

## Elmalı Barajının Mansap Tarafındaki Meskun Bölgelerin Taşkın Risk Analizi

\*<sup>1</sup>Farrokh Mahnamfar <sup>2</sup>Yasin Abdollahzadeh moradi <sup>3</sup>Necati Ağırlioğlu

<sup>1</sup>İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, fmahnamfar@sakarya.edu.tr

<sup>2</sup>Hidrolik ve su kaynakları Bölümü, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, İTÜ, İstanbul, Türkiye, abdollahzadeh@itu.edu.tr

<sup>3</sup>Mühendislik Fakültesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Antalya, Türkiye, necati.agiralioglu@antalya.edu.tr

### Özet

İnsanoğluna çok zarar veren doğal afetlerden biri taşkındır. Bu afet, bölgedeki iklim değişikliği, jeoteknik ve topoğrafik özelliklerden meydana gelmektedir. Ayrıca insan faaliyetleri taşkın risklerini de artmaktadır. Dünyada taşkın afetlerinin en önemli sebeplerinden, taşkın alanlarına yakın yerlerde kontrolsüz şehircilik faaliyetleri ve akarsu yataklarında yapılan müdahalelerdir.

Çalışma alanı İstanbul İli, Beykoz İlçesi, Göksu Deresinin üzerinde inşa edilen Elmalı Barajının mansap tarafında bulunmaktadır. Bu çalışmada Elmalı Barajının dolu savağının çeşitli savaklanma durumlarında, mansap tarafında olan Göksu Deresinde oluşturacak taşkınlar için farklı taşkın risk haritaları 2 boyutlu DHI MIKE 21 FM (MIKE 21 Akış Modeli, 2D serbest yüzey akışları için bir modelleme sistemidir) yazılımıyla modellenerek hazırlanmıştır. Böylece taşkına maruz kalma, oluşacak taşkınların büyüklüğü ve riskleri farklı senaryolarla değerlendirilmiştir. Çeşitli simülasyonlar sonucunda, Elmalı Barajının mansap tarafındaki taşkın risk bölgeleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın, Risk analizi, Nümerik, MIKE 21.

### Abstract

Floods are usually influenced by the interaction of catchment-specific characteristics, such as meteorology, topography, geology and lately climate change. Flood risk assessment issue have traditionally been the domain of hydrologists, water resources engineers and statisticians. Researchers have scientifically proven a sharp global increase in the economic risk associated with floods though flood-related fatalities might be decreasing. The Elmalı spillway, immediately upstream of Göksu river in İstanbul, is essential for reducing flood risk. However, Authorities release a huge amount of water at a dam during heavy rainfall, causing floods in many parts of the Göksu river district. In this study, vulnerability risk assessment of Göksu river basin is considered. To this aim, various scenarios are developed based on spilled discharges with various return periods. Later, the impact of spilled discharges on floodplains are mapped. Risk zones are predicted.

**Key words:** Flood, Risk analysis, Numerical, MIKE 21.

### 1. Giriş

Taşkınlar, Türkiye’de ve dünyanın birçok ülkesinde insanların can ve mal kayıpları gibi sosyal ve ekonomik hayatlarını olumsuz yönde etkileyen en önemli doğal afetlerdendir. Klimatolojik-meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü ve insani müdahaleler taşkınların

\*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: fmahnamfar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955740

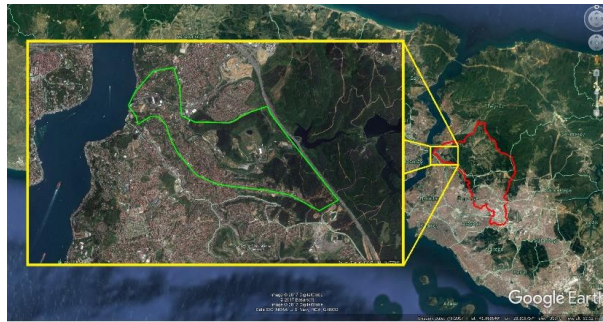
meydana gelmesinin en temel faktörlerindedir. Dünyada taşkın afetlerinin en önemli sebeplerinden biri, taşkın alanlarına yakın kontrolsüz şehircilik faaliyetleri ve akarsu yataklarında yapılan müdahalelerdir.

Türkiye’de baraj, gölet gibi yapıların inşası ve akarsu ıslah çalışmalarının artması sonucunda taşkın olayında azalma meydana gelse de DSİ verilerine göre son 40 yılda meydana gelen 820 taşkından, 660 can kaybı olmuş ve 799.758 hektar tarım arazisi taşkına maruz kalmıştır. Böylece, Türkiye ekonomisinde yılda yaklaşık 150 milyon TL zarar meydana gelmiştir. Bununla beraber, son yıllarda ani seller ve bunun bir sonucu olarak da şehir sellerinde önemli artışlar görülmektedir [1]. Türkiye’de taşkınların yarattığı zararların en büyük nedeni yerleşim yerlerinin dere yatağının kapatması sonucu meydana gelmektedir. Bu durumda, şiddetli yağışın sonucu meydana gelen debinin artmasıyla daralan yatağından taşması ve denize ulaşabilmesi için önüne çıkan yerleşimi sular altında bırakması kaçınılmazdır [2]. Havran Çayı üzerindeki taşkınları azaltmak için yapılan çalışmalardan bir tanesi Havran Barajıdır. Araştırmada barajdan kaynaklanabilecek taşkın riskleri dikkate alınmıştır. Böylece, barajın dikkate alınmadığı ve dikkate alındığı akarsuların taşkın tekrarlama sıklıklarına göre dolu savak taşkını ve olası baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkın senaryolarına göre risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak barajdan kaynaklanabilecek taşkınların ortaya çıkaracağı zarar, normal taşkınlara oranla daha fazla olmaktadır [3]. Başka bir çalışmada, Samsun Mert Irmağının mansap bölgesinin taşkın riski nümerik olarak belirlenmiştir. Çeşitli taşkın pik debilerine göre analizler gerçekleştirilmiştir ve risk durumlarına göre 8 farklı senaryo MIKE 11 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, dere kesitlerinin 1000 yıllık taşkın periyodunda risk meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Böylece, dere üst kotundan itibaren 1m’lik su kabarması olacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca dere yatağının hemen yanında meskûn bölgeler için önemli bir risk meydana getirdiği görülmüştür [4].

Araştırmamızda, seçilen çalışma alanı İstanbul İli, Beykoz İlçesi, Göksu Deresinin üzerinde inşa edilen Elmalı Barajının mansap tarafında bulunmaktadır. Bu çalışmada, Elmalı Barajının dolu savağının çeşitli savaklanma durumlarında, mansap tarafında olan Göksu Deresinde oluşturacak farklı taşkın risk haritaları 2 boyutlu DHI MIKE 21 FM yazılımıyla benzeştirilmiştir. Çeşitli simülasyonlar sonucunda, Elmalı Barajının mansap tarafındaki risk bölgeleri belirlenmiştir.

## 2. Çalışma alanı

Çalışma alanı İstanbul İli, Beykoz İlçesi, Anadoluhisarı Mahallesi, Göksu Deresinde bulunmaktadır. Şekil 1’de çalışma alanı gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Taşkın risk analizlerinin yapıldığı alan ise Elmalı Barajının mansap tarafında yer almaktadır. Elmalı 2 Barajı 1955 yılında, Elmalı 1 Barajı ise 1907 yılında işletmeye açılmıştır. Elmalı 1 Barajı Boğaziçi'nde, Anadoluhisari'nin 3,3 km güneydoğusunda ve 2. Elmalı Barajı'nın 1,2 km mansabında yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Baraj yerleri planı

Elmalı 1 Barajının temelden yüksekliği 22 m dir ve türü kâgir ağırlıklıdır. Elmalı 2 Barajının ise temelden yüksekliği 49 m dir ve payandalı beton barajdır. Her iki barajın toplam drenaj alanı 81,5 km<sup>2</sup> dir. Elmalı 1 ve Elmalı 2 barajlarının normal su seviyeleri sırasıyla 32.40 m ve 67.50 m dir [5, 6, 7]. Elmalı 1 ve Elmalı 2 barajının görüntüleri ve planları şekil 3 ve 4'de gösterilmiştir.



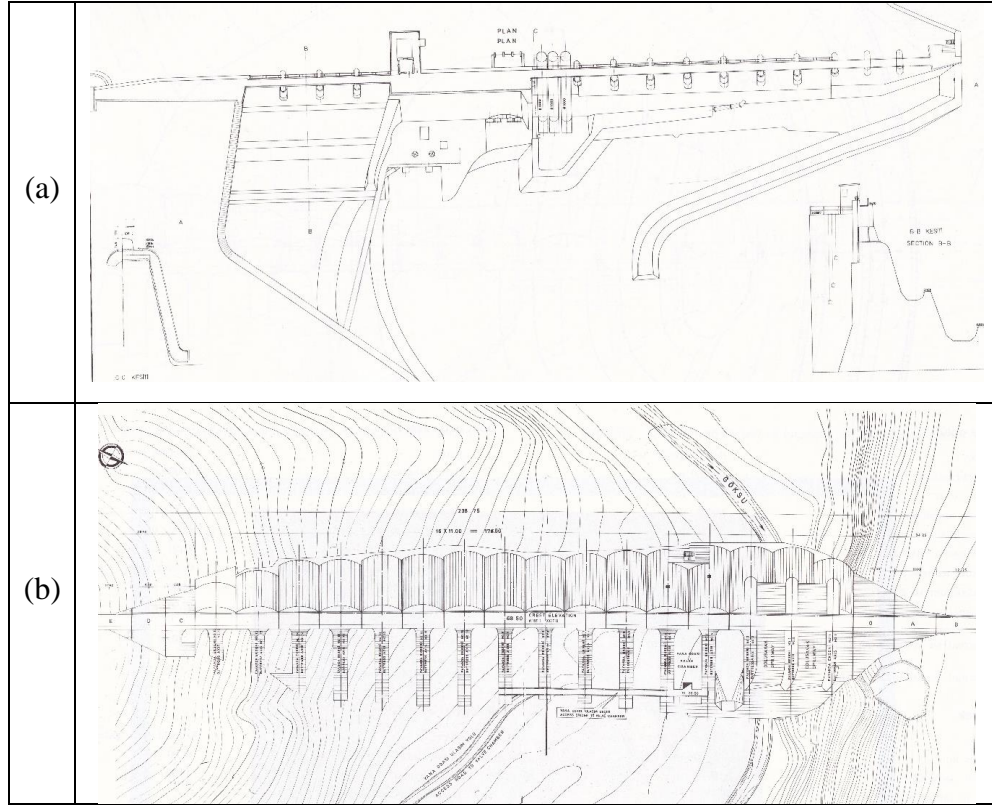
(a)



(b)

Şekil 3. Barajların genel görüntüleri (a) Elmalı 1 (b) Elmalı 2

Elmalı 1 Barajında 3 adet her biri 3.75 m genişliğinde ve +31.00 kotunda dolu savak yer almaktadır. Ayrıca, +29.00 kotunda, 4.30 m genişliği ve 2 m yüksekliğinde 11 adet sürgülü dolu savak ve kapağı mevcuttur. Böylece, Elmalı 1 Barajının toplamda 14 dolu savağı vardır. Elmalı 2 Barajı ise 22 bloktan oluşmuştur. İki açıklığı olan kapaklı dolu savağı 7,5 m uzunluk ve 6,5 m yüksekliğindedir. Dolu savağın maksimum debi kapasitesi 540 m<sup>3</sup>/s dir [5].



Şekil 4. Barajların plan görüntüleri (a) Elmalı 1 (b) Elmalı 2

### 3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, MIKE 21 FM yazılımı kullanılmıştır. MIKE 21 FM Danish Hydraulic Institute (DHI) tarafından geliştirilmiş 2 boyutlu esnek hesap ağı (Flexible Mesh) yaklaşımına dayanan hidrodinamik bir modeldir. Bu yazılım deniz, kıyı ve nehir ortamlarında hidrodinamik modeller için geliştirilmiştir. Ayrıca, modelleme sistemi, kara taşkınlarının araştırılması için de uygulanabilir. Sistem, Boussinesq ve hidrostatik basınç varsayımlarıyla iki ve üç boyutlu sıkıştırılmaz Reynolds ortalama Navier-Stokes denklemlerinin sayısal çözümüne dayanır. Ayrıca, model süreklilik, momentum, sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk denklemlerinde içermektedir. İki boyutlu ağ üçgen veya dörtgen elemanlardan oluşmaktadır [8].

MIKE 21 FM yazılımı, modelleme sistemi oşinografik şartları, kıyı alanları, akarsu ve su kaynakları benzeşimi için geliştirilen en iyi programlardan biridir. Bu model, batimetri ve meteorolojik koşullar, gelgit değişimleri ve diğer hidrografik şartları dikkate alarak 2 boyutlu akım benzeşimi yapmaktadır. İki boyutlu akıma ait süreklilik ve momentum denklemleri aşağıdaki gibidir ( $h=\eta+d$ ):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = hS \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial \bar{h}u}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}u^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}v\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial \bar{h}v}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}v^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}u\bar{v}}{\partial x} = f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \quad (1.3)$$

Burada, t zaman, x, y kartezyen koordinat sistemi,  $\eta$  su yüzü değişimi, d sakin su derinliği, u, v sırasıyla x ve y doğrultularındaki hız bileşenleri,  $f=2\Omega \sin\phi$  Coriolis parametresi ( $\Omega$  açısız devir oranı ve  $\phi$  coğrafi enlemdir), g yer çekimi ivmesi,  $\rho$  suyun özgül kütlesi,  $S_{xx}$ ,  $S_{xy}$ ,  $S_{yx}$  ve  $S_{yy}$  radyasyon stres tensörü bileşeni,  $P_a$  atmosfer basıncı,  $\rho_0$  suyun referans özgül kütlesi, S noktasal kaynak debisi,  $u_s$  ve  $v_s$  alıcı ortama giren suyun hızı,  $T_{ij}$  viskoz, türbülans sürtünme faktörleri ile diferansiyel taşınımı içeren parametre,  $(\tau_{sx}, \tau_{sy})$  ve  $(\tau_{sx}, \tau_{sy})$  yüzey rüzgar ve taban sürtünme stresinin x ve y bileşeni, T sıcaklık, S tuzluluktur [8].

Yukarıdaki denklemlerde derinlik ortalama hızı ve  $T_{ij}$  değerleri aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır:

$$h\bar{u} = \int_{-d}^{\eta} u dz, \quad h\bar{v} = \int_{-d}^{\eta} v dz, \quad T_{xx} = 2A \frac{\partial \bar{u}}{\partial x}, \quad T_{xy} = A \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right), \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial \bar{v}}{\partial y}$$

Çalışma alanında kullanılan hesap ağı Şekil 5’de gösterilmiştir. Şekil 5’de görüldüğü gibi, çalışma alanında tüm binaları modele dahil etmek için sık bir üçgen ve dörtgen hesap ağı kullanılmıştır. Hesap ağı eleman sayısı 32766 dir. Sınır şartları olarak, memba (Elmalı-1 Barajının çıkışı) tarafında 60 dakika boyunca sabit olmak üzere Tablo 1’de gösterilen debi değerleri sırasıyla kullanılmıştır. Dere denize aktığı için (İstanbul boğazı) su seviyesi değeri sıfır olarak kabul edilmiştir. Elde edilen taşkın haritaları ile her bir düğüm noktasından geçen maksimum su derinliği elde edilmiştir.

Bu çalışmada Göksu Deresinin havza özellikleri yanında Elmalı Barajından oluşabilecek taşkınların riskleri de dikkate alınmıştır. Böylece baraj kaynaklı meydana gelebilecek dolu savak taşkınları incelenmiş ve riskli alanlar belirlenmiştir. Taşkın risk analizi için barajdan savaklanan maksimum debinin yüzdesi hesaplarda kullanılmıştır ve her yüzde için taşkın risk haritaları MIKE 21 FM yardımıyla oluşturulmuştur. Göksu Deresi için 4 senaryo gerçekleştirilmiştir ve senaryoların sonuçları hem ayrı ayrı (Şekil 6-9) ve hem bir arada (Şekil 10) gösterilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanındaki uygulanan örgü

Birinci senaryoda dolu savaktan savaklanabilecek maksimum debinin %25'inin taşkın haritası oluşturulmuştur. Daha sonra dolu savağın maksimum debisinin %50, %75 ve %100'nun oluşturduğu taşkın haritaları elde edilmiştir. Savaklanan debi ve savaklanma süresi Tablo 1'de verilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi dolu savağın maksimum kapasitesi ( $Q_{max}$ ) 540 m<sup>3</sup>/s dir. Tüm senaryolarda Göksu deresinde bulunan binaların etkisi de modellere yansıtılmıştır. Böylece, şehirleşmenin taşkın ilerlemesindeki etkisi sisteme dahil edilmiştir. Binalar kırmızı renkle Şekil 5'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Taşkın senaryoları

| Senaryo No. | Savaklanan debi yüzdesi (m <sup>3</sup> /s) | Savaklanan debi (m <sup>3</sup> /s) | Süresi (dk) |
|-------------|---|-------------------------------------|-------------|
| 1           | 25  | 135                                 | 60          |
| 2           | 50  | 270                                 | 60          |
| 3           | 75  | 405                                 | 60          |
| 4           | 100   | 540                                 | 60          |

Taşkın alanları, üç kritik derinlik olan 0,6, 1,0 ve 3,5 m' ye göre sınıflandırılmıştır. Kritik derinliklerin seçiminin esası şu şekilde açıklanmıştır: Genel olarak okul ve kamu binalarının yerden yüksekliği 0,6 m'dir. Taşkın derinliğinin 1,0 m'den fazla olması halinde can kaybı ihtimali bulunmaktadır. Ayrıca tarımsal üretimde büyük hasar beklenmektedir. Sığınma evleri ve bir katlı binalar için minimum eşik yüksekliği genellikle 3,5 m'dir. Taşkın derinliğine göre tehlike sınıflandırılması Tablo 2'de verilmiştir [9].

Tablo 2. Taşkın risk türü

| Taşkın tehlike No. | Taşkın derinliği, d, (m) | Taşkın tehlike türü |
|--------------------|--------------------------|---------------------|
| T <sub>1</sub>     | 0,0<d<0,6                | Az                  |
| T <sub>2</sub>     | 0,6<d<1,0                | Orta                |
| T <sub>3</sub>     | 1,0<d<3,5                | Çok                 |
| T <sub>4</sub>     | 3,5<d                    | Aşırı               |

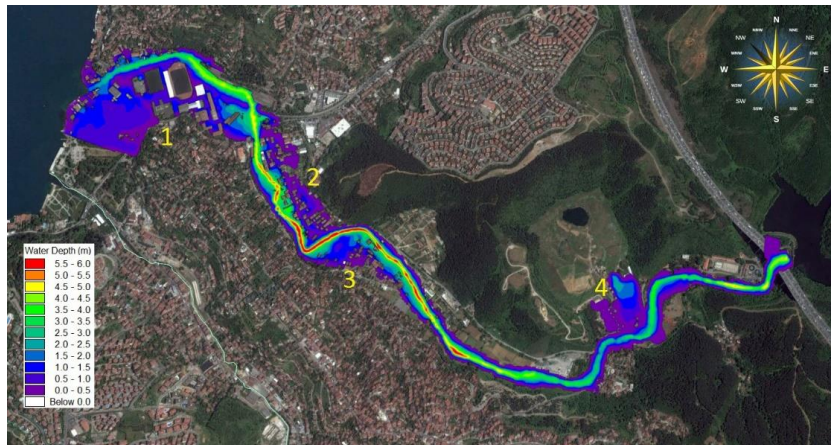
Birinci senaryo' da barajın dolu savağının maksimum kapasitesinin %25'nin savaklanması

durumunda, mansap bölgesinde oluşacak taşkın haritası Şekil 6’da sunulmuştur. Şekil 6’da şehirleşmenin taşkın yönü üzerindeki etkisi ve taşkına maruz kalan yerleşim alanları net bir şekilde anlaşılmaktadır. Ayrıca, dere yatağının orta kısmının bazı yerlerinde su derinliği 4 m’ ye kadar ulaşmaktadır. Taşkın, derenin denize bağlandığı bölgede daha çok yayılarak, büyük çapta riskli alanlar oluşturmaktadır. Burada, meskûn bölgelerde su derinliği 1,2 m’ ye kadar yükselmiştir. Derenin denize girişi bölgesinde tarım arazisi bulunması durumunda, olası taşkın ihtimalinde bu arazinin büyük hasar gördüğü beklenmektedir.



Şekil 6. Birinci senaryonun taşkın risk haritası ( $0.25Q_{max}$ )

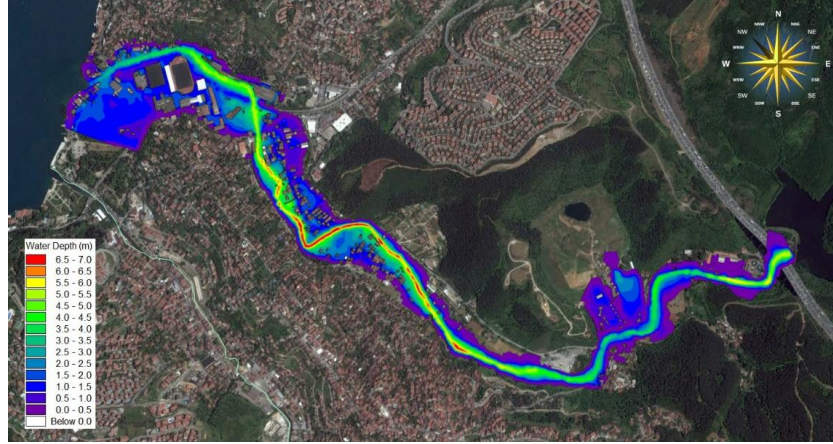
İkinci senaryo sonucunda, Şekil 7’de gösterilen 1 (birinci senaryodaki deniz girişi), 2, 3 ve 4 noktalarında taşkın dere yatağının etraftaki araziye daha çok yayılmıştır. Senaryo 2’de etraftaki arazide su derinliği 1 metre’ den fazla olmuştur ve olası taşkın durumunda daha önce anlatıldığı gibi can, mal kaybı meydana gelme ihtimali vardır. 4 numaralı noktada taşkın su derinliği 3 metreye kadar ulaşmaktadır.



Şekil 7. İkinci senaryonun taşkın risk haritası ( $0.50Q_{max}$ )

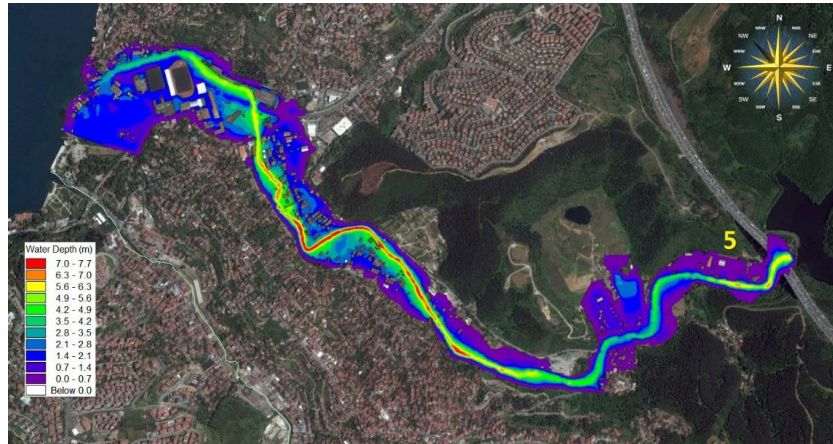
Üçüncü senaryoda ise taşkın debisi  $405 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak alınmıştır ve bu debi Elmalı Barajının dolu savağından savaklanabilen maksimum debinin %75’ne eşittir. Bu senaryoda önceki senaryo ’ya göre %25 debi artışı vardır. Şekil 8’de  $405 \text{ m}^3/\text{s}$  taşkın debisi durumunda MIKE 21 FM modeli çalıştırılmıştır ve beklendiği gibi, risk altında kalan alanlar artmıştır. Bir önceki senaryoyla

karşılaştığımız zaman tüm noktalarda taşkın su derinliğinde artış meydana gelmiştir ve 1. noktadaki su derinliği 2 m' ye kadar ulaştığı gözlenmiştir ve Şekil 8'de görüldüğü gibi binaların birçoğu risk alanındadır. Bu senaryodan elde edilen sonuca göre en tehlikeli bölge 3 ile işaretlenen bölgedir ve su derinliği 3 metreye kadar yükselmiştir. Bu sonuca dayanarak bu bölge risk kategorisine göre T<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Üçüncü senaryonun taşkın risk haritası (0.75Q<sub>max</sub>)

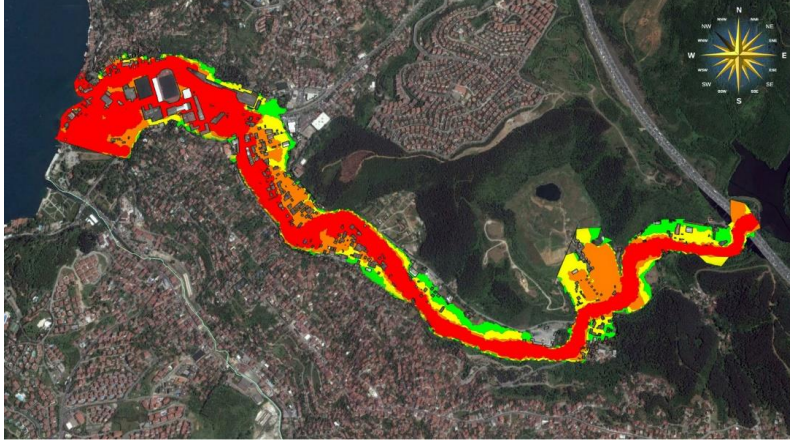
En son senaryo (Şekil 9) ve en tehlikeli durum incelendiğinde, 3. Senaryoyla derenin alt bölgelerinde (denize doğru) çok belirgin bir fark olmadığı görülmektedir ve sadece taşkın su derinliğinde biraz artış meydana gelmiştir. Derenin üst bölgelerinde (barajın çıkışı) 4. ve 3. senaryo sonuçları dikkate alındığında 4. senaryoda taşkın etraftaki araziye daha çok yayılmıştır ve barajın çıkışındaki tesis alanları tamamen su altında kalmıştır (5. nokta).



Şekil 9. Dördüncü senaryonun taşkın risk haritası (Q<sub>max</sub>)

Son olarak Şekil 10'da 4 senaryo bir harita üzerinde gösterilmiştir. Bu harita da kırmızı, turuncu, sarı ve yeşil alanlar sırasıyla 1., 2., 3. Ve 4. Senaryodan elde edilen haritalardır ve taşkına maruz kalan bölgeleri göstermektedir. Birinci senaryoda taşkına maruz kalan bölgenin alanı 0.453 km<sup>2</sup> dir. Olası taşkın durumunda, bu bölgedeki binalar her zaman risk altında kalan ve hasar görebilecek şehirleşme bölgeleridir.





Şekil 10. Birleştirilmiş dört senaryonun sonuçları

İkinci senaryonun sonuçları turuncu renkle gösterilmiştir ve taşkına maruz kalan alan  $0.605 \text{ km}^2$  dir. Bu senaryoda taşkın oluşturduğu maksimum su derinliği 6 m dir. Üçüncü (sarı renk) ve dördüncü (yeşil renk) senaryolarda taşkına maruz kalan bölgelerin alanları ise sırasıyla  $0.732$  ve  $0.820 \text{ km}^2$  dir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Çalışma alanı İstanbul İli, Beykoz İlçesi, Göksu Deresinin üzerinde inşa edilen elmalı Barajının mansap tarafında bulunmaktadır. Çalışmada olası taşkın meydana gelmesi durumunda, Elmalı Barajından meydana gelebilecek taşkınların riskleri dikkate alınmıştır. Başka bir deyişle, Elmalı barajının dolu savağının işletme planına göre oluşabilecek taşkın nümerik modelle incelenmiştir. Araştırmada 4 senaryo dikkate alınmıştır. Böylece dolu savaktan savaklanan maksimum debinin %25, %50, %75 ve %100'nun oluşturduğu taşkın haritaları elde edilmiştir ve riskli alanlar incelenmiştir. Taşkına maruz kalan bölgeler üç kritik derinlik olan 0,6, 1,0 ve 3,5 m'ye ayrılmıştır ve 0-0.6 m derinlik az riskli bölge, 0.5-1.0 m derinlik orta riskli bölge, 1.0-3.5 m derinlik çok riskli bölge ve 3.5m derinlikten fazla olan bölgeler aşırı riskli bölgeler olarak 4 grup halinde sınıflandırılmıştır. Birinci Senaryoda derenin denize bağlandığı bölgede taşkın daha çok yayılmıştır ve çok riskli bölgeleri oluşturmaktadır. Derenin denize giriş bölgesinde tarım arazisi bulunması durumunda, olası taşkınlar bu araziye büyük hasar meydana getireceği beklenmektedir. İkinci senaryo' da beklendiği gibi taşkın dere yatağının etraftaki araziye daha çok yayılmıştır ve olası taşkın durumunda can, mal kaybı olma ihtimali yüksektir. Üçüncü Senaryo' da taşkın debisi  $405 \text{ m}^3/\text{s}$  alınarak bir önceki senaryo 'ya göre %25 debi artırılmıştır ve görüldüğü gibi taşkın meydana geldiği zaman birçok bina taşkın esnasında risk altında kalacaktır. Bu senaryonun en tehlikeli bölgesi 3. noktadır ve taşkın risk türüne göre aşırı riskli bölgelerde yer almaktadır. Son senaryo ile üçüncü senaryo kıyaslandığında, derenin mansap bölgelerinde taşkın alanında (denize doğru) çok belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Ayrıca, derenin üst bölgelerinde, yani barajın çıkışında (5. Nokta), 4. Senaryodaki taşkına maruz kalan bölgeler 3. Senaryoya göre daha çok araziye kaplamaktadır ve taşkın baraj tesislerini etkileyebileceği muhtemeldir. Şekil 9'da 4 senaryonun maruz kaldığı bölgelerin alanı çeşitli renklerle gösterilmiştir. Şekil 6'da kırmızı, turuncu, sarı ve yeşil alanlar sırasıyla 1., 2., 3. Ve 4. Senaryodan elde edilen taşkın haritalardır. Bilindiği üzere,

barajlar taşkın kontrolü açısından önemli bir yapılardır. Araştırmada barajın olması durumunda olası taşkın meydana geldiğinde Elmalı Barajının dolu savağında çeşitli su savaklanması durumunda taşkına maruz kalan çok tehlikeli alanlar belirlenmiştir. Sonuç olarak taşkın hasarını azaltmak için bazı öneriler verilmiştir. Böylece, taşkın meydana gelebilecek zamanlarda önceden hareket edilerek baraj haznesinin kontrollü bir şekilde boşaltılması önem arz etmektedir. Bu doğrultuda alınan önlemlerden biri, riskli alanlarda şehirleşmenin kontrollü bir şekilde yapılması tavsiye edilmektedir ve kesinlikle  $T_1$ ,  $T_2$  ve  $T_3$  (taşkın tehlike No.) durumlarında şehirleşme faaliyetlerine izin verilmemelidir. Mevcut şehirleşme durumunda ise, ileri teknolojiye sahip iletişim aletleri kullanılarak hızlı bir şekilde bölgede yaşayan vatandaşlara haber ve uyarıda bulunulmalı ve bölgenin derhal boşaltılması konusunda bilgilendirilmelidir. Alınabilecek diğer bir tedbir ise, derenin deşarj kapasitesini azaltan her türlü engelin, mesela denize çıkış yerindeki mevcut teknelerin taşkın esnasında hızlı bir şekilde boşaltılmasıdır.

## References

- [1] DSİ, (2013), “su kaynaklarının geliştirilmesi çalışma grubu raporu” ormancılık ve su şurası, 12 Mart.
- [2] Özcan O., Musaoglu N., Seker D.Z., Tanik A. (2008), Determination of flood risk in Sakarya sub basin using remotely sensed data and GIS, Fresenius Environmental Bulletin, 17(11b), 1964-1971.
- [3] Özdemir, H., (2007). Farklı Senaryolara Göre Taşkın Risk Analizi: Havran Çayı Örneği (Balıkesir). TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 155-165.
- [4] Abdollahzadehmoradi, Y., Erdik, T., Mahnamhar, F., Özger, M., Altunkaynak, A., (2013). “MIKE 11 ile Samsun ili, İlkadım İlçesi, Çay mahallesi, gecekondu önleme bölgesi taşkın riskinin belirlemesi” Taşkın ve Heyelan Sempozyumu kitabı, 565-572, Trabzon, Türkiye.
- [5] Ağırallıoğlu, N., Altunkaynak, A., Özger, M., (2015), “Elmalı - I ve II barajları mühendislik incelemeleri teknik raporu” İSKİ.
- [6] Ural, O.M. and Ugan, Ü., (1967) Large Dams in Turkey, DSİ.
- [7] Orhon, M., Esendal, S., Kazak M.A., (1991), Türkiye’deki Barajlar; Dams in Turkey, DSİ Genel Müdürlüğü.
- [8] DHI, 2010. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation, Release 2010, (D.H.I). Danish Hydraulic Institute.
- [9] Tingsanchali, T., ve Karim, M.F. (2005), “Flood Hazard and Risk Analysis in the Southwest Region of Bangladesh”, Hydrological Processes, 19, 2055-2069.