



Araştırma Makalesi / Research Article


Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği

Hybrid System Analysis for Surface Rainwater Drainage in Urban Highway Underpasses: The Case of Diyarbakir City

Hüseyin FİDAN^{1,*} , Tamer BAĞATUR² 

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1276718>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 04 Nisan 2023

Revize, 31 Mayıs 2023

Kabul, 31 Mayıs 2023

Online Yayınlama, 01 Ekim 2023

Anahtar Kelimeler

Yağmur suyu, Karayolu alt geçitleri, Pompa, Kanalizasyon, Rasyonel metot

ÖZ

Dünyada meydana gelen birçok trafik kazalarındaki “boğulma ölümleri” genellikle karayollarının eğimli alt geçitlerinde veya çöküntülü bölümlerinde meydana gelmektedir. Bir kentsel alanda yer alan karayolu alt geçit 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 altgeçit-köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı uygulama alanı olarak seçilmiş olup hem güvenlik hem de hidrolik verimlilik açısından karayolu alt geçidi drenaj sistemini iyileştirmek için yeni bir hibrit sistem tasarımı araştırılmıştır. Bu çerçevede alt geçit drenaj tesisinin iki sistemden oluşması tavsiye edilmektedir. Bu ikili sistem; küçük fırtına olayını yerçekimi yoluyla toplamak için boyutlandırılmış bir yeraltı kanalizasyon hattı ve büyük bir fırtına olayı sırasında fazla suyu drene edecek bir pompa sisteminden oluşmaktadır. Pompa sistemi, acil durumlarda devreye girecek sabit bir istasyon veya hareketli bir birimden oluşmaktadır. Birden fazla fırtına olayı için böyle bir hibrit drenaj sisteminin tasarımında, kanalizasyon borularını ve karter pompalarını boyutlandırmak için sırasıyla kullanılan Rasyonel Metot ve önerilen sistemin performansını iki fırtına olayı altında doğrulamak için benimsenen EPA SWMM bilgisayar modeli olmak üzere iki hidrolojik yaklaşım kullanılmaktadır. Bu çalışmada seçilen alt geçit noktalarındaki hidrolik verimlilik analizleri için bu metotlarla tasarım senaryoları çalışılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde mevcut yağmur suyu drenaj sisteminin olası 5-100 yıllık tekerrür eden yağış olaylarında yetersiz kaldığı görülmüştür. Böylece yapılan simülasyon neticesinde mevcut yağmur suyu drenaj sisteminin kapasitesi artırılmış ve sisteme pompa entegrasyonu sağlanmasıyla yağmur suyu drenaj sistemi kapasitesinin yeterli bir seviyeye geldiği gözlemlenmiştir.

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: tem023@hotmail.com (Hüseyin FİDAN), tbagatur@dicle.edu.tr (Tamer BAĞATUR)

ARTICLE INFO

Article History

Received, 04 April 2023

Revised, 31 May 2023

Accepted, 31 May 2023

Available Online, 01 October 2023

Keywords

Stormwater, Highway underpass,
Pump, Sewer, Rational method

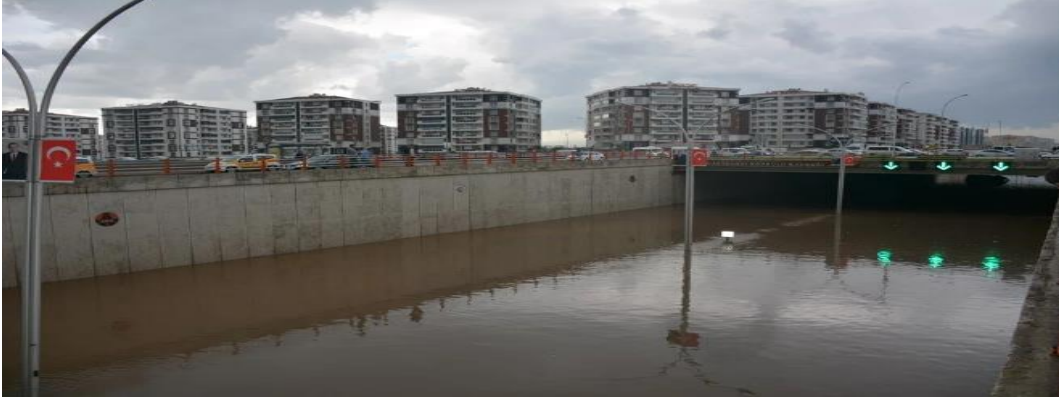
ABSTRACT

"Suffocation deaths" in many traffic accidents occurring in the world generally occur on inclined underpasses or collapsed sections of highways. While there is growing concern about how to quickly and safely remove rainwater from highway underpass points in an urban area, solutions are also sought to address this problem. In this study, Maternity Hospital Bridge Interchange, one of the underpass-bridge intersections on the Diyarbakır-Şanlıurfa urban highway, was chosen as the application area and a new hybrid system design was investigated to improve the highway underpass drainage system in terms of both safety and hydraulic efficiency. In this framework, it is recommended that the underpass drainage facility consists of two systems. This dual system; It consists of an underground sewer line sized to collect a small storm event by gravity, and a pump system to drain excess water during a major storm event. The pump system consists of a stationary station or a mobile unit that will be activated in an emergency. Two hydrological approaches are used in the design of such a hybrid drainage system for multiple storm events, 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 storm events. In this study, design scenarios were studied with these methods for hydraulic efficiency analyzes at selected underpass points. When the results are examined, it has been seen that the existing rainwater drainage system is insufficient for possible 5-100 years of recurrent precipitation events. Thus, as a result of the simulation, the capacity of the existing rainwater drainage system was increased and it was observed that the capacity of the stormwater drainage system had reached a sufficient level with the integration of the pump into the system.

1. GİRİŞ

Karayolu alt geçitleri, 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 iyi 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]. ABD’de yayımlanan bir rapora göre; 2004’ten 2007’ye kadar 33599 trafik kazasında bu tür 339 vaka tespit edilmiştir. Şiddetli yağış sırasında suya batmış araçlarda yaşanan boğulmalarla 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 yaşanan etkili sağanak yağış nedeniyle kısa sürede suyla dolmuş ve seyir halindeki 3 araç alt geçitte mahsur kalmıştır [2]. Karayolları alt geçitlerinde yaşanan bu tür boğulma vakalarının çoğu doğrudan altyapı drenaj sisteminin yetersiz oluşundan kaynaklanmaktadır (Şekil 1) [3]. Dünya çapında yaşanan bu sorunlar birçok araştırmacıya konu

olmuştur. Bu araştırmacılarından Wen Liang Wang, James Guo ve Jun Qi Li Amerika Birleşik Devletleri Colorado eyaletinin Denver kentinde uygulanan alt geçit yağmur suyu drenaj sistemi için küçük fırtına olaylarını yerçekimi ile toplamak, büyük fırtına olayları sırasında bir yeraltı kanalizasyon hattının boyutlandırılması ve fazla suyu kaldırmak için bir pompa sistemi kullanmışlardır. İki fırtına olayı altında sistemin performansını doğrulamak için EPA SWMM bilgisayar modelini kullanarak sorunları gidermişlerdir.



Şekil 1. Yağmur suyunun Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidindeki durumu (Mayıs 2017)

Karayollarının düşük noktalarında ve alt geçitlerinde; yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözüm aranmaktadır. Birden fazla şiddetli yağış olayı için hibrit drenaj sistemi tasarım alternatifi ile yeni bir konsept düşünülmektedir. Bu tür kademeli akış sistemi hem yerçekimi hem de mekanik pompa deşarj tesisler konseptini kullanarak alt geçit drenaj sistemi tasarımını genişletmektedir. Büyük akımların meydana gelmesi durumunda karayolları alt geçit sisteminde biriken yağmursuyu, yerçekimi ve mekanik tesislerin kombinasyonu ile tahliye edilebilir. Kısacası kanalizasyon ve pompa sistemi tahliyede birlikte kullanılır. Yeraltı kanalizasyon hattı kullanılarak küçük ölçekli akımlar yerçekimi ile toplayacak şekilde boyutlandırılmalı ve pompa ile deşarj etmek için ise istasyon veya hareketli bir ünite yapılmalıdır. Yağmur suyu drenaj sistemi tasarımında küçükten büyüğe tüm yağmur suyu 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 ile 5 yıllık şiddetli yağış olaylarında su tahliyesi güvenli bir şekilde sağlanır. 50 ila 100 yıllık şiddetli yağış olaylarında ise sokak olukları, gözetim havuzları, yol kenarındaki hendekler, pompalar ve çoklu tasarım etkinlikleri kullanılarak bu sayede istenilen düzeyde yağmursuyu drenaj yönetimi ile sağlanır [4]. 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 olaylarının tasarım projesine nasıl dâhil edileceğini değerlendirmek için bir örnek altgeçit olarak Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde bulunan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı'ndaki alt

geçit seçilmiştir. Böyle bir hibrit drenaj sisteminin tasarımında, Rasyonel Metot ve önerilen sistemin performansını iki fırtına olayı altında analiz etmek için EPA SWMM bilgisayar modeli kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma; Diyarbakır kent içi trafiğini rahatlamak ve konforlu bir trafik akışını sağlamak için Diyarbakır-Şanlıurfa devlet yolu üzerinde bulunan Otogar Köprülü Kavşağı, Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı, Yüzevler Alt Geçit Köprüsü, Yenihal Köprülü Kavşağı, Kantar Köprülü Kavşağı, Parkorman Alt Geçit Köprüsü, Diclekent Köprülü Kavşağı ve Seyrantepe Köprülü Kavşağı olmak üzere 5 adet köprülü 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 bu kavşaklar arasında en problemlili olan köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2). Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi için veriler bölgenin 100 yıllık aylık ortalama yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden temin edilmiştir (Tablo 1). Tablo 1’de yapılan tahminler Gumbel Dağılım analizi ile elde edilmiştir. Daha sonra Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit kotları, yüzölçümü, uzunluk ve eğim değerleri ise Karayolları Genel Müdürlüğü’nden alınan yol projesinden elde edilmiştir. Elde edilen yağış verileri; yüz ölçümü, uzunluk değerleri havza kotları ile kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [5] gibi değerler; dört havzaya ayrılmış olan havzada Rasyonel Yöntem ile tepe akışı debisini hesaplamak için kullanılmıştır. Aynı zamanda bu veriler EPA SWMM programı ile Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi modelleme işlemleri için girdi olarak kullanılmıştır.



Şekil 2. Diyarbakır Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçit alanı

Tablo 1. Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağış verileri (mm) [6]

Yağış Süresi, Saat	Tekerrür, Yıl						
	2	5	10	25	50	100	1000
0,083	57,072	83,622	101,201	123,411	139,889	156,244	210,288
0,166	42,452	61,683	74,415	90,503	102,438	114,285	153,430
0,250	34,872	50,457	60,776	73,813	83,485	93,086	124,810
0,500	22,116	32,062	38,646	46,966	53,138	59,265	79,509
1	13,250	18,505	21,984	26,380	29,641	32,879	43,575
2	8,102	10,782	12,557	14,799	16,462	18,113	23,568
3	6,137	8,129	9,448	11,115	12,351	13,579	17,634
6	3,890	5,067	5,874	6,832	7,563	8,289	10,686
12	2,289	3,062	3,575	4,222	4,702	5,178	6,753
24	1,500	1,902	2,167	2,503	2,752	3,000	3,817

2.2 Yöntem

2.2.1 Akış Tahmini Yöntemi

Genellikle karayollarının bağlı olduğu her havza için tepe akış debi değerleri Rasyonel Yöntem kullanılarak aşağıdaki formülle tahmin edilmektedir [7].

$$Q = \alpha \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Burada; Q= En yüksek akış debisi, m³/s (İngiliz birim sistemi için α katsayısı 1 ve SI birim sistemi için ise 1/360 olarak alınmaktadır), C=akış katsayısı (Tablo 2), I= Akış şiddeti, mm/saat; A=Havza alanı (m²), dönüm veya hektar. Yağış şiddeti parametresi aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$I = (C_1 \cdot P_{\text{indeks}}) / ((C_2 + T_d) \cdot C_3) \quad (2)$$

Burada; P_{indeks}=Yağış olayının tekerrür periyodunu temsil eden mm cinsinden indeks yağış derinliği, T_d=Dakika cinsinden yağış süresi ve C₁, C₂, C₃ yerel sabitlerdir [8].

Tablo 2. Kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C) [5]

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 Çayırıklar	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

2.2.2 Küçük Fırtına Olayları İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Kanalizasyon şebekesi tasarımı rögar (menhol) tabanlı bir yaklaşımdır. Havzanın başlangıç noktasından (memba) rögarından başlayarak toplanan akışlar kanalizasyon hatları boyunca yerleştirilen rögarlarla çıkışa (mansap) doğru toplanmaktadır. Böylece her bir rögar için toplam debi şu şekilde tanımlanabilir.

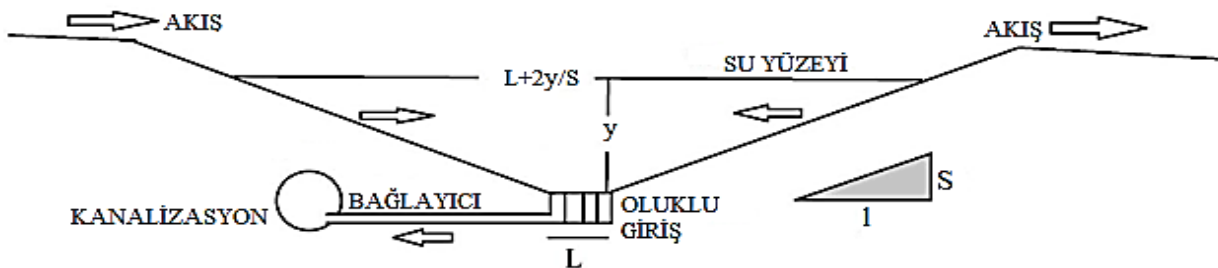
$$Q_i = I \cdot \sum_{j=1}^n C_j \cdot A_j \quad (3)$$

Burada;

Q_i =İ-inci rögardaki en yüksek debi değerini ifade etmektedir. Ayrıca j =j-inci havza ile ilgili değişkenleri temsil etmektedir.

2.2.3 Büyük Fırtına Olayları İçin Kanalizasyon Sistemi Tasarımı

Alt geçit drenaj sistemi için en temel güvenlik kriteri, izin verilen göllenme derinliğine bağlıdır (Şekil 3). Önerilen kanalizasyon hatları küçük akışları toplayacak şekilde boyutlandırılmaktadır. Bu nedenle 2 yıllık akış dışındaki herhangi bir yağış olayında düşük noktalarda yağmur suyunun birikmesi söz konusudur. Uygulamada ise depolama kapasitesi en düşük noktada 100 yıllık yağış olayını barındırmalıdır [6].



Şekil 3. Alt Geçitlerde Yağmur suyunun Depolanma kesiti

Bir karayolu alt geçidinde sarkma eğrisi sağ ve sol dikey yan duvarlarla sınırlandırılmıştır. Şiddetli bir yağış sonucunda biriken su seviyesi gittikçe artmaktadır. Şekil 3’de gösterildiği gibi y derinliğindeki yağmur suyunun toplanma kapasitesi şu şekilde irdelenebilir. Toplanan suyun yüzey alanı aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$A_T=[L+2(y/s)] B \quad (4)$$

Burada; A_T =Su yüzey alanı, m^2 ; S =Alt geçit basık bölümde karayolu eğimi, B =Basık bölümde duvardan duvara genişlik, m .

Ayrıca, toplanan yağmur suyunun depolanma hacmi ise aşağıdaki gibi olacaktır.

$$V(y)= (L+ y/s) B y \quad (5)$$

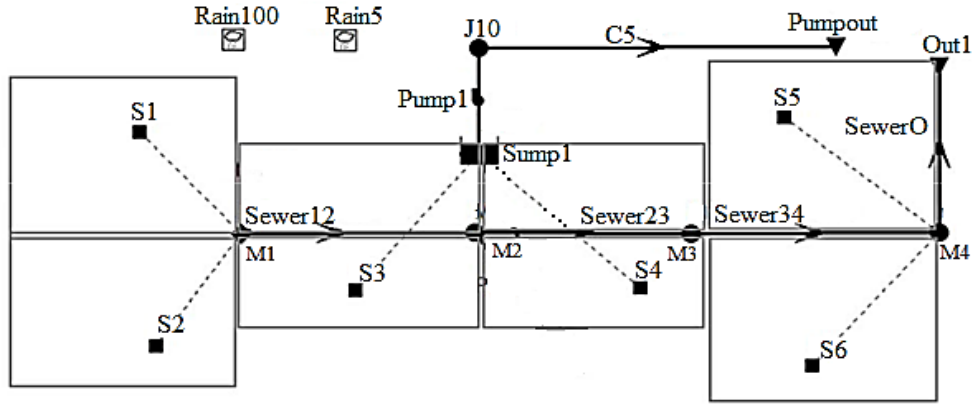
Burada; $V(y)$ =Depolama hacmi (m^3).

Düşük noktaya gelen akım çıkış akımından büyük olduğundan depolanan hacim zamanla artış gösterecektir. Güvenlik amacıyla düşük noktada biriken su yüksekliği 45 cm’den büyük olmamalıdır. $y=45$ cm için depolama hacmi denklem (5) ile hesaplanmaktadır. Bu çalışmada ele alınan hibrit sistem yaklaşımı ile depolanan su hem bir pompa sistemi yardımıyla pompalanır hem de kanalizasyon tarafından deşarj edilir. Giriş ve çıkış hacimleri dengelenerek depolama hacmi tasarımı yapılır.

2.2.4 EPA SWMM Bilgisayar Programı İle Analiz

EPA SWMM bilgisayar programı ile modelin oluşturulmasında öncelikle bölgenin 100 yıllık aylık ortalama yağış değerleri, daha sonra Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçit kotları, yüzölçümü, uzunluk ve eğim değerleri veri olarak bilgisayarda tanımlanmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü’nden alınan aplikasyon eksenini kırmızı hat profilinden çıkarılan kotlardan faydalanarak yağmur suyunun akış yönlerine göre 6 adet alt havza (subcatchment) oluşturulmuştur. Şekil 4’de SWMM programında oluşturulan alt havzalar görülmektedir.

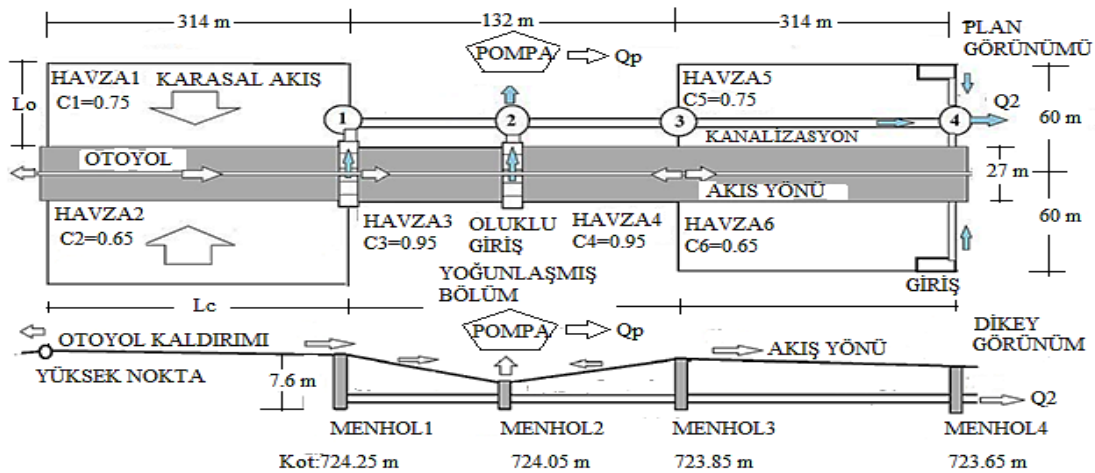
Elde edilen veriler ile SWMM programı kullanılarak Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi modellenmiştir. Modelde oluşturulan alt havzaların bilgileri SWMM programında her bir alt havzanın özellikleri kısmına veri olarak girilmiştir. Alt havza alanları manuel olarak hesaplanmış ve programa eklenmiştir.



Şekil 4. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağında EPA SWMM için oluşturulan alt havzalar

Ayrıca geçirimsiz alan yüzdeleri (% Imperv) S1 alt havzası için düz asfaltta kullanılan katsayılar dikkate alınarak geçirimsiz alan pürüzsüzlük katsayısı 0,011 olarak tanımlanmaktadır [9]. Geçirimli alan pürüzlülük (N-Perv) katsayısı yine düz asfalt için 0,13 olarak seçilmiş olup SWMM programına girilmiştir [10]. Ayrıca sızma verileri için havzalar büyük oranda asfalt yol olduğundan Modified Horton denklemi tercih edilmiştir.

Altgeçitlerin rampa sarkma eğrilerinde akışa geçen akımlar düşük kotlara doğru sürüklenir. Bu nedenle genellikle oluklu ızgara girişleri rampalara monte edilir ve daha sonra mansap rögarlarına bağlanır. Bir karayolu alt geçit drenaj projesinde iki bölüm üzerinde yoğunlaşılır: Birincisi küçük akımları geçmek için yeraltı kanalizasyon hattı diğeri ise büyük akımları geçmek için pompanın sisteme nasıl entegre edileceğidir [11]. Önerilen pompa sistemi sabit istasyon veya hareketli istasyon olabilir. Seçilen alt geçitin mevcut plan ve boy kesit verilerine göre olağan üstü durumlarda hem pompa hem de kanalizasyon sistemi Şekil 5’de ki gibi olacaktır.



Şekil 5. SWMM programı için Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Altgeçitinin planı ve boyuna kesiti

Şekil 5’de gösterildiği gibi genellikle sarkma eğrisinin girişine yakın yüksek bir noktada rögar1 (menhol1) yerleştirilir. Rögar2 ise en düşük noktaya (kota) 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. Birleşik drenaj sistemi kapasitesi düşük noktadaki biriken suyu hızlı bir şekilde tahliye eder. Bu çalışmada; alt geçit bölümü için drenaj tasarımı iki bölüme ayrılmıştır.

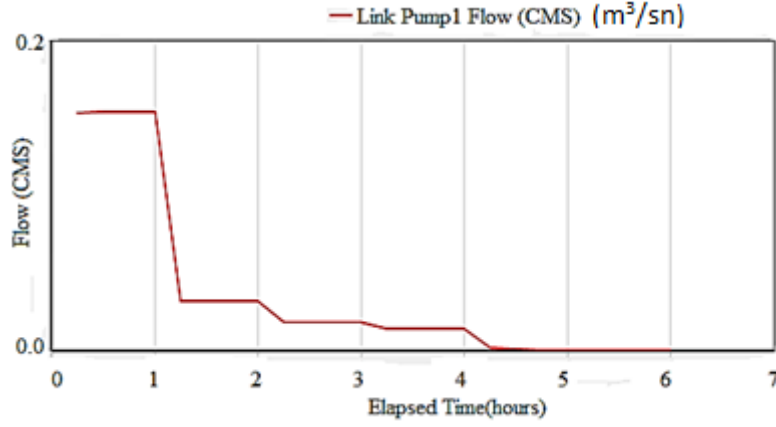
1. Küçük drenaj sistemine bağlanacak kanalizasyon hattının bağlanması
2. Yağmursuyu ana drenaj sistemine iletmek için pompa-depolama sistemi tasarımı

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada pik akış debilerinin tahmini 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 kullanılması yeterli olmasına rağmen yine sistem performansını doğrulamak için EPA SWMM programı ile sayısal bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. EPA SWMM yüzeysel akış yöntemi ile kullanılan havzalar ve tüm akış hidrografları sayısal bağlantı düğüm modeline dönüştürülmüştür. Dinamik dolgu yönlendirme şeması, sistem boyunca taşkın akışlarını iletmek için uygulanmıştır. Alt geçit alt kotu 1’inci Rögarda olacak şekilde toplama havuzu olarak modellenmiştir [12]. Gücü 15,4 Kilowatt’lık bir pompa için derinlik akış pompası karakteristik eğrisi tanımlanmıştır (Şekil 6).

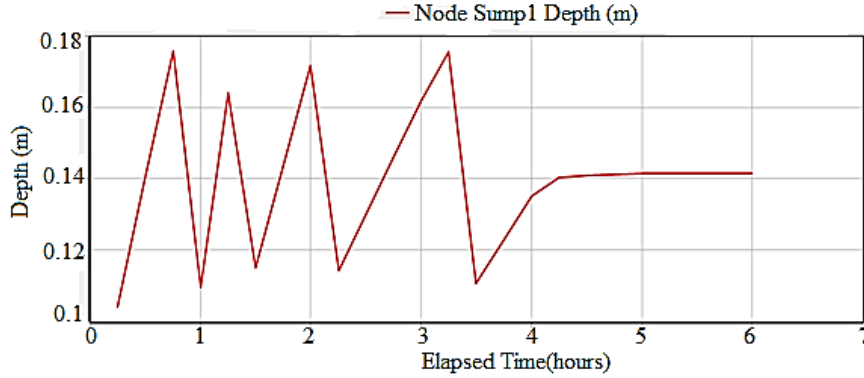
Pompa çalışması için başlatma ve kapatma derinlikleri 18 cm ve 13 cm olarak ayarlanmıştır [13]. Çünkü kaldırım boyunca kaldırım yüksekliği 15 cm’dir [14]. Pompa sisteminde düşük akışlı bir boru sistemi yağmur suyunun depolandığı havuzun dip kısmına monte edilir ve her zaman havuzun boşaltma sürecini simüle etmektedir.

Göllenme derinliği pompa kapatma derinliğinden daha sığdır. Ön tasarım için ideal pompa kullanılabilir [15]. İdeal pompa kullanılması takdirde pompa açma-kapama derinliği ve pompa eğrisi verilerinin sisteme girilmesine gerek duyulmamaktadır.



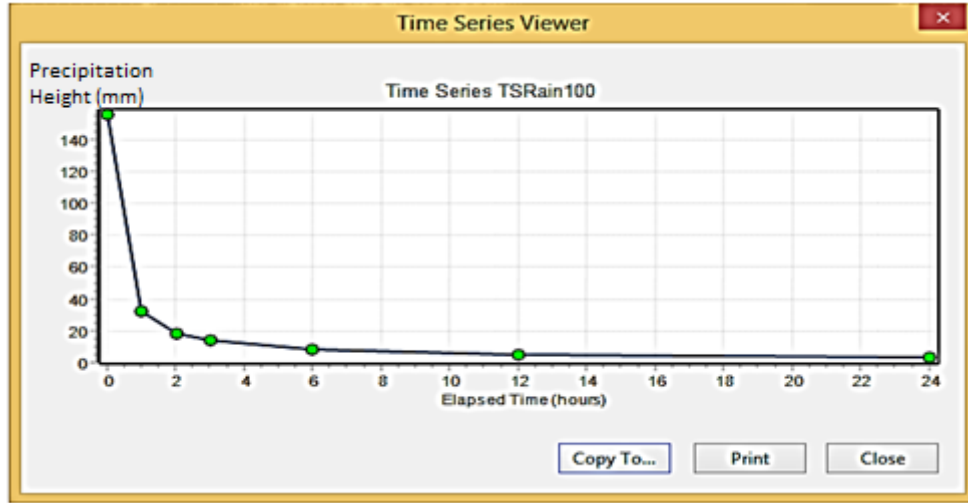
Şekil 6. Pompa debi deşarj zaman serisi (ideal pompa)

Ayrıntılı yerel topografya hali hazırda mevcut olmadığından, pompa sistemi için çıkış noktası yüksekliği 8 m olarak ayarlanmıştır. Şekil 7, düşük noktadaki su derinliklerindeki dalgalanmaları göstermektedir. 100 yıllık etkinlik yağış boyunca, su derinliği 0,665 m/s'lik bir pik debi değerinde bile 0,45 m'nin altında kalmaktadır. Önerilen pompa sisteminin, boşaltma işlemini en düşük noktada yapması yaklaşık olarak 4 saat sürmektedir. Uygulama son aşamaya geçerken, tahliye noktasının çöküntü bölümünün alt kısmına, bir sifon sistemi yerleştirilir.

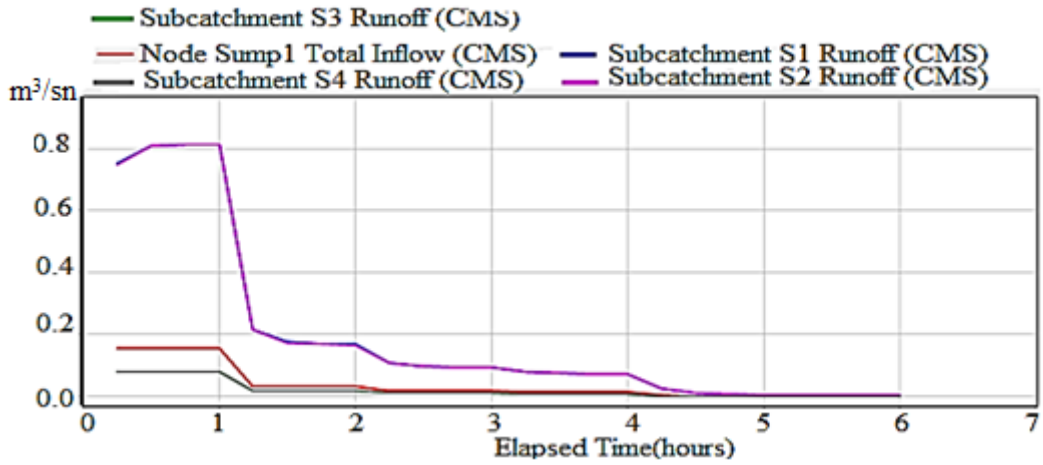


Şekil 7. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi depolama ünitesi su derinliği değişimi

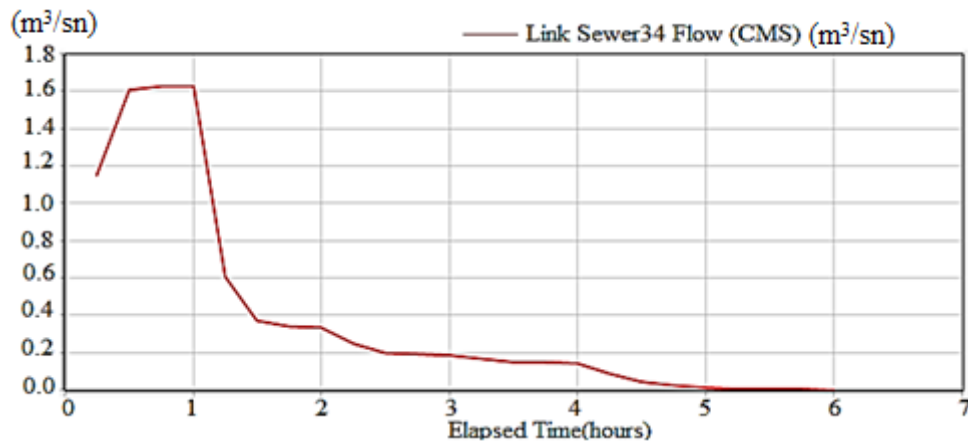
Şekil 8 ve Şekil 9 100 yıllık yağış hiyetografı ve 4 havzadan oluşturulan tahmini hidrografları ve hazne noktasından dışarı akış hidrografını göstermektedir. Hiyetograf, yerel yağış yoğunluğu formülünden yani Denklem (2)'den türetilmiştir. En düşük noktaya gelen akışların toplamı yaklaşık 0,8 m/s akış hızına sahip iken, tepe çıkış akışlarının akış hızı 0,1 m/s'ye yakındır. Kanalizasyon sistemi (3-4 nolu hat) normal akış varsayımı altında 2 yıllık 0,665 m³/s'lik pik debiyi geçecek şekilde boyutlandırılmış olmasına rağmen, Kanalizasyon 3-4 nolu hat 100 yıllık enerji derece çizgisi altındaki performansı 1,6 m³/s'lik pik debiye sahiptir (Şekil 10). Bu da gösteriyor ki yapılan iki yıllık tasarım kapasitesi yetersiz kalmaktadır.



Şekil 8. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde ait hiyetograf (100 yıllık)



Şekil 9. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidinde alt havzalara ait hidrograflar (S1=S2, S3=S4)



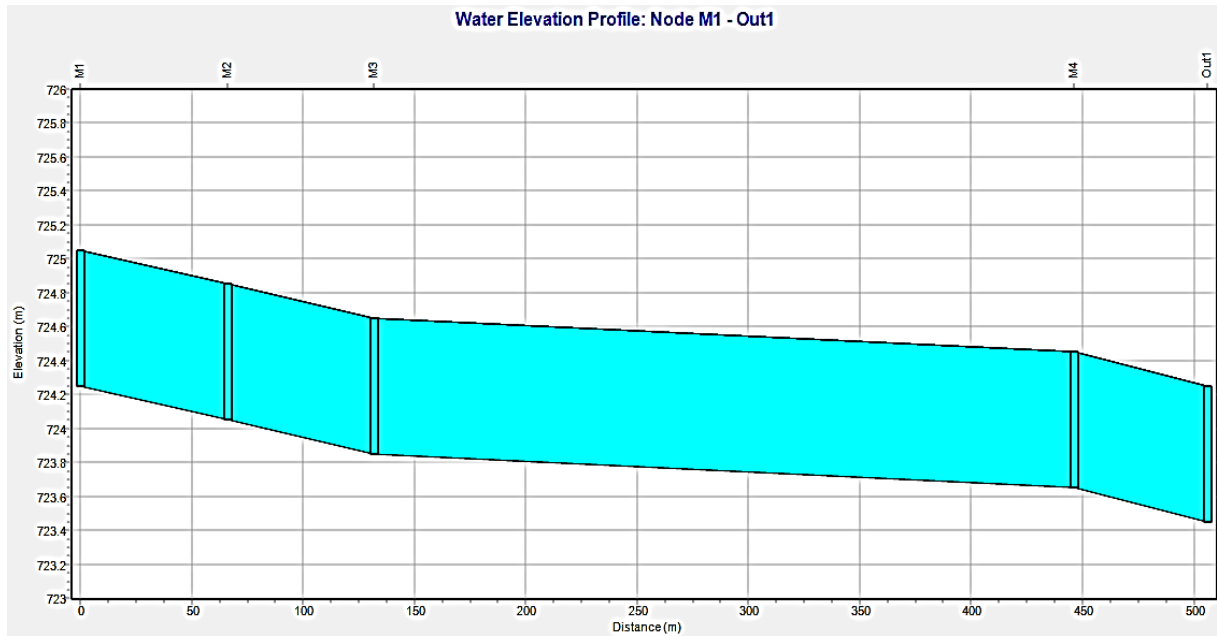
Şekil 10. Kanalizasyon 3-4 için debi-zaman serisi

Pompa hattı ise yaklaşık $0,155 m^3/s$ 'lik bir debiyi iletmektedir. Akıştaki bu azalma, düşük noktadaki yani $0,46 m$ su seviyesindeki depolama hacmi pompa sayesinde yapılan tahliyeyi ifade

etmektedir. Maksimum depolama hacmi için öngörülen kritik süre 14,11 dakika iken, pompa 20 dakika içinde tam kapasitede çalışmaktadır. Bu durumda, akış hidrograflarındaki tepe akışları, Rasyonel Yöntemine göre hesaplanan değerlerden yaklaşık %5 ila %10 daha yüksektir. Bunun nedeni ise Rasyonel Yöntem, kullanıcı tanımlı akış katsayılarını talep ederken, SWMM kullandığı kinematik dalga modeli ile akış katsayılarını hesaplamaktadır. Bu iki akış katsayısı seti arasındaki fark, mühendisin deneyimine bağlıdır. Bununla birlikte, Rasyonel metoda göre boyutlandırılmış kanalizasyon ve toplama havuzu değerleri önerilen pompalarla sistemi çalıştırmak için yeterlidir. Tablo 3'te verilen 100 yıllık yağış verileri kullanılarak Kanalizasyon 1-2 ve kanalizasyon 2-3 boru hattı boru çapları 1,2 m; kanalizasyon 3-4 boru hattı çapı ise 1,4 m seçilmiş ve ideal pompa sisteme entegre edilmiştir. Yapılan simülasyon neticesinde simülasyonun 00.15'inci dakikası anında M1 (Menhol 1) ile Out1 (Deşarj Nokatsı 1) kanalizasyon hattı su kotu profili Şekil 11'de verilmiştir.

Tablo 3. 100 yıllık tekerrür eden yağış verileri

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value (mm)
	0	83
	1	18
	2	11
	3	8
	6	5
	12	3
	24	1



Şekil 11. Simülasyonun 00.15'inci dakikası anında mevcut sistem su kotu profili

4. SONUÇLAR

Karayolları düşük noktaları ve alt geçitlerinde; yağmur suyunun hızlı ve güvenli bir şekilde nasıl uzaklaştırılacağı konusunda çözümler aranmaktadır. Bu çalışmada çözüm arayışlarına katkıda bulunmak amacıyla uygulama alanı olarak seçilen Diyarbakır-Şanlıurfa karayolu üzerinde yer alan köprülü kavşaklardan Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçidi havza modellenmesi SWMM programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda SWMM programı kullanarak, Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı Alt Geçidi hibrit yağmur suyu drenaj sistemi kapsamında köprülü kavşak alanı için toplam yüzeysel akış incelenmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde hidrolojik modellenme oluşturarak köprülü 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. Doğum Hastanesi Köprülü Kavşağı alt geçiti mevcut kanalizasyon boru hattının yetersiz oluşu geride su birikmesine ve havzalarda taşkınların yaşanmasına neden olmaktadır.

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 Köprülü Kavşağı alt geçit drenaj sistemi ilk planda yerçekimi sistemiyle yağmur suyu tahliyesi edecek ve ikinci planda ise fazla gelen yağmur suyunu mekanik pompa sistemi ile uzaklaştırması sonucunda yüzeysel akışın aniden yükselmesine sebep olarak taşkın ve sel riskinin artması sonucu yağmur suyunun kontrol altına alınabileceği tespit edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın

Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, analiz, yazma-inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu. Yazar 2: Yazma-orijinal taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi ve görselleştirme.

KAYNAKLAR

- [1] NHTSA, "Fatality Analysis Reporting System Coding Validation Manual," 2007. [Online]. Available: <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/FARS07CVMan.pdf>.
- [2] 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].
- [3] D. Begley, Officials pledge action after flooded roadway deaths for barricade plan, Houston, Chronicle, 2016.
- [4] 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.
- [5] V. Gezder, *Kentiçi Yolların Yüzeysel Drenajı ve Erzurum örneği, Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [6] H. İ. Değer, *Generating Rainfall Intensity- Duration- Frequency Curves Of Southeastern And Eastern Medeterranean Regions Of Turkey*, Gaziantep: Hasan Kalyoncu university, Graduate School Of Natural And Applied Sciences, 2019.
- [7] L. A. Rossman, "User's Manual," in *Storm Water Manangement Model*, 5.1 ed., Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, 2017.
- [8] "USDCM-Urban Strom Drainage Criteria Manuel," Denver, CO, 2010. [Çevrimiçi]. Available: <https://udfcd.org/home/criteria-manuel>. [Erişildi: 11 09 2022].
- [9] J. E. Gilley and S. S. Finker, "Hydraluic Roughness Coefficients As Affected By Random Rouhghness," in *Transaction Of The ASAE*, Michigan, elibrary.asabe.org, 1991, pp. 34(3), 897-0903.
- [10] R. H. McCuen, P. A. Johnson and R. M. Regan, "Effects Of Basin Characteristics On Runoff," in *Higway Hydrology*, vol. 2, Washington, Federal Highway Administration, 1997, pp. 2-15.
- [11] Guo, James C.Y; Li, Jun Qi; Urbans, Ben; Wang, Wen Liang;, "Runoff Capture Methods Developed For Stromwater Low-Impact-Development Desingsn.," *Journal of Hydrologic Engineering*, vol. 24, no. 4, April 2019.
- [12] 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.

- [13] CDOT, «Drainage Design Manuel Publised by the Colorado of Transportation,» 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.codot.gov/programs/environmental/water-quality>.
- [14] K. Küçükağtaş, Selçuk Üniversitesi Kampüsü'nde Kaldırım-Yaya Yolu Tasarımları İle Kot Farkı Çözümlerinin Fiziksel Engelli Erişimi Açısından İrdelenmesi, Konya: Kesit Akademi Dergisi, 2017.
- [15] “EPA SWMM Education,” U.S. Environmental Protection Agency, [Çevrimiçi]. Available: EPA.gov. [Erişildi: 10 9 2022].

Copyright © 2023 Fidan and Bağatur. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).