



## YAĞMUR SUYU HASADININ KENTSEL TASARIM VE YEŞİL ALTYAPI UYGULAMALARINDA DEĞERLENDİRİLMESİ- BÜYÜKÇEKMECE İLÇESİ ÖRNEĞİ

Ceren TOYRAN<sup>1,\*</sup>, Mustafa VAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Peyzaj Planlama Programı 34349, İSTANBUL

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 34349, İSTANBUL

\*Sorumlu yazar: [toyranceren@gmail.com](mailto:toyranceren@gmail.com)

Ceren TOYRAN: <https://orcid.org/0000-0003-3585-7963>

Mustafa VAR: <https://orcid.org/0000-0002-3996-2608>

**Please cite this article as:** Toyran, C. & Var, M. (2022) Yağmur suyu hasadının kentsel tasarım ve yeşil altyapı uygulamalarında değerlendirilmesi-Büyükçekmece İlçesi örneği, *Turkish Journal of Forest Science*, 6(1), 255-274.

### ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 31 Ocak 2022 / Received 31 January 2022

Düzeltilmelerin gelişi 19 Nisan 2022 / Received in revised form 19 April 2022

Kabul 21 Nisan 2022 / Accepted 21 April 2022

Yayımlanma 30 Nisan 2022 / Published online 30 April 2022

**ÖZET:** Günümüzde nüfus artışı ve beraberinde getirdiği kentleşme, değişen iklim koşulları gibi faktörler su kaynakları üzerinde olumsuz baskı oluşturmaktadır. Bu baskı, dünyada yaşanan iklim değişikliğinin bir sonucu olan su kıtlığının etkilerini, bazı bölgelerde daha yoğun bir şekilde gündeme taşırken, bazı bölgelerde ise yakın gelecekte etkisini artırması beklenmektedir. Farklı zamanlarda değişik medeniyetlerde mücadeleler karşımıza çıkmasına rağmen, bir süredir terk edilen ve son yıllarda tekrar gündeme gelen su kıtlığıyla başa çıkmak için en önemli tekniklerden biri de yağmur suyu hasat yöntemidir. Yönetimler son yıllarda su kaynaklarının daha rasyonel kullanılma tekniklerinin araştırılarak israfın azaltılması yönünde adımlar atmakta ya da gelecekte olası bu tehlikeyi gören ilgili gruplar, yönetimlerden bu yönde kararlar almasını beklemektedir. Bu çalışma, Büyükçekmece'deki kamusal yeşil alanların ihtiyacı olan su miktarının, bina çatılarından toplanan yağmur suyu ile ne kadarının karşılanabileceğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Büyükçekmece ilçesinde bulunan bina çatıları ve yeşil alanların yüzölçümü AutoCAD, ArcGIS programları ve haritalar kullanılarak hesaplanmış, İstanbul Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü'nden ilçenin 20 yıllık yağış ve evapotranspirasyon verileri alınmıştır. İlçede 1 yılda çatılardan yapılabilecek yağmur suyu hasadı 2.266.146 m<sup>3</sup>, kamusal yeşil alanların sulanma ihtiyacı ise her gün sulama yapıldığı takdirde 471.802 m<sup>3</sup>'tür. Dolayısıyla yağmur hasadı ile kamusal yeşil alanların ihtiyacı olan sulama miktarının % 100'ü karşılanabilir olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Su kıtlığı, Yağmur hasadı, Büyükçekmece, Mekânsal Su Kullanımı

## **RAINWATER HARVESTING IN URBAN DESIGN AND URBAN GREEN INFRASTRUCTURE: CASE STUDY OF BUYUKCEKMECE DISTRICT, ISTANBUL**

**ABSTRACT:** Factors such as the changes in the climatic conditions, urbanization as a result of the population growth, etc. have caused a negative pressure on water resources at present. Being an outcome of the climate change, water scarcity has been intensely experienced at some region, whereas it is expected to cause worse problems in other regions in the near future. Being one of the most significant techniques to deal with the water scarcity, rainwater harvesting method, which has been used by various civilizations in history, has been neglected for the last decades, whereas it has gained its importance again in recent years. Currently, governments have been researching on the techniques to use water resources effectively so that the waste of water could be decreased, or the relevant groups, seeing the possible risks in the future, expect the responsible bodies to take proper decisions in this regard. This study was carried out to reveal how much of the water needed by the public green areas in could be obtained from the rainwater collected from the building roofs. Building roofs and green areas in Buyukcekmece District were calculated by using the AutoCAD and ArcGIS as well as the maps. Also, the district precipitation and evapotranspiration data for 20 years of were obtained from the 1st Regional Directorate of Meteorology in Istanbul. The results indicate that 2.266.146 m<sup>3</sup> can be collected in a year by rainwater harvesting from the roofs of the buildings in the district, and the amount of water need for the irrigation of public green areas is 471.802 m<sup>3</sup>, if irrigation is carried out daily. Therefore, 100 % of the water required for the irrigation of the public green areas in the district could be provided with the rainwater harvesting.

**Keywords:** Water scarcity, Rainwater harvesting, Buyukcekmece, Spatial Water Use

### **GİRİŞ**

Kentsel tasarım, mahalle, cadde, meydan, kamusal ortak alanlar gibi kenti oluşturan parçaların, kentin bütününe bir karakter ve imaj vermesidir. Kenti tanımlayan fiziksel özelliklerin tümüdür. Kentsel tasarım, insanlar ile kenti oluşturan doğal (kıyı şeritleri, kanyonlar, yeşil alanlar) ya da yapılı çevre (bina, sokak) arasındaki duyuşal ve görsel ilişkidir (Sandiego, 2008).

Yeşil altyapı, toplumların doğal yaşam destek sistemidir. Bu sistem akarsuları, sulak arazileri, ormanlık alanları, vahşi yaşam ve diğer doğal habitatların yanı sıra yeşil yollar, parklar, doğal koruma alanları, çiftlikler, doğal türleri destekleyen, ekolojik süreci koruyan, doğal kaynakların sürdürülebilirliğine ve yaşam kalitesine katkıda bulunan doğal alanlardır (Benedict & McMahon, 2002).

Kentler iklim değışikliğı konusunda kırılğan sistemlerdir. İklim değışikliğı sonucu yaşanan düzensiz hava olayları ile kentlerde yoğun yapılaşmadan ve geçirimsiz yüzeylerden kaynaklanan ısı adası etkisi, hava kirliliğı, su kıtlığı, düzensiz yağışlar, sel ve taşkınların yaşanması gibi sorunlar giderek artmaktadır. Kentleri bu etkilere karşı güçlendirmek için iklim değışikliğinin etkilerini önemli derecede azaltan yeşil altyapı sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Çalışmanın konusunu oluşturan yağmur suyu hasat yöntemleri de yeşil altyapı sisteminin bir parçasıdır ve yağmur suyu hasat yöntemi, yeşil altyapıya katkı sağlayarak kent ekosistemindeki olumsuz iklimsel etkileri azaltmaktadır (Coşkun, 2019).

“Yeşil altyapı, doğa tabanlı çözümlerle birlikte iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle mücadelede kentlerin dayanıklılığını artırmada önemli bir araçtır”(Avrupa Komisyonu Bildirimi, 2013).

İklim değişikliği, insan faaliyetleri ile hava sıcaklıkları, evapotranspirasyonda artış ve yağışlarda azalmanın etkisiyle kurak alanlar artmakta ve çölleşmeye zemin hazırlamaktadır. İklim değişikliğinin getirdiği çölleşme durumu biyolojik çeşitliliği azaltmakta, ürün ve hayvan yetiştiriciliği verimliliğinde azalma gerçekleşmekte, artan karbondioksit oranı da istilacı bitki türlerinin artmasına yol açmaktadır (IPCC, 2019).

Milyonlarca yıl önce farklı hallerde oluşan ve sürekli bir döngü ile günümüze kadar ulaşan su, canlı yaşamının temelini oluşturan ve yaşamın sürdürülebilmesi için de alternatifi olmayan doğal bir kaynaktır. Yeryüzünün 2/3'ü sudan oluşmaktadır. Ancak yerkürede bulunan bu suyun sadece % 2,5'u tatlı su olup; evsel, endüstriyel, sulama amaçlarıyla kullanılabilen ya da içilebilmektedir (MGM, 2021).

Günümüzde, dünyada % 57 olan kentsel nüfusun 2050'de % 69'a çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda 2050 yılında yaklaşık beş milyar insanın su sıkıntısı çeken bölgelerde yaşayacağı düşünülmektedir (Worldometers, 2021).

Dünya üzerinde son 100 yılda su kullanımı 6 kat artmıştır ve % 1 oranla her yıl artmaya devam etmektedir. İklim değişikliği ise her geçen gün su kıtlığıyla mücadele eden ülkeleri daha fazla kötüleştirirken, şu an su kıtlığı problemi olmayan, su kaynaklarının bol olduğu ülkelerin de su sıkıntısı yaşaması beklenmektedir (WWAP, 2020).

İklim değişikliği, çeşitli yerlerde mevsimsel olarak su mevcudiyetinde değişiklik, fırtınalı ve düzensiz yağış rejimi, düzensiz ısı dalgalanmaları, kuraklık gibi aşırı hava olaylarına da neden olmaktadır. Ekosistemlerin bozulmasına yol açan iklim değişikliği biyolojik çeşitliliği, su arıtımını, karbon tutma ve doğal taşkın koruması, rekreasyon ve tarım gibi suya ihtiyaç duyulan alanları olumsuz etkilemektedir (WWAP, 2020).

Küresel ısınma sonucunda yaz mevsiminde yağışların da azalmasıyla mevsimsel nehirlerin beslediği rezervuarlarda su seviyesinin ve yer altı su seviyelerinin azalması, yıllık yağış değişiminden kaynaklı akarsu akışında değişim, artan hava sıcaklığıyla birlikte artan evapotranspirasyon, ürün yetiştirme döneminin uzamasıyla birlikte sulamanın da artması durumları yaşanmaktadır. Bu durumlar da tüm canlı yaşamı için su stresini artırmaktadır. Su kıtlığı ile sıcaklığın artmasından dolayı artan evapotranspirasyonla birlikte gıda yetiştirme alanları ve yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı da artmaktadır. Yine iklim değişikliğinin bir sonucu olan düzensiz yağışlar, akışlarda düzensizliğe neden olacak ve aşırı yüzey akışı durumunda akarsu yataklarında meydana gelecek erozyonla su, taşınan sedimentasyonla kirlenecek dolayısıyla sağlıklı su elde edilmesine de engel olacaktır (IPCC, 2008).

Nadir yağın ama yoğun olan yağışlar yer altı suyu seviyelerini orantısız doldurmaktadır. Yağış düzensizliğinden dolayı yer altı suyu akiferlerinin ne kadar ve ne zaman dolacağı belirsiz olmaktadır. Ayrıca yoğun yağışlar, yer altı suyunu taşıyarak ya da geçirimsiz yüzeylerden de kaynaklı olarak yüzey akışını artırdığından, kirleticileri su yüzeylerine taşıyarak su kalitesini azaltmaktadır (WWDR, 2022).

Kentsel su talebini karşılama planı dâhilinde iklim değişikliğine karşı alınabilecek en önemli önlemlerden biri yer altı sularında buharlaşma olmayacağından dolayı yer altı barajlarıdır. Mevsimsel kuraklıklar için de olumlu bir etki sağlamaktadır (WWDR, 2022).

Kentsel alanlarda yoğun yağış kanalizasyonların taşmasına ve yağışın atık suya karışarak kentte yüzeysel akışa geçmesine yol açabilmektedir. Bu durumun kontrol edilmesi için etkili bir yağmur suyu yönetimi gerekmektedir. Bu alanlarda su seviyelerini artırabilmek için olabilecek su kayıplarını/sızıntılarını engelleyecek önlemler almak gerekmektedir. Şebeke suyuna olan ihtiyacı da azaltmak için alternatif yöntemler yağmur suyu hasat sistemi ve kontrollü atık su yeniden kullanım yöntemini uygulamak önemli birer destekleyici olacaktır (IPCC, 2008).

Su kıtlığına neden olan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önüne geçebilmek için alınan önlemlerden bir tanesi de ısı artışının  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile sınırlı kalması ya da 2100 yılına kadar bu seviyeye gerilemesinin sağlanmasıdır. Küresel ısınmanın  $2^{\circ}\text{C}$ 'ye kıyasla  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile sınırlandırılmasının ekosistemlerdeki olumsuz baskıyı azaltacağı ve canlı yaşamına daha fazla hizmet sağlayacağı düşünülmektedir. Bunu sağlama yolları, küresel ısınma üzerinde önemli etkilere sahip olan karbondioksit ve azot oksit gibi sera gazlarının kümülatif biçimde kullanımının sınırlandırılarak emisyonun azaltılması ve diğer iklim değişikliğine sebep olan durumların azaltılmasını içermektedir. Ayrıca sosyo-ekonomik gelişmelere de bağlı olarak iklim değişikliğinin, su kıtlığının artışı üzerindeki etkisini % 50 oranında azaltabilecektir (IPCC, 2018).

2050 yılında  $2^{\circ}\text{C}$ 'ye kıyasla ısının  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile sınırlandırılması su kıtlığını ortalama 184-270 milyon kişi için önleyebilecektir. Küresel ölçekte farklılıklar olsa da genelde  $1,5^{\circ}\text{C}$ 'ye kıyasla  $2^{\circ}\text{C}$ 'de yağış miktarları daha yoğun ve şiddetli olmaktadır. Bu istatistiğin devamlılığının görüldüğü bölgeler genelde yüksek bölgelerdir. Arazi kullanımı, arazi örtüsü değişimi, nehir morfolojisi, taban suyu seviyesi ve yapılan tüm inşaat faaliyetleri akarsu akışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.  $1,5^{\circ}\text{C}$  ile  $2^{\circ}\text{C}$  kıyaslandığında  $2^{\circ}\text{C}$ 'de sel tehlikesinden etkilenen arazinin kapladığı alan daha da genişleyecektir (IPCC, 2018).

Kişi başına  $1000\text{ m}^3$ 'ün altında su kullanılan ülkeler su fakiri,  $1000-3000\text{ m}^3$  arasında olan ülkeler de su kısıtı / su azlığı yaşayan ülkeler grubuna girmektedir. Türkiye  $1500-1735\text{ m}^3$  bandında olmasına rağmen mevcut nüfus artışına göre 10-15 yıl içerisinde su fakiri ülkeler sınıfında olacağımız tahmin edilmektedir (Alparslan et al., 2008).

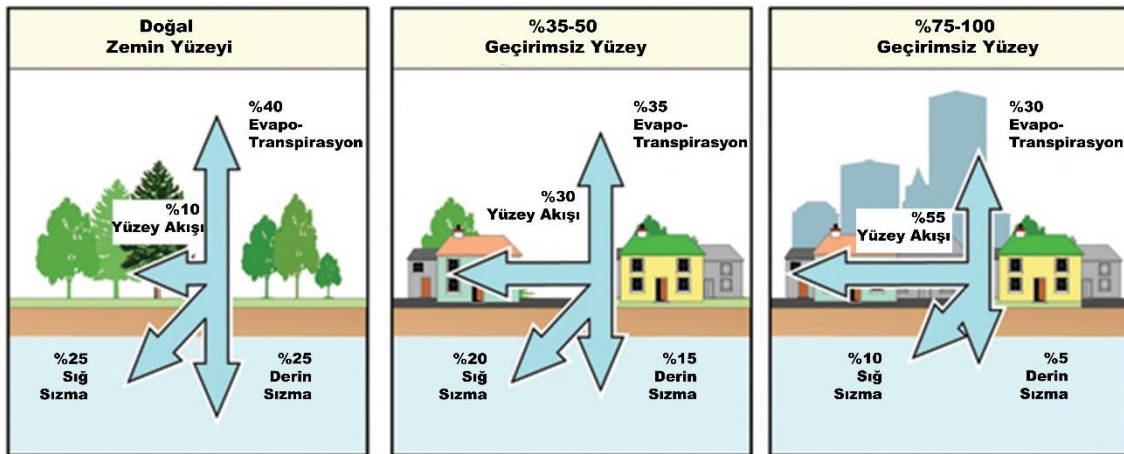
Ülkemizde kullanılan suyun % 71.5'i tarım sektöründe kullanılırken, % 17.8'i sanayide ve % 10.7'si şehirlerde içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır (CSB,2022). Şehirlerde peyzaj alanlarında sulama suyu, sürdürülebilir teknikler uygulanmadığı sürece çoğunlukla şehirlere dağıtılan şebeke suyundan karşılanmaktadır. Su kaynaklarının büyük bir kısmı sulama amaçlı kullanılmaktadır. Buna rağmen yağmur suyu başta olmak üzere bazı çok önemli su potansiyellerimizi değerlendirememekteyiz.

Kentsel alanlarda yaşanan su talebinde artış ve yağmur suyunun geçirimsiz yüzeylerden yüzey akışına geçerek yol açtığı sel baskını, taşkın gibi drenaj sistemi üzerindeki baskı sorunlarının giderilmesi için suya duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı, su ile ilgili problemlere yönelik bir çözümdür. Suya duyarlı kentsel tasarım, arazi ve su kaynaklarının planlanmasında entegre yönetime odaklanmaktadır. Suya duyarlı kentsel tasarım yaklaşımı, yağmur suyunun yeniden kullanımını ve yer altı suyuna sızdırılması için kentsel gelişime dahil edilir. Böylece yağış suları boşa harcanmadan, kanalizasyon ve atık sulara karışmadan ve yüzey akışa geçmeden yeniden

kullanıma kazandırılır. Kentte su yönetimi, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilir (Ameen, et al., 2020).

Yağmur suyunu değerlendirmek için pek çok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en önemli yağmur suyu hasadı yöntemidir. Yağmur suyu hasadı yöntemi, mevcut su tedarik sisteminin su talebini karşılamak için yetersiz kaldığı durumlarda, yüzey ve yeraltı sularını tamamlayabilecek bir kaynak sistemdir. Yağmur hasadı, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde yarattığı baskı için alınan bir önlemdir (Aladenola & Adeboye, 2009). Yağmur hasadı yüzeylere düşen yağışların toplanıp, kontrol edilerek gerek filtrelenerek içilebilir olan ve gerekse filtrelenmeden ev içinde ve ev dışında kullanılarak su tasarrufu sağlayan önemli doğal bir kaynak olarak tanımlanmıştır (Sendayake, 2016). İçilebilir olarak toplanan su, yemeklerde, banyo kullanımında, bulaşık yıkamada, yüzme havuzunda ve içme suyu olarak kullanılırken, içilemeyen su ise tuvalet yıkamada, bahçe sulamada, yer yüzeylerinin yıkanmasında ve suyun arıtmaya ihtiyaç duyulmadığı alanlarda kullanılabilir. Yağmur hasadından elde edilen suyun hacmi bölgeden bölgeye, iklime ve mevsimlere göre değişiklik gösterir (Mohammed et al., 2007). Su hasadı teknikleri, toprak erozyonu ve sedimantasyonu azaltma ve toprakta su depolanmasını ve toprak verimliliğini artırma aracı olarak uzun zamandır kullanılmaktadır (Tanık, 2017).

Kentsel alanlarda yoğun yapılaşma ve artan yüzeyel sert zeminlerden dolayı yüzey akışı, taşkın ve sel gibi sorunlar yaşanmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi yeşil alanlarda yağış suyunun yüzey akışına geçme oranı % 10 iken kent merkezlerinde bu oran % 55 olmaktadır (Waterurbanenvironment, 2022). Geçirimsiz yüzeylerin artışı yağış sularının yeraltı suyuna sızmasına ve toprak yüzeyine ulaşmasına engel olmaktadır (Demir, 2012). Bu nedenle kentsel alanlarda yağmur suyu yönetimi tekniklerinden biri olan yağmur hasadı büyük bir öneme sahiptir.



Şekil 1. Kentleşmenin Yüzey Akışına Etkisi

Kentsel alanlarda yapılabilecek yağmur hasadının çeşitli teknikleri vardır. Bunlar (Gupta, 2006; Yuen et al., 2001; Xie et al., 2017):

- Çatı Yüzeyinden Yağmur Suyu Hasadı
- Yüzey Akış Hasadı
- Kanallar ve Oluklar
- Bitkili Kanallar
- Yağmur Bahçeleri

- Sızdırma
- İnfiltrasyon Hendekleri
- İnfiltrasyon Havzaları

Çatılardan yapılan yağmur suyu hasadında binaların çatı yüzeylerinden toplanan yağış suları, oluklarla ve boru sistemleriyle taşınarak, toprak yüzeyinde ya da toprak altındaki depolama alanlarında depolandıktan sonra gerekli kullanım alanlarına pompalanmaktadır (Mengü & Akkuzu 2008). Depolanan su, bahçe sulamada, ev içi ihtiyaçlarda, tarım arazilerinde ve birçok farklı ihtiyaçta kullanılabilir (WWF, 2020). Toplu binaların çatı alanlarından yapılacak yağmur suyu hasat tekniğinde depolama tankları ortak olarak kullanılabilir ve merkezi bir konuma yerleştirilebilir (Sharma, 2014).

Çatı yüzeylerinden toplanan yağmur hasadında çatıda kullanılan malzeme toplanan suyun verimliliğini etkileyen bir unsurdur. “Kil kiremit gibi dokulu ya da geçirimli malzemeden yapılmış çatılar, metal gibi daha pürüzsüz malzemeden yapılmış çatılara göre daha fazla yağmur suyunu muhafaza eder. Ayrıca toplama alanında kullanılan malzeme, az miktarda toksin maddelerin süzülme tipini ve potansiyelini kontrol edebilir. Örneğin ahşap, asfalt ve katranlı kiremit çatılardan toplanan su sadece sulama için kullanılabilir” (Ling & Benham, 2014).

Kentsel yeşil alanlar, dinlenme, eğlenme ve spor gibi rekreasyonel aktivitelere olanak sağlarken, sosyalleşmeyi de sağlayarak suç oranlarını düşürmekte, ruh ve beden sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Ekolojik olarak, oksijen sağlama, karbondioksidi tutma, kirli havayı temizleme, tozları tutma, gölge temin etme, güneş ışınlarını absorbe etme, mikroklima oluşturma, nem kontrolü, rüzgar kontrolü gibi iklim kontrolü sağlama, erozyonu önleme, gürültüyü azaltma işlevlerinin yanında yüzeysel drenajı düzenleme gibi çok önemli işlevlere sahiptir (Var, 2018).

Kentte bulunan yeşil alanlarda, bitkisel ve yapısal malzemeler renk, doku, ölçü, form, çizgi, uyum gibi özellikleriyle kente fiziksel ve estetik açıdan katkı sağlamaktadır. Kentte yoğun bir şekilde bulunan yapıları alanların sert dokularını hafifletir ve kentteki yapı dokuları ile diğer kullanım alanları arasındaki dengeyi sağlamaktadır. Araç veya yaya trafiğinde sirkülasyonu sağlayarak yönlendirici etki sağlamak, farklı kullanım alanlarını sınırlandırmak ve mahremiyet oluşturmak gibi olumlu katkılar da sağlamaktadır. İnsan psikolojisine olumlu etki sağlaması ile birlikte yaşama sevincini de artırarak iş verimini de artırması ekonomik anlamda katkı sağlamaktadır (Gül & Küçük, 2001).

Yeşil alanlarda bulunan toprak, fazla suyu absorbe etmekte ve bitkiler de toprağı tutucu etkiye sahip olduğundan erozyona engel olmaktadır. Ayrıca yeşil alanlar, kente biyolojik çeşitlilik açısından katkı sağlamaktadır (Önder ve Polat, 2012).

Kentsel peyzajda yeşil alanların varlığını sürdürebilmesi için iklim ve diğer doğal koşullara da bağlı olarak genellikle büyük oranda suya ihtiyaç duyulur. Bunun için yağmur hasadı, kentte peyzaj alanlarının korunumunu ve bakımını sağlayacak önemli bir yöntemdir.

Tektaş Su Kaynakları Geliştirme Kurulu (2005), yağmur suyunun pH değerinin neredeyse nötr bir değere sahip olduğunu, tuz, mineraller ve diğer beşeri kirleticileri içermediğini belirterek, yağmur suyunun, peyzaj alanları için diğer su kaynaklarından üstün olduğunu belirtmektedir. Bu olumlu etkilerinden dolayı, yeşil alanların hasat edilen yağmur suyu ile sulanması daha verimli olacaktır.

Yağmur suyu içerisinde bulunan mineral ve bitki besinleri ile sulamada bitkiler için olumlu etki sağlamaktadır. Şimşek çaktığında azot ve oksijenin birleşimi sonucunda da bitkiler azot elementini doğrudan alabilmektedir. Çeşme suyunun içerisinde bulunan klor toprakta birikerek toksik etki yaratırken, yağmur suyu tuzları yıkayarak sağlıklı kök gelişimine olanak sağlamaktadır (Ardahanlıoğlu, 2016).

Bu çalışmada yağmur hasadının kentsel tasarım ve yeşil altyapı uygulamalarında değerlendirilmesinin Büyükçekmece ilçesi üzerinde incelenmesi ve yağmur suyunun depolanacağı tankların boyutları ve yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### *Materyal*

Araştırmanın asıl materyalini İstanbul ili Büyükçekmece ilçesi ve ilçe içinde yer alan 24 mahalle oluşturmaktadır. Büyükçekmece Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan yerleşim haritasından ilçedeki uygun bulunan binaların çatı yüzeyleri ile Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen ilçenin başta yağış ve nem olmak üzere iklim değerleri araştırmanın diğer materyallerini oluşturmaktadır.

### *Yöntem*

Çalışmada Büyükçekmece'de bulunan bina çatılarından hasat edilebilecek yağmur suyunun, ilçedeki kamusal yeşil alanların sulama ihtiyacının ne kadarını karşılayarak su tasarrufu sağlayacağı hesaplanması üzerinde araştırma yapılmıştır.

Büyükçekmece Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan yerleşim haritasından ilçedeki uygun bulunan binaların çatı alanları, ArcGIS ve AutoCAD programları kullanılarak hesaplanmıştır. Yeşil alanların ne kadar suya ihtiyaç duyduğunu hesaplamak için harita üzerinden kamusal yeşil alanlar (park, meydan, refüjler, yol kenarları) hesaplanmıştır. Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü'nden iklim verileri elde edilmiştir. Büyükçekmece'nin 2001-2012 yılları arası iklimsel verileri bulunmadığından dolayı Büyükçekmece'ye en yakın ölçüm istasyonu olan Florya'nın verilerine ulaşılmıştır. 2012'den 2020'ye kadar iklimsel veriler Büyükçekmece'de yapılan ölçümlerden alınmıştır. 20 yıllık (2001-2020) yağış ve evapotranspirasyon gibi iklim verileri elde edilmiştir. Ayrıca ilçenin topoğrafik haritası ArcGIS programında dem verileri aracılığıyla hazırlanmış, yüzey akışını belirlemek için de hidroloji haritası çıkarılmıştır. Hesaplamalar formüllere bağlı kalınarak yapılmıştır. Bu çalışmada çatı yüzeyinden yağmur hasadı tekniği kullanılmıştır.

Yağmur suyu verimi için DIN1989 tarafından belirlenen aşağıdaki formül kullanılmıştır:

Yağmur suyu verimi(L): Yağmur suyu toplama alanı(m<sup>2</sup>)\* x yıllık yağış miktarı(mm)\*\* x çatı katsayısı\*\*\* x filtre etkinlik katsayısı\*\*\*\* (1)

Uygun Tank Boyutu Hesaplamak için İngiliz standartları BS, (2009)'da belirtilen formül:

Uygun Tank Boyutu Hesaplama Yöntemi: Yıllık Yağış miktarı (mm) x Çatı Alanı (m<sup>2</sup>) x çatı katsayısı (%) x filtre etkinlik katsayısı (%) x 0.05 (2)

Tank boyutu genel kurala göre, yıllık yağışın % 5'i olmalıdır, Bu nedenle bir yıllık yağmur suyu arzının %5'ini hesaplamak için 0,05 katsayısı uygulanır (BS, 2009).

\*Yağmur suyu toplama alanı: Binaların çatı alanıdır.

\*\*Yağış miktarı: Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam yıllık yağış miktarıdır.

\*\*\*Çatı katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0.8 olarak belirtilmiştir. Çatıya düşen yağmur suyunun bir kısmının yağmur hasadı sisteminde kullanılamayacağını ifade etmektedir. Çatı tiplerinin özelliklerine göre farklı değerler aldığı Tablo 1'de gösterilmiştir (Kumar, 2004).

\*\*\*\*Filtre etkinlik katsayısı: Alman standartları DIN1989'da 0.9 olarak belirtilen katsayıdır. Çatıdan elde edilen yağmur suyundan katı maddelerin uzaklaştırılması için yağmur suyunun geçirildiği filtrelerin verimlilik katsayısıdır. Katı maddelerin filtrelenmesiyle yağmur suyunun bir kısmının, filtreden geçemeyeceğini ifade eder (Sutema, 2021).

**Tablo 1.** Çatı Katsayısı Tablosu

Çatı Tipi	Çatı katsayısı
Galvanizli demir sac	0.90
Asbest Levhalar	0.80
Kiremit	0.75
Beton	0.70

Büyükçekmece'de belediyeden elde edilen verilere göre; yaklaşık 20 yıldır kentsel yeşil alanlarda sulama 15 Nisan'da başlayıp 15 Eylül'de bitirilmektedir. Toplam 5 ayda ortalama olarak m<sup>2</sup> başına 4.7 L sulama suyu gerekmektedir. Yeşil alanların ihtiyacı olan sulama suyu miktarı, haftanın her günü, haftada 4 kez ve haftada iki kez sulama olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Toplam yeşil alan miktarı ile sulanacak gün sayısı ve ortalama m<sup>2</sup> başına sulama suyu miktarı olan 4.7 L çarpılarak hesaplama yapılmıştır.

### **Araştırma alanı**

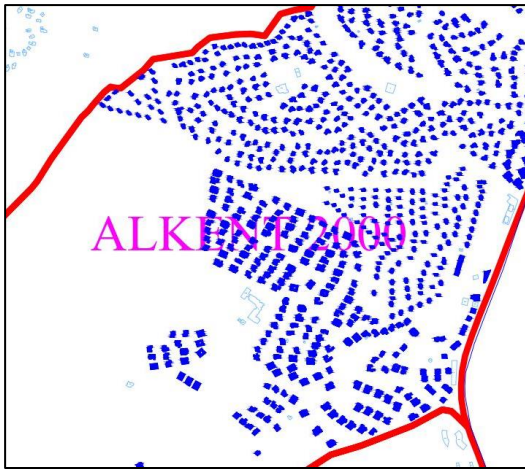
Araştırma alanını İstanbul İlinde bulunan Büyükçekmece ilçesi oluşturmaktadır. Büyükçekmece ilçesi, coğrafi konumu, 41°7' kuzey enlemleri ile 28°37' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İstanbul ilinin batı yakasında, Marmara Denizi kıyısında bulunmaktadır. İlçe 16.340 hektar alana sahiptir (Bcekmecebel, 2021). İlçenin kuzeyinde Çatalca ve Arnavutköy ilçeleri, güneyinde Beylikdüzü ilçesi ve Marmara Denizi, doğusunda Esenyurt ilçesi, batısında ise Silivri ilçesi bulunmaktadır. İlçede Karaağaç, Alkent, Çakmaklı, 19 Mayıs, Dizdariye, Fatih, Atatürk, Cumhuriyet, Pınarstepe, Mimarsinan, Ahmediye, Hürriyet, Muratçeşme, Ekinoba, Mimaroba, Sinanoba, Türkoba, Ulus, Güzelce, Bahçelievler, Yenimahalle, Kumburgaz, Kamiloba, Celaliye olmak üzere 24 mahalle bulunmaktadır (Şekil 2)(Google Earth, 2021). İlçenin sınırlarında harita üzerinden yapılan ölçüme göre yaklaşık 460 bin m<sup>2</sup> orman mevcuttur (OGM, 2022). İlçede Marmara geçiş rejimi iklim yapısı hâkimdir. Bu iklimde yazlar az miktarda yağış almakta, ancak kuraklık görülmemektedir. Kışlar ise Balkanlardan gelen soğuk hava akımları ile nispeten soğuk ve yağışlı geçmektedir (Akgün, 1996). İstanbul 1. Bölge Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan verilere göre ilçenin ortalama bir yılda aldığı 638 mm yağışın % 12'si yazın, geri kalan % 88'i ise kışın düşmektedir. 20 yıllık





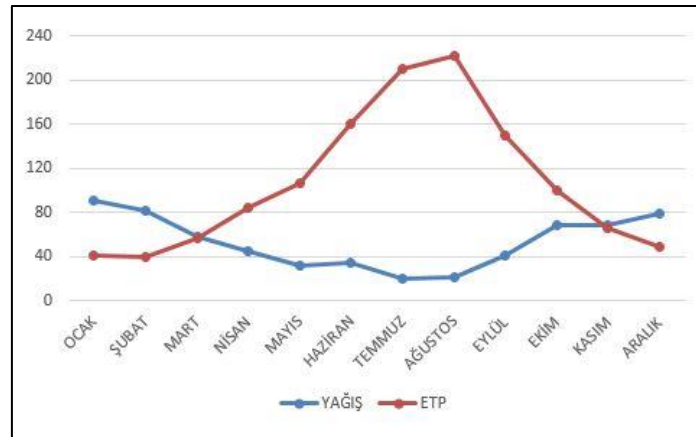
Kumar (2004), çatı malzemelerine göre çatı katsayılarını belirttiği çalışmasında, galvanizli demir sacların 0.9 ile en verimli yağış toplanabilecek çatı malzemesi olduğunu belirtirken, asbest levhaların 0.8, kiremit çatıların 0.75 ve beton çatıların 0.7 çatı katsayısına sahip olduğunu belirtmiştir. Filtre katsayısı da uzun süre kuraklık döneminden sonra düşen yağışların taşıyabileceği katı maddeleri filtreleyerek toplanacak suyun % 10'unun filtreleneceği hesaba katılarak değerlendirilmiştir.

Bina çatı alanları Şekil 3'de gösterildiği gibi AutoCAD programında, Büyükçekmece Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü'nden alınan yerleşim haritasından, yağmur hasadı sisteminin yapılmasına uygun binaların çatı alanları hesaplanmıştır. Kamusal yeşil alanlar da Şekil 4'deki gibi şehir haritası üzerinden hesaplanmıştır (Şehirharitası, 2021). Bu alanlar parklar, meydanlar ve yol kenarları gibi halka açık yeşil alanları kapsamaktadır.



Şekil 3. Büyükçekmece Yerleşim bir kısmı      Şekil 4. Büyükçekmece Yeşil Alan

Şekil 5. ilçenin Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü'nden alınan 20 yıllık yağış ve evapotranspirasyon verilerine göre hazırlanmıştır. Şekil 5'e göre en yağışlı ayların kış mevsimi ayları olduğu görülmektedir. Yaz mevsimi ayları ise daha düşük miktarda yağış almıştır. Ocak ayı en yağışlı ay iken, Ağustos ayının en yüksek miktarda evapotranspirasyonun gerçekleştiği ay olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Ocak ayında maksimum yağmur suyu verimi olacağı ve Ağustos ayının da yeşil alanların sulanma suyu ihtiyacının en yüksek ay olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Büyükçekmece'nin Yağış ve Evapotranspirasyon Grafiği

Tablo 2’de aylık yağmur hasadı verimliliği, aylara göre 20 yıllık ortalama yağış miktarları ile çatı alanları, çatı katsayısı ve filtre etkinlik katsayısı çarpılarak hesaplanmıştır. 326 bin 612 m<sup>3</sup> ile ocak ayı en yüksek miktarda yağmur suyu verimliliğine sahip aydır.

**Tablo 2. Aylara Göre Yağmur Hasadı Verimi**

Aylar	20 Yıllık Ortalama Yağış Miktarı (m)	Yağmur Hasat Verimi (AYLIK) (m <sup>3</sup> )
Ocak	0.0908	326.612 m <sup>3</sup>
Şubat	0.0817	293.879 m <sup>3</sup>
Mart	0.0583	209.708 m <sup>3</sup>
Nisan	0.0444	159.709 m <sup>3</sup>
Mayıs	0.0312	112.228 m <sup>3</sup>
Haziran	0.0345	124.098 m <sup>3</sup>
Temmuz	0.0201	72.300 m <sup>3</sup>
Ağustos	0.0208	74.818 m <sup>3</sup>
Eylül	0.0412	148.198 m <sup>3</sup>
Ekim	0.0681	244.959 m <sup>3</sup>
Kasım	0.0685	246.398 m <sup>3</sup>
Aralık	0.0787	283.088 m <sup>3</sup>

Tablo 3’e göre yıllık olarak değerlendirildiğinde toplamda 2 milyon 266 bin 146 m<sup>3</sup> yağmur suyu verimliliği olacağı hesaplanmıştır. Tablo 4’de Büyükçekmece Belediyesi’nden alınan verilere göre ilçede yeşil alan sulaması 20 yıl geneli ele alındığında, 1 yılda ortalama olarak 15 Nisan’dan 15 Eylül’e kadar sürmektedir. 15 Nisan’dan 30’una kadar 3.5 L/m<sup>2</sup> sulama suyu kullanılır. Mayıs ayından eylül ayının başına kadar 5 L/m<sup>2</sup> ve eylül ayının 1’inden 15’ine kadar da 3.5 L/m<sup>2</sup> sulama suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Geriye kalan aylarda yağışlarla birlikte toprak suya doyduğundan dolayı sulama suyu ihtiyacı yağışlardan sağlanmaktadır. 1 yılda sadece 5 ay sulamaya ihtiyaç duyulduğundan dolayı toplam 5 ayda sulama suyu miktarı ortalama 4.7 L/m<sup>2</sup>’dir. Tablo 4’de yapılan hesaplamalarda her gün sulama, haftada 4 gün sulama ve haftada 2 gün sulamada ne kadar suya ihtiyaç duyulacağı ele alınmıştır. Yeşil alanların sulanması gereken gün, yeşil alan miktarı ve m<sup>2</sup> başına sulama suyu miktarları çarpılarak hesaplanmıştır. Bu tablo bir yılda ihtiyaç duyulacak sulama suyu miktarını göstermektedir. 5 ay boyunca her gün sulama yapılırsa, 471 bin 802 m<sup>3</sup>, haftada 4 gün sulama yapılırsa, 270 bin 499 m<sup>3</sup> ve haftada iki gün sulama yapılırsa 135 bin 249 m<sup>3</sup> sulama suyuna ihtiyaç vardır.

**Tablo 3.** Yıllık Yağmur Hasadı Verimi

Yağmur Suyu Verimliliği (yıllık)	Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )	20 Yıllık Ortalama Yağış Miktarı (m)	Çatı Katsayısı	Filtre Katsayısı
2.266.146 m <sup>3</sup>	4.995.914 m <sup>2</sup>	0.63 m	0.8	0.9

**Tablo 4.** Yıllık Yeşil Alan Sulama İhtiyacı

5 Ay Her Gün (150 gün) Sulama Yeşil Alan Sulama İhtiyacı (m <sup>3</sup> )	5 Ay Haftada 4 (86) Gün Sulama (m <sup>3</sup> )	5 Ay Haftada 2 (43) Gün (m <sup>3</sup> )	Yeşil Alan (m <sup>2</sup> )	Toplam 5 Ayda m <sup>2</sup> Başına 1 Aylık Ortalama Sulama Suyu Miktarı (L/m <sup>2</sup> )
471.802	270.499	135.249	669.223 m <sup>2</sup>	4.7

Tablo 5’de depolama tanklarının boyutlarını hesaplamak için ilçede bulunan çatı alanları mahallelere göre hesaplanmış ve çatı alanları ile İstanbul Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü’nden alınan 20 yıllık (2001-2020) ortalama yağış verileri, çatı katsayısı, filtre etkinlik katsayısı çarpılarak yağmur suyu verimi, ardından yağmur suyu veriminin % 5’inin alınması için 0.05 ile çarpılması ile tank boyutları hesaplanmıştır. Mahalleler arasında en büyük depolama alanına ihtiyaç duyulan alan Türkoba Mahallesi’nde yer almaktadır. 9 bin 228 m<sup>3</sup>’lük depolama tankına ihtiyaç vardır. Ahmediye Mahallesi ise en düşük tank hacmine ihtiyaç duyulan mahalledir. 250 m<sup>3</sup>’lük tanka ihtiyaç vardır. Büyük depolara ihtiyaç duyulan mahallelerde depolar bölünerek mahallerin farklı yerlerine yerleştirilebilir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri” Hakkında Yönetmeliği’ne göre çok yüksek miktarda depolama alanına ihtiyaç duyulan yerlerde fazla suyu tahliye etmek için tanklara taşma savağı yapılması gerekir. Taşma savağı mümkünse yer altı suyuna veya doğrudan toprağa yönlendirilmeli ya da toplama sistemine deşarj edilmelidir.

**Tablo 5.** Mahallelere Göre Tank Boyutlarının Hesaplanması

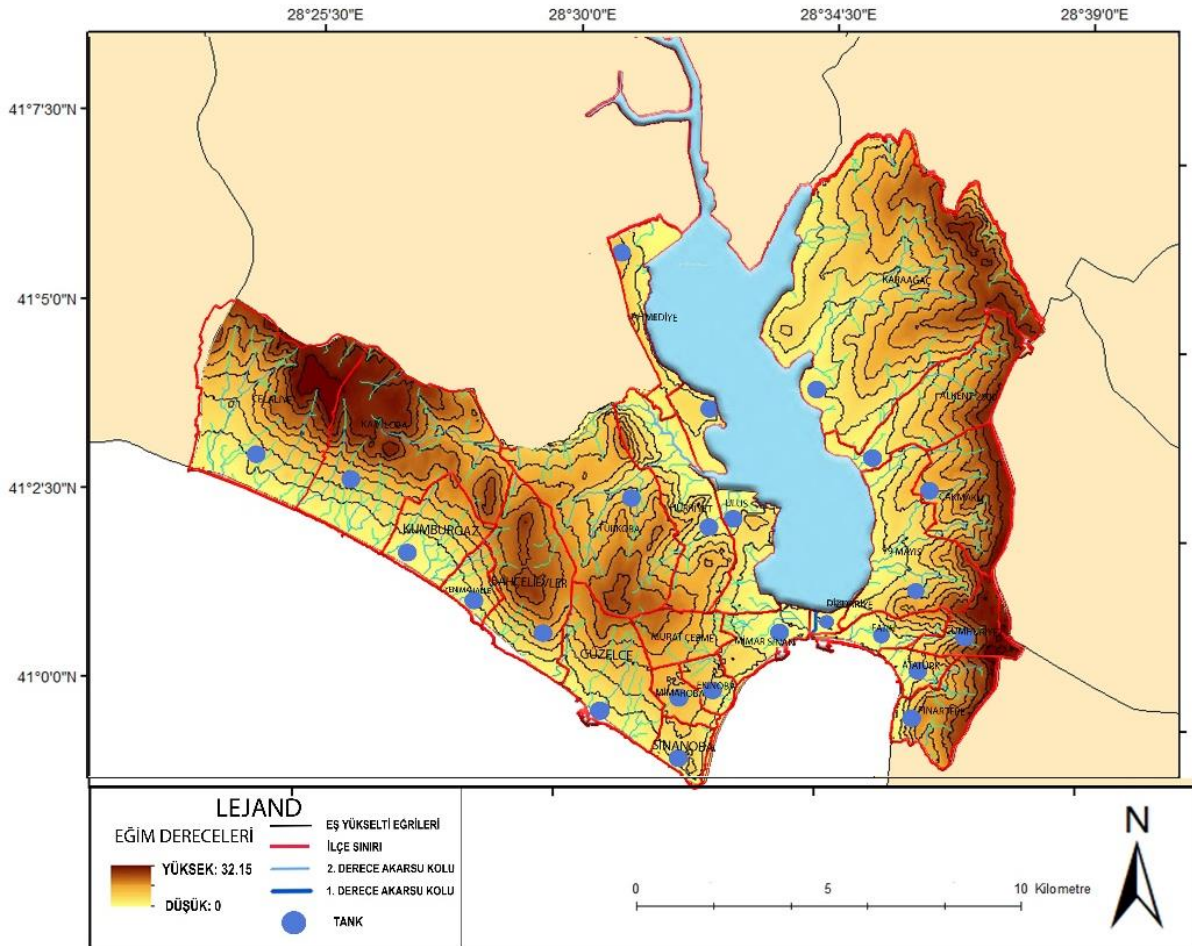
Mahalle Adı	Uygun Tank Boyutu (m <sup>3</sup> )	Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )	20 Yıllık Ortalama Yağış Miktarı (m)	Çatı Katsayısı	Filtre Katsayısı	Yıllık Yağmur Suyu Veriminin % 5'ini Almak İçin 0.05 İle Çarpılması
Alkent	7.652	337.431	0.63	0.8	0.9	0.05
Çakmaklı	2.167	95.552	0.63	0.8	0.9	0.05
Karaağaç	5.567	245.501	0.63	0.8	0.9	0.05
19.Mayıs	2.808	123.820	0.63	0.8	0.9	0.05
Dizdariye	1.977	87.169	0.63	0.8	0.9	0.05
Fatih	6.777	298.823	0.63	0.8	0.9	0.05
Cumhuriyet	5.509	242.928	0.63	0.8	0.9	0.05
Pınartepe	7.977	351.722	0.63	0.8	0.9	0.05
Atatürk	5.330	235.035	0.63	0.8	0.9	0.05
Türkoba	9.228	406.901	0.63	0.8	0.9	0.05
Güzelce	6.733	296.878	0.63	0.8	0.9	0.05
Bahçelievler	5.164	227.703	0.63	0.8	0.9	0.05
Hürriyet	4.757	209.775	0.63	0.8	0.9	0.05
Yenimahalle	1.829	80.670	0.63	0.8	0.9	0.05
Ahmediye	250	11.023	0.63	0.8	0.9	0.05
Ulus	4.488	197.918	0.63	0.8	0.9	0.05
Mimarsinan	4.147	182.857	0.63	0.8	0.9	0.05
Mimaroba	3.867	170.536	0.63	0.8	0.9	0.05
Ekinoba	2.814	124.116	0.63	0.8	0.9	0.05
Sinanoba	3.790	167.148	0.63	0.8	0.9	0.05
Kamiloba	5.760	253.999	0.63	0.8	0.9	0.05
Kumburgaz	4.003	176.517	0.63	0.8	0.9	0.05
Celaliye	5.130	226.219	0.63	0.8	0.9	0.05
Muratçesme	5.164	227.703	0.63	0.8	0.9	0.05

Çalışmada Earth Explorer'dan alınan dem verileri kullanılarak ilçenin topoğrafik haritası çıkarılmış, alandaki en yüksek eğim 32 derece olarak bulunmuştur. En eğimli ve yüksek bölge Celaliye Mahallesi'nin kuzeydoğusunda bulunmaktadır. En alçak bölgeler ise göl çevresi ve



denize kıyısı olan bölgelerdir. Topoğrafik haritanın ardından dem verisi ile hidroloji haritası yapılarak akarsu kolları elde edilmiştir. Yağışlı zamanlarda yüzey suyu akışı, eğime bağlı olarak eğim derecesi yüksek alandan düşük alana doğrudur ve bu durumda yağışlarda akışlar alçak noktalara doğru olacaktır. Depolama tanklarının yerinin belirlenmesinde her mahalleye ayrı tank yerleştirilmesi uygun bulunmuştur.

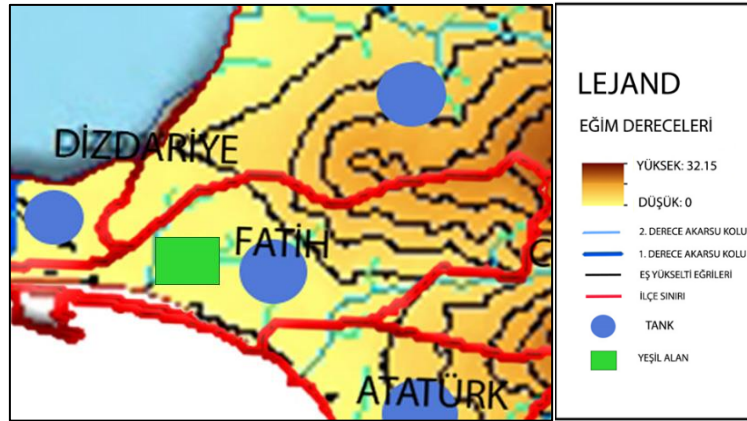
Mahallede depolama tankının yerleştirileceği yerin belirlenmesinde en yüksek faydada olması ve eğimden de yararlanarak akışın olduğu yönde eğimin en alçak noktasına yerleştirilmesi gerekmektedir (Sharma, 2014). Ayrıca sulama yapılırken maliyeti azaltmak için sulanacak peyzaj alanlarına da yakın olmalıdır (Saedi & Goodarzi, 2018). Büyükçekmece ilçesinde alçak noktalar Şekil 6'daki (Earthexplorer, 2022) gibi eş yükselti eğrilerine göre aralıkları daha fazla olan alanlar, eğimin daha az olduğu yerlerdir. Tank yerinin belirlenmesinde sadece eğim kullanıldığı zaman maksimum su depolama potansiyeli sağlanacaktır. Ancak en alçak noktadan daha yüksek bir alanda olan yeşil alan sulanırken enerji kullanımı ve maliyet açısından olumsuzluk yaratacağından dolayı eğim dikkate alınırken park ve diğer kamusal yeşil alanların yakınına da yerleştirilmesinin dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 6. İlçe Akarsu Yatakları Ve Topoğrafya Haritasına Göre Yağmur Suyu Depolama Alanları

Şekil 7'de bir örnek olarak Fatih Mahallesi ele alınmıştır. Park alanlarının bulunduğu bölge ve eğime göre tankların yerleştirilmesine uygun olabilecek alan belirlenmiştir. Fatih Mahallesi'nde yaklaşık olarak 7 bin m<sup>3</sup> tank alanına ihtiyaç vardır. Bundan dolayı ihtiyaç

duyulan depolama tankları bölünerek mahalledeki uygun noktalara yerleştirilmelidir. Aynı şekilde diğer mahallelere de birden çok tank gerekeceği gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Park ve Eğime Göre Tank Alanı

Dünyadaki birçok ülke yağmur suyu hasadı yöntemini uygulamaktadır. Bazı ülkelerde yaşanan su kıtlığından dolayı mevzuatlarla zorunlu kılınmıştır. Bazı ülkelerde ise çeşitli teşviklerle desteklenmektedir. Örneğin Hindistan'da birçok eyalette çoğunlukla zorunlu hale getirilen bu yöntemde Tamil Nadu eyaleti zorunlu kılınan ilk eyalettir. Eyalette sistemin uygulanmadığı takdirde su ve elektrik kesintileri yapılacağı belirtilmiştir (Raghavan, 2005). Öte yandan Japonya'da birçok belediye teşvik edici bir uygulama olarak 1000 L'den daha az depolama tanklarının ücretinin yarısını tahsis etmektedir (Japanfs, 2014).

Kentsel ekosistemlerde iklim değişikliğinin etkisiyle oluşan birçok problem, doğa tabanlı yeşil altyapı sistemlerinin kente entegre edilmesi, kente sağladığı olumlu etkilerle çözüm yaratmaktadır. Yeşil alanlar, yaşanan iklim değişikliğiyle birlikte artan su kıtlığından dolayı sulama talebi yeterince karşılanamayacağından her bölgeye doğal, yerli türde ve az su tüketen bitkilerin kullanılması gerekmektedir. Sukkulent bitkiler de su tüketimi oldukça az olan, suyun yetersiz olduğu ve yüksek sıcaklıklara sahip çevre koşullarına uyum sağlayabilen bitkilerdir. Görünüş açısından da estetik olmaları peyzaj alanlarında tasarım konusunda destekleyici olabilmektedir. Yeşil alanlarda, az su tükettiğinden dolayı çim alternatifini olarak sukkulent bitkiler kullanılabilir (Karahana & Angın, 2008). Büyükçekmece ilçesinde yılın büyük çoğunluğunda evapotranspirasyon miktarının yağış miktarından daha fazla olması bitkilerin yağış miktarından daha fazla su tükettiğinin bir göstergesidir. Bundan dolayı ilçedeki yeşil alanlarda *Santalum album* (hint sandal ağacı), *Sedum caespitosum* (bodur damkörüğü), *Sedum pallidum var. bithynicum* gibi su tüketimini azaltan sukkulent bitkiler kullanılabilir (Karahana et al., 2006).

## SONUÇ

Yağmur hasadı yeraltı suları ve diğer yüzey sularının üzerindeki baskıyı azaltmak için su tasarrufu sağlayabilecek önemli bir yöntemdir. Birçok ülkede sistem uzun yıllardır kullanılmaktadır. Hem ekonomik olarak fatura maliyetini azaltacak hem de su kıtlığını önlemek için yapılabilecek güvenilir bir sistemdir. Sistem her yere ve bölgeye uygulanabilir esnek bir yapıdadır.

Bu çalışmada Büyükçekmece ilçesi örneği üzerinde yağmur suyu yönetim alternatiflerinden biri olan yağmur suyu hasat yönteminin kentsel peyzajlarda değerlendirilmesi ve depolama tanklarının yerlerinin belirlenmesi üzerine de topoğrafya ve yüzey akışı analizlerine bağlı kalınarak değerlendirme yapılmıştır.

İklim değişikliğiyle düzensizleşen yağışlar ve artan kuraklık peyzaj alanları üzerinde etkisini hissettirmektedir. Bu nedenle yağmur suyunun depolanarak peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılması kent ekolojisine önemli katkılar sağlayacaktır.

Yağmur hasadının yapıldığı alanda kullanılacak bitkilerin boyut, yaş ve birbirlerine olan yakınlıkları sürdürülebilir bir peyzaj için ne kadar su gerektiğini etkileyen önemli faktörlerdir. Kurak alanlarda yerli ve daha az suya ihtiyaç duyan kurakçıl bitkiler olmasıyla birlikte daha verimli su tasarrufu sağlanabilir (Waterfall, 2004).

Yağmur hasadı sistemlerinde, depolama tank alanlarının görsel açıdan olumsuz bir görüntü yaratmaması, depolanan suyun ve tank malzemesinin güneş ışınlarından zarar görmemesi için yer altında yapılması önerilmektedir.

Bu çalışmada Büyükçekmece ilçesi için sonuçlar göstermiştir ki ilçede çatılardan hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı 2 milyon 266 bin 146 m<sup>3</sup>, kamusal yeşil alanların (park, refüj, meydan, yol kenarları) sulanması için gereken su miktarı her gün sulanır ise 471 bin 802 m<sup>3</sup>'tür. Hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı kamusal yeşil alanların ihtiyacı olan sulama suyundan 1 milyon 794 bin m<sup>3</sup> daha fazladır. Dolayısıyla elde edilen fazla yağmur suyu, yine su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltabileceğinden yer altı sularının beslenmesi için yer altı sularına yönlendirilebilir. Ayrıca çalışmada ele alınmayan konut bahçelerine, tarlalara yönlendirilebilir ya da iş yerlerinde, evlerde konut içi ve dışı diğer kullanımlarda depolanan yağmur suyundan faydalanılabilir. Çatı alanlarından toplanan yağmur suyunun peyzaj alanlarının ihtiyacı olan sulama suyundan çok daha fazla miktarda olması bölgedeki kentleşme ile artan betonlaşmanın, kent ekosisteminde önemli bir yere sahip olan yeşil dokudan daha büyük alan kapladığının da bir göstergesidir.

Bu araştırma makalesinde sadece çatılardan yağmur hasadı üzerinde durulmuştur. Kentsel alanlarda yağmur hasadı, yer yüzeylerinden, otoparklardan, bitkisel alanlarda hendek ve çökelti oluşturularak su tutulması ile yapılabilir. Su kaynaklarının üzerinde mevcut olan baskıyı azaltmak adına yağmur suyunun değerlendirilmeden uzaklaştırılması ve özellikle kentsel alanlarda sel, taşkın oluşumunun önlenmesi adına yağmur hasadı yönteminin kent ölçeğinde kullanılması önerilmektedir.

Yağmur suyu hasadı yöntemi ile birçok ülkede su tasarrufu sağlayan uygulama örnekleri vardır. Melbourne'de 26 hektarlık bir park olan Fitzroy Gardens'da uygulanan yağmur hasadı sisteminde parkın en alçak noktası depolama alanı olarak belirlenmiş ve burada depolanan su ile tüm parkın sulanması sağlanmıştır. Bu sistemle birlikte her yıl 30 milyon litre su tasarrufu sağlanmaktadır (urbanwater, 2013). Bir başka örnek İngiltere'nin Bristol kentinde bahçecilik programında yağmur suyu hasadı gibi su verimliliğini teşvik ederek Bristol'da su tüketimini % 11 oranında azaltmıştır (European Commission, 2012).

Yağmur hasadı yöntemi birçok ülkede zorunlu olan ve bazı ülkelerde teşvik edici uygulamaları olan bir yöntemdir. Ülkemiz su kıtlığıyla karşı karşıyadır. Ancak henüz yaygınlaşmayan yağmur hasadı yönteminin halkın bilinçlenmesi için tanıtımı yapılmalıdır. Halk bu konuda



teşvik edilmelidir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 2021 yılındaki "Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"de 2 bin m<sup>2</sup>'den büyük parsel üzerine yapılan binalarda çatılardan yağmur hasadı yapılması ile zemin altında bir depoda suyun depolanarak, ev içi kullanımda ve bahçe sulamada kullanılması için zorunlu kılınmıştır. Hazırlanan düzenleme çok yerinde olmuştur. Yakın gelecekte su kıtlığı olan ülkeler listesine gireceği tahmin edilen ülkemiz için bu düzenlemenin daha detaylı yönetmeliklerle desteklenmesi ve zorunlu kılınması yönünde diğer kararların alınması kaçınılmazdır.

## YAZAR KATKILARI

**Ceren TOYRAN:** Makalenin araştırma, veri toplama, toplanan veriler üzerinde analiz ve çeşitli işlemler yapılması, bu işlem ve analizler üzerinden değerlendirmeler yapılarak sonuca ulaşılmasında katkı sağlamıştır. **Mustafa VAR:** Makalenin kurgulanması, yönteminin belirlenmesi, yazılması, yorumlanması ve düzeltilmesinde katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

- Akgün, H. (1996). Kentsel gelişme sürecinde Büyükçekmece. İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Aladenola, O.O. & Adeboye, O.B. (2010). Assessing the Potential for Rainwater Harvesting. *Water resources management* 24(10), 2129–2137
- Alparslan N., Tanık A & Dölgen D., (2008). Türkiye'de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) Yayın No: T/2008-09/469.
- Ameen, A., Jabeen, F., Qadir, S. A., Ahmed, M., Anum, F., Mubeen, H., ... & Room, S. A. (2020). Water Sensitive Urban Design for Rain Water Harvesting And Groundwater Recharge. *Adv, Biores*, 11(5), 13-20.
- Anonim, (2005). The Texas Manual on Rainwater Harvesting, Texas Water Development Board, [https://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual\\_3rdedition.pdf](https://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf), (Erişim Tarihi: 09.07.2021).
- Anonim, (2017). Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik (23 Haziran 2017) Resmi Gazete (Sayı: 30105) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm>, (Erişim Tarihi: 09.01.2022).
- Anonim, (2021). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (23 Ocak 2021) Resmi Gazete (Sayı: 31373) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210123-4.htm>, (Erişim Tarihi: 30.12.2021).
- Ardahanlıoğlu, Z. (2016). Yağmur Bahçeleri, Peyzaj ve Süs Bitkiciliği Dergisi, <https://www.plantdergisi.com/dr-zeynep-r-bozhuyuk-ardahanlioglu/yagmurbahceleri.html>. (Erişim Tarihi: 07.01.2022).
- Avrupa Komisyonu Bildirimi (2013). Yeşil Altyapı Avrupa.(nın Doğal Sermayesini Geliştirmek. [https://www.dogavesehirler.org/uploads/yayinlar/yesilaltyapi\\_web\\_04.pdf](https://www.dogavesehirler.org/uploads/yayinlar/yesilaltyapi_web_04.pdf), (Erişim tarihi: 10.04.2022).
- Ball, T. (2001). Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide. Reference number/codeGEHO0108BNPN-EE. Environmental Agency, Bristol, 24-28.

- Bcekmecebel. Büyükçekmece Coğrafi Yapısı. (2021). <https://www.bcekmece.bel.tr/cografi-fiziki> (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2002). Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable resources journal*, 20(3), 12-17.
- BS (2009). Rainwater Harvesting Systems-Code of Practice. British Standard 8515: 2009, London.
- Coşkun Hepcan, Ç. (2019). Kentlerde İklim Değişikliği ile Mücadele için Yeşil Altyapı Çözümleri. İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (İklimIN), Ankara.
- CSB. Su Kullanımı.Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı, Çevresel Göstergeler, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/su-kullanimi-i-85738> (Erişim Tarihi: 11.04.2022).
- Demir, D. (2012). Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri İle Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- DIN (1989). Regenwassernutzungsanlagen. Deutsches Institut Normung DIN: 1989, German.
- Earthexplorer (2022). Dem haritası, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Erişim Tarihi: 03.01.2022).
- European Commission, Environment: Commission Recognises Innovative Water Management Solutions, 2012, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_12\\_1294](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_12_1294) (Erişim Tarihi: (18.04.2022)).
- Google Earth (2021) Coğrafi Konum Haritası, <https://earth.google.com/web/> (Erişim Tarihi: 20.11.2021).
- Gupta, A. K. & Harvesting-pub, R. (2006). Indian Railways Institute of Civil Engineering. Pune, August.
- Gurung, T.R. & Sharma, A. (2014), Communal rainwater tank systems design and economies of scale. *Journal of Cleaner Production*, 67, 26-36.
- Gül, A. & Küçük, V. (2001). Kentsel Açık-Yeşil Alanlar Ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 2(1), 27-48.
- IPCC. (2008). Wu, S., Bates, B., Zbigniew Kundzewicz, A. W., & Palutikof, J. Climate change and water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
- IPCC. (2018). Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., ... & Waterfield, T. Global warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of, 1(5).
- IPCC. (2019). Shukla, P. R., Skea, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... & Malley, J. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- JFS, Let's Use Rainwater! Recent Trends in Rainwater Use in Japan, JFS Japan for Sustainability, 2014, [https://www.japanfs.org/en/news/archives/news\\_id035023.html](https://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id035023.html), 05.02.2022
- Karahan, F. & Angın, İ. (2008). Yeşil Alan Uygulamalarında Su Tüketiminin Asgariye İndirilmesi İçin Sukkulent Bitki Türlerinden Yararlanma. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Bildiriler Kitabı, pp291-296.
- Karahan, F., ÖZ, I., Demircan, N. & Stephenson, R. A. Y. (2006). Succulent Plant Diversity in Turkey I. Stonecrops (Crassulaceae). *Haseltonia*, 2006(12), 41-54.
- Kumar, M. D. (2004). Roof water harvesting for domestic water security: who gains and who loses?. *Water International*, 29(1), 43-53.

- Ling, E. & Benham, B. L. (2014). Rainwater Harvesting Systems. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, Virginia State University, Lecture Notes.
- MGM. Hidrometeoroloji, Dünyada Su. (2021). <https://mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3> (Erişim Tarihi: 07.06.2021).
- MGM. Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü (2021). Büyükçekmece ve Yakın Çevresi 20 Yıllık İklim Verileri, İstanbul.
- Mohammed, T. A., Noor, M. J. M. M., & Ghazali, A. H. (2007). Study on potential uses of rainwater harvesting in urban areas. In Proceedings of the colloquium on rainwater utilisation, Putrajaya, Malaysia, 19&20 April.
- Mengü, G. P., & Akkuzu, E. (2008). Küresel Su Krizi Ve Su Hasadı Teknikleri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 75-85.
- OGM. Orman ve Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü (2022). <https://www.ogm.gov.tr/sayfalar/ormanharitasi>, (Erişim Tarihi:10.01.2022).
- Önder, S. & Polat, A. T. (2012). Kentsel açık-yeşil alanların kent yaşamındaki yeri ve önemi. Kentsel Peyzaj Alanlarının Oluşumu ve Bakım Esasları Semineri, 19, 73-96.
- Raghavan, S. (2005). Rainwater Harvesting in India with special reference to urban areas and the Chennai Experience. In Proceedings of the Tokyo-Asia Pacific Skywater Forum, People for Rainwater, Tokyo, Japan.
- Saeedi, I. & Goodarzi, M. (2020). Rainwater harvesting system: A sustainable method for landscape development in semiarid regions, the case of Malayer University campus in Iran. Environment, Development and Sustainability, 22(2), 1579-1598.
- Sandiego. (2008). Urban Design Element. City of San Diego General Plan, <https://www.sandiego.gov/sites/default/files/legacy/planning/genplan/pdf/generalplan/adoptedulelem.pdf> (Erişim Tarihi: 11.04.2022).
- Şehirharitası. İstanbul Şehir Haritası. (2021). <https://sehirharitasi.ibb.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 28.12.2021).
- Sutema. Çatı Suyu Hasadı. (2021). <https://sutema.org/gelecegin-suyu/cati-suyu-hasadi.19.aspx>, (Erişim Tarihi: 20.12.2021).
- Tanık, A. (2017). Yağmur Suyu Toplama, Biriktirme ve Geri Kullanımı. Su Kaynakları ve Kentler Konferansı. Kahramanmaraş, 25&27 Ekim. (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü).
- T.C. Büyükçekmece Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü (2019). Büyükçekmece Yerleşim Haritası, İstanbul.
- Urbanwater, Fitzroy Gardens Stormwater Harvesting System”, 2013, URL: <http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/projects/water-capture-and-reuse/fitzroy-gardens-stormwater-harvesting-project/>, 02.02.2022
- Var, M. (2018). Yeşil Alan Planlaması Ders Notları (Basılmamıştır). YTÜ Şehir ve Bölge Planlama, 85 S.
- Waterfall, P.H. (2004). Harvesting rainwater for landscape use. College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona, Arizona, USA.
- Waterurbanenvironment. Water Pollution and Problems in Urban Areas. (2022). Kentleşmenin Yüzey akışına Etkisi <https://waterurbanenvironment.wordpress.com/> (Erişim Tarihi: 10.01.2022).
- Worldometers. World population projections. (2021). <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-projections/> (Erişim Tarihi: 08.12.2021).
- Worm, J. & Hattum, V. T., (2006). AD43E Rainwater harvesting for domestic use (No. 43). Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands.
- WWAP, U. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020: Water And Climate Change.

- WWDR, U. (2022). The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater: Making The Invisible Visible.
- WWF, (2020). Su Döngüsünü İyileştirmek İçin: Yağmur Suyu Hasadı
- Xie, J., Wu, C., Li, H., & Chen, G. (2017). Study on storm-water management of grassed swales and permeable pavement based on SWMM. *Water*, 9(11), 840.
- Yuen, E., Anda, M., Mathew, K., & Ho, G. (2001). Water harvesting techniques for small communities in arid areas. *Water science and technology*, 44(6), 189-195.