

PAPER DETAILS

TITLE: Kentsel alanlarda dogal kanallardan kaynaklanan taskinlarin analizi ve risk haritasinin
olusturulmasi: Malatya ili ornegi

AUTHORS: Selami KILIÇ,Özgür ÖZDEMİR,Mahmut FIRAT

PAGES: 968-976

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/911556>



Kentsel alanlarda doğal kanallardan kaynaklanan taşkınların analizi ve risk haritasının oluşturulması: Malatya ili örneği

Analysis of floods from natural channels in urban areas and creation of risk map: Malatya province case

Selami KILIÇ¹, Özgür ÖZDEMİR², Mahmut FIRAT^{3*}

¹Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ), Malatya, Türkiye.
selamikilic@maski.gov.tr

²Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ), Kayseri, Türkiye.
ozgurozd@hotmail.com

³İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye.
mahmut.firat@inonu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 27.03.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 20.09.2019

doi: 10.5505/pajes.2019.21347

* Yazışılan yazar/Corresponding author

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

Öz

Bu çalışmada, kentsel alandan geçen dere için taşkın simülasyon analizi gerçekleştirilmiş ve taşkın sularının yayılım haritası oluşturulmuştur. Bunun için Malatya il merkezinde yer alan Horata deresi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanında toplamda dört adet dere yer almakta olup bunlar için geçmişte gözlenen taşkın olayları incelenmiş ve sebep olan faktörler değerlendirilmiştir. Uygulama alanında dere için 50, 100 ve 500 yıllık yinelenme süreleri için taşkın hidrografları elde edilmiştir. Taşkın simülasyonu için Infoworks ICM yazılımı kullanılmış ve farklı yinelenme süreleri için taşkın analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda her bir durum için taşkın yayılım haritaları oluşturulmuş ve etkilenen bölgeler belirlenmiştir. Özellikle 500 yıllık yinelenme süresi için dere kesitlerinin yetersiz kaldığı ve yerleşim bölgelerinin olumsuz etkileneceği gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre, özellikle doğal akışın bozulduğu, kesitin köprü amaçlı daraltıldığı ve menderes oluşan bölgelerde kesitin yetersiz kaldığı, taşkın riskinin daha fazla olduğu, bu bölgelerin taşkın sularından daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel alan, Şehir taşkınları, Taşkın simülasyonu, Taşkın risk haritası

Abstract

In this study, flood simulation analysis was carried out for the natural channels in the urban area and a risk map of flood waters was formed. For this purpose, Horata channel in Malatya city center was selected as the application area where there are a total of four streams, which have the flood risk potential. The flood events observed in the past were investigated and the factors that cause it were evaluated. Flood hydrographs were obtained for 50, 100 and 500 year return periods for the Horata channel. Info-works ICM was used for flood simulation and flood analysis was performed for different recurrence periods. It was observed that stream sections were inadequate and settlement areas would be adversely affected especially for the return period of 500 years. As a result, flood propagation maps were created for each case and the affected areas were determined. According to the results of these analyzes, the regions where the risk of floods are high can be listed as follows, especially where the natural flow is disturbed, the section is constricted for bridging, the areas where meandering are formed, regions where the section is insufficient.

Keywords: Urban areas, Urban floods, Flood simulation, Flood risk map

1 Giriş

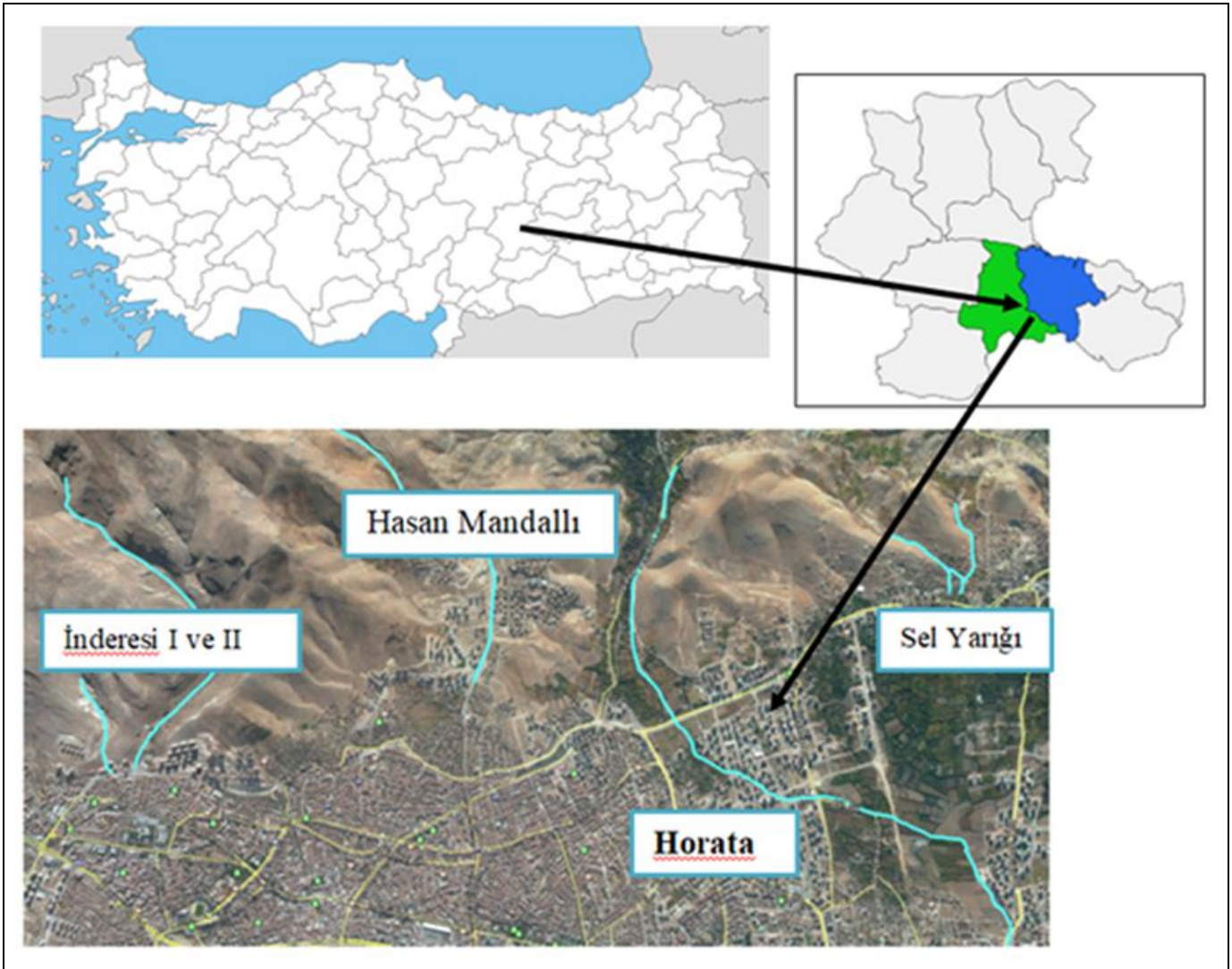
Kentsel alanlarda yağmursuyu drenaj sistemleri ve kent merkezlerinden geçen dereler çeşitli sebeplerden dolayı taşkın üretmekte ve bu da çevreye doğrudan veya dolaylı olarak önemli zararlar vermektedir. Son yıllarda yağış karakteristiklerinde gözlenen değişimler sonucu meydana gelen kısa süreli ve şiddetli yağışlara bağlı olarak taşkın olayları çok sık meydana gelmektedir. Bu taşkınları oluşturan sebepler incelendiğinde genel olarak; (i) mevcutta hizmet veren drenaj ağının yetersiz olması, (ii) drenaj ağı projelendirilirken yetersiz ve/veya yanlış kapasite tayini, (iii) inşaat sırasında işçilik kalitesi vb. faktörlerden dolayı doğal akış koşullarında meydana gelen bozulmalar, (iv) şehir merkezlerinden geçen derelerde insan müdahalesi ile kesit özelliklerinin değişmesi, (v) çarpık yapılaşma ve imar planlarında yapılan hatalar şekilde verilebilir [1]. Literatürde taşkınların değerlendirilmesi, taşkınlara sebep olan faktörlerin incelenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla farklı araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır [2]-[6]. Günümüzde kentlerde geçirgenliğin olmadığı ya da en az seviyede olduğu ve bunun da akış katsayısını artırdığı

vurgulanmıştır [7]. Arjantin Tucuman Eyaletinde, drenaj kanalları, topoğrafya, eğim, yer altı suyu ve arazi kullanım türü parametreleri dikkate alınarak kentsel taşkın risk haritaları hazırlanmıştır [8]. Taşkınları etkileyen faktörler arasında, arazi kullanımı, orman alanlarının azalması, drenaj hatlarının yetersiz kapasiteleri ve müdahaleler ile oluşabilecek taşkın zararlarını azaltmak maksadıyla, taşkın öncesi, taşkın anı ve sonrasında karar vericilere risk yönetimi konusunda yardımcı olmayı hedefleyen çalışma yapılmıştır [9]. Taşkınlardan etkilenen Tahran şehrinde; yetersiz drenaj şebekesi, nehirler boyunca kentsel alanın artması ve drenaj ağındaki sorunların taşkınların önemli sebebi olduğu vurgulanmış ve taşkın risk haritasının gelecek planlaması için önemli olduğu belirtilmiştir [10]. Kentsel alanlardaki taşkınların değerlendirilmesi amacıyla, taşkın riskinin zamansal ve mekânsal değişimini dikkate alan yeni bir yaklaşım önerilmiş, zamansal ve mekânsal performans indisleri tanımlanmış ve Cedar Hollow bölgesi için uygulama gerçekleştirilmiştir [11]. Diğer taraftan, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaklaşımlarını kullanarak kentsel alanlarda taşkın büyüklüğünün ve riskinin tahmin edilmesi amaçlanmış ve elde edilen sonuçlar sahada verileri ile test edilmiştir [12]. Ayrıca,

sayısal yükseklik modeli temel alınarak CBS yaklaşımı ile taşkın analizi gerçekleştirilmiştir [13]. Şehir taşkınları için yapılan çalışmada, azalmış geçirgenlik ve ekonomik ömrünü tamamlamış drenaj ağlarının kentsel alanlarda yıkıcı taşkınlara neden olduğu, taşkın potansiyeline sahip alanların haritalarının üretilmesi ve CBS faaliyetleri ile kentsel taşkınlar önlenmesi için bir karar mekanizması oluşturulmasının önemi vurgulanmıştır [14]. Farklı arazi kullanımı senaryoları esas alınarak havzanın hidrolojik sonuçları değerlendirilmiş ve Ayamama havzası için uygulama gerçekleştirilmiştir [15]. Çin'in Guangzhou kentinde, taşkın durumunda riskli bölgeler ve drenaj ağının davranışı incelenmiş, kentsel alanlarda farklı yağış senaryoları altında, zemin akış katsayıları belirlenerek taşkın risk alanları belirlenmiştir [16]. Bu çalışmada, kentsel alanlarda şehir merkezinden geçen dereye meydana gelen taşkın analizi edilmesi ve buna bağlı olarak risk haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Bunun için Malatya il şehir merkezinden geçen Horata deresi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında farklı yinelenme sürelerinde Q50, Q100 ve Q500 debisi için taşkın simülasyonu gerçekleştirilmiş ve risk bölgeleri belirlenmiştir.

2 Çalışma alanı

Uygulama alanının (Malatya ilinin) Güneyinde yer alan Beydağlarının eteklerinde toplanan yağış suları kuru dereler ile şehir merkezine iletilmektedir (Şekil 1). Uygulama alanında Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerinde geçmişte birçok taşkın olaylarının yaşandığı dört adet dere yatağı bulunmaktadır. Şekil 1'de gösterilen İnderesi 1-2, Hasan Mandallı, Horata ve Sel Yarığı dereleri, mansabında bulunan yerleşim yerlerini ve tarım alanlarını tehdit etmektedir. Zaman zaman ani yağışlardan dolayı su baskınları oluşmakta dere kesitlerinin yetmemesi veya mansap şartlarının ortadan kaldırılmasından dolayı ciddi zararlar meydana gelmektedir. Çalışmada yer alan bu dört dere içerisinde Horata deresi Konak Mahallesi sınırlarından geçerek Meyvecilik Araştırma Enstitüsü civarından Bostanbaşı yol ayrımının yer aldığı çevre yolu civarında deşarj olmaktadır. Gerek havza alanının büyük olması, gerekse de mevcut kanalın kesitinin dar ve birçok noktada engel, menfez ve yapılaşmanın bulunması, bu derenin taşkın oluşturma riskini arttırmaktadır [17].

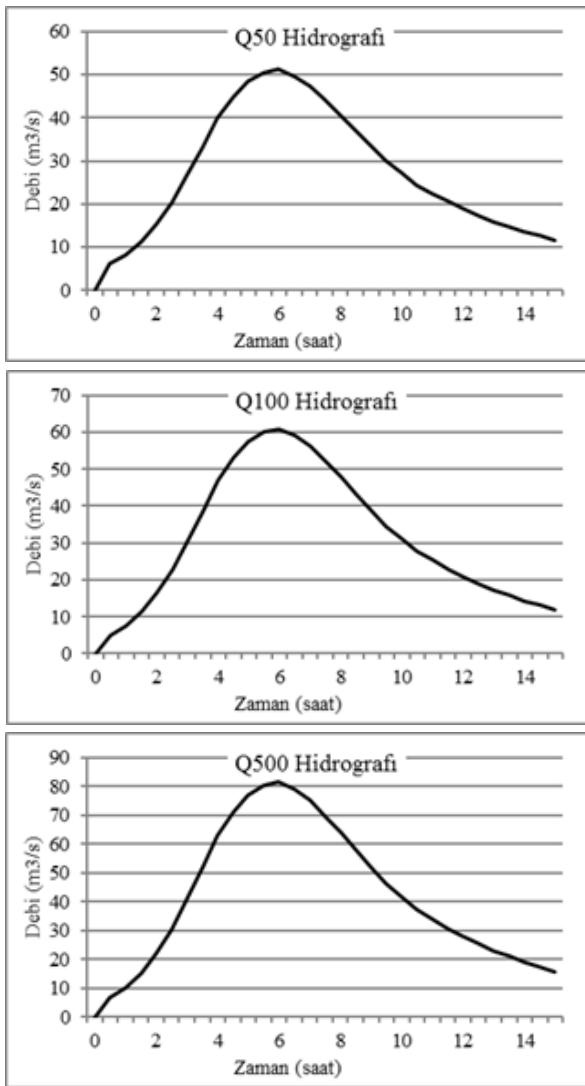


Şekil 1: Uygulama alanı [1], [17].

3 Taşkın risk haritasının oluşturulması

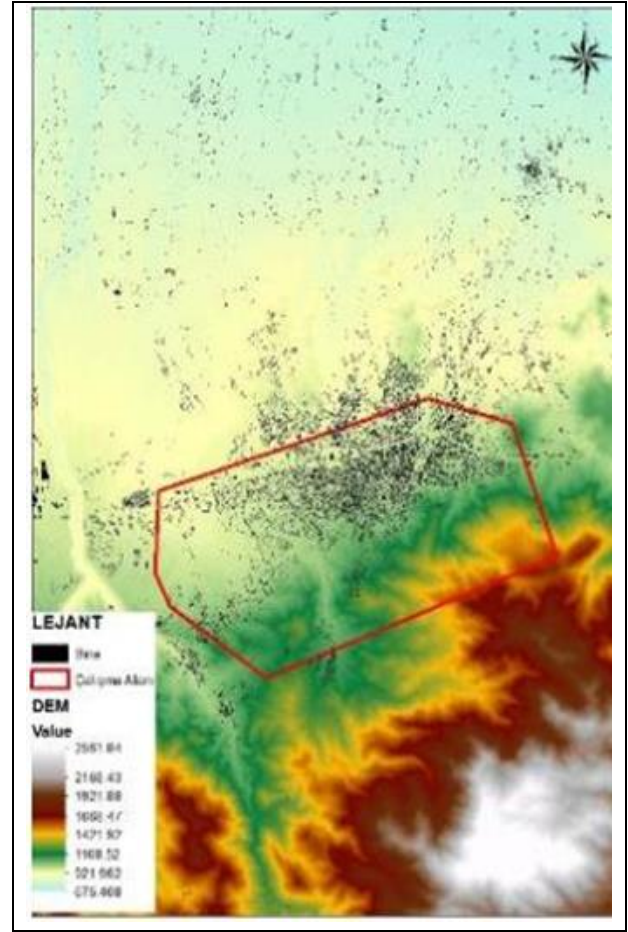
3.1 Verilerin ve altlıkların elde edilmesi

Horata deresi için DSİ 9. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 50, 100 ve 500 yıllık taşkın debileri ve hidrograflar kullanılmıştır (Şekil 2). Horata deresi için 500 yıllık yinelenme süresine karşılık gelen hidrografa göre, taşkın debisi altıncı saatte pik debiye ($81 \text{ m}^3/\text{s}$) ulaştığı bundan sonraki sürede ise çekilmenin başladığı görülmektedir. Benzer şekilde 100 ve 50 yıllık yinelenme sürelerinde altıncı saatte gözlenen maksimum debiler ise sırasıyla $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $52 \text{ m}^3/\text{s}$ şeklinde verilebilir [17]. Bölgeye ait sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasında, MASKİ Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılında yaptırdığı İçmesuyu Master Planı kapsamında saha ölçümlerine göre 1 m hassasiyetle oluşturulan sayısal eşyükselti haritası dikkate alınmıştır [18].

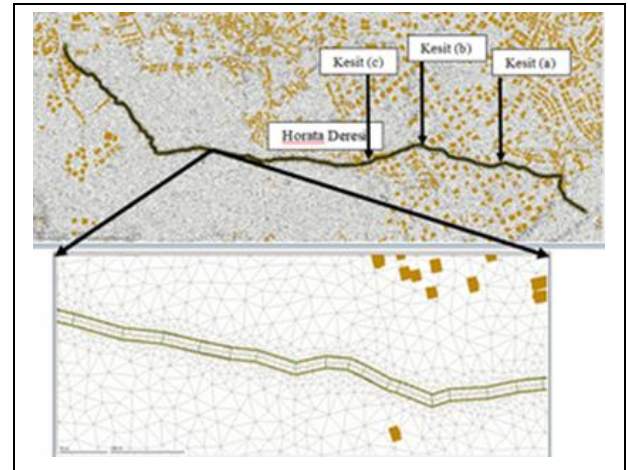


Şekil 2: Horata Deresi Q50, Q100 ve Q500 hidrografları [17].

Bölgeye ait eşyükselti haritası yardımıyla sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş (Şekil 3) ve Inforworks ICM kullanılarak üçgen model oluşturulmuştur (Şekil 4). Bu üçgen modeldeki koordinat ve kot değerleri referans alınarak yağış senaryosuna göre suyun hareket yönü ve birikme noktaları belirlenmektedir.



Şekil 3: Uygulama bölgesi sayısal yükseklik modeli [17].



Şekil 4: Uygulama bölgesinde oluşturulan üçgen model [17].

Üçgen modelde üçgenlerin büyüklüğü ve sıklığı, bölgenin topoğrafik yapısına göre belirlenmekte, kot farkının çok fazla olduğu yerlerde daha sık, düz bölgelerde daha büyük üçgenler gözlenmektedir. Horata deresinin saha ölçümü yapılmış, dere güzergâhı ve en kesit değişiminin gözlemlendiği noktalarda (Şekil 5'te işaretlenen a, b ve c kesitlerinde) en kesitleri alınmış ve modele eklenmiştir (Şekil 5). Şehir merkezlerinde meydana gelebilecek taşkınlar özellikle yerleşim yerleri için tehlike oluşturacağından dolayı, üçgen modelin ve risk haritasının oluşturulmasında bina verileri ayrı bir katman olarak modele eklenmiştir (Şekil 6).

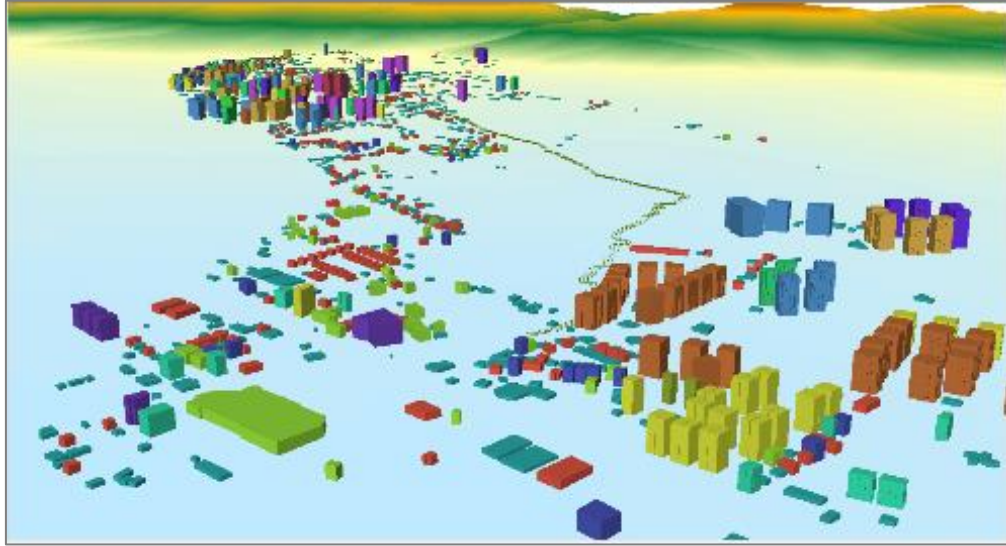
3.2 Horata deresi için taşkın analizi

Horata deresi için farklı yinelenme sürelerine ait taşkın hidrografları dikkate alınarak Infoworks ICM yardımıyla taşkın simülasyonu gerçekleştirilmiş ve farklı zaman adımları için taşkın yayılım haritası ortaya konulmuştur. Bu simülasyonlar sonucunda oluşan su derinlikleri hidrografın 0, 2.5, 7.5 ve 10. saat adımları için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve sonuçlar sırasıyla Şekil 7, 8, 9 ve 10'da verilmiştir [17]. İlk

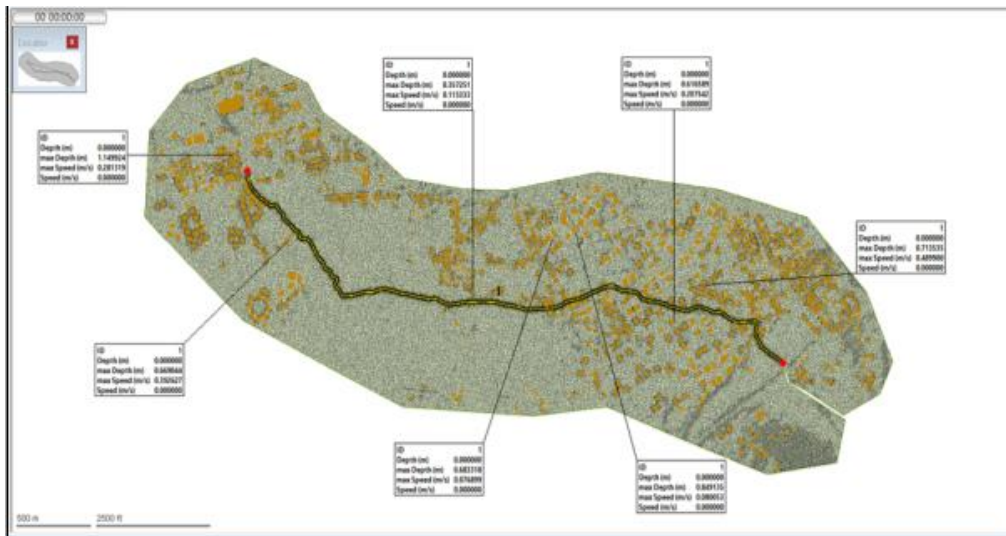
önce simülasyonun başlangıcı yani sıfırıncı (0) saat için yayılım haritası oluşturulmuş ve ancak herhangi bir taşkın gözlenmemiştir. Farklı yinelenme süreleri için elde edilen hidrograflar incelendiğinde başlangıç anında taşkın debisinin oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu da simülasyonun başlangıcında kanal kesitlerinin bu düşük seviyedeki taşkın debilerinin sorunsuz bir şekilde iletilmesi açısından yeterli olduğu şeklinde değerlendirilebilir [17].



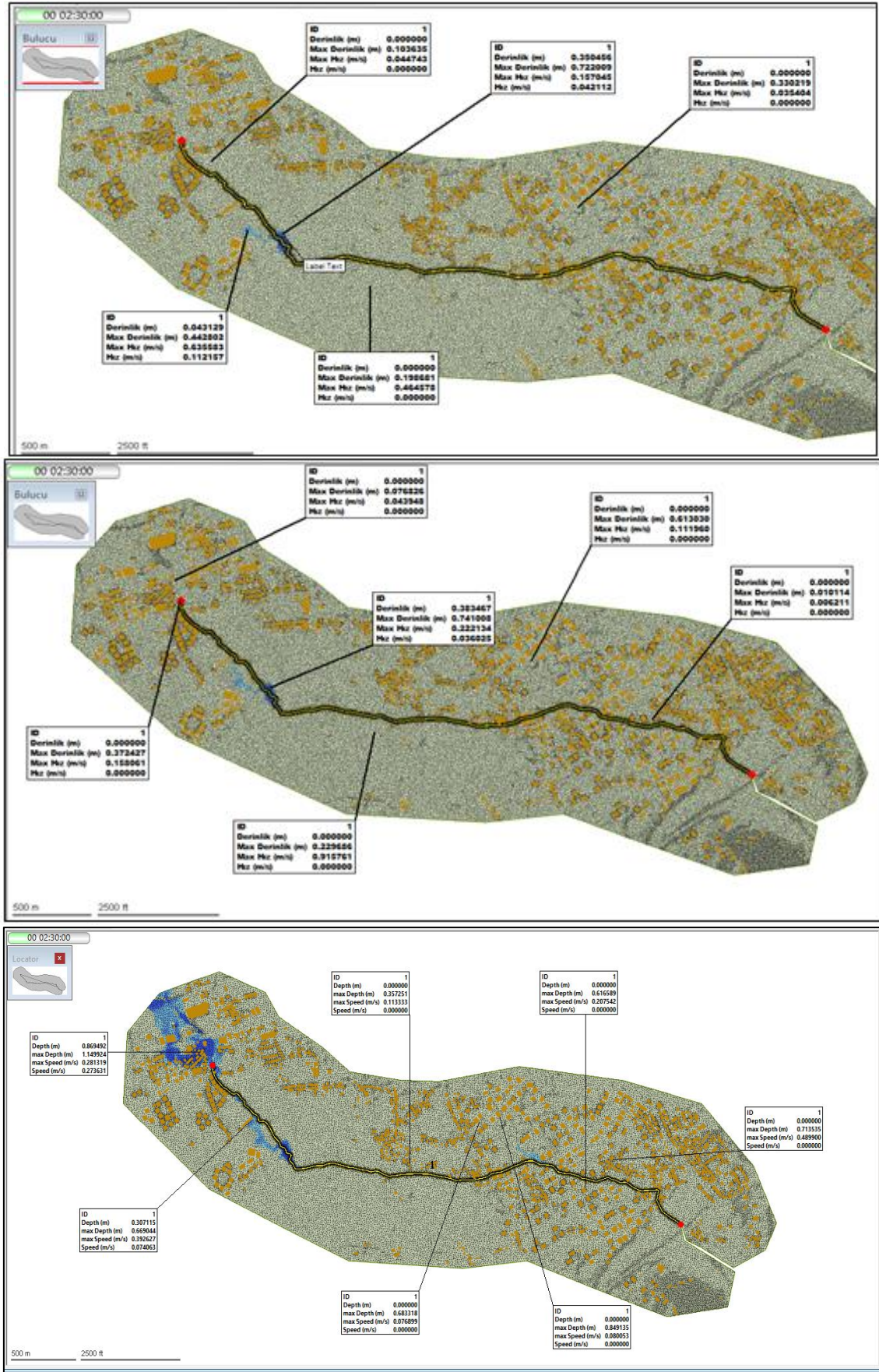
Şekil 5: Kritik kesitlerde saha fotoğrafları. (a): Kesit (a), (b) Kesit. (b) ve (c): Kesit (c), [17]



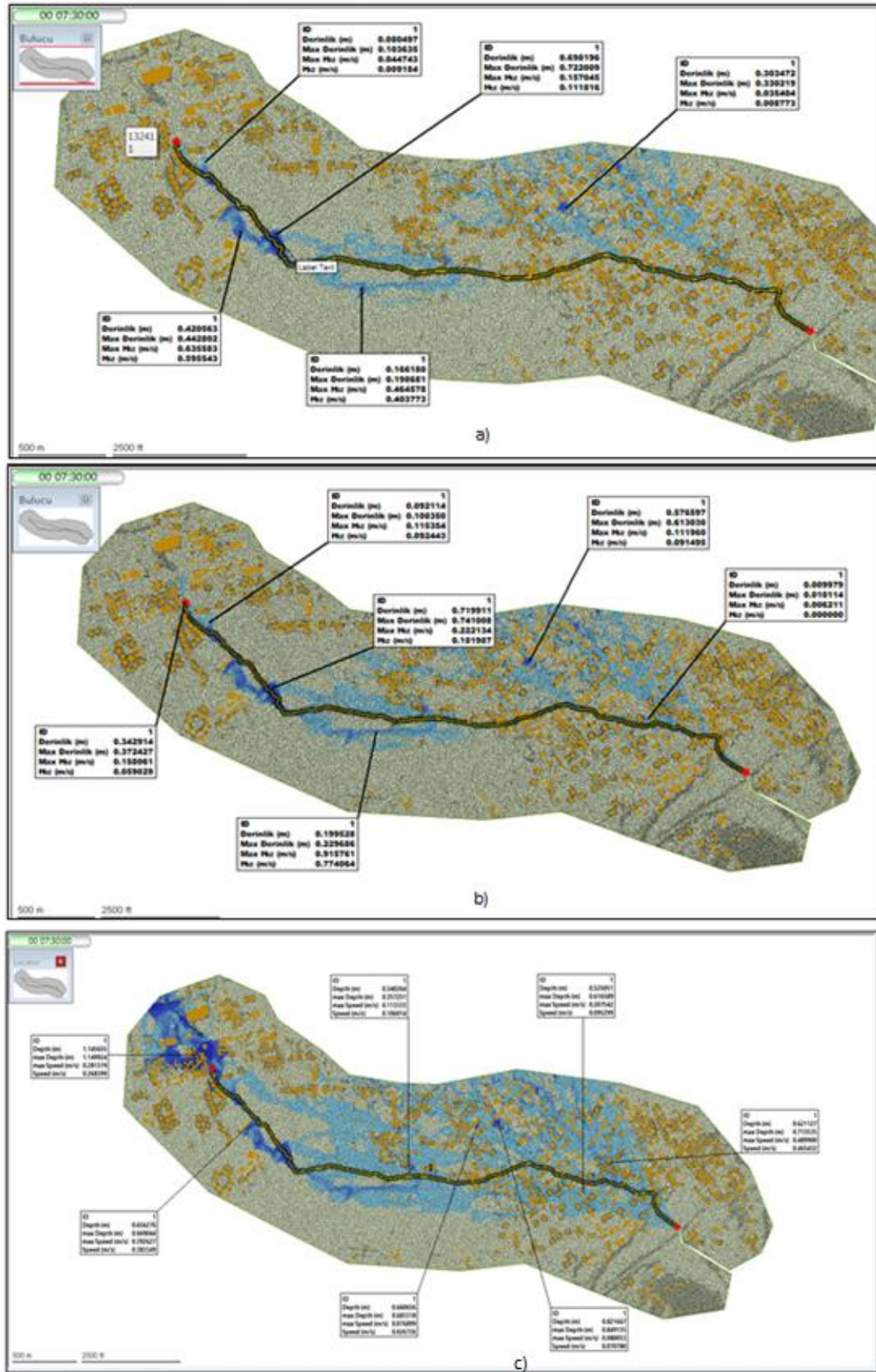
Şekil 6: Uygulama bölgesinde bina katmanı [17].



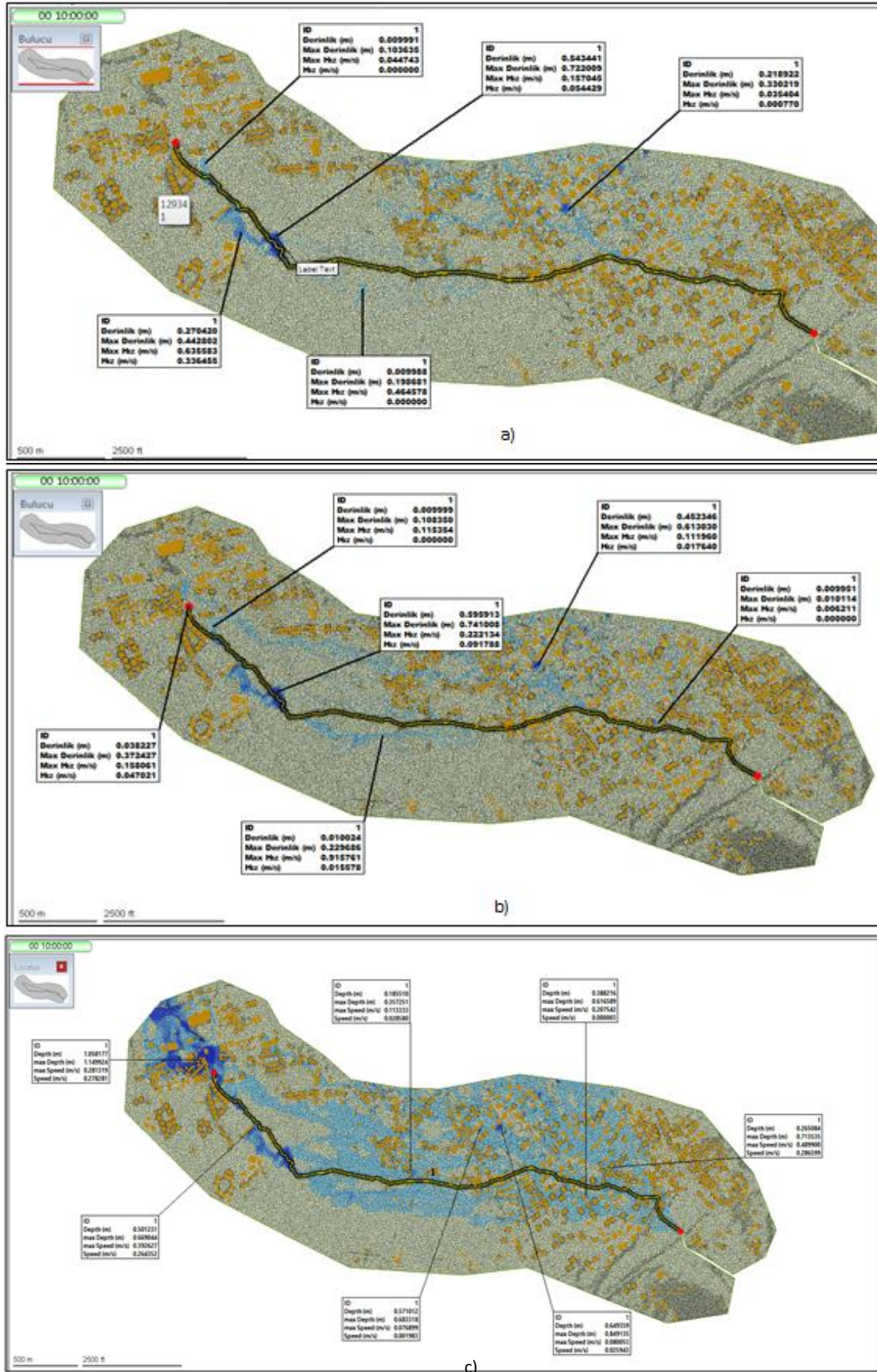
Şekil 7: Horata Deresi Q50, Q100 ve Q500 debisi için (0. Saat) simülasyon sonucu [17].



Şekil 8: Horata Deresi için 2.5 saatlik simülasyon sonuçları a) Q50 debisi b) Q100 debisi c) Q500 debisi [17].



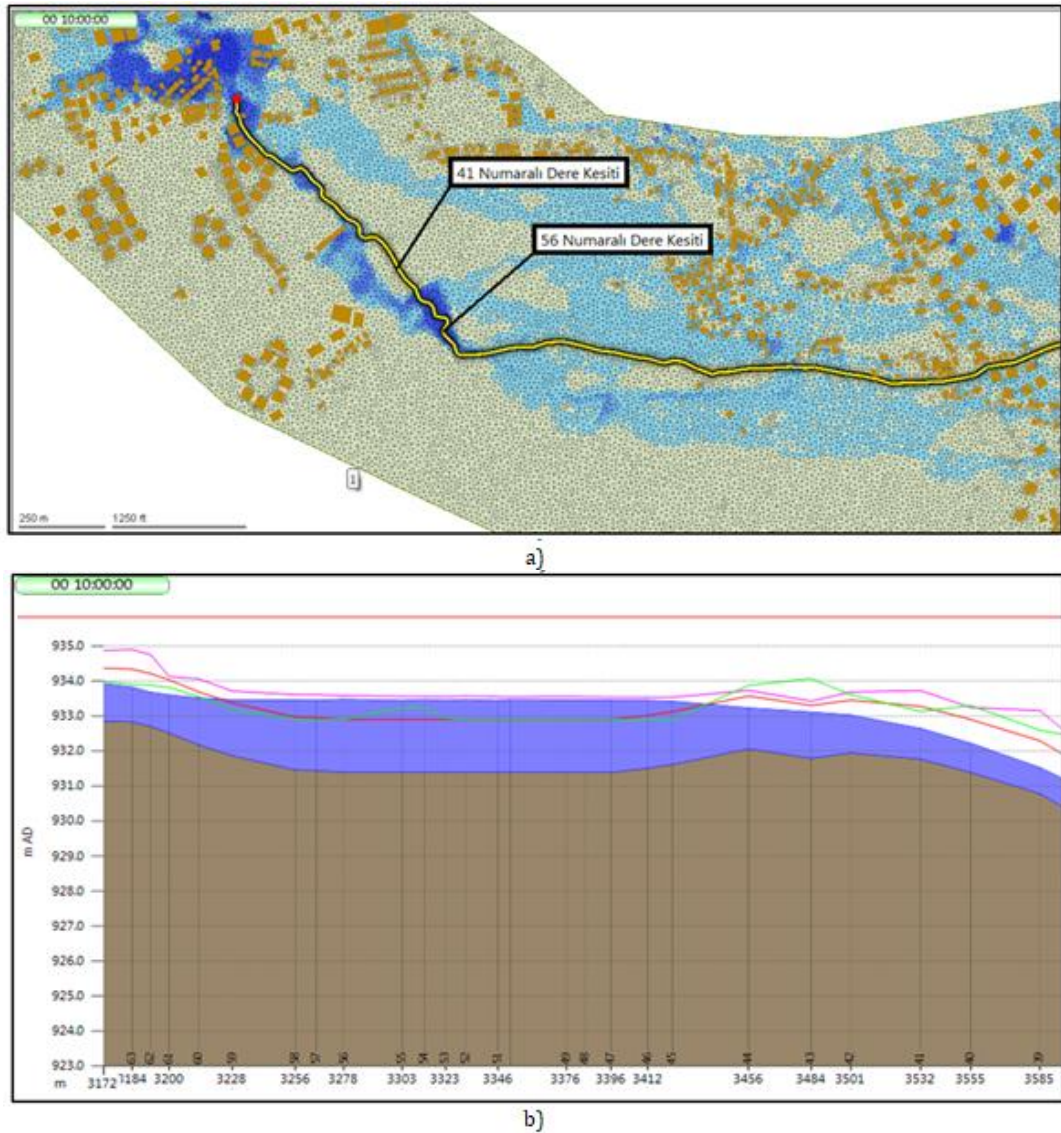
Şekil 9: Horata Deresi için 7.5 saatlik simülasyon sonuçları a) Q50 debisi b)Q100 debisi c)Q500 debisi [17].



Şekil 10: Horata Deresi için 10 saatlik simülasyon sonuçları a) Q50 debisi b)Q100 debisi c)Q500 debisi [17].

Q50 debisi uygulandığında, genel vaziyet planında görüldüğü gibi belirli bölgelerde kesit yetersiz kalırken, bazı bölgelerde ise taşkınların yavaş yavaş oluşmaya başladığı söylenebilir (Şekil 8). Horata deresi için sahada yapılan incelemelerde, kesitin daraldığı bölgeler tespit edilmiş ve bu bölgelerde özellikle seviye değişimleri incelenmiştir. Taşkın derinliği bazı bölgelerde 2.5 saatin sonunda 35 cm gibi bir seviyeye ulaşmaktadır. Düşük yinelenme süresinde ve henüz pik debiye ulaşılmadan elde edilen sonuçlar, özellikle o bölgedeki yerleşim yerleri için önemli risklerin oluşma olasılığının yüksek olduğu anlamı taşımaktadır. İkinci zaman adımında (2.5 saatin sonunda) Q100 debisine ait simülasyon sonucunda hemen hemen aynı bölgede taşkınların yaşandığı ve yaklaşık 40 cm su derinliğinin olduğu görülmektedir. Aynı zaman diliminde yinelenme süresinin artmasına bağlı olarak oluşan debilerin kritik noktalarda (müdahale sonucu daraltılmış kesitlerde) risk ihtimalini arttırdığı söylenebilir. Horata deresi Q500 debisine ait simülasyonda (2.5 saat sonundaki) gözlemlerde özellikle dere güzergahında menderes olan noktalarda ve derenin mansap kesiminde yer yer 100 cm'yi bulan su derinliklerinin olduğu görülmektedir.

Horata Deresinde çeşitli yinelenme sürelerine ait debiler için simülasyon sonucuna göre dere güzergahının geçtiği bölgelerde yerleşim yerlerinin sel suları altında kalacağı açıklık kazanmıştır (Şekil 9 ve 10). Özellikle derenin menderes yaparak geçtiği bölgeler, taşkın sularının kesitten dışarı çıktığı bölgeler olarak göze çarpmaktadır. Bu bölgelerde geçmiş yıllarda sorumlu kuruluş tarafından çeşitli yapısal tedbirler alınsa da bu tedbirlerin yetersiz kaldığı söylenebilir. Söz konusu bölge bir cazibe merkezi olmakta, her geçen gün yapılaşma artmakta ve dere kesiti daralmaktadır. Taşkın yayılım haritalarından da görüldüğü gibi kesit daralmasının gözlemlendiği noktalarda riskin daha fazla olduğu, gelen suların kesitten geçemediği ve kapasitenin yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Farklı yinelenme sürelerine göre yapılan taşkın simülasyonları sonucunda en fazla yayılımın görüldüğü noktalar detaylandırılmış (Şekil 11). Şekil incelendiğinde, özellikle 56 nolu noktadan belli bir mesafede kanal tabanında ters eğim olduğu görülmektedir. Kesit daralması, bazı bölgelerde gözlenen menderes ve ters eğimin taşkın riski üzerinde etkili olduğu ve taşkın sularının dere güzergahında yerleşim yerleri için tehlike oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 11(a): Horata Deresi ve 41 ve 56 numaralı noktaların planda gösterimi. (b): 41 ve 56 numaralı kesitler arasında seviye değişimi [17].

4 Sonuçlar

Bu çalışmada Malatya il merkezinden geçen Horata deresi için taşkın simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Uygulama alanında, kazı, dolgu, köprü, yol, bina vb. yapılar ile doğal derelerin kapatıldığı veya kesitleri daraltıldığı görülmüştür. Ayrıca geçmişte gözlenmiş su basması kayıtları incelendiğinde, drenaj hatlarında yanlış kullanım ve kesitin kum vb. maddeler ile dolması önemli etkenler olarak gözlenmiş ve dere yatakları kapatıldığı için sel sularının sokaklarda akışa geçtiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Horata deresi için 50, 100 ve 500 yıllık yinelenme süreleri için taşkın hidrografları elde edilmiş ve taşkın analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 50 yılın altındaki taşkın debilerinde Horata Deresi güzergâhında kayda değer su basmalarının olmadığı görülmüştür. Ancak 50, 100 ve 500 yıllık yinelenme sürelerinde yerleşim yerlerinde ve ana ulaşım yollarında su derinliklerinin 1 m'nin üzerinde gerçekleştiği ve dere güzergâhı boyunca yerleşim yerlerinin sel suları altında kalacağı gözlenmiştir. Özellikle derenin menderes yaparak geçtiği bölgelerde taşkın sularının kesitten dışarı çıktığı ve mevcut kapasitenin yetersiz kaldığı göze çarpmaktadır. Dere güzergâhı boyunca kanal hattının yer yer menfez ve köprü gibi yapılarla kesildiği ve ters eğimlerin olduğu gözlenmiştir. Taşkın yayılım haritalarına göre, bu kesit daralmasının gözlemlendiği noktalarda riskin daha fazla olduğu, gelen suların kesitten geçemediği ve kapasitenin yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Dere güzergâhı boyunca imar ve yapılaşma çalışmaları sonucunda doğal yapının bozulması ve tarım arazilerinin yerini geçirimsiz asfalt ve beton yapıların alması, şiddetli yağışlar sonucunda yağış sularının neredeyse tamamının akışa geçmesine ve bunun sonucu olarak da taşkınlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle uygulama alanında kesit daralmasına neden olan köprü-menfez gibi yapıların yeniden gözden geçirilmesi, ters eğim oluşan güzergâhın yeniden düzenlenmesi, yan kanallara suyun alınması için oluşturulan ve kanal kesitinin daralmasına neden olan yapının düzenlenmesi gibi önlemlerin taşkın riskinin azaltılmasında önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

5 Teşekkür

Bu çalışma, Selami KILIÇ tarafından yapılan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiş ve İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-591 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar, Desteklerinden dolayı İÜBAP Birimi'ne ve teknik desteği için MASKİ Genel Müdürlüğü'ne teşekkür etmektedir.

6 Kaynaklar

- [1] Kılıç S, Özdemir Ö, Fırat M. "Kentsel Alanlarda Yağmursuyu Drenaj Sistemlerinde Taşkın Riski Oluşturan Faktörler: Malatya İli Örneği". *Uluslararası Su ve Çevre Kongresi, SUCEV2018*, Bursa, Türkiye, 22-24 Mart 2018.
- [2] Gogate NG, Kalbar PP, Raval PM. "Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making". *Journal of Cleaner Production*, 142, 2046-2059, 2016.
- [3] Benzerra A, Cherrared M, Chocat B, Cherqui F, Zekiouk T. "Decision support for sustainable urban drainage system management: A case study of Jijel, Algeria". *Journal of Environmental Management*, 30, 46-53, 2012.

- [4] Caradot N, Granger D, Chapgier J, Cherqui F, Chocat B. "Urban flood risk assessment using sewerflooding databases". *Water Science and Technology*, 64, 832-840, 2011.
- [5] Ebrahimian A, Ardeshtir A, Rad IZ, Ghodsypour SH. "Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach". *Automation in Construction*, 58, 118-128, 2014.
- [6] Hlodversdottir AO, Bjornsson B, Andradottir HO, Eliasson J, Crochet P. "Assessment of flood hazard in a combined sewer system in Reykjavik city centre". *Water Science and Technology*, 1, 1471-1477, 2015.
- [7] Ravagnani F, Pellegrinelli A, Franchini M. "Estimation of Urban Impervious Fraction from Satellite Images and Its Impact on Peak Discharge in a Storm Sewer System". *Water Resources Management*, 23, 1893-1915, 2008.
- [8] Fernandez DS, Lutz MA. "Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis". *Engineering Geology*, 111, 1-4, 2009.
- [9] Tingsanchali T. "Urban flood disaster management". *Procedia Engineering*, 32, 25-37, 2011.
- [10] Salehi E, Rafii Y, Behtash MRF, Aghababai MT. "Urban Flood Hazard Zonation Using GIS and Fuzzy-AHP Analysis (Case study: Tehran city)". *Journal of Environmental Studies*, 39, 40-42, 2018.
- [11] Ahmad SS, Simonovic SP. "Spatial and temporal analysis of urban flood risk assessment". *Urban Water Journal*, 10(1), 26-49, 2013.
- [12] Ouma YO, Tateishi R. "urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment". *Water*, 6, 1515-1545, 2014.
- [13] Curebal I, Efe R, Ozdemir H, Soykan A, Sönmez S. "GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey)". *Geocarto International*, 31(4), 355-366, 2015.
- [14] Radmehr A, Aragninejad S. "Developing strategies for urban flood management of tehran city using SMCDM and ANN". *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28, 05014006-1, 2014.
- [15] Nigussie TA, Altunkaynak A. "Assessing the hydrological response of ayamama watershed from urbanization predicted under various landuse policy scenarios". *Water Resources Management*, 30(10), 3427-3441, 2016.
- [16] Zhu Z, Chen Z, Chen X, He P. "Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems". *Science of the Total Environment*, 553, 1-12, 2015.
- [17] Kılıç S. Kentsel Alanlarda Drenaj Sistemlerinde Risk Bölgelerinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, Türkiye, 2018.
- [18] MASKİ. Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü İçmesuyu Daire Başkanlığı, İçme Suyu Master Plan Raporu. 2017.