

**KENT İÇİ KARAYOLU ALT GEÇİTLERDE YÜZEYSEL
YAĞMUR SUYU DRENAJİ İÇİN
HİBRİT SİSTEM ANALİZİ:
DİYARBAKIR ÖRNEĞİ**

HÜSEYİN FİDAN

**TEMMUZ 2023
DİYARBAKIR**

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KENT İÇİ KARAYOLU ALT GEÇİTLERDE YÜZEYSEL
YAĞMUR SUYU DRENAJİ İÇİN
HİBRİT SİSTEM ANALİZİ:
DİYARBAKIR ÖRNEĞİ**

HÜSEYİN FİDAN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA
BİLİM DALI HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

TEMMUZ 2023
DİYARBAKIR

KENT İÇİ KARAYOLU ALT GEÇİTLERDE YÜZEYSEL YAĞMUR SUYU DRENAJİ İÇİN HİBRİT SİSTEM ANALİZİ: DİYARBAKIR ÖRNEĞİ

Hüseyin FİDAN tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

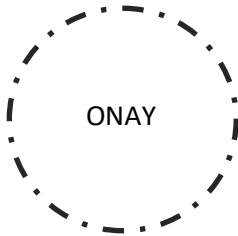
Prof. Dr. Tamer BAĞATUR
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Tamer BAĞATUR (*)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat BATAN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batman Üniversitesi



Savunma Tarihi: 06 / 07 /2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Hüseyin FİDAN

İmza:

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenim ve tez çalışma süreçleri boyunca her türlü tecrübe ve deneyimini benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Tamer BAĞATUR' a teşekkürlerimi sunarım.

Hidrolik anabilim dalında bulunan hocalarım, özellikle Sayın Prof. Dr. Fevzi ÖNEN' e, Prof. Dr. Zeynel Fuat TOPRAK' a ve bölümdeki diğer hocalarıma ilgilerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamda veriler konusunda ilgilerinden dolayı Karayolları 9.Bölge Müdürlüğü'ne ve Meteoroloji 15.Bölge Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
3. ÇALIŞMA ALANI	8
3.1 Diyarbakır- Şanlıurfa Yolu Üzerinde Bulunan Köprülü Kavşak ve Alt Geçitlerin Konum ve Tarihçeleri	9
3.2 Havzanın Jeolojik Yapısı ve İklim Özellikleri	15
4. YAĞMUR SUYU YÖNETİM MODELİ (EPA SWMM) PROGRAMI	20
4.1 SWMM Modelinin Hidrolojik Özellikleri	22
4.2 SWMM Modelinin Hidrolik Özellikleri	22
4.3 SWMM’de Kullanılan Hesaplama Yöntemleri	23
4.3.1 Yüzeysel akış	23
4.3.2 Sızma	24
4.3.3 Yeraltı suyu	26
4.3.4 Kar erimesi	27
4.3.5 Akış ötelemesi	27
5. HİBRİT SİSTEM İÇİN TASARIM HESABI	30
5.1 Akış Tahmini Yöntemi	30
5.2 Küçük Akımlar İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı	31

5.3 Büyük Akımlar İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı.....	31
5.4 Hibrit Sistem Tasarımına Ait Hesaplamalar	33
6. DOĞUM HASTANESİ KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI ALT GEÇİDİNİN EPA SWMM İLE MODELLENMESİ.....	38
6.1 Modelin Oluşturulması.....	38
6.1.1 Alt havzaların oluşturulması.....	38
6.1.2 Birleşim noktalarının yerleştirilmesi	42
6.1.3 Çıkış/deşarj noktalarının belirlenmesi.....	43
6.1.4 Yağışölçerin tanımlanması	44
6.1.5 Boru hatlarının yerleştirilmesi	46
6.1.6 Pompa sisteminin yerleştirilmesi	48
6.1.7 Depolama ünitesi yerleştirilmesi.....	50
6.2 Simülasyon Çalıştırılması.....	51
7. BULGULAR.....	52
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1 Yağmur suyunun Ankara 70 Gün Alt Geçidinde yol açtığı manzara [3].....	1
Şekil 1. 2 Yağmur suyunun İzmir Menemen Alt Geçidinde yol açtığı manzara [4]....	2
Şekil 1. 3 Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde yol açtığı manzara [5].....	2
Şekil 1. 4 Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde yol açtığı manzara [5].....	3
Şekil 1. 5 Gözenekli çöp tutucular [7].	4
Şekil 1. 6 Yağmursuyu toplama havzası filtreleme sistemi [8].....	4
Şekil 1. 7 Oluklu yağmursuyu ızgarası [9].....	4
Şekil 1. 8 Yol kenarı hendekleri [10].....	4
Şekil 3. 1 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi görünümü [23].....	8
Şekil 3. 2 Seyrantepe Köprülü Kavşağı Görünümü [24].	9
Şekil 3. 3 Diclekent Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [24].	10
Şekil 3. 4 Parkorman Alt Geçit Köprüsü Görünümü [25].	11
Şekil 3. 5 Kantar Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [25].....	11
Şekil 3. 6 Yenihal Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [26].....	12
Şekil 3. 7 Yüzevler Alt Geçit Köprüsü Görünümü [26].	12
Şekil 3. 8 Otogar Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [26].....	13
Şekil 3. 9 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit konumu [27].	14
Şekil 3. 10 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi trafik akışı görünümü [28].	15
Şekil 3. 11 İnceleme alanı ve yakın çevresine ait jeoloji haritası [29].	16
Şekil 3. 12 Türkiye Deprem Bölgelendirme Haritası [30].	17
Şekil 4. 1 arayüz ekranında örnek çalışma [19].....	21
Şekil 4. 2 SWMM’de yüzeysel akış [39].	24
Şekil 4. 3 SWMM modelinin yeraltı suyu modeli şeması [41].	26
Şekil 5. 1 Alt Geçit Yağmursuyu Depolama Dikey Profili Çizimi [44].....	32
Şekil 5. 2 Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yoğunluk-süre-frekans eğrisi [47].	36
Şekil 6. 1 SWMM ile modellenen Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit alanı [26].....	38
Şekil 6. 2 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağında EPA SWMM için oluşturulan alt havzalar.	39

Şekil 6.3 SWMM’de modellemek için Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Altgeçidinin oluşturulan plan ve dikey görünümü.	39
Şekil 6. 4. S1 numaralı alt havza	41
Şekil 6. 5 M1 numaralı birleşim noktası	42
Şekil 6. 6 Out1 numaralı çıkış/deşarj noktası.....	43
Şekil 6. 7 100 yıllık tekerrür eden yağış verileri	44
Şekil 6. 8 5 yıllık tekerrür eden yağış verileri	45
Şekil 6. 9 Yağışölçer (Rain100)	46
Şekil 6. 10 Sewer12 numaralı boru hattı.....	47
Şekil 6. 11 Dairesel en kesitli kanal.....	48
Şekil 6. 12 Pump1 numaralı pompa.....	49
Şekil 6. 13 Pumpout numaralı pompa çıkışı	49
Şekil 6. 14 Sump1 numaralı karter	50
Şekil 7. 1 EPA SWMM’de kullanılan düğüm-bağlantı sistemi.....	52
Şekil 7. 2 Pompa debideşarj zaman serisi (ideal pompa).....	53
Şekil 7. 3 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi depolama ünitesi su derinliği değişimi	53
Şekil 7. 4 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde hiyetograf	54
Şekil 7. 5 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde hidrograf (S1=S2, S3=S4)	54
Şekil 7. 6 Sewer34 numaralı kanal debi-zaman serisi	55
Şekil 7. 7 Simülasyonun 00.15’inci anında itibarı ile mevcut sistem boru hattının kapasite durumu.....	57
Şekil 7. 8 Simülasyonun 00.15’inci dakikası anında mevcut sistem su kotu profili ..	58
Şekil 7. 9 Simülasyonun 00.15’inci dakikası anında ideal pompa eklenilmiş ve artırılmış boru hattı kapasitesi durumu.	59
Şekil 7. 10 Simülasyonun 15’inci dakikası anında ideal pompa eklenilmiş ve artırılmış boru hattı kapasitesi su kotu profili.....	60
Şekil 7. 11 Simülasyonun 00.15’inci dakikasında mevcut sistemde gözlemlenen yüzeysel akış/taşkın/hız renkli haritası.	62
Şekil 7. 12 Simülasyonun 00.15’inci dakikasında gözlemlenen mevcut boru hattı kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegre edilmiş -yüzeysel akış/taşkın/hız renkli haritası.	63

Şekil 7. 13 Mevcut sistem simülasyonun 00.15’inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanıl giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası.....65

Şekil 7. 14 Sisteme pompa entegre edilmesi sonucu, simülasyonun 00.15’inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanıl giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası.....66



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1 Diyarbakır ili iklim verileri [33].....	19
Tablo 5. 1 Beton ve koruge boru Manning pürüzlülük katsayıları [44].	36
Tablo 5. 2 f : Boru iç yüzeyleri pürüzlülük katsayılar [45].	36
Tablo 5. 3 Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağış dönüş periyotları [46].....	37
Tablo 5. 4 Kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [20].....	37



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
A	Islak Enkesit Alanı (m^2)
Alt İndis j	J-İnci Havza İle İlgili Değişkenleri Temsil Eder.
A_T	Su Yüzey Alanı (m^2)
B	Karayolu Altgeçit Basık Bölümü Duvardan Duvara Genişliği
C	Programlama Dili (Bilgisayar Programı)
C_{iAi}	İ-İnci Rögardaki Toplam Kümülatif Etkin Havza
C_1	Yerel Sabit
C_2	Yerel Sabit
C_3	Yerel Sabit
CN	Eğri Numarası (Curve Number)
d	Su Yüksekliği
d_i	İ-İnci Kanalizasyonda $[L]$ Cinsinden Gerekli Hidrolik Çap
d_p	Maksimum Depresyon Depolaması
f	Sızma Hızı
f_0	Başlangıç Sızma Hızı
f_I	Yüzeyden Sızma
f_c	Ekspansiyel Hız (Sabitlenmiş Sızma Hızı)
f_{EU}, f_{EL}	Evapotranspirasyon (Üst Bölge, Alt Bölge)
f_L	Alt Bölgeden Derin Yeraltı Suyuna Süzülme

f_p	Sızma Kapasitesi
f_U	Üst Bölgeden Alt Bölgeye Süzülme
F	Toplam Sızma Miktarı
F_s	Yüzeyin Doygunluğa Ulaşması İçin Gerekli Toplam Sızma
g	Yerçekimi İvmesi (m/sn^2)
h	Akım Yüksekliği (mm)
H_L	Düşük Noktadaki (m) Cinsinden Baş Yükseklik
H_p	Pompa Beygir Gücü Veya Kilowatt
h_p	Pompa Yüksekliği (m)
H_0	Çıkış Noktasındaki Baş Yükseklik (m)
h_1	Düşük Noktadan Zemin Üst Noktasına Kadar Olan Sürtünme Kaybı
h_2	Düşük Noktadan Zeminin Çıkış Noktasına Kadar Olan Sürtünme Kaybı
I_a	Havzanın 0 İle 1 Arasındaki Geçirimsizlik Oranı
h	Yağış Şiddeti (Yağış Yüksekliği)
k	Azalma Sabiti
K_p	550 Beygir Gücü veya 1000 Kilowatt
K_s	Doygun Zemin İçin Hidrolik İletkenlik
K^*	[L/T] Cinsinden Taşıma Faktörü
L	Toplam Su Yolu Uzunluğu
L_C	Oluk Akış Uzunluğu
L_0	Yüzey Akış Uzunluğu
L_s	Kanalizasyon Borusunun [L/T] Cinsinden Tam Akış Hızı

M	Başlangıç Nem Eksikliği
m	Yağış Süresini Hesaplamak İçin Düzeltme Faktörü
n	Manning Pürüzlülük Katsayısı
n	Toplam İ-İnci Rögardaki Akış Yukarısındaki Havzalar
$N\text{-Imperv}$	Geçirimsiz Alan Manning Pürüzlülük Katsayısı
$N\text{-Perv}$	Geçirimsiz Alan Manning Pürüzlülük Katsayısı
P	1 Yıllık 24 Saatlik Maksimum Yağış (mm)
$Pindex$	Yağış Olayının Geri Dönüş Periyodunu Temsil Eden İnç veya mm Cinsinden İndeks Yağış Derinliği
q	Kanalın Birim Genişliğinden Geçen Debi (m^3/sn)
Q	Debi (m^3/sn), Yüzeysel Akışa Geçen Su Miktarı
Q_i	İ-İnci Rögardaki En Yüksek Debi
Q_p	Pompa Debisi (m^3/sn)
R	Hidrolik Yarıçap
S	Toprak Tarafından Tutulan Su Miktarı (Mm)
S	Altgeçit Basık Bölümünde [L/] Cinsinden Karayolu Eğimi
S_a	[L/L] Cinsinden Su Yolu Boyunca Ortalama Eğim
S_i	İ-İnci Kanalizasyon Boyunca [L/L] Cinsinden Ters Eğim
S_f	Kanal Eğimi
S_u	Kapiler Basınç
t	Zaman (Sn.)
T_{ci}	İ-İnci Rögardaki Dakika Cinsinden Konsantrasyon Süresi

T_d	Dakika Cinsinden Yağış Süresi
T^*	Dakika Cinsinden Yüzeysel Akış Süresi
u	Ortalama Hız
V	Yağmursuyu Tutma Hacmi
$V_{(y)}$	Depolama Hacmi (m^3)
V^*	Oluk Akış Hızı (m/sn)
x	Uzunluk (m, cm, mm)
α	1 Veya SI Birim Sistemi İçin 1/360 Birimsiz Katsayı
θ	Toprak Nemi
β	Ft/sn İçin 1 veya m/sn İçin 0,305
γ	Su İçin Özgül Ağırlık
Φ	Toprağın Porozitesi
ψ	Ft/sn İçin 0,462 ve m/sn İçin İse; 0,311'dir.
η	Beygir Gücü İçin Pompa Verimi 0,75

Kısaltma

Açıklama

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ArGIS	Arc Geographical Information Systems
CDM	Consolidated Desing and Machine
CNT	Center For Neighborhood Technology
DEK	Düşük Etkili Kentleşme
DEM	Digital Elevation Model
DSİ	Devlet Su İşleri

EPA	Environmental Protection Agency
GIS	Geographical Information Systems
IPCC	Intergovernmental Panel On Climate Change
LID	Low Impact Development
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NHTSA	National Highway Safety Administration
SWMM	Stormwater Management Model
THBB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Türkiye Hazır Beton Birliği
USA	United States Of America
USDA	United States Department Of Agriculture
3D	3 Dimension

ÖZET

KENT İÇİ KARAYOLU ALT GEÇİTLERDE YÜZEYSEL YAĞMUR SUYU DRENAJİ İÇİN HİBRİT SİSTEM ANALİZİ: DİYARBAKIR ÖRNEĞİ

Fidan, Hüseyin

Yüksek Lisans, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Tamer Bağatur

Temmuz 2023, 92 sayfa

Dünyada ve ülkemizde trafik kazalarında boğulma ölümleri genellikle karayolunun eğimli veya çöküntü bölümlerinde meydana gelmektedir. Bir kentsel alandaki karayolu düşük noktalarından yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda artan bir endişe bulunmakla birlikte bu sorunun çözümleri de aranmaktadır. Bu çalışmada Diyarbakır-Şanlıurfa, kent içi karayolu üzerinde bulunan köprülÜ kavşaklardan Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı uygulama alanı olarak seçilmiş olup hem güvenlik hem de hidrolik verimlilik açısından karayolu alt geçidi drenaj tasarımını iyileştirmek için yeni bir hibrit sistem sunulmaktadır. Alt geçit drenaj tesisinin iki sistemden oluşması tavsiye edilir: Küçük akımları yer çekimi yoluyla toplamak için boyutlandırılmış bir yeraltı kanalizasyon hattı ve büyük bir akım sırasında fazla suyu kaldırmak için bir pompa sistemi önerilmektedir. Pompa sistemi, acil ihtiyaçlar üzerine sabit bir istasyon veya hareketli bir birim olabilir. Birden fazla akımlar için böyle bir drenaj sistemi tasarlamak için, kanalizasyon borularını ve karter pompalarını boyutlandırmak için sırasıyla kullanılan Rasyonel Metot ve önerilen sistemin performansını iki akım altında doğrulamak için benimsenen EPA SWMM bilgisayar modeli dahil olmak üzere iki hidrolojik metot kullanılır. Sistem için seçilen alt geçit noktalarındaki hidrolik analizler Amerika Birleşik Devletleri'nin Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından önerilen bilgisayar programı Yağmur Suyu Yönetim Modeli (SWMM) ile analiz edilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur Suyu, Karayolu Alt Geçitleri, Pompa, Kanalizasyon, Rasyonel Metot

ABSTRACT

HYBRID SYSTEM ANALYSIS FOR SURFACE RAINWATER DRAINAGE IN URBAN HIGHWAY UNDERPASSES: THE CASE OF DİYARBAKIR CITY

Fidan, Hüseyin

Master of Science in Department of Hydraulic and Water Resources Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tamer Bağatur

July 2023, 92 pages

Drowning deaths in traffic accidents in the world and in our country generally occur in the sloped or collapsed sections of the highway. While there is growing concern about how to quickly and safely remove rainwater from highway low points in an urban area, solutions to this problem are also sought. In this study, the Maternity Hospital Bridge Interchange, one of the interchanges on the Diyarbakır-Sanlıurfa city highway, was chosen as the application area, and a new hybrid system is presented to improve the highway underpass drainage design for both safety and hydraulic efficiency. It is recommended that the underpass drainage facility consists of two systems: a sized underground sewer line to collect the small currents by gravity, and a pump system to remove excess water during a major current. The pump system can be a fixed station or a mobile unit on urgent needs. To design such a drainage system for multiple currents, two hydrological methods are used, including the Rational Method used to size the sewer pipes and sump pumps, respectively, and the EPA SWMM computer model adopted to validate the performance of the proposed system under two current. Hydraulic analyzes at the underpass points selected for the system will be analyzed with the Stormwater Management Model (SWMM), a computer program recommended by the United States Environmental Protection Agency (EPA).

Keywords: Stormwater, Highway Underpass, Pump, Sewer, Rational Method

1. GİRİŞ

Alt geit, otoyol sisteminde trafik akışını sürdürmek için rampa görevi gören yüksek köprülerden oluşur. Karmaşık bir otoyol kavşağında üç boyutlu yerleşim, özellikle şehir silüeti güzelliğini korumak, trafik akışlarının değişiminde kolaylık sağlamak, şerit ve yön değiştirmek için birçok yokuş yukarı rampa ve yükseltilmiş köprü ile otoyol bağlantısını sağlamaktadır. Bütün bu bağlantıları sağlayan alt geçit sisteminde yaratıcı bir drenaj sistemi inşa edilmelidir. Trafik kazalarında boğulma ölümleri genellikle karayolunun eğimli bölgelerinde veya çöküntülerinde meydana gelmektedir. Kentleşme hızı ve büyüme ile birlikte Dünya’da ve ülkemizde alt geçitlerde araçların suya batması sonucu araçtaki sürücü ve yolcuların ölüm oranları artmaktadır [1]. NHTSA raporuna göre; ABD’de 2004’ten 2007’ye kadar 33599 trafik kazasında 339 vaka tespit edilmiştir. Şiddetli yağış sırasında suya batmış araçlarda boğulmalar ile ilgili çok sayıda haber yapılmıştır. Ayrıca; Diyarbakır’ın Bağlar ilçesinde etkili olan sağanak yağış, Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde bulunan Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı’ndaki alt geçit kısa sürede suyla dolmuş ve bu sırada seyir halindeki 3 araç alt geçitte mahsur kalmıştır. Karayolları alt geçitlerinde boğulma vakalarının çoğu doğrudan altyapı drenaj sisteminin yetersiz oluşundan kaynaklanmaktadır (Şekil 1.1), (Şekil 1.2), (Şekil 1.3), (Şekil 1.4) [2].



Şekil 1. 1 Yağmur suyunun Ankara 70 Gün Alt Geçidinde yol açtığı manzara [3].



Şekil 1. 2 Yağmur suyunun İzmir Menemen Alt Geçidinde yol açtığı manzara [4].



Şekil 1. 3 Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde yol açtığı manzara [5].



Şekil 1. 4 Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde yol açtığı manzara [5].

Karayolları düşük noktaları ve alt geçitlerinde; yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözüm aranmaktadır. Bu çalışmada birden fazla şiddetli yağış olayı için hibrit drenaj sistemi geliştirilerek yeni bir konsept getirilmiştir. Kademeli akış sistemi olan hem yerçekimi hem de mekanik tesisler konseptini kullanarak alt geçit drenaj sistemi tasarımını genişletmektedir. Yeraltı kanalizasyon hattı kullanarak küçük ölçekli akımlar yerçekimi ile toplayacak şekilde boyutlandırılmalı ve deşarj etmek için istasyon veya hareketli bir ünite yapılmalıdır. Büyük akımların meydana gelmesi durumunda karayolları alt geçit sisteminde biriken yağmursuyu, yerçekimi ve mekanik tesislerin kombinasyonu ile tahliye edilir. Kısacası kanalizasyon ve pompa sistemi tahliyede birlikte kullanılır. Bu çalışmada bir karayolu alt geçidinde hibrit bir drenaj sistemi tasarlanmak için sistematik bir yaklaşım olarak; başta 100 yıllık yağış olayı olmak üzere birden fazla yağış olayı, tasarım projesine nasıl dahil edileceği konusunda çözümler üretilmiştir. Küçükten büyüğe tüm yağmur suları akımları için bir drenaj sistemi kurulur. İlk olarak 10 yıllık bir sokak drenaj sistemi kurulur ilave olarak makro akış sistemi inşa edilir. Gözenekli çöp tutucular kullanılarak kaldırımlardan, sokak girişlerinden ve sızan yataklardan gelen yağmur suyunu çöplerden arıtılarak yağmursuyu kalitesini korumasını ve 5 yıllık şiddetli yağış olaylarında güvenli bir şekilde geçilir. 50 ila 100 yıllık şiddetli yağış olaylarında sokak olukları, gözetim havuzları, yol kenarındaki hendekler, pompalar ve çoklu tasarım etkinlikleri kullanılarak bu sayede istenilen; temiz, güvenli ve verimli bir şekilde yağmursuyu drenaj yönetimine dahil edilir (Şekil 1.5), (Şekil 1.6), (Şekil 1.7), (Şekil 1.9) [6].



Şekil 1. 5 Gözenekli çöp tutucular [7].



Şekil 1. 6 Yağmursuyu toplama havzası filtreleme sistemi [8].



Şekil 1. 7 Oluklu yağmursuyu ızgarası [9].



Şekil 1. 8 Yol kenarı hendekleri [10].

2. LİTERATÜR TARAMASI

Colorado eyaletinin Denver kentinde uygulanan alt geçit yağmur suyu drenaj sistemi için küçük yağmur suyu akımlarını yer çekimi ile toplamak, büyük yağmur suyu akımları sırasında bir yeraltı kanalizasyon hattının boyutlandırılması ve fazla suyu kaldırmak için bir pompa sistemi kullanmışlardır. İki yağmur suyu akımı altında sistemin performansını doğrulamak için EPA SWMM bilgisayar modeli kullanmışlardır [11].

Hindistan'ın Ahmedabad şehrinin alt geçidi, Akhbarnagar alt geçidi, Naranpura alt geçidi, Incometex alt geçidi, Mithakhadi alt geçidi, Thaltej alt geçidi, Parimal Bahçe alt geçidi ve Shahibaug alt geçidi her yıl muson ikliminden dolayı sular altında kalması ve şehrin Akhbarnagar alt geçidinin tüm trafik sisteminin saatlerce kilitlenmesi sonucu yakın bölgelerde su birikmesi, su yoluyla hastalıklarının yayılması, fırtına drenajlarının tıkanması ve emiş valflerinin geri akışı gibi büyük sorunları çözmek için çevre topoğrafyası, yol eğimi, nüfus verileri, önceki yılın yağış verilerini kullanarak kanalizasyon şebekesi analizini ve pompa kapasitesinin iyileştirilmesini yapmışlardır. Ayrıca yağmur suyu ile mücadele etmek için Kuantum GIS & Google earth pro yazılım verileri ve AutoCAD kullanılarak alt geçidin mevcut durumundaki kusurlarını gidermişlerdir [12].

1960' yılların ortalarından beri sucul sistemlerinin davranışını simüle etmek için Standford Havza Modeli gibi modeller kullanılmıştır. Yağmur suyunun kalitesini ve miktarını simüle edebilen modeller 1970'lerin başından ortaya çıkmış ve öncelikle Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi ABD devlet kurumları tarafından geliştirildi. Geliştirilen modellerden birisi de EPA SWMM'dir [13].

Bir bilgisayar modelinde, bir sistemin davranışını temsil eden matematiksel ilişkiler bir bilgisayar programı kullanılarak çözülür. Eğer modeldeki değişkenlerden herhangi biri, bir olasılık dağılımına sahip rastgele değişkenler olarak kabul edilirse, model bir stokastik modeldir. Aksi takdirde deterministik bir modeldir [14].

Askıda katı madde hareketinin modellenmesinde SWMM programı kullanmasını tercih etmiş olup ve bu tür çalışmalar için SWMM programının uygun olabileceğini belirtmişlerdir [15].

Amerika Birleşik Devletleri Michigan eyaletindeki Jakson County’de bulunan Stephens Gap mağarasının yüzeysel sulardan oluşan akış debilerini simüle etmek için SWMM bilgisayar programını kullanarak, karstik bölgelerin yüzeysel sularının sızdırma kayıplarını SWMM programı ile yeterli düzeyde tahmin edilebileceklerinin kanısına varmışlardır [16].

İtalya’nın Kuzey bölgesinde bulunan Bologna kentindeki Po Nehri havzasında arazi kullanımı tahribatı sonucu, havza üzerindeki sel rejiminde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. SWMM bilgisayar programını kullanarak 1980, 1992 ve 1995 yıllarına ilişkin arazi kullanım verilerine göre, yüzeysel akış modeli oluşturmuşlardır. Arazi kullanım tahribatı neticesiyle birlikte havzanın hassasiyetinin artma trendinde olduğunu belirtmişlerdir [17].

Akdeniz bölgesinde bulunan Göksu Nehri havzasını modern metodolojiye uyarlayarak yağış akış ilişkisini modellemiş ve buna bağlı olarak ArGIS ve SWMM programlarıyla nasıl tasarım yapılabileceğini ortaya konulmuştur [18].

İzmir’in Bornova ilçesinde yer alan Ege Üniversitesi Kampüs alanını Hidrolik ve Hidrolojik yağmur suyu yönetim modellenmesini SWMM bilgisayar programı kullanarak oluşturmuştur. Ayrıca modele program üzerinde manuel olarak tanımlanabilen Düşük Etkili Kentleşme (DEK) uygulaması girdileri entegre etmiş ve bu uygulamanın yüzeysel akışa olan etkilerini çevreci bir yaklaşımla, yağmur suyunun nasıl verimli bir şekilde etkin kılınabileceğini değerlendirmiştir [19].

Erzurum şehrinin en yoğun olduğu caddelerden biri olan Yakutiye Belediyesi-Havuzbaşı yolunun yağmur suyu girişleri kapasitesinin yeterlilik derecesini yüzeysel drenaj doğrultusunda gözlemlemiş olup Rasyonel ve Manning yöntemlerini kullanarak yola gelen yüzeysel akış miktarını hesaplamış buna paralel olarak karayolları mevzuatında yer alan tip ızgara çeşitlerine göre, yağmur suyu girişlerinin ara mesafelerini hesaplamıştır. Bu çalışma neticesinde bulunduğu yağmur suyu girişleri ile mevcutta var olan uygulama alanı olarak seçtiği caddenin yağmur suyu girişleri ve sayısının yeterli gelmediği ayrıca yola yerleştirme durumunun da hatalı olduğunu gözlemlemiştir [20].

İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Maslak'ta yer alan Ayazağa Yerleşkesinin kampüs içi yol güzergahında bulunan yağmursuyu giriş yerlerinin yollardaki mevcut sistemdeki konumlarını, suyun cadde hattı üzerindeki yayılma genişliği, uygun yerlere konulması gibi durumları göz önüne alınarak incelenmiş olup inceleme neticesinde değiştirilmesi gerektiğini ön görerek, yapılmasını gerek gördüğü birtakım önerilerde bulunmuştur. Yağmur suyu giriş yerlerinin ekonomik, yapısal, fiziksel gibi birtakım özelliklerinin sahip olduğu olumlu ve olumsuz yönlerinden, araçlar ve yayalar için sağladığı faydalardan, yağmur suyu arkları üzerindeki yerler gibi birtakım özelliklerden söz etmiştir. Yolun, yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun akış debisini, yağışın şiddetini baz alan yağış tahmini metodu olan Rasyonel Metot ile hesaplayarak, İTÜ Ayazağa Yerleşkesinde yer alan yol güzergahındaki ızgaraların yerleştirilme şekillerini incelemiş olup ızgaraların yolu dikey kesecek biçimde baştan sona sıralı konulduğunu gözlemlemiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda ark derinliğinin az olduğu yerlerde olan ızgaraların verimsiz olacağından, çok sayıda gereksiz yere ızgara konulmuş olduğunu ve bu durumun ekonomik açıdan iyi olmadığını değerlendirmiştir [21].

Antalya kenti Konyaaltı İlçesinde yer alan Mustafa Uysal Parkı'nda yüzeysel suların drenajına sebep teşkil eden faktörleri peyzaj mühendisliği ve tasarımı çerçevesinde araştırmalar yapmış olup çalışma alanı arazisinin doğal topoğrafyasına özgü ve doğal drenaj hatlarını dizayn etmek ve doğal halini korumak amacıyla birtakım ölçüm ve gözlemler yapmış ve bu neticeler sonucunda elde ettiği verileri sayısallaştırmıştır. ArcGIS yazılımı olan 3DAnalyst uzantısıyla sayısal yükseklik modeli (DEM), ArcHydro uzantısı ile yüzeysel suların birikme yerlerini belirlemiş olup yüzeysel suların akış yönlerini ve birikme alanları haritaları oluşturmuştur. Arazide yaptığı gözlemler ile yüzeysel suların birikme yerleri tespit etmiş bununla birlikte ArcHydro ile oluşturduğu veriler ile kıyaslamıştır. Yaptığı analizler neticesinde uygulama alanı olan parkın yüzeysel suların drenaj sistemini yetersiz olduğunu gözlemlemiştir. Yüzeysel suların akış miktarlarını Rasyonel Metot ile hesaplamış, park alanı ve çevresinde meydana gelebilecek yüzeysel suların birikintilerinin oluşmasını önlemek amacıyla beton, çim örtülü parabol hendekler ve kapalı drenaj sistemi önerisinde bulunmuştur [22].

3. ÇALIŞMA ALANI

Diyarbakır kent içi trafiğini rahatlamak ve konforlu bir trafik akışını sağlamak için Diyarbakır-Şanlıurfa devlet yolu üzerinde yapılan Otogar Köprüsü Kavşağı, Doğum Hastanesi Köprüsü Kavşağı, Yüzevler Alt Geçit Köprüsü, Yenihal Köprüsü Kavşağı, Kantar Köprüsü Kavşağı, Parkorman Alt Geçit Köprüsü, Diclekent Köprüsü Kavşağı ve Seyrantepe Köprüsü Kavşağı olmak üzere 5 adet köprüsü kavşak ve 2 adet alt geçit köprüsü toplamda 7 adet çalışma alanının mevcut yağmur suyu drenaj sisteminde yaşanan olumsuzluklar gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler sonucu yağmursuyu drenajı konusunda en problemli olan köprüsü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprüsü Kavşağı Alt Geçidi uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 3.1). Seçilen Doğum Hastanesi Köprüsü Kavşağı Alt Geçidi Diyarbakır-Şanlıurfa devlet yolunun trafik akışı açısından en önemli noktalarından biridir. Trafik akışının güvenli bir şekilde sağlanabilmesi ve yüzeysel yağmur suyu drenajı hidrolik açıdan verimlilik gösterebilmek için yeni bir hibrit sistem oluşturulabilir. Alt geçit drenaj sisteminin iki sistemden oluşması tavsiye edilmektedir. Küçük fırtına olayları yerçekimi yoluyla toplamak için boyutlandırılmış bir yeraltı kanalizasyon hattı ve büyük fırtına olayları sırasında fazla suyu kaldırmak için bir pompa sistemi önerilmektedir. Sistem için seçilen Doğum Hastanesi Köprüsü Kavşağı Alt Geçidi noktasındaki hidrolik analizleri EPA tarafından önerilen bilgisayar programı SWMM ile analiz edilmesi önerilmektedir.



Şekil 3. 1 Doğum Hastanesi Köprüsü Kavşağı Alt Geçidi görünümü [23].

3.1 Diyarbakır- Şanlıurfa Yolu Üzerinde Bulunan Köprülü Kavşak ve Alt Geçitlerin Konum ve Tarihçeleri

1) Seyrantepe köprülü kavşağı

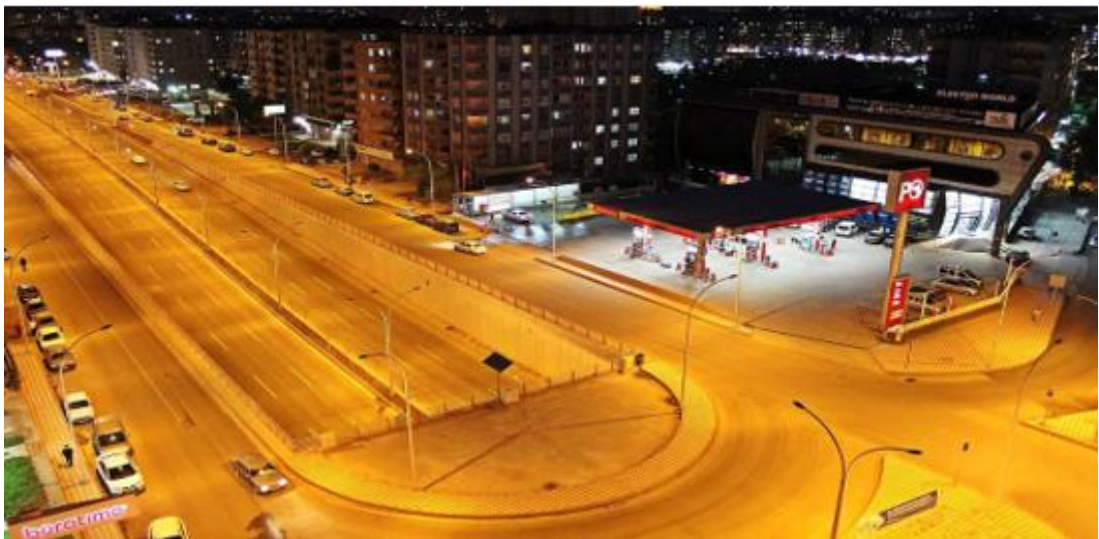
Diyarbakır il merkezinin kuzeybatısında yer alan Seyrantepe mevkiinde, şehirler arası ulaşım ve çevreyolu olarak kullanılan Silvan yolu ve Elazığ Caddesi'nin kesişiminde projelendirilen katlı kavşak ve bağlantı yollarını içermektedir. Silvan Yolu kavşak bölgesinde Şanlıurfa-Silvan istikametinde, altgeçit ile transit geçiş haline getirilmiştir. Seyrantepe Kavşak Köprüsü, tek açıklıklı ve dik bir köprüdür. Köprü açıklığı 21,30 m'dir. Köprü üst yapı genişliği 88,25 m olup, en kesitte 75 cm yüksekliğinde 111 adet öngerilmeli önçekim prekast bitişik nizam I kirişler bulunmaktadır. Köprü üzerinde taşıt yolu genişliği 9 m olacak şekilde kavşak düzenlemesi yapılmıştır. Köprü altında ise Şanlıurfa - Silvan yolu devam etmektedir. Güzergah üzerinde bulunan TCDD hattı, Şanlıurfa-Silvan istikametinde transit geçişi sağlayan ana yolda minimum 5 m gabariyi sağlamak için anayol 2~3 m batırılmış, demiryolu da 3~4 m kaldırılmıştır. Köprü 63 m boyunda, 12 m genişliğinde ve 3 açıklıklıdır. İş kapsamında, 1 adet katlı kavşak, 1 adet altgeçit, 500 m viyadük, toplam 6 km karayolu güzergah uygulama projesi hazırlanmıştır. 2010 yılında inşaat işleri bittmiş olup kullanıma açılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2 Seyrantepe Köprülü Kavşağı Görünümü [24].

2) Diclekent Köprülü Kavşağı

2012 yılında faaliyete geçen Diclekent Köprülü Kavşağı; Doğu-Batı aksı olarak düzenlenmiş olan Şanlıurfa-Silvan yolu ve Kuzey-Güney aksı olarak düzenlenen Diclekent-Batıkent Bulvarı kesişiminde bulunmaktadır (Şekil 3.3). Şanlıurfa-Silvan yolunun batı istikametiyle; Şanlıurfa, Mardin ve Batman'a ulaşım sağlanmakta iken doğu istikametiyle; Elazığ ve Bitlis'e ulaşım sağlanmaktadır. Bu doğrultuda; 5 km bölünmüş ana yol, 10 km yan yol, 3 adet katlı kavşak, 1 adet kavşak, 1 adet altgeçit uygulama projesi hazırlanmıştır. Şehir merkezi ve Diyarbakır ilinin komşu illerle bağlantısındaki en önemli arterlerden olan Şanlıurfa yolunun kesişmelerden daha az etkilenerek kesintisiz devam etmesi dolayısıyla trafik akış hızının ve hacminin artması hedeflenmiştir. Bu yüzden trafik hacmi olarak kesişmelerin en çok yaşandığı Diclekent Bulvarı ve Şanlıurfa yolu kesişiminde proje yapılmasına karar verilmiştir. Mevcutta dört kollu sinyalizasyon eşdüzey kavşak olan Diclekent Kavşağında yapılan proje ile; Şanlıurfa yolu alt geçit vasıtasıyla kesintisiz devam etmekte, üst tarafta sinyalizasyon eşdüzey dönel ada kavşak ile kesişmeler azaltılmıştır. Alt geçit ile ayrılan Şanlıurfa yolunun şerit sayısı 2 şeritten 3 şeride çıkarılmış ve standardı daha yüksek hale getirilmiştir. Ayrıca Migros ve Huzurevi Kavşaklarının da Şanlıurfa yolunu etkilememesi ve buradaki hızı düşürmemesi için dağıtıcı ve toplayıcı yollar ile ana yola erişimi sınırlandırılmıştır. Konutlara ve ticari binalara 2 şeritli olarak tasarlanan bu dağıtıcı ve toplayıcı yollar ile erişim sağlanmakta, ana akım olan Şanlıurfa yolu üzerindeki trafik etkilenmemektedir.



Şekil 3. 3 Diclekent Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [24].

3) Parkorman Alt Geçit Köprüsü

2013 yılında faaliyete geçen Parkorman Alt Geçit Köprüsü Doğu ve Batı aksı olarak düzenlenmiş olan Şanlıurfa- Silvan yolu üzerinde akan taffik yükünü hafifletirken, Kuzey ve Güney istikametinde bulunan Fırat Bulvarı ve Emek Caddesi'nden akan şehir içi trafik yükünü azaltmak amacıyla alt geçit köprüsü yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4 Parkorman Alt Geçit Köprüsü Görünümü [25].

4) Kantar KöprülÜ Kavşağı

Şanlıurfa Bulvarı istikametinden Silvan yolu istikametine doğru akan traffiğı ve Kuzey-Güney aksı üzerinde bulunan Selahattin Eyubi ve Karacadağ Caddesi'nden akan trafik yükünü hafifletmek amacıyla inşaa edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5 Kantar KöprülÜ Kavşağı Alt Geçit Görünümü [25].

5) Yenihal Köprülü Kavşağı

Şanlıurfa Bulvarından Silvan yolu yönüne akan trafiği ve Kuzey istikametinde bulunan Fırat Bulvarı'na bağlantısı olan Kayapınar Caddesi üzerinden Çevlik Caddesi'ne akan trafiği düzenleyerek şehiriçi ve şehirler arası trafik yükünü azaltmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6 Yenihal Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [26].

6) Yüzevler Alt Geçit Köprüsü

Şanlıurfa Bulvarı'ndan Silvan yolu güzergahına doğru akan trafiği ve Kuzey-Güney istikametinde bulunan Nazım Hikmet Caddesi ve Orhan Doğan Caddesi'nden akan trafiği düzenleyerek trafik yükünü azaltmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7 Yüzevler Alt Geçit Köprüsü Görünümü [26].

7) Otogar Köprülü Kavşağı

Doğu-Batı aksı olarak düzenlenmiş olan Şanlıurfa-Silvan yolu ve Kuzey-Güney aksı olarak düzenlenen Mezopotamya Caddesi ve Heskif Caddesi kesişimde yer almaktadır. Şanlıurfa-Silvan yolunun batı istikametiyle; Şanlıurfa'ya ulaşım sağlarken doğu istikametiyle Elazığ ve Bitlis'e ulaşım sağlamaktadır (Şekil 3.8). Şehir merkezi ve Diyarbakır'ın komşu illerle bağlantısındaki en önemli arterlerden olan Şanlıurfa yolunun kesişimlerden daha az etkilenecek trafik akışının süreklilik göstermesi neticesinde trafik akış hızının ve hacminin artması amaçlanmıştır. Bundan dolayı trafik yoğunluğunun olduğu Mezopotamya Caddesi kesişim noktasında köprülü kavşak yapımına karar verilmiş olup yapımı 2013 yılında tamalanarak kullanıma açılmıştır. Doğum Hastanesi kavşağında yapılan köprülü kavşak sayesinde var olan dört kollu sinyalizasyon eşdüzey kavşak, alt geçit vasıtasıyla Şanlıurfa yolu trafik akışı kesintisiz bir şekilde devam etmekte, üst tarafta sinyalizasyon eşdüzey dönel ada ile kesişimler azaltılmıştır. Alt geçit ile ayrılmış Şanlıurfa-Silvan yolunun şerit sayısı 2 şeritten 3 şerite çıkarılmış trafik akışı konforlu bir hale getirilmiştir. Ayrıca tali yollardan akan trafik akışının Şanlıurfa-Silvan yolunu etkilemesi ve hızının düşürmemesi için dağıtıcı ve toplayıcı yollardan ana yola ulaşımı kısıtlandırılmıştır. Ev ve iş yerlerine 2 şeritli olarak tasarlanan dağıtıcı ve toplayıcı yollar ile ulaşım sağlanmaktadır. Bu sayede ana arter olan Şanlıurfa-Silvan yolu üzerindeki trafik akışını etkilememektedir.



Şekil 3. 8 Otogar Köprülü Kavşağı Alt Geçit Görünümü [26].

8) Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı

2012 yılında yapımına başlanan Doğum Hastanesi KöprülÜ 2013 yılında kullanıma açılmıştır. Diyarbakır-Şanlıurfa devlet yolunun 4+885 ile 5+885 km'leri arasında yer almaktadır. Yapım süreci 150 (Yüz elli) takvim günü olarak sürmüştür. Doğü-Batı aksı olarak düzenlenmiş olan Şanlıurfa-Silvan yolu ve Kuzey-Güney aksı olarak düzenlenen Mahabad Bulvarı kesişiminde bulunmaktadır (Şekil 3.9). Şanlıurfa-Silvan yolunun batı istikametiyle; Şanlıurfa, Mardin ve Batman'a ulaşım sağlanmakta iken doğü istikametiyle; Elâzığ ve Bitlis'e ulaşım sağlanmaktadır. Şehir merkezi ve Diyarbakır ilinin komşu illerle bağlantısındaki en önemli arterlerden olan Şanlıurfa yolunun kesişmelerden daha az etkilenererek kesintisiz devam etmesi, dolayısıyla trafik akış hızının ve hacminin artması hedeflenmiştir. Bundan dolayı trafik hacmi olarak kesişmelerin en çok yaşandığı Mahabad Bulvarı ve Şanlıurfa yolu kesişiminde proje yapılmasına karar verilmiştir. 75 Kavşağı'nda yapılan Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı Alt Geçidi projesi ile; Şanlıurfa yolu alt geçit sayesinde kesintisiz devam etmekte, üst tarafta sinyalizasyon eş düzey dönel ada kavşak ile kesişmeler azaltılmıştır. Altın geçit ile ayrılan Şanlıurfa yolunun şerit sayısı 3 şeride çıkarılmış ve standardı daha üst bir seviyeye yükseltilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3. 9 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit konumu [27].



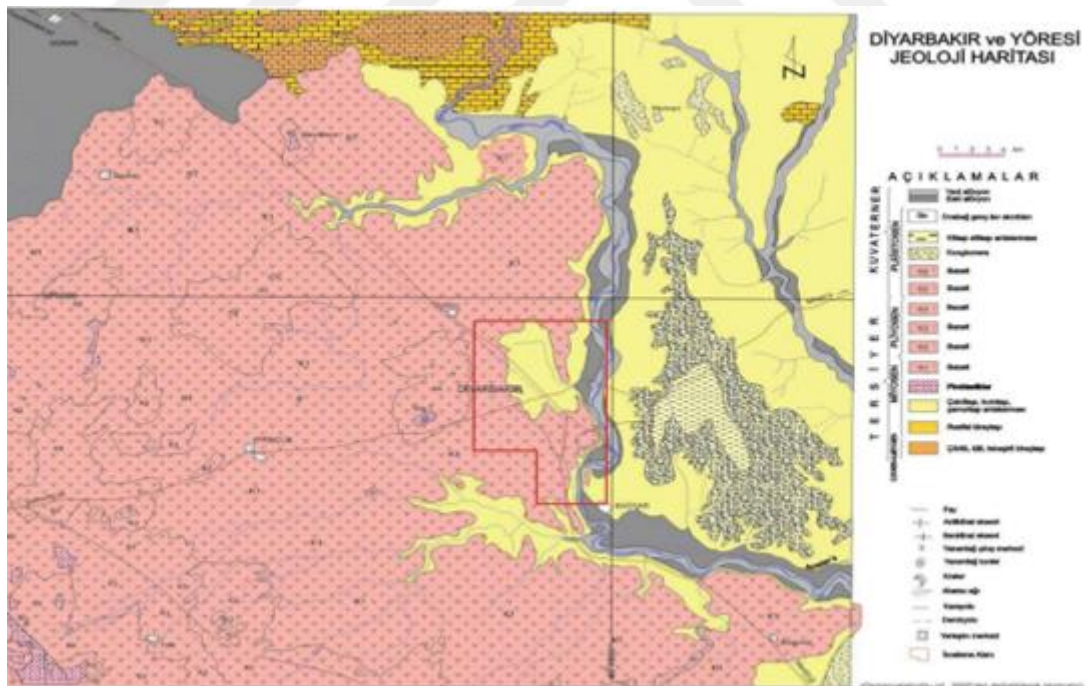
Şekil 3. 10 Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı Alt Geçidi trafik akışı görünümü [28].

3.2 Havzanın Jeolojik Yapısı ve İklim Özellikleri

Diyarbakır ilinin büyük bir kısmı Dicle havzasında bulunmaktadır. Çermik ve Çüngüş ilçeleri ise; Doğu Anadolu havzasının Yukarı Fırat havzasında yer almaktadır. Yukarı Mezopotamya'nın Diyarbakır havzasını Arabistan yarımadası ile Suriye kıta çekirdeğinin kuzey kesimi oluşturmaktadır. Bu kıta çekirdeği, kristalin kayalardan oluşmuş sağlam yapıya sahip bir platformdur.

İlkel zamanlı bir temel arazi olduğundan dolayı kıvrılamamıştır. Ancak yer yer kırılmalara maruz kalmıştır. Daha sonraki jeolojik çağlarda sular altında kalmakla birlikte; tortulanma tabaka özelliği kazanmış deniz ilerlemesinden sonra tortul alanları meydana gelmiştir. Tektonik hareketler sonucunda yatay olarak duran tabakalar yer yer eğilip bükülerek kıvrımlı özellikler kazanmışlardır. Diyarbakır şehrinin kurulduğu zemin, Tersiyer dönemine ait siyah çatlak bazaltlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Karacadağ'dan akan bazaltların örtü kalınlığı, 0-40 metre arasında değişmektedir. Bazaltların 300 ila 400 metre kalınlıkta kil, kum ve çakıl tortularından oluşmuş bir tabaka yer almaktadır. Bazaltların üzerinde 0 ila 3 metre arasında değişen kalınlıkta bir toprak tabakası vardır. Dicle vadisinde kil, kum, çakıl ve çalılardan oluşmuş genç Kuvaterner (Dördüncü Zaman) alüvyonları yer almaktadır (Şekil 3.11).

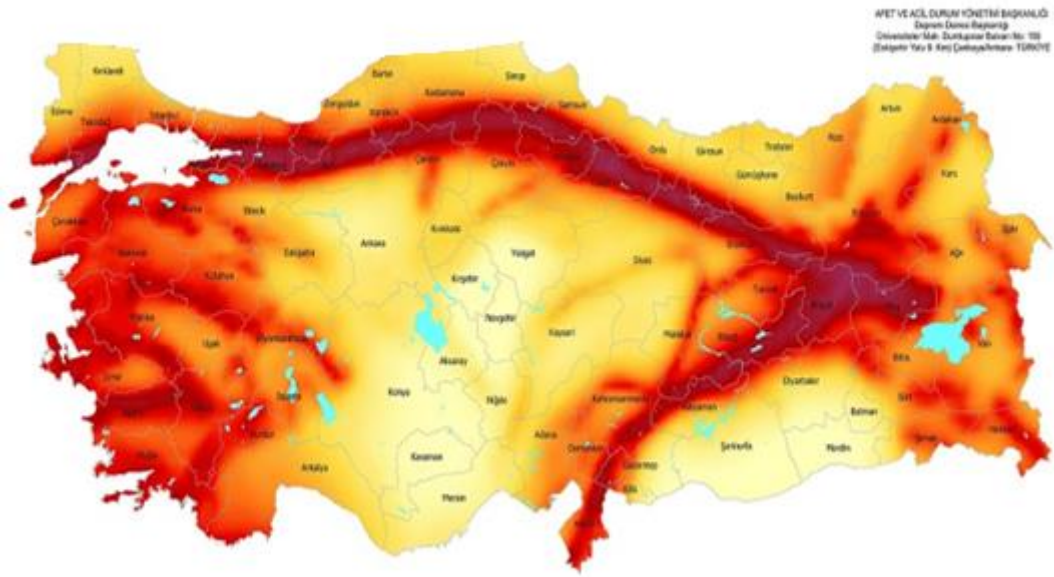
Aşınım yüzeyleri Dicle Nehri'nin batısı havzasında yer alan üçüncü jeolojik (tersiyer) çağın son döneminde oluşan yaşlı Yeniköy formasyonu üzerinde bulunan yer yer akarsularla yarılmış, uzayabilen geniş düzlüklerdir. Vadi tabanı taşkın alanı Dicle Nehri boyunca menderes yatakları, akarsu sekileri, eski nehir yatakları, kopuk menderesler, kulaklar, taban dolgusu şeklinde oluşmuştur. Geçiş zone, plato alanları ve aşınım yüzeyleriyle Dicle nehri taşkın alanı arasında bulunmakta olan, yer yer az eğimli yamaçlar, dik yamaçlar; aşınım ve birikim düzlükleri ile akarsu ağzlarında yelpazeler şeklinde gözlenmektedir.



Şekil 3.11’de verilen inceleme alanı ve yakın çevresine ait jeoloji haritasına göre; Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alanı jeolojik yapısı bazalttan oluşmaktadır. Dolayısıyla çalışma alanı zemini sudan etkilenmemekte ve zeminde çökmeler

meydana gelmemektedir. Diyarbakır 2. dereceden riskli deprem fay hattı üzerinde bulunmaktadır. Şanlıurfa, Fırat ve Dicle havzalarının deprem bölgeleri etkisi alanında bulunmaktadır. Diyarbakır ili dahilinde kayıtlara geçen Lice depremi 06.09.1975 yılında olmuş ve Richter ölçeğine göre 6,6 şiddetinde meydana gelmiştir. Deprem afeti sonucu 2385 kişi hayatını kaybetmiştir. Bunun dışında 1874 yılında Maden ilçesinde olan depremin de yoğun olarak hissedildiği belirtilmiştir. En son Kahramanmaraş merkezli 7,7 ve 7,6 şiddetinde meydana gelen depremlerde Diyarbakır'da 400'den fazla kişi hayatını kaybetmiştir. Diyarbakır şehir merkezinde veya yakın çevresinde depreme neden olan aktif fay bulunmamaktadır. Alana en yakın fay sistemi olarak Güneydoğu Anadolu bindirme kuşağı yer almaktadır (Şekil 3.12). Türkiye Deprem Bölgelendirme Haritasında, Diyarbakır ve çevresi 2. deprem bölgesinde yer almaktadır [30].

Deprem dışında Diyarbakır ilinde diğer doğal afetlerin gerçekleşme olasılığı çok düşüktür. Sel meydana gelecek kadar yağış düşmemekle birlikte, yüksek erozyona neden olacak toprak yapısı bulunmamaktadır. Fakat zaman zaman ilin kuzey kesimlerinde heyelan ve kaya düşmesi yaşanmıştır. Topoğrafyasının eğimi genel olarak %0 ila %10 arasında değişmektedir. Yerleşim alanı genelde düz bir topoğrafya sahiptir. İnceleme alanı jeolojisi (Karacadağ Volkanitleri) genellikle bazaltlardan oluşmuştur [31].



Şekil 3. 12 Türkiye Deprem Bölgelendirme Haritası [30].

Diyarbakır ve çevresinde kış ayları yağışlı ve serin olmakla birlikte yaz aylarında ise; sıcak ve kuraktır. Sıcak ve kurak iklime sahip olmasının nedeni karasal özelliği değişmiş Akdeniz iklimi özellikleri görülmesidir. Diyarbakır kentinin içinde bulunduğu havzanın coğrafi yapısı kentin iklimini büyük bir oranda etkilemektedir. Diyarbakır kenti, kış ve sonbahar aylarında Doğu Akdeniz ve Sibiryâ yüksek termik basıncı ilkbahar ve yaz aylarında ise Basra körfezinin sıcak alçak basıncının etkisinde kalmaktadır. İl genelinde yağış oranı kuzeyden güneye doğru azalmakta fakat 400 mm'nin altına düşmemektedir [32].

Kentin ikliminde karasal özellikler, Akdeniz Bölgesi iklimine ait karakteristikler ağır basmaktadır. Buna örnek verecek olursak sıcak ve kurak bir yaz mevsimi yaşanması, Doğu Anadolu iklimi kadar sert ve soğuk geçmeyen bir kış mevsiminin yaşanmasından dolayı Diyarbakır havzası iklimi, kısmen bozulmuş ve karasal özellikleri biraz değişime uğramış bir Akdeniz iklimi görünümünü sağlamaktadır. Yıllık ortalama aktüel basınç değeri 936 mega bar olmakla birlikte, kış aylarında basınç değerlerinde artma görülmekte; ilkbahar ve yaz mevsiminde ise basınç değerlerinde düşme görülmektedir.

Bu durumunun nedenini şöyle açıklayabiliriz; kış aylarında karalar denizlere nispeten daha soğuk olmaktadır. Yazın aylarında ise fazla sıcak olmaktadır. Ortalama aylık rüzgâr hızı 2,6 m/sn'dir. Rüzgâr şiddetinin maksimum olduğu aylar temmuz ve ağustos aylarıdır. Güneydoğu Torosları kuzeydoğudan esen rüzgarları keserek Diyarbakır havzasına geçmesini önlemektedir. Soğuk ve serin hava akımlarının Diyarbakır havzasını geçmemesi sonucu kış mevsimi Doğu Anadolu Bölgesinin yüksek yaylaları kadar soğuk değildir. Bazı yıllarda sıcaklığın -24 derece olduğu görülmesine rağmen ortalama düşük sıcaklık değeri 8,7 derce olmaktadır. Kış mevsiminden yaza geçiş süreci birdenbire olduğundan İlkbahar mevsimi sıcaklık değerleri belirsiz olup birden artmaktadır.

Yaklaşık olarak dört ay boyunca bunaltıcı sıcaklıklar bölgeye hakimdir. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında termometrenin 46 dereceyi gösterdiği de görülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 22,5 dercedir. Ağustos ayında açık gün sayısı 25 günü geçmekle birlikte mart ayında ise açık gün sayısı 5 gündür. Diyarbakır kentinde ortalama olarak yılın 154 günü bulutlu geçmektedir. Gökyüzünün kapalı olduğu gün sayısı ise 68 gün olarak belirlenmiştir. Diyarbakır havzasında, mayıs ayında başlayan kuraklık kasım aylarına kadar sürmektedir [33].

Diyarbakır kenti nispi nem ortalaması ise %54'tür. Yaz mevsimi çok sıcak olmasına rağmen nemin az olması havanın bunaltıcı etkisinin azalttığı bir sonucudur. Ancak GAP projesi kapsamında yapılan sulama kanalları ve yapay göletler nem oranını önemli bir derecede arttırmış ve sıcaklık bunaltıcı olamaya başlamıştır. Meteorolojik verilere göre; Diyarbakır İline ilişkin iklim verileri, Türkiye ortalamaları ile karşılaştırmalı olarak aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3. 1 Diyarbakır ili iklim verileri [33].

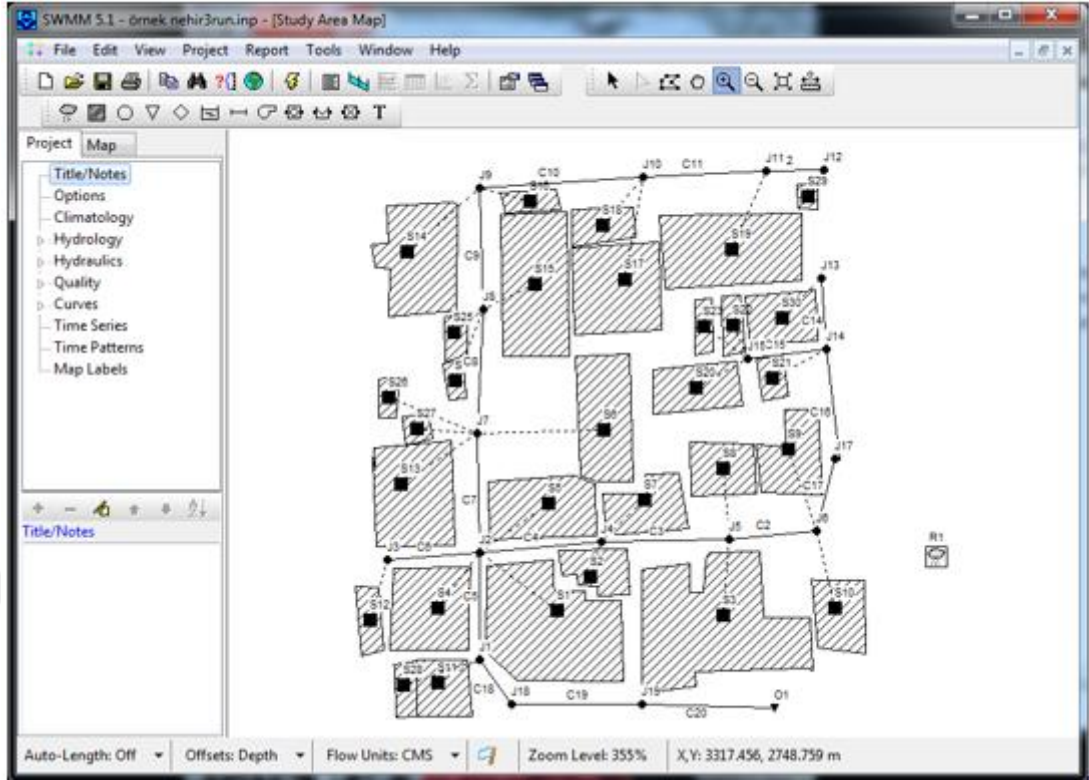
Meteorolojik Elemanlar	Diyarbakır	Türkiye
Yıllık Ortalama Sıcaklık	15.7 °C	13.1 °C
Ortalama En Yüksek Sıcaklık	22.5 °C	19.2 °C
Ortalama En Düşük Sıcaklık	8.8 °C	8.7 °C
En Yüksek Sıcaklık ve Günü	46.2 °C (21.07.1937)	-
En Düşük Sıcaklık ve Günü	-24.2°C (11.01.1935)	-
Nispi Nem Ortalaması	%54	%65
Yıllık Toplam Yağış Ortalaması	488,8 kg/m ²	637,7 kg/m ²
En Yüksek Yıllık Yağış Miktarı ve Yılı	730,5 kg/m ² (1967)	-
En Düşük Yıllık Yağış Miktarı ve Yılı	206,2 kg/m ² (1932)	-
Rüzgar Hızı Ortalaması	2,3 m/sn.	2,4 m/sn.

4. YAĞMUR SUYU YÖNETİM MODELİ (EPA SWMM) PROGRAMI

Amerikan Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency) tarafından tasarlanan Yağmur Suyu Yönetim Modeli (Storm Water Management Model) (EPA SWMM), öncelikle kentsel/yer altı alanlarından yüzey/yeraltı hidroloji miktar ve kalitesinin tek olaydan uzun vadeli simülasyonuna kadar kullanılan dinamik bir yağış-akış-yeraltı akış simülasyon modelidir. EPA'nın Yağmur Suyu Yönetim Modeli (SWMM), yağmur suyu akışı, birleşik ve sıhhi kanalizasyon ve diğer drenaj sistemleri ile ilgili planlama, analiz ve tasarım için dünya çapında kullanılmaktadır. Borular ve yağmur kanalizasyonları gibi gri altyapı yağmur suyu kontrol stratejilerini değerlendirmek için kullanılabilir ve uygun maliyetli yeşil/gri hibrit yağmur suyu kontrol çözümleri oluşturmak için kullanışlı bir araçtır.

SWMM, sızma ve tutma yoluyla akışı azaltmak ve su kütlelerinin bozulmasına neden olan deşarjları azaltmaya yardımcı olmak için yerel ve ulusal yağmur suyu yönetimi hedeflerini desteklemeye yardımcı olmak için geliştirilmiştir. SWMM, Windows tabanlı bir masaüstü programıdır. Açık kaynaklı bir kamu yazılımıdır ve dünya çapında kullanımı ücretsizdir. SWMM 5.1, küresel bir danışmanlık, mühendislik, inşaat firması olan CDM, Inc. ile ortak bir geliştirme çabasıyla üretildi. SWMM, esas olarak kentsel alanlarda su akışının miktarı ve kalitesinin tek olay veya uzun vadeli simülasyonları için kullanılır. Bununla birlikte kentsel olmayan alanlarda drenaj sistemleri için kullanılabilecek birçok uygulama vardır.

SWMM, çalışma alanı giriş verilerini düzenlemek, hidrolojik, hidrolik ve su kalitesi simülasyonlarını çalıştırmak ve sonuçları çeşitli formatlarda görüntülemek için entegre bir ortam sağlar (Şekil 4.1). Bunlara renk kodlu drenaj alanı ve taşıma sistemi haritaları, zaman serisi grafikleri ve tabloları, profil çizimleri ve istatistiksel frekans analizleri de dahildir [34].



Şekil 4. 1 arayüz ekranında örnek çalışma [19].

SWMM ilk olarak 1971 yılında geliştirilmiş olup ve daha sonraki yıllarda versiyon yükseltmeleri yapılmıştır. İlgi çeken versiyon yükseltmeleri; 1975 yılında sürüm 2, 1981’de sürüm 3 ve sürüm 4’tür. En son kullanılmakta olan sürüm 5’tir. Şu an kullanılmakta olan sürüm 5; bir önceki sürümün yeniden yazılmasıyla birlikte geliştirilerek dizayn edilmiştir [35].

Program için kullanılan hidrolik modelleme, bağlantı noktaları (junctions), çıkış noktaları (outfalls), dağıtım elemanları (dividers), depolama birimleri (storage units), boru ve kanallar (conduits), pompalar (pumps), orifisler (orifices) ve savaklar (weirs) olarak sistemde tanımlanmaktadır. Hidrolojik modelleme için ise; sisteme yağışın tanımlandığı yağışölçerler (rain gages), alt havzalar (subcatchments), akiferler (aquifers), kar yağışıyla ilgili enstrümanlar (snow packs), birim hidrograflar (unit hydrographs) ve Düşük Etkili Kentleşme (DEK) uygulamaları kontrol sistemleri (LID controls) (yeşil çatı, biyotutma, sızdırma hendeği, yağmur bahçesi, yağmur tankı, geçirimli asfalt ve çatı bağlantısı) tanımlanabilmektedir. SWMM programı, problemin içerdiği özelliklere göre yukarda sözü geçen elemanlardan gerekli olan elemanların fiziksel bilgileri tanımlandıktan sonra bilgileri oluşturulan alt havzalardan kullanıcı tercihinə göre; dinamik dalga, kinematik dalga veya kararlı akım öteleme yöntemlerinden biri seçerek hidrolik öteleme yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra alt

havzalarda geçirimli yüzey varsa bu durum için kullanıcı tercihi sunularak sızma yöntemlerinden Horton, Modified Horton, Green-Ampt, Modified Green-Ampt ve Curve Number (Eğri Sayısı) yöntemlerinden herhangi bir yöntemle sızma miktarı hesaplanmaktadır [36].

4.1 SWMM Modelinin Hidrolojik Özellikleri

SWMM, aşağıdaki özellikleri içeren kentsel alanlardan su akışı üreten çeşitli hidrolojik süreçleri açıklamaktadır:

- Yeşil altyapı uygulamaları yoluyla akış azaltma.
- Zamanla değişen yağış (yağış) ve durgun yüzey suyunun buharlaşması.
- Kar birikmesi ve erimesi.
- Yağışların doymamış toprak katmanlarına sızması.
- Sızan suyun yeraltı suyu katmanlarına sızması yeraltı suyu ve drenaj sistemi arasındaki iç akış.
- Karasal akışının doğrusal olmayan rezervuar yönlendirmesi.

Tüm bu süreçlerde mekânsal değişkenlik, bir çalışma alanını daha küçük, homojen alt havza alanlarına bölerek elde edilir. Alanların her biri kendi geçirimli ve geçirimsiz alt alanları içerir. Karasal akış, alt alanlar arasında, alt havzalar arasında veya bir drenaj sisteminin giriş noktaları arasında yönlendirilebilmektedir.

4.2 SWMM Modelinin Hidrolik Özellikleri

SWMM, borular, kanallar, depolama/arıtma üniteleri ve yönlendirme yapılarından oluşan drenaj sistemi ağı üzerinden akışı ve dış akışları yönlendirmek için kullanılan esnek bir hidrolik modelleme özellikleri içerir. Bu model doğrultusunda aşağıdaki avantajlar sağlanmaktadır:

- Sınırsız büyüklükteki drenaj ağlarını kullanılabilmektedir.
- Doğal kanalların yanı sıra çok çeşitli standart kapalı ve açık kanal şekilleri mevcuttur.
- Sokak giriş drenajları, depolama/arıtma üniteleri, akış bölücüler, pompalar, savaklar ve orifis gibi özel elemanlar modellenabilmektedir.
- Yüzey akışı, yeraltı suyu ara akışı, yağışa bağlı sızma/giriş, kuru hava sıhhi akışı ve kullanıcı tanımlı girişlerden dış akışları ve su kalitesi girdilerini uygulanabilmektedir.
- Kinematik dalga veya tam dinamik dalga akışı yönlendirme yöntemlerini kullanılabilmektedir.

- Pompaların açma-kapatma yükseklikleri dizayn edilebilmektedir.

Durgun su, aşırı şarj, ters akış ve yüzey göllenmesi gibi çeşitli akış rejimlerini modellenenir. Pompaların, orifis açıklıklarının ve savak tepe seviyelerinin çalışmasını simüle etmek için kullanıcı tanımlı dinamik kontrol kuralları uygulanabilmektedir [37].

4.3 SWMM’de Kullanılan Hesaplama Yöntemleri

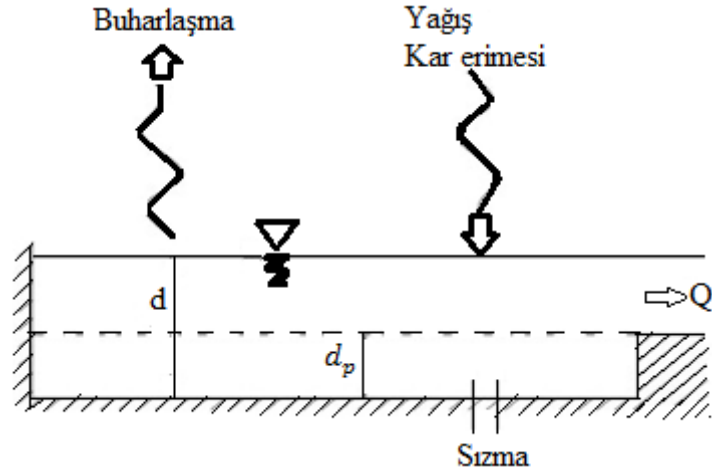
SWMM fiziksel tabanlı, ayrık zamanlı bir simülasyon modelidir. Gerekli durumlarda kütle, enerji ve momentum ilkelerini kullanmaktadır. Kısacası bu bölümde SWMM’nin yağmursuyu akış miktarını ve kalitesini modellemek için kullandığı yöntemleri açıklamaktadır. Aşağıda fiziksel süreçler verilmiştir.

- Yüzeysel Akış
- Sızma
- Yeraltı Suyu
- Kar Erimesi
- Akış Ötelemesi

4.3.1 Yüzeysel akış

SWMM tarafından kullanılan yüzeysel akışın kavramsal görünümü aşağıdaki şekil 16’da gösterilmektedir. Her bir alt havza, yüzeyi doğrusal olmayan bir rezervuar olarak ele alınmaktadır. Giren akım yağmursuyu veya herhangi bir yukarı akış alt havzalardan gelen akış ile meydana gelmektedir. Çıkan akım ise; sızma, buharlaşma ve yüzeysel akış gibi çeşitli fiziksel süreçlerden oluşmaktadır. Bu rezervuarın maksimum kapasitesi depresyon depolamasından oluşmaktadır. Dolayısıyla maksimum yüzeysel birikme; göllenme, yüzeysel ıslaklık ve alıkoyma ile oluşmaktadır. Ayrıca çıkış akımının büyüklüğü Manning denklemi kullanılarak elde edilebilir.

Burada (Q), birim alandaki yüzeysel akışı, (d_p) maksimum depresyon depolamasını, (d) ise; alt havzaların yüzeyindeki su kotlarını temsil etmektedir (Şekil 4.1) [38].



Şekil 4. 2 SWMM’de yüzeysel akış [39].

4.3.2 Sızma

Sızma zeminin doymun olmayan toprak alanları geçirgen bölgesine nüfus etme sürecidir. SWMM, sızmayı modellemek için üç farklı seçenek sunmaktadır.

Horton Yöntemi: Bu yöntem, uzun bir yağış olayı boyunca başlangıçtaki maksimum yağış oranından minimum yağış oranına kadar geçen sürede sızmanın katlanarak azaldığını gösteren ampirik gözlemlere dayanmaktadır. Bu doğrultuda sızma hızı zamana bağlı olarak değişimi aşağıdaki gibi ifade edilmiştir. Burada ki “k” azalma sabiti, “f0” sızmanın herhangi bir anını ve “fc” ise; sabit hızı temsil etmektedir [39].

$$f(t) = fc + (f0 - fc)e^{-kt} \quad (4.1)$$

Green-Ampt Modeli: Bu model sızmayı modellemek için toprak katmanını ıslak ve kuru alan olarak keskin bir şekilde ayırmaktadır. Alt tabakalardaki başlangıç nem içeriği olan toprağı üstteki doymuş topraktan ayırmasını varsayarak girdi olarak girmesi gereken parametreler olan, toprağın başlangıçtaki nem açığı, toprağın hidrolik iletkenliği ve ıslak alandaki emme durumlarıdır. Kuru dönemlerde ise; nem açığının geri kazanım oranı ampirik olarak hidrolik iletkenlik ile ilgili girdileri kapsamaktadır. Sulak ve yeşil alanlar için bu model seçilir. Aşağıdaki gibi sızma hesaplamaları yapılır.

$$F < F_s \text{ için: } i > K \text{ ise } F_s = SuM \frac{SuM}{i/Ks - 1} \quad (4.2)$$

$$i \leq Ks \text{ ise } f = i \text{’dir ve } F_s \text{ hesaplanmaz.} \quad (4.3)$$

$$F \geq Fs \text{ için: } f = fp \text{ ve } fp = Ks \left(1 + \frac{Sum}{F}\right) \quad (4.4)$$

Burada;

f sızma hızı, fp sızma kapasitesi, i yağış şiddeti, F toplam sızma miktarı, Fs yüzeyin doymunluk derecesine ulaşması için gereken toplam sızma, su kapiler basınç, M başlangıç nem eksikliği ve Ks doymun zemindeki hidrolik iletkenlik olarak tanımlanır [39].

SCS Eğri Numarası Yöntemi: Bu yaklaşım, akışı tahmin etmek için (SCS) Eğri Numarası Yöntemi'nden uyarlanmıştır. Eğri Numarası Yöntemi toprağın toplam sızma kapasitesinin toprağın çeşitliliği eğrisinden bulunabileceğini var saymaktadır. Bir yağmur olayı sırasında bu kapasite kümülatif yağışın bir fonksiyonu olarak tükenmektedir. Kalan kapasite bu yöntem için girdi parametreleri eğri numarası için doymuş bir toprağın tamamen kuruması zaman almaktadır.

SWMM ayrıca buharlaşma oranları ve yeraltı suyu temel seviyeleri gibi faktörlerin mevsimsel değişimini hesaba katmak için sızma geri kazanım oranının aylık olarak sabit bir miktara göre ayarlanmasına da olanak sağlamaktadır. Akış olaylarına bağlı bir yöntem olduğu için genellikle taşkın hidrografları üretmek için kullanılmaktadır. Diğer metotlara nazaran daha az parametre gereksinimi duymaktadır. Bu metodun amacı, belirli bir ölçüdeki yağış olayına ve toprak değerlerine karşılık gelen oldukça basit ve doğru bir şekilde akışın oransal değerlerini elde etmektir [40].

Eğri Numarası (CN); toprağın hidrolojik özellikleri ve toprağın kullanımına göre çevresel şartlara bağlı olarak tanımlanan boyutsuz bir parametredir. Boyutsuz bir katsayı olarak belirlenen Curve Number (CN), eğri numarası-yüzey akış katsayısı olarak Türkçe literatüre girmiş olup her yüzeyin kullanım türlerine göre belirlenmiştir [41]. Bu yöntemde kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (4.5)$$

$$Ia = 0.2S \quad (4.6)$$

$$Q = \frac{(p-Ia)^2}{p-Ia+s} \quad (4.7)$$

Burada;

S : Toprak tarafından tutulan su miktarı (mm)

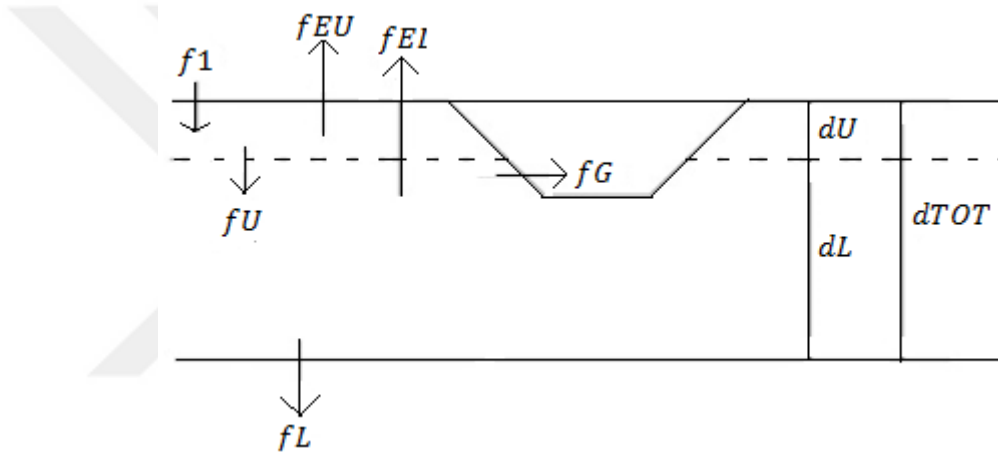
Ia : Yüzeysel akışa geçen suyun başlangıç tutulması (mm)

Q : Yüzeysel akışa geçen su miktarı (mm)

P : Yağış (mm) (1 yıllık 24 saatlik maksimum yağış) olarak tanımlanır.

4.3.3 Yeraltı suyu

Şekil 4.2’de SWMM’de kullanılan iki bölgeyi yeraltı suyu modeli şeması verilmiştir. Üst bölgede toprak nem içeriğine (θ) doymamıştır. Alt bölge ise; tamamen doymuş ve toprağın porozitesine (Φ) eşit olmuştur.



Şekil 4. 3 SWMM modelinin yeraltı suyu modeli şeması [41].

Yukardaki şekilde su hacmi birim zamana bağlı olarak birim alandan sızan su hacmi değişimi şematize edilmiştir.

Burada:

f_t : Yüzeydeki sızma,

f_{EU} : Üst bölgenin buharlaşması,

f_U : Üst bölgeden alt bölgeye sızma,

f_{EL} : Alt bölgenin buharlaşması,

f_L : Alt bölgeden derin yeraltı suyuna sızma,

f_G : Yeraltı suyundan kaynaklı ve drenaj sistemine katılan yan giriş akımıdır.

4.3.4 Kar erimesi

SWMM'nin kar erimesi akış modelleme sürecinin bir parçasıdır. Her bir alt havzadaki kar erime zamanı mevcut yağan kar yüküne, farklı alanlara taşınması, yolların tuzlanması, çakıl dökülmesi gibi karın erimesini hızlandıran etmenlerden ayrıca sıcaklıktan kaynaklanan erimlerden etkilenmektedir. Kar erimelerinden dolayı oluşan suyun sisteme yağış olarak entegre edilmektedir [39].

4.3.5 Akış ötelemesi

SWMM'de bir kanal bağlantısı içindeki akış yönlendirme kütlenin korunumu ve kademeli olarak değişen kararsız akış için momentum denklemleri yani “Saint Venant” akış denklemleri ile yönetilir. SWMM karmaşık düzeyli bu tür denklem seçeneklerini sunmaktadır. Bu öteleme yöntemlerinin her biri, akış hızını akış derinliğiyle ilişkilendirmek için Manning denklemini kullanır ve yatak (veya sürtünme) eğimi gibi kullanıcı tanımlı güçlü ana hatları için, Hazen-Williams veya Darcy-Weisbach denklemi, basınçlı akış oluştuğunda kullanılabilmektedir [42]. Bu bağlamda aşağıda üç farklı denklem seçeneği verilmiştir:

Dinamik dalga ötelemesi:

Tek boyutlu “Saint Venant” akış denklemleri kanallar için süreklilik ve momentum denklemleri, düğüm noktalarındaki hacim süreklilik denklemlerinden oluşmaktadır ve bu denklemleri eksiksiz çözmektedir. Bu nedenle teorik olarak en doğru sonuçları üretmektedir. Genellikle akarsu ötelemesi modellenmesinde kullanılmaktadır. Momentum ve süreklilik denklemlerinden meydana gelen dinamik dalga denklemleri aşağıda verilmiştir [42].

Momentum denklemi:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(s_0 - s_f) = 0 \quad (4.8)$$

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (4.9)$$

Burada;

u ortalama hız, h akım yüksekliği, g yerçekimi ivmesi, S_0 kanal eğimi, S_f hidrolik eğim, x uzunluk ve t zaman olarak tanımlanır. Bu denklemlerde yan girişlerdeki iç akım ihmal edilmektedir. Bundan dolayı $v=u$ ve $y=h$ 'dir.

Kinematik dalga ötelemesi:

Bu öteleme yöntemi her kanaldaki momentum denkleminin sadeleşmiş bir hali ile birlikte süreklilik denklemini çözmektedir. İkincisi olarak su yüzeyinin eğiminin kanalın eğimine eşit olduğunu var saymaktadır. Kanaldan iletilebilen maksimum akış, tam akış değeridir. Herhangi bir akış fazlası düğüm sistemine girerek kaybolmakta veya giriş başında göllenebilmektedir. Düğüm noktaları ve kapasite kullanılabilir hale geldikçe, akış kanala yeniden verilmelidir. Sürtünme kuvveti ile yerçekimi kuvveti birbirini dengeler ve $S_f = S_0$ olur [42].

Bu koşullarda kinematik dalga ötelemesinde kabul edilen denklemler aşağıda verilmiştir [43].

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = i \quad (4.10)$$

$$S_0 - S_f \quad (4.11)$$

Burada;

q kanalın birim genişliğinden geçen debi ve i yağış yüksekliğidir.

Bu durumda, Manning denkleminde:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} A = \frac{1}{n} h^{2/3} S_0^{1/2} b h \quad (4.12)$$

$$q = \frac{1}{n} h^{5/3} S_0^{1/2} b h = a h^\beta \quad (4.13)$$

elde edilir.

$$a = \frac{1}{n} S_0^{1/2} \quad (4.14)$$

$$\beta = \frac{5}{3} \quad (4.15)$$

Böylelikle kinematik dalga modelinin son hali:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \alpha \beta h^{\beta-1} \frac{\partial h}{\partial x} = i \quad (4.16)$$

Şeklinde olur [42].

Kararlı akım ötelemesi:

Bu öteleme yönteminde tüm zaman kademlerinde akımın tekdüze yani üniform ve kararlı olduğunu öngörmektedir. Yapılan varsayımlar neticesinde yukarıda verilen denklemler kararlı akım için:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{S_o - S_f}{1 - F^2} \quad (4.17)$$

$$F = \frac{u}{\sqrt{gh}} \quad (4.18)$$

şekilde yazılır [42].

5. HİBRİT SİSTEM İÇİN TASARIM HESABI

5.1 Akış Tahmini Yöntemi

Bir karayolu sarkma eğrisi boyunca bağlı havzalar genellikle karayolu merkez hattını simetrik olarak hizalar. Tasarım noktasının akış yukarısında ki toplam drenaj alanı şu şekilde tanımlanır. Her havza için tepe akışı Rasyonel Yöntem kullanılarak şu şekilde tahmin edilebilir.

$$Q=\alpha.C.I.A \quad (5.1)$$

Burada;

$Q=cfs (m^3/s)$ en yüksek akış debisi İngiliz birim sistemi için $\alpha=1$ veya SI birim sistemi için $1/360$, $C=akış \text{ katsayısı } 0-1$ arasında, $I=inç \text{ veya } mm/saat$ cinsinden akış yoğunluğu, $A=Yan \text{ yüzey alanı dönüm veya hektar}$. Yağış yoğunluğu; yerel yağış yoğunluğu-süresi ile tanımlanır. Frekans (İDF) eğrisi şu şekilde tanımlanır.

$$I=(C_1.Pindex)/((C_2+T_d).C_3) \quad (5.2)$$

Burada;

$Pindex=Yağış \text{ olayının geri dönüş periyodunu temsil eden inç veya mm cinsinden indeks yağış derinliği (Tablo 5.3)}$, $T_d=Dakika \text{ cinsinden yağış süresi}$ ve C_1, C_2, C_3 yerel sabitlerdir.

$$L=L_o+L_c [L] \text{ cinsinden toplam su yolu uzunluğu.} \quad (5.3)$$

$$T_c=T^*+L/(60.V^*) \text{ (dakika)} \quad (5.4)$$

$$V^*=\beta.K^*.\sqrt{S_a} \quad (5.5)$$

Burada;

$[L]$ cinsinden oluk akış hızı ft/sn için $\beta=1$ veya m/sn için $0,305$

$$T^*=18-15.I_a \text{ (} 3 \leq T^* \leq 18, 0 \leq I_a \leq 1 \text{) dakika cinsinden yüzeysel akış süresi.} \quad (5.6)$$

$$K^*=24.I_a+12 \text{ (} 12 \leq K^* \leq 36, 0 \leq I_a \leq 1 \text{)} \quad (5.7)$$

Burada;

$[L/T]$ cinsinden taşıma faktörü, $S_a=[L/L]$ cinsinden su yolu boyunca ortalama eğim, $I_a=Havzanın 0 \text{ ile } 1 \text{ arasındaki sızdırmazlık oranı}$. 2 yıllık pik akışını durdurmak için kentsel alan içinde her havzada bir girişin bulunduğu akış aşağı cadde kavşağına doğru akmasını sağlamalıdır. (5.1)'den (5.7)'ye kadar olan denklemler her havzaya ayrı ayrı uygulanmalıdır. Giriş boyutu için en yüksek akış tahmini yapılır.

5.2 Küçük Akımlar İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Kanalizasyon şebekesi tasarımı rögar tabanlı bir yaklaşımdır. En memba rögarından başlayarak akış, kanalizasyon hatları boyunca çıkışa doğru toplanır.

$$C_i A_i = \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (5.8)$$

Burada;

$C_i A_i$ =İ-inci rögardaki toplam kümülatif etkin havza alanı ve n =Toplam i-inci rögardaki akış yukarısındaki havzalar. Alt simge j =j-inci havza ile ilgili değişkenleri temsil eder.

$$T_{ci} = \text{Max} (T_c(i-1)) + (L_s(i-1)) / (60 \cdot V(i-1)) \quad (5.9)$$

Burada; T_{ci} =İ-inci rögardaki dakika cinsinden konsantrasyon süresi, L_s =Kanalizasyon borusunun [L/T] cinsinden tam akış hızı.

$$Q_i = I \cdot \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (5.10)$$

Burada;

Q_i =İ-inci rögardaki en yüksek debi.

$$d_i = ((N \cdot Q_i) / (\Psi \cdot \sqrt{S_i}))^{3/8} \quad (5.11)$$

Burada;

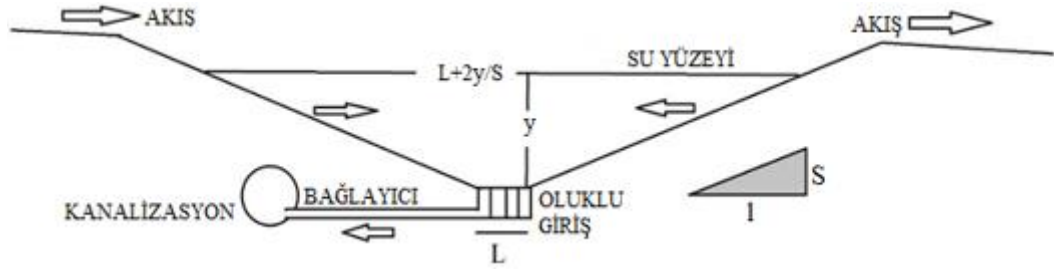
d_i =İ-inci kanalizasyonda [L] cinsinden gerekli hidrolik çap N =Kanalizasyon borusu için pürüzlülük katsayısı, S_i =İ-inci kanalizasyon boyunca [L/L] cinsinden ters eğim, $\Psi=0.462$ ft/sn veya 0.311 m/s, D_i = [L] cinsinden ticari boru çapı.

$$V_i = (4 \cdot Q_i) / (\pi \cdot D_i^2) \quad (5.12)$$

Tasarımda (5.8)'den (5.12)'ye kadar olan eşitlikleri; en üst akıştan çıkışa kadar uygulayarak tüm kanalizasyon boruları ayrı ayrı boyutlandırılmıştır. Hidrolik açıdan önerilen 2 yıllık kanalizasyon hattı küçük drenaj sistemine bağlanmalıdır.

5.3 Büyük Akımlar İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Alt geçit drenajı için güvenlik kriteri, izin verilen göllenme derinliğine bağlıdır. Önerilen kanalizasyon hattı küçük akışları toplayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Bu nedenle 2 yıllık akış dışındaki herhangi bir yağış olayı sonucu alt geçit düşük noktasında yağmur suyunun birikmesine neden olmaktadır. Uygulamada depolama kapasitesi düşük noktada 100 yıllık yağış olayını barındırabilmelidir [43].



Şekil 5. 1 Alt Geçit Yağmursuyu Depolama Dikey Profili Çizimi [43].

Bir karayolu alt geçidinde sarkma eğrisi sağ ve sol dikey duvarlarla sınırlandırılmıştır. Şiddetli bir yağış sonucunda biriken su seviyesi gittikçe artmaktadır. Şekil 5.2’de gösterildiği gibi y derinliğindeki toplama kapasitesi bu çalışmada şu şekilde türetilmiştir.

$$A_T = [L + 2(y/s)].B \quad (5.13)$$

Burada;

A_T =Su yüzey alanı [L^2], S =Basık bölümde [L/L] cinsinden karayolu eğimi, B =Basık bölümden [L] cinsinden duvardan duvara genişlik.

$$V(y) = (L + y/s).B.y$$

Burada;

$$V(y) = \text{Depolama hacmi } [L^3] \quad (5.14)$$

Düşük noktaya gelen akım çıkış akımından büyük olduğundan depolanan hacim artar. Güvenlik amacıyla düşük noktada biriken su yüksekliği 1,5 ft’ten büyük olmamalıdır. $Y=1,5$ ft için depolama hacmi denklem (14) ile hesaplanır. Depolanan su bir pompa sistemi yardımıyla pompalanır hem de kanalizasyon tarafından deşarj edilir. Giriş ve çıkış hacimleri dengelenerek depolama hacmi tasarlanmıştır.

$$V = \text{Max}(I \sum_{i=1}^m A_i C_i - (mQ_2 + Q_p)T_d) \quad (5.15)$$

Burada;

V =Yağmursuyu tutma hacmi [L^3], $I=[L/T]$ cinsinden 10 yıllık yağış olayında tasarım yağış yoğunluğu, $Q_2=[L^3/T]$ cinsinden kanalizasyon hattı debi kapasitesi 2 yıllık yağış olayını geçmek için tasarlanmıştır. Q_p =Pompa debisi [L^3/T], $T_d=[T]$ cinsinden yağış süresi.

$$m = 1/2.(1 + T_c/T_d) \quad (5.16)$$

Burada;

m=Yağış süresini hesaplamak için düzeltme faktörü. Çıkış hacmi, denklem (5.15)'de ki AC toplamını temsil eder ve denklem (5.15)'de ki yağmursuyu tutma hacmi yağış süresine bağlıdır. Pratikte sayısal denklem (5.15), önceden seçilen Q_p için; denklem (5.14)'te izin verilen depolama hacmine eşit olana dek çözülür. Düşük noktadaki depolama hacminde biriken yağmursuyu pompa yardımıyla tahliye edilir. Pompa yüksekliği enerji denklemi yardımıyla hesaplanır.

$$H_L + h_p = H_o + h_1 + h_2 \quad (5.17)$$

Burada;

H_L =Düşük noktadaki [L] cinsinden baş yükseklik, h_p =[L] cinsinden pompa yüksekliği, H_o =Çıkış noktasındaki baş yükseklik, h_1 =Düşük noktadan zemin üst noktasına kadar olan sürtünme kaybı, h_2 =Zeminden çıkış noktasına kadar olan sürtünme kaybı. Denklem (5.16) yardımıyla pompa beygir gücü şu şekilde hesaplanır [37].

$$H_p = \gamma Q_p h_p / K_p \eta \quad (5.18)$$

Burada;

H_p =Beygir Gücü veya Kilowatt, γ =Su için özgül ağırlık, η =Beygir gücü için pompa verimi 0,75 K_p =550 beygir gücü veya 1000 kilowatt. Bu çalışmada 2 yıllık bir yağış olayı için denklem (5.8) ile (5.12) kullanılmıştır. 100 yıllık yağış olayı için birikme hacmini ölçmek için denklem (5.13) ile (5.16) kullanılmıştır. Denklem (5.17) ile (5.18) pompa sistemi tasarlamak için kullanılmıştır. Aşağıdaki tasarım örneğinde ayrıntılar daha fazla gösterilecektir.

5.4 Hibrit Sistem Tasarımına Ait Hesaplamalar

Bir deney projesi tasarım ve doğrulama olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Tasarım süreci her bir elemanın bağımsız olarak çalıştığı varsayımı doğrultusunda tüm elemanları ayrı ayrı boyutlandırır. Bu işlem sonucunda fonksiyona entegre etmek için enerji derecesi çizgisi altında bir bilgisayar simülasyonu gerçekleştirilir. Bu durumda kanalizasyon ve pompa sistemini çalıştırmak için Rasyonel Metot kullanılır.

Biriken yağmur suyu hacmi EPA SWMM programıyla kontrol edilir. Sistem tasarımı son aşamaya gelinceye dek sürekli yenilenmelidir. Sayısal simülasyon tüm tasarım kriterleri ve kısıtlamaları karşılar. Proje Diyarbakır şehir merkezi Doğum Hastanesi

Köprülülü Kavşagında uygulanmıştır. şekil 5.1’de 1.Rögar; havza 1,2,3 ve 4 dahil olmak üzere 4 yan alan vardır. n=4 Rögar 1’deki toplam etkin alan řu şekilde hesaplanır.

$$C_i A_i = \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (5.19)$$

Buradan $C_i A_i = (60.314.0,75) + (60.314.0,65) + 2.(60.66.0,95) = 3,39$ hektar.

$$L = L_o + L_c \text{ (Tablo 5.4)} \quad (5.20)$$

Buradan;

$$L = 60 + 314 = 374 \text{ m}$$

$$T^* = 18 - 15 \cdot I_a \quad (3 \leq T^* \leq 18, 0 \leq I_a \leq 1) \quad (5.21)$$

$I_a = 0,6$ için

$$T^* = 18 - 15 \cdot 0,6 = 9 \text{ dk}$$

$$K^* = 24 \cdot I_a + 12 \quad (12 \leq K^* \leq 36, 0 \leq I_a \leq 1) \quad (5.22)$$

$$K^* = 24 \cdot 0,6 + 12 = 26,4 \text{ m/s}$$

$$V^* = \beta \cdot K^* \cdot \sqrt{S_a} \quad (5.23)$$

$\beta = 1$ veya m/sn için 0.305, $S_a = \%5$ su yolu boyunca ortalama eğim

$$\text{Buradan; } V^* = 0,305 \cdot 26,4 \cdot \sqrt{0,05} = 1,8 \text{ m/s}$$

$$T_c = T^* + L / (60 \cdot V^*) \quad (5.24)$$

Buradan; $T_c = 9 + 374 / (60 \cdot 1,8) = 12,46 \text{ dk}$ $T_c = 12,46 \text{ dk}$ için (Tablo 5.3)’ten 2 yıllık yağış olayı için $I_2 = 64,5 \text{ mm}$ okunur.

$$Q_2 = I_2 \cdot \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (5.25)$$

$$Q_2 = (64,5/3600) \cdot 10^{-3} \cdot 3,39 \cdot 10^4 = 0,607 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d_i = ((N \cdot Q_i) / (\Psi \cdot \sqrt{S_i}))^{3/8} \quad (5.26)$$

$N = 0,009$ Manning sürtünme katsayısı (Tablo 5.1)

$$S_2 = (724,25 \text{ m} - 724,05 \text{ m}) / (66 \text{ m}) = 0.003$$

$\Psi = 0.462 \text{ ft/sn}$ veya 0.311 m/sn

$$d_i = (0,009 \cdot 0,607) / (0,311 \cdot \sqrt{0,003}) = 0,320 \text{ m} \approx 0,400 \text{ m} \text{ seçildi}$$

$$Q_2 = V_2 \cdot A_2 \quad (5.27)$$

Buradan;

$$0,607 \text{ m}^3/\text{sn} = (V_2 \cdot \pi \cdot (0,4)^2) / 4 \rightarrow V_2 = 4,83 \text{ m/sn'dir.}$$

Yukardaki prosedür tekrarlanarak kanal 23 800 mm çaplı dairesel bir boru olacak şekilde boyutlandırılır, daha sonra mansap kanalizasyon hattına bağlanır. Düşük noktada 100 yıllık yağış olayı sırasında aşırı yağmur suyu birikebilir. Genel olarak

sokak oluşu akış hattında su yüksekliği 0,45 m'yi aşmasına izin verilmez. Altgeçit düşük noktasında düz taban $L=6,5$ m ve $B=27$ m'ye sahiptir. S %5'lik bir sokak eğimiyle $y=0,45$ m'e için su depolama hacmi şu şekilde bulunur;

$$V(y) = (L + y/s) \cdot B \cdot y \quad (5.28)$$

Buradan;

$$y=0,45 \text{ m için } V(y) = (6,5 + (0,45/0,05)) \cdot 27 \cdot 0,45 \rightarrow V(y) = 188,325 \text{ m}^3$$

$$Tc = (1,8 \cdot (1,25 - C) \cdot L_0^{1/2}) / S^{1/3} \quad (5.29)$$

$$Tc_1 = (1,8 \cdot (1,25 - 0,75) \cdot 60^{1/2}) / 5^{1/3} \rightarrow Tc_1 = 4,08 \text{ dk}$$

$$Tc_2 = (1,8 \cdot (1,25 - 0,65) \cdot 60^{1/2}) / 5^{1/3} \rightarrow Tc_2 = 4,89 \text{ dk}$$

$$Tc_3 = (1,8 \cdot (1,25 - 0,95) \cdot 60^{1/2}) / 5^{1/3} \rightarrow Tc_3 = 2,57 \text{ dk}$$

$$Tc_4 = Tc_3 = 2,57 \text{ dk}$$

$$Td = 4,08 + 4,89 + 2,57 + 2,57 \rightarrow Td = 14,11 \text{ dk} \quad (5.30)$$

100 yıllık yağış için grafikten $I=136$ mm/saat seçilir.

$$m = 1/2 \cdot (1 + Tc/Td) \quad (5.31)$$

$$m = 0,5 \cdot (1 + (12,46/14,11)) \rightarrow m = 0,94$$

$$V = Max(I \sum_{i=1}^m A_i C_i - (mQ_2 + Q_p) T_d) \quad (5.32)$$

$$188,325 = (136 \cdot 3,39 - 0,94 \cdot 0,607 - Q_p) \cdot 14,11 \rightarrow Q_p = 0,665 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Bu durumda kritik yağış süresi yaklaşık olarak 14,11 dakikadır. Pompa sistemi 0,665 m³/sn'lik bir akışın deşarj edilmesi önerilir. Bu işlem maksimum göllenme derinliği $y=0,45$ m ile 188,325 m³ depolama hacmi sağlar.

$$H_L = f \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{D} \quad (5.33)$$

Burada; toplam debi 0,665 m³/sn olduğundan (iki çift paralel 4 boru) her bir boruya gelen debi 0,166 m³/sn, her bir boru hızı 5 m/sn, herbirinin çapı 200 mm, $L_1=7,6$ m, $L_2=9$ m ve boru içi yüzeyleri pürüzlülük katsayısı 200 mm çap için $f=0,15$ (Tablo 5.2) Denklem (5.33)'den $H_{L1}=0,71$ m ve $H_{L2}=0,84$ m'dir.

Burada; H_L yük kaybı, L_1 ve L_2 boru uzunluğu, v boru hızı, D boru çapı, f boru içi yüzeyleri pürüzlülük katsayısı ve g yerçekim ivmesidir.

Önerilen pompa istasyonu zeminde biriken yağmur suyunu 7,6 m yüksekliğine tahliye etmesi ve 8 m yükseklikte olan bitişik sokak sistemi (iki çift paralel 4 boru) göz önüne alındığında ve her biri çapı 200 mm olan her boru hattı 0,155 m³/sn'lik debi iletir. 7,6 m yüksekliğine debi ileten her bir boru kurulumu düşük noktada yapılır ve her biri 0,71 m sürtünmeye maruz kalır.

Boruların sürtünme faktörü 0,015’dir (Tablo 5.2). Benzer şekilde çıkış noktası 8 m yüksekliğine ayarlanması ve çıkış noktasından deşarj noktasına kadar 9 m’lik uzunluğa etkiyen sürtünme kaybı 0,84 m’dir. Hız farkları göz ardı edilerek bu sistem için pompa basma yüksekliği şu şekilde hesaplanır;

$$H_L + hp = H_o + H_{L1} + H_{L2} \quad (5.34)$$

$$724 + hp = 730 + 0,71 + 0,84 \quad \rightarrow \quad hp \approx 7,6 \text{ m}$$

$$Hp = \gamma \cdot Qp \cdot hp / Kp \cdot \eta \quad (5.35)$$

$$Hp = (1000 \cdot 9.81 \cdot 0.155 \cdot 7,6) / (1000 \cdot 0,75) \quad \rightarrow \quad Hp = 15,4 \text{ Kilowatt}$$

Verilen kriterlere göre; pompa sistemi çeşitli şekillerde tasarlamak için birden fazla çözüm vardır. Paralel veya seri sistemlerin kombinasyonları gibi...

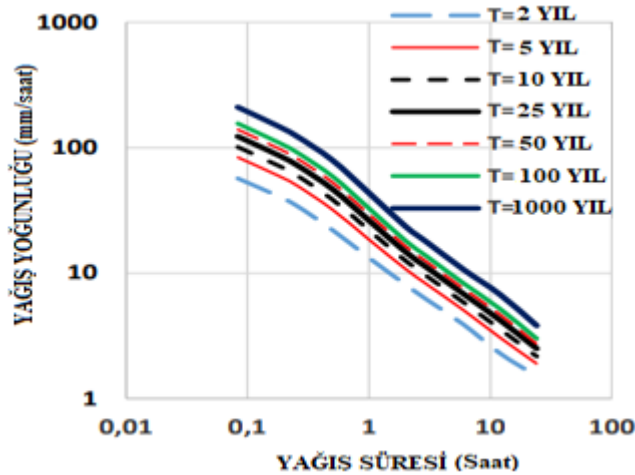
Bu durum için her biri 15,4 Kilowatt’lık 4’lü sistem veya 10 ila 60 Kilowatt arasında tek bir pompa sistemi kurulması önerilir.

Tablo 5. 1 Beton ve koruge boru Manning pürüzlülük katsayıları [44].

Boru	Manning Katsayısı (n)	Kutter Katsayısı (m)	Darcy-Weisbach Katsayısı (k)
Beton	0.013	0.35	0.3-3
Koruge	0.009	0.12	0.0015

Tablo 5. 2 f : Boru iç yüzeyleri pürüzlülük katsayıları [45].

BORU CİNSİ	BORU ÇAPLARI (mm)									
	DN 6-10	DN 15-20	DN 25-32	DN 40-50	DN 65-80	DN 100-150	DN 200-250	DN 300-400	DN 450-600	DN 650-800
PASLANMAZ ÇELİK BORU	0.034	0.027	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015	0.013	0.012	0.011



Şekil 5. 2 Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağış yoğunluk-süre-frekans eğrisi [46].

Tablo 5. 3 Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağış dönüş periyotları [46].

Yağış Süresi Saat	Dönüş Periyodu (Yıl)						
	2	5	10	25	50	100	1000
0,08333	57,07239	83,62269	101,2013	123,4119	139,889	156,2445	210,288
0,1666	42,45216	61,68323	74,41588	90,50361	102,4381	114,2851	153,4302
0,25	34,87218	50,45735	60,77608	73,81384	83,48598	93,08671	124,8105
0,5	22,11667	32,06215	38,64692	46,96679	53,13895	59,26553	79,50968
1	13,25009	18,50515	21,98446	26,38058	29,64187	32,87908	43,57584
2	8,102773	10,78286	12,55732	14,79934	16,46261	18,11359	23,56893
3	6,137346	8,129688	9,448793	11,11548	12,35193	13,57925	17,63469
6	3,890398	5,067991	5,874659	6,832773	7,563586	8,289003	10,68601
12	2,289382	3,062931	3,575088	4,2222	4,702264	5,178784	6,753353
24	1,500784	1,902199	2,167971	2,503774	2,752892	3,000171	3,817257

Tablo 5. 4 Kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [20].

Kaplama ve Zemin Özellikleri	Akış Katsayısı (C)
Beton veya Asfalt Kaplama	0,80-0,95
Çakıl Yollar	0,35-0,75
Parklar ve Yeşil Alanlar	0,10-0,35
Hafif Çayırıklıklar	0,20-0,40
Çok Dik Çıplak Yamaçlar	0,80-0,90
Yaprak Döken Ağaçlı Ormanlar	0,35-0,60
Çam Ormanları	0,25-0,50
Dalgalı Çıplak Yüzeyler	0,60-0,80
Vadi İçi Ekili Araziler	0,10-0,30

6. DOĞUM HASTANESİ KÖPRÜLÜ KAVŞAĞI ALT GEÇİDİNİN EPA SWMM İLE MODELLENMESİ

6.1 Modelin Oluşturulması

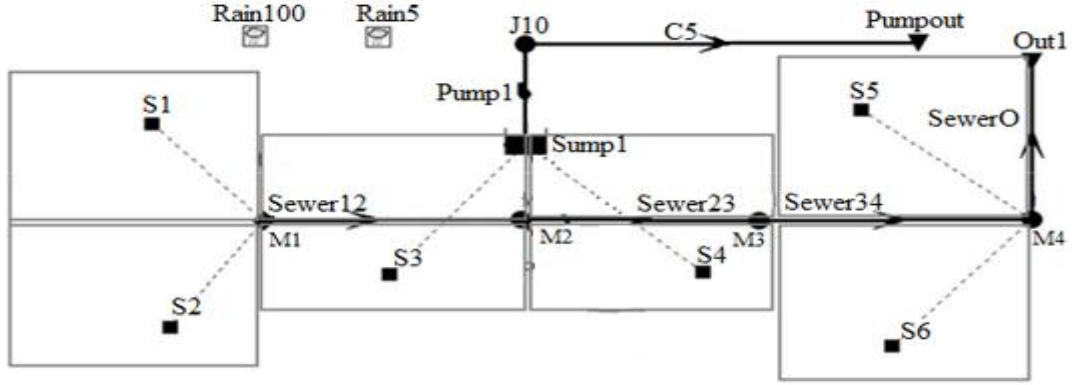
Modelin oluşturulmasında öncelikle bölgenin 100 yıllık, aylık ortalama yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Daha sonra Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit kotları, yüzölçümü, uzunluk ve eğim değerleri Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınan yol projesinden elde edilmiştir. Elde edilmiş bu yağış verileri; yüz ölçümü, uzunluk değerleri havza kotları ile SWMM programı kullanılarak Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi Modellenmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6. 1 SWMM ile modellenen Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit alanı [26].

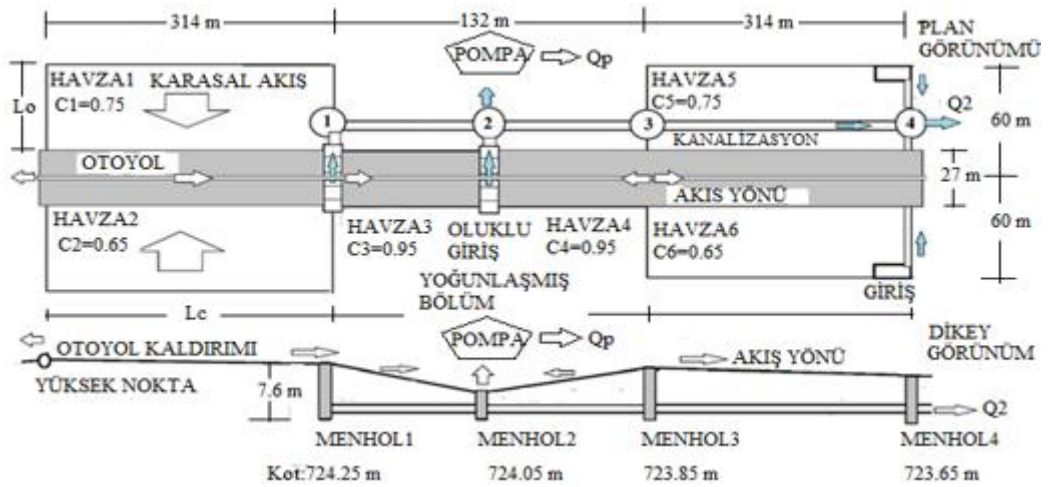
6.1.1 Alt havzaların oluşturulması

Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınan aplikasyon ekseni kırmızı hat profilinden çıkarılan kotlardan faydalanarak yağmur suyunun akış yönlerine göre 6 adet alt havzada (Subcatchment) oluşturulmuştur. Şekil 6.2'de SWMM programında oluşturulan alt havzalar görülmektedir.



Şekil 6. 2 Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağında EPA SWMM için oluşturulan alt havzalar.

Oluşturulan alt havzaların alanları, eğimleri suyun akış yönüne dik olacak şekilde genişlikleri SWMM programında her bir alt havzanın özellikleri kısmına veri olarak girilmiştir. Şekil 6.3'te alt havzaların akış katsayılarının farklı olmasının nedeni kısmen beton alanlar, asfalt yol ve yeşil alanlardan oluşmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 6.4'te S1 numaralı alt havzaya ait özellikleri SWMM programına girilen değerleri gösterilmiştir. Şekil 6.3'te bir karayolu alt geçidindeki tipik bir drenaj sistemi yerleşimini göstermektedir. Sarkma eğrilerinden üretilen akışlar düşük kotta sürüklenir. Genellikle oluklu girişler rampalara monte edilir ve daha sonra mansap rögarlarına bağlanır. Bir karayolu alt geçit drenaj projesi iki bölümden oluşur: İlki küçük akımları geçmek için yeraltı kanalizasyon hattı bir diğeri ise; büyük akımları geçmek için pompayı sisteme nasıl entegre edileceğidir. Önerilen pompa sistemi sabit istasyon veya hareketli istasyon olabilir. Olağan üstü durumlarda hem pompa hem de kanalizasyon sistemi aşağıdaki gibi olacaktır.



Şekil 6.3 SWMM'de modellemek için Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı Altgeçidinin oluşturulan plan ve dikey görünümü.

Şekil 6.3'te gösterildiği gibi genellikle sarkma eğrisinin girişine yüksek bir noktada rögar1 yerleştirilir. Böylece toplam havza alanının düşük seviyeye katkıda bulunmasını sağlar. Rögar2'de düşük noktaya yerleştirilir ve daraltılmış yan alanlardan gelen yağmur sularını toplar. Havza 1,2,3 ve 4'te biriken yağmur suyunu 2 yıllık yağış olayını geçmek için yeraltı kanalizasyon hattı döşenir. Küçük drenaj sistemi ise, düşük noktada 100 yıllık etkinlik boyunca fazlalığı ikinci turda tahliye edecek kanalizasyon sistemine ilave olarak bir pompa sistemi yerleştirilecektir [47]. Birleşik drenaj sistemi kapasitesi düşük noktadaki biriken suyu hızlı bir şekilde tahliye eder. Bu çalışmada; alt geçit bölümü için drenaj tasarımı bölümlere ayrılmıştır.

1. Küçük drenaj sistemine bağlanacak kanalizasyon hattının bağlanması
2. Yağmursuyu ana drenaj sistemine iletmek için pompa-depolama sistemi tasarımı

Subcatchment S1
x

Property	Value
X-Coordinate	-533.563
Y-Coordinate	7418.244
Description	
Tag	
Rain Gage	Rain100
Outlet	M1
Area	1.884
Width	60
% Slope	0.5
% Imperv	70
N-Imperv	0.011
N-Perv	0.013
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration Data	MODIFIED_HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
N-Perv Pattern	
Dstore Pattern	
Infil. Pattern	

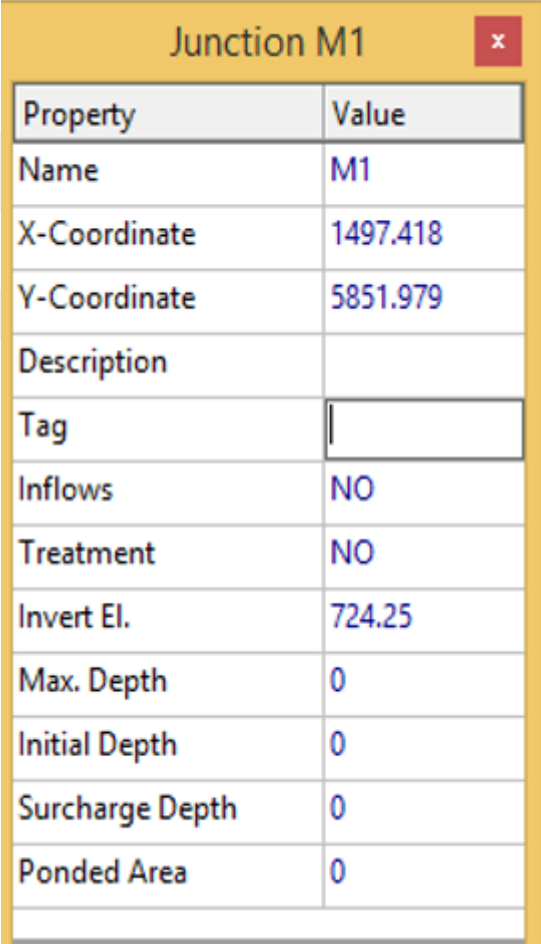
Şekil 6. 4. S1 numaralı alt havza

Alt havza alanları manuel olarak hesaplanmış ve programa girilmiştir. Ayrıca geçirimsiz alan yüzdeleri (% Imperv) S1 alt havzası için düz asfaltta kullanılan katsayılar dikkate alınarak geçirimsiz alan pürüzsüzlük kat sayısı 0,011'dir [48].

Geçirimli alan pürüzlülük (N-Perv) katsayısı yine düz asfalt için 0,013 olarak seçilmiş olup SWMM programına girilmiştir [41]. Ayrıca sızma verileri için; havzaların büyük oranda asfalt yol olduğundan MODIFIED_HORTON denklemi seçilmiştir.

6.1.2 Birleşim noktalarının yerleştirilmesi

SWMM programında oluşturulan alt havzalarda gelen yüzeysel akışın toplandığı her bir birleşim noktası menhol, rögar (junction) olarak tanımlanmaktadır (Şekil 6.5). Birleşim noktaları Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınan yol projesinden yükseklik değerleri oluşturulmuştur. Suyun akışının sağlanması için bütün birleşim noktalarının yükseklikleri farklı olmalıdır. Aksi takdirde program hata vermektedir.



Property	Value
Name	M1
X-Coordinate	1497.418
Y-Coordinate	5851.979
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	724.25
Max. Depth	0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Pondered Area	0

Şekil 6. 5 M1 numaralı birleşim noktası

6.1.3 Çıkış/deşarj noktalarının belirlenmesi

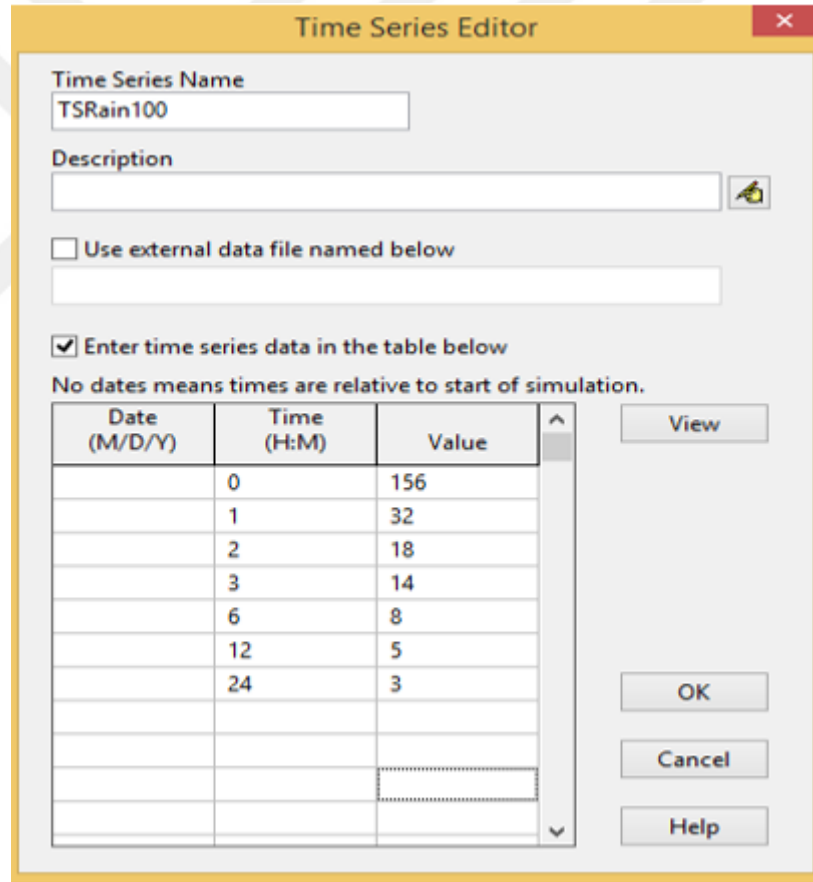
Çıkış noktaları havzanın bittiği, en düşük kotun olduğu yer dikkate alınarak belirlenmiştir. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi çıkış noktası mevcut kanalizasyon sistemine bağlanmıştır. Şekil 6.6'da Out1 numaralı çıkış noktasına ait özellikler görülmektedir. Çıkış noktasının kotlarının bulunduğu bölgenin kotundan daha düşük olacak şekilde girilmesine dikkat edilmelidir.

Outfall Out1	
Property	Value
Name	Out1
X-Coordinate	11531.842
Y-Coordinate	8709.122
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	723.60
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Outfall	
Series Name	*

Şekil 6. 6 Out1 numaralı çıkış/deşarj noktası

6.1.4 Yağışölçerin tanımlanması

Yağış verisi olarak kullandığımız Diyarbakır Bağlar İlçesinin 100 yıllık ve 5 yıllık tekerrür eden yağış verileri saatlik bazından ayrı ayrı oluşturulmuştur. 1'er saatlik aralıklarla ölçülen yağış değerleri (mm) cinsinden programa girilmiştir. Yağışölçer (Rain Gage) havzanın herhangi bir noktasında sisteme tanıtılabilir ve daha önce girilen yağış verileri zaman serisi (Time Series) olarak yağışölçer üzerinden seçilmiştir. Yağışölçer oluşturulduktan sonra alt havzalar (subcatchments) özellikleri içerisinde de "rain gage" komutu üzerinden seçilmeleri gerekmektedir. Şekil 6.7'de Rain100, 100 yıllık tekerrür eden yağış verileri ve şekil 6.8'de ise; Rain5 5 yıllık tekerrür eden yağış verileri girilmiştir.



Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	0	156
	1	32
	2	18
	3	14
	6	8
	12	5
	24	3

Şekil 6. 7 100 yıllık tekerrür eden yağış verileri

Rain Gage Rain100	
Property	Value
Name	Rain100
X-Coordinate	1480.207
Y-Coordinate	9156.627
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	1:00
Snow Catch Factor	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	TSRain100
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	MM

Şekil 6. 9 Yağışölçer (Rain100)

6.1.5 Boru hatlarının yerleştirilmesi

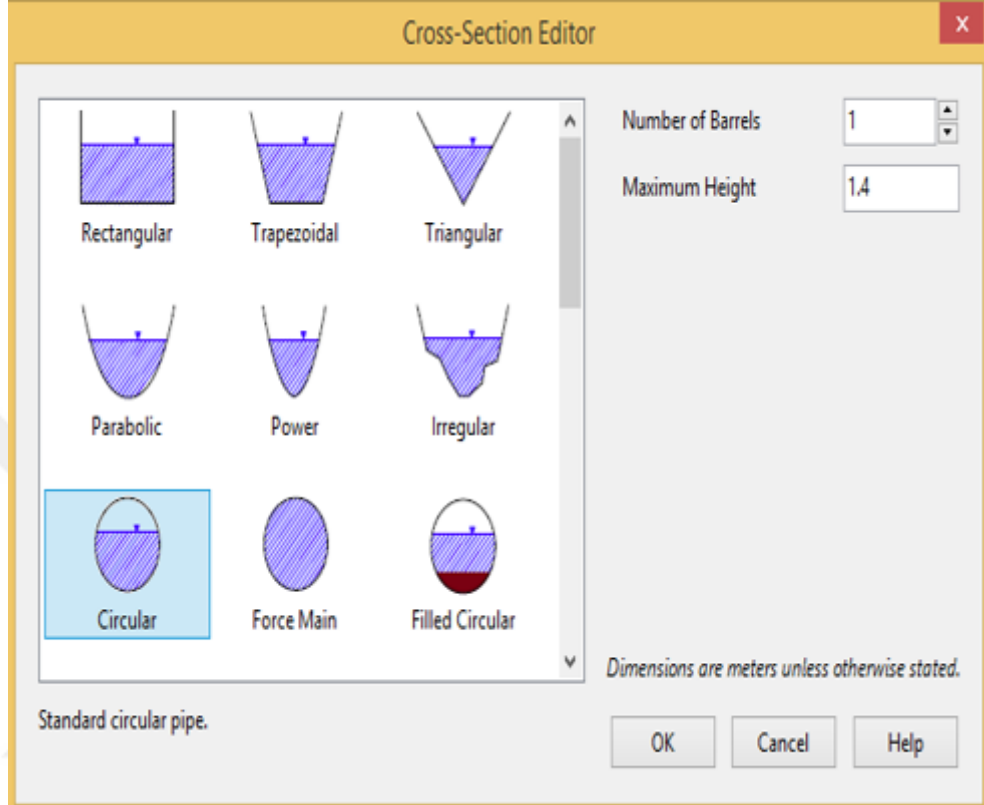
Suyun akışını sağlamak için; belirli ebatlardaki boru hatları (Conduit) yerleştirilmektedir. Yerleştirilen boru hatları kot farklarına göre; akışı sağlamaktadır. Şekil 6.10'da Sewer12 numaralı (Conduit) özellikleri verilmiştir.

Conduit Sewer12	
Property	Value
Name	Sewer12
Inlet Node	M1
Outlet Node	M2
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	1.4
Length	66
Roughness	0.009
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	

Şekil 6. 10 Sewer 12 numaralı boru hattı

Her kanalın giriş ve çıkış noktası olmak üzere boru hatları çizilirken bu detaylara dikkat etmek kaydıyla boru hattının akış yönüne çizilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde simülasyon çalıştırılması esnasında ters eğim uyarısı vermektedir. Şekil 6.10'da görüldüğü gibi Sewer 12 numaralı boru hattının giriş noktası M1 ve çıkış noktası M2'dir. Boru hatlarının uzunluğu, noktalar arasındaki mesafe Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınan yol projesinden çıkarılarak sisteme girilmiştir. Sewer 12 numaralı boru hattının uzunluğu 66 metredir. Manning pürüzlülük kat sayısı (Roughness) koroze boruları için 0,009 alınmıştır (Tablo 5.1). Yağmur suyu hatlarında kullanılmak üzere kapalı kanal akış modeli için en kesitli dairesel borular (Circular)

seçilmiştir (Şekil 6.11). Kanalin maksimum derinliği ise; akım kapasitelerine göre boru çapları metre cinsinden programa girilmiştir.



Şekil 6. 11 Dairesel en kesitli kanal

6.1.6 Pompa sisteminin yerleştirilmesi

Sisteme ön tasarım için, akış hızı giriş düğümlerindeki akış hızına eşit olan ‘ideal’ bir transfer pompası entegre edilmiştir. Pompa giriş doğrultusunda tek çıkış bağlantısı olmalıdır. Ön tasarım amaçlı olduğu için; pompa eğrisi, ilk açma-kapatma durumu, başlatma ve kapatma derinlikleri gibi verilerin girilmesine gerek yoktur (Şekil 6.12) [50]. Pompa çıkış noktası mevcut kanalizasyon sistemine bağlanmıştır (Şekil 6.13).

Pump Pump1	
Property	Value
Name	Pump1
Inlet Node	Sump1
Outlet Node	J10
Description	
Tag	
Pump Curve	*
Initial Status	ON
Startup Depth	0
Shutoff Depth	0

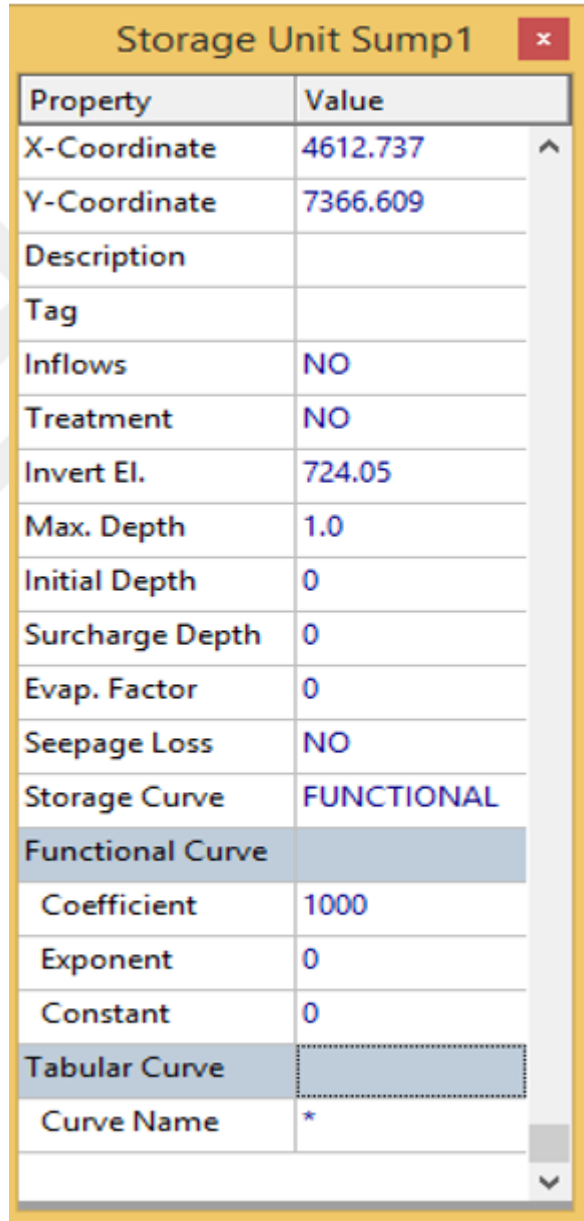
Şekil 6. 12 Pump1 numaralı pompa

Outfall Pumpout	
Property	Value
X-Coordinate	9552.496
Y-Coordinate	9311.532
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	729.95
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Outfall	
Series Name	*

Şekil 6. 13 Pumpout numaralı pompa çıkışı

6.1.7 Depolama ünitesi yerleştirilmesi

Depolama birimleri, depolama hacmi sağlayan drenaj sistemi düğümleridir. Fiziksel olarak bir havza kadar küçük veya bir göl kadar büyük depolama tesislerini temsil edebilirler. Bir depolama biriminin hacimsel özellikleri, bir fonksiyon veya yüzey alanı-yükseklik tablosu ile tanımlanır (Şekil 6.14). Drenaj ağındaki diğer düğümlere giriş ve çıkışları boşaltmaya ek olarak, depolama düğümleri ayrıca yüzey buharlaşmasından ve doğal toprağa sızıntıdan su kaybedebilirler [51].



Property	Value
X-Coordinate	4612.737
Y-Coordinate	7366.609
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	724.05
Max. Depth	1.0
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Evap. Factor	0
Seepage Loss	NO
Storage Curve	FUNCTIONAL
Functional Curve	
Coefficient	1000
Exponent	0
Constant	0
Tabular Curve	
Curve Name	*

Şekil 6. 14 Sump1 numaralı karter

6.2 Simülasyon Çalıştırılması

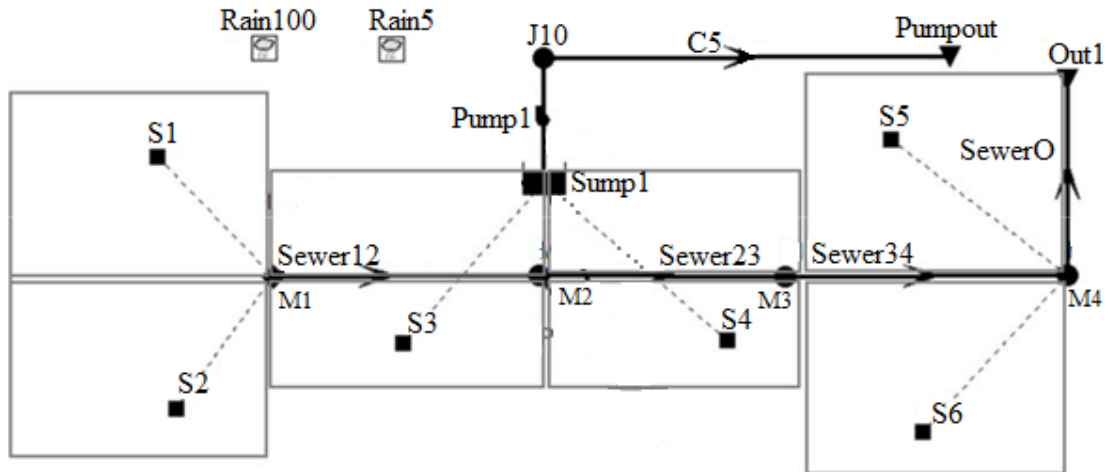
Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi Yağmur Suyu Yönetim Modeli, gerekli verilerin girilmesinden sonra 5 yıllık ve 100 yıllık tekerrür eden yağış verilerinin girilmesiyle birlikte, mevcutta var olan sistem üzerindeki etkileri her iki yağış olayı için; ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Modellenme için; 100 yıllık ve 5 yıllık yağış olayları verileri irdelenerek bir günlük (24 saat) yağış süresi seçilmiş olup belirli aralıklarla devam eden yağış verileri kullanılmıştır. Modele pompa sistemi entegre edilerek mevcut alt yapı sistemi üzerindeki yük belirli bir oranda azaldığı gözlemlenmiştir.

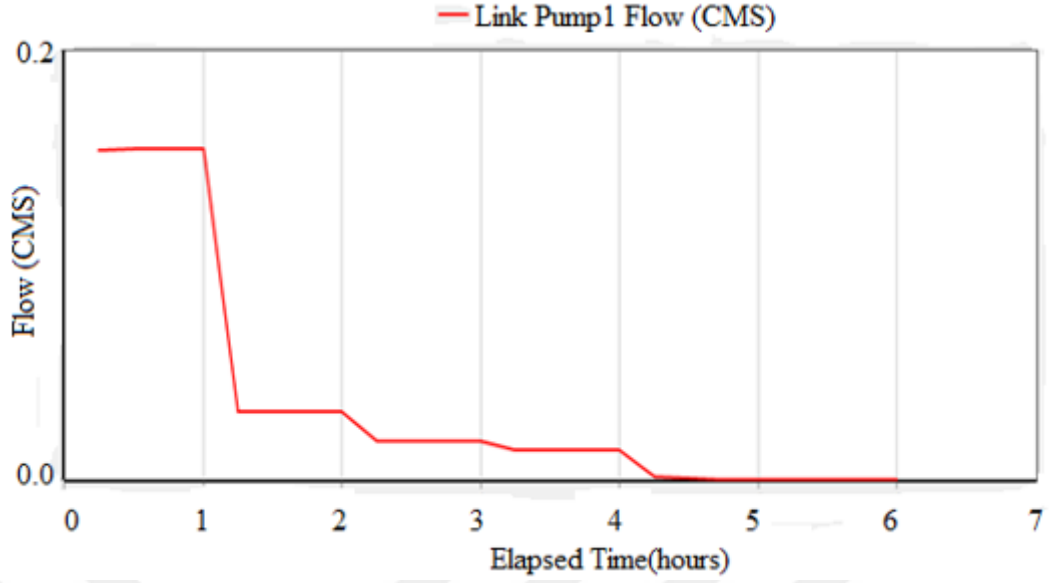


7. BULGULAR

Pik akış tahminleri için en popüler ve en basit bir metot olan Rasyonel Metot formülü kullanımı tercih edilmiştir. Böyle bir pik akışa dayalı yaklaşım kanalizasyon ve havza boyutlandırılması için kolay olsa da sistem performansını doğrulamak için sayısal bir simülasyon gerçekleştirilmelidir. Şekil 7.1’de ki sistem dönüştürülmüştür. EPA SWMM yüzeysel akış yöntemi, kullanılan havzalar ve tüm akış hidrografları sayısal bağlantı düğüm modeline dönüştürülmüş. Dinamik dolgu yönlendirme şeması, sistem boyunca taşkın akışlarını iletmek için uygulanır. Alt geçit alt kotu 1’inci Rögarda olacak şekilde toplama havuzu olarak modellenmiştir. Depolanan su bitişik zemine pompalanır. Denklem (5.18) şu şekilde kullanılır: 15,4 Kilowatt’lık bir pompa için derinlik akış pompası karakteristik eğrisi tanımlanır. Pompa çalışması için başlatma ve kapatma derinlikleri 18 cm ve 13 cm olarak ayarlanmıştır. Düşük akışlı bir boru yağmur suyunun depolandığı havuzun dibine monte edilir ve her zaman havuzun boşaltma sürecini simüle eder. Göllenme derinliği kapatma derinliğinden daha sıgıdır. Ön tasarım için ideal pompa da kullanılabilir. İdeal pompa kullanılması takdirde açma-kapama derinliği ve pompa eğrisi verileri sisteme girilmesine gerek yoktur.

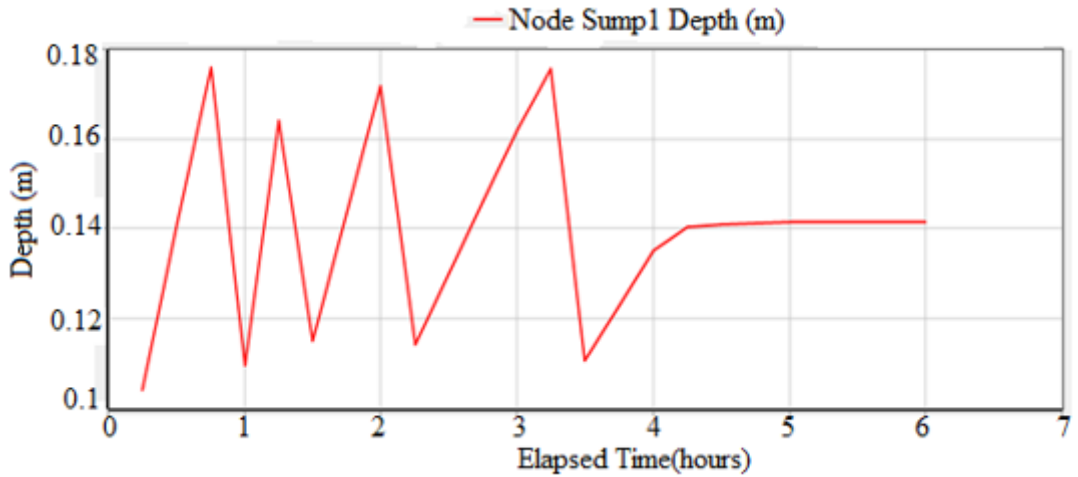


Şekil 7. 1 EPA SWMM’de kullanılan düğüm-bağlantı sistemi

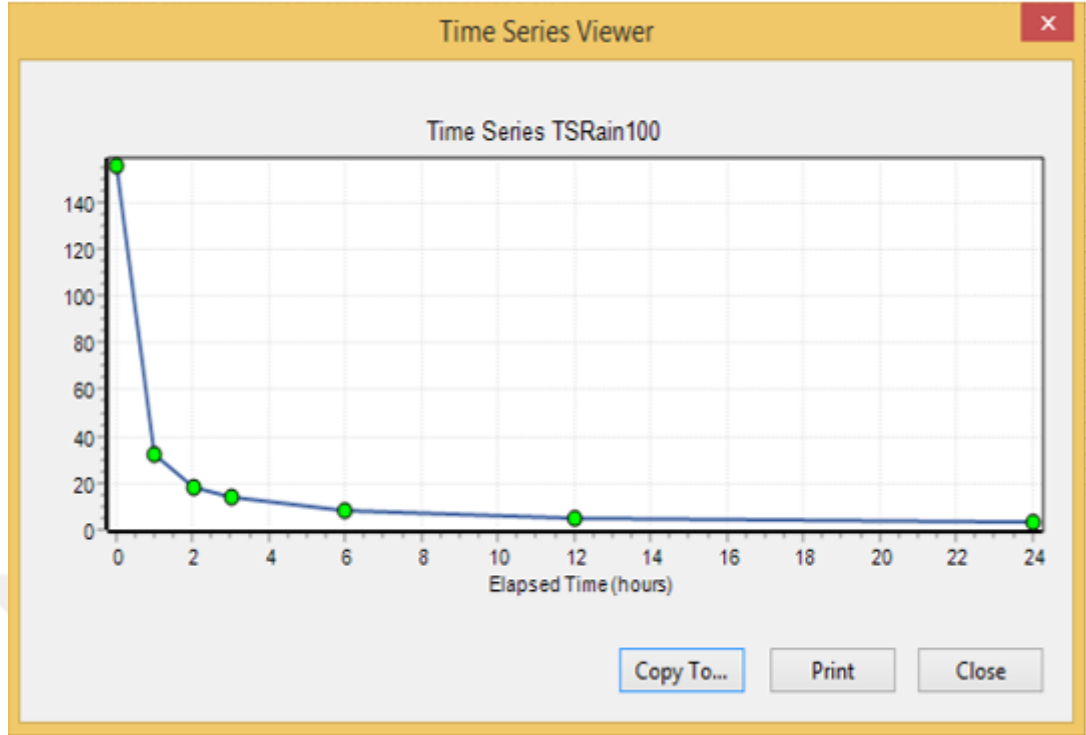


Şekil 7. 2 Pompa debi deşarj zaman serisi (ideal pompa)

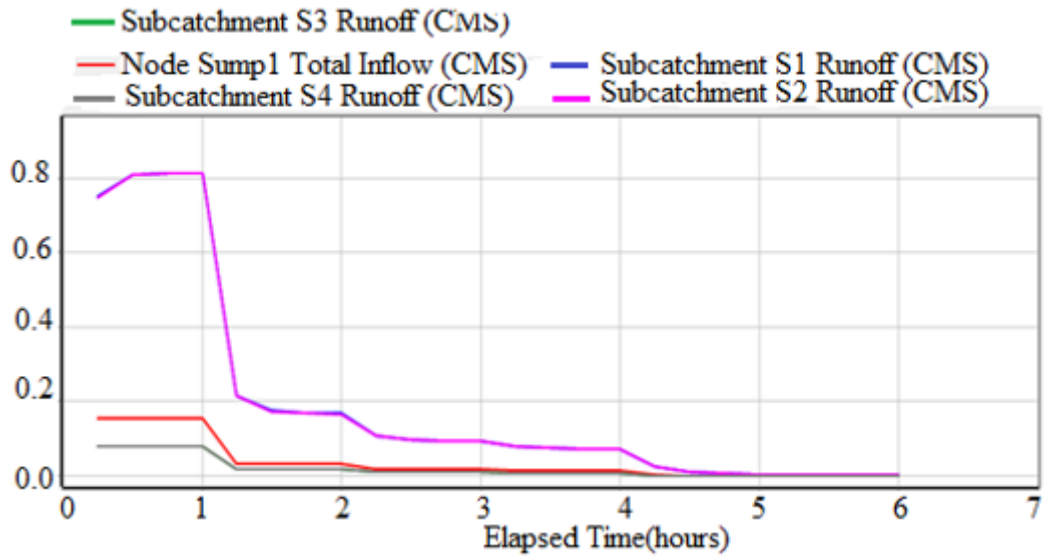
Ayrıntılı yerel topografya hali hazırda mevcut olmadığından, pompa sistemi için çıkış noktası yüksekliği 8 m olarak ayarlanmıştır. Şekil 7.2, düşük noktadaki su derinliklerindeki dalgalanmaları göstermektedir. 100 yıllık etkinlik boyunca, su derinliği $0,665 \text{ m}^3/\text{sn}$ de bir tepe akışı ile 0,45 m'nin altında kalmaktadır. Önerilen pompa sisteminin, boşaltma işlemini düşük noktada yapması yaklaşık olarak 4 saat sürmektedir (Şekil 7.3). Uygulama son aşamaya geçerken, tahliye noktasının çöküntü bölümünün alt kısmına, bir sifon sistemi yerleştirilmelidir.



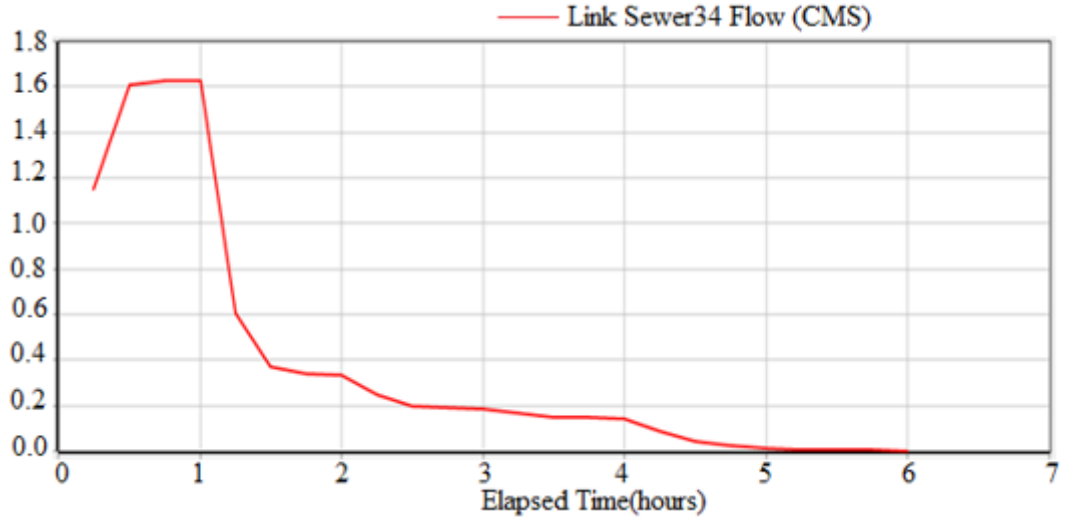
Şekil 7. 3 Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşağı Alt Geçidi depolama ünitesi su derinliği değişimi



Şekil 7. 4 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde hiyetograf



Şekil 7. 5 Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde hidrograf (S1=S2, S3=S4)



Şekil 7. 6 Sewer34 numaralı kanal debi-zaman serisi

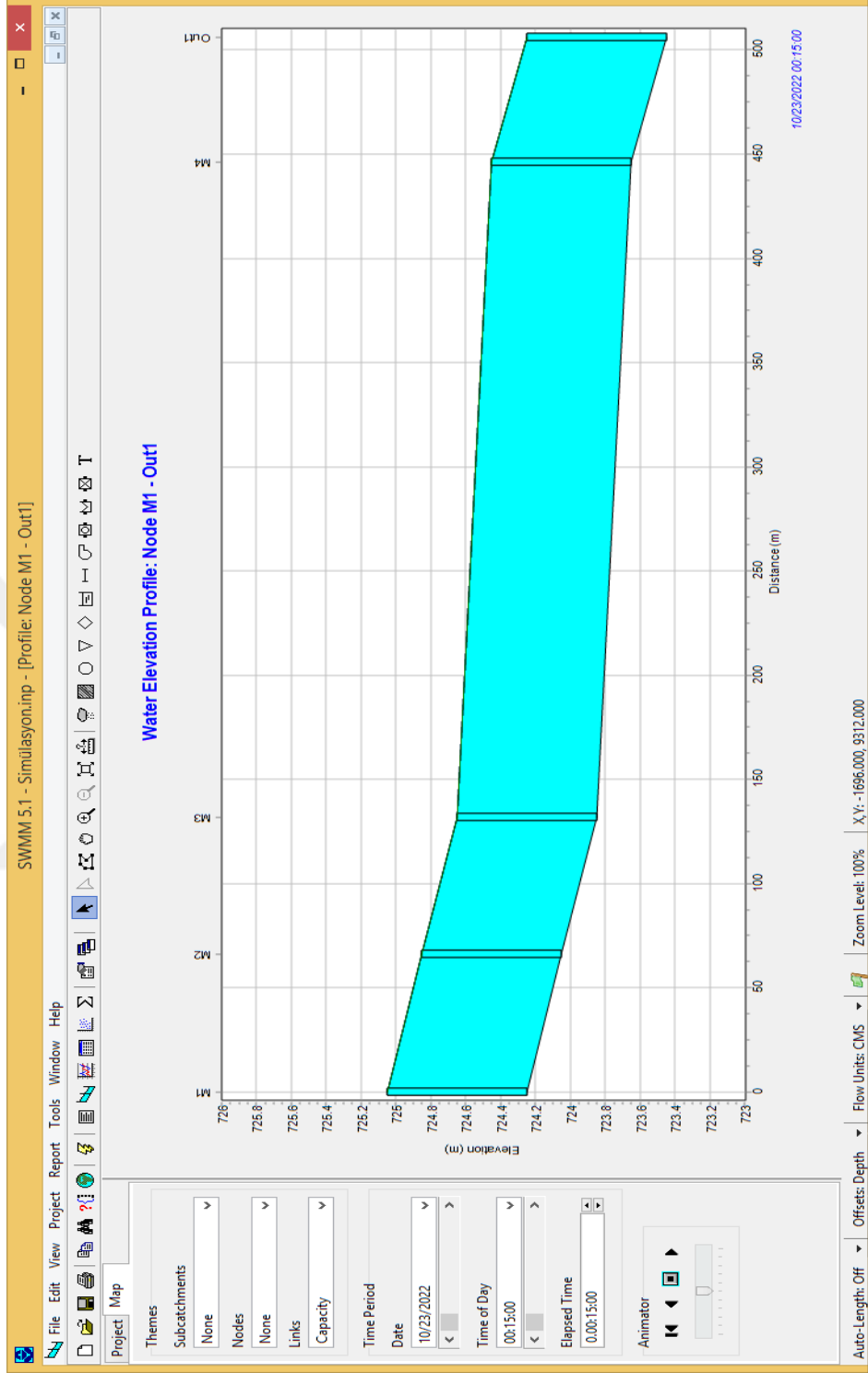
Şekil 7.4 ve Şekil 7.5, 100 yıllık hiyetografı ve 4 havzadan oluşturulan tahmini hidrografları ve hazne noktasından dışarı akış hidrografını göstermektedir. Hiyetograf, yerel yağış yoğunluğu formülünden, yani Denklem (5.2)'den türetilmiştir. En düşük noktaya gelen akışların toplamı yaklaşık $0,8 \text{ m}^3/\text{sn}$ iken, tepe çıkış akışlarının toplamı $0,1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'ye yakındır. Kanalizasyon 34 normal akış varsayımı altında 2 yıllık $0,665 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik pik akışı geçecek şekilde boyutlandırılmış olmasına rağmen, Sewer34'ün 100 yıllık enerji derece çizgisi altındaki performansı $1,6 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik pik akışına sahiptir (Şekil 7.6). Bu da gösteriyor ki yapılan iki yıllık tasarım kapasitesi yetersiz kalmaktadır.

Pompa hattı $0.155 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik bir debiyi iletmektedir. Açıkçası, akışın azalması, düşük noktadaki $0,45 \text{ m}$ yüksekliğe sahip depolama hacminin pompa ile yapılan tahliye sayesinde. Şekil 7.5, en yüksek yağış yoğunluğu ile akışı arasındaki gecikme süresinin, tahmin edilen konsantrasyon süresi olan 12,46 dakikaya yeterince yakın olan yaklaşık 10 dakika olduğunu göstermektedir. Maksimum depolama hacmi için; denklem (5.12)'de öngörülen kritik süre 14,11 dakika iken, pompa 20 dakika içinde tam kapasitede çalışır. Bu durumda, akış hidrograflarındaki tepe akışları, Rasyonel Yöntemine göre yaklaşık %5 ila %10 daha yüksektir.

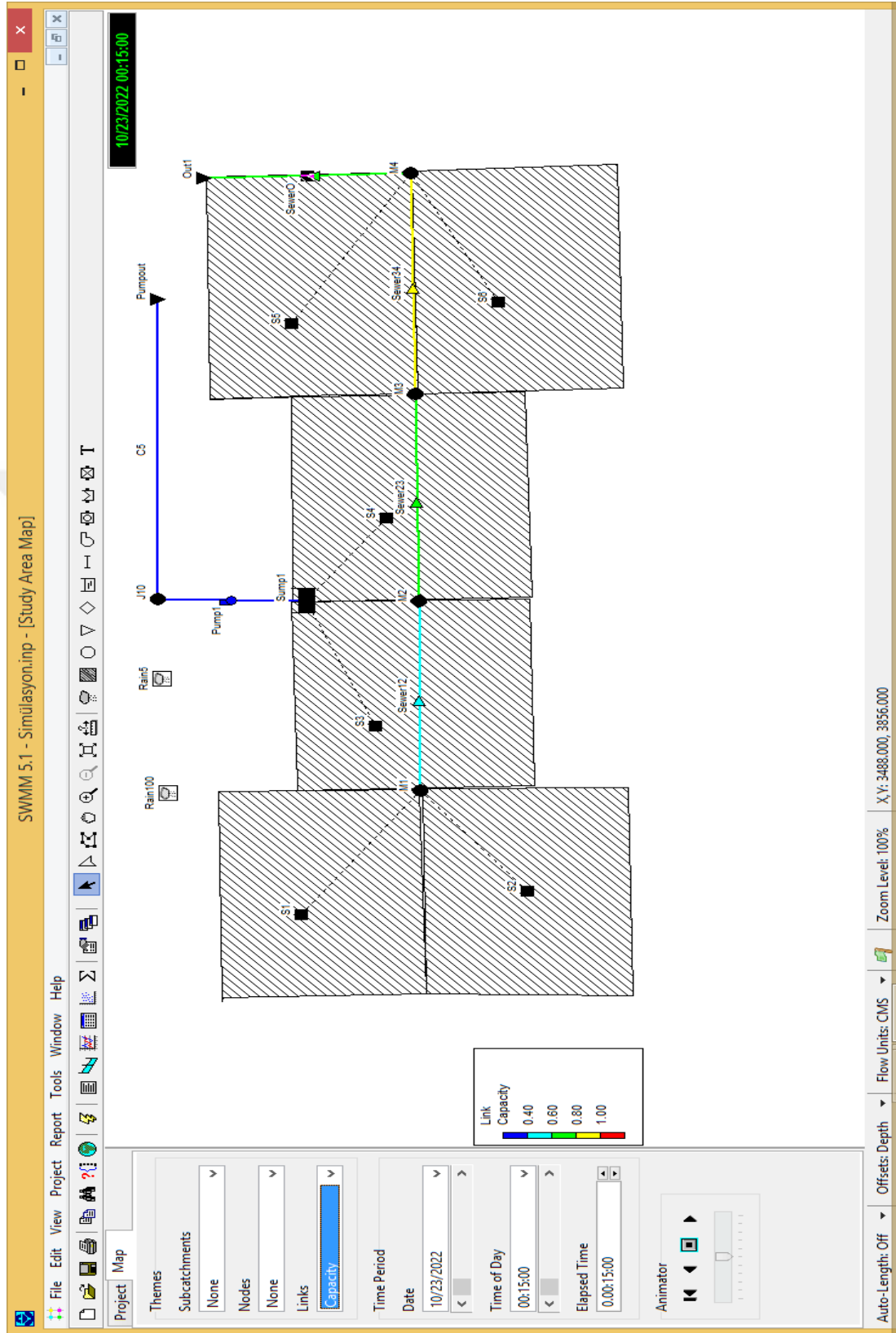
Rasyonel Yöntem, kullanıcı tanımlı akış katsayılarını talep ederken, kinematik dalga kara akışı, akış katsayılarını hesaplar. Bu iki akış katsayısı seti arasındaki fark, mühendisin deneyimine bağlıdır. Bununla birlikte, Rasyonel Yöntemine göre

boyutlandırılmış kanalizasyon ve toplama havuzu önerilen pompalarla çalışmak için yeterlidir. 100 yıllık yağış olayı verileri girilerek, mevcut sistem boru çapları her biri 0,8 m olacak şekilde sisteme girilmiş simülasyon sonunda şekil 7.7’de kırmızı renkte gösterilen boruların kapasite doluluk oranları 1 aralık değerleriyle incelendiği gösterilmiştir. Ayrıca boru hattının su yüzü profili şekil 7.8’de gösterilmiştir. Yine 100 yıllık yağış verileri kullanılarak Sewer12 ve Sewer23 boru hattı boru çapları 1,2 m olarak girilmiş olup Sewer34 ve SewerO boru çapları ise; 1,4 m girilmiş ve ideal pompa sisteme entegre edilmiştir.

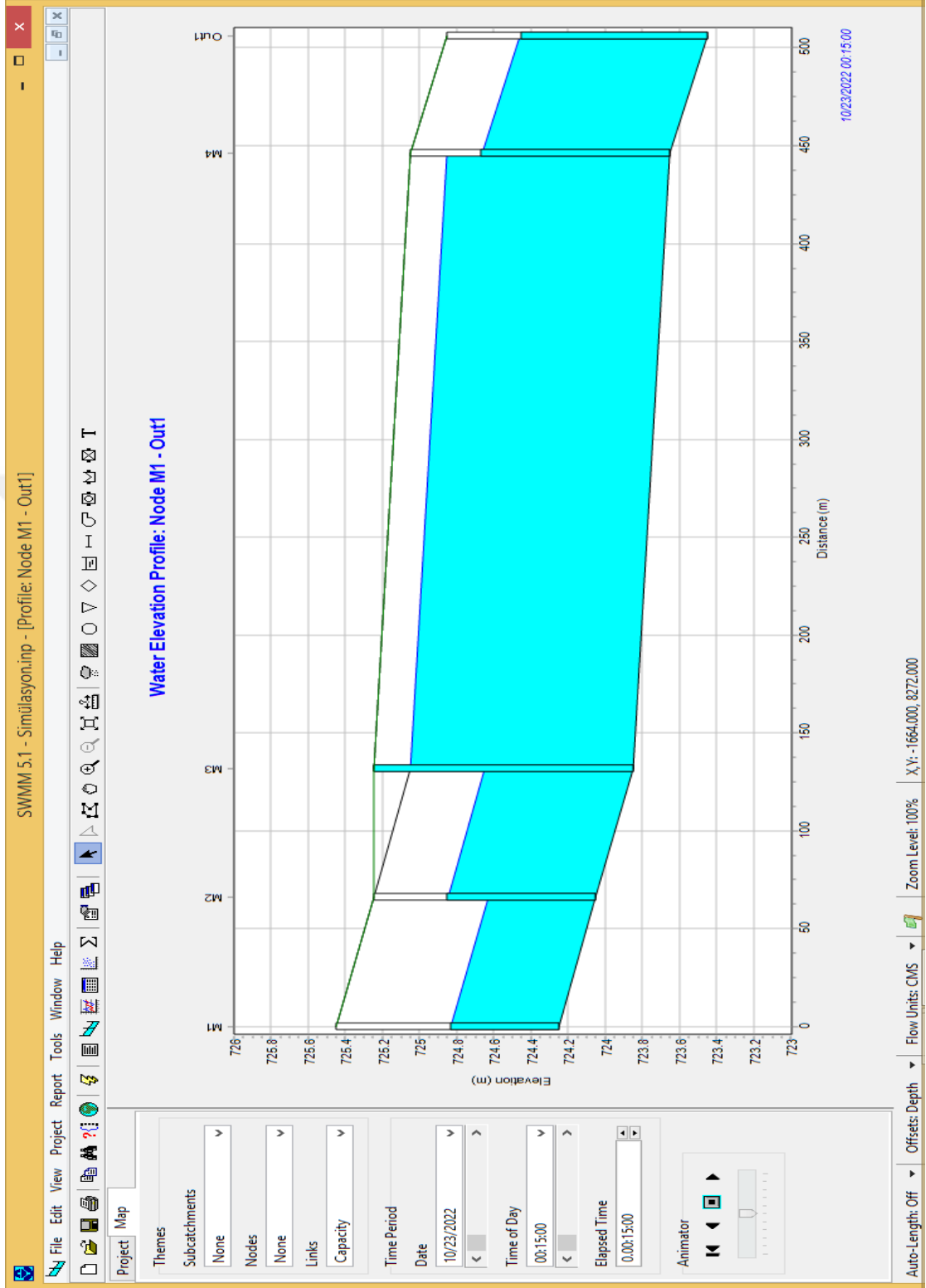
Simülasyon sonunda şekil 7.9’de açık mavi renkte gösterilen Sewer12, yeşil renkte gösterilen Sewer23, sarı renkte gösterilen Sewer34 ve yine yeşil renkte gösterilen SewerO olmak üzere sırasıyla doluluk oranları 0,48-0,71-0,91-0,71 ve 0,77’ye düşürüldüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca şekil 7.10’da boru hattının su yüzü profili verilmiştir.



Şekil 7. 8 Simülasyonun 00.15'inci dakikası anında mevcut sistem su kotu profili



Şekil 7. 9 Simülasyonun 00.15'inci dakikası anında ideal pompa eklenilmiş ve artırılmış boru hattı kapasitesi durumu.

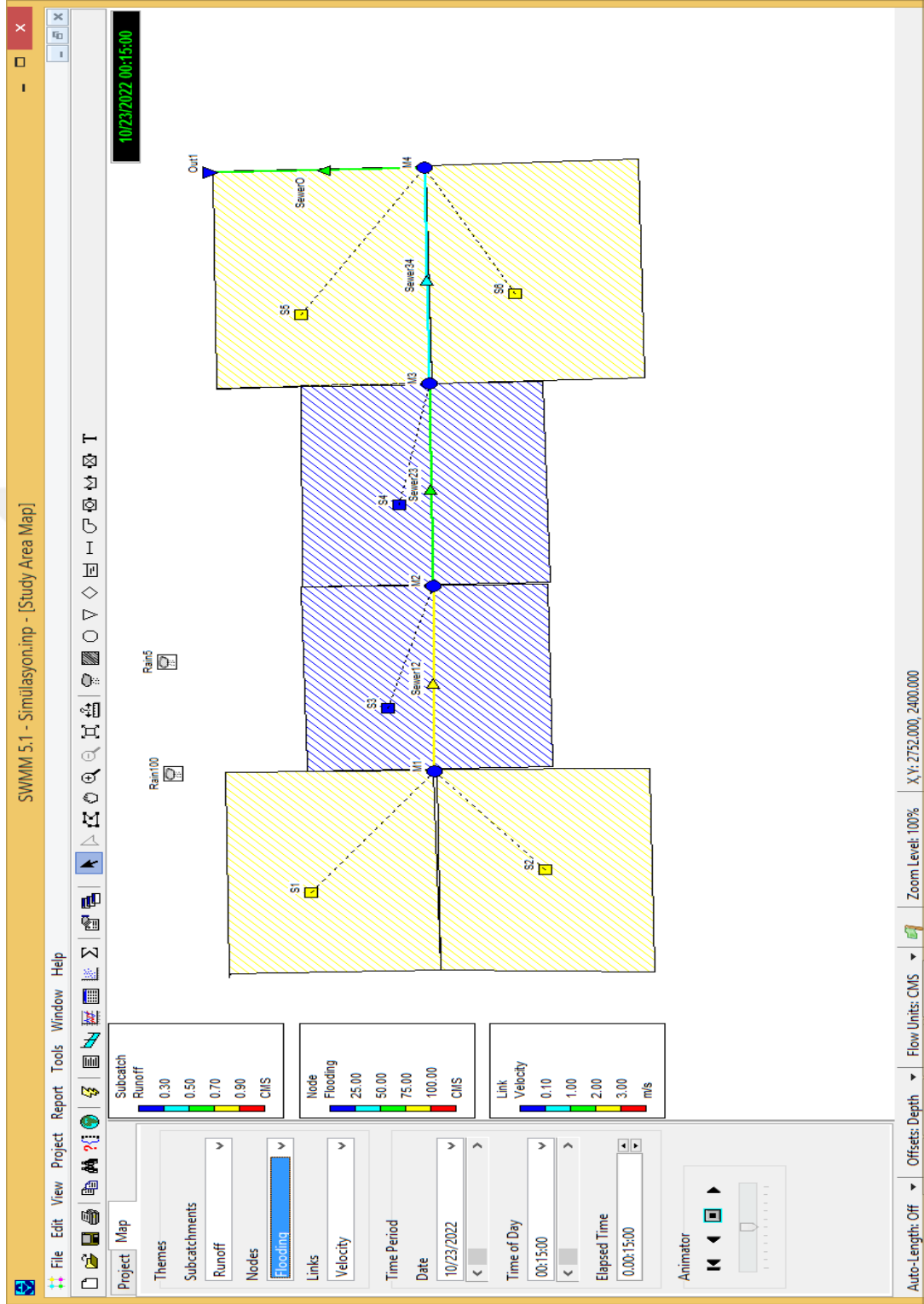


Şekil 7. 10 Simülasyonun 15'inci dakikası anında ideal pompa eklenilmiş ve artırılmış boru hattı kapasitesi su kotu profili.

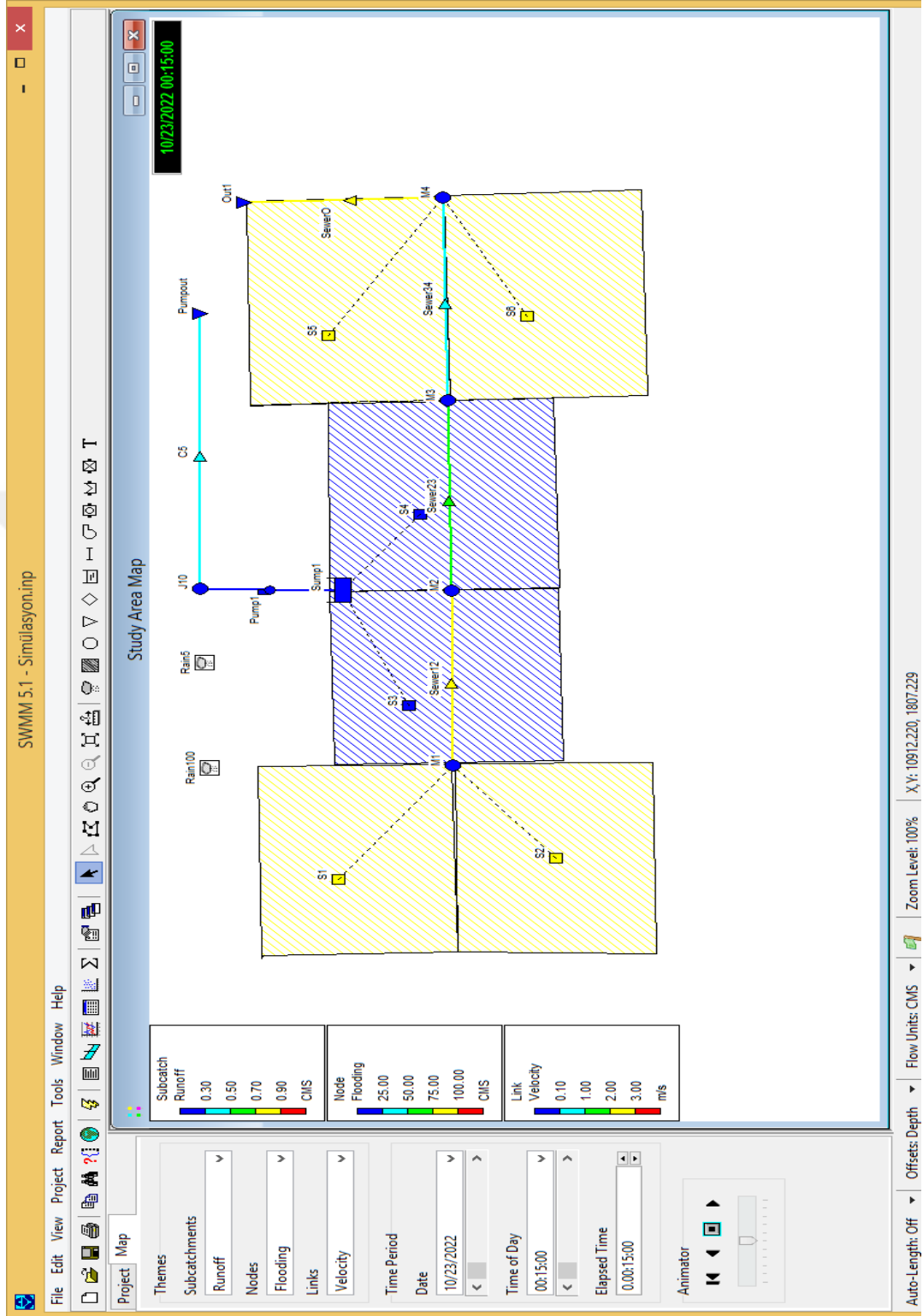
Şekil 7.11’de 100 yıllık yağış olayı verileri sisteme girilmiş olup mevcut sistem simülasyonunun 00.15’inci dakikasında gözlenen -yüzeysel akış/taşkın/hız renkli haritası gösterilmiştir. Mavi renkteki M1 ve M3’inci menholdeki taşkın debisi 0,42 m³/sn iken M2’inci menholdeki taşkın debisi 0,50 m³/sn ve M4’inci menholdeki taşkın debisi 1,09 m³/sn’dir. Sarı renkteki Sewer12 numaralı boru hattında hız değeri 2,09 m/sn’dir. Yeşil renkteki Sewer23 numaralı boru hattındaki hız değeri 1,26 m/sn, açık mavi renkteki Sewer34 numaralı boru hattında hız değeri 0,58 m/sn, yeşil renkteki SewerO numaralı boru hattında hız değeri ise; 1,32m/sn’dir. Şekil 7.12’de yine 100 yıllık yağış olayı verileri sisteme girilmiş olup mevcut sistem boru hattı kapasitesi artırılmış ve sisteme ideal pompa entegre edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda simülasyonun 00.015’inci dakikasında gözlenen -yüzeysel akış/taşkın/hız renkli haritası gösterilmiştir.

Mavi renkteki M1’inci menholde, M2’inci ve M4’üncü menholde taşkın debisi 0,00 m³/sn’dir. Yine mavi renkteki M3’üncü menholde taşkın debisi ise; 0,14 m³/sn’dir. Sarı renkteki Sewer12 numaralı boru hattında hız değeri 2,69 m/sn, yeşil renkteki Sewer23 numaralı boru hattında hız değeri 1,80 m/sn, açık mavi Sewer34 numaralı boru hattında hız değeri 0,79 m/sn’dir.

Mevcut sistemin boru hattının kapasitesi artırılması ve sisteme pompa entegre edilmesi sonucunda M1, M2, M3, M4’üncü menholdeki taşkın debi miktarları azaldığı gözlemlenmiştir. Ve yine Sewr12, Sewer23, Sewer34, SewrO numaralı boru hatlarında hız değerleri artışı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. 11 Simülasyonun 00.15'inci dakikasında mevcut sistemde gözlemlenen yüzeyel akış/taşkın/hız renkli haritası.

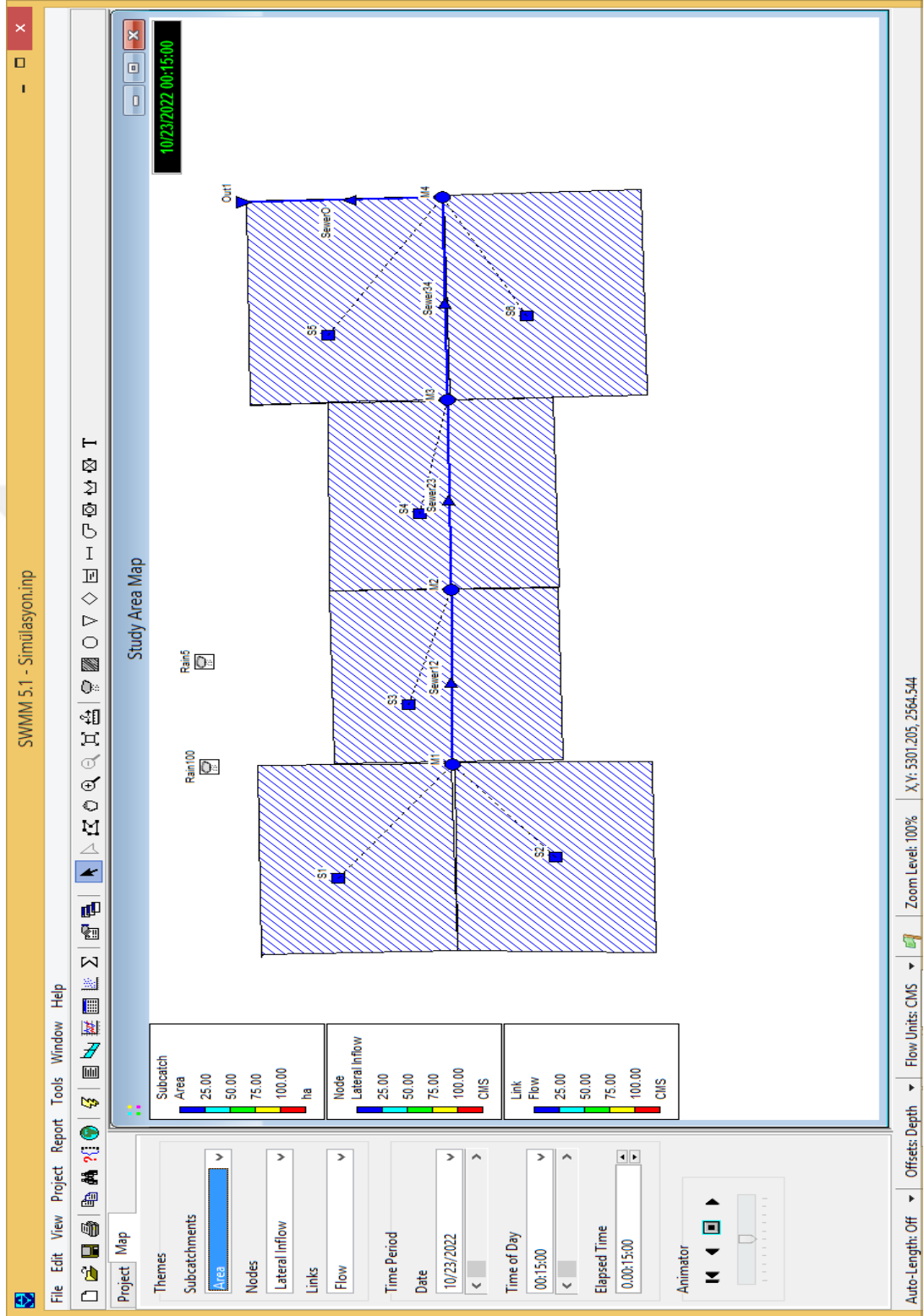


Şekil 7. 12 Simülasyonun 00.15'inci dakikasında gözlemlenen mevcut boru hattı kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegre edilmiş -yüzeysel akış/taşkın/hız renkli haritası.

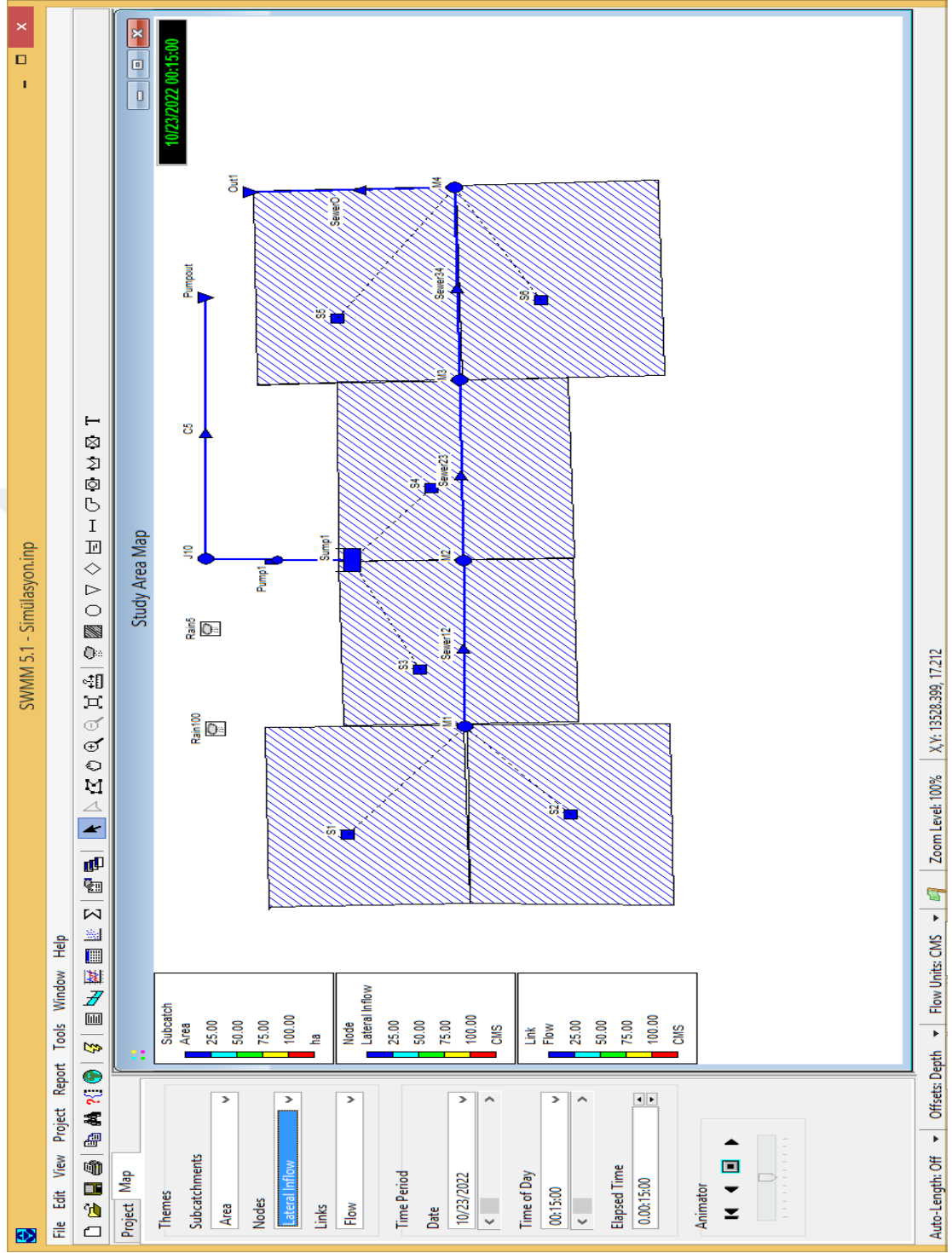
Şekil 7.13'de 100 yıllık yağış olayı verileri sisteme girilmiş olup mevcut sistem simülasyonunun 00.15'inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanal giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası gösterilmiştir.

Mavi renkteki M1 ve M4 numaralı menhollerin yanal giriş debisi $1,48 \text{ m}^3/\text{sn}$, M2 ve M3 numaralı menhollerin yanal giriş debileri ise; $0,08 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Mavi renkteki Sewer12 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $1,05 \text{ m}^3/\text{sn}$, Sewer23 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $0,63 \text{ m}^3/\text{sn}$, Sewer34 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $0,29 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Ve yine SewerO numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi ise; $0,66 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Şekil 7.14'te yine 100 yıllık yağış olayı verileri sisteme girilmiş olup, mevcut sistem boru hattı kapasitesi artırılarak sisteme pompa dahil edilmiştir. Bu veriler ışığında simülasyonun 00.15'inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanal giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası gösterilmiştir.

Mavi renkteki M1 ve M4 numaralı menhollerin yanal giriş debisi $1,48 \text{ m}^3/\text{sn}$, M2 ve M3 numaralı menhollerin yanal giriş debileri ise; $0,00 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Mavi renkteki Sewer12 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $1,46 \text{ m}^3/\text{sn}$, Sewer23 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $1,44 \text{ m}^3/\text{sn}$, Sewer34 numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi $1,11 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Ve yine SewerO numaralı boru hattı bağlantısında akış debisi ise; $2,53 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Mevcut sistem boru hattı kapasitesi artırılıp, mevcut sisteme pompa entegre edilmesi ile birlikte; M2 numaralı menhol ve M3 numaralı menhollerin yanal giriş debisi mevcut sistemde $0,08 \text{ m}^3/\text{sn}$ iken son durumda M2 numaralı menhol ve M3 numaralı menhollerin yanal giriş debisi $0,00 \text{ m}^3/\text{sn}$ olmuştur. Yanal giriş debilerinin azalması neticesinde mevcut sistem üzerindeki hidrolik yükün hafiflediği gözlemlenmiştir. Mevcut sistemde; M1, M2, M3, M4 numaralı boru hattı bağlantılarında akış debisi sırasıyla $1,05 \text{ m}^3/\text{sn}$, $0,63 \text{ m}^3/\text{sn}$, $0,29 \text{ m}^3/\text{sn}$, $0,66 \text{ m}^3/\text{sn}$ iken sisteme pompa entegre edilmesi ve boru hatları çapları artırılmasıyla birlikte; M1, M2, M3, M4 numaralı boru hattı bağlantılarında akış debisi sırasıyla $1,46 \text{ m}^3/\text{sn}$, $1,44 \text{ m}^3/\text{sn}$, $1,11 \text{ m}^3/\text{sn}$, $2,53 \text{ m}^3/\text{sn}$ olmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda boru hatları bağlantılarının akış debileri arttığı gözlemlenmiş olup bu durum neticesinde yağmur suyu tahliyesinin arttığı buna paralel olarak havzada biriken yağmur suyunun azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7. 13 Mevcut sistem simülasyonun 00.15'inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanal giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası.



Şekil 7. 14 Sisteme pompa entegre edilmesi sonucu, simülasyonun 00.15'inci dakikasında gözlemlenen -alt havzalarda alan/düğüm noktalarında yanıl giriş/bağlantı boru hatlarında akış renkli haritası.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayolları düşük noktaları ve alt geçitlerinde; yağmur suyu hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözüm aranmaktadır. Bu çözüm arayışına katkıda bulunmak amacıyla bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak seçilen Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde bulunan köprülülük kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülülük Kavşağı Alt Geçidi havza modellenmesi SWMM programı kullanılarak yapılmıştır. Tez çalışması doğrultusunda SWMM programı kullanarak, Doğum Hastanesi Köprülülük Kavşağı Alt Geçidi yağmur suyu drenaj sistemi hazırlanmış olup, bu kapsamda köprülülük kavşak alanında yağış esnasında toplam yüzeysel akış incelenmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde hidrolojik modellenme oluşturarak köprülülük kavşak alt geçidi için; alternatif bir yağmur suyu hibrit sistem modeli sunulmuştur. Yağış girdileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 100 yıllık yağış verileri arasından en yüksek yağış değerleri kullanılarak 100 yıllık ve 5 yıllık tekerrür eden yağış olayları oluşturulmuş ve sisteme girdi olarak ayrı ayrı girilmiştir. Bu doğrultuda model üzerinde oluşturduğu taşkın noktaları incelenmiştir.

Çıkan sonuçlar irdelendiğinde mevcut yağmur suyu drenaj sistem kapasitesi olası 100 yıllık ve 5 yıllık tekerrür eden yağış olayları esnasında yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Mevcut yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegre edilmesi sonucu SWMM programı kullanılarak yapılan simülasyon neticesinde yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesi yeterli bir seviyeye geldiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak Doğum Hastanesi Köprülülük Kavşağı Alt Geçiti, ilk planda yer çekimi sistemiyle yağmur suyu tahliyesi edilerek ve ikinci planda ise; fazla yağmur suyunu mekanik sistem ile kaldırılması sonucunda, yüzeysel akışın aniden yükselmesine sebep olarak taşkın ve sel riskinin artıran yağmur suyunun kontrol altına alınabileceği tespit edilmiştir.

Bir karayolu sarkma eğrisi boyunca, alçak noktadaki drenaj kapasitesi, kanalizasyon hattındaki kapasite ile sınırlıdır. Büyük bir akım sırasında, tahliye süresi uzamaktadır ve trafik akışının güvenliğine zarar vermektedir.

Kanalizasyon hatları ile pompaları küçük ve büyük akımları, ayrı ayrı boyutlandırmak için denklem (13), (14) ve (15)'i kullanmak üzere sistematik bir yaklaşım türetilbilir

ve ardından sırasıyla her iki akım için entegre performansı değerlendirmek için sayısal simülasyonlar yapılabilir.

Uygulamada, önerilen pompa sistemi, yerel ihtiyaçlara ve maliyetlere bağlı olarak kalıcı bir istasyon veya hareketli bir acil durum ünitesi olabilir.

Konsantrasyon süresi için yeni formüller, belirtilen akış uzunluklarına ve su toplama havzasının geçirimsizliğine dayalı olarak karasal akış ve oluk akış sürelerini hesaplamak için kullanılabilir.

Bir otoyol çöküntü bölümü yerel yeraltı suyu tablasına derinleştirildiğinde veya doğal bir su kütlesinin bitişiğinde yer aldığında, yeraltı suyu sızıntı akışı yağmur suyuyla karışabilir.

Karter ve pompa sistemleri tasarlanırken dikkatli olunmalıdır, çünkü durum iki ayrı sistem gerektirebilir: biri yağmur suyu ve diğeri yeraltı suyu için. Karayolu alt geçidinin, alan dışı bir gözetim havuzu yerleştirmek için yeterli alana sahip bir alanda bulunması veya alan dışı bir yerde bulunması halinde alan içi ve alan dışı yağmur suyu alıkoyma durumu güvenlik, bakım, trafikten sapma gibi etmenlerden dolayı farklı maliyetler içerebilir.

Otoyol sarkma eğrisindeki alçak nokta genellikle kentsel molozları ve çöpleri çekmektedir. Sarkma alanı boyunca kullanılan oluklu ek parçalar tıkanma eğilimindedir. Girişi boyutlandırırken çöpleri tutmaya dayalı bir tıkanma faktörünün dikkate alınması önerilir.

Sistem temizliği ve onarımlarının uygulanması için düzenli bir bakım programı gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] NHTSA, "Fatality Analysis Reporting System Coding Validation Manual," 2007. [Online]. Available: <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/FARS07CVMan.pdf..>
- [2] D. Begley, Officials pledge action after flooded roadway deaths for barricade plan, Houston, Chronicle, 2016.
- [3] NTV, «Kurtarmak İçin Altgeçite Daldı», 16 Haziran 2011. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye>. [Erişildi: 20 11 2022].
- [4] AA, «İzmir'de Sel: 'Mecbur Olmadıkça Evden Çıkmayın',» 2 2 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://m.bianet.org/bianet/yasam/238555-izmir-de-sel-mecbur-olmadikca-evden-cikmayin>. [Erişildi: 21 11 2022].
- [5] Ş. Gündüz, «Diyarbakır'da Sağanak Hayatı Olumsuz Etkiledi», 3 5 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.aa.com.tr/tr/pg/foto-galeri/diyarbakirda-saganak-hayati-olumsuz-etkiledi/146>. [Erişildi: 18 9 2022].
- [6] MHURD, *Design code for stormwater storing and discharging for underpass road.*, Beijing: Beijing municipal commission of planning and natural resources, City of Beijing, China, 2014.
- [7] «Mission Green India», [Çevrimiçi]. Available: <https://www.facebook.com/MissionGreenIndiaPage>. [Erişildi: 07 12 2022].
- [8] «AOF Environmental», [Çevrimiçi]. Available: <https://acfenvironmental.com/products/stormwater-management/filtration/stormbasin>. [Erişildi: 10 12 2022].
- [9] «Demsan Döküm», [Çevrimiçi]. Available: <https://www.demsandokum.com/oluklu-yagmursuyu-izgaralari/oluklu-yagmursuyu-izgarasi-3.jpg>. [Erişildi: 11 12 2022].
- [10] «iStock», [Çevrimiçi]. Available: <https://www.istockphoto.com/tr/collaboration/boards/cQRDx4k3vkCVsI4wTVZVA>. [Erişildi: 06 12 2022].
- [11] Guo, James C.Y; Li, Jun Qi; Urbans, Ben; Wang, Wen Liang;, "Runoff Capture Methods Developed For Stormwater Low-Impact-Development Desingsn.," *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 24, no. 4, April 2019.
- [12] K. Patel, R. Patel, K. Patel, K. Trivedi and D. M. Patel, "Storm Water Drainage For Underpass," *IHJIRST-International Journal for Innovative Research in Science and Tecnology*, vol. 3, no. 09, February 2017.
- [13] C. Zoppou, "Review of Urban Storm Water Models.," vol. 16, pp. 195-231, 01 04 2001.

- [14] C. E. Clark, *Energy Emissions Mitigation Using Green Roofs: Probabilistic Analysis and Integration in Market-Based Clean Air Policies*, PhD Thesis, Michigan, USA: University of Michigan, Environmental Engineering and Naturel Resources and Environment, 2008.
- [15] G. Sakson and M. Zawilski, "Modelling Of Detention-Sedimentation Basins For Stormwater Treatment Using SWMM Software," in *11th International Conference on Urban Drainage.*, Edinburgh, 2008.
- [16] C. W. Campbell and S. M. Sullivan, "Simulating time-varying cave of low and water levels using the storm water management model," in *Engineering Geology*, 2002, pp. 133-139.
- [17] G. Camorani, A. Castellarin and A. Brath, "Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems," in *Physics and Chemistry Of The Earth*, 2005, pp. 561-574.
- [18] S. Kaptan, *The Use Of Geographical Information Systems In Catchment Hydrology Modelling: A Case Study From Göksu River*, Master's Thesis, İstanbul: Boğaziçi University, Institute Of Environmental Technology, 2011.
- [19] N. F. Şengün, *Ege Üniversitesi Kampüsü Yağmur Suyu Drenaj Sisteminin Projelendirilmesine Ve Kapasitesinin Arttirilmasına Yönelik Alternatif Öneriler, Yüksek Lisans Tezi*, İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
- [20] V. Gezder, *Kentiçi Yolların Yüzeysel Drenajı ve Erzurum örneği, Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [21] V. O. İçkale, *Meskun Bölgelerde Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin İncelenmesi: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [22] O. Soydan, *Antalya Konyaaltı Bölgesi Parklarının Drenaj Sorunlarını Peyzaj Mühendisliği Kapsamında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi*, Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [23] ozegrup.com.tr, «Diyarbakır-Şanlıurfa Devlet Yolu Doğum Hastanesi KöprülÜ Kavşak Yapım İşi,» 18 Temmuz 2012. [Çevrimiçi]. Available: <https://ozegrup.com.tr/projeler/diyarbakir-sanliurfa-devlet-yolu-dogum-hastanesi-koprulu-kavsak-yapim-isi>. [Erişildi: 10 Eylül 2022].
- [24] «BOĞAZİÇİ PROJE A.Ş.,» [Çevrimiçi]. Available: Web:<https://www.bogaziciproje.com.tr/projelerimiz/diyarbakir-seyrantepe-koprulu-kavsak-projeleri>. [Erişildi: 13 Ocak 2022].
- [25] «OzeGrup,»[Çevrimiçi]. Available: Web:<https://ozegrup.com.tr/projeler/diyarbakir-parkorman-altgecidi-ile-kantar-koprulu-kavsak-yapim-isi>. [Erişildi: 14 Ocak 2022].

- [26] Googlemap, «Yenihal Köprülü KavşağıAlt Geçit Görünümü,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.google.com/maps>. [Erişildi: 13 Ocak 2022].
- [27] GoogleEarth, «Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi Konumu,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.google.com.tr/maps>. [Erişildi: 20 Kasım 2022].
- [28] wow.TURKEY.com, «Diyarbakır-Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı,» 10 Mayıs 2012. [Çevrimiçi]. Available: <http://wownturkey.com>. [Erişildi: 12 Temmuz 2022].
- [29] A. Esen, *Dicle Üniversitesi Kampüs Alanındaki Zemin Türlerinin Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi*, Diyarbakır: Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [30] TMMOB-Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Birliği, Jeoloji Mühendisleri Odası, «Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.jmo.org.tr/iletisim.php>. [Erişildi: 18 11 2022].
- [31] AFAD-Diyarbakır İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, «Coğrafi Konum ve Coğrafi Bilgiler, İlin Jeomorfolojik Durumu,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://diyarbakir.afad.gov.tr/il-planlari>. [Erişildi: 15 10 2022].
- [32] MGM-Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, «İklim ve Coğrafya,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: <https://diyarbakir.mgm.gov.tr>. [Erişildi: 20 11 2022].
- [33] «İklim ve Bİtki Örtüsü,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.cografya.gen.tr/tr/diyarbakir/iklim.html>. [Erişildi: 10 9 2022].
- [34] Y. Alfars, *Büyükçekmece Gölü Hidrolojik Modeli, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , 2011.
- [35] S. Sadeghinazhads, *Low Impact Development (LID) Practices In Flood Control Of Urban Areas Using SWMM (Storm Water Management Model), M.Sc. Thesis*, İstanbul: İstanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering And Technology., 2019.
- [36] K. İ. Demirezen, *Sızdırma Hendeğinin Hidrolojik Performansının DeneySEL ve Sayısal Modeller İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, 2019.
- [37] «EPA SWMM Education,» U.S. Environmental Protection Agency, [Çevrimiçi]. Available: EPA.gov. [Erişildi: 10 9 2022].
- [38] M. N. Balov, *Akış Hidrografi Tahmin Modelleri, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [39] W. C. Huber and R. E. Dickinson, "Storm Water Management Model,," in *User Manuel*, vol. Version 4, Athens, GA, USA, Environmental Research Laboratory, Office Of Research And Development, U.S. Environmental Protection Agency.

- [40] Ö. Akdeğirmen, *HEC HMS Hydrological Model Application Using Scs Curve Number And Soil Moisture Accounting: Case Study Of Alaşehir*, İzmir: İzmir Institute Of Technology, The Graduate School Of Engineering And Sciences., 2019.
- [41] M. Ersoy, *Yaşayan Kabuk Sisteminin Yağmur Suyu Kontrolüne Etkisi: İTÜ Taşkışla Yerleşkesi, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
- [42] J. M. Lighthill and G. B. Witham, "On Kinematic Waves, I Flood Movement In Long Rivers," in *Royal Society Of London*, London, England, 1995.
- [43] «USDCM-Urban Storm Drainage Criteria Manuel,» Denver, CO, 2010. [Çevrimiçi]. Available: <https://udfcd.org/home/criteria-manuel>. [Erişildi: 11 09 2022].
- [44] T. Ortakçı, *Kanalizasyon Sistemlerinde Kullanılan Beton Ve Korozyon Borularda Performans Karşılaştırılması*, Karabük: Karabük Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, 2020.
- [45] «Makine Mühendisliğinde Sık Kullanılan Pratik Bilgiler,» [Çevrimiçi]. Available: <https://www.muhendislikbilgileri.com>. [Erişildi: 22 Nisan 2023].
- [46] İ. H. Deger, *Generating Rainfall Intensity- Duration- Frequency Curves Of Southeastern And Eastern Mediterranean Regions Of Turkey*, Gaziantep: Hasan Kalyoncu University Graduate School Of Natural And Applied Sciences , 2019.
- [47] J. C. Guo, J. Q. Li and W. L. Wang, "Hybrid Drainage Design for Highway," *Journal of Irrigation and Drainage*, vol. 24, no. 4, 2020.
- [48] J. E. Gilley and S. S. Finkler, "Hydraulic Roughness Coefficients As Affected By Random Roughness," in *Transaction Of The ASAE*, Michigan, elibrary.asabe.org, 1991, pp. 34(3), 897-0903.
- [49] R. H. McCuen, P. A. Johnson and R. M. Regan, "Effects Of Basin Characteristics On Runoff," in *Highway Hydrology*, vol. 2, Washington, Federal Highway Administration, 1997, pp. 2-15.
- [50] L. A. Rossman, "User's Manual," in *Storm Water Management Model*, 5.1 ed., Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, 2015, pp. EPA- 600/R- 14/413b.
- [51] L. A. Rossman, "User's Manual," in *Storm Water Management Model*, 5.1 ed., Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

Fidan, Hüseyin

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2023
Lisans	Munzur Üniversitesi	2015
Lise	İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi	2008

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2016	Piyap Aş.	Şantiye Şefi
2016-2017	DATEM Lisesi	Meslek Dersleri Öğretmenliği
2019-....	SG Yapı Denetim	Yardımcı Kontrol Elemanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği
Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
- 2.
- 3.
- 4.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Hüseyin Fidan		
Öğrenci No	21806006		
Ana Bilim Dalı	İnşaat Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Tamer BAĞATUR		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	92		
Raporlama Tarihi	10/07/2023		
Benzerlik Oranı (%)	17		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 92 sayfalık kısmına ilişkin, 10/07/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 17 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☐Kaynaklar hariç
☐Alıntılar hariç/dâhil
☒Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Hüseyin Fidan

Tarih: 10/07/2023

İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Prof. Dr. Tamer Bağatur

İmza:

Tarih: 10/07/2023

Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Zeynel Fuat Toprak

İmza:

Tarih: 10/07/2023