

**GELENEKSEL YAĞMURSUYU DRENAJ SİTEMLERİNİN TAŞKIN ANALİZİ VE  
KENTSEL SÜRDÜRÜLEBİLİR DRENAJ SİSTEMLERİ ÖRNEKLERİ**  
**FLOOD ANALYSIS OF CONVENTIONAL STORMWATER DRAINAGE SYSTEMS AND  
EXAMPLES OF URBAN SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS**

**Burak ÇIRAĞ**

*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye.*

*ORCID NO: 0000-0002-7721-5128*

**Mahmut FIRAT**

*İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye.*

*ORCID NO: 0000-0002-8010-9289*

**ÖZET**

Kentsel bölgelerde geçirimsiz alanların artması ve buna bağlı olarak yüzeysel akışın artması, kentsel taşkın olasılığını arttırmaktadır. İnsanların yoğun olarak yaşadığı bölgelerdeki kentsel taşkınlar, can ve mal kaybı gibi önemli olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. Bunun yanı sıra taşkınlar, kentsel bölgelerde bulunan tarihi ve sanatsal yapılara vereceği zararlar şehrin sosyal ve ekonomik özellikleri açısından ciddi sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle taşkınların vereceği zararı en aza indirmek için yağış, drenaj sistemleri ile tahliye edilmesi gerekmektedir. Ağ benzeri yapıya sahip geleneksel drenaj sistemlerinin, iklim değişikliği, yoğun kentleşme gibi etkilerden dolayı zaman zaman kapasitesi yağışı tahliye etmekte yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, yeşil çatı, yağmur hendeği gibi yapılarla güçlendirilen sürdürülebilir drenaj sistemleri, yağış miktarını ve pik akışı azaltma amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışma Malatya ilinde mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemlerinin performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, hidrodinamik modelleme yeteneğine sahip InfoWorks ICM yazılımı kullanılmıştır. Sayısal yükseklik modeli, bina verileri ve arazi kullanım türü verileri ile model oluşturulmuştur. Analiz, 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresine sahip yağış için gerçekleştirilmiştir. Taşkın yayılım haritası ve boru-baca kesitleri ile çalışma alanı için taşkın durumu analiz edilmiştir. Analiz sonucunda yağmursuyu drenaj sistemlerinin bazı bölgelerde yağışı deşarj edemediği ve yağışı bacalarda biriktirdiği görülmektedir. Çalışmanın sonunda, uygulaması yapılan ve literatürde bulunan sürdürülebilir drenaj sistemlerine örnekler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, taşkın, taşkın analizi, yağmursuyu drenaj sistemleri

**ABSTRACT**

The increase in impervious areas in urban areas and the consequent increase in surface runoff increases the probability of urban flooding. Urban floods in densely populated areas can cause significant negative consequences such as loss of life and property. In addition, floods can cause serious consequences for the social and economic characteristics of the city by damaging historical and artistic structures in urban areas. Therefore, in order to minimize the damage caused by floods, rainfall must be discharged through drainage systems. Traditional drainage systems with a network-like structure sometimes have insufficient capacity to drain rainfall due to climate change and dense urbanization. Therefore, sustainable drainage systems reinforced with structures such as green roofs and rain ditches are used to reduce the amount of rainfall and peak runoff. This study aims to evaluate the performance of existing stormwater drainage systems in Malatya province. In this context, InfoWorks ICM software with hydrodynamic modeling capability was used. The model was created with digital elevation model, building data and land use type data. The analysis was performed for rainfall with a return period of 10 years and a rainfall duration of 10 minutes. Flooding situation for the study area was

analyzed with flood inundation map and conduit-node sections. As a result of the analysis, it is seen that stormwater drainage systems cannot discharge the rainfall in some regions and accumulate the rainfall in the nodes. At the end of the study, examples of sustainable drainage systems implemented and found in the literature are given.

**Keywords:** Sustainability, flood, flood analysis, stormwater drainage systems

## GİRİŞ

Sürdürülebilirlik, geniş bir şekilde gelecek nesiller için ekosistemi tahrip etmeden insanların ihtiyaçlarını karşılamak olarak tanımlanabilir (Brundtland ve Khalid, 1987; Huang vd., 2015). Sürdürülebilirlik farklı birçok alanda karşımıza çıkmaktadır (Cengiz & Kahvecioğlu, 2016; Müftüoğlu & Perçin, 2015; Şenol & Gürbey, 2020). Bu alanlardan biri olan sürdürülebilir şehir ise ekosistem hizmetlerini sürdüren ve geliştirme kapasitesi ile insanlar için sürdürülebilir refah sağlayabilen şehirler olarak ifade edilmektedir (Huang vd., 2015; Zhao, 2011). Sürdürülebilir şehir olma yolunca sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri de oldukça önemlidir. Gelişmekte olan kentsel bölgeler, aşırı yağış olaylarında verimli çalışmak ve şehrin çevre kalitesinin korunması için uygun drenaj sistemlerine ihtiyaç duyar (Dibaba, 2018; Zhou, 2014). Sürdürülebilir kentsel altyapı sistemi şu an için işlevsel olmalı ve gelecekteki belirsiz koşullara uyarlanabilir olmalıdır (Dong vd., 2017). Son zamanlarda iklim değişikliği ve artmakta olan kentleşme etkisinde işlevini devam ettirebilecek sürdürülebilir drenaj hizmetlerinin kurulmasını sağlayacak çözümler üzerinde çalışılırken, drenaj sistemlerinin sürdürülebilirliği konusu da daha fazla önem kazanmaktadır (Dibaba, 2018). Bu kapsamda literatürde pek çok çalışma yapılmıştır. Rodríguez-Rojas vd. (2018) yılında yaptıkları çalışmada, İspanya'nın Granada şehrinde sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması ve izlenmesi örneğinin sonuçlarını göstermeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda Cartuja Üniversitesi kampüsüne 3 farklı geçirgen kaplama türü yaparak hem birbirleriyle hem de kaplamasız haliyle sonuçları karşılaştırmışlardır. 8 farklı yağış olayına dayalı oluşturdukları modele göre geçirgen kaplamaların yüzeyel akışı, bir yağış olayı hariç sifıra indirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Aynı şekilde pik akışı da sifıra yakın değerlere çekildiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca çalışma sonucunda, toprak sızdırmazlığını sınırlamak, hafifletmek ve telafi etmek için bir yöntem olarak bu tür kaplamaların kentsel planlamaya entegre edilmesinin ne kadar faydalı olacağını belirtmişlerdir. Locatelli vd. (2014) ise yeşil çatıların kentsel drenaj modellerine dahil edilerek değerlendirilebileceğini ve bu amaçla yeşil çatının uzun süreli ve tek olaylı hidrolojik performansını değerlendirmek için bir model sunmuşlardır. Model sonucunda doğrulanan veriler, Danimarka da simülasyon sonuçlarının istatistiksel analizine dayalı olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, akış yoğunluğunun ve akış hacimlerinin yeşil çatılar ile azaltıldığını göstermektedir. Bu nedenle yeşil çatıların, gelecekteki kentsel yağmursuyu yönetim planlarının önemli bir parçası olma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çırağ ve Fırat (2022) yaptıkları çalışmada InfoWorks ICM modelini kullanarak Malatya il merkezi için arazi kullanım türü ve yüzeyel akış etkilerini değerlendirmişlerdir. 3 farklı senaryoya dayandırarak kurdukları model sonucunda arazi kullanım türü ve yüzeyel akış değerlerinin kullanıldığı senaryoda diğer senaryolara göre daha az akış kollarının oluştuğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemlerinin taşkın analizi yapılarak, kapasitesi yetersiz olan sistemlerin, sürdürülebilir drenaj sistemleri kapsamında çözümler önerilmesi amaçlanmıştır. Taşkın analizi için InfoWorks ICM modeli kullanılmıştır. Modele sayısal yükseklik modeli (SYM), bina verileri, arazi kullanım türü verileriyle birlikte taşkın performansını incelemek için mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemleri dahil edilmiştir. Analiz 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresi için gerçekleştirilerek taşkın yayılım haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın, şehirlerin sürdürülebilir drenaj sistemleri planlarına ve uygulamalarına fikir oluşturulabileceği düşünülmektedir.

**MATERYAL VE YÖNTEM****Çalışma Alanı**

Çalışma alanı olarak Türkiye'nin doğusunda bulunan Malatya ili seçilmiştir. Malatya ili 13 ilçeye ve 718 mahalleye sahiptir ve nüfusu 31 Aralık 2021 itibarıyla 808.692'dir (MalatyaValiliği, 2022b). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Havzasında bulunan Malatya il arazisinin %30'u ormanlık ve fundalıklarla, %10'u ise çayır ve meralarla kaplıdır (MalatyaValiliği, 2022a). Çalışma kapsamında 12.313 km<sup>2</sup> alana sahip Malatya ilinde yaklaşık 332 km<sup>2</sup> bir bölge 2 boyutlu (2B) alan seçilerek analizi gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Çalışma alanı görünümü



**Şekil 2.** Çalışma alanında geçmişte meydana gelmiş taşkın görünümü

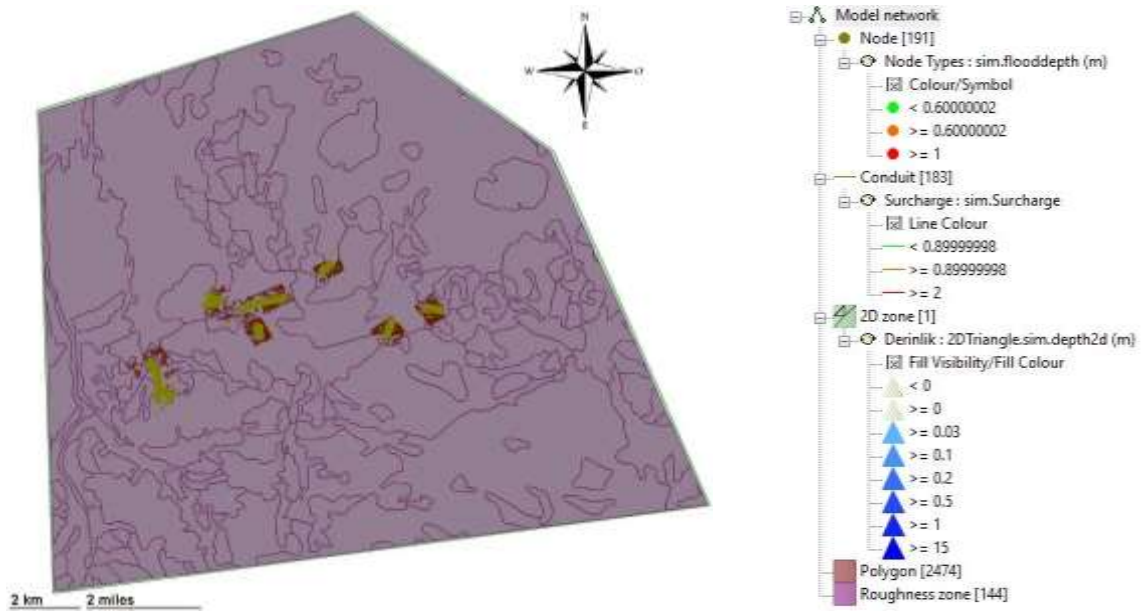


### Verilerin Temini ve Düzenlenmesi

Analiz kapsamında 1 boyutlu hidrodinamik simülasyonlar ve 2 boyutlu simülasyonlar için tek bir yazılımda doğru bir şekilde modellemeyi sağlayan InfoWorks ICM modeli kullanılmıştır (Innovyze, 2022). Modele girdi olarak SYM, bina verileri ve arazi kullanım türü verileri kullanılmıştır. SYM verisi Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ)'nden temin edilmiş olup, çözünürlüğü 10 m-10 m olarak ayarlanmıştır. Arazi kullanım türü verisi Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan temin edilmiştir. Temin edilen arazi kullanım türü verisi, Papaioannou vd. (2018) yaptıkları çalışmadaki CORINE (Coordination of Information on the Environment) arazi örtüsü verilerine göre Manning'in pürüzlülük katsayısının ortalama değerleri tablosuna göre düzenlenmiştir. Bu bağlamda 9 farklı arazi kullanım türüne bağlı olarak 144 adet alan verisi düzenlenerek modele uygun hale getirilmiştir. Malatya kent merkezine ait bina verileri MASKİ'den temin edilerek, model koşullarını değiştirecek bina verileri analize dahil edilmek için düzenlenmiştir.

Oluşturulan model sonucunda analizin gerçekleştirilmesi için bir diğer girdi parametresi ise yağış şiddetidir. Bu nedenle 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresine sahip veri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den temin edilmiştir. Analiz için 69 mm/saat'lik yağış şiddeti değeri kullanılmıştır.

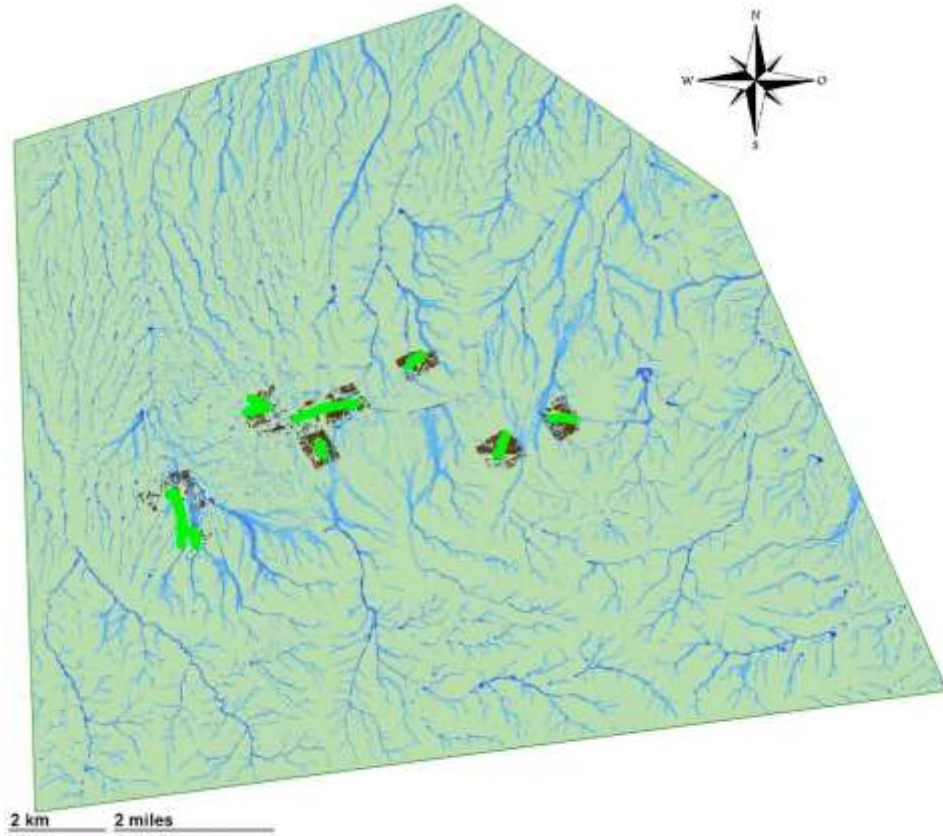
Çalışma alanına ait verilerin, analizin yapılacağı InfoWorks ICM programındaki görünümü ve kesitlere ait lejant değerleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. InfoWorks ICM'de verilerin görünümü ve kesitler için lejant değerleri

### ARAŞTIRMA VE BULGULAR

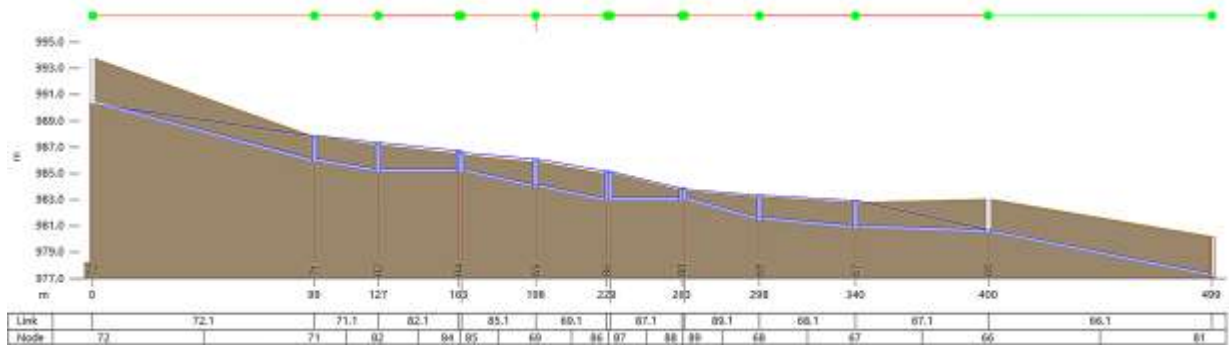
Çalışma alanına ait kentsel taşkın yayılım haritası oluşturmak için InfoWorks ICM kullanılmıştır. Analiz 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresi için 60 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. InfoWorks ICM yazılımı analiz süresince istenilen zaman için taşkın yayılım haritaları oluşturulmasına imkan sağlamaktadır. Taşkın yayılım haritalarında taşkınının en çok zarar veren anı oldukça önemlidir. InfoWorks ICM yazılımı analize dahil edilen her parametrenin, analiz süresi boyunca en çok zarar veren görüntüsünü tek bir kesitte görüntülenmesine imkan sağlamaktadır. Bu kapsamda 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresi için Malatya ilinin şehir merkezini kapsayan 2B alanın en çok zarar veren görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir.



**Şekil 4.** 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresine maruz bırakılan 2B alana ait taşkın yayılım haritası (Çırağ, 2021)

Uzun süreli yağışların aksine kısa süreli ve şiddetli yağışlar, zaman zaman olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu yağışlar, aniden ve yoğun bir şekilde meydana geldiği için yağmursuyu drenaj sistemlerini bir hayli zorlayabilmektedir. Şekil 4’de görüldüğü gibi sadece 10 dakika süren yağışın 60 dakikalık analizi sonucunda ciddi akışların meydana geldiği görülmektedir. İnsanların yoğun olarak yaşadığı ve geçirimsiz alanların çoğunluk olarak bulunduğu şehir merkezlerinde, ciddi akışların meydana gelmesi sonucunda oluşan taşkınlar, bodrum katların dolmasına, günlük rutin hayatın engellenmesine hatta can kaybına sebebiyet verebilmektedir. Bu gibi risklerden dolayı taşkınların meydana gelmeden önce fikir vermesi açısından taşkın yayılım haritalarının oluşturulması, taşkınların çevresel, sosyal ve ekonomiye yönelik olumsuz etkilerinin minimize edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Çalışma alanında mevcutta hizmet veren bir yağmursuyu drenaj sisteminin analiz kapsamında en çok zarar veren andaki görüntüsü Şekil 5’te verilmiştir.



**Şekil 5.** Çalışma alanında hizmet veren yağmursuyu drenaj sisteminin taşkın yağışı sonucu en çok zarar veren andaki görünümü

Taşkın yağışının zarar vermeden güvenli bir bölgeye deşarjını sağlamaya yarayan yağmursuyu drenaj sistemleri zaman zaman bu görevi düzgünce yerine getirememektedir. Şekil 5'te görüldüğü üzere, 10 yıl geri dönüş periyodu ve 10 dakikalık yağış süresi için yapılan analiz sonucunda yağmursuyu drenaj sisteminin kapasitesinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Ayrıca kapasitesi dolduğu ve uygun bir şekilde deşarj edemediği için yağışın bacalarda dolduğu ve yeryüzüne tekrar taşıdığı görülmektedir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemlerinin kapasitelerinin yetersiz kaldığı durumlarda, sürdürülebilirliği sağlayabilecek ve taşkın riskini minimize edebilecek önerilerde bulunulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda taşkın analizi gerçekleştirilmiş ve çalışma alanında ciddi akışların oluştuğu ve yağmursuyu drenaj sistemlerinin yer yer yağışı uzaklaştıramadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde yağmursuyu drenaj sistemlerinin yükünü hafifletebilecek uygulamalara değinilmiştir.

#### Çökertme Baca Uygulaması

Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ), mevcutta hizmet veren yağmursuyu drenaj sistemlerine yağışı bekleterek suyun yer altı suyuna karışmasını sağlayabilecek çökertme baca uygulamaları ile taşkını azaltabilecek çözümler üretmişlerdir. Bu çözüm, yağışlardan sonra kapasitesi yetersiz olduğundan geri taşan yağmursuyu drenaj sistemleri için halk tarafından gelen şikâyetler üzerine, aynı yağmursuyu drenaj sistemi için suyu geçirimsiz alandan geçirimli alana deşarj edip çökertme baca da toprağa sızana kadar bekletilmesine dayanmaktadır (Şekil 6). KASKİ yetkilileri, bu uygulamanın taşkını azaltmada etkili olduğunu belirtmişlerdir.



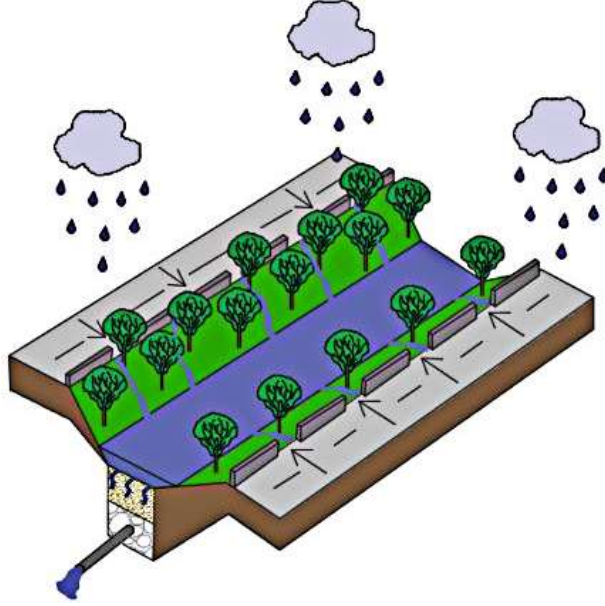
Şekil 6. KASKİ çökertme baca uygulaması

#### Yağmur Hendeğinin Kullanımı Uygulaması

Uğur ve Akyüz (2017) yaptıkları çalışmada geleneksel drenaj sistemlerine bir alternatif olarak, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına imkân tanıyan yağmur hendeğlerinin kullanımını önermişlerdir. Islak ve kuru olmak üzere iki çeşidi bulunan yağmur hendeğlerinin, yağışı hendeğin içinde toplayarak suyun yeraltı suyuna sızmasını sağladığını ve geçirimsiz yüzeylerden dolayı artan yüzeysel akışı azalttığı için kentsel taşkın olaylarının sıklığını ve şiddetini azaltmada yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yağmur hendeği, yeraltı suyunu beslediği için tarımsal sulama suyu talebini de azaltmada yardımcı olan sürdürülebilir bir tarım uygulaması olarak da ön plana çıkmaktadır. Bahçeye, site alanına veya bölgeye büyük yatırımlar gerektirmeden kolayca uygulanabildiği gibi güzel



bir görüntü oluşturmaları, yağmur hendeklerinin bir başka faydasıdır. Son olarak hem kentsel hem de tarımsal bölgelerde drenaj sistemi açısından pek çok fayda sağladığı için ülkemizin ekonomik ve sürdürülebilir gelişimi açısından oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir.



**Şekil 7.** Yağmur hendeğinin genel görünümü (Uğur & Akyüz, 2017)

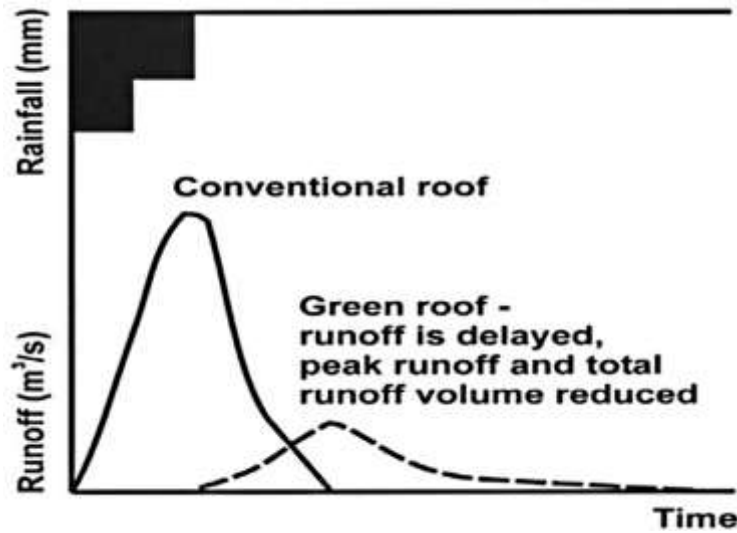
#### **Yeşil Çatı Uygulaması**

Shafique vd. (2018) yaptıkları çalışmada kentleşmenin etkisini azaltmak için sürdürülebilir bir yaklaşım olduğu kanıtlanan yeşil çatı uygulamalarına tüm dünyada ilginin arttığını belirtmişlerdir. Farklı yağış olaylarına dayalı olan bu çalışmada yenilenen yeşil çatıların yağmursuyunu daha uzun süre tuttuğunu vurgulamışlardır. Yeşil çatıların farklı yağış olaylarında toplam akışın %10 ile %60'ını tutma kabiliyetine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Şekil 8'de dünyada farklı yeşil çatı uygulamaları verilmiştir.



**Şekil 8.** Farklı yeşil çatı uygulamaları (Shafique vd., 2018)

Yeşil çatılar geleneksel çatılara göre evapotranspirasyona izin verir. Yağan yağmursuyu, önce yeşil çatılarda depolandığı için geleneksel çatılara göre yüzeysel akışı geciktirir. Ayrıca tepe akışı ve toplam yüzeysel akış hacmini azaltmada geleneksel çatılara göre oldukça etkilidir (Şekil 9). Bundan dolayı yeşil çatılar, yüksek oranda kentselmiş bölgeler için ani taşkın sorunlarını olasılığını azaltır (Shafique vd., 2018).



**Şekil 9.** Yeşil çatı uygulamasının yüzeysel akışa etkisi (Shafique vd., 2018)



**TEŞEKKÜR**

Bu çalışma İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Burak ÇIRAĞ tarafından yapılan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine desteklerinden dolayı teşekkür etmektedir (İÜ BAP-FYL 2020/2058).

**KAYNAKÇA**

Brundtland, G. H., & Khalid, M. 1987. Our common future. Oxford University Press, Oxford, GB.

Cengiz, T., & Kahvecioğlu, C. 2016. “Sürdürülebilir kent ulaşımında bisiklet kullanımının Çanakkale kent merkezi örneğinde incelenmesi”. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2), 55-66.

Burak Çırağ. (2021). Yağmursuyu drenaj sistemlerinin taşkın performansının değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Tez Numarası 676350. İnönü Üniversitesi, Malatya.

Çırağ, B., & Fırat, M. 2022. “Taşkın Yayılım Haritalarında Arazi Kullanım Türü Ve Yüzeysel Akışın Etkilerinin Değerlendirilmesi: Malatya İli Örneği”. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(3), 222-236.

Dibaba, W. T. 2018. “A review of sustainability of urban drainage system: traits and consequences”. Journal of Sedimentary Environments, 3(3), 131-137.

Dong, X., Guo, H., & Zeng, S. 2017. “Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure”. Water research, 124, 280-289.

Huang, L., Wu, J., & Yan, L. 2015. “Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators”. Landscape ecology, 30(7), 1175-1193.

Innovyze. (2022). [Çevrim-ici:<https://www.innovyze.com/>], Erişim Tarihi: 05.04.2023

Locatelli, L., Mark, O., Mikkelsen, P. S., Arnbjerg-Nielsen, K., Jensen, M. B., & Binning, P. J. 2014. “Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications”. Journal of hydrology, 519, 3237-3248.

MalatyaValiliği. 2022a. Coğrafi konum. Erişim Tarihi: 05.04.2023 <http://www.malatya.gov.tr/cografik-konum>

MalatyaValiliği. 2022b. Nüfus ve idari yapı. Erişim Tarihi: 05.04.2023 <http://www.malatya.gov.tr/nufus-ve-idari-yapi#>

Müftüoğlu, V., & Perçin, H. 2015. “Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur bahçesi”. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 5(11), 27-37.

Papaoannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., Kossieris, P. 2018. “An operational method for flood directive implementation in ungauged urban areas”. Hydrology, 5(2), 24.

Rodríguez-Rojas, M., Huertas-Fernández, F., Moreno, B., Martínez, G., & Grindlay, A. 2018. “A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: A case study in the south of Spain”. Journal of environmental management, 205, 151-162.

Shafique, M., Kim, R., & Kyung-Ho, K. 2018. “Green roof for stormwater management in a highly urbanized area: The case of Seoul, Korea”. Sustainability, 10(3), 584.

Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. 2018. “Green roof benefits, opportunities and challenges—A review”. Renewable Sustainable Energy Reviews, 90, 757-773.

Şenol, Y., & Gürbey, A. P. 2020. “Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Kriterleri Doğrultusunda Sultanbeyli Gölet Parkı için bir Model Önerisi”. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(3), 775-790.

Uğur, Ü., & Akyüz, D. E. 2017. “Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemlerinde Yağmur Hendeklerinin Değerlendirilmesi”. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 1(1), 15-24.



Zhao, J. 2011. "Towards sustainable cities in China: analysis and assessment of some Chinese cities in 2008". Springer Science & Business Media.

Zhou, Q. 2014. "A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts". Water, 6(4), 976-992.