

**T.C.**  
**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL ALANLARDA DRENAJ SİSTEMLERİNDE RİSK BÖLGELERİNİN  
BELİRLENMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ**

**SELAMİ KILIÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARALIK – 2018**

Tezin Başlığı: Kentsel Alanlarda Drenaj Sistemlerinde Risk Bölgelerinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği

Tezi Hazırlayan: Selami KILIÇ

Sınav Tarihi: 06.12.2018

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

#### **Sınav Jüri Üyeleri**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahmut FIRAT**  
İnönü Üniversitesi

.....

**Doç. Dr. M. İshak YÜCE**  
Gaziantep Üniversitesi

.....

**Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN**  
İnönü Üniversitesi

.....

**Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL**

Enstitü Müdürü

## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Kentsel Alanlarda Drenaj Sistemlerinde Risk Bölgelerinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Selami KILIÇ

## BİLDİRİM SAYFASI

Hazırladığım “**Kentsel Alanlarda Drenaj Sistemlerinde Risk Bölgelerinin Belirlenmesi: Malatya İli Örneği**” başlıklı tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- ✓ Tezimin sadece özet kısmı erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece İnönü Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ✓ Tezimin 3 (üç) yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

SELAMİ KILIÇ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KENTSEL ALANLARDA DRENAJ SİSTEMLERİNDE RİSK BÖLGELERİNİN BELİRLENMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Selami KILIÇ

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

94+ x sayfa  
2018

Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Kentsel alanlardan geçen dere veya kanallarda çeşitli sebeplere bağlı olarak taşkın meydana gelmektedir. Bu taşkınlar sonucu yerleşim yerlerinde önemli zararlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle şehir taşkınlarının zararlarının en aza indirilmesi için taşkına sebep olan faktörlerin incelenmesi, taşkın risk bölgelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. 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. Bu faktörler temel olarak, doğal akış koşullarının bozulması, dere mansap koşullarının bozulması ya da tamamen ortadan kaldırılması, kesitin çeşitli amaçlar için daraltılması, yanlış imar uygulamaları ve yetersiz kesitler gösterilebilir. Uygulama alanında dere için 50, 100 ve 500 yıllık tekrarlanma periyotları için taşkın hidrografları elde edilmiştir. Dere güzergahı boyunca yer alan binalar dikkate alınmış ve katman olarak tanımlanmıştır. Taşkın simülasyonu için Infoworks ICM yazılımı kullanılmış ve farklı tekrarlanma periyotları için taşkın analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda her bir durum için taşkın yayılım haritaları oluşturulmuş ve etkilenen bölgeler belirlenmiştir. Yapılan bu analiz sonuçlarına 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 KELİMELE:** Kentsel alan, şehir taşkınları, taşkın simülasyonu, taşkın risk haritası

## **ABSTRACT**

Msc Thesis

### **DETERMINATION OF RISK REGIONS IN DRAINAGE SYSTEMS IN URBAN AREAS: MALATYA CASE STUDY**

Selami KILIÇ

Inonu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

94 + x pages  
2018

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

In urban areas, floods occur in streams or channels due to various reasons. As a result of these floods, significant damages occur in settlements. Therefore, in order to minimize the damage of urban floods, it is important to investigate the factors that cause the flood and to determine the flood risk regions. 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. In the study area there are a total of four streams, which are likely to cause a flood risk. For these, the flood events observed in the past were investigated and the factors that cause it were evaluated. These factors are mainly related to the deterioration of the natural flow conditions, the degradation or complete elimination of the downstream conditions, the narrowing of the section for various purposes, improper zoning applications and insufficient sections. Flood hydrographs were obtained for 50, 100 and 500 year repetition periods for the Horata channel. Buildings along the channel route have been taken into consideration and defined as a separate layer. Infoworks ICM software was used for flood simulation and flood analysis was performed for different recurrence periods. As a result of the analysis, 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.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan bilgi ve veri birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımını esirgemeyen başta Genel Müdür Doç. Dr. Özgür ÖZDEMİR olmak üzere Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanal İdaresi (MASKİ) Genel Müdürlüğü personeline,

Özellikle çalışma kapsamında yapılan saha uygulamaları ve ölçümleri için MASKİ Genel Müdürlüğü Plan Proje Şube Müdürlüğü personeli Harita Mühendisi Furkan Özal KARAKAŞ'a, Yatırım ve İnşaat Dairesi Başkanlığı Personeli Harita Teknikeri Kenan KARAACI'ya,

Universal Yazılım firmasından Özgüray AYDIN'a,

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek veren çok kıymetli Aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2017-591 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                       |      |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                             | iv   |
| ABSTRACT.....                                                         | v    |
| TEŞEKKÜR.....                                                         | vi   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                      | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                  | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                | x    |
| 1. GİRİŞ.....                                                         | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ.....                                               | 4    |
| 3. TAŞKINLAR.....                                                     | 8    |
| 4. ÇALIŞMA ALANI.....                                                 | 16   |
| 5. TAŞKINA SEBEP OLAN FAKTÖRLER.....                                  | 20   |
| 5.1. Doğal Dere ve Kanallarda Taşkına Sebep Olan Faktörler.....       | 21   |
| 5.2. Yağmursuyu Drenaj Hatlarında Taşkına Sebep Olan Faktörler.....   | 27   |
| 6. YÖNTEM.....                                                        | 30   |
| 6.1. InfoWorks ICM Taşkın Analizi Matematiksel Yapısı.....            | 30   |
| 6.2. Taşkın Hidrografı Hesabı için Sentetik Birim Hidrograf.....      | 32   |
| 7. TAŞKIN RİSKİNİN BELİRLENMESİ.....                                  | 38   |
| 7.1. Verilerin Hazırlanması ve Sayısal Altlıkların Oluşturulması..... | 39   |
| 7.2. Taşkın Risk Analizi İçin InfoWorks ICM Analiz Çalışmaları.....   | 48   |
| 7.3. Horata Deresi için Taşkın Analizi.....                           | 58   |
| 8. SONUÇLAR.....                                                      | 86   |
| 9. KAYNAKLAR.....                                                     | 90   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|             |                                                                                                                   |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1.  | Uygulama Alanında (Malatya İli) Horata Deresinden Görünüm..                                                       | 12 |
| Şekil 3.2.  | Uygulama Alanında (Malatya İli) Karagöz Deresinden Görünüm.....                                                   | 13 |
| Şekil 4.1.  | Uygulama Alanı.....                                                                                               | 18 |
| Şekil 4.2.  | Uygulama Alanındaki Dereler.....                                                                                  | 19 |
| Şekil 5.1.  | Malatya şehir merkezi için risk oluşturan dere ve kanallar.....                                                   | 22 |
| Şekil 5.2.  | İnderesi mansap koşulu genel görünümü.....                                                                        | 22 |
| Şekil 5.3.  | Hasan Mandallı deresi mansap koşulu genel görünümü.....                                                           | 23 |
| Şekil 5.3.  | Hasan Mandallı deresi mansap koşulu genel görünümü (devam)                                                        | 24 |
| Şekil 5.4.  | Tecde Sel yarığı mansap koşulu genel görünümü.....                                                                | 26 |
| Şekil 5.5.  | Uygulama alanında yer alan drenaj hatları.....                                                                    | 27 |
| Şekil 5.6.  | Yağmursuyu drenaj hattı arıza bilgileri.....                                                                      | 28 |
| Şekil 6.1.  | Horata Deresi taş uygulaması ile kaplanması.....                                                                  | 34 |
| Şekil 7.1.  | Malatya Genel SYM haritası.....                                                                                   | 40 |
| Şekil 7.2.  | SYM verisinden tematik harita oluşturma.....                                                                      | 41 |
| Şekil 7.3.  | Uygulama alanında SYM üzerine eklenen Bina katmanı.....                                                           | 42 |
| Şekil 7.4.  | Horata deresi bölgesi için <i>clip komutu</i> SYM oluşturma.....                                                  | 43 |
| Şekil 7.5.  | Horata deresi için oluşturulan yeni SYM haritası.....                                                             | 44 |
| Şekil 7.6.  | Horata pilot bölgesi için Bina katmanının oluşturulması.....                                                      | 45 |
| Şekil 7.7.  | Horata pilot bölgesi için SYM ve Bina katmanı.....                                                                | 45 |
| Şekil 7.8.  | SYM verisinden yüzey modeli oluşturma.....                                                                        | 46 |
| Şekil 7.9.  | SYM verisinden nokta verisi üretme.....                                                                           | 46 |
| Şekil 7.10. | Horata pilot bölgesi taşkın analizi için sayısal altlık.....                                                      | 47 |
| Şekil 7.11. | Infoworks ICM programı veri eklenmesi.....                                                                        | 48 |
| Şekil 7.12. | Verilerin programa eklenmesi.....                                                                                 | 49 |
| Şekil 7.13. | Poligon Tanımlama.....                                                                                            | 49 |
| Şekil 7.14. | Bina verilerinin programa eklenmesi.....                                                                          | 50 |
| Şekil 7.15. | Infoworks ICM programında bina verilerinin gösterimi.....                                                         | 50 |
| Şekil 7.16. | Infoworks ICM programında koordinat sistemi ayarlama.....                                                         | 51 |
| Şekil 7.17. | Yüzey Modeli Oluşturma.....                                                                                       | 52 |
| Şekil 7.18. | Üçgen Ağı Özellikleri.....                                                                                        | 58 |
| Şekil 7.19. | Üçgen Ağı Oluşturma.....                                                                                          | 54 |
| Şekil 7.20. | Üçgen Ağlarının Bina Üzerinden Geçmemesi İçin Yapılan Çalışma.....                                                | 54 |
| Şekil 7.21. | Üçgenleme İşlemi.....                                                                                             | 55 |
| Şekil 7.22. | Üçgenleme İşlemi Sonucu Oluşan Durum.....                                                                         | 55 |
| Şekil 7.23. | Horata Dersi Q <sub>500</sub> hidroğrafi.....                                                                     | 56 |
| Şekil 7.24. | Horata Dersi Q <sub>100</sub> hidroğrafi.....                                                                     | 57 |
| Şekil 7.25. | Horata Dersi Q <sub>50</sub> hidroğrafi.....                                                                      | 57 |
| Şekil 7.26. | Horata Deresi Q <sub>50</sub> , Q <sub>100</sub> ve Q <sub>500</sub> debisi için (0. Saat) simülasyon sonucu..... | 59 |
| Şekil 7.27. | Horata Deresi Q <sub>50</sub> debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu.....                                       | 60 |
| Şekil 7.28. | Horata Deresi Q <sub>100</sub> debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu.....                                      | 61 |

|             |                                                                           |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 7.29. | Horata Deresi $Q_{500}$ debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu....      | 62 |
| Şekil 7.30. | Horata Deresi $Q_{50}$ debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu.....        | 64 |
| Şekil 7.31. | Horata Deresi $Q_{100}$ debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu.....       | 65 |
| Şekil 7.32. | Horata Deresi $Q_{500}$ debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu.....       | 66 |
| Şekil 7.33. | Horata Deresi $Q_{50}$ debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu.....      | 68 |
| Şekil 7.34. | Horata Deresi $Q_{100}$ debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu....      | 69 |
| Şekil 7.35. | Horata Deresi $Q_{500}$ debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu....      | 70 |
| Şekil 7.36. | Horata Deresi $Q_{50}$ debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu.....       | 71 |
| Şekil 7.37. | Horata Deresi $Q_{100}$ debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu....       | 72 |
| Şekil 7.38. | Horata Deresi $Q_{500}$ debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu....       | 73 |
| Şekil 7.39. | Horata Deresi Boy Kesiti.....                                             | 75 |
| Şekil 7.40. | Horata Deresi 41 ve 56 Numaralı Kesit.....                                | 76 |
| Şekil 7.41. | Horata Deresi 41 ve 56 Numaraları Noktaların Boy kesit<br>Detayları.....  | 77 |
| Şekil 7.42. | Tekrarlanma periyodu 50 yıl için 41 nolu kesitte seviye<br>değişimi.....  | 78 |
| Şekil 7.43. | Tekrarlanma periyodu 100 yıl için 41 nolu kesitte seviye<br>değişimi..... | 79 |
| Şekil 7.44. | Tekrarlanma periyodu 500 yıl için 41 nolu kesitte seviye<br>değişimi..... | 80 |
| Şekil 7.45. | Tekrarlanma periyodu 50 yıl için 56 nolu kesitte seviye değişimi          | 82 |
| Şekil 7.46. | Tekrarlanma periyodu 100 yıl için 56 nolu kesitte seviye<br>değişimi..... | 83 |
| Şekil 7.47. | Tekrarlanma periyodu 500 yıl için 56 nolu kesitte seviye<br>değişimi..... | 84 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|             |                                                             |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1 | Yıllık Ortalama Yağış Değerleri(MGM)                        | 17 |
| Çizelge 6.1 | Pürüzlülük katsayısı sınır değerleri (Bulu ve Yılmaz, 2002) | 35 |



## 1 GİRİŞ

Dünyada şehir nüfusları hızla artmakta ve şehir nüfusunun toplam nüfusa oranı % 47 seviyesine ulaşmış olup Ülkemizde % 65 seviyesindedir. Ayrıca şehirleşme ve bunun doğal bir sonucu olan yapılaşmanın etkisiyle yağmur sularının toprağa karışma oranı azalmakta, yüzey akışlarına neden olmakta ve yeraltı su seviyeleri düşmektedir. Kentsel bölgelerin yağmursuları kanallara alınarak uzaklaştırılmadığı zaman sağanak yağmurlarda cadde ve sokaklarda yürümek güçleşmekte ve düşük kotlu semtlerdeki ev ve işyerlerinin bodrum katları su altında kalmaktadır. Bu nedenle, atık suları ve yağmur sularını ayırık veya birleşik sistem kanalizasyon şebekesi inşa etmek suretiyle uzaklaştırmak gerekmektedir.

Şehir taşkınları olarak ifade edebileceğimiz taşkınlar, çoğu durumda doğal koşulların insan müdahalesiyle bozulmasına bağlı olarak meydana gelmektedir. Yağışlı dönemlerde şehrin üst kısımlarından suyu toplayıp şehir merkezinden geçen doğal kanal veya dereler yanlış imar uygulamaları, kesit daralmaları ve mansap koşullarının bozulması veya ortadan kaldırılması gibi sebeplere bağlı olarak su basması riski oluşturmaktadır. Diğer taraftan yağmursuyu drenaj hatlarından gerek projelendirmeden kaynaklanan, gerekse de yapım kusurlarından dolayı geri tepmeler ve su basmaları meydana gelmektedir. Bu tür olayların yaşanmaması, vatandaşların bu tür olaylardan en az zarar görmesi için, bu olaylar üzerinde etkili olan faktörlerin incelenmesi önemlidir.

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. Bu taşkınları oluşturan sebepler incelendiğinde genel olarak şu şekilde verilebilir;

- Mevcutta hizmet veren drenaj ağının yetersiz olması,
- Drenaj ağı projelendirilirken yetersiz ve/veya yanlış kapasite tayin edilmesi
- İnşaat sırasında işçilik kalitesi vb. faktörlerden dolayı doğal akış koşullarında meydana gelen bozulmalar
- Şehir merkezlerinden geçen derelerde insan müdahalesi ile kesit özelliklerinin değişmesi
- Çarpık yapılaşma ve imar planlarında yapılan hatalar

Yukarıda verilen sebeplere bağılı olarak şehir merkezlerinde taşkın meydana gelmekte ve olumsuz etkileri ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen taşkınların zararlarının en aza indirilmesi için temel olarak aşağıdaki analizlerin veya çalışmaların yapılması önem taşımaktadır;

- Geçmişte taşkın oluşturmuş kritik noktaların belirlenmesi
- Taşkına sebep olan veya olabilecek faktörlerin analiz edilmesi
- Taşkın analizi yapılarak su altında kalabilecek bölgelerin belirlenmesi
- Analiz sonucuna göre en az zararın meydana gelmesi için çözüm önerilerinin sunulması

Verilen bu değerlendirmelerin yapılmasında en önemli sorun yeterli verinin olmayışı ve bu alanda yetişmiş teknik personelin olmayışı gösterilebilir. Taşkın analizlerinde, bölgenin yağış karakteristiğinin bilinmesi, imar planlarına göre yapılaşma durumunun ortaya konulması, taşkın simülasyonu gerçekleştirilmesi vb. çalışmalar oldukça büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Kentsel alanlarda yer alan ve mevcutta hizmet veren drenaj sistemlerinde risk bölgelerinin belirlenmesi ve etkilerinin azaltılması için çözüm önerilerinin sunulması amaçlanmıştır. Bunun için, kent içerisindeki dere/kanalların belirlenmesi, bölge sayısal haritaları, bina yerleşimleri gibi materyallerin belirlenmesi, taşkın riski oluşturabilecek drenaj hatlarının, şehir içinden geçen derelerin belirlenmesi, bunlar için risk haritalarının çıkartılması, risk haritasına göre eylem planlarının belirlenmesi çalışmaları yürütülmüştür. Çalışmada ayrıca, kritik bölgelerde muhtemel maksimum taşkına göre taşkın simülasyonunun gerçekleştirilmiştir. Çalışmada elde edilecek çıktıların, özellikle çarpık kentleşme ve plansız alt yapıya sahip ve taşkına maruz bölgelerde gerekli tedbirlerin alınması ve eylem planlarının oluşturulmasına referans teşkil edeceği düşünülmektedir.

Önerilen bu çalışmanın hedefleri temel olarak şu şekilde verilebilir;

- Şehir merkezinden geçen dere/kanalın kapasite ve taşkın riski açısından performansının analiz edilmesi,
- Taşkın analizinin ve farklı tekrarlanma periyotları için taşkın simülasyonunun gerçekleştirilmesi,

- Halen halka açık ve gelişmekte olan alanlarda taşkın risk alanlarının belirlenmesi,
- Yeni imar planlarına göre taşkın simülasyonları sonucunda elde edilecek çıktıların değerlendirilmesi,
- Belirlenen taşkın risk alanları bir simülasyon yardımı ile haritadan izlenmesi, farklı alanlarda taşkın derinlikleri gözlemlenecektir.

Taşkın risk haritaları kalkınma ve gelişmede, yerel yöneticiler ve çeşitli hedef kitlelere ulaştığında, taşkın riskini azaltmada önemli bir çalışma olacaktır. Ayrıca, şehir içi drenaj sistemleri ve şehir merkezinden geçen kanal ve/veya derelerin boyutlandırılması, taşkın davranışının analiz edilmesi, bölgenin yağış karakteristiğine, mevcut sistem elemanlarının kapasitesine ve arazi kullanım türüne göre muhtemel maksimum taşkın debisinin hesaplanarak değerlendirilmesi bu sistemlerin sağlıklı bir şekilde işletilmesi anlamında oldukça önemlidir.

Malatya şehir merkezinden geçen dere/kanal için taşkın performansının analiz edilmesi, taşkın analizi, farklı tekrarlanma periyotları için taşkın simülasyonunun gerçekleştirilmesini amaçlayan çalışmada temel olarak aşağıdaki yol izlenmiştir;

- Çalışma alanına ait 1/25 000 ölçekli ve 10 m hassasiyetli sayısal yükseklik haritasının (eş yükselti eğrilerinin) elde edilmesi
- Çalışma alanına ait ortofoto elde edilmesi
- Çalışma alanına ait hâlihazır haritaların elde edilmesi,
- Bina yerleşimlerinin belirlenmesi
- CBS yazılımı yardımıyla çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinin (DEM) elde edilmesi
- CBS yazılımı ile çalışma alanında yer alan dere ve kanalların belirlenmesi
- Uygulama alanında mevcut drenaj sisteminden kaynaklanan tıkanma, kapasite yetersizliği gibi gözlenmiş kayıtların analiz edilmesi
- Dere ve kanalların fiziksel parametrelerinin CBS yazılımı ile belirlenmesi
- Dere ve kanal güzergâhında yer alan bina yerleşimleri
- Infoworks ICM yazılımı yardımıyla taşkın analizinin gerçekleştirilmesi
- Taşkın açısından risk oluşturabilecek güzergâh (ların) belirlenmesi
- Belirlenen güzergâhlar için risk haritasının oluşturulması

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tran vd. (2001) drenaj sistemlerinde yaptıkları gözlemlerde zamanla yıpranmaların meydana geldiğini, bu bozulmaların da hidrolik bozulmayı etkilediğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada drenaj ağının CCTV kullanarak boruların bozulma şekli belirlenmiş, matematik model ve genetik algoritma modeli geliştirilerek Melbourne’de CCTV verileri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

De Winnaar vd. (2007) Güney Afrika’da yaptıkları çalışmada, su kıtlığı çeken ve yağmursuyu ile tarım yapılan ülkelerde su kaynaklarının daha etkin kullanılmaları için, aşağı havzalarda istenmeyen etkilerle karşılaşılmadan akış hasadının yapılması, depolanması ve kullanılması konusu irdelenmiştir. Örnek olayda Potshini havzasında havza toplama sahalarının belirlenmesi ve planlaması üzerinde durulmuş, depolanan suyun CBS analizlerine göre dağıtılacağı alanlar bulunmuştur.

Fabrizio Ravagnani vd. (2008) günümüzde kentlerde geçirgenliğin olmadığını ve bunun da akış katsayısını artırdığını tekrarlamışlar ve farklı arazi örtüleri üzerinde yapılan çalışmalarda deşarj noktalarındaki pik debileri tahmin etmeye çalışmışlardır.

Fernandez vd. (2009) Arjantin Tucuman Eyaletinde son dönemlerde oluşan sağanak yağışlar sonucunda bazı şehirlerin daha çok etkilendiği ve bunun sebebinin de eskiye nazaran geçirgen zeminlerin azalması ve bozulan drenaj sistemleri olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada değişken olarak drenaj kanalları, topoğrafya, eğim, yer altı suyu ve arazi kullanım türü parametreleri belirlenmiş yapılan analizlere göre kentsel tehlike haritaları üretilmiştir.

Hans Korving vd. (2009) Hollanda’da kanalizasyon tasarımında risk ve belirsizliklerin dikkate alınmadığını bunun da sorunların artmasına neden olduğunu tespit etmişler, şehirleşme, iklim değişikliği gibi nedenlerle iyileştirme ihtiyacının pahalı olduğunu, boyutlandırma yapılırken yağıştaki değişkenliklerin ve çevresel belirsizliklerin iyi değerlendirilmesi ile zararın ve yatırım maliyetinin dengelenmesi konusu üzerine çalışmışlardır.

Tingsanchali (2011) 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 hedeflemiştir.

Caradot vd. (2011) çalışmalarında Lyon ve Mulhouse kentleri temel alınarak örnek vakalar incelenmiş, risk alanları ve bu alanlardaki taşkın risklerinin azaltılmasında uygulanacak stratejilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çeşitli yağış senaryoları simülasyonlar ile denenip kentsel drenaj ağının davranışı incelenerek mevcut drenajın yönetimi konusunda yerel yönetimlere referans oluşturacak sonuçlar ortaya konulmuştur.

Naftaly Goldshleger vd. (2011) çalışmalarında kentsel karayolu ağı ve akış katsayısı üzerinde durmuşlardır. Çalışma alanı olan İsrail’de 30 yıllık kaydedilen yağış-akış katsayıları irdelenmiş, kentsel taşkınların önlenmesi ve su kaynaklarının korunması için bölgesel plancılara yardımcı olması hedeflenmiş farklı yol ağına sahip kentlerin yağış-akış durumları incelenmiştir.

Esmacil Salehi vd. (2012) Tahran şehri örneğinde, kentleşmenin ve küresel ısınmanın şehirlerin en önemli sorunu haline geldiğini ve Tahran şehrinin son zamanlarda taşkın hasarlarından fazlaca etkilendiğini vurgulamışlardır. Hasarın etkisini artıran parametreler için; kontrolsüz kent gelişimi, yetersiz drenaj şebekesi, nehirler boyunca kentleşmenin artması ve drenaj ağındaki sorunlar olduğunu ortaya koymuşlar taşkın risk haritasının gelecek planlaması için önemli olduğu görüşünü savunmuşlardır. Yapılan çalışmanın sonuç kısmında ise; pik yağış durumunda kapasite kontrolü yapılmış drenaj ağının gereksinimleri bulunmuş ve taşkın yönetimini sağlamak maksadı ile taşkın risk haritaları yapılmıştır.

Wu vd. (2012) Şangay’da meydana gelen yağış-yüzey akımı ve kanalizasyon tıkanma riskleri üzerine yapılan araştırmada, Şangay kenti altyapısının sağanak yağışlara karşı savunmasız olduğu, aşırı yüzey akışlarının kanalizasyon ve drenaj hatlarında tıkanmalara neden olduğu ortaya konmuştur. Sorunların başlıca nedenleri arasında hızlı şehirleşme, arazi örtüsü ve kullanımı ile son yıllarda yağışların eskiye göre arttığı görülmektedir. Tüm bu faktörlerin birleşmesi ile drenaj ağına gelen baskıların olumsuzluklar meydana getirdiği izlenmiştir.

Ge Zhang vd.(2012) Pekin Qing-shui havzasındaki arazi kullanımı türlerine göre akışın önemli ölçüde azaltılabileceği belirlenmiş, çalışmanın sonucunda arazi kullanım planlaması ve yönetilmesi ile farklı yağış senaryolarında akışın önemli derecede azaltılacağı ve zararların minimuma indirgeneceği belirlenmiştir.

Inamdar vd. (2013) mevcut kentsel su sistemlerinin yeniden yapılandırmaya ihtiyaç duyduğunu, kentsel yağmursuyu akışının etkilerinin azaltılması gerektiğini vurgulamışlar, yağmursuyu toplama alanlarının seçimi ve bu alanlarda yağmursuyu hasadının yapılması amacı ile Avustralya Melbourne kentinde çalışma yaparak belirlenen yerlerin yerel yönetimlerde içme suyu ihtiyacını azaltma konusunda yardımcı olacağı öngörülmüştür.

Lee vd. (2013) havza tabanlı ve akış tabanlı risklerin birleştirilmesi ile TOPSIS tekniği kullanılarak risk oluşturacak belirsizlikler mekânsal veriler Güney Kore’de uygulanmış güvenlik açıkları belirlenerek taşkınların azaltılması maksadıyla ön fizibilite çalışması olarak kullanılmıştır.

Stephenson ve D’Ayala (2014) yılında yaptıkları çalışmalarda, İngiltere’deki tarihi binaların sel baskını esnasındaki korunmasız yanlarını araştırmışlardır. Örnek vaka olarak Kasım 2009’da meydana gelen ve 24 saatte 314 mm’lik rekor yağışı incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ise taşkın olayları sonucunda hasar potansiyeli ve güvenlik açıklıkları tespit edilmiştir.

Cherqui vd. (2014) Fransa Bordo kentinde inceleme alanı olarak belirlenen yerde, drenaj, kanalizasyon ve birleşik sistem drenaj ağlarını incelemişler, drenaj ağında meydana gelen tıkanmalara nelerin sebep olduğu ve çözüm yolları araştırılmıştır.

İsa Curebal vd. (2014) yaptıkları çalışmada 2009 yılında Keçidere havzasında meydana gelen taşkın olayını incelemişler, bu çalışmada sayısal yükseklik modeli (DEM) uydu görüntüleri ve saha verileri kullanılmıştır. CBS ile arazi kullanımı, geometrik ve hidrolik veriler sayısallaştırılmış ve modelleme yapılmış, HEC-RAS ile yapılan çalışma neticesinde havzada ölçülen akış ile 500 yıllık debinin çakıştığı gözlemlenmiştir.

Mahmoud vd. (2014) çalışmalarında potansiyel yağmur suyunu tespit etmek amacıyla, algılama, saha verileri ve CBS verileri kullanılmıştır. Akış katsayısı, arazi örtüsü, eğim ve toprak yapısı gibi faktörler değerlendirilmiş ve analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre riskin az olduğu yönlerin güney ve batı bölgeleri olduğunu gözlemlenmiştir.

Ouma ve Tateishi (2014) Kenya'nın Eldoret kentindeki taşkın örnek vaka olarak incelenmiştir. Taşkınların günümüzde en sık tekrarlanan ve en fazla zarar veren afet olduğunu yinelemişlerdir. Halka açık alanlardaki taşkın riski değerlendirilmiş, bir risk haritası oluşturmak istenmiştir. Çalışmada drenaj ağları, eğim, arazi kullanımı gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan çalışmanın %92 oranda güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

Radmehr vd. (2014) azalmış geçirgenlik ve ekonomik ömrünü tamamlamış drenaj ağlarının kentsel alanlarda yıkıcı taşkınlara neden olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca yapılan çalışmada taşkın potansiyeline sahip alanların haritalarının üretilmesi ve CBS faaliyetleri ile kentsel taşkınlar önlenmesi için bir karar mekanizması oluşturmayı hedeflemişlerdir.

Ahmadisharaf vd. (2015) sel yönetimi alternatifleri genellikle derinlik gibi taşkın parametreleri temelinde değerlendirildiğini ve bu parametreler belirsiz olduğundan, alternatiflerin değerlendirilmesinin de önemli olduğunu belirtmişlerdir. Sel yönetim alternatiflerinin değerlendirilmesinde tasarım yağış belirsizliğinin değerlendirilmesi olasılıksal yağış-akış dönüşüm modeli, iki boyutlu bir taşkın modeli ve mekânsal bir model oluşturmuşlar çalışma sonucunda harita üretmişlerdir.

Golz vd. (2015) çalışmada; kent taşkınlarına dikkat çekilmiş, sentetik yaklaşımla binaların taşkın dayanımları değerlendirilmiş ve yapı malzemelerinin davranışı ve binalarda alternatif yapı malzemelerinin kullanımı değerlendirilmiştir.

Nigussie vd. (2016) SLEUTH kent büyüme modeli kullanılarak öngörülen kentleşmenin etkilerini araştırmıştır. Büyüme modeli, eğim, arazi yapısı, kentsel durum ve ulaşım ölçütleri alınarak İstanbul'da bulunan Ayamama deresine uygulanmıştır. Similasyon yardımı ile yapılan bir çalışma İle Ayamama Deresi'ndeki taşkın pik değerleri değerlendirilmiş, kentin büyüme gelişme senaryoları üzerinden taşkın riski değerlendirilmiştir.

Zhu vd. (2016) Çin'in Guangzhou kentinde, taşkın durumunda riskli bölgeler ve drenaj ağının davranışı incelenmişlerdir. Taşkın riskinin günümüzde, kentsel alanlarda öneminin artması yetersiz drenaj ağı değerlendirilmiş, farklı yağış senaryoları altında, zemin akış katsayıları da belirlenerek taşkın risk alanları belirlenmiştir.

### 3. TAŞKINLAR

Taşkın; bir akarsuyun veya drenaj hattının, kapasitesinin üstünde bir debi gelmesi sonucunda yerleşim yerleri ve arazilere zarar vermesi ile bilinen tabi olaydır. Taşkınlar can ve mal kaybına yol açabilmektedir. Özellikle son yıllarda iklimdeki değişiklikler, yanlış arazi kullanımı taşkın sayılarını önemli ölçüde artırmıştır. Taşkınlar doğal afetlerin en yaygın görülen biçimlerinden birisidir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de taşkınlar her yıl önemli oranda mal kaybına neden olurken istatistiki bilgilere göre Türkiye’de depremlerden sonra en fazla can kaybı taşkınlar sonucunda meydana gelmektedir (SYGM, 2017).

Ülkemizde taşkınların oluşmasına neden olan yağışların karakteristikleri ve geçmiş taşkın gözlemlerinin değerlendirilmesi sonucunda taşkınların, en çok bahar ve yaz aylarında, yağış şiddetinin fazla olması ve süresinin kısa olması, özellikle taşkına en hassas bölgelerin Karadeniz, Akdeniz ve Batı Anadolu olduğu belirlenmiştir (DSİ, 2013). Taşkınların bir doğa olayı olarak ifade edilmesi yanlış bir tabir olmakla beraber, özellikle ülkemizde ekonomik gelişmelerle beraber kentleşme faaliyetleri sonucunda akarsu havzası ve kent merkezlerinde insan müdahalesi sonucu elverişsiz koşullar oluşmaktadır. Bu durum ise yaşanan taşkın örneklerinde olduğu gibi doğal hidrolojik dengeyi bozmakta can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Nehir havzalarında ve kent merkezindeki yeni açılan imar alanları, yollar ve tesisler ile doğal arazi yapısı değişmekte, orman ve meralar yok edilmekte suyun doğal akış düzeni bozulmaktadır.

Ülkemizde son dönemlerde yaşanan taşkınlardan edinilen tecrübelere dayanarak, önemli ölçüde zararlara (can ve/veya mal kaybı şeklinde) sebep olan taşkınların dere yatakları içerisinde iskân teşkil edilmesi, taşkın tesislerinin üzerinin kapatılarak kapalı mecralara dönüştürülmesi sonucu olduğu görülmektedir. Dere yatakları içerisinde yapılan yanlış imar uygulamaları, şiddetli ve kısa süreli yağışlar sonucunda mal ve/veya can kaybına neden olan taşkınların oluşmasına sebep olabilmektedir. Taşkın kanalı veya dere gibi tesislerin insan müdahalesi ile taşkına sebep olabilecek mecralara dönüştürülmesi rutin aralıklarda yapılması gerek bakım, onarım, temizlik gibi faaliyetleri imkânsız hale getirmektedir. Bu nedenle tıkanan mecralar olası bir taşkın durumunda yetersiz kalmakta ve zararın boyutlarını artırmaktadır. Özellikle şehir merkezinden geçen doğal derelerin, yanlış uygulamalar

sonucunda oluşan taşkınların sayısı oldukça yüksektir (DSİ, 2013). Ülkemizde taşkın zararları ile ilgili yapısal tedbirlerin alınması konusunda, Resmi Gazetenin 09.09.2006 tarih ve 26284 sayısında dere yataklarına müdahaleler konulu Başbakanlık Genelgesi çıkartılmıştır. Söz konusu genelge ile günlük hayatı olumsuz etkileyebilecek olan taşkınların ve oluşacak zararların önlenmesi için bazı tedbirlerin alınması uygun görülmüştür. Bu tedbirler aşağıda sıralanmıştır (DSİ, 2013).

- *İl ilçe ve beldelerde yapılacak büyük ve orta ölçekteki imar planlarının hazırlanması esnasında yetkili kurum olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün tedbir ve tavsiyelerinin alınması,*
- *Bir takım kullanım alanları oluşturmak maksadı ile derelerin üzerinin kapatılmayacağı, zaruri durumlarda ise yine yetkili kurumun onayının alındıktan sonra kapatılması gerektiği,*
- *Dere yatakları üzerinde inşa edilecek yol, köprü, menfez, alt yapı tesisleri, şebeke vb. yapıların yapılmadan önce ilgili bölge müdürlüğünden izin alınması gerektiği,*
- *Kamu kurum ve kuruluşları tarafından köprü vb. yapıların altında suyun akışını engelleyecek herhangi bir yapı yapılmayacağı, özel ve tüzel kişilerce yaptırılacak bu yapılara izin, ruhsat gibi belgelerin düzenlenmeyeceği, ilgili kurumca tespit edilen akış kesitini daraltan yapıların yetkili belediye ve diğer idari birimler tarafından derhal kaldırılması gerektiği,*
- *Dere yataklarından eğer malzeme alınacaksa köprülere en az 750 m. mesafede memba tarafından olacağı ve eğer mansap tarafından malzeme alınacaksa köprülere asgari 1000 m. mesafede olacağı, alınacak malzemenin dere akış özelliğini hiçbir koşulda değiştirmeyeceği,*
- *Karayolları sorumluluk sahasında yapılacak köprü ve menfez gibi yapıların projeleri için ilgili kurumdaki gerekli izinlerin alınması gerektiği,*
- *Çöp moloz gibi atıklarla sürekli dere kesitlerinin daralması ve yok edilmesi hususunda ilgili mahalli idare marifetiyle bertaraf edilecek ve gerekli önlemleri alınacak,*
- *Kadastro çalışmaları esnasında dere yatakları tescil dışı bırakılarak herhangi bir yapılaşmaya izin verilmeyecektir.*

Geçmişten günümüze artarak devam eden taşkın vakalarının büyük oranda ilgili genelgede alınması gereken ve çoğu zaman ihmal edilen önlemler sebebiyle

yaşandığı bilinmektedir. Ülkemizde taşkın zararlarından koruma konusunda yetkili kurum olan DSİ Genel Müdürlüğü, yapısal ve yapısal olmayan tedbirler konusunda halen faaliyetlerini yürütmektedir. Yapısal tedbirler olarak, akarsu ve dere ıslah çalışmaları, tersip bendi, ıslah sekisi, taşkın duvarı, sedde vb. yapılar ile gerek kentsel alanlarda gerek kırsal alanlarda tarım arazilerinin taşkın risklerinden korumaya yönelik tedbirler almaktadır (DSİ, 2013).

Taşkınların zararlı etkilerini önlemek için inşa edilen taşkın kontrol yapıları, belirli bir debide meydana gelebilecek taşkınları düzenli ve zararsız bir biçimde tahliye etmek maksadı için yapılmaktadır. Tarım arazilerinin korunması hususunda 10 yıl yinelemeli ( $Q_{10}$ ) olup, bu debiye göre tesislerin boyutlandırma işlemi yapılmakta, yatak kesitlerine şekil verilerek 50 yıl yinelemeli ( $Q_{50}$ ) debinin hava payından geçirilmesi amaçlanmaktadır. Tarım arazilerinin taşkın zararlarından korunması maksadıyla inşa edilen bu tesisler genellikle sedde veya dere ıslahı ile yeterli olmaktadır. Ancak kentsel alanlarda teşkil edilecek taşkın tesisleri için 100 yıl yinelemeli taşkın debisi ( $Q_{100}$ ) kritik debi olarak alınmakta, 500 yıl yinelemeli taşkın debisi ( $Q_{500}$ ) hava payından geçirilerek projelendirilmektedir (DSİ, 2013). (DSİ) Kentsel alanlarda taşkın zararlarından korunmaya yönelik bu yapısal tedbirler, tarım alanlarında uygulanan tesis önlemlerinden farklı olarak kıyı duvarları şeklinde icra edilmektedir. Tüm bu yapısal tedbirlerin yanında havzanın menbasında gerekli erozyon ve rusubat kontrolünün yapılmaması olası bir sel anında oluşacak zararların önlenmesi tam anlamıyla beklenemez (DSİ, 2013).

Taşkın kontrolü konusunda yetkili kurumun yapısal tedbirlerinin yapısal olmayan tedbirler konusunda da çeşitli çalışmaları mevcuttur. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ülke genelinde 26 Bölge Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmekte, akarsu havzaları esas alınarak havza özellikleri esas alınarak bölge taşkın planları hazırlamakta ve ilgili valiliklere göndermektedir. Genel Müdürlük olarak belediyeler ve diğer yerel yönetimlerden gelen büyük ölçekli imar planları olan 1/25000 ve 1/100000 ölçekli bölgesel planlarında gelen taleplere göre kurumlara gerekli görüş ve önerilerini sunmaktadır (DSİ, 2013).

Taşkınlar meydana geldiği yerlerin arazi örtüsü, eğimi, yapılaşma durumu vb. etkenler sonucunda etkilenmektedir. Taşkınların iklim değişiklikleri, yanlış arazi kullanımı, kentleşme ve gelişen sanayi sonucunda ilerleyen dönemlerde daha da

artacağı aşikârdır. Taşkın zararlarını etkileyen temel faktörler, dere yatakları ve drenaj hatlarına yapılan yanlış ve izinsiz müdahaleler, taşkın riski altındaki alanlarda yapılaşma, plansız kentleşme, yetersiz kesitli sanat yapıları gibi faktörlerdir. Taşkın sebepleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır (DSİ, 2013).

- Kısa süreli ve şiddetli yağışlar.
- Orman alanlarının yok edilmesi sonucu akış kapasitesinin artması.
- Yerleşim yerlerindeki dere ve kanalların yapılaşma ile kapatılması.
- Dere yataklarında tekniğine aykırı köprü menfez gibi yapıların yapılması.
- Dere yataklarının atıklarla kapatılması.
- Dere yataklarına atık su hatlarının döşenmesi,
- Dere yukarı havzada gerekli rusubat kontrolü yapılmaması,

### **3.1. ŞEHİR TAŞKINLARI**

Kentsel alanlardaki sel baskınları, kıyı taşkınları veya nehir taşkınları olabilir, ancak kentsel taşkın olarak adlandırılan özel bir taşkın türü de vardır. Kentsel taşkın, kentsel alanlarda drenaj eksikliği sonucu oluşmaktadır. Su depolama için kullanılabilecek çok az açık toprak olduğu için, hemen hemen tüm yağışların yüzey suyuna ya da kanalizasyon sistemine taşınması gerekmektedir. Şehirdeki kanalizasyon sistemi ve yağmursuyu kanalları, düşen yağmur miktarını tahliye etmek için gerekli kapasiteye sahip olmadığında, yüksek yoğunluktaki yağışlar sele neden olabilir. Su, kanalizasyon ve yağmursuyu sistemine belli noktalardan girebilir ve daha sonra şehrin sokaklarında başka bir noktadan yüzeye çıkabilir. Hatta bazen muayene baca kapakları ters akıştan dolayı yerinden çıkabilir.



Şekil 1. Uygulama alanında (Malatya ili) Horata deresinden görünüm

Şehir taşkınlarının artan eğilimi günümüzde evrensel bir olgu haline gelmiş ve kentlere meydan okumaktadır. Kentsel taşkın ile ilgili sorunlar göreceli olarak yerleşmiş olaylardan büyük olaylara kadar, yerleşim yerlerinin sular altında kalmasıyla sonuçlanır. Bu nedenle, geçici yer değiştirme dâhil olmak üzere, taşkınların olumsuz etkisi toplumda yayılmaktadır. İnsanların zarar görmesi, su kalitesinin bozulması ve salgın riskleri bu zararlardan bazılarıdır (DSİ, 2013). Şehir taşkınlarından kaynaklanan sorunlar oldukça zorlayıcıdır ve sürekli iklimle birlikte olumsuz yönde kötüleşmektedir. Şehir taşkınları, genellikle yerleşim yerlerinin büyük bir miktarda su altında kalması şeklinde tanımlanabilir. Ani aşırı yağışlardan, taşan nehirden veya gölden gelen suyun ve eriyen kar sularının insanlar üzerinde birçok olumsuz etkisi vardır. Bunlar birincil etkiler olabildiği gibi, mal kaybı, suyun kirlenmesi, tüm hasadın kaybı, su kaynaklı hastalıkların ya da ekonomik sıkıntılar, turizm kaybı, kıtlık, yeniden inşa maliyetleri, fiyat artışı vb. taşkınların dolaylı yoldan toplumu olumsuz etkileyen yanlarıdır.

Günümüzde kentsel sel baskını oldukça sık görülmekte ve kentsel taşkınlar kentteki gündelik hayatı büyük oranda olumsuz etkilemektedir. Yolların kapanması sonucu insanlar işe ya da okullara gidemez. Ekonomik zararlar oldukça yüksektir. Su yavaş yavaş şehir sokaklarında yükselir. Şehir düz arazide olduğunda, akış hızı

düşüktür ve insanlar su seviyesi çok yükselmediği durumlarda günlük faaliyetlerine devam edebilir. Su nispeten yavaş yükselir ve su seviyesi genellikle yüksek bölgelerde tehlikeye neden olmaz. Ancak nispeten eğimin fazla olduğu yerleşim yerlerinde, ani yağışlar dolayısı ile taşkın olayları yaşanmakta bu bölgelerde su yüksekliği bazen çok az olsa da eğimden dolayı suyun hızının çok yüksek olması can ve mal kaybına sebep olabilmektedir (DSİ, 2013).



Şekil 2. Uygulama alanında (Malatya ili) Karagöz deresinden görünüm

Yağmursuyu, drenaj sistemlerine ulaştığında kapasiteyi aşan sel, bodrumlar, bahçeler, konutlar sokaklar ve işletmelere ciddi zararlar verebilir. Şehirler ve kasabalar geliştikçe artan nüfus daha geçirimsiz yüzeyler (yollar, çatılar, otoparklar, garajlar, sokaklar, kaldırımlar) artan yağmur suyuna yol açmaktadır. Doğal drenaj sistemleri insanlar tarafından son zamanlarda yapılan kanalizasyon ve yağmur suyu altyapısı ile değiştirilmektedir. Bu altyapılar pek çok durumda bakımsız kalır ve giderek artan yağış olayları yüzünden bozulan drenaj sistemlerinde ek zorlanma oluşmaya başlar. Ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçlar kentsel taşkınlarda son derece önemlidir.

### 3.2. TAŞKIN RİSK HARİTALARI

Geleneksel olarak, taşkın yönetim politikaları, yerel yöneticilerin hidrolik altyapıyı tasarlamak ve yönetmek için kullanılan taşkın sistemi içinde uygun bir koruma seviyesine karar verdikleri tasarım standardı felsefesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımın tersine ve 2007/60 / EC sayılı AB Taşkın Direktifinde taşkın risklerinin değerlendirilmesi ve yönetilmesi ile ilgili yönergelerin aksine, son yıllarda sistem performansından ziyade riske dayalı taşkın yönetim politikaları geliştirilmiştir (SYGM, 2017). Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 23 Ekim 2000 tarihli direktifi olan bu yasa üye ülkelerin iklim değişikliği sonucunda ortaya çıkabilecek taşkın olaylarının olumsuz etkilerini azaltılması ve önlemleri içeren bir direktif haline gelmiştir. Taşkın Direktifinin ilk aşamasında AB üyesi devletlerin taşkın riskinin yüksek olduğu alanları belirlemek amacıyla 22 Aralık 2011 tarihine kadar nehir havzaları ve kıyı bölgeleri için Taşkın Riski Ön Değerlendirmesinin (TRÖD) tamamlamış olmaları gerekmektedir. İkinci aşamada üye devletlerin potansiyel ciddi ölçüde taşkın riski taşıyan alanlar için 22 Aralık 2013 tarihine kadar taşkın risk haritalarının hazırlamaları gerekmektedir. Haritaların aynı zamanda yayılım alanları, su derinliği ve akış hızları ile taşkından etkilenecek ekonomik faaliyetler, risk altındaki kişi sayısı, çevresel zararlara ilişkin detayları içermesi gerekmektedir. Üçüncü aşamada ise üye devletler 22 Aralık 2015 tarihine kadar havza düzeyinde Taşkın Risk Yönetim Planlarını (TRYP) hazırlamaları gerekmektedir (SYGM, 2017)

Sel risk yönetimi politikaları, taşkın olayları sonucunda ortaya çıkan sonuçların ve belirli bir zaman dilimi boyunca beklenen sel etkileri üzerindeki iyileştirme önlemlerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır.

Tarım arazilerini ve yerleşim yerlerini sel olaylarından koruyan hidrolik altyapıyı değerlendirmek ve yönetmek için risk bazlı analiz yöntemleri kullanılabilir. Bir taşkın riski metodolojisi, bir hidrolik sistemi, sistem performansından ziyade hidrolik altyapının hizmetinden elde edilen sonuçların değerlendirmesine dayanarak analiz etmektedir (SYGM, 2017). Bu nedenle, hidrolik sistemin belirli bir yükleme seviyesine hizmet etmesinin beklendiği geleneksel performans yöntemlerinin aksine, bir taşkın riski yaklaşımı, meydana gelme olasılığına dayanan her tür olayı dikkate almalıdır. Analiz sonuçları, hidrolik sistemin performansının ve sel olaylarından elde edilen sonuçların kapsamlı bir görünümünü sunmaktadır. Bu sonuçlar, bir hidrolik sistemle ilgili tasarım, bakım,

iyileştirme ve yönetim programlarını iyileştirmek ve taşkın etkisini azaltmak için bilinçli kararlar almak amacıyla, taşkın alanında çalışan uzman veya yerel yönetimleri destekleyebilir ([www.innovyze.com](http://www.innovyze.com)).

Bu yöntemlerin, sadece sistemle ilişkili mevcut taşkın riskinin bir miktarını değil, aynı zamanda taşkın riski yönetimi ve azaltma stratejileriyle ilgili rasyonel kararların alınmasına yardımcı olacak uzun vadeli bir planlama çerçevesi sağlamayı amaçladıklarını vurgulamak önemlidir. Bu doğrultuda, riske dayalı bir seçenek değerlendirmesi, söz konusu seçeneklerin taşkın riskine yol açtığı sonuçları tahmin etmek için taşkın sistemini tanımlayan değişkenlerin modifikasyonunu içermektedir. Bu nedenle, farklı maliyet risk yönetimi seçenekleri, en uygun maliyetli olanı bulmak için bunlar arasında değerlendirilebilir ve karşılaştırılabilir. Su altyapısı yatırımının yoğunluğu göz önüne alındığında, uzun vadeli planlama ve yönetim içeren stratejik kararlar, bir taşkın risk analizinden elde edilen sonuçlara dayanabilir. Kısaca taşkın riskinin değerlendirilmesi için mevcut alt yapı ve üst yapı verilerinin entegrasyonu ile iklim özelliklerinin modellenmesi ile risk belirlenebilir ve çözüm üretilmeye çalışılır ([www.innovyze.com](http://www.innovyze.com)).

#### 4. ÇALIŞMA ALANI

Malatya ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde Adıyaman, Elazığ, Bingöl, Muş ve Van çöküntü alanının güneybatı ucunda yer alır. 12 313 km<sup>2</sup> alana sahiptir. İlin doğusunda Elazığ, batısında Kayseri, Sivas, güneyinde Adıyaman, kuzeyinde Erzincan illeri yer alır. Malatya, Sultansuyu ve Sürgü vadileri ile Akdeniz'e, Tohma vadisi ile İç Anadolu'ya açılarak bu bölgeler arasında bir geçiş alanı oluşturur.

Malatya, eski çağlardan beri Anadolu ve Ortadoğu'nun geçit veren kavşak noktasındadır. Doğuda en eski ulaşım yolu; Malatya-Sivas üzerinden Erzurum'a, oradan da Kafkasya'ya uzanan yoldur. Buna, Karasu Aras yolu da diyebiliriz. Öte yandan Güneydoğu'ya, Malatya ve Diyarbakır üzerinden Mezopotamya'ya uzanan yol önemlidir. Malatya'dan doğuya doğru Murat, Karasu Van Gölü diğer tabii bir önemli yoldur. Diğer önemli bir yol ise Güneyden gelip Malatya'da düğümlenen Malatya - Kahramanmaraş arasında Torosların çok kesif göründükleri bir sahada, akış yönleri farklı vadilerin takip ettiği tabii bir koridor boyunca uzanmaktadır. Güneyde dağlar arasında açılmış bir başka yol, Adıyaman üzerinden Urfa'yı Malatya'ya bağlamaktadır. İl alanının büyük bir bölümü, III. Jeolojik devirdeki Alp kıvrımlaşması sırasında şekillenen Güneydoğu Torosların kolları, ilin güneyini doğu-batı yönünde baştanbaşa kaplar. Güneyde daha düzenli sıralar oluşturan bu dağlar doğrudan Tohma suyu aracılığı ile ya da Fırat'a katılan çok sayıda akarsuyla sıkça parçalanmıştır. İl merkezine ulaşım karayolu, demiryolu ve havayolu ile her mevsim yapılabilmektedir.

Malatya, Doğu, Güneydoğu ve Orta Anadolu arasında yer alan bir ovadır. Ova, kuzeyden güneye doğru hafif bir eğimle uzanır. Arazi denizden uzak ve yüksektir. Bu nedenle de Malatya'nın iklimi serttir. Yazları sıcak ve kurak; kışları ise, çoğu kez yağışlı ve soğuk olan sert iklimine karşın bölgede yer yer Doğu, Güneydoğu ve İç Anadolu iklim özelliklerini de görmek mümkündür. İklim, değişik özellikler gösteren üç ayrı bölgede incelenebilir. İldeki yüksek platolarda İç Anadolu'nun step iklimi gözlenir. Güney ovasında, Fırat-Dicle nehirleri arasının ılık iklimi ile Suriye Çölü'nün yakıcı sıcaklarının etkisinde özel bir Akdeniz iklimi görülür. Dağlık bölgelerde ise, kışları soğuk olup, her iki bölgenin de etkisinde bulunan bir iklim hüküm sürer. Denizden yüksekliği 900 metre olarak kabul edilen Malatya'da yılın en yağışlı mevsimi ilkbahardır. Yılın 130 -140 günü tamamen güneşli, 50-60 günü kapalı veya güneşli geçer.

Geriye kalan günler hep parçalı bulutludur. Isı genellikle -20 ile +40 derece arasında seyrederek. 1920 yılından sonra günümüze kadar en düşük sıcaklık -21,1, en yüksek sıcaklık ise +41 derece olarak tespit edilmiştir. Üç ay 30°C'nin üstünde ve 2,5 ay 0°C'nin altındadır. Senenin bir ayı karla örtülüdür. Bu iklim şartlarının kayısı yetiştiriciliği için çok elverişli olduğu bilinmektedir. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar ise Ocak ve Şubat'tır. Ancak son yıllarda yapılan Karakaya ve diğer baraj göllerinin etkisiyle, iklim yumuşayarak zaman zaman Akdeniz iklimi özelliklerini göstermektedir. En çok yağış, ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir (MGM).

Malatya Meteoroloji İstasyonu kayıtlarına göre yıllık ortalama toplam yağış miktarı 376,2 mm'dir. Maksimum yağış en yüksek Nisan (55,3 mm) ayındadır. Yağış değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

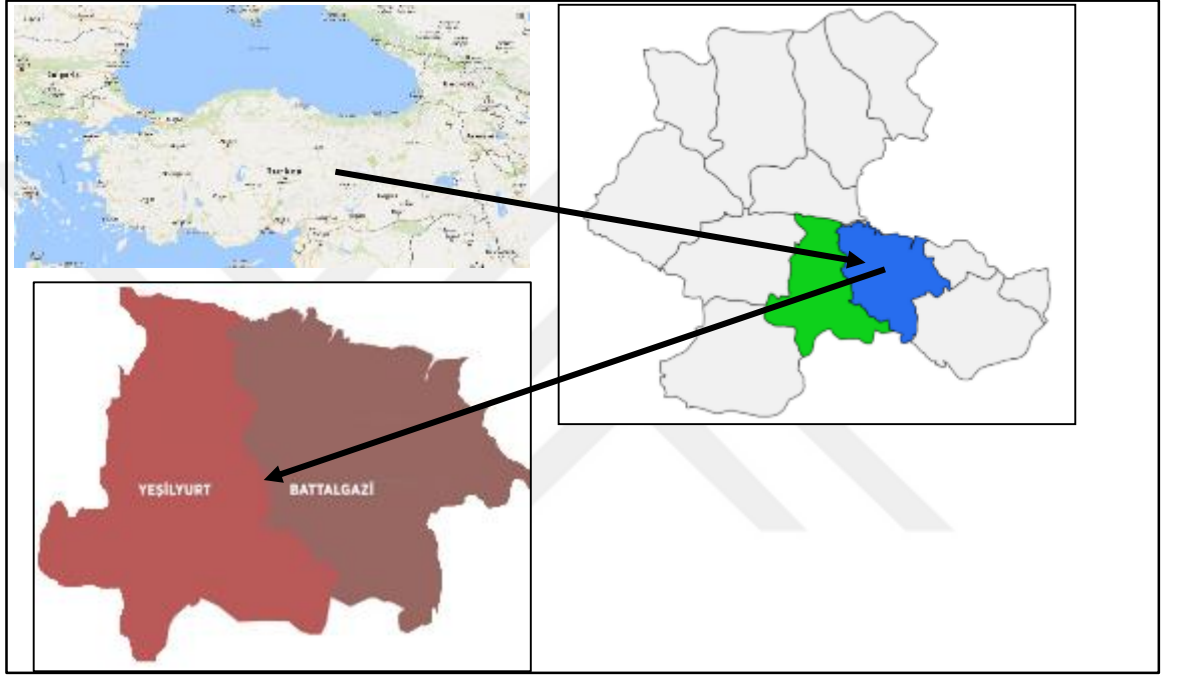
Çizelge 4.1 Yıllık ortalama Yağış Değerleri(MGM)

| Meteorolojik<br>Elemanlar | Rasat<br>Süresi<br>(Yıl) | Aylar |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |        |
|---------------------------|--------------------------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|--------|
|                           |                          | I     | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Yıllık |
| Toplam Yağış<br>Ort. (mm) | 35                       | 35.7  | 37.8 | 50.9 | 55.3 | 47.5 | 18.3 | 2.5 | 1.1  | 6.4  | 39.4 | 42.3 | 39   | 376.2  |
| Maksimum<br>Yağış (mm)    | 35                       | 31.3  | 43.8 | 36.7 | 38.7 | 42.7 | 43.4 | 12  | 10.6 | 23.7 | 46.6 | 48.2 | 29.5 | -      |

Kentsel alanlarda drenaj sistemlerindeki arızaların değerlendirilmesinde uygulama alanı olarak seçilen Malatya ili 2014 yerel seçimlerinde Büyükşehir statüsüne kavuşmuştur. Büyükşehir ile birlikte şehirde içme suyu iletimi, atıksu ve yağmursuyun uzaklaştırılması hizmetleri Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (MASKİ) tarafından yürütülmektedir. MASKİ tarafından işletilen mevcut drenaj sistemleri ve şehrin merkezinden geçen kuru ya da aktif dereler zaman zaman arıza meydana getirmekte ve su baskınlarına sebep olmaktadır.

Çalışma kapsamında Malatya ili şehir merkezinde yer alan bölgeler (Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçeler) uygulama alanına dahil edilmiş olup ilçeler kapsam dışında tutulmuştur.

Çalışma alanının genel görünümü Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğünün kent merkezinde; 184 mahallede yaklaşık 118 km drenaj ağı bulunmakta ve yeni drenaj hattı çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 4.1. Uygulama Alanı

Uygulama alanı olarak seçilen Malatya merkez ilçeleri Battalgazi ve Yeşilyurt ilçelerinde geçmişten günümüze birçok taşkın olaylarının yaşandığı belli başlı dört tane dere yatağı bulunmaktadır. Şekil 4.2’de gösterilen İnderesi 1-2, Hasan Mandallı, Horata ve Sel Yarığı dereleri mansabında bulunan yerleşim yerleri ve tarım alanlarını tehdit etmektedir. Zaman zaman ani yağışlardan dolayı su baskınları olmakta dere kesitlerinin yetmemesi veya mansap şartları ortadan kaldırıldığı için ciddi zararlar oluşturmaktadır.

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 bulunduğu bu dere kentin prestijli yerleşim yerlerinin arasından geçmekte ve taşkınlara neden olmaktadır. Horata Deresi menba kısmında bulunan yerleşim yerlerinin kanalizasyon deşarj noktaları olarak kullandığı bir deredir.



Şekil 4.2. Uygulama Alanındaki Dereler

## 5. KENTSEL ALANLARDA TAŞKIN RİSKİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER

Tez çalışmasının bu bölümünde elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler tezin çıktısı olarak, Bursa’da 22 - 24 Mart 2018 tarihleri arasında düzenlenen “*Uluslararası Su ve Çevre Kongresi SUÇEV*” kapsamında Sözlü Sunulmuş ve Kılıç vd. (2018) tarafından tam metin bildiri olarak bildiriler kitabında yayınlanmıştır.

Bu nedenle bu bölüm kapsamında verilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler tam metin bildiri düzenlenerek oluşturulmuştur.

Kentsel alanlarda taşkın riski, çeşitli sebeplere bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu faktörler incelendiğinde, doğal faktörlerin yanı sıra insan müdahalesi ve yapım kusurları da drenaj sistemlerinde taşkına sebep olabilmektedir. Özellikle kentsel alanlarda membadan şehir merkezine uzanan doğal dere yataklarında yanlış imar uygulamaları sonucu mansap koşulları bozulmaktadır. Diğer taraftan yağmursuyu drenaj hatlarında gerek yol yüzeyindeki elemanlarda gerekse boru inşaatı sırasında yapılan kusurlar yağış sırasında geri tepmelere, tıkanmalara, yollarda su birikintilerinin oluşmasına ve su baskınlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada Malatya ili örneğinde, kentsel alanlarda drenaj sistemlerinde taşkın riskine sebep olabilecek faktörler ve ortaya çıkan sonuçlar tartışılmıştır. Bunun için, doğal yapısı ve mansap koşulları bozulmuş derelerde, taşkına sebep olabilecek faktörler incelenmiştir. Ayrıca, kentsel alanlarda yağmursuyu drenaj sistemlerinde taşkın riskine sebep olan yapısal, hidrolik ve çevresel faktörler incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu sistemlerde geçmişte gözlenmiş olaylar örneklendirilmiş, sebep-sonuçları değerlendirilmiştir.

Şehir taşkınları olarak ifade edebileceğimiz taşkınlar, çoğu durumda doğal koşulların insan müdahalesiyle bozulmasına bağlı olarak meydana gelmektedir. Bu tür olayların yaşanmaması, vatandaşların bu tür olaylardan en az zarar görmesi için, bu olaylar üzerinde etkili olan faktörlerin incelenmesi önemlidir. Literatürde özellikle kentsel drenaj sistemlerinden ve şehir merkezlerinden geçen doğal dere veya kanallardan kaynaklanan taşkınların değerlendirilmesi, sebeplerinin incelenmesi ve önlenmesi kapsamında çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Zhu vd., 2009; Caradot vd., 2011; Benzera vd., 2012; Ebrahimian vd., 2014; Hlodversdottir vd., 2015).

### 5.1. Doğal Dere ve Kanallarda Taşkına Sebep Olan Faktörler

Dünya genelinde küresel ısınmadan dolayı iklim değişikliği olması nedeniyle, ülkemiz de etkilenmiş, yağış rejiminde meydana gelen değişiklikler nedeniyle ve sağanak yağışların olması durumunda meydana gelen sellerden can ve mal kayıpları olmaması, sosyal ve ekonomik hayatın kesintiye uğramaması ve gerekli önlemlerin alınması için illerde çeşitli koordinasyon birimleri oluşturulması uygun görülmüştür. Malatya kent merkezinde geçmişte ve günümüzde tehlike arz eden ve zaman zaman taşkınların yaşandığı belli başlı kanallar ve dereler mevcuttur. Bu kanalların birçoğu, imar çalışmaları ve kentleşme çalışmalarında dikkate alınmadığı ve ilgili kurum kuruluşların görüşleri dikkate alınmadığından dolayı şimdilerde riskli bölgeler olarak anılmaya başlanmıştır (DSİ, 2014; MASKİ, 2016). Malatya İlinin yerleşim alanı Beydağı'nın Güney yamacında bulunması nedeniyle dere yataklarının deşarj istikametleri yerleşim alanlarının içinden geçmektedir. Birçok yerleşim alanında dere yatakları işgal edilmiş, inşaat yapılmıştır. Söz konusu derelerden Hasan Mandallı (Beydağı Mah.), Selyarığı (Tecde), İnderesi (Çöşnük Mah.) dereleri yerleşim alanları için tehlike arz etmektedir (Şekil 5.1).

Çöşnük mahallesi sınırları dâhilinde bulunan İnderesi 1-2 dereleri, Malatya şehir merkezinin Güneyinde yer almakta ve Beydağı eteklerindeki havzadan yağış sularını toplamaktadır. Geçmişte yapılan imar uygulamaları sonucundan bu derenin mansap koşulları bozulmuş ve mansap kesimi tamamen yerleşime açılmıştır. Bu nedenle özellikle şiddetli yağışlar sonucunda havzada toplanan sular bu dere vasıtasıyla yapılaşmanın olduğu bölgelere iletilmekte ve risk oluşturmaktadır. Bu derenin mansabı tamamen yerleşim yeri olduğundan dolayı burada taşkın ıslah çalışması yapılması mümkün değildir.



Şekil 5.1. Malatya şehir merkezi için risk oluşturan dere ve kanallar



Şekil 5.2. İnderesi mansap koşulu genel görünümü

Hasan mandallı Deresi, il merkezinin güneyinden gelmekte merkeze bağlı bulunan Beydağı, Cemal Gürsel ve Başharık mahallerini direkt etkilemektedir (Şekil 5.3). Farklı dönemlerde DSİ tarafından bu dere üzerinde gerekli etüt çalışmaları yapılmış fakat dere yatağındaki işgal ve yapılardan dolayı mansap koşulu ortadan kalkmıştır. Şiddetli yağışlar sonucunda havzadan gelen sular bu derenin mansabında yer alan yapılaşma bölgeleri için önemli riskler ortaya koymaktadır. Bu dere için 500 yıllık tekerrür periyodu için debi değeri  $21.39 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3. Hasan Mandallı deresi mansap koşulu genel görünümü



Şekil 5.3. Hasan Mandallı deresi mansap koşulu genel görünümü (devam)

Söz konusu kuru derede kar erimeleri ve ani yağışların etkisi ile taşkınlar görülmektedir. Çalışma alanında drenaj şebekesinin olmaması, havza alanında bitki örtüsünün olmaması, eğimin çok fazla olması ve taşkın debisinin yüksek olması ani su basmalarına sebep olmaktadır. Tesise yapılan müdahaleler sonucunda dere kesiti daralmış dökülen moloz ve çöp yığınlarından dolayı taşkınlar yerleşim yerlerine zarar vermektedir. Hasan Mandallı Deresinin (Karagöz) Beydağı, Cemal Gürsel ve Başharık Mahallesinde geçen güzergâhında yapılan müdahaleler (yol genişletmesi ve inşaat yapılması) nedeniyle dere yatağı tamamen kapatılmıştır. Taşkın yatağında mansaba doğru gidildikçe kesit daralmakta hatta deşarj noktası olmadığından su baskınları olmaktadır. Şekil 5.3'te Karagöz Deresinin memba kısmı olan toki bölgesinden gelen taşkın suları görülmektedir. İmara uygun olmayan kentleşme, dere yataklarında yapılaşmalardan dolayı taşkın suları mevcut imar yollarından yerleşim yerlerine mansaplanmaktadır. Ayrıca, söz konusu derenin deşarj noktası olmadığından mevcut drenaj hattının ve yağmursuyu mazgallarının yetersiz olması, taşkın riskini arttırmaktadır. Söz konusu derenin en alt noktasındaki karayolu, eğimin azaldığı ve taşkın su derinliğinin arttığı bir noktada yer almaktadır. Taşkın suları son olarak bu noktadan itibaren toplanmaya başlamakta, mevcutta bulunan sulama kanalı Karagöz deresini dik olarak kesmekte ve kesiti yetersiz kalmaktadır. Mevcut sulama kanalına bir deşarj yapısı bulunmadığından sel suları üst geçitlerden yerleşim yerlerine yayılmaktadır. Vatandaş marifetiyle taşkın suları yönlendirilse de taşkın zararları önlenememektedir.

Tecde Mahallesi Sel yarığı Deresi, Malatya Merkeze bağlı Tecde ve Şentepe mahallelerini taşkın yönünden etkileyen Sel Yarığı deresinde hali hazır durum diğer iki dere örneğinde olduğu gibi, mansap koşulları bozulmuş, yanlış imar uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sahada yapılan inceleme ve etüt çalışmalarından dere yatağındaki kesit daraltılmaları ve daha da önemlisi mansap koşulu işgallerden dolayı ortadan kaldırıldığından dolayı taşkın ıslah çalışması yapılamamaktadır.

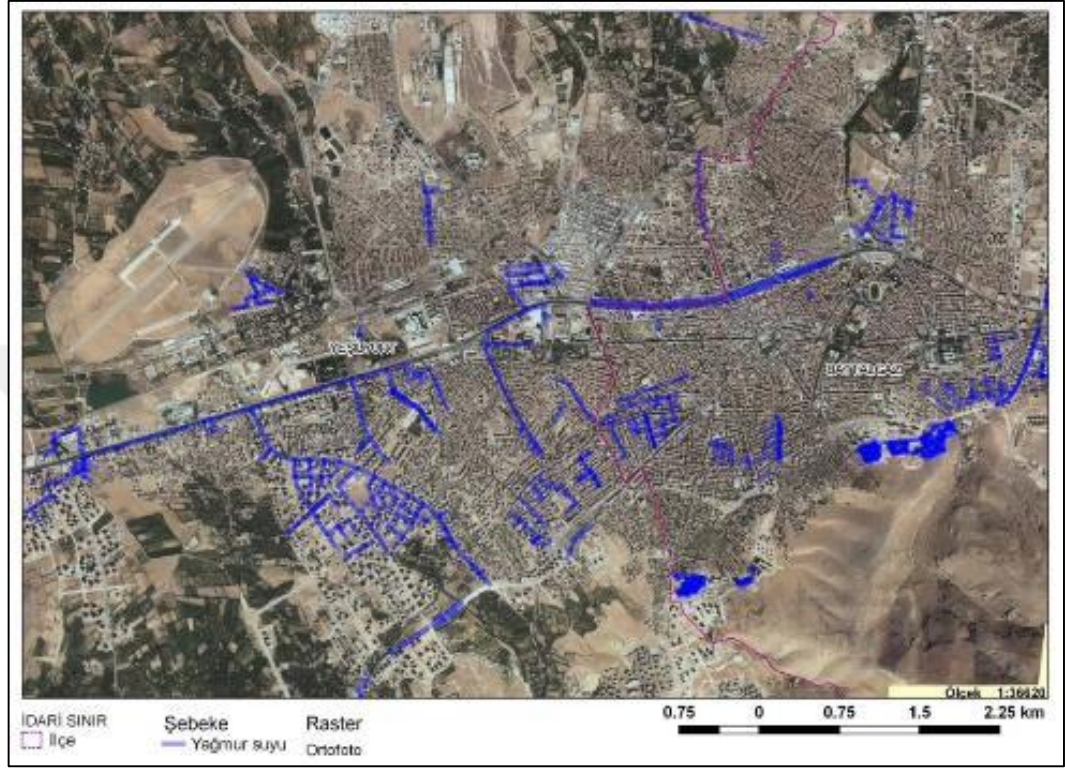


Şekil 5.4. Tecde Sel yarığı mansap koşulu genel görünümü

Horata Deresi, Merkez Çilesiz ve Karakavak mahallelerini taşkın yönünden etkileyebilecek olan Horata çayının bir bölümü önceki yıllarda pere kaplamalı trapez kanal olarak ıslah edilmiştir. 2011 yılında 2200 m taş duvar yapılmış ve 2012 yılında 1630 m lik kısmının inşaatı yapılmıştır.

## 5.2. Yağmursuyu Drenaj Hatlarında Taşkına Sebep Olan Faktörler

Uygulama alanında drenaj hatlarının genel yapısı hakkında detaylı bilgi sahibi olmak ve değerlendirme yapabilmek için mevcutta hizmet veren yağmursuyu ve birleşik sistem hatlarının genel görünümü Şekil 5.5'te gösterilmektedir.

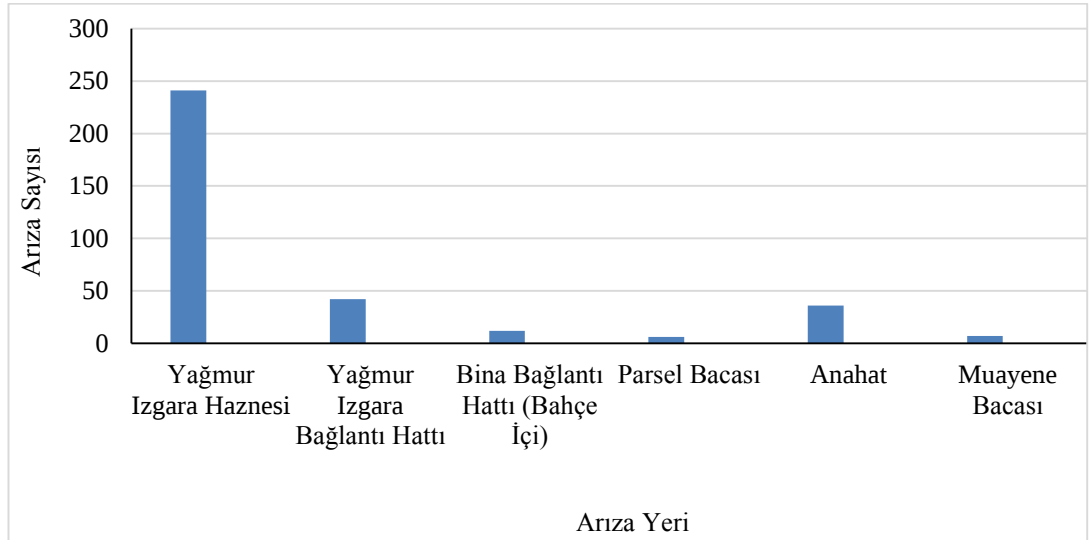
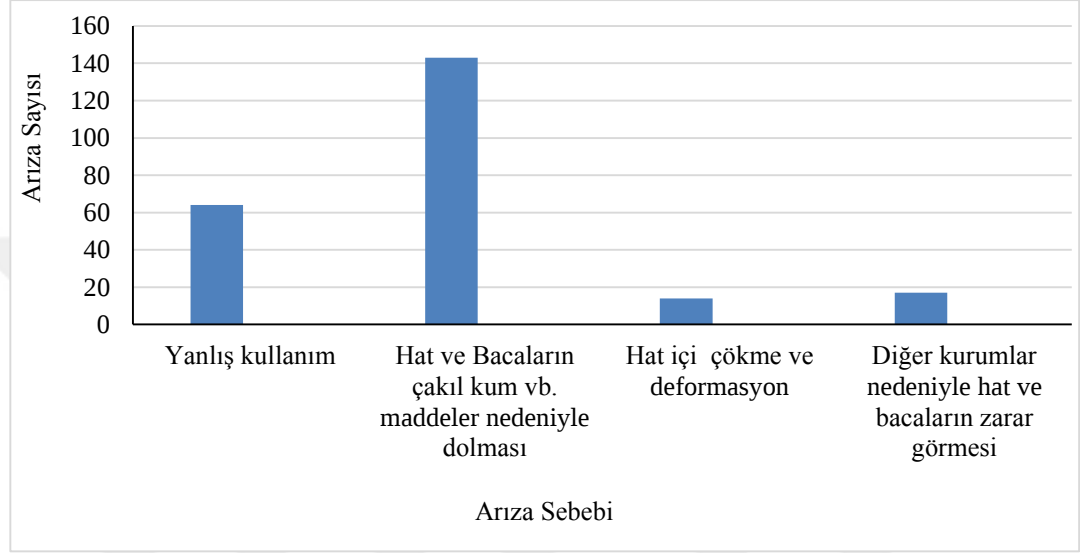


Şekil 5.5. Uygulama alanında yer alan drenaj hatları

Malatya kent merkezinde yağmursuyu hattı olarak; birleşik sistem ve ayrık sistem olmak üzere iki tür drenaj ağı mevcuttur. Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü sorumluluk alanında Battalgazi ve Yeşilyurt ilçelerinde; 118 km drenaj şebekesi bulunmaktadır. Kent merkezinde taşkın riski oluşturabilecek açık kanal ve derelerin yanı sıra şehrin mevcut drenaj ağı da ciddi taşkınlara sebep olabilmektedir. Çalışma alanında yer alan İnönü Mahallesi Kömür Tevzi mevki drenaj şebekesi taşıyıcı hatlarının geçtiği bir bölgedir. Özellikle yağışlı mevsimlerde drenaj ağındaki kapasite aşılmakta ve bu bölgede su yükselmeleri meydana gelerek cadde, sokak hatta bodrum katlarda su basmalarına sebep olmaktadır.

Söz konusu bölgede lokal çalışmalar yapılırsa da mevcut yağmursuyu hattının yetersiz olması, mazgal temizliği yapılmaması sebebiyle yoğun yağışlarda drenaj sıkıntıları devam etmektedir. MASKİ arıza kayıtlarına göre arızaya sebep olan

faktörler irdelenmiş ve grafik oluşturulmuştur (Şekil 5.6). Arıza verilerine arızalar genellikle hat ve bacaların katı madde ile dolmasından kaynaklanmaktadır. Birçok drenaj şebekesinin ömrünü tamamlamış olması ve işçiliği kötü olması diğer bir arıza sebebi olarak gösterilebilir. Diğer kurumların verdiği zararlar ve yanlış kullanımda arızaya sebep olan faktörler arasındadır.



Şekil 5.6. Yağmursuyu drenaj hattı arıza bilgileri

MASKİ arıza verilerinden oluşturulan diğer bir grafikte (Şekil 5.6.) arızanın meydana geldiği şebeke elemanları sınıflandırılmış, Arızanın genel olarak mazgal ve haznelerde meydana geldiği görülmüştür. Drenaj ağındaki birçok boru hattına katı

madde girişi ve kanalizasyon bağlantılarının bulunması yağış olmayan dönemde de arızaların meydana gelmesine sebep olmaktadır.

Malatya kent merkezinde meydana gelen taşkınlar çoğu zaman şehirselleşme ve doğal akım yönleri ihmal edildiği için oluşmaktadır. Kazı, dolgu, köprü, yol, bina vb. yapılar ile doğal dereler kapatılmış veya kesitleri daraltılmış, drenaj hatlarındaki su basmaları incelendiğinde, yanlış kullanım ve kesitin kum vb. maddeler ile dolması sonucu oluştuğu gözlenmiş, taşkın tesisi bulunmadığı için veya dere yatakları kapatıldığı için sel suları cadde ve sokaklarda akışa geçmektedir. Bu çalışmanın devamında Malatya ili özelinde, taşkın riski olan bölgelerin analiz edilmesi, risk haritasının oluşturulması, koruma önlemlerinin planlanması hedeflenmektedir. Yukarıda verilen dere örneklerinden de anlaşılacağı üzere şehir merkezinden geçen dere ve kanalların taşkın riski oluşturmada temel faktörlerin benzer olduğu görülmektedir.

Malatya ili örneğinde yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda temel olarak aşağıda verilen faktörlerin ön plana çıkmıştır;

- Şehir merkezinden geçen ve memba kesimindeki havzalardan yağış sularını toplayan dere ve kanalların mansap koşullarının bozulması,
- Bu dere ve kanalların mansap kesiminde yanlış imar uygulamaları sonucunda mansabın ortadan kaldırılması,
- Bu dere ve kanalların kesitlerinin köprü vb. uygulamalar ile daraltılması,
- Bu dere ve kanallarda taşkın debileri için ıslah çalışmalarının yapılmaması ve/veya yapılamaması
- Dere ve kanallarda yapılan yanlış ıslah çalışmaları sonucunda kapasitesinin azaltılması ve kesitin daraltılması
- Drenaj ağındaki birçok boru hattına katı madde girişi ve kanalizasyon bağlantılarının bulunması yağış olmayan dönemde de arızaların meydana gelmesine sebep olmaktadır.
- Birçok drenaj şebekesinin ömrünü tamamlamış olması ve işçiliği kötü olması diğer bir arıza sebebi olarak gösterilebilir.

## 6. YÖNTEM

### 6. 1. Inforworks ICM Taşkın Analizi Matematiksel Yapısı

Bu tez çalışması kapsamında uygulama alanında pilot dere için yapılan taşkın simülasyon analizi için Infoworks ICM yazılımından faydalanılmıştır. Bu nedenle tezin bu bölümünde yazılımda analiz için kullanılan temel denklemler anlatılmıştır.

Bu bölümde ilk önce 1D akım problemin temel matematiksel denklemleri ve daha sonra çalışmada uygulanan 2D akım denklemleri verilmiştir. Infoworks ICM programının kullandığı Saint Venant denklemlerine ulaşmak için Preissman 4- şema yaklaşımı kullanılmaktadır (Preissman, 1961). Bu yaklaşımda x doğrultusu ve zaman boyutunu içeren (x,t) uzayında bir hücrenin dört köşesi üzerindeki ağırlıklı ortalamalar fonksiyon ve türevlerde yerine yazılarak elde edilir.

$$f = \frac{\theta}{2} (f_{i+1}^{n+1} + f_i^{n+1}) + \frac{1-\theta}{2} (f_{i+1}^n + f_i^n) \quad (6.1)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\theta}{\Delta x} (f_{i+1}^{n+1} - f_i^{n+1}) + \frac{1-\theta}{\Delta x} (f_{i+1}^n - f_i^n) \quad (6.2)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} (f_{i+1}^{n+1} - f_i^{n+1} - f_{i+1}^n - f_i^n) \quad (6.3)$$

Önerilen şemanın tam yapısı zaman adımındaki her hangi bir kısıtlamayı ortadan kaldırmaktadır (Courant vd., 1928). Uygulamada zaman değişimine göre yapılan simülasyonlarda  $\theta$  değeri 0.65 olarak alınmaktadır. Herhangi bir hat için denklem sistemi sınır koşullarının tanımlanması ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$f(Q_i, y_i, Y_I) = 0 \quad (6.4)$$

Bu denklemde,  $Q_i$ ; taşkın debisi,  $y_i$ ; su seviyesini ifade etmektedir. Kapalı sistem drenaj hatlarında yük kayıplarının eklenmesi önemli olmakla birlikte serbest

yüzeyli akışlarda kritik değer olduğu vurgulanmaktadır. Sonuç olarak herhangi bir hat güzergahında bir düğüm noktasında süreklilik denkleminin sağlanması ile aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Q_i + \sum B_j Q_j = A_i \frac{dY_i}{dt} \quad (6.5)$$

Taşkın simülasyon analizlerinde 2 boyutlu (2D) akımın matematiksel yapısını ifade etmek için Navier-Stokes denklemlerinin derinlik-ortalama versiyonunu tanımlayan sığ su denklemleri esas alınmakta ve Infoworks ICM yazılımı buna göre analiz ve değerlendirme yapmaktadır (Alcrudo ve Mulet-Marti, 2005). Sığ su denklemlerinin uygulanmasında, akışının ağırlıklı olarak yatayda olduğu, dikey koordinattaki hız değişiminin ihmal edilebileceği varsayılmaktadır. Bu denklemlerin Infoworks ICM’de kullanım şekli aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Bu denklemler kütle ve momentumun korunumu denklemlerinin temel esaslarını temsil etmektedir.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (6.6)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \quad (6.7)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \quad (6.8)$$

Bu denklemlerde,  $h$ ; su derinliği,  $u$  ve  $v$ ; sırasıyla  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki hız,  $S_{0,x}$  ve  $S_{0,y}$ , sırasıyla  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki taban eğimleri,  $S_{f,x}$  ve  $S_{f,y}$ , sırasıyla  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki sürtünme kayıpları,  $q_{1D}$ , birim alandaki debi,  $u_{1D}$  ve  $v_{1D}$ , sırasıyla  $x$  ve  $y$  doğrultusundaki  $q_{1D}$  debisinin hız bileşenleri olarak ifade edilebilir.

Bu denklemler, akıştaki düzensizlikleri, kademeli ve ani değişen akım arasındaki farklılıkların ifade edilmesi ve ortaya konulmasına imkan sağlamaktadır. Infoworks ICM’de sürtünme tesirlerini dikkate almada Manning sürtünme parametresi esas alınmakta ve buna göre modelleme yapılmaktadır. Sığ su denklemleri, birinci dereceden sonlu hacim açık şeması kullanılarak elde edilir. Infoworks ICM ile yukarıda verilen temel denklemler esas alınarak yapılan taşkın simülasyonunda bazı parametrelerin düzenlenmesi ve belirlenmesi mümkün olmaktadır.

## **6.2. Taşkın Hidrografi Hesabı için Sentetik Birim Hidrograf**

Uygulama alanında yer alan Horata deresi yağışlı dönemlerde çalışmakta olup yılın önemli bir kısmında taban akışı gözlenmemektedir. Ayrıca dere üzerinde herhangi bir gözlem istasyonu olmadığından geçmiş dönemde gözlenmiş veriye rastlanılmamıştır. Gözlem değeri olmayan havzalarda ve derelerde hidrograf analizi ile birim hidrograf ve havza parametreleri elde edilmesi mümkün olmadığından bu durumdaki havzalarda havza büyüklüklerine, biçim ve eğimine bağlı olarak birim hidrografi elde etmek için sentetik birim hidrograf yöntemleri uygulanmaktadır. Bu nedenle bu dere için DSİ tarafından kullanılan yöntem yardımıyla drenaj alanı ve yağış karakteristiği dikkate alınarak taşkın debisi elde edilmiştir.

DSİ uygulamalarında havza büyüklüğü ve havzanın toplanma zamanına bağlı olarak kullanılan yöntem, yağış havzasından, 2 saat süreli, sabit şiddetli bir sağanağın, 1 mm akış ürettiğinde getireceği taşkın debisinin hidrografına Sentetik Birim Hidrograf denir (DSİ, 2018). Yağış alanı 1000 km<sup>2</sup>'ye kadar olan yağış havzalarında kullanılmakta olup pike ulaşma süresi (Tp) 2.0 saatin altında olduğu durumlarda sağlıklı sonuçlar vermemektedir.

Bir sağanak yağışın hidrografından birim hidrografın elde edilemediği durumlarda kullanılan büyüklükler ve parametreler (DSİ, 2018);

$$S = ((\frac{10}{E})/(\frac{1}{S^{0.5}}))^{0.5} \quad (6.9)$$

$$E = (L * L_c)/(S^{0.5}) \quad (6.10)$$

$$q_p = 414/(A^{0.225} * E^{0.16}) \quad (6.11)$$

$$T_p = 202.78/q_p \quad (6.12)$$

$$Q_p = A * q_p * 10 * E \quad (6.13)$$

Havzanın elde edilen birim hidrografıyla artım akışlar çarpılarak hidrografın süperpozesi ile yağış havzasının taşkın hidrografi elde edilir. Bu denklemlerde; A; yağış alanı (km<sup>2</sup>), L; yağış havzasının en uzun akarsu kolunun uzunluğu (m), L<sub>c</sub>; yağış havzanın ağırlık merkezinin, akarsu üzerindeki izdüşüm noktası ile havza çıkış noktası arasındaki akarsu uzunluğu (m), S; en uzun akarsu boyunun harmonik eğimi, T<sub>p</sub>; Birim hidrografın yükselme zamanı (saat), Q<sub>p</sub>; birim hidrograf taşkın piki (m<sup>3</sup>/s/mm) şeklinde ifade edilebilir.

Çalışma alanında Horata deresinin yaklaşık üçte ikilik kısmından fazlası taş tahkimat yapılmış olup geri kalan kısmı doğal dere yatağı (toprak tabaka) şeklindedir (Şekil 6.1). Hesaplamalarda Manning pürüzlülük katsayısı için ortalama bir değer Çizelge 6.1’de verilen ölçütler esas alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Kanalin içerdiği malzeme toprak kaya sınıflarının ara değeri dikkate alınmış, düzensizlik derecesi olarak ise kanal kesitleri birçok yerde aynı olduğu için (kanal kesit ve ıslak çevre kanal boyunca çok değişmiyor) pürüzsüz ve önemsiz sınıflarının ara değeri kabul edilmiştir.

Ayrıca, benzer sebepten dolayı kanal yarıçapındaki değişimler aşamalı ve ara sıra değişen sınıfların ara değeri dikkate alınmıştır. Kanal boyunca kanal içinde bitki örtüsü ihmal edilecek az kesitlerde olduğu için düşük sınıf alınmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda pürüzlülük katsayısı ortalama olarak 0.035 şeklinde tanımlanmıştır.



Şekil 6.1. Horata Deresi taş uygulaması ile kaplanması

Çizelge 6.1. Pürüzlülük katsayısı sınır değerleri (Bulu ve Yılmaz, 2002)

| Kanal Koşulları                |                  | Değerler |             |
|--------------------------------|------------------|----------|-------------|
| Kanalın içerdiği malzeme       | Toprak           | n0       | 0.020       |
|                                | Kaya             |          | 0.025       |
|                                | Kum              |          | 0.024       |
|                                | Çakıl            |          | 0.028       |
| Düzensizlik derecesi           | Pürüzsüz         | n1       | 0.000       |
|                                | Önemsiz          |          | 0.005       |
|                                | Orta             |          | 0.010       |
|                                | Şiddetli         |          | 0.020       |
| Kanal yarıçapındaki değişimler | Aşamalı          | n2       | 0.000       |
|                                | Ara Sıra Değişen |          | 0.005       |
|                                | Sık Değişen      |          | 0.010-0.015 |
| Engellerin benzer etkiler      | İhmal Edilebilir | n3       | 0.000       |
|                                | Önemsiz          |          | 0.010-0.015 |
|                                | Kayda Değer      |          | 0.020-0.030 |
|                                | Şiddetli         |          | 0.040-0.060 |
| Bitki örtüsü                   | Düşük            | n4       | 0.005-0.010 |
|                                | Orta             |          | 0.010-0.025 |
|                                | Yüksek           |          | 0.025-0.050 |
|                                | Çok Yüksek       |          | 0.050-0.100 |
| Kıvrım derecesi                | Önemsiz          | m        | 1.000       |
|                                | Kayda Değer      |          | 1.150       |
|                                | Şiddetli         |          | 1.300       |

## 7. TAŞKIN RİSKİNİN BELİRLENMESİ

Yerleşim yerinden geçen doğal dere ve/veya kanallar çeşitli faktörlere bağlı olarak mansap koşullarının bozulması, ortadan kaldırılması, kapasitesinin yetersiz kalması, insan müdahalesi sonucu kesitin daraltılması, beklenen daha şiddetli ve kısa süreli sağanak yağışların meydana gelmesi vb. diğer sebeplere bağlı olarak zaman zaman taşkın üretmektedir. Özellikle yerleşim yerlerinin planlanması, imar uygulamalarının gerçekleştirilmesi çalışmaları yapılırken taşkına maruz kalacak bölgelerin belirlenmesi ve risk altında olan bölgelerin tayin edilmesi taşkın olayı sırasında ve sonrasında en az zarar meydana gelmesine katkı koyacaktır. Ancak Ülkemizde genelde şehir merkezinden geçen bu tür kanal ve/veya dereler için taşkın risk haritalarının oluşturulması ve riskli bölgelerin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmaların yetersiz olduğu bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında Malatya İlinde riskli bölgelerden olan Horata Deresi için *InfoWorks ICM* modelleme yazılımı yardımı ile simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde Lisanslı olarak kullanılmaktadır. Bu *InfoWorks ICM* yazılımı ile hidrolik ve hidrolojik veriler tek bir modele dâhil edilerek şehir ve nehir havzalarının entegrasi sağlanmış ve modelleme yapılmıştır. Risk analizi sonucu, birden fazla olayı göz önünde bulundurarak ve meydana gelme olasılığına dayanarak, su altında kalma riski olan alanların sonuçları yüzey modeli yardımı ile birleştirilmiş ve bunların zararlarının ekonomik açıdan bakıldığında meydana gelebilecek zararları tahmin edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, yazılım ile taşkın riski analizi sonucuna göre bir su altı derinliği veri tabanı üretme hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan *InfoWorks ICM*, hem kentsel hem de nehir havzalarını birleştiren ve aynı anda analiz yapan bir simülasyon programıdır. 1 boyutlu ve 2 boyutlu hidrodinamik simülasyon tekniklerinin tam entegrasyonu ile, tüm akış yollarını doğru bir şekilde temsil etmek için yer üstü yer altı havza elementleri modellenenilmekte, doğal ve insan yapımı ortamların hidroliğinin tek bir modelde birleştirilmesini sağlamaktadır (<http://www.innovyze.com>).

InfoWorks ICM tek bir birleşik hidrolojiye sahip bir ortamda mevcut olan göze çarpan özellikleri içeren tek bir model oluşturma yeteneği sunmakta, menholler, borular ve girişler gerçek hayatta olduğu gibi havzanın ve taşkın yatağının modellerini oluşturmak için doğal ve insan yapımı kanallarla birleştirilebilmektedir. Köprüler, savaklar ve pompalar gibi nesneleri modelleme ek yeteneği ile eksiksiz ve daha doğru olan modellerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Tam iki boyutlu (2D) yüzey sel modellemesi, modelin hem atık su hem de nehir bileşenlerinde kullanılabilir ve karmaşık geometriler boyunca akışların daha kesin modellenmesini sağlamaktadır ([hiip://www.innovyze.com](http://www.innovyze.com)).

Gerçek Zamanlı Kontrol, kontrol yapılarının, bir simülasyon sırasında sistemdeki koşullara otomatik olarak cevap vermek üzere doğrudan programlanmasını sağlayarak, depolama ve çalışmanın optimizasyonunu sağlamaktadır ([hiip://www.innovyze.com](http://www.innovyze.com)).

Su kalitesi ve sedimantasyon çalışmaları, hem 1D hem de 2D alanlar arasında gerçekleştirilebilir; bu sayede, kullanıcıların, hem yıkama hem de nokta kaynaklarından gelen havzaya giren kirleticilerin sonuçlarını değerlendirmesi sağlanır. 1D nehir kanallarının ve 2 boyutlu taşkın yatağının bağlanması, yan özellikler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Akış, bu iki bileşen arasında nehir boyunca herhangi bir yerde geçerek gerçek yaşam koşullarının daha doğru bir şekilde modellenmesine izin verebilir. Söz konusu simülasyon programı ile aşağıda verilen işlemlerin yapılması mümkün olmaktadır ([hiip://www.innovyze.com](http://www.innovyze.com)).

- Nehir, drenaj ve kanalizasyon master planlama çalışmaları
- Yüzey Suyu Yönetim Planları
- Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin etkili uygulanması
- Kentsel drenaj fırtına akış kontrol ve tutma tasarımı
- Mevcut taşkın sorunlarına çözüm geliştirme
- Büyüme ya da iklim değişikliklerine bağlı olarak gelecekteki ihtiyaçların değerlendirilmesi
- Karmaşık kentsel ve nehir etkileşimi altında sel ve kirlilik tahmini
- Taşkın akış planlaması ve yönetimi
- Nehir ortamlarında kanalizasyon sistemlerinden aralıklı deşarjların etkisi
- Nehirler ve su yolları için düşük akış değerlendirmeleri

- Atıksu arıtma çalışmalarının hidrolik analizi ve doğal ve yapılı ortamlarla etkileşimleri
- Sızma ve içeri akış değerlendirmeleri ve kontrolü
- Kombine / atık su önleme sistemi tasarımı ve analizi

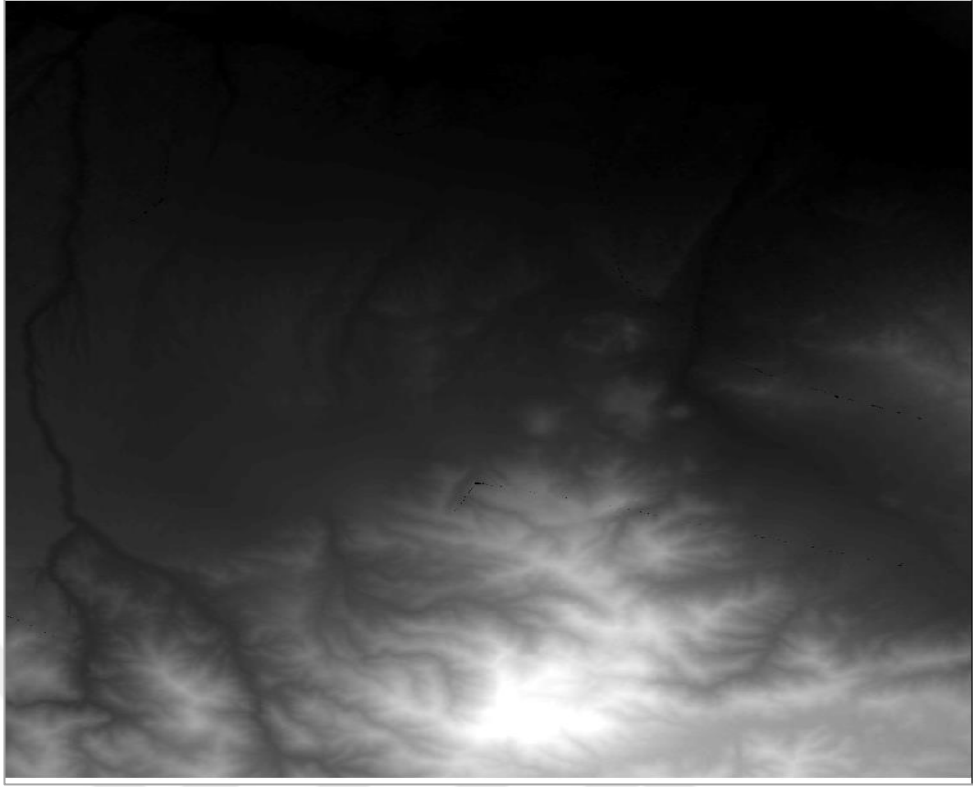
Risk temelli bir analiz uzantısı olan InfoWorks hem sel olaylarının neden olduğu zararı hem de beklenen yıllık taşkın tahribatını doğru şekilde hesaplamasını sağlamaktadır. Hesaplamalar, konut, ticari ve endüstriyel özellikler dâhil olmak üzere herhangi bir sayıda simüle edilmiş hasar alıcıları için hidrolik, hidrolojik ve ekonomik verilere dayanmaktadır. Analiz yetenekleri, InfoWorks ICM kullanıcılarına hem toplama sistemleriyle ilişkili mevcut taşkın riskinin miktarını hem de taşkın risk yönetimi ve azaltma stratejileri konusunda en etkili kararları almak için uzun vadeli bir planlama çerçevesi sağlamaktadır (<http://www.innovyze.com>). Geleneksel olarak, taşkın yönetim politikaları, politika belirleyicilerinin, toplama sistemlerini tasarlarken ve yönetirken elde edilecek uygun bir koruma seviyesine karar verdiği tasarım standardı yaklaşımına dayanmaktadır. Aksine, risk temelli taşkın yönetim politikaları, sel olaylarının sonuçlarına ve belirli bir zaman dilimindeki en iyi iyileştirme önlemlerine odaklanmaktadır (<http://www.innovyze.com>).

Güçlü risk temelli analizleri ile InfoWorks ICM kullanıcıların toplama sistemlerini doğru bir şekilde değerlendirmelerini ve daha iyi yönetmelerini sağlamak ve özellikleri sel olaylarından korumak için *InfoWorks ICM*'nin modelleme gücünü genişletir. Toplama sisteminin belirli bir yükleme seviyesini basit bir şekilde servis etmesini beklemek yerine, yeni uzantı, meydana gelme olasılığına dayanan tüm olayları doğrudan dikkate alır. Sonuç olarak beklenen yıllık hasar değeri açısından sellerin ekonomik etkisinin tahmini ve her bir reseptör için tahmin edilen taşkın tekrar periyodunu gösteren, geri dönüş periyodunda elde edilen bir su altı derinliği veri tabanıdır. Sonuçlar hem tablo hem de grafik biçiminde gösterilebilmekte, hidrolik sistem performansının ve sel olaylarının sonuçlarının kapsamlı bir görünümünü sağlamaktadır. Bu bilgiler ile mühendislerin ve paydaşların, toplama sistemlerinin tasarımını, bakımını, rehabilitasyonunu ve yönetimini geliştirecek bilinçli ve uygun maliyetli kararlar alarak selin etkisini azaltmada çok değerli olmaktadır (<http://www.innovyze.com>).

### 7.1. Verilerin Hazırlanması ve Sayısal Altlıkların Oluşturulması

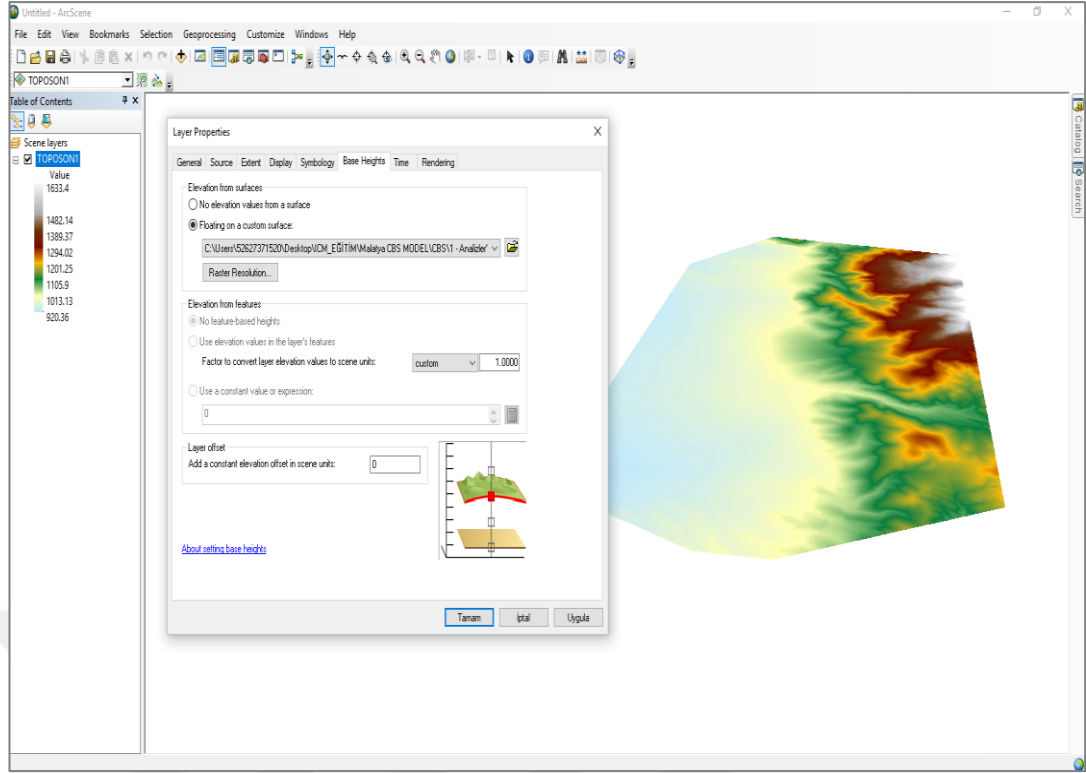
Taşkın risk haritasının oluşturulmasında en önemli aşama verilerin temin edilmesi ve gerekli altlıkların oluşturulması olarak gösterilebilir. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde uygulama alanına ait sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur (Şekil 7.1). SYM, kısaca yeryüzü topoğrafyasının çeşitli alım yöntemleri ile (fotogramaterik, yersel vb.) istenilen aralıklarda yükselti değerleri kullanılarak raster formatında oluşturulmasıdır. Zemin üzerinde oluşturulabilecek birçok işlem SYM haritaları kullanılarak oluşturulabilir. Arazinin eğimi, bakı durumu, havza vb. analizler bu veriler üzerinden gerçekleştirilir. Raster formatındaki SYM verileri üç boyutlu olarak görselleştirilebilir ve istenilen bölgenin arazi modelleri oluşturulabilir. SYM verileri genel olarak img ve tiff formatında oluşturulur. SYM haritaları başlıca kullanım alanları; arazi modeli, yer yüzeyi analizleri, eğim ve bakı Haritalarının oluşturulması, taşkın analizleri şeklinde verilebilir.

SYM oluşturulmasında temel olarak bölgeye ait saha ölçümleri ile elde edilmiş ve (x,y,z) koordinatlarını içeren sayısal eş yükselti eğrileri referans alınmıştır. Bu eş yükselti eğriler merkez olarak ifade edeceğimiz bölgelerde 1 m hassasiyete sahip olup 2017 yılında tamamlanan Malatya ili içmesuyu rehabilitasyon projesi kapsamında üretilen veri tabanından temin edilmiştir (MASKİ, 2017). Bu veriler kullanılarak ArcGIS 10.4 (İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Lisanslı olarak kullanılmaktadır) yardımıyla bölgeye ait SYM haritası elde edilmiştir (Şekil 7.1.).



Şekil 7.1. Malatya Genel SYM haritası

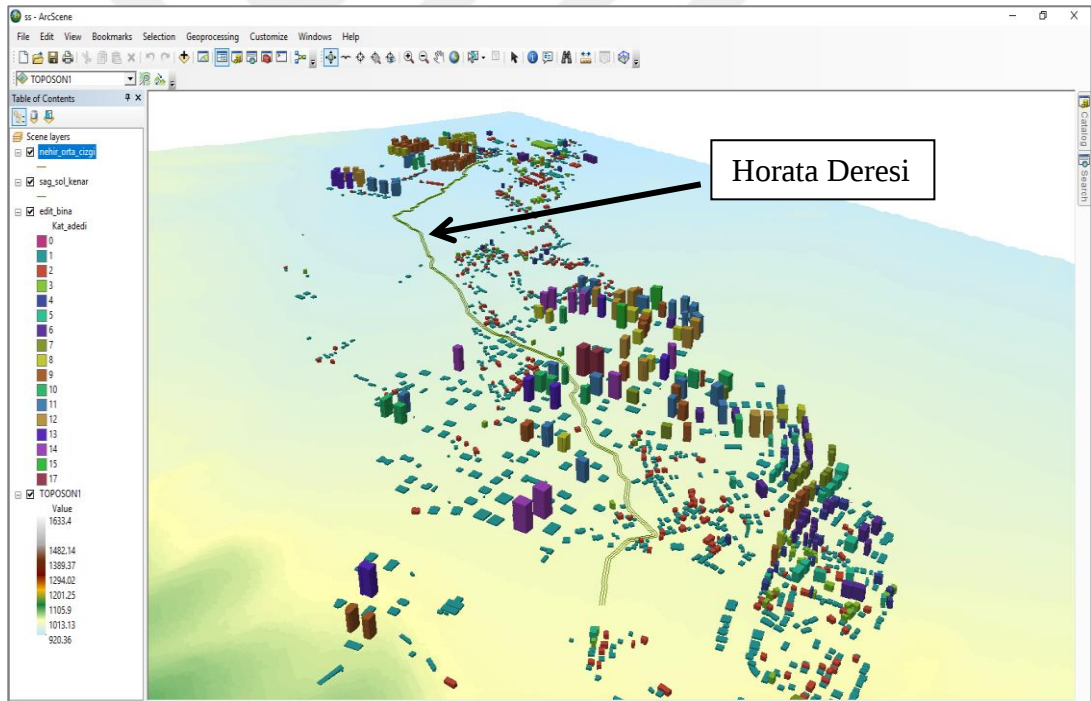
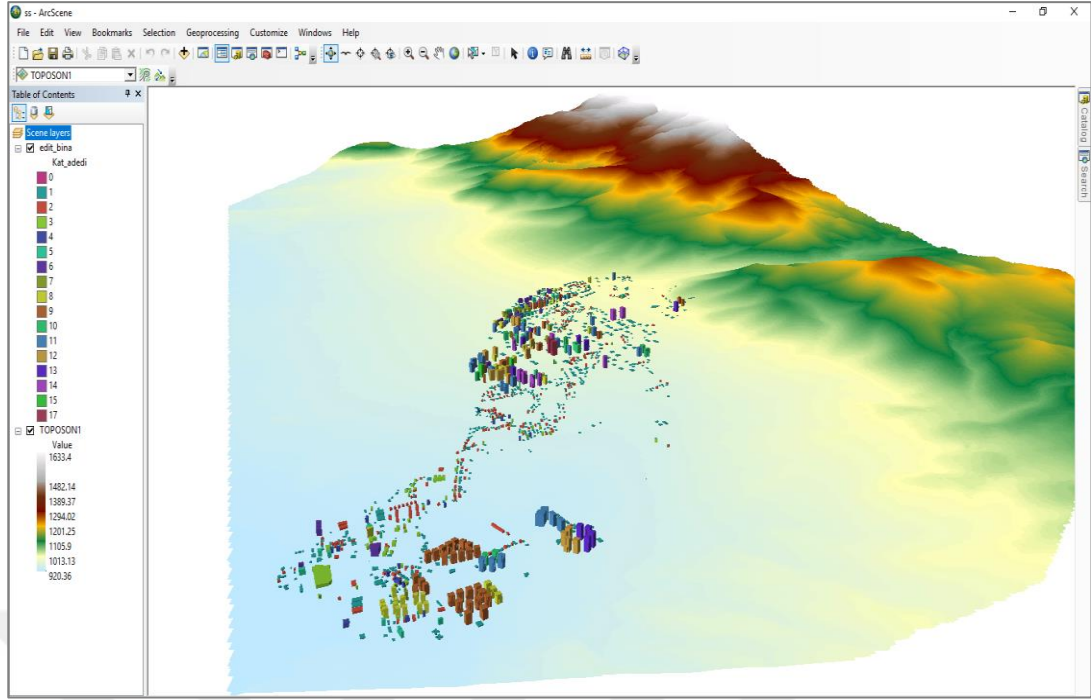
Çalışmanın temel verilerinden olan SYM üzerinden ArcGIS yazılımı içerisinde yer alan *Layer Properties* komutu ile tematik harita oluşturulmuştur. SYM verisi Malatya il merkezinin tamamını kapsadığı için sadece pilot bölge olarak seçilen kısmın yer aldığı alanın tematik haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca tematik haritalarda da görüleceği üzere yükselti durumuna göre renklendirme ve 1633- 920 m kotlarında değişen görseller elde edilmiştir (Şekil 7.2.).



Şekil 7.2. SYM verisinden tematik harita oluşturma

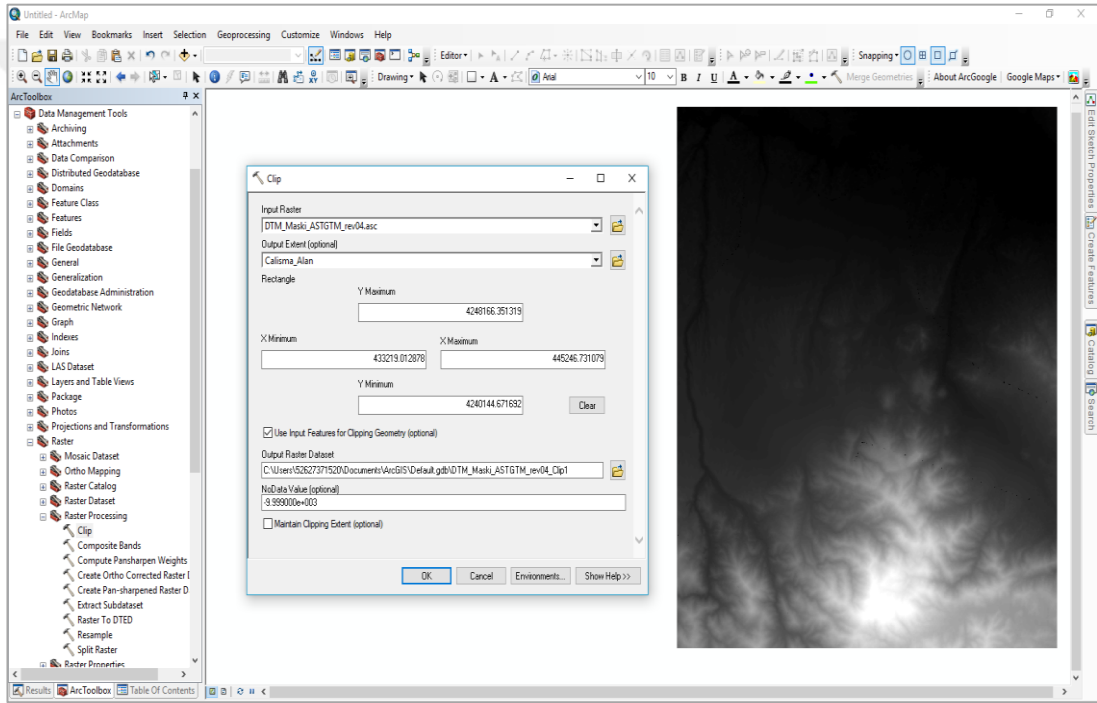
ArcGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan SYM, uygulama alanının topoğrafik değişimini, eğim bilgilerini, dere güzergâhına göre oluşan kesit değişimlerini, bina yerleşimi ve arazi kullanım durumuna göre havzada su toplanma bölgelerini içermekte ve şiddetli yağış sonucunda eğime bağlı olarak su güzergâhının belirlenmesinde referans oluşturmaktadır.

Oluşturulan tematik haritalardan sonra MASKİ Genel Müdürlüğünden temin edilen bina verileri SYM harita üzerine işlenmiştir (Şekil 7.3). Çalışmanın ileri safhalarında temel verilerden birisi olacak bina verileri yine *Layer Properties* komutu ile 0-17 kat adedine göre renk gruplarına ayrılmıştır. Bilindiği üzere dere güzergâhı boyunca (dere yatağında ya da çevresinde) yapılan yapılar yağış sırasında hem taşkın riskinin oluşmasında etkili bileşenlerden biri olup hem de taşkın sırasında risk altında olan elemanlar olarak gösterilebilir. Ayrıca, şiddetli yağış sonucu kapasite yetersizliği ve önceki bölümlerde verilen sebeplerden dolayı meydana gelen taşkın olayı sonucunda sel sularının yerleşim yerinden geçişi, güzergâhı ve toplanma bölgelerinin oluşmasında binaların varlığı yön göstermektedir. Bu nedenle şehir taşkını analizinde ve risk değerlendirilmesinde bina katmanı dikkate alınmış ve sayısal haritada gösterilmiştir.



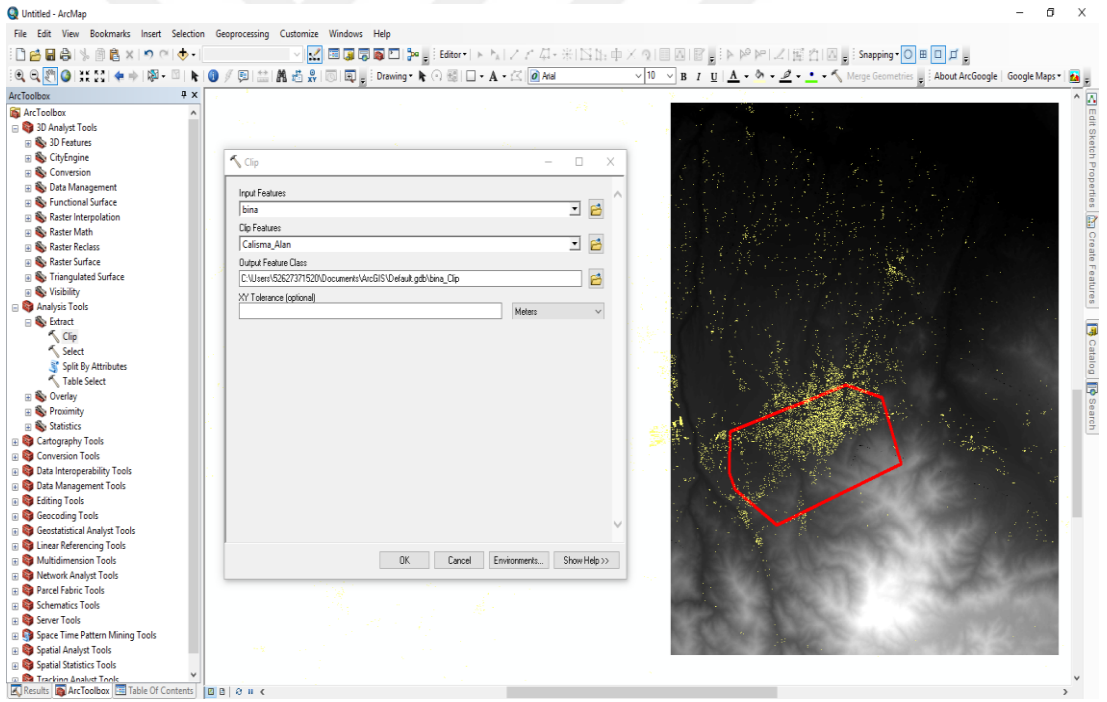
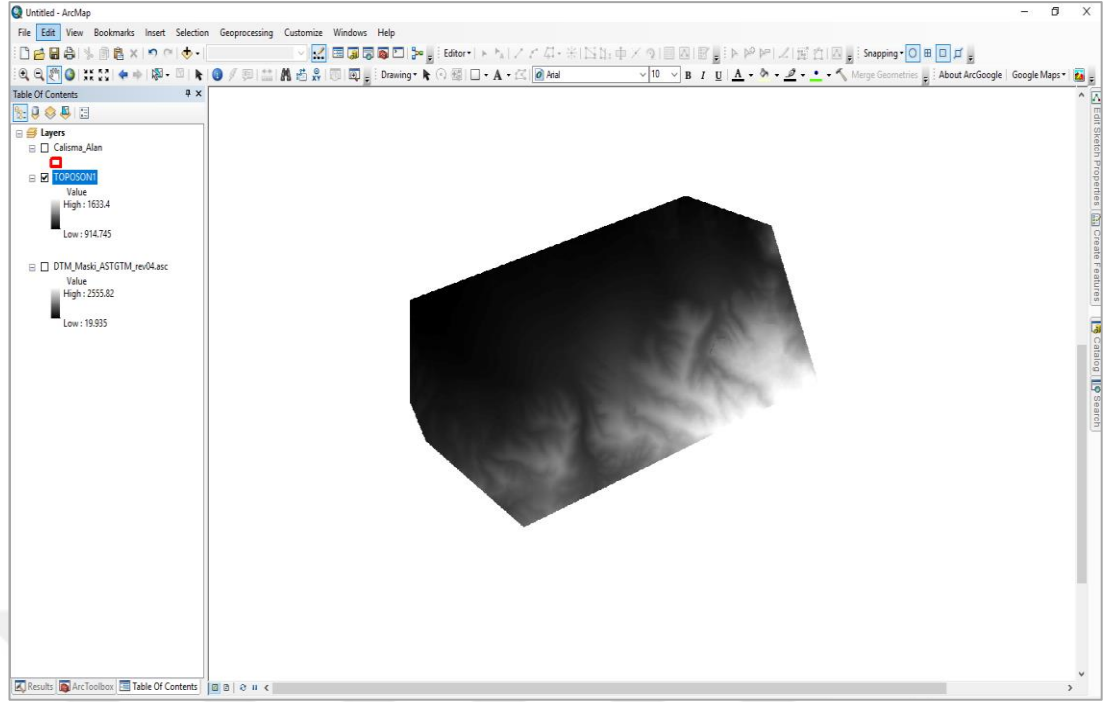
Şekil 7.3. Uygulama alanında SYM üzerine eklenen Bina katmanı

Şekil 7.1’de verilen SYM Malatya şehir merkezinin tamamını içerdiğinden dolayı oldukça büyük veri hacmine sahiptir. Bu kadar kapsamlı ve geniş alana yayılmış verinin analiz edilmesi ve risk analizinde kullanılması zaman alıcı bir süreç ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle çalışma kapsamında pilot bölge olarak seçilen Horata Deresi Malatya merkezinde yer alan ve memba kısmı il merkezinin güneyinden başlayan kuzey istikametinde devam eden mansap şartı sağlamayacak kadar sorunlu olan bir dere olarak ifade edilebilir. SYM haritasından ArcGIS programı içerisinde yer alan *Clip komutu* ile çalışma alanı kesilerek yeni bir Horata deresi ve güzergahını içeren daha küçük SYM verisi ve altlığı oluşturulmuştur (Şekil 7.4. ve Şekil 7.5.).

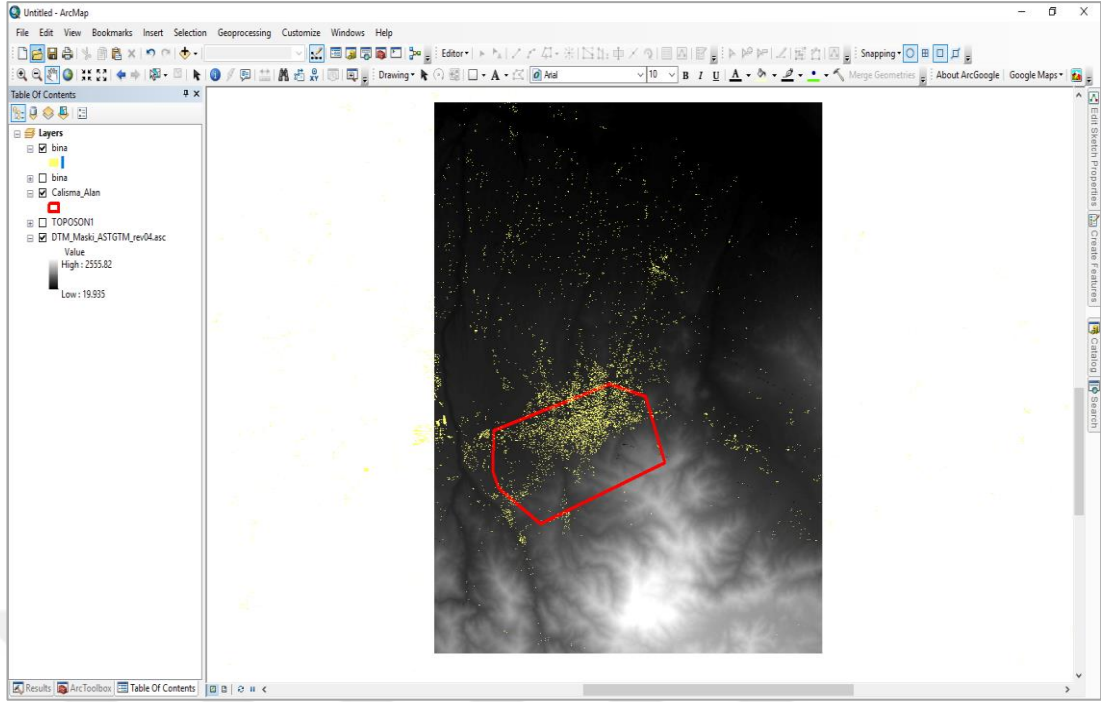


Şekil 7.4. Horata deresi bölgesi için *clip komutu* SYM oluşturma

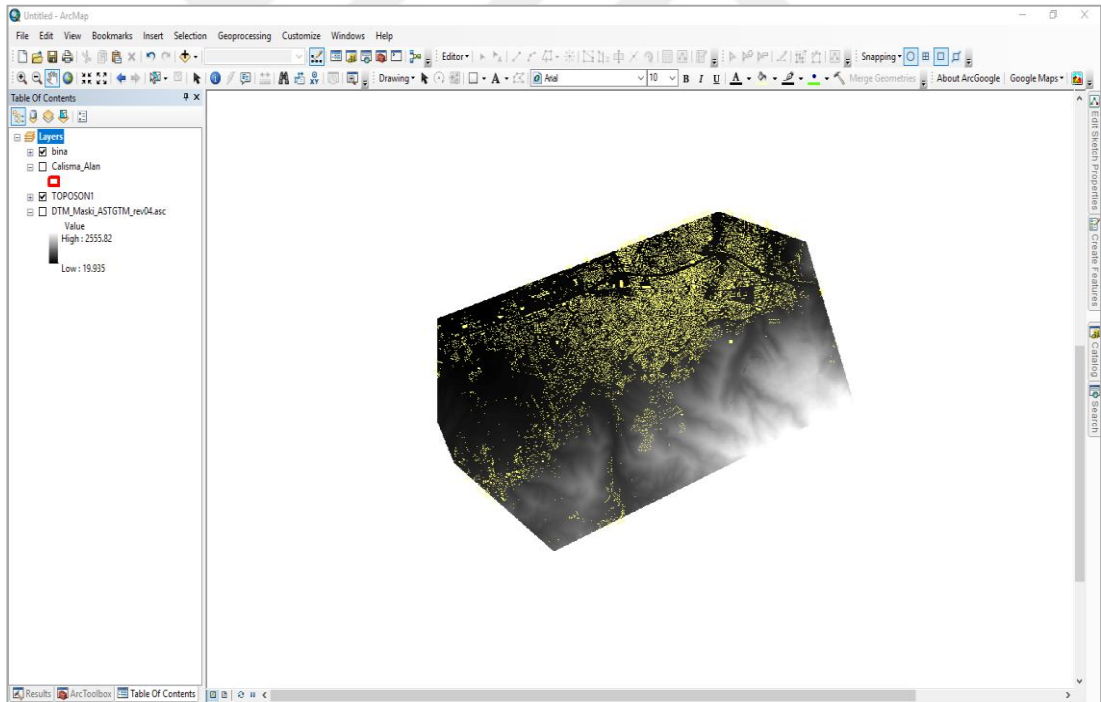
Uygulama alanında sadece pilot dere olan Horata deresi ve güzergahı için SYM haritası elde edildikten sonra bu yeni SYM haritası üzerinde sadece dere güzergahında yer alan ve potansiyel risk altında olan binaları içeren bina katmanı oluşturulmuştur (Şekil 7.6.). Bunu elde etmek için bina verileri SYM üzerinde açıldıktan sonra yine *ArcGIS Clip komutu* yardımı ile uygulama alanına ait olan binaların kalacağı biçimde kesilerek veri hazırlanmıştır (Şekil 7.7.).



Şekil 7.5. Horata deresi için oluşturulan yeni SYM haritası

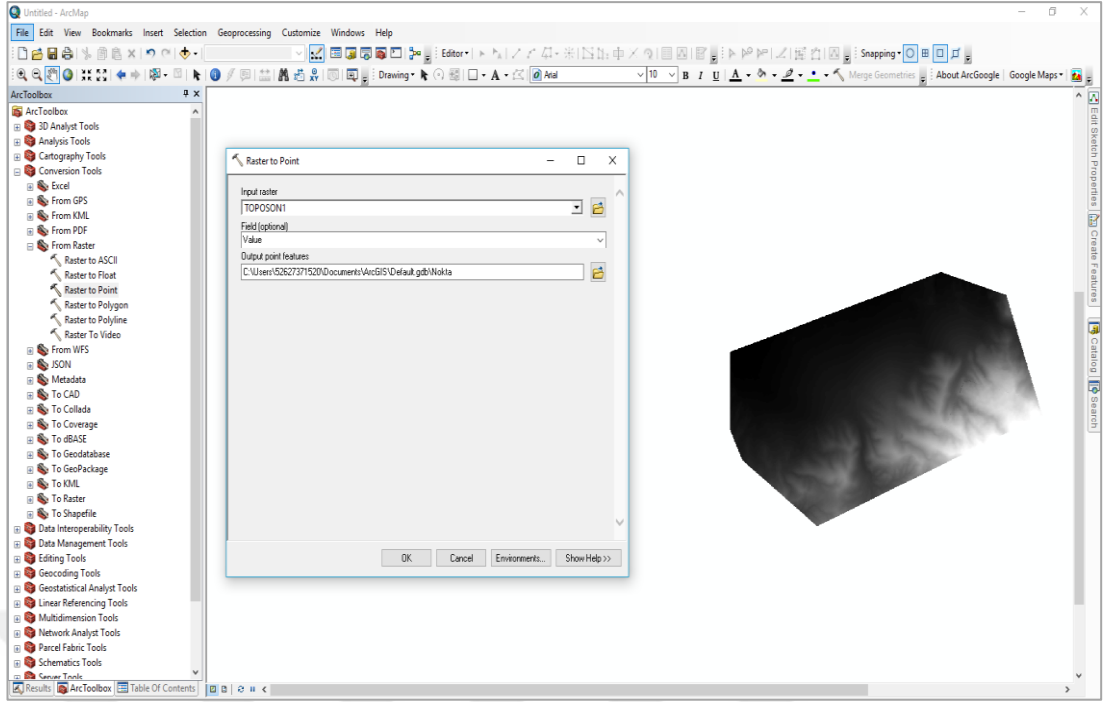


Şekil 7.6. Horata pilot bölgesi için Bina katmanının oluşturulması

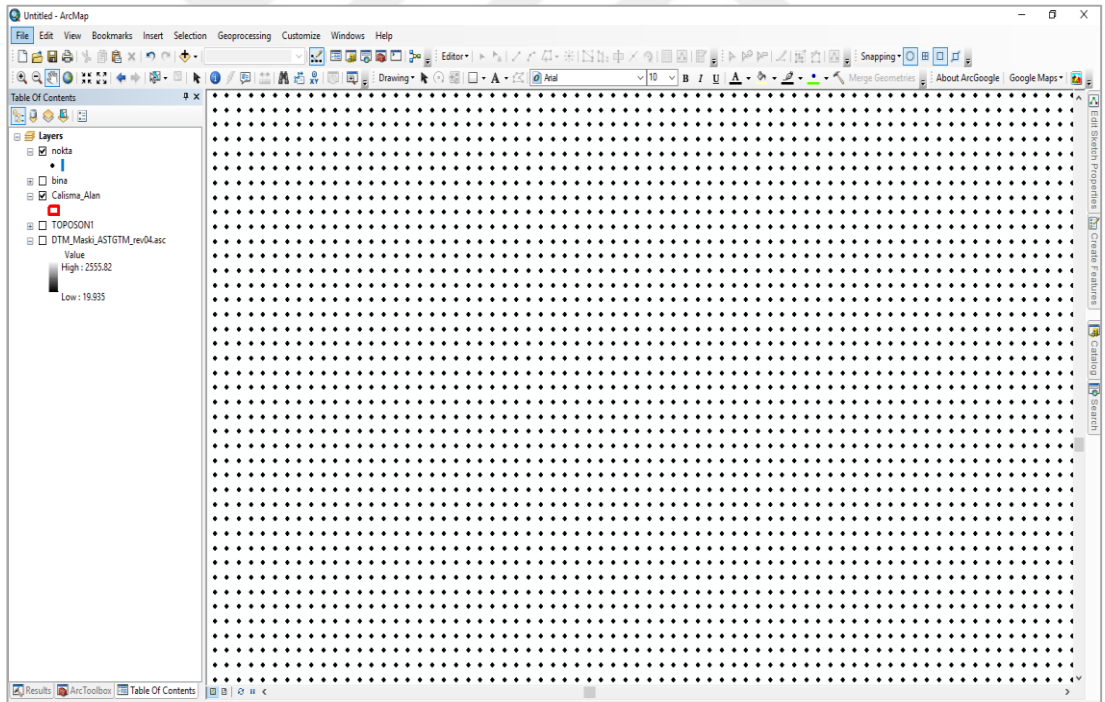


Şekil 7.7. Horata pilot bölgesi için SYM ve Bina katmanı

Çalışma alanına ait SYM haritası ve bina verileri oluşturulduktan sonra mevcut raster üzerinden nokta verisi oluşturulması gerekmektedir. *ArcGIS Raster to Point komutu* ile daha önce *Clip komutu* ile hazırladığımız SYM haritası nokta verisi yani yüzey modeli olarak hazırlanmıştır (Şekil 7.8 ve Şekil 7.9).



Şekil 7.8. SYM verisinden yüzey modeli oluşturma



Şekil 7.9. SYM verisinden nokta verisi üretme

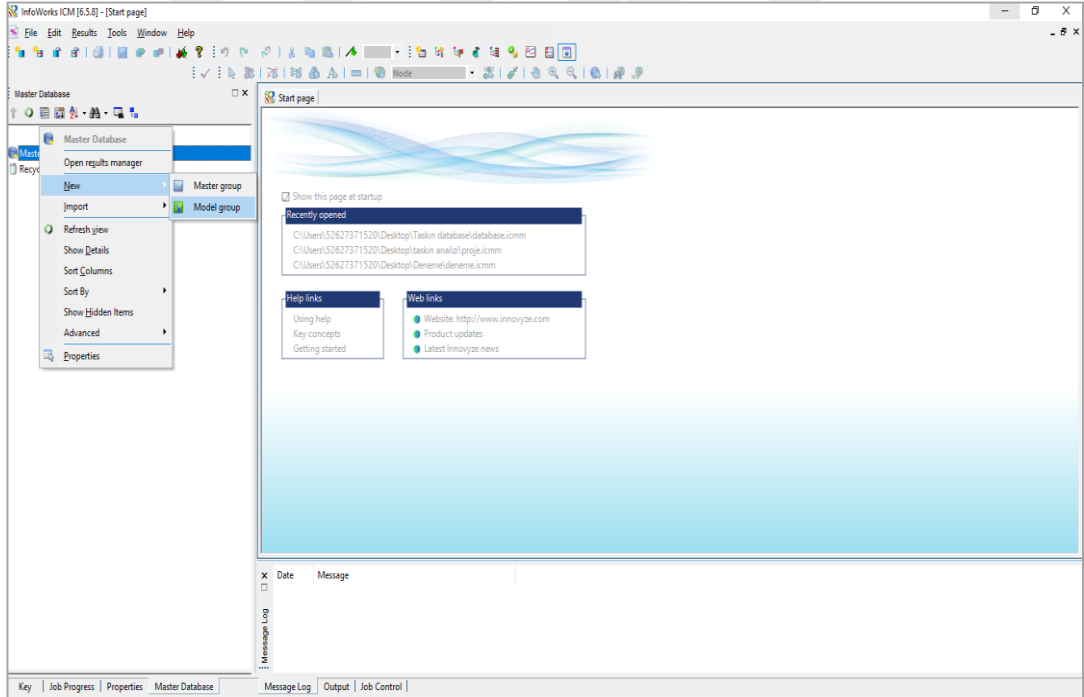
Oluşturulan yüzey modeli ile ArcGIS programı kapsamında hazırlanacak veriler tamamlanmış çalışma kapsamında taşkın simülasyonu için ön analiz ve nihai analiz için “.shp” formatına dönüştürülmüştür (Şekil 7.10).



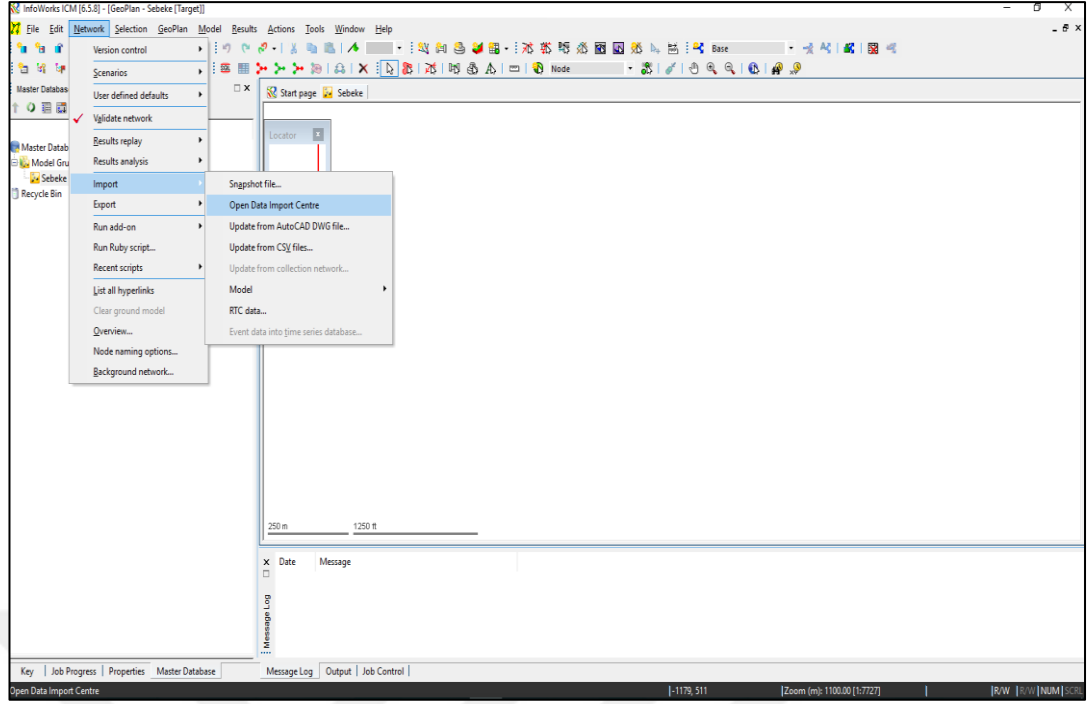
## 7.2. Taşkın Risk Analizi için Inforworks ICM Ön Analiz Çalışmaları

Infoworks ICM, bağımsız bir ürün olarak da kullanılabilen çalışma grubu tabanlı modelleme ve yapılandırma yönetim sistemidir. Hem çalışma grubunu hem de bağımsız çalışmayı kolaylaştırmak için InfoWorks ICM Master veri tabanında model verilerini korur. Bu verilerin bölümlerinin yerel çalışma kopyaları, daha sonra her bir yerel klasörler için kullanılabilir hale getirilir. Ana Veri Tabanı, model verilerini yönetmek için esnek bir hiyerarşi sağlar ve simülasyon sonuçları ve zemin modelleri dahil olmak üzere tüm verileri içermektedir.

Daha önce ArcGIS programı yardımı ile SYM verisinden üretilen çalışma alanı bina verileri ve yüzey modeli Infoworks ICM modülüne aktararak işlemlere bu program üzerinden devam edilmiştir. Burada ilk adım olarak ana veri tabanı oluşturma işlemi gerçekleştirilmiş, (Şekil 7.11.) hazırlanan veriler Infoworks ICM programına *import* edilmiştir (Şekil 7.12.).

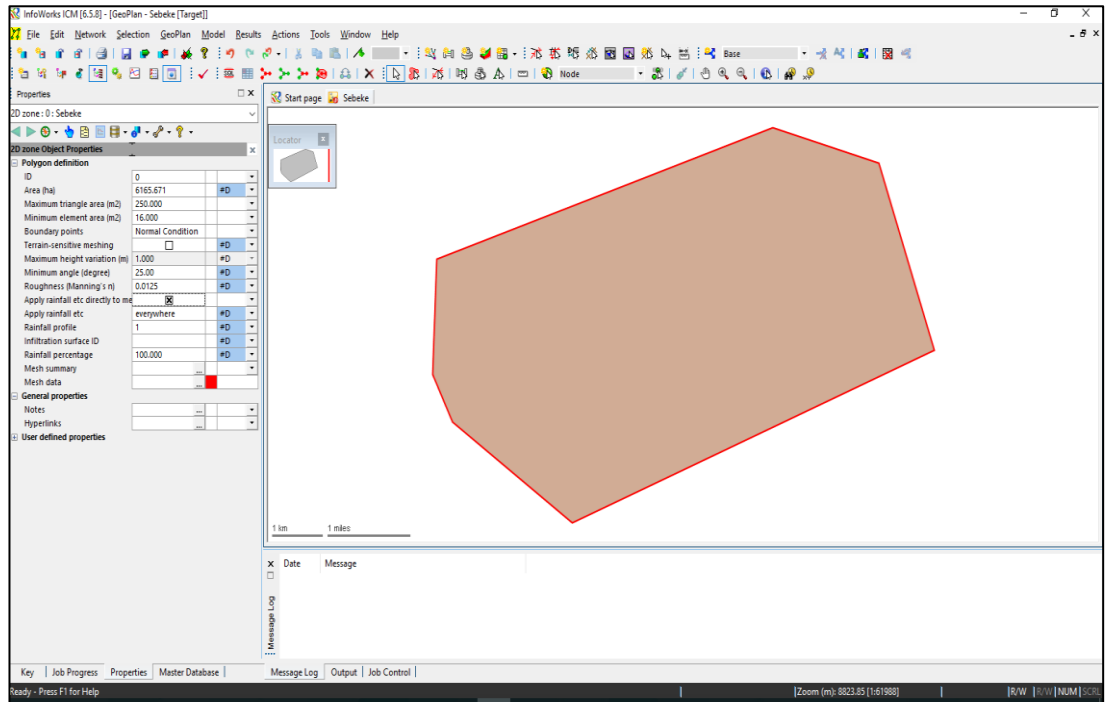


Şekil 7.11. Infoworks ICM programı veri eklenmesi

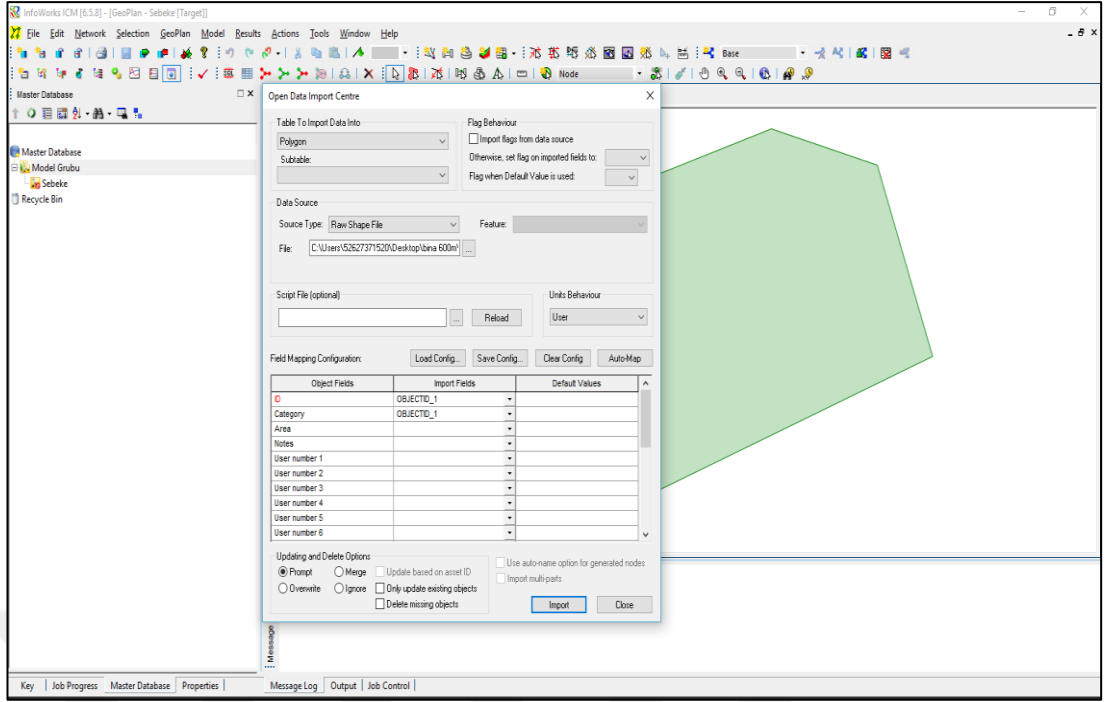


Şekil 7.12. Verilerin programa eklenmesi

Bölgeye ait verilerin simülasyon programına aktarılmasından sonra verilere ait parametreler güncellenmiştir (Şekil 7.13). Poligon verisi tanımlandıktan sonra bina verileri *Open Data Import Centre* komutu ile sisteme aktarılmıştır (Şekil 7.14).

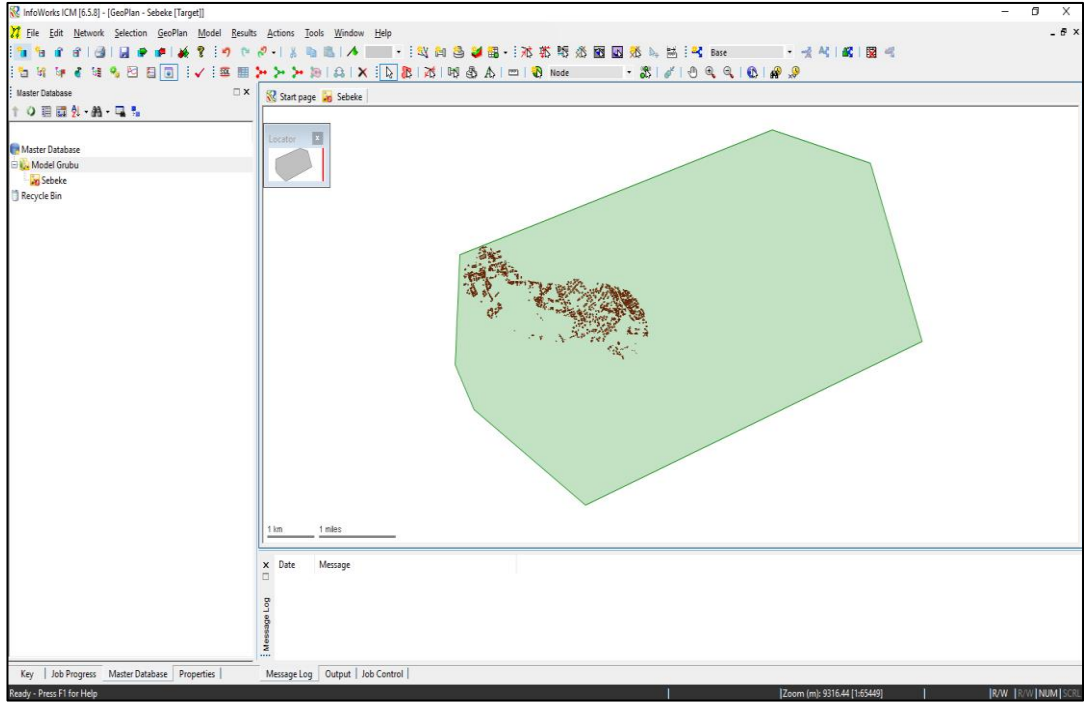


Şekil 7.13. Poligon Tanımlama



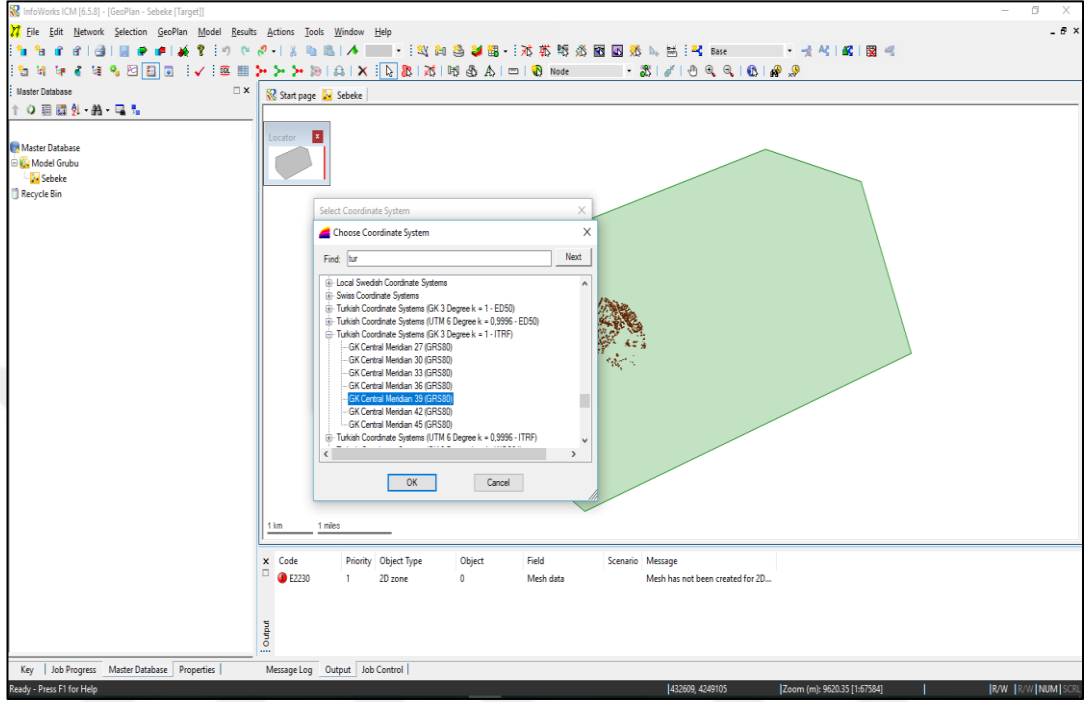
Şekil 7.14. Bina verilerinin programa eklenmesi

ArcGIS programı yardımı ile çalışma alanına ait bina verileri Horata Deresi güzergâhı boyunca 300'er metre, derenin sağ ve sol sahillerini kapsayacak şekilde menba ve mansap arasında oluşturularak arazi yüzeyini temsil eden poligon verisinin üzerine eklenmiştir (Şekil 7.15).



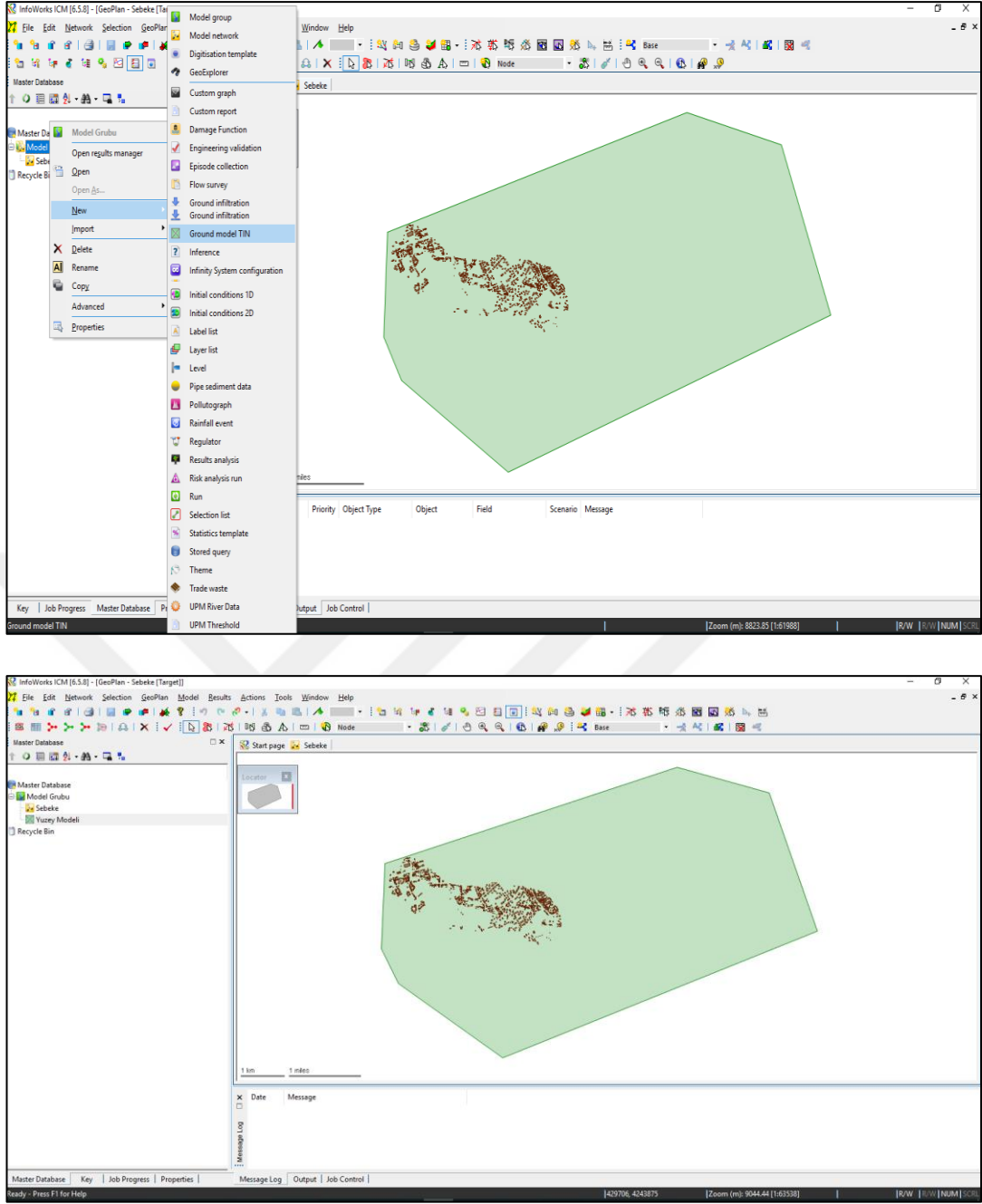
Şekil 7.15. Infoworks ICM programında bina verilerinin gösterimi

Horata deresi üzerinde yapılan harita çalışmaları ve alımlar sonucunda verilerin birbirine entegrasi ve çalışmanın sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için Turkish Coordinate Systema (GK3 Degree) GK Central Meridian 39 (GRS80) koordinat sistemi olarak güncellemeler yapılmıştır (Şekil 7.16).



Şekil 7.16. Infoworks ICM programında koordinat sistemi ayarlama

Çalışma alanına ait yüzey modelinin tam olarak ifade edilebilmesi için TİN (Triangulated Irregular Networks) verisinin üretilmesi gerekmektedir. Nokta verisi olarak hazırlanan mevcut poligon Infoworks İCM programı içerisinde yer alan Ground Model TİN komutu ile yüzey modeli formatına dönüştürülmüştür (Şekil 7.17).

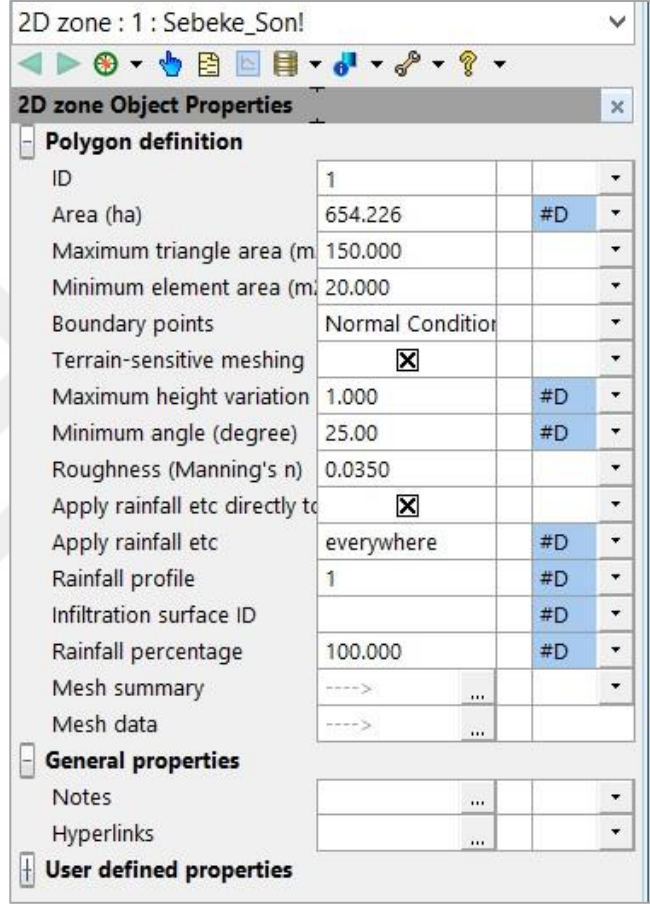


Şekil 7.17. Yüzey Modeli Oluşturma

### Üçgen Ağı Oluşturma

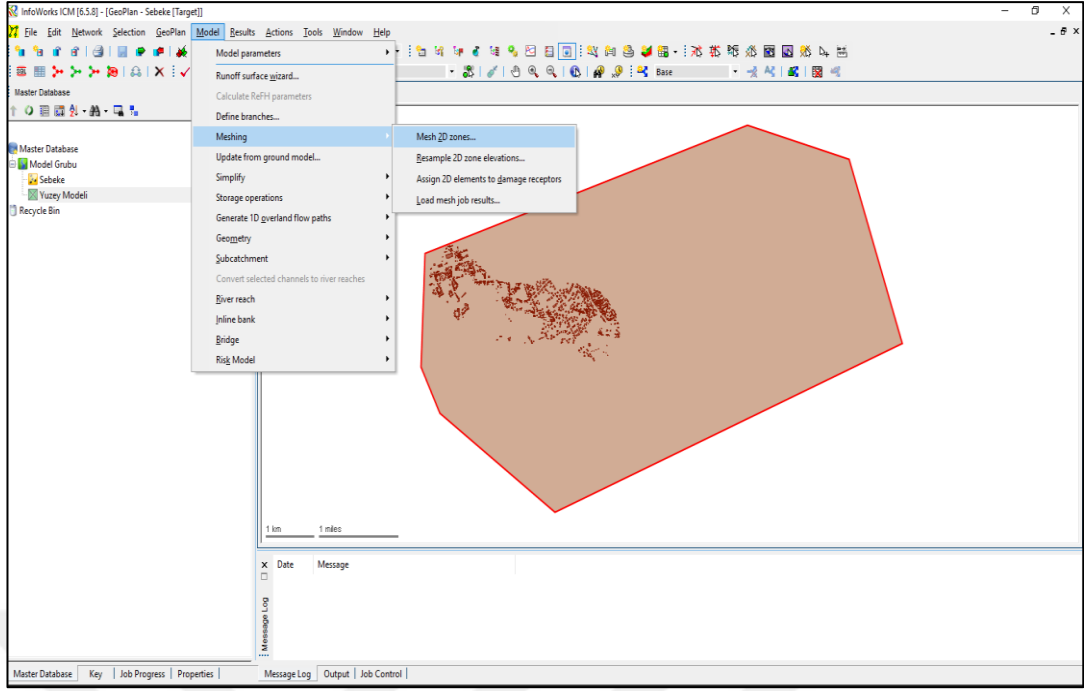
Üçgenleme yani meshin işlemi rastgele alınmış kotlu noktalardan arazi modeli üretimine yönelik yöntemlerden birisi ve en çok kullanılandır. Üçgenleme, bir anlamda, hangi noktalar arasında kot enterpolasyonu yapılacağına belirlenmesidir. Üçgen kenarları üzerindeki kot değişiminin doğrusal olacağı varsayılır. Üçgenlemede olabildiğince eşit açılı, eşit kenarlı üçgenler oluşturulur ( <http://portal.netcad.com.tr>).

Temin edilen SYM verisi üzerinden nokta verisi ve ardından yüzey modeli oluşturulmuştur. Ancak çalışmanı devamında yüzey modeli simülasyonun gerçekleşmesi için yeterli değildir. Hem çalışmanın hassasiyeti hem de simülasyon işleminin süresi bakımından minimum ve maksimum üçgen alanları İCM programında yer alan 2D zone Object Properties modülü içerisinde 20 m<sup>2</sup> ve 150 m<sup>2</sup> arasında değişen ölçülerde üçgen ağı oluşturulacak biçimde hazırlanmıştır (Şekil 7.18).



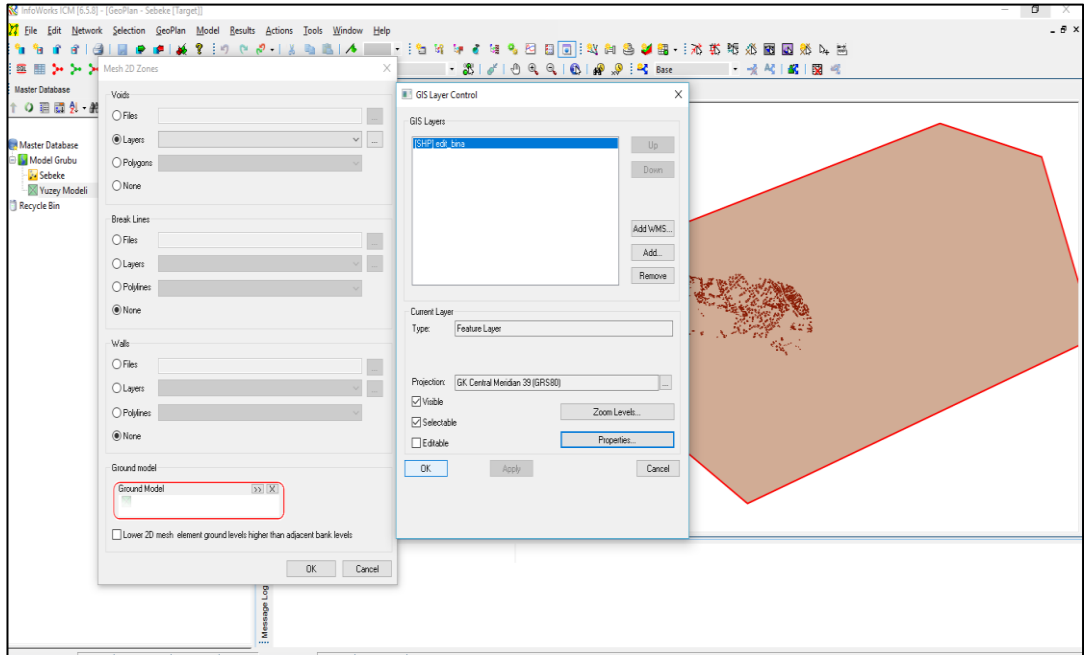
Şekil 7.18. Üçgen Ağı Özellikleri

Üçgen ağı karakteristik özellikleri tanımlandıktan sonra Model butonunda bulunan Meshing komutu yardımı ile üçgenleme işlemleri başlatılmıştır (Şekil 7.19). Bir sonraki adımda ise modelin çalışabilmesi için yapılması zorunlu bir işlem olan mevcut bina verilerinin üzerinden üçgen ağı geçmemesi çalışması yapılmıştır.



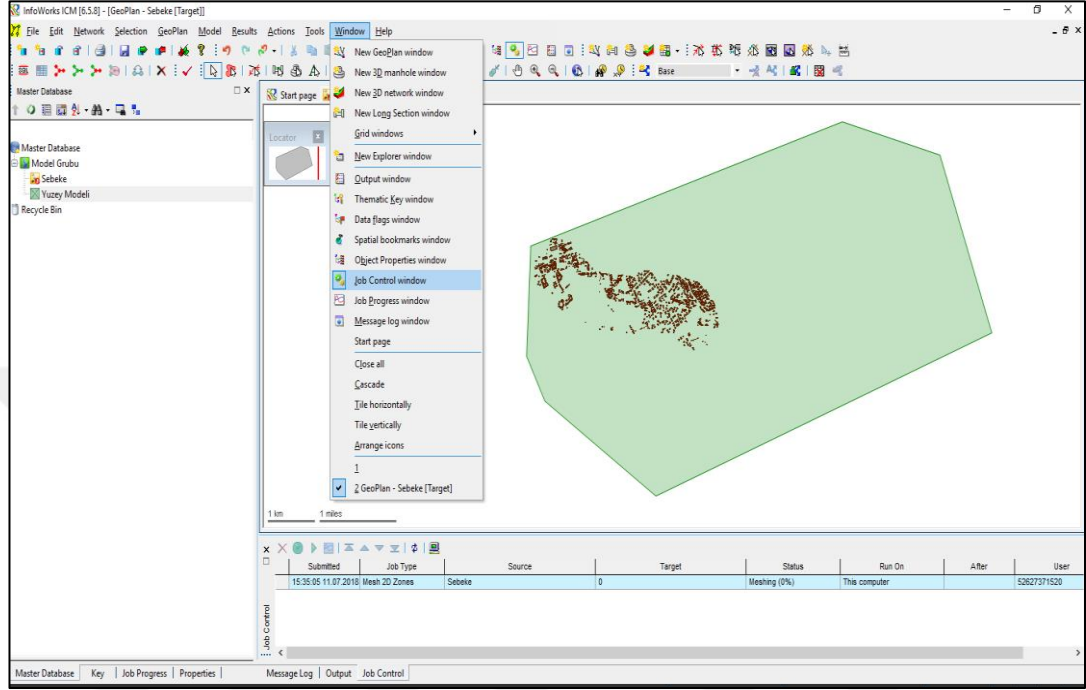
Şekil 7.19. Üçgen Ağı Oluşturma

Bina verileri arasındaki küçük boşluklar üçgenleme çalışmasında dikkate alınmamıştır. Dikkate alınmama sebebi olarak üçgenleme parametrelerini belirlerken en az üçgen alanı olarak  $20m^2$  olarak alınması sebebiyle simülasyonun çalışması sırasında programın hata vermesi ve sonuç elde edilememesidir.



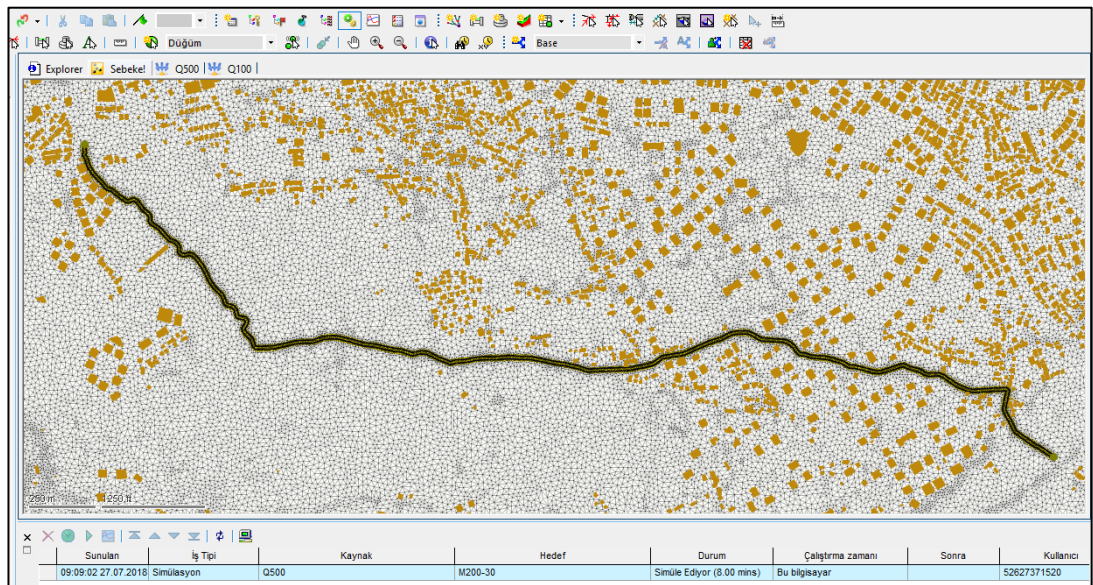
Şekil 7.20. Üçgen Ağlarının Bina Üzerinden Geçmemesi İçin Yapılan Çalışma

Yapılan tüm bu işlem adımlarından sonra üçgenleme (Meshing) işlemi başlatılmıştır. Üçgenleme çalışmasının aşamalarını görmek için Window modülünde bulunan Job Control Window butonu yardımı ile iş ilerleyişi izlenebilmektedir (Şekil 10.22)



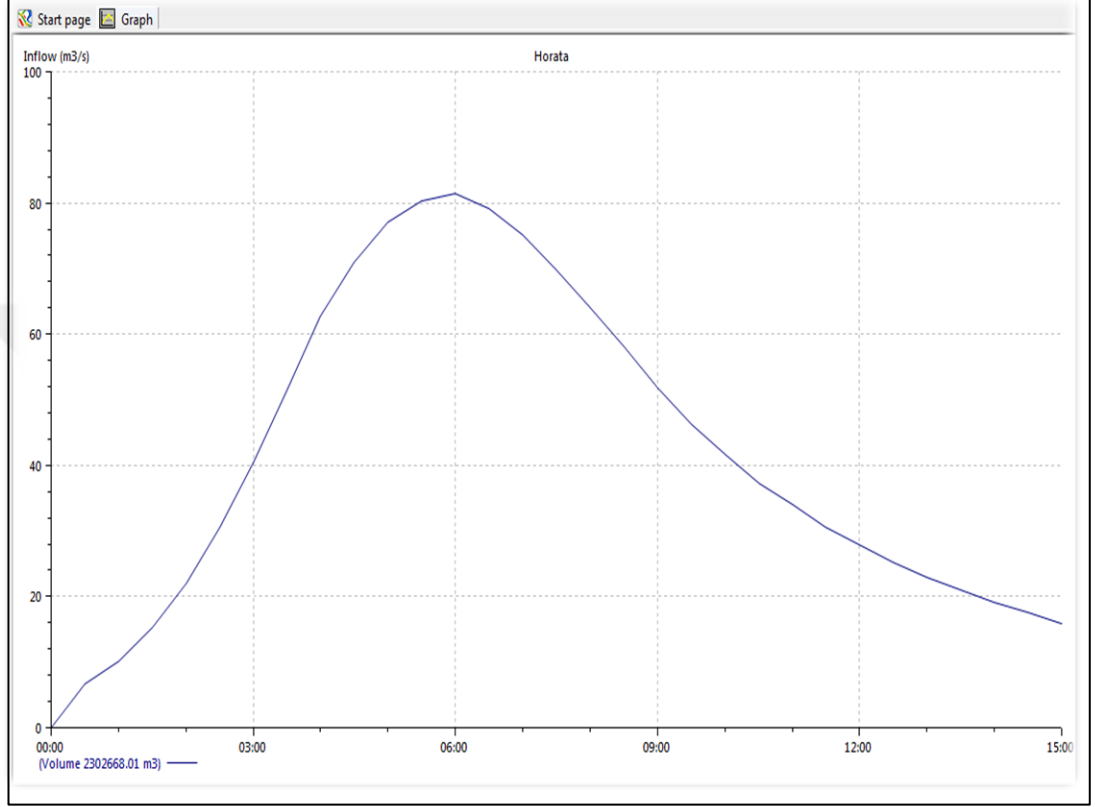
Şekil 7.21. Üçgenleme İşlemi

Meshing işlemi tamamlandıktan sonra çalışma alanına ait üçgen ağ haritası aşağıdaki şekilde olduğu gibi görülmektedir. (Şekil 7.22)

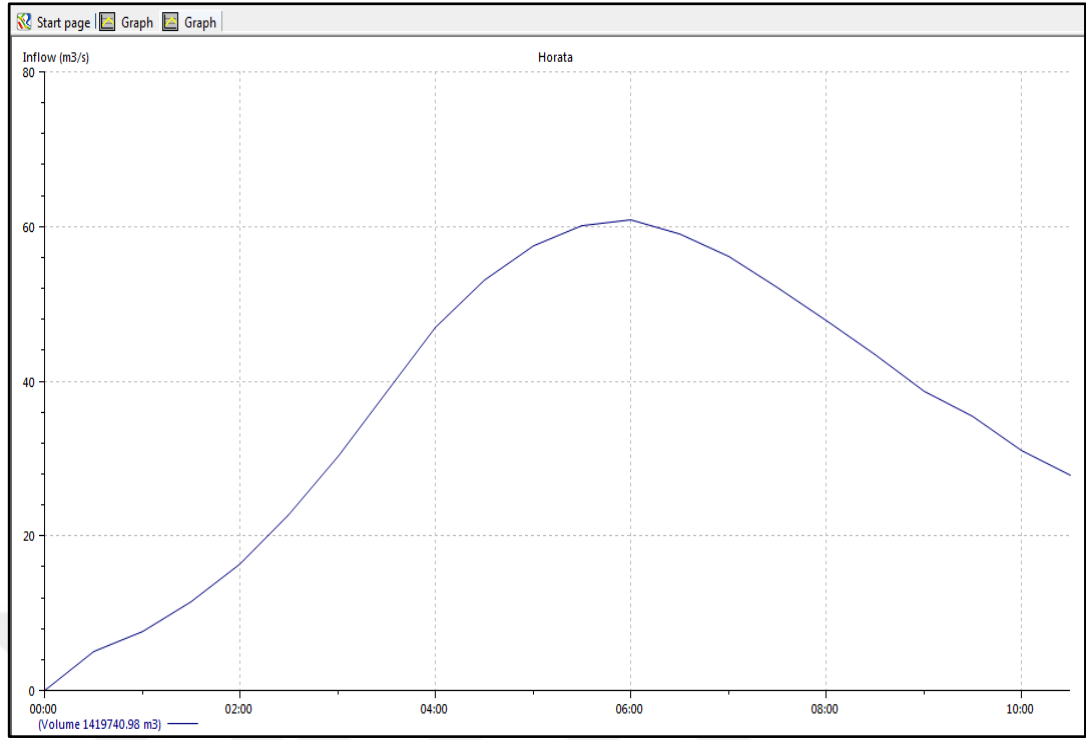


Şekil 7.22 Üçgenleme İşlemi Sonucu Oluşan Durum

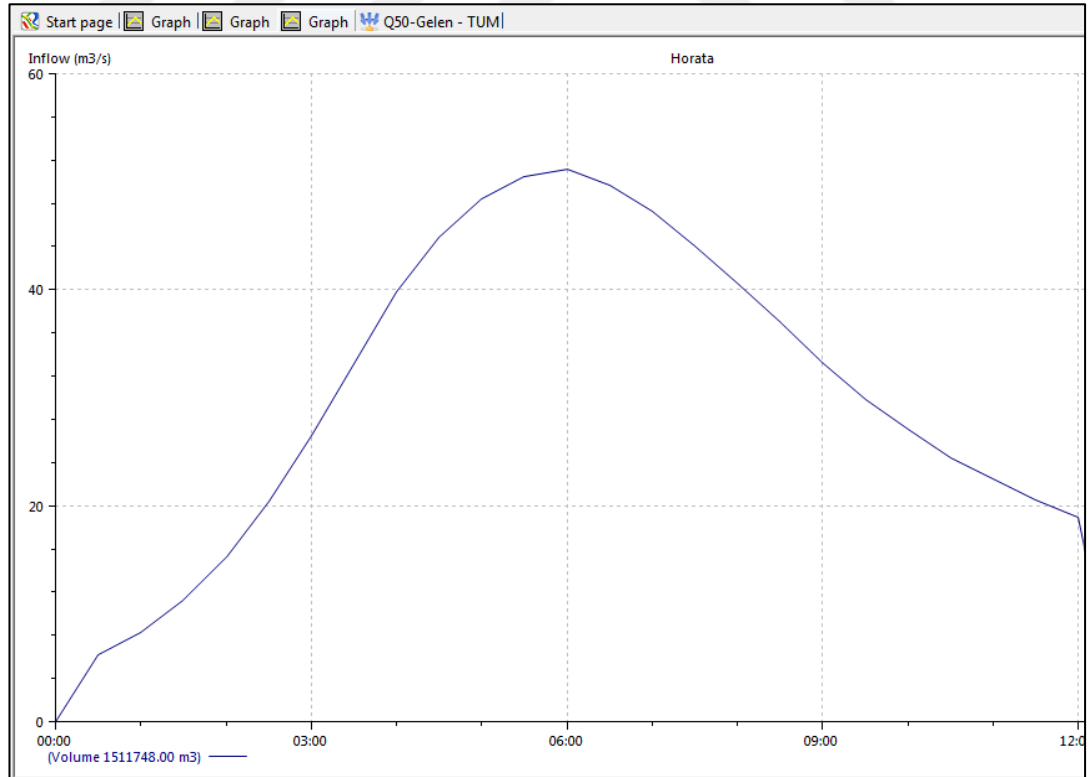
Çalışma alanında pilot dere olarak seçilen Horata deresi için Bölüm 6.2’de verilen denklemler ve parametreler kullanılarak hesaplanan taşkın hidrografları kullanılmıştır. DSİ 9. Bölge Müdürlüğü’nden (Elazığ) temin edilen 50, 100 ve 500 yıllık taşkın debileri ve hidrograflar *Infoworks ICM* programında grafik olarak gösterilmiştir. (Şekil 7.23, Şekil 7.24 Şekil 7.25).



Şekil 7.23. Horata Dersi  $Q_{500}$  hidroğrafı



Şekil 7.24. Horata Dersi  $Q_{100}$  hidroğrafı



Şekil 7.25. Horata Dersi  $Q_{50}$  hidroğrafı

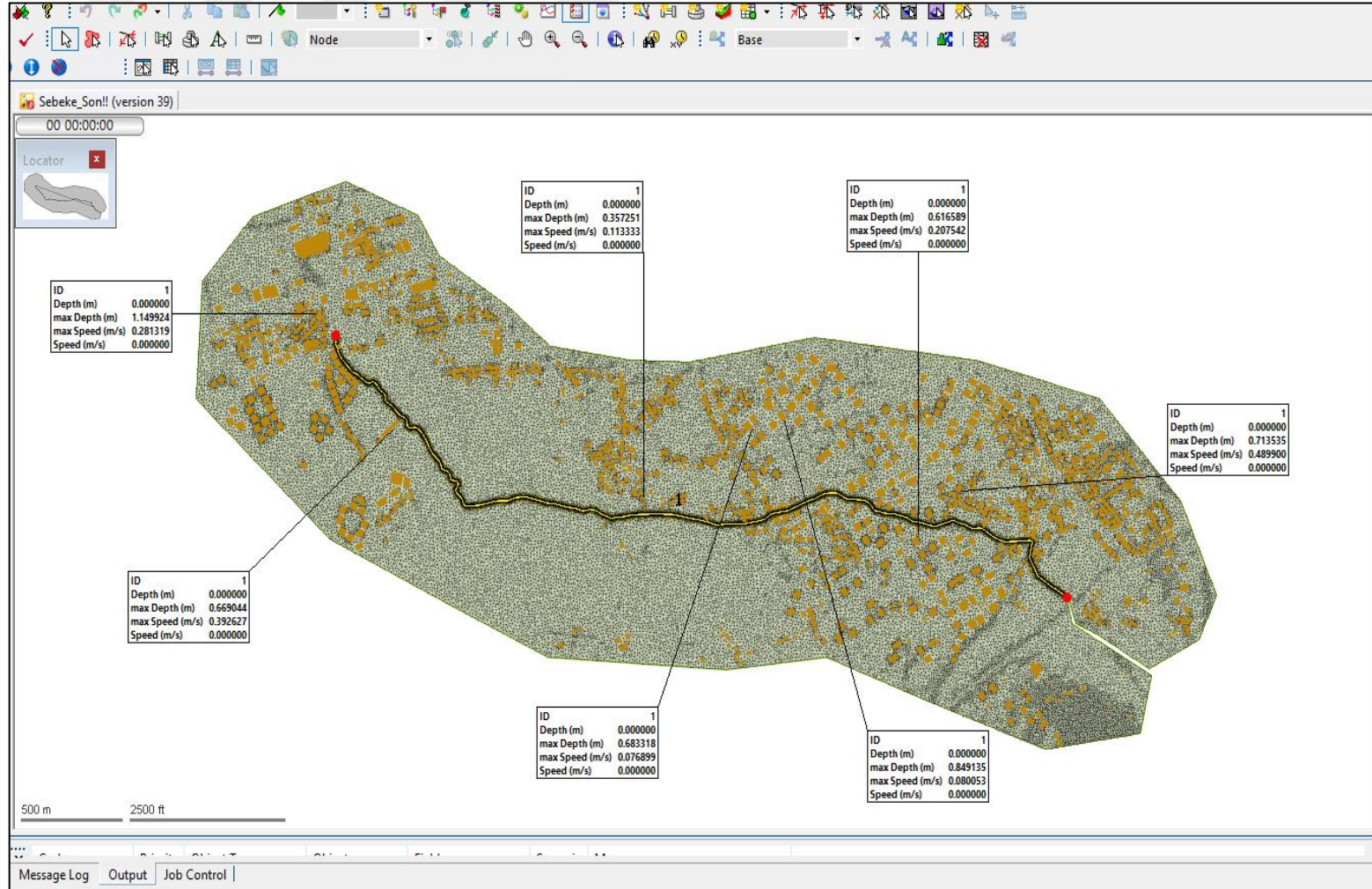
Uygulama alanındaki Horata deresi için 500 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen hidrograf incelendiğinde taşkın debisinin altıncı saatte pik debiye yani  $81 \text{ m}^3/\text{s}$  değerine ulaştığı bundan sonraki sürede ise çekilmenin başladığı görülmektedir. Benzer şekilde 100 ve 50 yıllık tekrarlanma periyotlarında altıncı saatten gözlenen maksimum debiler ise sırasıyla  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $52 \text{ m}^3/\text{s}$  şeklinde verilebilir. Çalışma kapsamında her üç durumda verilen hidrograf verileri esas alınarak taşkın simülasyonu yapılmış ve zamansal olarak taşkın duruma ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### 6.3. Horata Deresi için Taşkın Analizi

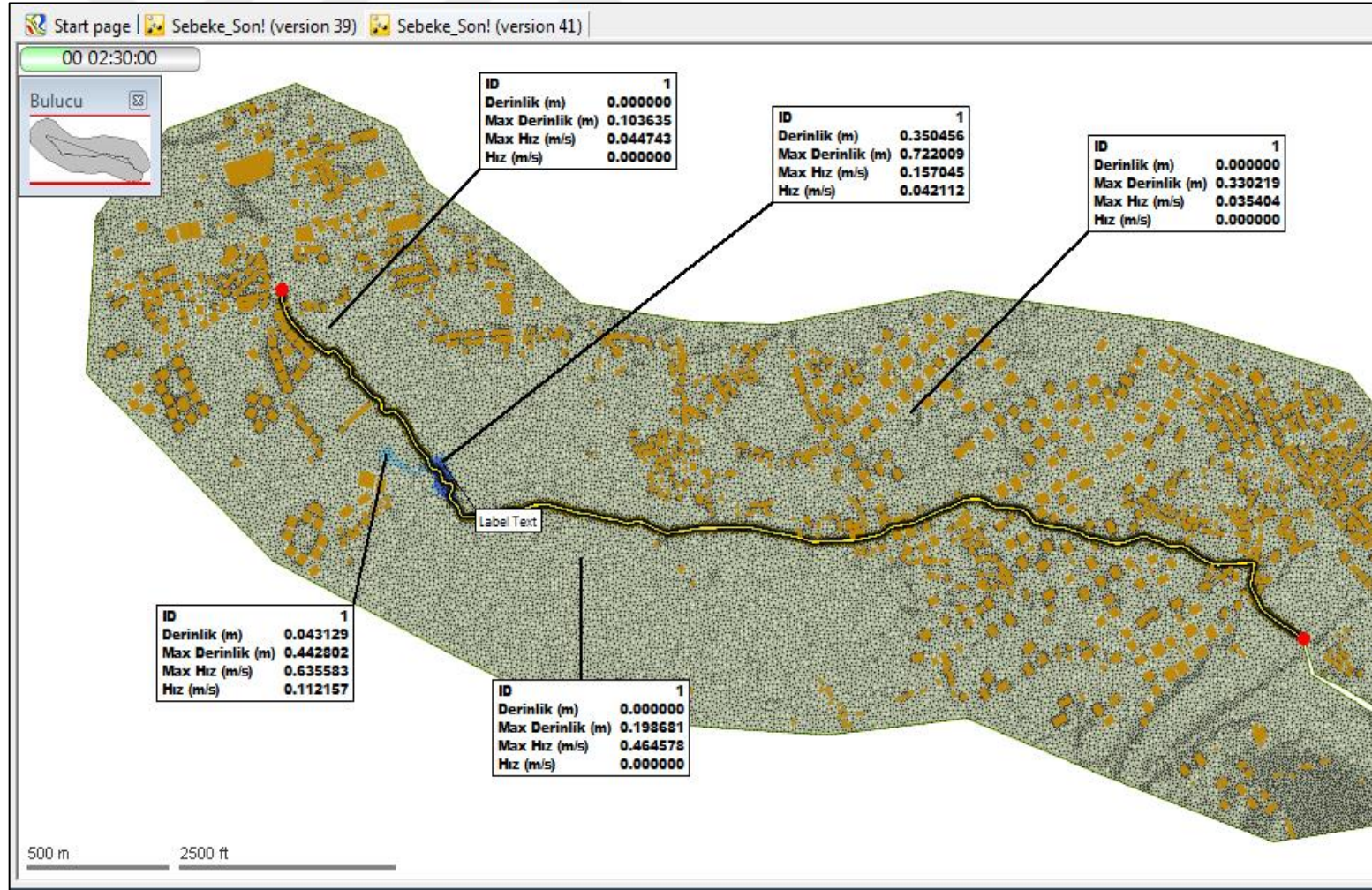
Çalışmanın bu bölümünde pilot bölge olarak seçilen Horata deresi için önceki bölümde verilen ve farklı tekrarlanma periyotları için hesaplanan taşkın hidrografları dikkate alınarak Infoworks ICM yardımıyla taşkın simülasyonu gerçekleştirilmiş ve farklı zaman adımları için taşkın debisinin yayılım haritası ortaya konulmuştur. Bu simülasyonlar sonucunda oluşan su derinlikleri hidrografın 0, 2.5, 5 ve 10. saat adımları için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve yayılım haritası oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında ilk önce simülasyonun başlangıcı yani sıfırıncı (0) saat için yayılım haritası oluşturulmuş ve ancak uygulama alanı Horata deresi taban akışı sıfır olduğu için herhangi bir taşkın gözlenmemiştir (Şekil 7.26). Farklı tekrarlanma periyotları 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.

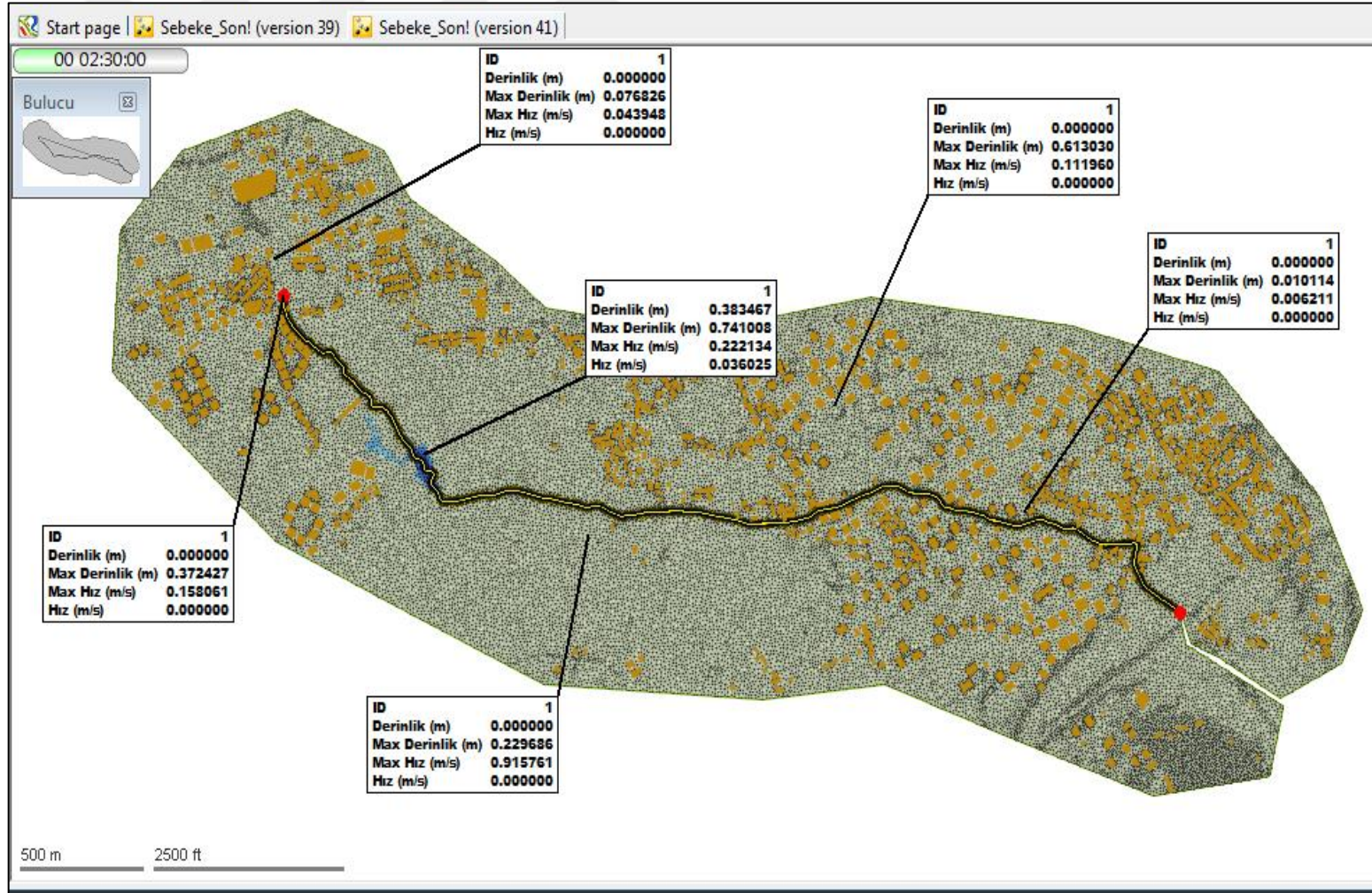
Horata deresi için farklı tekrarlanma periyotları için yapılan simülasyonunun ikinci zaman adımında yani 2.5 saat sonraki durumda yayılım haritası oluşturulmuş ve sırasıyla Şekil 7.27, 7.28 ve 7.29'da gösterilmiştir.



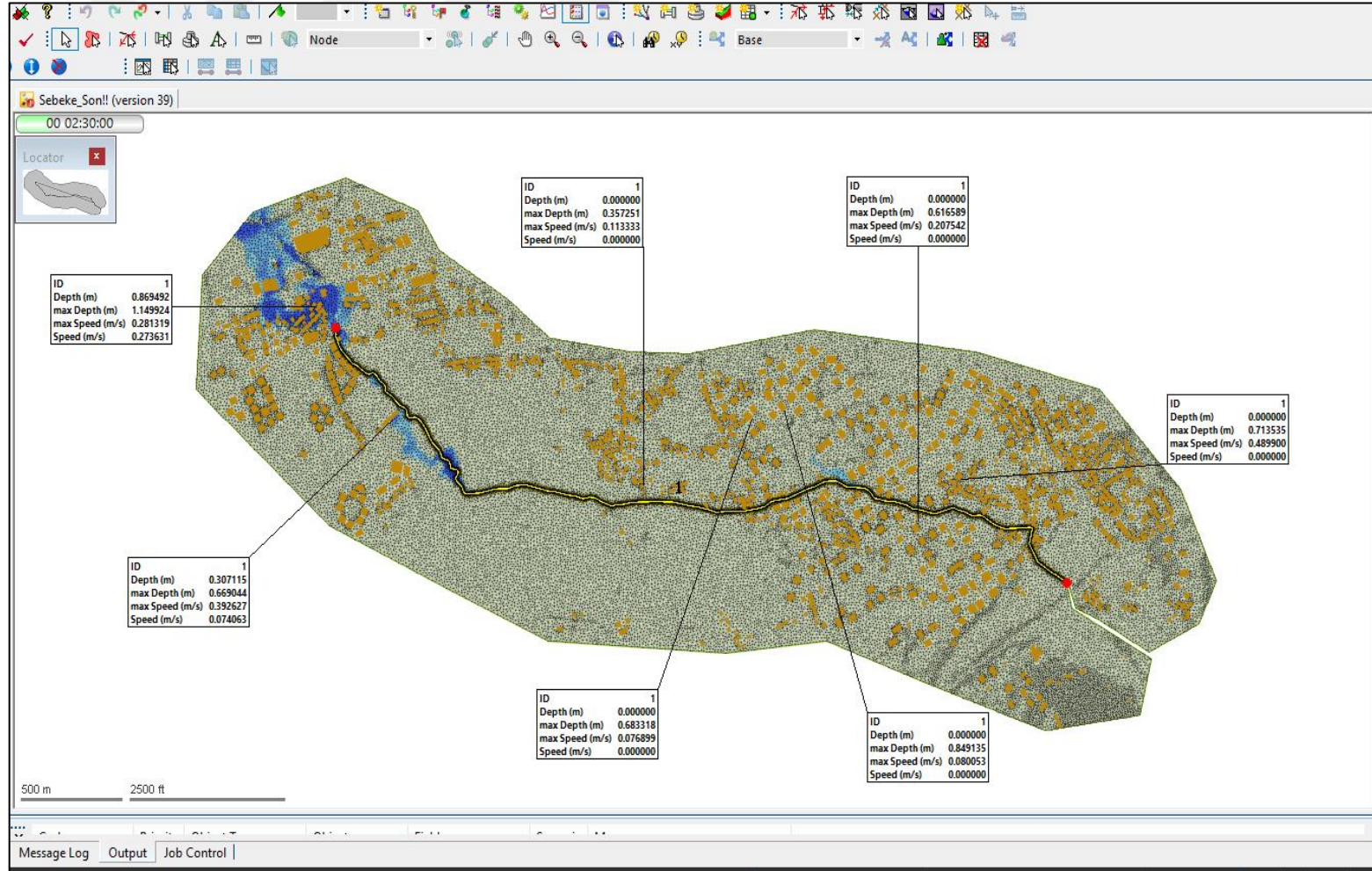
Şekil 7.26. Horata Deresi  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$  ve  $Q_{500}$  debisi için (0. Saat) simülasyon sonucu



Şekil 7.27. Horata Deresi  $Q_{50}$  debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu



Şekil 7.28. Horata Deresi  $Q_{100}$  debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu



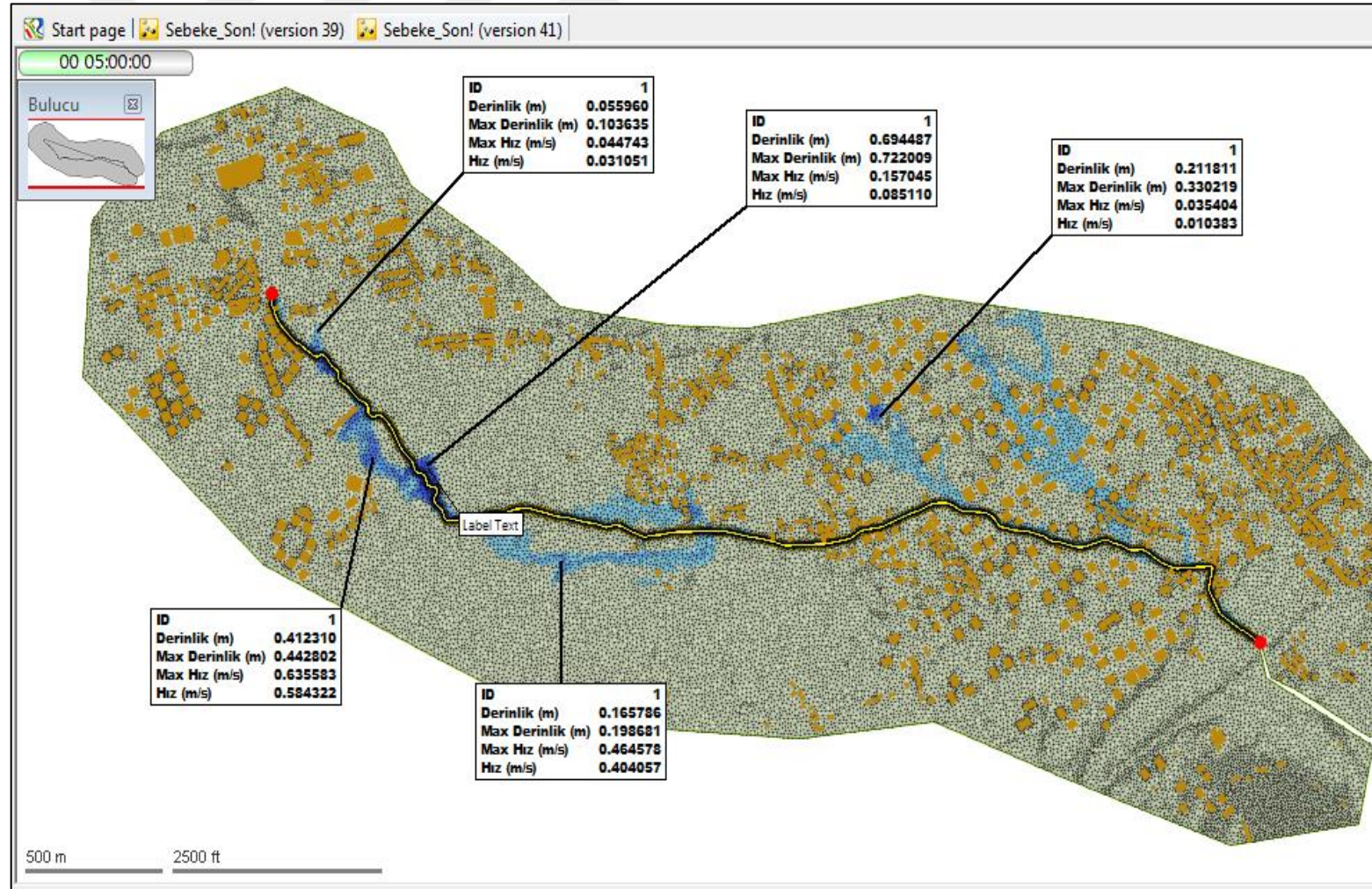
Şekil 7.29. Horata Deresi  $Q_{500}$  debisi için (2.5 Saat) simülasyon sonucu

Q<sub>50</sub> tekerrür debisi uygulandığında genel vaziyet planında görüldüğü gibi belirli bölgelerde kesitin yetersiz kaldığı ve bazı bölgelerde taşkınlar yavaş yavaş gözlemlenmeye başladığı söylenebilir (Şekil 7.27). Önceki bölümlerde verildiği gibi Horata deresi için sahada yapılan incelemelerde kesitin daraldığı bölgeler tespit edilmiş ve bu bölgeler için özellikle seviye değişimleri incelenmiştir. Şekil 7.27’te görüldüğü üzere taşkın derinliği bazı bölgelerde 2.5 saatin sonunda 35 cm gibi bir seviyeye ulaşmaktadır. Düşük tekrarlanma periyodunda ve henüz pik debiye ulaşılmadan elde edilen sonuçlar, özellikle o bölgedeki yerleşim yerleri için önemli risklerin oluşma olasılığının yüksek olduğu anlamı taşımaktadır.

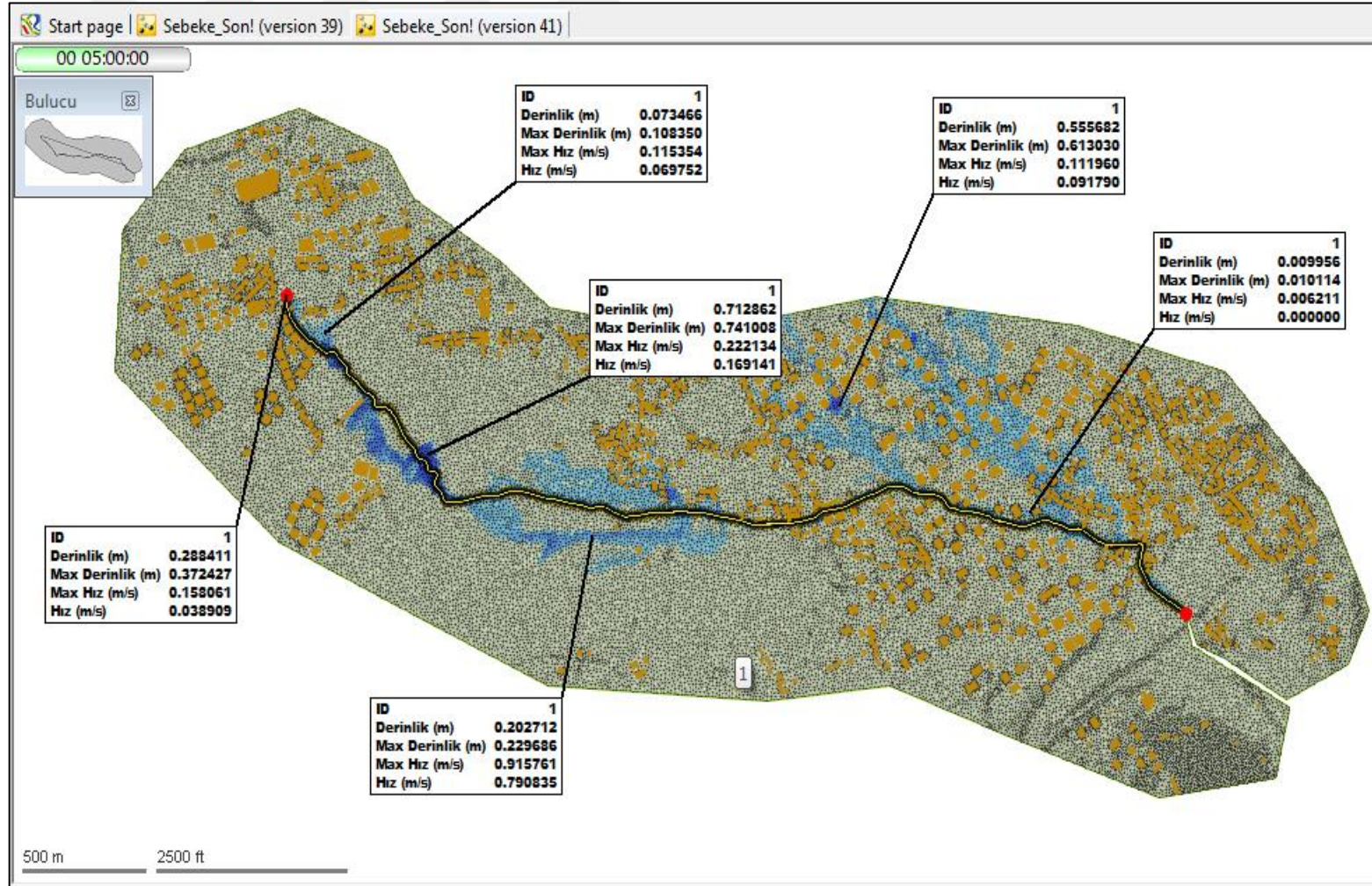
Çalışmada taşkın simülasyonunun ikinci zaman adımı (2.5 saatin sonunda) Q<sub>100</sub> tekerrür debisine ait similasyon sonucunda hemen hemen aynı bölgede taşkınların yaşandığı ve yaklaşık 40 cm su derinliğinin oluştuğu görülmektedir (Şekil 7.28). Görüldüğü gibi aynı zaman diliminde tekrarlanma periyodunun artmasına bağlı olarak oluşan debilerin kritik noktalardaki müdahale sonucu daraltılmış kesitlerde risk ihtimalini arttırdığı söylenebilir. Bu zaman diliminde taşkın debisinin dere güzergahı boyunca topoğrafyaya bağlı olarak mansap kesimlerine doğru ilerlediği görülmektedir (Şekil 7.28).

Horata deresi Q<sub>500</sub> tekerrür debisine ait similasyonda (2.5 saat sonundaki) gözlemlerde özellikle dere güzergahında menderesli kısımlarının bulunduğu noktalarda ve mansap kısmında bulunan noktalarda yer yer 100 cm’yi bulan su derinliklerinin oluştuğu görülmektedir (Şekil 7.29). Horata Deresi Fahri Kayahan ve kısmen Bostanbaşı mahalleleri arasından geçen bir güzergâha sahiptir. Bu güzergâh daha çok imar uygulamaları sonucunda kısıtlı olan boş alanların arasından geçmekte ve çoğu zaman konut, site vb. yapıların hemen yanından daralan kesitler ile mansaplanmaya çalışmaktadır. Özellikle mansap kısmı çevre yolu tarafından kesildiği için similasyon girdilerinde bu kesimde hattın mansabının olmadığı varsayılarak çözüm yapılmıştır. Mansap kısmında su derinliğinin daha 2.5 saatin sonunda 100 cm yüksekliğe ulaşma sebebi bu şekilde açıklanabilir.

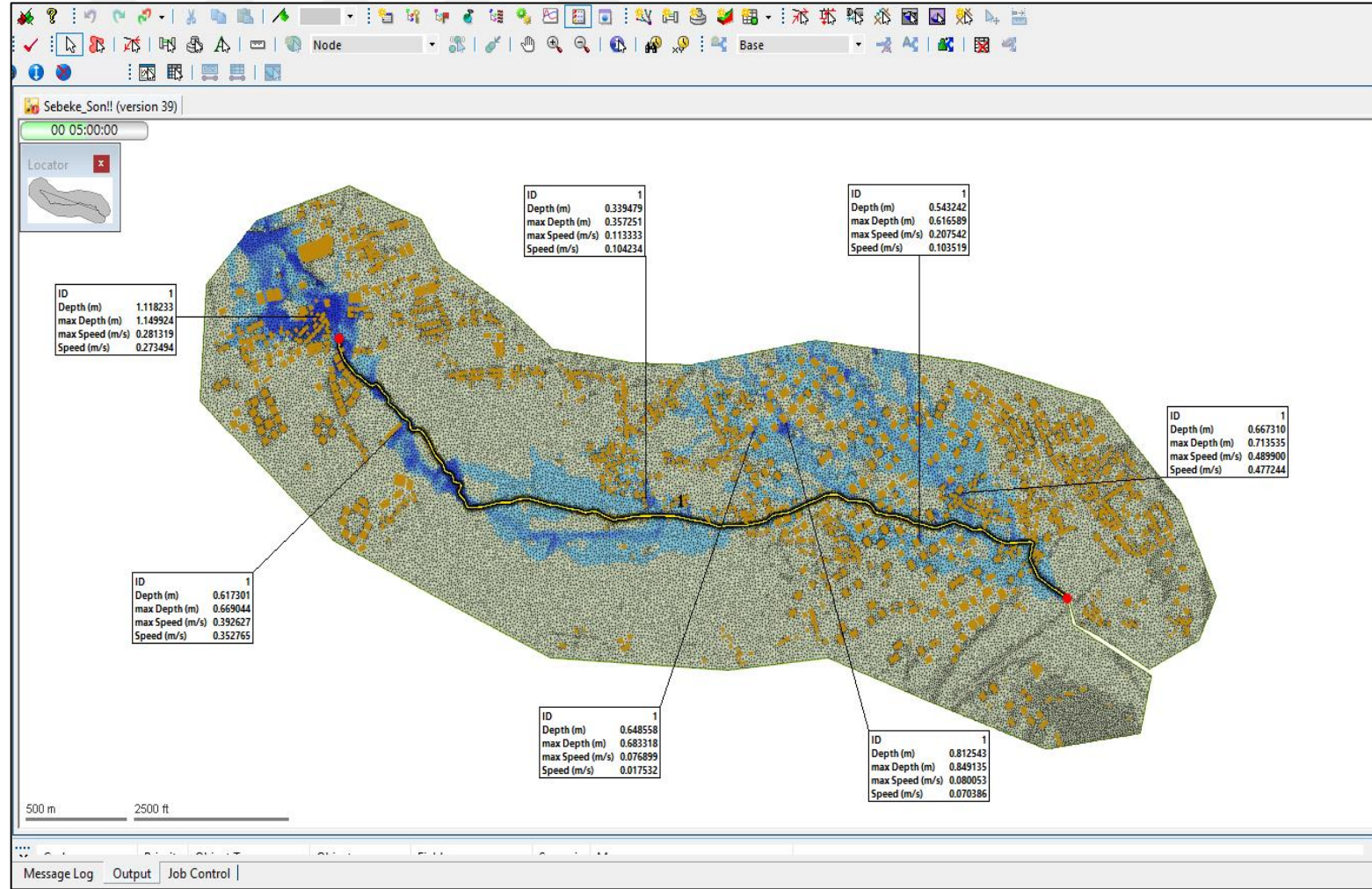
Horata deresi için farklı tekrarlanma periyotları için yapılan simülasyonunun ikinci zaman adımı (5. saatin sonundaki durumda) yayılım haritası oluşturulmuş ve sırasıyla Şekil 7.30, 7.31 ve 7.32’de gösterilmiştir.



Şekil 7.30. Horata Deresi  $Q_{50}$  debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu



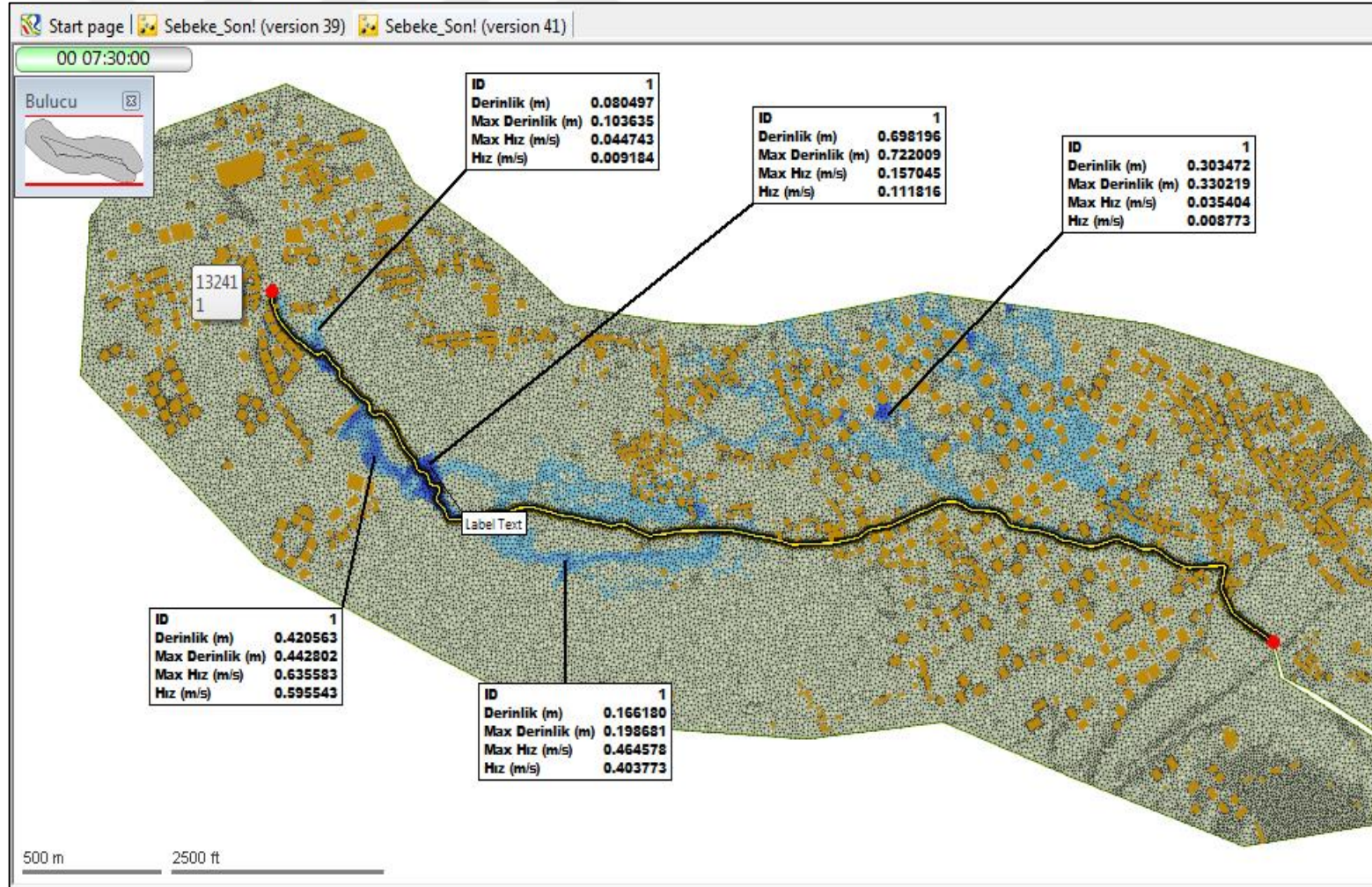
Şekil 7.31. Horata Deresi  $Q_{100}$  debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu



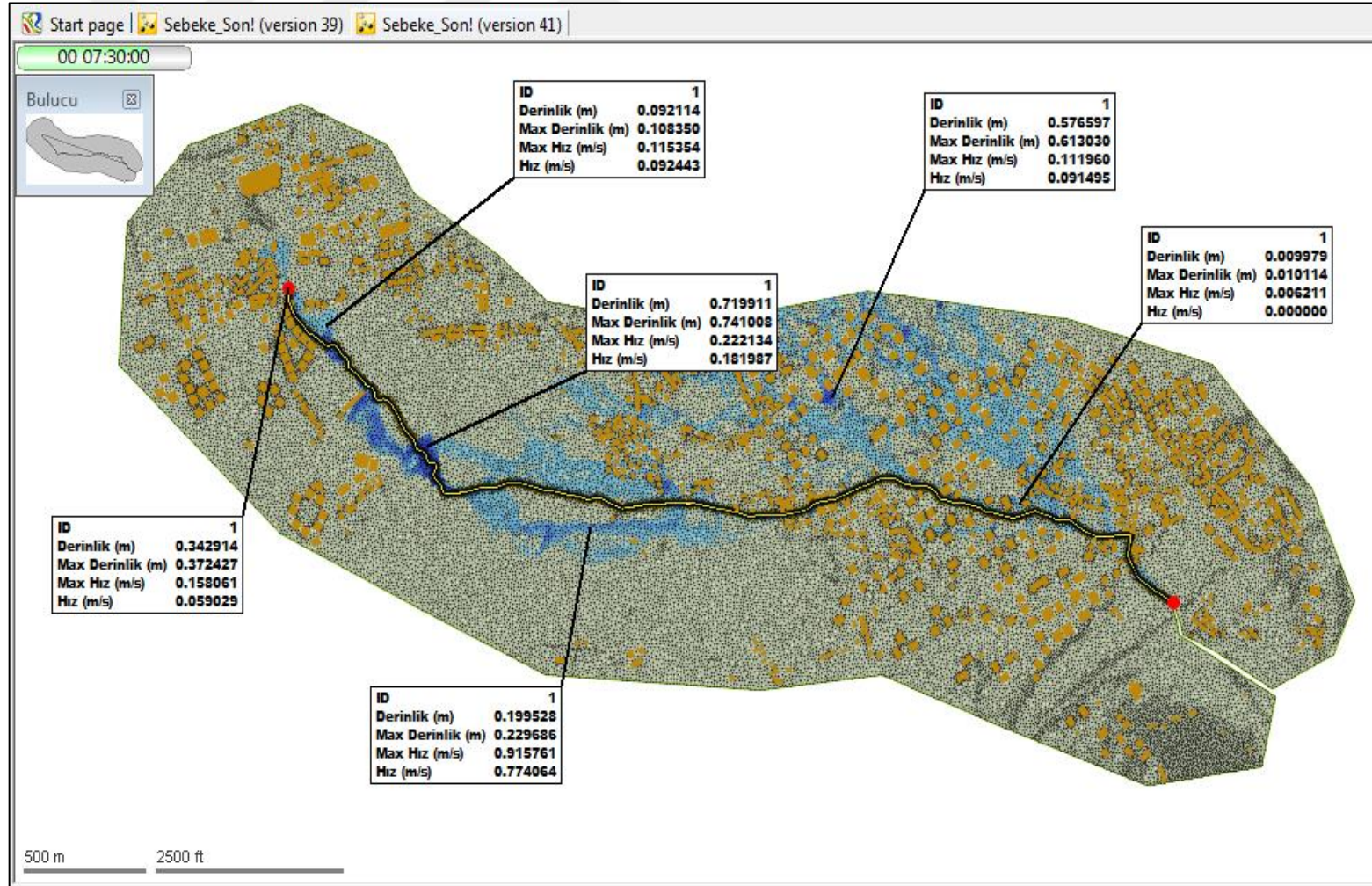
Şekil 7.32. Horata Deresi  $Q_{500}$  debisi için (5 Saat) simülasyon sonucu

Çalışmada kullanılan her üç hidrograf verisi de 6 saatin sonunda pik değerlere ulaşmakta ve bu saatten sonra debi değeri tekrar düşmektedir. Simülasyon çıktısı olarak 5. saatin sonunda elde edilen taşkın derinliklerinde  $Q_{50}$  tekerrür debisinde 5. saatin sonunda bazı yerleşim bölgelerinde 70 cm (Şekil 7.30),  $Q_{100}$  debisinde 72 cm (Şekil 7.31) ve  $Q_{500}$  debisinde ise 127 cm' yi bulan su derinlikleri ortaya çıkmaktadır (Şekil 7.32). Bölgenin topoğrafik yapısından ve eğimin fazla olmamasından münasebetle genel olarak sel hızları 1m/s'nin altında yer almakta fakat sel derinliği olarak özellikle mansap bölgesinde 1 m'nin üzerinde su derinliği ciddi risk oluşturmaktadır. 7.5 saatin sonunda oluşan tabloda her üç tekerrür debisinde de görüldüğü gibi sel suları yerleşim yerlerine doğru hareket etmektedir.

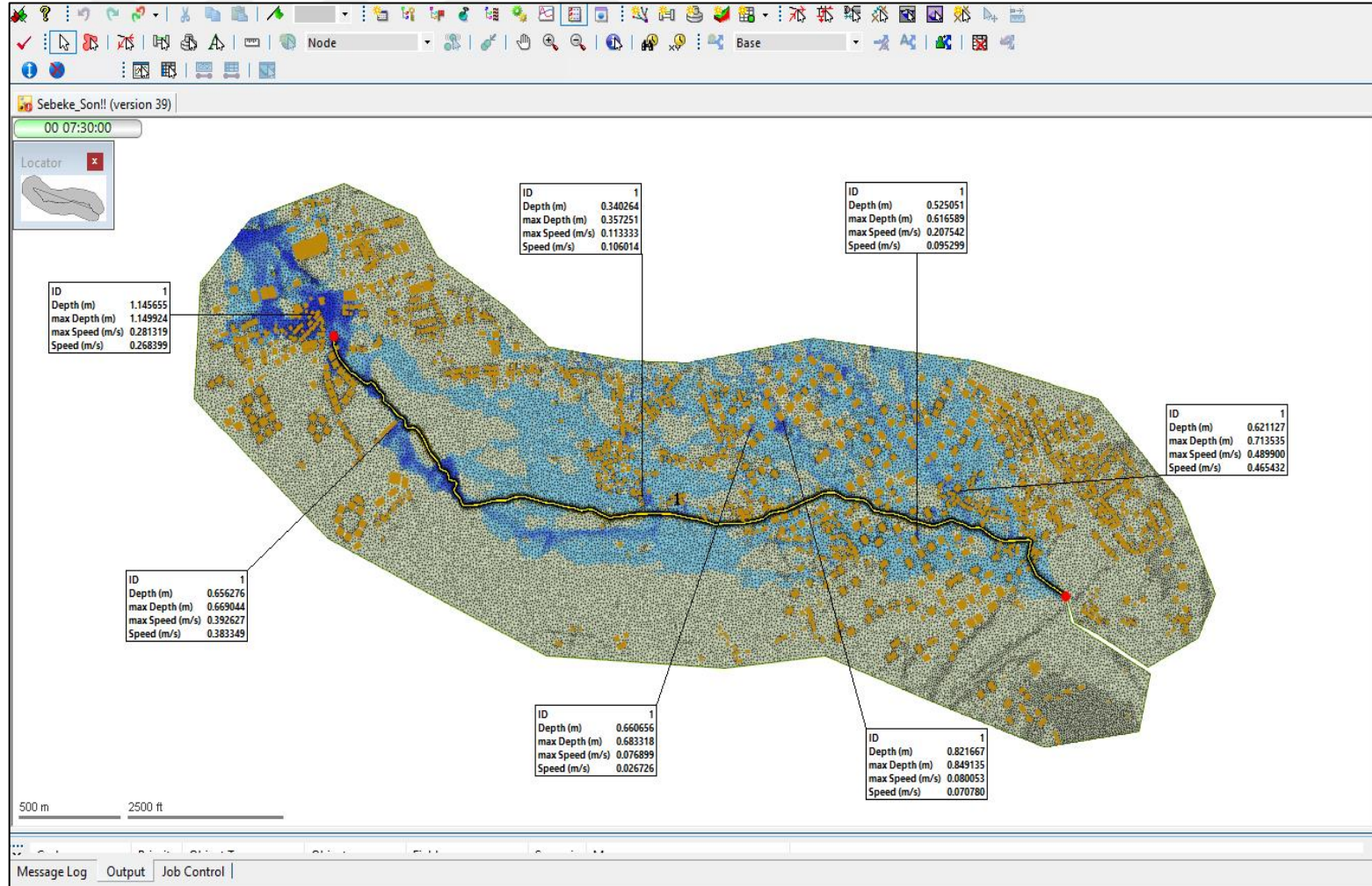




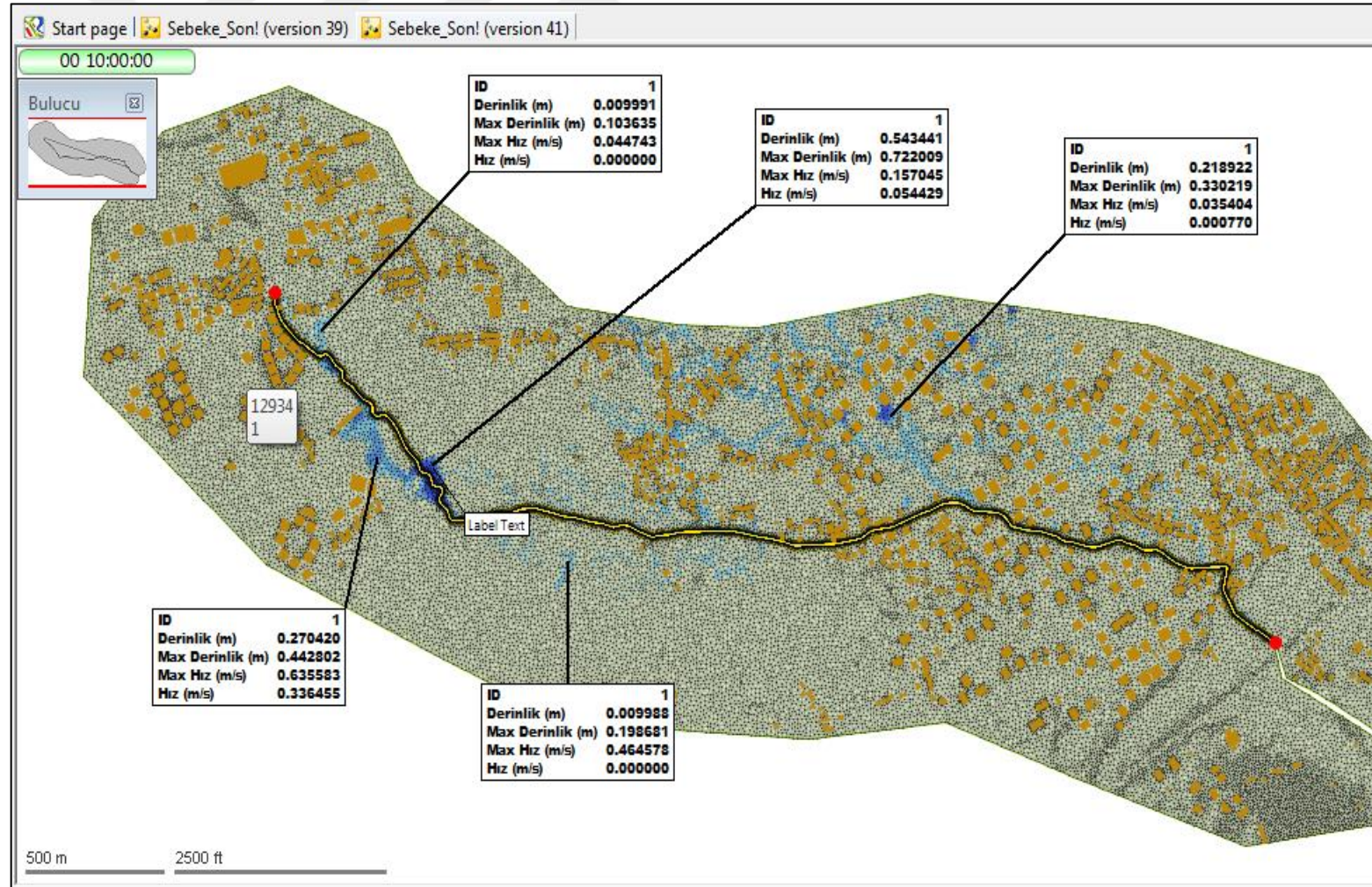
Şekil 7.33. Horata Deresi  $Q_{50}$  debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu



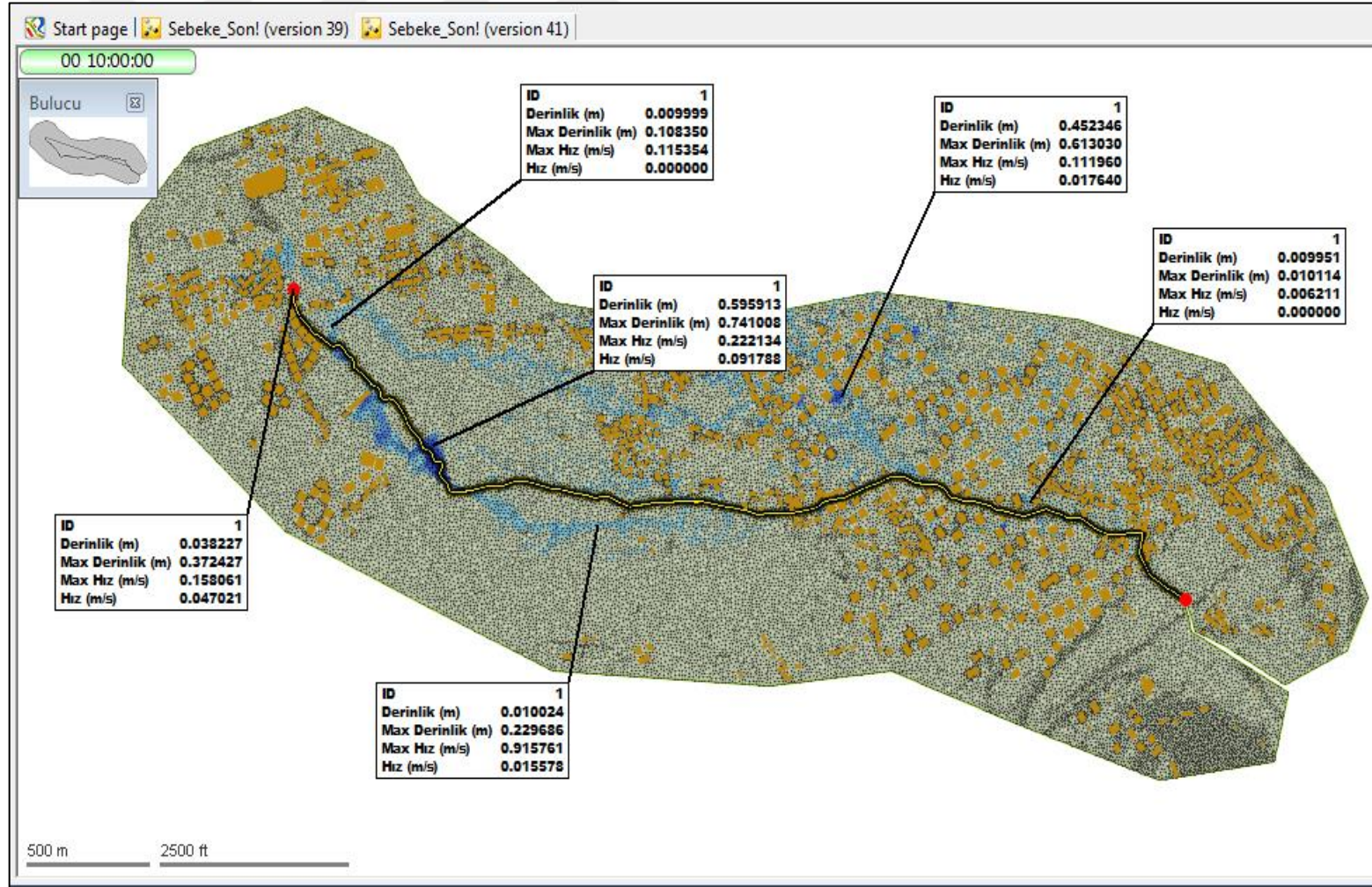
Şekil 7.34. Horata Deresi  $Q_{100}$  debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu



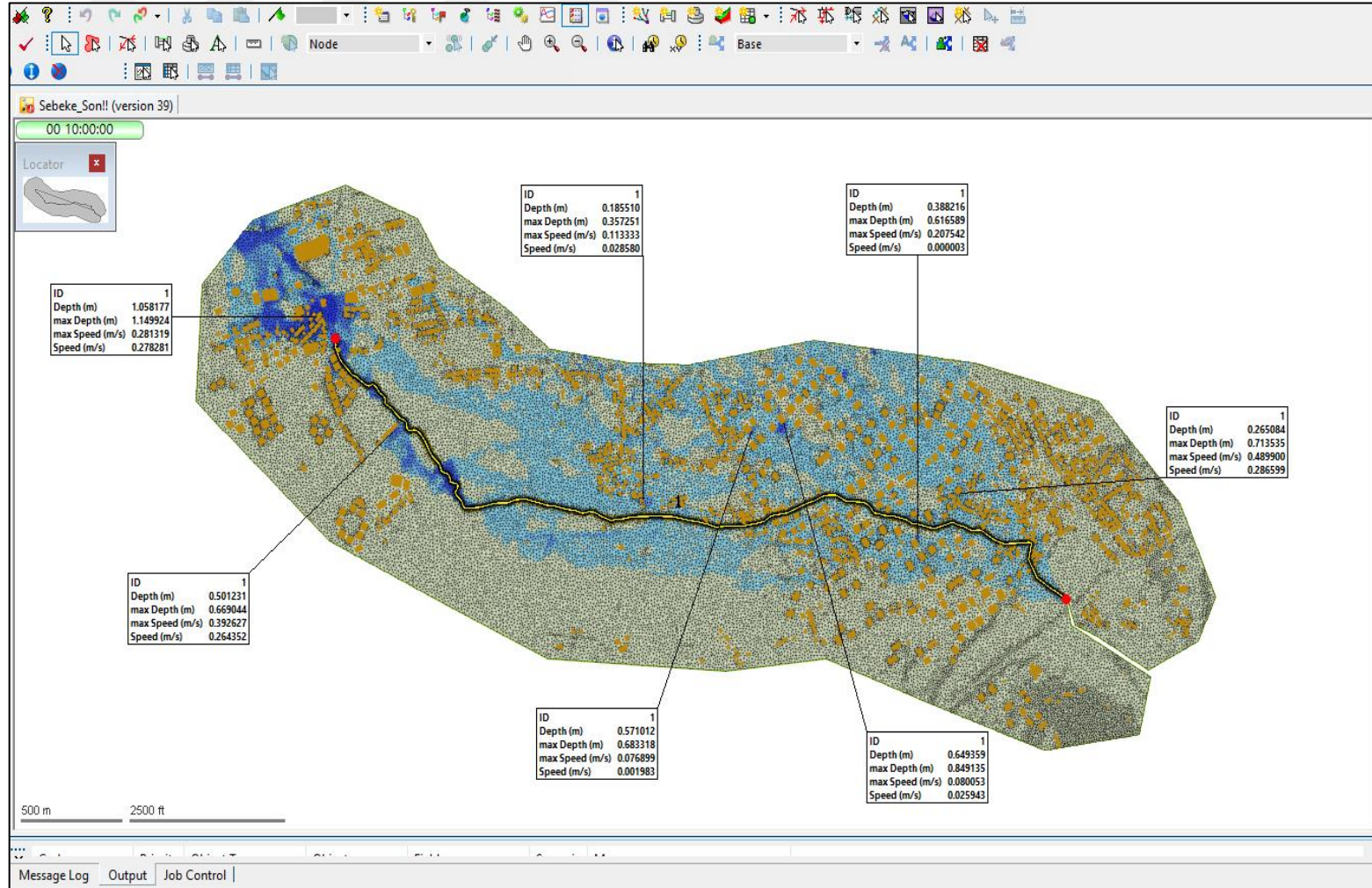
Şekil 7.35. Horata Deresi  $Q_{500}$  debisi için (7.5 Saat) simülasyon sonucu



Şekil 7.36. Horata Deresi  $Q_{50}$  debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu



Şekil 7.37. Horata Deresi  $Q_{100}$  debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu



Şekil 7.38. Horata Deresi  $Q_{500}$  debisi için (10 Saat) simülasyon sonucu

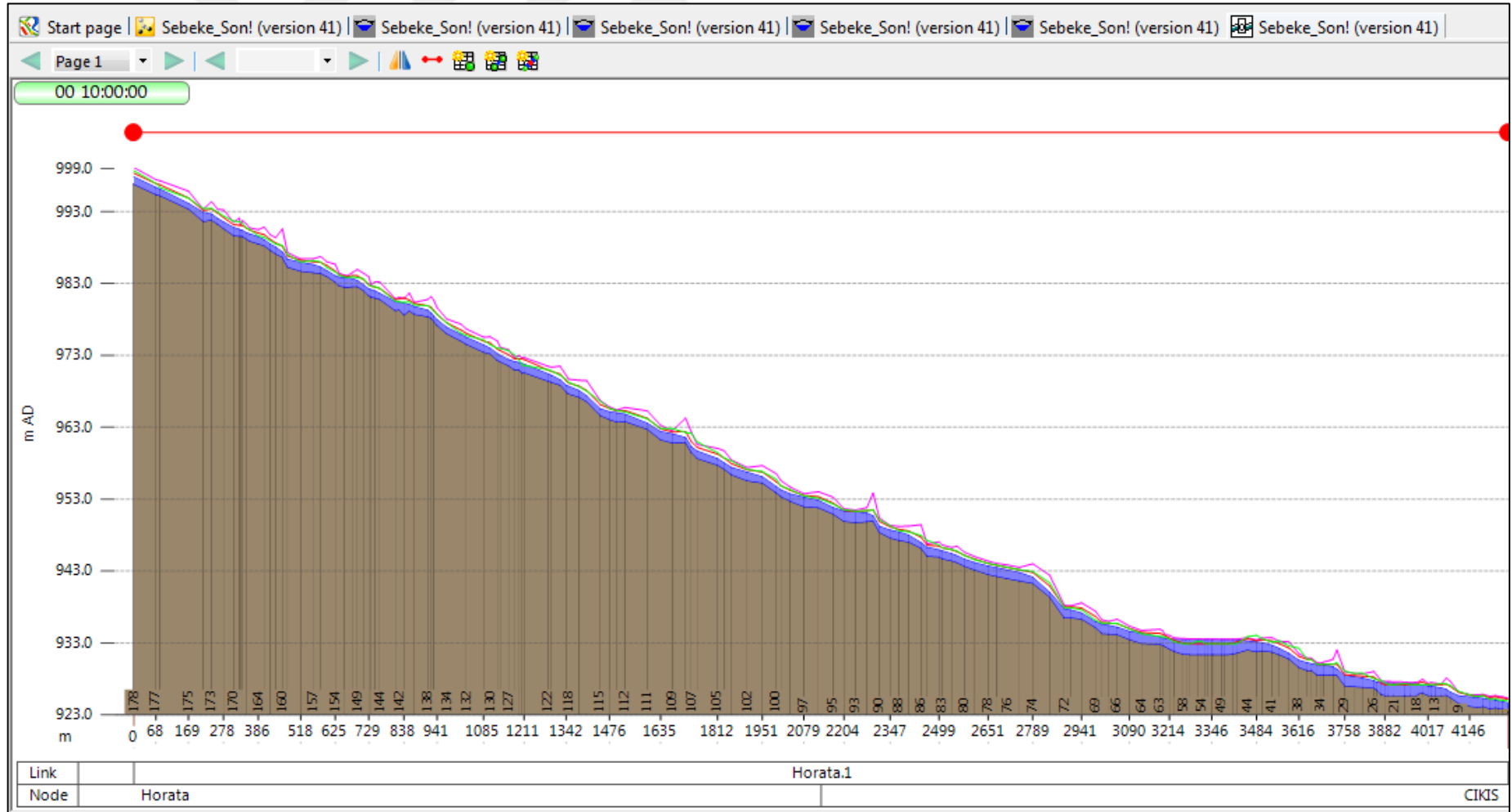
Horata Deresi uygulama alanından çeşitli tekerrür debilerine göre yapılan simülasyon sonucuna göre dere güzergâhının geçtiği bölgelerde yerleşim yerlerinin sel suları altında kalacağı açıklık kazanmıştır. Özellikle derenin menderes yaparak geçtiği bölgelerde taşkın sularının kesitten dışarı çıktığı bölgeler olarak göze çarpmaktadır. Bu bölgelerde geçmiş yıllarda sorumlu kuruluş tarafından çeşitli yapısal tedbirler alınsa da bu tedbirler yetersiz kaldığı söylenebilir. Söz konusu bölge bir cazibe merkezi olmakla beraber her geçen gün yapılaşmanın arttığı, dere kesitinin daraldığı/engellendiği bir bölgede yer almaktadır.

Önceki bölümlerde uygulama alanında taşkına sebep olan faktörler için yapılan değerlendirmeler dikkate alındığında, benzer durumun Horata deresi için geçerli olduğu söylenebilir. Taşkın yayılım haritalarından da görüldüğü gibi kesit daralmasının gözlemlendiği noktalarda riskin daha fazla olduğu, gelen suların kesitten geçmediği, kapasitenin yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır.

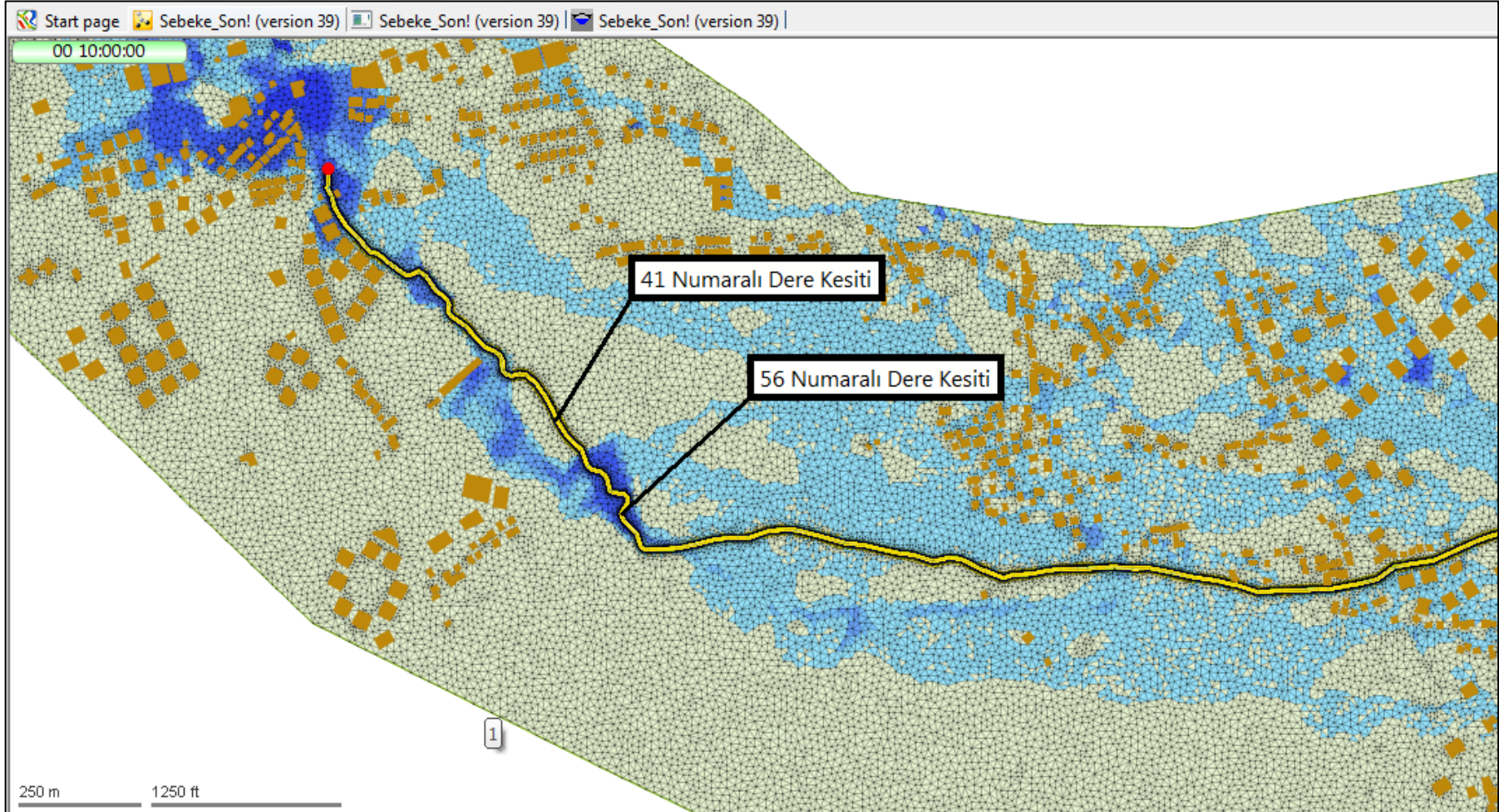
Çalışmaya konu olan Horata deresi güzergahı boyunca seviye değişiminin daha iyi anlaşılması için dere boykesiti ve su seviye değişimi elde edilmiş ve Şekil 7.39'da gösterilmiştir. Şekilde den görüldüğü gibi, simülasyon zaman adımı ilerledikçe kesitte su seviyesi yükselmekte ve özellikle pik debide maksimum seviyeye ulaşmaktadır.

Diğer taraftan farklı tekrarlanma periyotlarına göre yapılan taşkın simülasyonları sonucunda oluşan yayılım haritasında en fazla yayılımın görüldüğü noktalar detaylandırılmış (Şekil 7.40). Şekildeki harita üzerinde 56 ile 41 nolu noktalarda farklı tekrarlanma periyotları için en kesitlerde seviye değişimleri oluşturulmuş ve değerlendirme yapılmıştır. Şekil 7.40 incelendiğinde, özellikle 56 noktadan belli bir mesafede kanal tabanında ters eğim olduğu görülmektedir. Kesit daralması, bazı bölgelerde gözlen menderes ve ters eğim etkisi taşkın riski üzerinde etkili olduğu ve taşkın sularının dere güzergahında yerleşim yerleri için tehlike oluşturacağı görülmektedir.

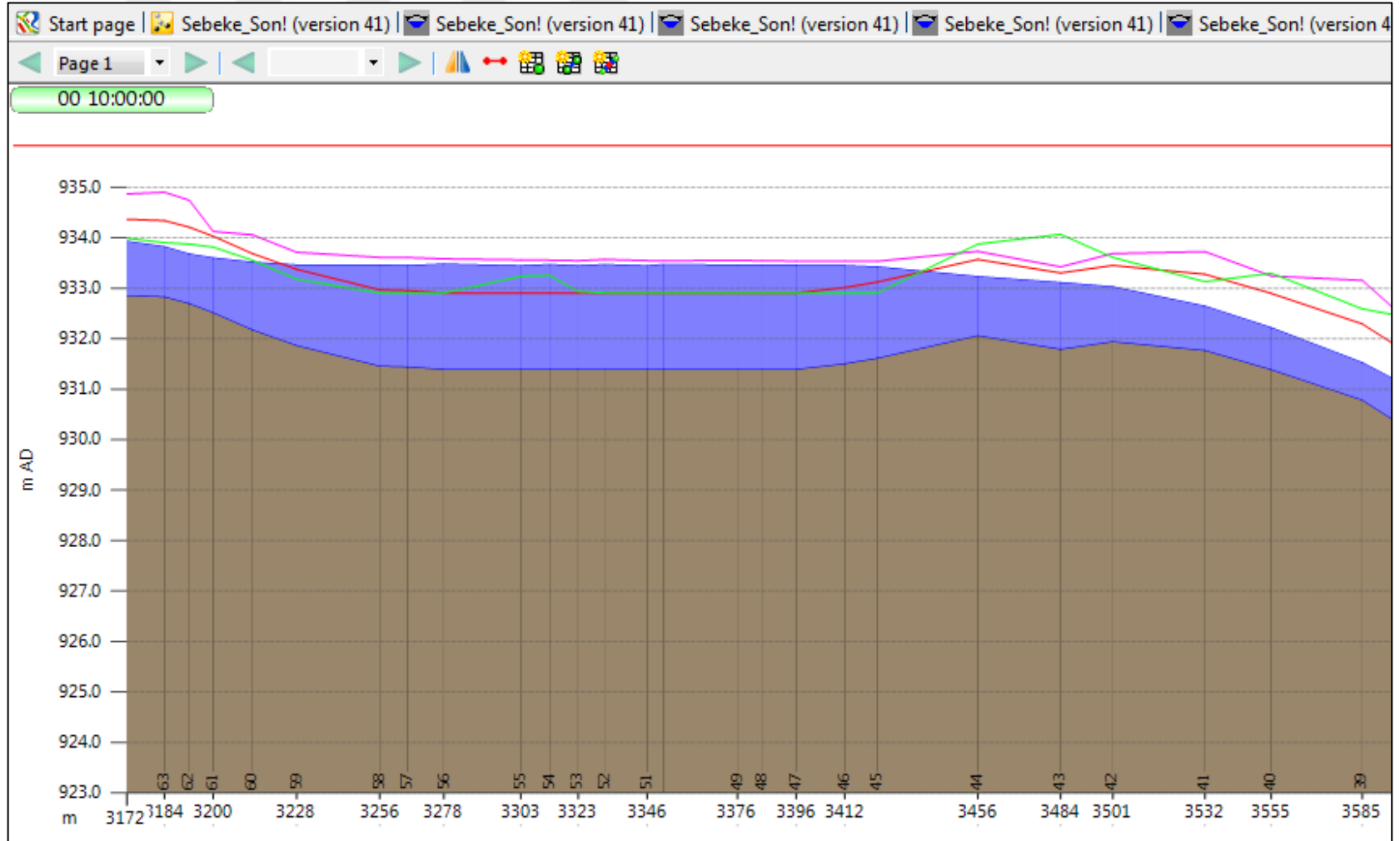
Uygulama bölgesinde Şekil 7.40'da verilen 41 nolu noktada 50, 100 ve 500 yıllık tekrarlanma periyotları için farklı simülasyon adımlarında en kesitte seviye değişimleri sırasıyla Şekil 7.42, 7.43 ve 7.44'te verilmiştir.



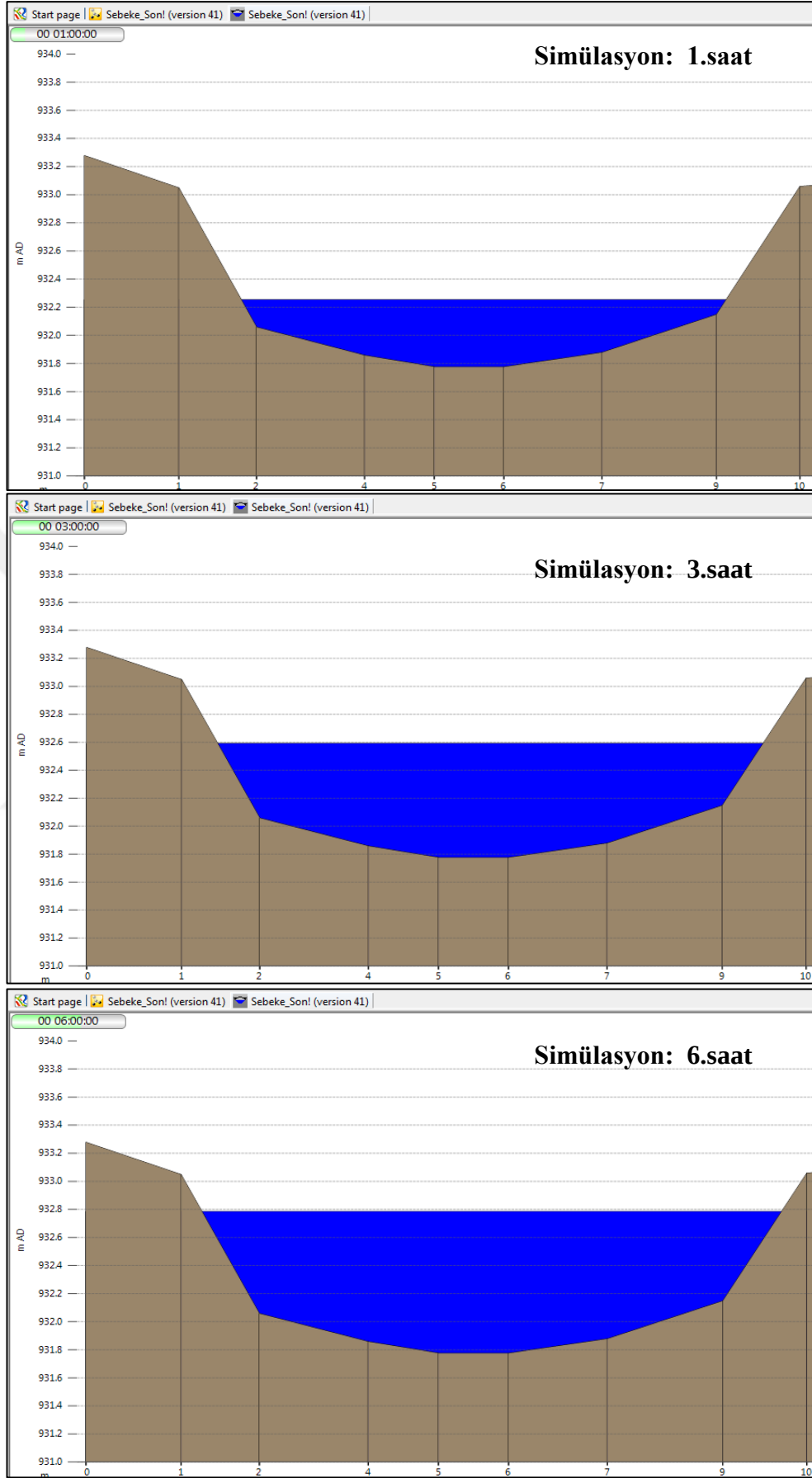
Şekil 7.39 Horata Deresi Boy Kesiti



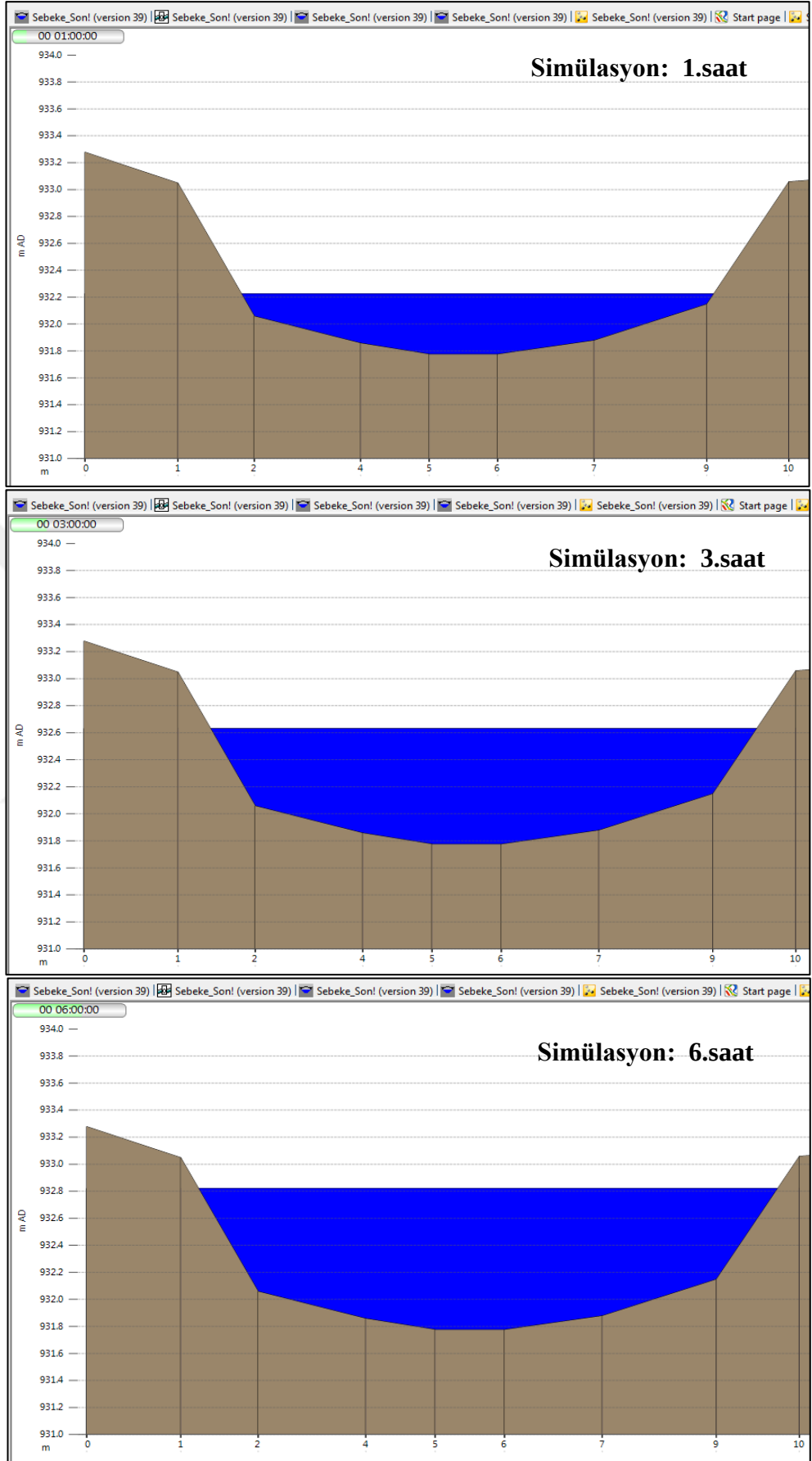
Şekil 7.40 Horata Deresi 41 ve 56 Numaralı Kesit



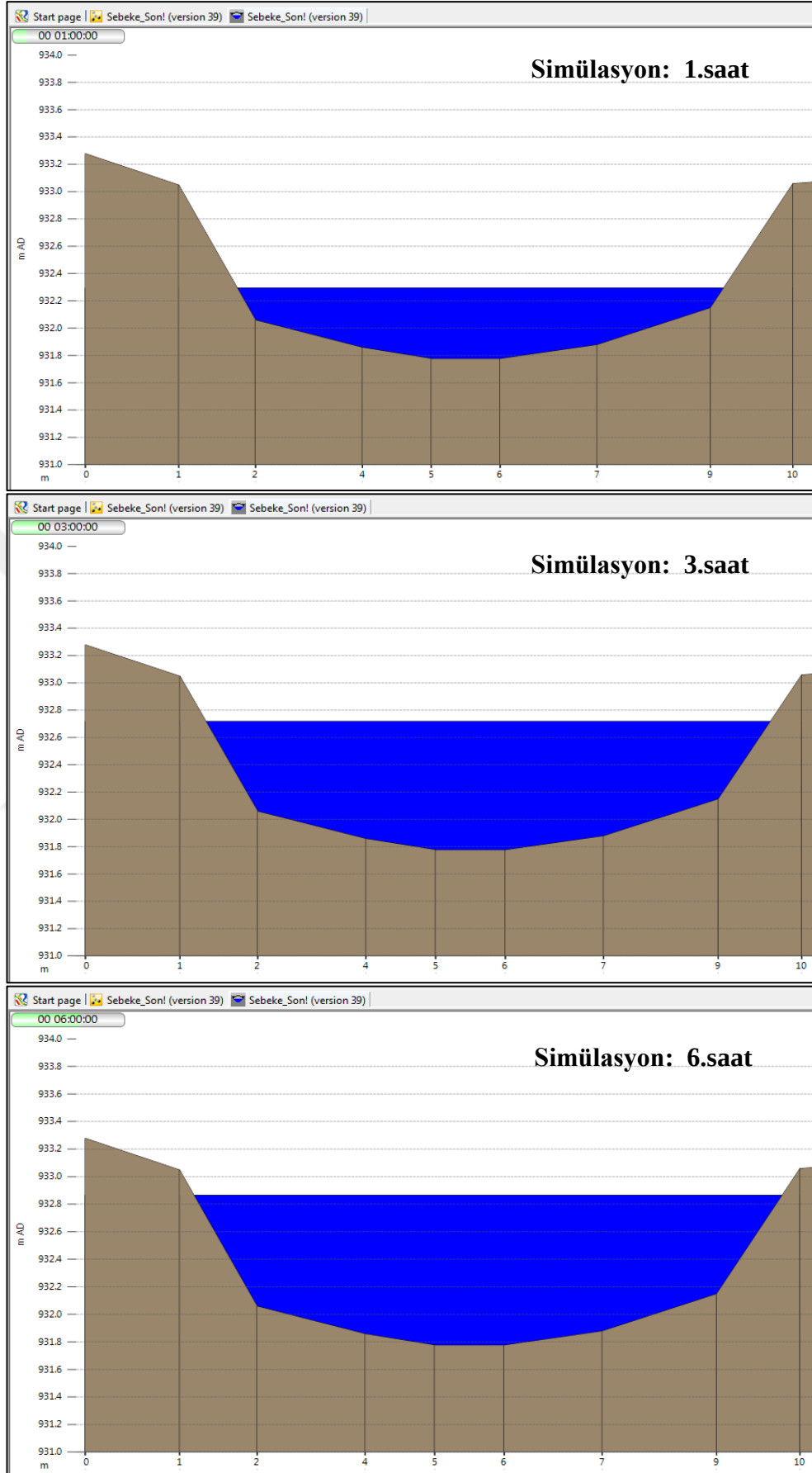
Şekil 7.41 Horata Deresi 41 ve 56 Numaralı Noktaların Boy kesit Detayları



Şekil 7.42. Tekrarlanma periyodu 50 yıl için 41 nolu kesitte seviye değişimi



Şekil 7.43. Tekrarlanma periyodu 100 yıl için 41 nolu kesitte seviye değişimi



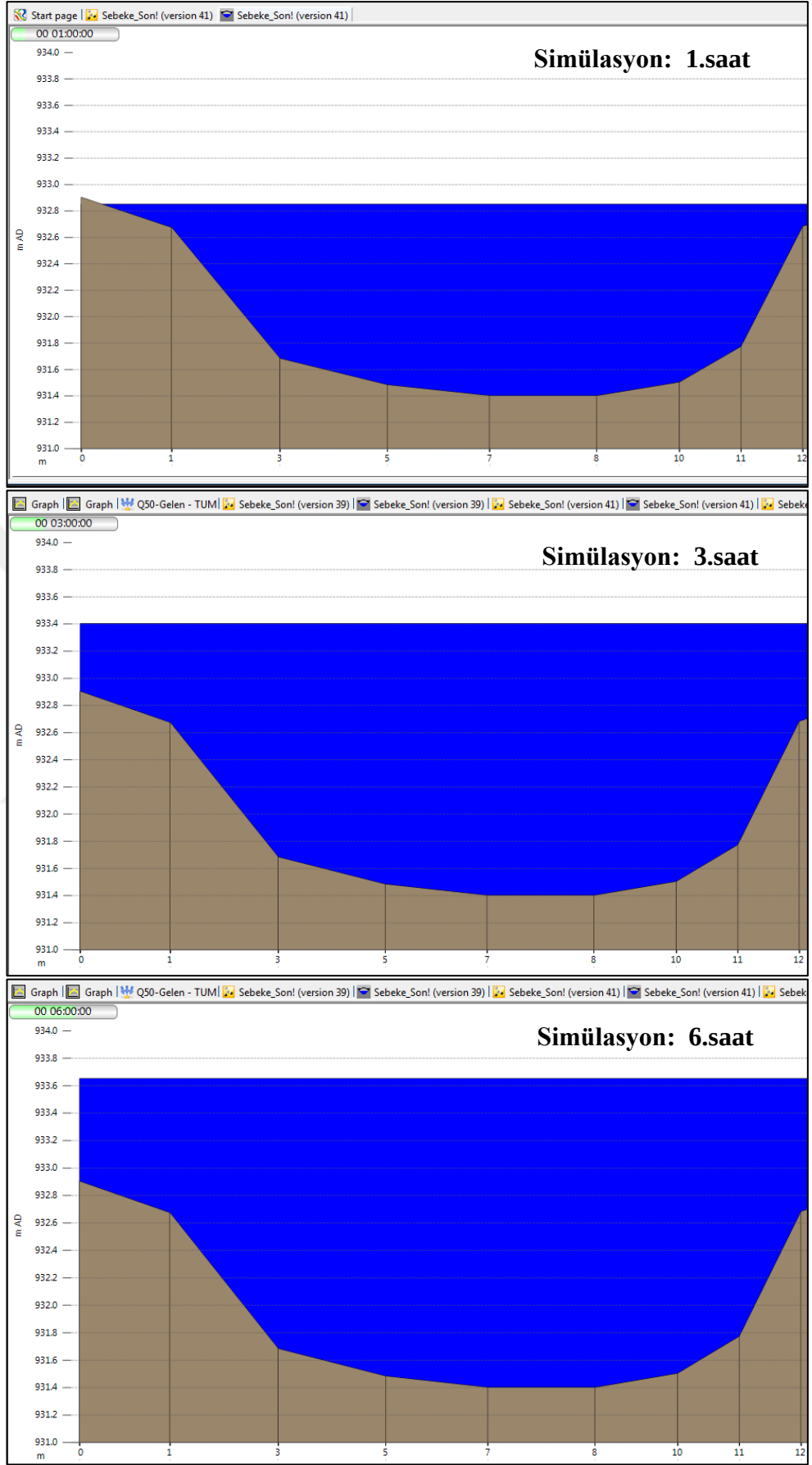
Şekil 7.44. Tekrarlanma periyodu 500 yıl için 41 nolu kesitte seviye değişimi

Simülasyon sonucunda 50, 100 ve 500 yıllık tekerrür debisine göre oluşan taşkın durumları irdelendiğinde 1. saatler sonunda 41 numaralı kesitte oluşan su seviyeleri Şekil 7.42, Şekil 7.43 ve Şekil 7.44’de görülmektedir. Her üç durumda da kesitler taşkın debilerini taşımaktadır.

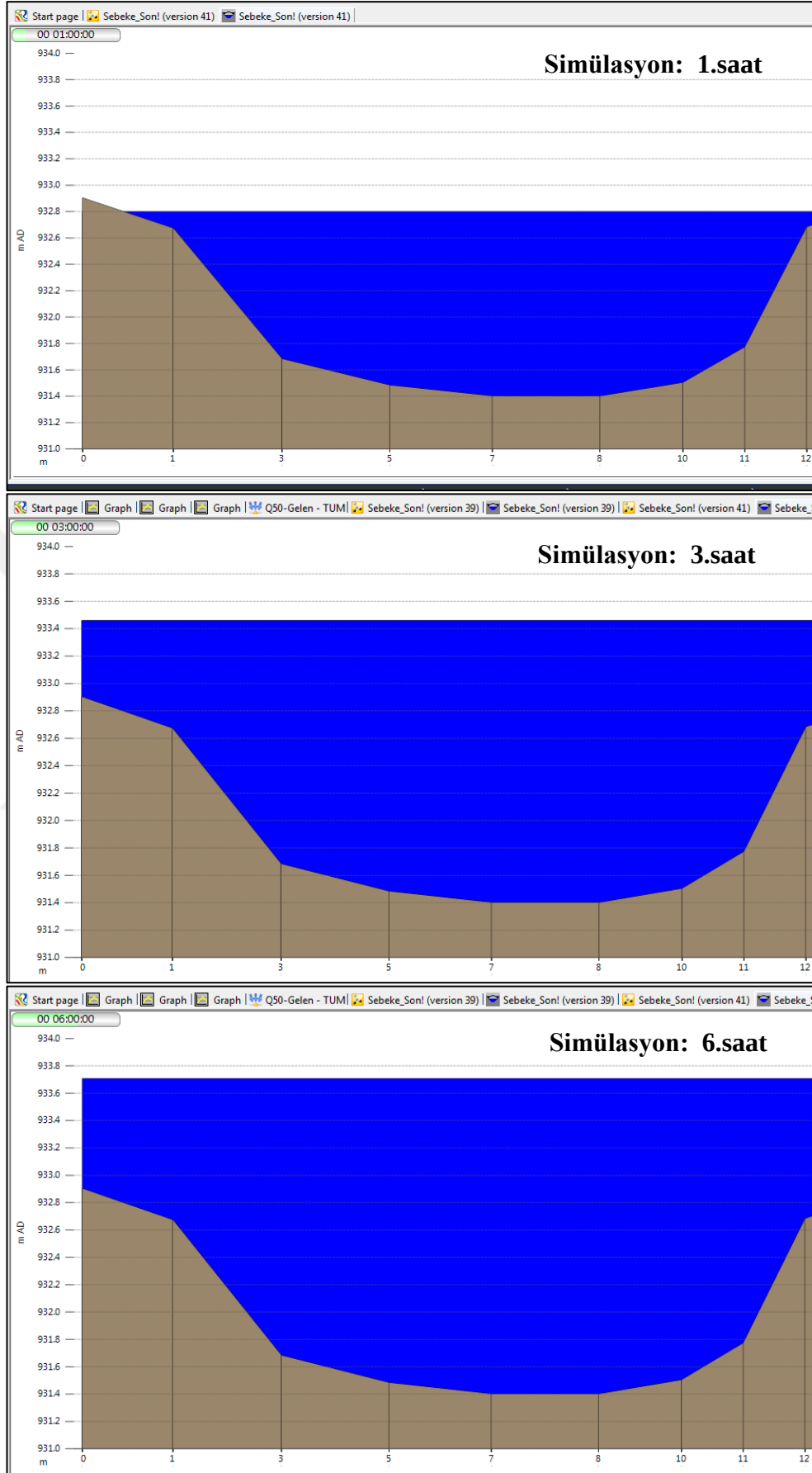
Aynı tekerrür debilerinin 3. saatler sonucunda oluşan su seviyeleri 41 numaralı kesitte Şekil 7.45, Şekil 7.46 ve Şekil 7.47’te görüldüğü üzere sorun olmaksızın geçmektedir.

Elde edilen hidroğraflarda 50, 100 ve 500 yıllık tekerrür debilerinde maksimum akımın 6. saatler sonucu elde edildiği bilindiğinden 6. Saatler sonucunda elde edilen su yükseklikleri Şekil 7.42, Şekil 7.43 ve Şekil 7.44’de görüldüğü gibi bulunmuştur. 41 numaralı kesit dere güzergâhının düz olarak devam ettiği bir kısımda yer almaktadır. Genel olarak Horata Deresi kesitleri çok değişkenlik göstermemekle beraber yer yer imar durumlarından dolayı ve menfez imalatlarından dolayı akışı engelleyecek birçok kulp ve yapı barındırmaktadır. Dere güzergâhında bulunan bu bölümler şiddetli yağış durumlarında taşkına sebep olabilecek potansiyele sahiptir.

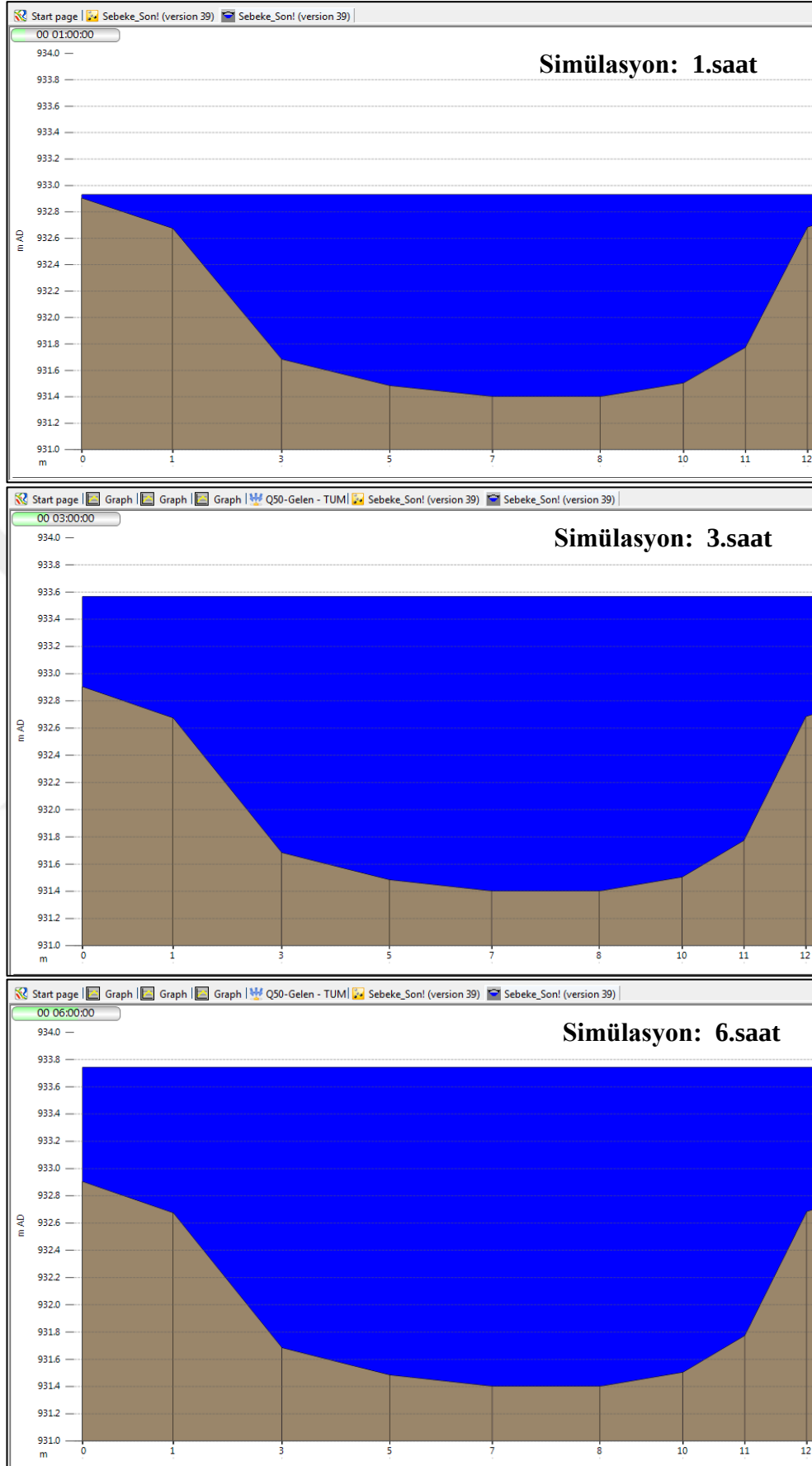
Uygulama bölgesinde 56 nolu noktada 50, 100 ve 500 yıllık tekrarlanma periyotları için farklı simülasyon adımlarında en kesitte seviye değişimleri sırasıyla Şekil 7.45, 7.46 ve 7.47’de verilmiştir.



Şekil 7.45. Tekrarlanma periyodu 50 yıl için 56 nolu kesitte seviye değişimi



Şekil 7.46. Tekrarlanma periyodu 100 yıl için 56 nolu kesitte seviye değişimi



Şekil 7.47. Tekrarlanma periyodu 500 yıl için 56 nolu kesitte seviye değişimi

Çalışma sonucunda iki adet kritik kesit seçilmiş ve aynı tekerrür debileri ve aynı saatler sonucunda oluşan su yükseklikleri ele alınmıştır. Her üç durumda da su yüksekliği kesiti geçmekte ve taşkın durumu ortaya çıkmaktadır. 56 numaralı kesitte 3. saatler sonucunda dere kesitleri üzerinde 60-70 cm civarında su yükü oluşmakta ve yerleşim yerlerine yayılmaktadır.

6. saatler sonunda aynı kesitte oluşan su yükü kesit üzerinde yaklaşık 75-90 cm civarında gerçekleşmektedir. Belirlenen bu kesitlerden 56 numaralı kesit 41 numaralı kesite göre daha çok dönüşlerin olduğu bir bölümde yer almaktadır. Aynı tekerrür debilerinde 41 numaralı kesit aynı debiyi taşımasına rağmen 56 numaralı kesitte taşkın meydana gelmektedir. Taşkın meydana gelmesinde bir diğer etken ise taşkın tesisindeki eğimlerdir. Şekil 7.40'de görüldüğü üzere 41 numaralı taşkın meydana gelmeyen kesitte eğim yeterli olduğundan taşkın debisini taşımaktadır. Ancak 56 numaralı kesitte eğimin diğer kesite oranla olmaması hatta ters eğimin olduğu açıkça ortadadır. Bu durum ise anılan kesitte taşkına sebep olmaktadır.

## 8. SONUÇLAR

Malatya kent merkezinde meydana gelen taşkınlar çoğu zaman şehrsel gelişim ve doğal akım yönleri ihmal edildiği için oluşmaktadır. Kazı, dolgu, köprü, yol, bina vb. yapılar ile doğal dereler kapatılmış veya kesitleri daraltılmış, drenaj hatlarındaki su basmaları incelendiğinde, yanlış kullanım ve kesitin kum vb. maddeler ile dolması sonucu olduğu gözlenmiş, taşkın tesisi bulunmadığı için veya dere yatakları kapatıldığı için sel suları cadde ve sokaklarda akışa geçmektedir. Çalışma kapsamında Malatya ili özelinde, taşkın riski olan bölgelerin analiz edilmesi, risk haritasının oluşturulması, koruma önlemlerinin planlanması hedeflenmiştir. Yukarıda verilen dere örneklerinden de anlaşılacağı üzere şehir merkezinden geçen dere ve kanalların taşkın riski oluşturmada temel faktörlerin benzer olduğu görülmektedir. Yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda temel olarak aşağıdaki faktörler ön plana çıkmıştır;

- Şehir merkezinden geçen ve memba kesimindeki havzalardan yağış sularını toplayan dere ve kanalların mansap koşullarının bozulması,
- Bu dere ve kanalların mansap kesiminde yanlış imar uygulamaları sonucunda mansabın ortadan kaldırılması,
- Bu dere ve kanalların kesitlerinin köprü vb. uygulamalar ile daraltılması, dere/kanallarda taşkın debileri için ıslah çalışmalarının yapılmaması/yapılamaması
- Dere ve kanallarda yapılan yanlış ıslah çalışmaları sonucunda kapasitesinin azaltılması ve kesitin daraltılması
- Drenaj ağındaki birçok boru hattına katı madde girişi ve kanalizasyon bağlantılarının bulunması yağış olmayan dönemde de arızaların meydana gelmesine sebep olmaktadır.
- Birçok drenaj şebekesinin ömrünü tamamlamış olması ve işçiliği kötü olması diğer bir arıza sebebi olarak gösterilebilir.

Malatya il merkezinde bulunan ve şiddetli yağışlarda risk oluşturabilecek dereler yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından bilinmektedir. Çalışma kapsamında bu derelerden birisi olan Horata Deresi pilot bölge olarak seçilmiş ve veriler sorumlu DSİ Bölge Müdürlüğü, MASKİ Genel Müdürlüğü ve harita alımları sonucunda temin edilmiştir. Elde edilen veriler ham veriler olduğundan dolayı bu veriler üzerinde bir takım işlemler dönüşümler yapılmıştır.

Elde edilen ikincil veriler gerçek akış verileri üzerinden simülasyona tabi tutulmuş sonuçlar farklı tekerrür debilerinde ve saatlerde karşılaştırılmıştır. Simülasyon çıktıları kıyaslandığında 50 yılın altındaki taşkın tekerrür debilerinde Horata Deresi güzergahında kayda değer su basmalarının olmadığı görülmüş fakat 50, 100 ve 500 yıllık tekerrür debilerinde yerleşim yerlerinin ve ana ulaşım yollarının su derinliklerinin 1 m'nin üzerinde gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Horata deresinde DSİ 92. Şube Müdürlüğü tarafından geçmiş yıllarda yapısal tedbir olarak taşkın tesisi inşa edilmiştir. Horata deresinin içinden geçtiği şu anki yerleşim yerleri en fazla 10 yıl öncesine kadar kayısı ve meyvecilik tarımının yapıldığı bir mahal olmakla beraber, bu yerlerin imara açılması sonucu gelişigüzel menderesler çizerek nihayetinde Elazığ-Malatya çevreyoluna ulaşmaktadır. Geçmiş yıllarda söz konusu derenin içinden geçtiği bahçe ve tarlalar Horata deresi marifetiyle sulanmaktaydı ve dere birçok noktada kollara ayrılmaktaydı.

İmar ve yapılaşma çalışmaları sonucunda hali hazırdaki bahçelerin yok olması sonucu doğal sulama kanalları da yok oldu ve Horata deresi üzerindeki kolları kullanılamaz duruma geldi. Ayrıca tarım arazilerinin yerini alan geçirimsiz asfalt ve beton yapılar şiddetli yağışlar sonucunda yağmur sularının neredeyse tamamının akışa geçmesi sonucu taşkınlara sebep olabilmektedir. Dere güzergahı boyunca yapılan harita alımları bize kanal hattının yer yer menfez ve köprü gibi yapılarla kesildiğini ve ters eğimlerin olduğunu gösterdi. Aynı zamanda geçmiş yıllarda bu bölgelerde tarım yapıldığı dönemlerden kalan ilkel regülatörlerin olduğu ve dere kesitini daraltarak su alındığı gözlemlenmiştir.

Halihazırda yaz aylarında menba kısmında gerçekleşen sulama gibi tarım faaliyetleri yüzünden Horata deresinde taban akımı gerçekleşmemektedir. Ancak

yağışların gözlemlendiği sonbahar ve özellikle ilkbahar aylarında sulama suyu kullanımının olmadığı dönemlerde akış gözlenmeye başlar. Şiddetli yağışlarla birleşen bu taban akımı ciddi taşkın tehlikesi oluşturmaktadır.

Horata deresi mansap kısmında Malatya-Elazığ çevre yolu ve Barguzu Caddesi boyunca yine aynı çevre yoluna doğru devam eden bostanbaşı kanalı ile birleşmektedir. Bostanbaşı kanalı son yıllarda peyzaj düzenlemeleri sonucunda belli aralıklarla suyun kabarması maksadıyla setler ile düzenlendi. Bu setler sonucunda söz konusu kanalda su seviyeleri üst noktalarda tutularak görsel olarak zenginlik katılması hedeflenmiştir. Ancak Horata deresi ile birleşen ve çevre yolunu kesen bu dereler yağışın olmadığı dönemlerde sorun çıkartmamasına rağmen şiddetli yağışlarda birleşerek taşkına sebep olabilmektedir. Zaten çalışma sonucunda elde edilen su derinlikleri de bize çevre yolu civarında 1 m'nin üzerinde seviyelerin gerçekleştiğini göstermiştir.

2006 ve 2010 yıllarında yayımlanan Başbakanlık genelgeleri ile taşkın öncesinde taşkın anında ve sonrasında kurumların uyması gereken kurallar yinelenmiştir. Örneğin meskun mahallerde bulunan doğal dere yataklarının korunması, imar planları yapılırken mutlaka Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden görüş alınması ve dere yataklarının tescil dışı bırakılması öngörülmüştür. Yine aynı genelgeler ile bu dere yataklarına yapılacak köprü, menfez vs. yapıların boyutlandırılması konusunda görüş alınması gerekmektedir.

Dere yataklarında inşaa edilecek yapılar, taş ocakları ve alt yapıların hangi kurallar çerçevesinde işleileceği ve yapılacağı belirtilmiştir. Ancak son yıllarda sıkça yaşanan taşkınlar bize mevzuatların tek başına yetmeyeceğini ve uygulamada üstünde durulmadığını göstermektedir. Yapılan çalışma sonucunda özellikle şehir merkezlerinde taşkınların yaşanmaması ve en aza indirilmesi konusunda şu hususların göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

- Doğal dere yataklarının korunması menba ve mansap arasında herhangi bir yapılaşmaya karşı korunması,
- İmar çalışmaları yapılırken dere yataklarının korunması ve dere güzergahı boyunca yeterli boşlukların bırakılması,
- İmar çalışmalarında ilgili kurum kuruluşların mutlaka görüşünün alınması,

- Dere yataklarına yapılacak köprü, menfez gibi yapıların boyutlandırılmasında görüş alınması,
- Dere yataklarında akışı engelleyecek herhangi bir kirlenmeye karşı ilgili kurumların çalışmaları,
- Alt yapıdan sorumlu kurumların dere yataklarını engelleyici faaliyetlerinin önüne geçilmesi,
- Yağmursuyu drenaj hatlarının projelendirilmesinde doğru verilerin kullanılması,
- Drenaj hatları inşasında doğru malzeme ve kaliteli işçiliğin mutlak suretle kullanılması,
- Drenaj sisteminin yıllık rutin bakım ve temizliklerinin yapılması,
- Drenaj sistemlerinin en önemli materyali olan mazgalların yer seçiminde eğim vs. özelliklerin göz önünde bulundurulması oldukça önemlidir.
- Genel olarak şehrin güneyinden başlayarak şehir merkezine doğru inen ve zaman zaman sorun teşkil eden derelerin, beydağı yamaçlarında teşkil edilecek kuşaklama kanalları ile uygun bir deşarj noktasına mansaplanması,
- Şehir merkezine inen kapasitesi yetersiz dere ve kanalların güzergahlarında yapılacak istimlak sonucuna göre taşkın tesislerinin yapılması kent merkezinde yaşanacak taşkınların önüne geçecektir.

## 9. KAYNAKLAR

Ahmadisharaf, E., Kalyanapu, A.J., Chung, E-S., (2015). Spatial probabilistic multi-criteria decision making for assessment of flood management alternatives. *Jorunal of Hydrology*. **533**, 365-378.

Benzerra, A., Cherrared, M., Chocat, B., Cherqui, F., Zekiouk, T. (2012). Decision support for sustainable urban drainage system management: A case study of Jijel, Algeria. *Journal of Environmental Management*. **30**, 46-53.

Caradot, N., Granger, D., Chapgier, J., Cherqui, F., Chocat, B. (2011). Urbanflood risk assessment using sewerflooding databases. *Water Science and Technology*. **64**, 832-840.

Chen, Y-R., Yeh, C-H., Yu, B. (2009). Integrated application of the analytic hierarchy processand the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan. *Natural Hazards*. **59**, 1261-1276.

Cherqui, F., Belmeziti, A., Granger, D., Sourdril, A., Le Gauffre, P. (2014). Assessing urban potentialflooding risk and identifying effective risk-reduction measures. *Science of Total Environment*. **514**, 418-425.

Curebal, İ, Efe, R., Özdemir, H., Soykan, A., Sönmez, S. (2014). GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto International*. **31**, 355-366.

de Winnaar, G., Jewitt, G.P.W., Horan, M. (2007). A GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. **32**, 1058-1967.

Dong, X., Zeng, S., Chen, J., Zhao, D. (2008). An integrated assessment method of urban drainage system: A case study in Shenzhen City, China. *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China*. **2**, 150-156.

Ebrahimian, A., Ardeshir, A., Rad, I.Z., Ghodsypour, S.H. (2014). Urban stormwater construction method selection using a hybrid multi-criteria approach. *Automation in Construction*. **58**, 118-128.

Fernandez, D.S., Lutz, M.A. (2009). Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*. **111**, 1-4.

Hlodversdottir, A.O., Bjornsson, B., Andradottir, H.O., Eliasson, J., Crochet, P. (2015). Assessment of flood hazard in a combined sewer system in Reykjavik city centre. *Water Science and Technology*. **1**, 1471-1477.

Gogate, N.G., Kalbar, P.P., Raval, P.M. (2016). Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. *Journal of Cleaner Production*. **142**, 2046-2059.

Goldshleger, N., Karnibad, L., Shoshany, M., Asaf, L. (2011). Generalising urban runoff and Street network density relationship: A hydrological and remote-sensing case study in Israel. *Urban Water Journal*. **9**, 189-197.

Golz, S., Schinke, R., Naumann, T. (2014). Assessing the effects of flood resilience technologies on building scale. *Urban Water Journal*. **12**, 30-43.

Inamdar, P.M., Cook, S., Sharma, A.K., Corby, N., O'Connor, J., Perera, B.J.C. (2013). A GIS based screening tool for locating and ranking of suitable stormwater harvesting sites in urban areas. *Journal of Environmental Management*. **128**, 363-370.

Korving, H., Noortwijk, J.M.V., Van Gelder, P.H. A. J. M., Clemens, F.H. L. R. (2009). Risk-based design of sewer system rehabilitation. *Structure and Infrastructure Engineering*. **5**, 215-227.

Lee, G., Jun, K.S., Chung, E.S. (2013). Integrated multi-criteria flood vulnerability approach using fuzzy TOPSIS and Delphi technique. *Natural Hazards Earth System Science*. **13**, 1293-1312.

Mahmoud, S.H., Mohammad, F.S., Alazba, A. A. (2015). Delineation of potential sites for rainwater harvesting structures using a geographic information system-based decision support system. *Hydrology Research*. **46**, 591-606.

MASKİ (2017). *Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi. Kanalizasyon Daire Başkanlığı Yıllık Faaliyet Raporu*. Malatya.

MASKİ (2018). *Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi. Kanalizasyon Daire Başkanlığı Yıllık Faaliyet Raporu*. Malatya.

Nigussie, T.A., Altunkaynak, A. (2016). Assessing the Hydrological Response of Ayamama Watershed from Urbanization Predicted under Various Landuse Policy Scenarios. *Water Resources Management*. **30**, 3427-3441.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2016). *Taşkın Yönetim Planlarının Hazırlanması, Uygulanması ve İzlenmesi Hakkında Yönetmelik*. Resmi Gazete 29710.

Ouma, Y.O., Tateishi, R. (2014). Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. *Water*. **6**, 1515-1545.

Radmehr, A., Aragninejad, S. (2014). Developing Strategies for Urban Flood Management of Tehran City Using SMCDM and ANN. *Journal of Computing in Civil Engineering*. **28**, 05014006-1.

Ravagnani, F., Pellegrinelli, A., Franchini, M. (2008). Estimation of Urban Impervious Fraction from Satellite Images and Its Impact on Peak Discharge Enter in a Storm Sewer System. *Water Resources Management*. **23**, 1893-1915.

Salehi, E., Rafii, Y., Behtash, M.R.F., Aghababai, M.T. (2018). Urban Flood Hazard Zonation Using GIS and Fuzzy-AHP Analysis (Case study: Tehran city). *Journal of Environmental Studies*. **39**, 40-42.

Stephenson, V., D'Ayala, D. (2014). A new approach to flood vulnerability assessment for historic buildings in England. *Natural Hazards Earth System Science*. **14**, 1035-1048.

SYGM (2017). Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2017 Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın Yönetimi Kitabı.

Tingsanchali, T. (2011). Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*. **32**, 25-37.

Tran, H.D., Perera, B.J.C., Ng, A. W. M. (2001). Predicting Structural Deterioration Condition of Individual Storm-Water Pipes Using Probabilistic Neural Networks and

Multiple Logistic Regression Models. *Journal of Water Resources Planning and Management*. **135**, 553-557.

Wu, X., Yu, D., Chen, Z., Wilby, R.L. (2012). An evaluation of the impacts of land surface modification, storm sewer development, and rainfall variation on waterlogging risk in Shanghai. *Natural Hazards*. **63**, 305-323.

Zhang, G., Guhathakurta, S., Dai, G., Wu, L., Yan, L. (2012). The Control of Land-Use Patterns for Stormwater Management at Multiple Spatial Scales. *Environmental Management*. **51**, 555-570.

Zhu, Z., Chen, Z., Chen, X., He, P. (2015). Approach for evaluating inundation risks in urban drainage systems. *Science of The Total Environment*. **553**, 1-12.

[www.innovyze.com](http://www.innovyze.com) (erişim tarihi: 01.09.2018)

## ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Selami KILIÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: MALATYA- 1986

Adres: Tecde Mahallesi Kozluk Sokak Verapark 3 Sitesi B Blok No 25 Yeşilyurt / Malatya

### Kişisel Bilgiler:

|                 |         |
|-----------------|---------|
| Doğum Tarihi    | 1986    |
| Medeni Durum    | Evli    |
| Askerlik Durumu | Yapıldı |

### İş Tecrübesi

|            |                                                    |
|------------|----------------------------------------------------|
| 2008-2009  | Yedek Subay                                        |
| 2010-2011  | Özel Firma Şantiye Şefi                            |
| 2011-2012  | Kale Belediyesi Fen Memuru                         |
| 2012-2016  | Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Kontrol Mühendisi |
| 2016-2017  | Maski Genel Müdürlüğü Kontrol Mühendisi            |
| 2017-Halen | Maski Genel Müdürlüğü Şube Müdürü                  |

### Eğitim Bilgileri:

|            |                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------|
| 2004-2008  | Pamukkale Üniversitesi- İnşaat Mühendisliği- Lisans    |
| 2016-Halen | İnönü Üniversitesi- Hidrolik Bilim Dalı- Yüksek Lisans |

### Seminerler:

2009 Netcad Kursu Diyarbakır İMO  
2013 Temel Mühendislik Eğitimi İznik/Bursa (DSİ)  
2015 Kontrol Müh. İhtisas Eğitimi Ankara (DSİ)

### Tezden Üretilmiş Yayınlar:

Kılıç, S., Özdemir, Ö., Fırat, M. (2018). Kentsel Alanlarda Doğal Kanallardan Kaynaklanan Taşkınların Analizi ve Risk Haritasının Oluşturulması: Malatya İli Örneği. Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Sempozyumu 2018 (UKSAY-2018), Denizli.

Kılıç, S., Özdemir, Ö., Fırat, M. (2018). Factors Causing Flood Risk In Stormwater Drainage Systems In Urban Areas: Malatya Case Study. International Water and Environment Congress, 22-24 March 2018, Bursa. 490-497.