

BÖLÜM 7

KENTLERDE SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİNDE YAĞMUR SUYU HASADININ ÖNEMİ

Kaan Can DÖNMEZ¹

Dr.Öğr. Üyesi Murat KARAER²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14564861>

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği, Bilecik, Türkiye. kcdonmez@outlook.com Orcid ID: 0000-0003-2416-0212

² Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye. murat.karaer@bilecik.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1920-181X

1. GİRİŞ

Su, yaşamın temel kaynağı ve biyosferin sürdürülebilirliğini sağlayan vazgeçilmez bir doğal kaynaktır. Yeryüzündeki tüm canlıların biyolojik işlevleri suya bağlıdır ve fotosentez, metabolizma, solunum gibi yaşamsal süreçler suyun varlığında gerçekleşir. Dünya üzerindeki toplam suyun yalnızca %2,5'i tatlı su kaynaklarından oluşmakta ve bu miktarın büyük bir kısmı buzullar ve yeraltı sularında tutulmaktadır. Dolayısıyla, kullanılabilir tatlı su kaynaklarının sınırlılığı, bu kaynağın dikkatli bir şekilde yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (Gleick, 1998).

Su kaynaklarının yalnızca ekosistemlerin devamlılığı için değil, aynı zamanda sosyoekonomik kalkınma için de hayati bir önemi vardır. Tarım, enerji üretimi, sanayi ve kentsel altyapı, suyun sürekliliğine bağlıdır. Bununla birlikte, hızla artan nüfus, iklim değişikliği ve su kaynaklarının kirlenmesi, dünya genelinde suya erişimle ilgili ciddi sorunlara neden olmaktadır. 2021 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayımlanan bir raporda, dünya nüfusunun %25'inden fazlasının güvenilir içme suyuna erişimden yoksun olduğu belirtilmiştir (UN-Water, 2021).

Bunun ötesinde, su döngüsü, yerel ve küresel ölçekte çevresel istikrarın sağlanmasında kritik bir role sahiptir. Hidrolojik döngü, atmosferik düzenlemelerden toprak verimliliğine kadar pek çok sürecin temelini oluşturur. Bu nedenle, suyun sürdürülebilir yönetimi ve yenilikçi yaklaşımlarla korunması, insanlık için bir öncelik haline gelmiştir. Bu bağlamda, yağmur suyu hasadı gibi yöntemler, su kaynaklarının verimli kullanımını sağlamak ve doğal su döngüsünü desteklemek açısından stratejik bir çözüm sunmaktadır (Falkenmark ve Rockström, 2004).

2. YAĞMUR SUYU HASADI VE TARİHÇESİ

Yağmur suyu, atmosferde yoğunlaşarak yeryüzüne düşen tatlı suyun bir formudur ve hidrolojik döngünün temel bileşenlerinden birini oluşturur. Atmosferdeki su buharının yoğunlaşarak yağış formunda yeryüzüne dönmesi, yağmur suyu olarak tanımlanır. Bu su, yeraltı suyu rezervuarlarının doldurulması, akarsuların beslenmesi ve bitkisel üretim için temel bir kaynak olarak önemli bir rol oynar (Chow ve ark., 1988).

Yağmur suyu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, su kaynaklarının yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Yeniden kullanılabilir bir su kaynağı olarak, tarımsal üretimden içme suyu teminine

kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak, etkili bir şekilde yönetilmediğinde bu su kaynağı hızla buharlaşabilir veya akışa geçerek kaybolabilir (Agarwal ve Narain, 1997).

Bu bağlamda, yağmur suyu hasadı (rainwater harvesting), yüzeyde biriken yağmur suyunun toplanarak depolanmasını ve daha sonra kullanılmasını sağlayan bir yöntem olarak tanımlanır. Bu yöntem, su tasarrufunu artırmak, yeraltı suyu rezervlerini desteklemek ve kuraklık koşullarına karşı dayanıklılığı artırmak için önemli bir strateji olarak kabul edilmektedir (Singh ve ark., 2011).

Yağmur suyu hasadı, yağış sularından olabildiğince en yüksek faydayı sağlamayı amaçlayan stratejik yöntemdir. Yağmur suyu hasadı, yağışla gelen yüzey akışa geçen ve çatılara düşen suların toplanıp biriktirilmesi ve bu suların bitkisel ya da hayvansal üretimde veya evsel bazı alanlarda kullanılması olarak tanımlanabilir. Yöntemin temel amacı; yeraltı ve yer üstü su kaynaklarının olmadığı veya geliştirilmesini ekonomik olmadığı alanlarda güvenilir bir su temini sağlamaktır.

Bu yöntemi sadece su kaynaklarının olmadığı ve az olduğu yerlerde kullanmak yerine son yıllarda artan su ihtiyacının bir kısmını karşılamak adına bütün bölgelerde kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Su hasadı, tarih boyunca pek çok büyük medeniyet tarafından uygulanmış ve geliştirilmiştir. Roma döneminde çatı havza sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Özellikle Roma evleri ve şehirleri, M.Ö. 2000'li yıllardan itibaren yağmur suyunu içme ve kullanma suyu olarak değerlendirmek üzere tasarlanmıştır. Yağmur suyu hasadına dair bilinen ilk uygulamalar, Mısır'da 200 ton ile 2000 ton arasında değişen kapasitelere sahip depolama tanklarıdır. İstanbul'da ise geçmiş dönemlerde nüfusun su ihtiyacını karşılamak amacıyla çeşitli suyolları ve geleneksel yöntemler kullanılmıştır. M.Ö. 300'lü yıllarda Hindistan'daki tarım topluluklarının, yağmur suyunu hem tarım faaliyetlerinde hem de diğer ihtiyaçlar için topladığı ve depoladığı kaydedilmiştir. Bu toplulukların, daha sonraki dönemlerde içme suyu sağlamak amacıyla yapay göletler inşa ettikleri de bilinmektedir. Su kemerleri ve sarnıçları ile tanınan Roma İmparatorluğu'nda yağmur suyu hasadı önemli bir yere sahiptir. Örneğin, Pompei'de su kemerlerinden önce çatılarda su depoları inşa edilmiştir. Roma İmparatorluğu'ndan sonra da Bizans İmparatorluğu döneminde su hasadı

devam etmiş ve bu dönemin İstanbul'daki en bilinen örneklerinden biri, Yerebatan Sarnıcı olmuştur.

3. YAĞMUR SUYU HASADININ KENTLERDEKİ ÖNEMİ

Kentleşmenin hızla artması, doğal su döngüsünün bozulmasına ve su kaynakları üzerindeki baskının giderek artmasına neden olmuştur. Yoğun kentleşme, geçirimsiz yüzeylerin (beton, asfalt vb.) yaygınlaşmasına yol açarak yağmur sularının doğal sızma yollarını sınırlamış ve yüzey akışını artırmıştır. Bu durum hem taşkın riskini artırmakta hem de yeraltı suyu rezervuarlarının yeterince beslenmesini engellemektedir (Fletcher ve ark., 2014).

Yağmur suyunun kentlerde toplanarak kullanılması, bu olumsuz etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Birincil faydası, kentlerde taşkın kontrolü sağlamasıdır. Yağmur suyu hasadı sistemleri, yüzey akışını azaltarak kanalizasyon sistemlerine olan yükü hafifletir ve ani yağışların oluşturduğu su baskınlarının önüne geçer (Lloyd ve ark., 2002). İkincil olarak, yağmur suyunun depolanarak kullanılması, kentsel alanlardaki su talebini karşılamak için alternatif bir kaynak sunar. Çatı yüzeylerinden toplanan bu sular, park ve bahçe sulamasında, araç yıkamada ve bina içi gri su sistemlerinde kullanılabilir ve böylece belediyelerin su maliyetlerini düşürebilir (Ward ve ark., 2012).

Yağmur suyu hasadı, ayrıca kentlerde sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Su kaynaklarının yeniden kullanımını teşvik ederek suyun döngüsel ekonomi prensiplerine uygun şekilde değerlendirilmesini sağlar. Özellikle su kıtlığı yaşayan kentlerde, bu yöntem yerel su kaynaklarının korunmasını destekleyerek su güvenliğini artırır. Bunun yanı sıra, yerel akiferlerin beslenmesine katkı sağlayarak yeraltı su seviyelerinin korunmasına yardımcı olur (Morison ve ark., 2011).

Sonuç olarak, yağmur suyunun kentlerde toplanması ve kullanılması, hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Bu uygulamaların yaygınlaştırılması, şehirlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırabilir ve uzun vadede su yönetiminde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir.

3.1. Kentlerde Kullanılan Yağmur Suyu Yönetim Sistemleri

3.1.1. Yeşil Çatı Sistemleri

Yeşil çatı sistemleri, binaların çatı yüzeylerinin toprak, bitki örtüsü ve drenaj katmanlarıyla kaplanarak çevresel ve işlevsel faydalar sağladığı bir yağmur suyu yönetim sistemidir. Bu sistemler, doğal ekosistemlerin şehirleşme sonucu kaybedilen işlevlerini yeniden kazandırmayı hedefleyen sürdürülebilir mimari uygulamalar arasında önemli bir yer tutmaktadır (Getter ve Rowe, 2006).

Yeşil çatı sistemleri, yağmur suyunun yönetiminde önemli bir rol oynar. Birincil faydası, yüzey akışını azaltarak kentsel taşkın riskini hafifletmesidir. Özellikle yoğun yağışlarda suyun kontrollü bir şekilde tutulması, geleneksel drenaj sistemlerine olan yükü azaltır. Araştırmalar, yeşil çatılarda yağmur suyunun %50–90 oranında tutulabildiğini göstermektedir (Berndtsson, 2010). İkinci olarak, bu sistemler suyun filtrelenmesine katkı sağlayarak kentsel akış suyu ile taşınan kirleticilerin miktarını azaltır.

Bu sistemlerde, çatı yüzeyine ilk olarak su geçirmez bir membran tabakası yerleştirilir. Membran tabakasının üzerine, bitkilerin büyümesine uygun bir ortam sağlayan ve aynı zamanda fazla suyun drene edilebildiği bir ara katman eklenir. Sistemin en üst kısmında ise bitki örtüsü bulunur. Bu bitki örtüsü, yağmur suyunu yakalarken, alt tabaka ise suyun depolanmasını mümkün kılar (Levi, 2007).

3.1.2. Geçirgen Yüzey Kaplama Sistemleri

Su geçiren yüzey kaplamaları, yağmur suyunun yüzeyde birikmesini önleyerek toprağa sızmasını sağlayan sürdürülebilir altyapı uygulamalarından biridir. Geleneksel su geçirmez yüzeylerin aksine, bu sistemler yağmur suyunun doğal su döngüsüne katılımını kolaylaştırır ve kentsel alanlardaki yüzey akışını azaltır (Boogaard ve ark., 2014). Su geçiren yüzeyler, yüzey akışını azaltarak ani taşkın riskini minimize eder. Bunun yanında yağmur suyu ile taşınan kirleticilerin toprak yoluyla filtrelenmesini sağlar, böylece suyun doğal olarak temizlenmesine olanak tanır.

Su geçiren kaplamalar, gözenekli ve geçirgen kaplamalar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Gözenekli kaplamalar, çim veya çakıl yüzeyi içeren gözenekli beton ya da asfalt malzemelerden oluşurken, geçirgen kaplamalar ise genellikle beton bloklar şeklinde tasarlanmaktadır. Bu tür kaplamaların kullanımıyla, yüzey akışında %42'ye varan oranlarda azalma sağlandığı

belirlenmiştir (Scholz ve Grabowiecki). Geçirgen yüzey kaplamalarının yaygınlaştırılması ve diğer sürdürülebilir drenaj sistemleri ile entegre bir şekilde tasarlanması durumunda, yağmur suyunun düştüğü noktada etkili bir şekilde yönetimi mümkün hale gelmektedir.

3.1.3. Yağmur Bahçeleri

Yağmur bahçeleri, yağmur suyunun doğal yollarla toprak tarafından emilmesini ve filtrelenmesini sağlayan peyzaj düzenlemeleridir. Bu sistemler, bitki örtüsü ve geçirgen toprak karışımlarını kullanarak yağmur suyunu yakalar ve yönetir. Yağmur bahçeleri, düşük maliyetli ve çevre dostu bir yağmur suyu yönetim çözümü olarak giderek daha fazla tercih edilmektedir (Dietz, 2007).

Yağmur bahçeleri, suyun toplandığı ve sızdığı bir bölgeye ve su tutulma kapasitesini sağlayan bitkilere ihtiyaç duymaktadır. Büyüyen bitkilerdeki solunum toprağın fırtınalar arasında kurumasını sağlar. Ancak yağmur bahçeleri için en uygun bitkiler seçilmeli ve bitkilendirme bölgeye göre yapılmalıdır. Yağmur bahçeleri, genellikle konut alanlarında, park yerlerinde, yol kenarlarında ve diğer kentsel alanlarda kullanılır. Bu sistemlerin yerel iklim ve toprak koşullarına uyumlu olarak tasarlanması, maksimum fayda sağlanması açısından önemlidir.

3.1.4. İnfiltrasyon Hazneleri

İnfiltrasyon hazneleri, yağmur suyunun doğal yollarla toprağa sızdırılmasını sağlayan ve yeraltı su kaynaklarını destekleyen sürdürülebilir bir yağmur suyu yönetim yöntemidir. Yağmur suyu infiltrasyonu, sel ve taşkın riskini azaltmak, kirlilik kontrolü sağlamak, yer altı su tabakasının yenilenmesine katkı sağlamakta ve alternatif su kaynağı oluşturmaktadır. Yağmur suyunun infiltrasyon uygulamaları uzun yıllardır sel ve taşkınlardan korunma ve su kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

- Yağmur suyunun infiltrasyonu uygulamalarının sağladığı temel faydaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:
- Yağmur suyunun drenaj kanallarına yönlendirilen miktarını azaltarak, büyük çaplı boru kullanımına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır.
- Geçirimsiz yüzeylerin yol açtığı olumsuz etkileri en aza indirir ve suyun doğal döngüsünü tamamlamasına katkıda bulunur.

- Yağmur suyunun toprağa sızması, uzun vadede yeraltı su rezervlerinin korunmasına ve yenilenmesine olanak sağlar.
- Kanalizasyon hatlarına binen hidrolik yükü azaltarak, bu hatların tasarım ve inşa maliyetlerini düşürür.
- Atıksu arıtma tesisine ulaşan yağmur suyu miktarını azaltır ve buna bağlı olarak arıtma maliyetlerini düşürür (Demir, 2012).

3.1.5. Sarnıçlar

Sarnıçlar, yağmur suyunun toplanması, depolanması ve gerektiğinde kullanılmak üzere saklanması amacıyla inşa edilen yapılardır. Suyun kıt olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Tarih boyunca farklı coğrafyalarda kullanılan bu yöntem, günümüzde de su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir su yönetimi açısından önemli bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Pacey ve Cullis, 1986).

Sarnıçlar genellikle bir toplama alanı (çatı yüzeyi veya geçirgen olmayan bir alan), suyun biriktirileceği bir depolama ünitesi ve suyun aktarımı için bir borulama sisteminden oluşur. Depolama ünitesi, beton, tuğla, metal veya plastik gibi çeşitli malzemelerden üretilebilir ve yer üstü ya da yer altı olarak tasarlanabilir (Agarwal ve ark., 2001).

Tarihte yapılmış pek çok örnekleri vardır. En bilinen örnekleri 336 sütunlu İmparator Sarnıcı (Yerebatan Sarnıcı), 224 sütunlu Pileksenus Sarnıcı (Bin bir direk) ve Acı musluk sarnıcıdır. Bunun yanında eski dönemlerde sınırlı su kaynaklarının nüfusa yetersiz gelmesi nedeniyle özellikle tarihi yarımada konutların ya da sarayların bodrum katları sarnıç olarak kullanılmıştır (Şahin ve Manioğlu, 2011).

3.1.6. Çatı Üstü Yağmur Suyu Hasadı

Su hasadı teknikleri arasında bulunan çatı yüzeyinden su hasadı yönteminde çatı yüzeyine düşen yağış toplanmakta, yağmur olukları yardımıyla toprak yüzeyindeki bir tanka ya da yer altındaki bir depoya aktarılmaktadır (Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008). Çatı üstü yağmur suyu hasadı sistemleri, yağmur suyunun sürdürülebilir yönetimi ve kullanımı için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu sistemlerde, binaların çatılarından toplanan yağmur suyu, çeşitli arıtma ve depolama süreçlerinden geçirilerek sulama, temizlik ve hatta içme suyu gibi farklı amaçlarla kullanılabilir hale getirilir.

Çatı üstü sistemler, hem su tasarrufu hem de su kaynaklarının korunması açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Depolanan su, yerçekimi veya pompa yardımıyla ihtiyaç duyulan alanlara dağıtılır. Sulama gibi düşük kalite gereksinimi olan kullanımlarda doğrudan uygulanabilirken, içme suyu gibi yüksek kalite gereksinimi olan durumlar için ek arıtma yöntemleri (örneğin, klorlama veya UV dezenfeksiyonu) kullanılmaktadır (Kahinda ve ark., 2007).

3.2. Yağmur Suyu Hasadında Kullanılacak Sistem Bileşenleri

Yağmur suyu toplama sistemleri, sistemin büyüklüğünden bağımsız olarak altı temel bileşeni içermektedir.

- **Toplama Yüzeyi (Çatı):** Yağmur suyunun toplandığı yüzeydir ve genellikle çatılar tercih edilir. Toplama yüzeyinin, suyun depolama ve iletim yönüne doğru eğimli olması önerilmektedir.
- **Oluklar ve İniş Boruları:** Yağmur suyunu toplama yüzeyinden depolama alanına taşıyan kanallardır. Bu taşıma sistemi, toplama alanının büyüklüğüne, yağış miktarına ve çatı tasarımına uygun olarak projelendirilmelidir.
- **Izgaralar ve İlk Sifon:** Sistem üzerinde biriken kir ve kalıntıları temizlemek amacıyla kullanılan bileşenlerdir. İlk yağmur suyunun yönlendirilmesi ve temizlenmesi için "ilk yağmur ayırıcısı" kullanılması tavsiye edilir.
- **Depolama Tankı:** Toplanan yağmur suyunun güvenli ve hijyenik bir şekilde muhafaza edildiği tanklardır. Depolama tanklarının uygun malzeme ve tasarım standartlarına göre seçilmesi önemlidir.
- **Taşıma Sistemi:** Toplanan yağmur suyunun yerçekimi etkisiyle veya pompa yardımıyla ihtiyaç duyulan noktalara iletilmesini sağlayan sistemdir.
- **Su Arıtma Sistemi:** Yağmur suyundaki partikül ve organik maddelerin uzaklaştırılması amacıyla filtreleme yapılır. Gerekli durumlarda, suyun dezenfekte edilmesi için çeşitli kimyasal katkıları eklenebilir.

3.3. Yağmur Suyu Hasadının Üstünlükleri

- Yağmur suyu toplama sistemleri, genellikle düşük yatırım ve işletme maliyetine sahiptir.

- İnşaatı ve işletimi kolay olduğundan kullanıcı dostu bir yapıya sahiptir.
- Bireysel veya tekil sistemlerde, sistemin sorumluluğu doğrudan mülk sahibine aittir.
- Mevcut su temin sistemleriyle kolayca entegre edilebilir.
- Sistemin mevcut altyapıya uyumu oldukça pratiktir.
- Diğer su temin projelerine kıyasla çevresel etkileri daha az olumsuzdur.
- Toplanan yağmur suyu, ücretsiz bir su kaynağı olarak değerlendirilir.
- Elde edilen su, genellikle kullanıcıya yakın bir konumda olduğundan erişimi kolaydır.
- Yağmur suyu, diğer su temin yöntemlerine kıyasla daha yüksek kalitede olabilir ve genellikle ek bir arıtma işlemine gerek duymadan yeniden kullanılabilir.
- Bu sistemler, mevcut su kaynaklarının korunmasına katkı sağlar.
- Acil durumlar (örneğin deprem veya ani su kesintileri) sırasında kolaylıkla kullanılabilir.
- Sel riskini azaltarak yağmur suyunun sürdürülebilir bir kaynak olarak kullanılmasına olanak tanır.

3.4. Yağmur Suyu Hasadının Zayıf Yönleri

- Yağışlardaki belirsizlik sistemin oluşmasının olumsuzluğunu oluşturmaktadır.
- Bencil bir çözümdür, yardımlaşma ve paylaşma duygusunu öldürebilir.
- Su ticareti konusunda eksiklikler olmakla birlikte ekonomiye katkısı azalabilir.
- Sorumluluk tekil sistemlerde sistemin sahibine aittir, bu nedenle cazip olmayabilir.
- Depolama sistemleri ve depolama alanlarında gerekli önlemler alınmazsa bireyler için tehlike uyandırabilir ve yer kaplayabilir. Tank ve depo vb. (Tanık, 2017).

4. SONUÇ

Su kaynaklarının kirlenmesi, bilinçsiz kullanım, yanlış tarımsal uygulamalar, iklim değişikliği, düzensiz kentleşme, artan nüfus ve

endüstrileşme gibi faktörler, günümüzde birçok ülkenin tatlı suya erişiminde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Özellikle küresel ısınma nedeniyle, dünya tarihindeki en sıcak yaz mevsimleri son 10 yıl içerisinde kaydedilmiş olup, tatlı su kaynaklarına duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu bağlamda, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi, günümüzde her zamankinden daha kritik bir öneme sahiptir.

Kentsel sürdürülebilirlik bağlamında yağmur suyu hasadı, şehirlerin su kaynaklarının yönetiminde kritik bir çözüm sunmaktadır. Bu yöntem, su kıtlığı ile mücadelede etkili bir araç olmanın yanı sıra, şehirlerde artan su talebini karşılamak için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Hasat edilen yağmur suyu, özellikle peyzaj sulama, parklar ve yeşil alanların bakımında, gri su sistemlerinin desteklenmesinde, yangın söndürme suyu rezervlerinin oluşturulmasında ve hatta binalarda temizlik ya da tuvalet rezervuarları gibi düşük kaliteli su gerektiren alanlarda kullanılabilir. Ayrıca, yağmur suyu yönetimi, şehirlerdeki taşkın riskini azaltarak altyapıya olan yükü hafifletmekte ve suyun yerel olarak tutulmasını sağlayarak yeraltı suyu seviyelerinin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, yağmur suyu hasadı, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kentler için stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır. Şehir planlama süreçlerine entegre edilen bu uygulama, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkmada ve daha dirençli şehirler inşa etmede kritik bir rol oynayacaktır.

Yağmur suyunun toplanarak binalarda kullanılmasının teşvik edilmesi ve bu uygulamanın çeşitli yasal düzenlemelerle desteklenmesi, birçok ülkede yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Hindistan'da 100 m²'den büyük çatı alanına sahip yeni binalar ile 1000 m²'den büyük inşaat alanına sahip projelerde, altyapısı bulunan kentsel bölgelerde yağmur suyu kullanımı zorunlu hale getirilmiştir (Tema, 2017). Fiji Adaları'nda ise okullar, devlet kurumları, havaalanları gibi geniş yüzeyli yapıların çatılarına kurulan sistemlerle yağmur suyu toplanarak değerlendirilmektedir. Tayland'da 1980'lerden bu yana inşa edilen çok sayıda beton sarnıç sayesinde yağmur suları içme ve kullanma amaçlı kullanılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 250.000 evde yağmur suyu toplama sistemi bulunurken, Karayip Adaları'ndaki bazı yeni yapılarda bu sistemlerin entegrasyonu zorunlu hale getirilmiştir (Alparslan ve ark., 2008; İncebel, 2012). Japonya'da, 30.000 m²'den büyük binalarda gri su arıtma ya

da yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanımı, Japonya Bayındırlık Bakanlığı tarafından yasal düzenlemelerle zorunlu tutulmuştur. Almanya’da ise yağmur suyu toplama sistemleri DIN (1989) standardına uygun olarak planlanmakta, tesis edilmekte ve bakım prosedürleri belirlenmektedir. Yüksek su fiyatları nedeniyle konutlarda ve iş yerlerinde 1.5 milyondan fazla yağmur suyu toplama sistemi kurulmuş olup, bu sistemlere bölgesel teşvik kapsamında 1200 Euro’ya kadar indirim uygulanmaktadır. İngiltere’de yağmur suyu kullanımı BS 8515 (2009) standardına göre düzenlenmiş olup, bu standart yağmur suyu toplama sistemlerinin tasarımı, kurulumu ve bakımına ilişkin kapsamlı bilgi sunmaktadır. Ayrıca, sistemin uygulandığı ilk yıl %100 vergi indirimi gibi teşvikler sağlanmaktadır (Şahin ve Manioğlu, 2011).

Türkiye’de ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 23 Haziran 2017 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ‘Yağmur Suyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik’ bu alandaki yasal düzenlemeleri içermektedir.

KAYNAKÇA

- Agarwal, A., Narain, S., & Khurana, I. (2001). Making water everybody's business: practice and policy of water harvesting. (No Title).
- Agarwal, A., & Narain, S. (1997). Dying wisdom: The decline and revival of traditional water harvesting systems in India. *The ecologist*, 27(3), 112-117.
- 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.
- Berndtsson, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological engineering*, 36(4), 351-360.
- Boogaard, F., Lucke, T., & Beecham, S. (2014). Effect of age of permeable pavements on their infiltration function. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 42(2), 146-152.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. McGraw-Hill: New York. ISBN 0-07-010810-2. xiii, 572 pp.
- Demir, D. (2012). Konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemleri ile sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemlerinin karşılaştırılması: İTÜ Ayazağa yerleşkesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DIN, (1989) Regenwassernutzungsanlagen. Deutsches Institut Normung DIN: 1989, German.
- Dietz, M. E. (2007). Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water, air, and soil pollution*, 186, 351-363.
- Falkenmark, M., & Rockström, J. (2004). Balancing water for humans and nature: the new approach in ecohydrology. Earthscan.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... Viklander, M. (2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542.
- Getter, K. L., & Rowe, D. B. (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience*, 41(5), 1276-1285.

- Gleick, P. H. (1998). *The world's water 1998-1999*. Island Press. Washington DC.
- İncebel C., 2012. Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı yağmur suyu hasadı (Ostim örneği). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Levi, S. (2007). Yağış sularının sürdürülebilir yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lloyd, S. D., Wong, T. H. F., & Chesterfield, C. J. (2002). Water sensitive Urban design-a stormwater management perspective (industry report). In *International Conference on Water Sensitive Urban Design 2002* (pp. 1-38). Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.
- Morison, P. J., & Brown, R. R. (2011). Understanding the nature of publics and local policy commitment to Water Sensitive Urban Design. *Landscape and urban planning*, 99(2), 83-92.
- Pacey, A., & Cullis, A. (1986). Rainwater harvesting. The collection of rainfall and run-off in rural areas (p. 216pp).
- Pamuk Mengü G & Akkuzu E. (2008). Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 75-85.
- Scholz, M., & Grabowiecki, P. (2007). Review of permeable pavement systems. *Building and environment*, 42(11), 3830-3836.
- Singh, A., and Panda, S. N. (2013). "Optimization and simulation modelling for managing the problems of water resources." *Water Resour. Manage.*, 27(9), 3421–3431.
- Şahin N ve Manioğlu G. (2011). Binalarda yağmur suyunun kullanılması. *Tesisat Mühendisliği*, 125: 21-32.
- Tanik, A. (2017). Yağmur suyu toplama, biriktirme ve geri kullanımı. *Su Kaynakları ve Kentler Konferansı*, 25-27.
- Tema (2017). Geleceğin suyu. http://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01_22-11-14692%20GeleceginSuyu.pdf [Erişim: 20 Aralık 2017].
- UNESCO. (2021). *The United Nations world water development report 2021: valuing water*. United Nations.
- Ward, S., Memon, F. A. & Butler, D. (2012). Performance of a large building rainwater harvesting system. *Water research*, 46(16), 5127-5134.