her türlü koşul göz önünde bulundurulmalıdır.
- Nehrin yan kolları var ise yan kollarını da hesaba katmakta yarar vardır.
- Nehirlerin yatakları yıllar ve hatta aylar içerisinde dahi kayda değer değişimler gösterdiğinden kullanılacak özellikle geometrik verilerin yakın zamanlarda üretilmiş olmalıdır.
- Programın çalışma şekli göz önüne alındığında enkesitler ne kadar sık alınırsa o denli iyi sonuçlarla karşılaşılabacaktır.



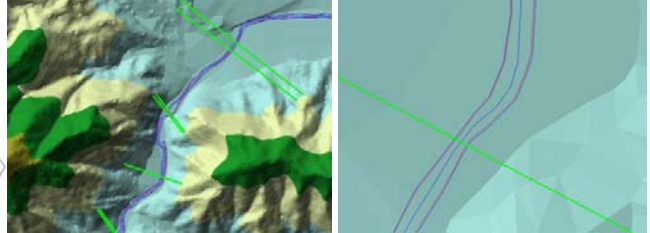
Şekil 2. Çalışmada uygulanan yöntem (Methodology)

4. GEOMETRİK VERİLERİN OLUŞTURULMASI (CREATING OF GEOMETRIC DATA)

Taşkın yayılım haritalarının oluşturulabilmesi için nehrin geometrik verileri temin edilmiştir. Nehrin kıyı çizgilerinin belirtildiği enkesitler, hidrolik yapılara ait veriler (köprü, menfez gibi) ve manning katsayısının tanımlanmasına ait nehir yatağının ve taşkına maruz kalacak alanların jeolojik, topografik ve morfolojik yapısı gerekmektedir [1]. Çalışmada kullanılan geometrik veriler nehir, nehir kıyısı, akış yolları, enkesitler, köprüler, kanal içi yapılar ve arazi kullanımınıdır.



Şekil 3. Nehir'in geometrik verilerinin ArcGIS tabanında HEC-GeoRAS ile atanması (Export to geometric data from ArcGIS to HEC-GeoRAS)



Şekil 4. Çalışma alanının lokasyonu (Study Area)



Şekil 5. Geometrik verilerin tamamlanmış hali (Final version of geometric data)

Geometrik verilerin oluşturulmasında ana veri tabanı olarak TIN modelinin oluşturulması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Yatak içinde daha önceden ölçülen enkesit verileri kullanılmıştır. Yatak dışında ise eşyüksele eğrilerine ait noktaların kullanılmasıyla üretilen TIN modeli kullanılmıştır. TIN modelimiz 1:25000 ölçekli haritaların hassasiyetindedir. TIN üretiminden sonra modellemesi yapılacak alan içindeki geometrik verilerin sayısallaştırılması ve veri giriş işlemleri yapılmıştır (Şekil 4-5). Bu verilerin sayısallaştırılmasında TIN modeli, Quickbird uydu görüntüsü, arazi ölçüm ve gözlemlerinden faydalanılmıştır.

Geometrik verilerin sayısallaştırılmasında ve veri girilmesinde dikkat edilen bazı özellikler su şekildedir[1];

- Nehir ana kolu, nehrin kıyıları ve akış yolu membadan mansaba olacak şekilde sayısallaştırılmıştır.
- Yatak enkesit çizgileri nehrin içinde alınmış enkesitlerin olduğu kısımdan nehri dik kesecek şekilde sayısallaştırılmıştır.
- Köprülerin olduğu yerlerde, köprü'nün memba ve mansap kısımlarından enkesitler çizilmiştir. Tam ortada kalacak şekilde köprüler de belirtilmiştir.
- Nehrin, kıyı çizgilerinin, akış yollarının ve köprülerin tanımlamaları yapılmıştır.
- Enkesit çizgileri akarsuyu ve akış yollarını bir kez kesmiştir ve iki çizgi birbiriyle kesiştirilmemiştir. Ayrıca nehri dik kesecek bir şekilde alınmıştır.

5. HİDROLİK VERİLERİN ELDE EDİLMESİ (HYDRAULIC DATA)

Taşkın akımı hesabında, gözlenmiş verilerin olması durumunda İstatistik Yöntemlere başvurulabilir. Hidrolojik büyüklüklerin birçoğu rastgele değişken niteliği taşırlar, bunun sebebi yağışların düzensizliğidir. Bir hidrolojik büyüklüğün rastgele değişkenliğini ihmal edip ortalama değeri ile çalışarak olay deterministik bir yaklaşımla incelenebilir. Ancak bazı büyüklükler için böyle bir yaklaşım anlamlı olmaz, bu durumda olasılık teorisi ve istatistik bilimlere dayanan, olasılıkların için içine girdiği modeller kullanmak gerekir[2].Maksimum Anlık Feyezan Akımları (MAFA) kullanarak yaptığımız dağılımlar ve elde ettiğimiz sonuçlar Tablo 1ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Doğançay AGI (Dogancay Stream Gauging Station)

Tekerrür Aralığı/Yöntemler	T=100
Gumbel	1197
Normal	952
Log-Normal	1193
Pearson3	1143
LogPearson3	1147
Max. Taşkınlar	1197
Risk (%)	1

Tablo 2. Ferizli AGI (Ferizli Stream Gauging Station)

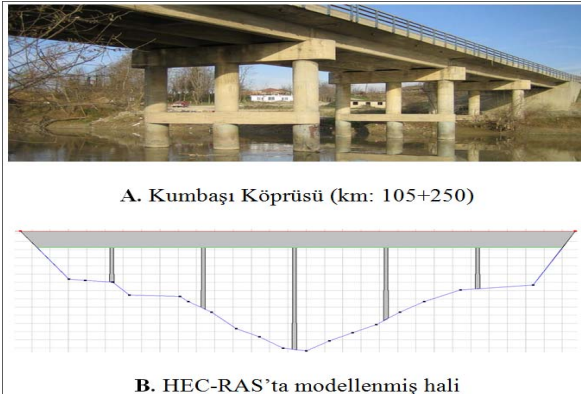
Tekerrür Aralığı/Yöntemler	T=100
Gumbel	1131
Normal	934
Log-Normal	1070
Pearson3	1070
Logpearson3	1044
Max. Taşkınlar	1131
Risk (%)	1

6. HİDROLİK MODELLEME VE TAŞKIN HARİTALARININ ELDE EDİLMESİ (HYDRAULIC MODELING AND CREATING FLOOD INUNDATION MAPS)

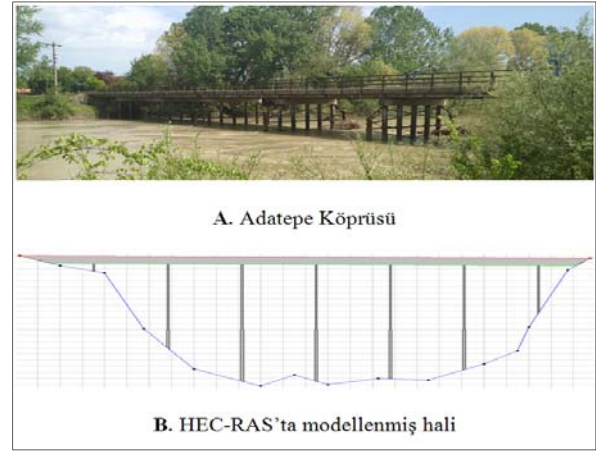
HEC-RAS; bir boyutlu, düzenli ve düzensiz akımların modellendiği bir programdır. Modellemenin yapılabilmesi için gerekli olan akarsu yatağındaki geometrik verilerin ve akımla ilgili verilerin girilmiş olması gerekmektedir [1]. Çalışma sahasına ait geometrik veriler, HEC-GeoRAS ile üretilmiş olup ilave verilerde bu kısımda tamamlanmıştır.

Yapılan çalışmaları kısaca şöyle özetleyebiliriz;

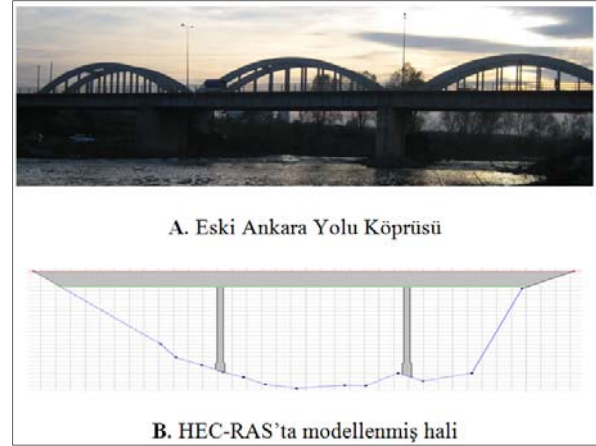
- Veriler, HEC-RAS ortamına aktarılmıştır.
- Modellemenin yapılacağı alanda bulunan 9 tane köprünün (Doğançay, Karaçam, Kumbaşı, Otoban, D100 Sakarya, Eski Ankara Yolu, Adatepe, Tuzla ve Yeni Mahalle Köprüleri) verileri tanımlanmıştır (Şekil 6-8) [3]. Bu veriler, köprülerin yüksek ve alçak platform bilgileri, ayaklarının eni ve boyları, ayaklar arası mesafe, köprü eni, köprü türüne göre modelleme bilgileri gibi veriler olup, köprülerin mimari projelerinden ve 2012 yılı arazi ölçümlerinden elde edilmiştir.



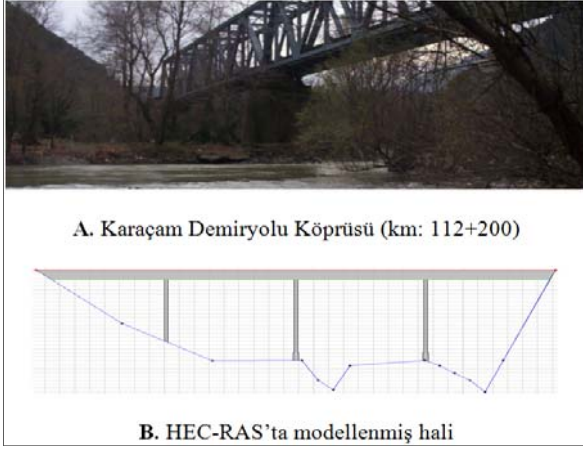
Şekil 6. Kumbaşı Köprüsü (Kumbaşı Bridge)



Şekil 7. Adatepe Köprüsü (Adatepe Bridge)

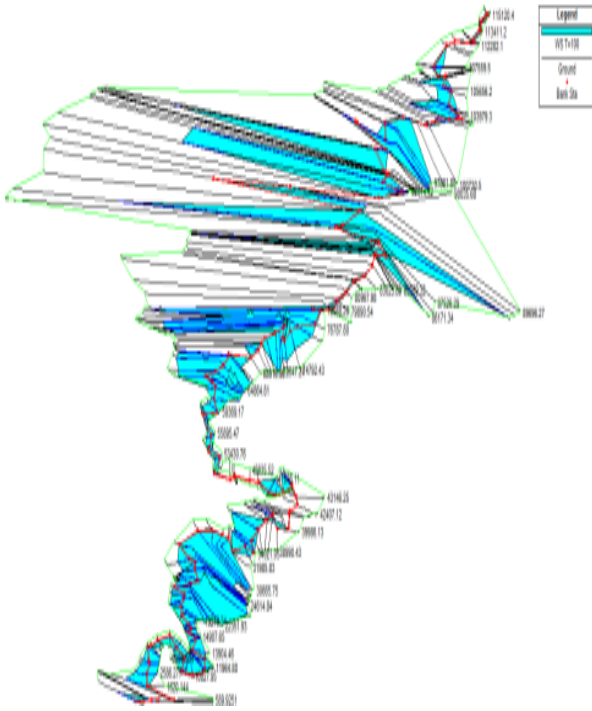


Şekil 8. Eski Ankara Yolu Köprüsü (Old Ankara Road Bridge)

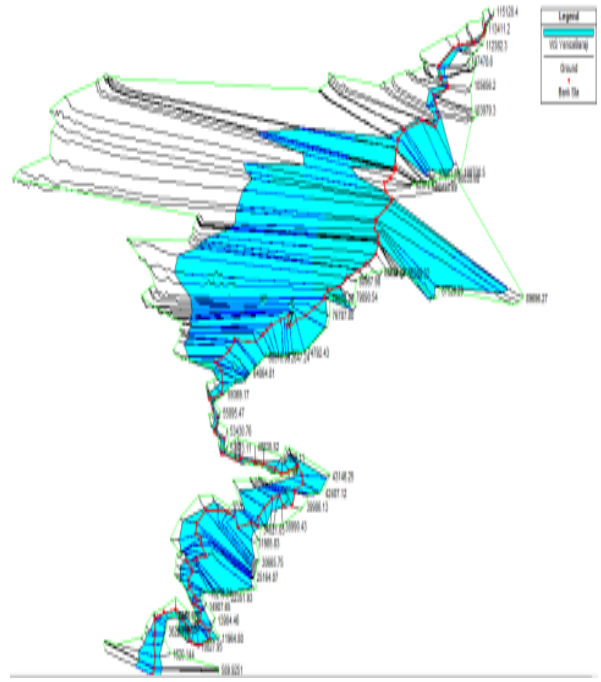


Şekil 9. Karaçam Demiryolu Köprüsü (Karacam RailRoad Bridge)

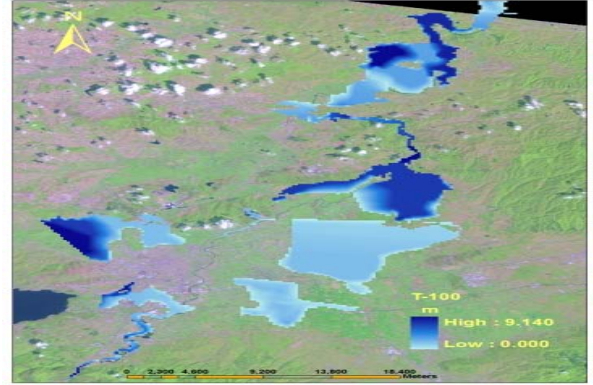
- Geometrik verilerin veri girişi tamamlandıktan sonra, modellemenin yapılacağı alanda bulunan akarsu ve uzantılarına taşkın sıklık analizleri ile hesaplanan 100yıl tekerrürlü taşkın sıklığına ait akım girilmiştir. Bu verilerden Doğançay AGİ' ye ait olan değerler Sakarya Nehri 113+825'inci km'sinden, Botbaşı-Ferizli AGİ' ye ait olan veriler Sakarya Nehri 44+250'inci km'sinde akım verileri (kararlı akım verisi olarak) sisteme girilmiştir (Şekil 10-13).



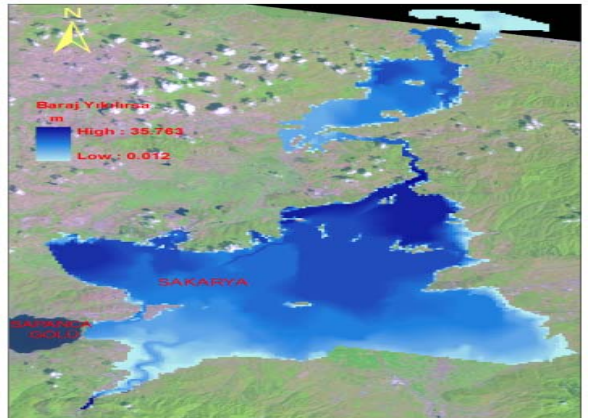
Şekil 10. T=100



Şekil 11. Yenice Barajı'nın yıkılması durumu (Yenice Dam Break Study)



Şekil 12. T=100



Şekil 13. Yenice Barajı'nın yıkılması durumu (Yenice Dam Break Study)

7. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada, ArcGIS, HEC-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımlarının birlikteliği, projeksiyon ve dosya dönüşümleri ile üretilen taşkın haritaları Sakarya Nehri'nin Doğançay'dan Karasu'ya kadar olan kısmına (Sakarya Nehri'nin Karadeniz'e döküldüğü yer 0+000 km olarak alınarak belirlenen 146 enkesitin bulunduğu bölgede) uygulanmıştır. Sakarya Nehrinde bulunan Doğançay ve Botbaşı-Ferizli akım gözlem istasyonlarında ölçülen Maksimum Anlık Feyezan Akımları (MAFA) kullanılmıştır. Bu iki farklı verilerin istatistiksel sonuçları kullanılarak elde edilen sonuçlar; 100 yıllık tekerrür aralığı ve Yenice Barajı'nın yıkılması durumu için taşkın yayılım haritalaması gerçekleştirilmiştir. Taşkın analizi sonucunda Yenice Barajı'nın herhangi bir sebepten dolayı yıkılması durumunda sular oldukça geniş bir mecraya yayılmakta, Sakarya Nehri'nin yatak değiştirmesi bile söz konusu olabilmektedir. Barajın yıkılması halinde Sakarya Nehri'nde taşkında en yüksek su derinliğinin 9.14 metre olacağı, Adapazarı Toyota Otomobil Fabrikası'nın da aralarında bulunduğu 1'inci Organize Sanayi Bölgesi, Hanlı Beldesi, Adapazarı'nın bir bölümünün de sular altında kalması edinilen bulgular içerisinde yer almıştır. Aşağı Sakarya Nehri taşkın yatağında bulunan yaşam alanları, konutlar, sanayi ve tarım alanları taşkın riski ile karşı karşıyadır. Bundan dolayı sahadaki planlamalar açısından meydana gelebilecek farklı taşkın senaryoları oluşturulmuştur. Maksimum risk açısından değerlendirilen bu senaryolara ait modeller, gelmesi muhtemel taşkın ve baraj yıkılmasıyla oluşacak taşkın modelleridir. Bunların içerisinde risk açısından en fazla etkiye sahip olan senaryo, baraj yıkılmasıyla ortaya çıkan taşkın modelidir. Meydana gelme olasılığı çok az olduğundan risk derecesi az olarak nitelendirilen bu modelde, sonuçlar saha için katastrofik bir boyut kazanmaktadır.

Yenice Barajı çekirdek kısmı toprak dolgu baraj olduğundan çeşitli sebeplerden dolayı (taşkın anında dip ve dolu savakların yetersiz kalması gibi durumlarda savaklanması, depreme maruz kalması sonucunda çatlakların oluşması ve zamanla oluşacak borulanmalar... vb.) barajın yıkılma ihtimali kayda değer ölçüdedir. Barajda 10000 yıllık gelmesi muhtemel debiye göre savak kapasiteleri hesaplanmıştır. Fakat yağışların ve kar erimelerinin ardı ardına gelmesi ya da olası bir depremde barajın yıkılması durumu da ayrı bir risk içermektedir ki bilindiği üzere Sakarya 1. derece deprem bölgesidir. Yenice Barajı'nın yıkılması durumunda 50752.11 m³/sn'lik bir debi oluşmaktadır.

Bu modelde ortaya çıkan sonuç, 5000 yıllık taşkın tekrarlama sıklığından da fazladır.

100 yılda bir gelmesi muhtemel taşkında 261,13 km² (26113 ha) alan sular altında kalacağı görülmüştür.

Aşağı Sakarya Havzası; yerleşim alanlarını, sanayi bölgelerini ve verimli tarım arazilerini önemli ölçüde etkileyen taşkın risk potansiyeline sahiptir. Taşkın risk analizi çalışmalarında, havzanın fiziksel özellikleri ve bunlara bağlı parametrelerin kısa sürede güncellenmesi zordur. Taşkın tahmini ve su yönetimi için yeterli veri ihtiyacının karşılanmasında hidrometrik ve meteorolojik ağların geliştirilmesi gerekmektedir. Uydu görüntüleri, meteoroloji radarları ve LIDAR görüntüleri kullanılarak taşkın risk yönetimi geliştirilebilir. Modern afet yönetimi sistemi dahilinde taşkın için kayıp ve zarar azaltma, hazırlıklı olma, tahmin ve erken uyarı, afetler ve etki analizi gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalara öncelik verilmelidir.

Küresel iklim değişimi, plansız yerleşimler ve yetersiz altyapı nedeniyle taşkın afetleri can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bunun için de akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler, elverişsiz tarım yöntemleri ile toprakların yoğun bir şekilde kullanılması, akarsu ve derelerin yatakları içinde veya mücavirindeki taşkın riski taşıyan alanların iskâna açılması, daha önce inşa edilmiş taşkın tesislerinin üzerlerinin kapatılması, açık mecraların kapalı mecralara dönüştürülmesi sonucunda büyük boyutlarda taşkın zararlarına neden olunması engellenmelidir. Taşkın yataklarındaki yerleşimler daha uygun yerlere taşınarak imar planları yenilenmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Özdemir H., Taşkınların Haritalanmasında Hec-GeoRAS ve Hec-RAS'ın Kullanımı: Havran Çayı Örneği (Balıkesir), TMMOB Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon, 2007
- [2] Bayazıt M., Oğuz B., Mühendisler İçin İstatistik, ISBN 975-511-102-6, Birsen, İstanbul, Haziran 1994
- [3] Işık S., Şaşal M., Doğan E., Sakarya Nehrinde Barajların Mansap Etkisinin Araştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Ankara, 2006

