

Derleme
(Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2021, 58 (1):145-162
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>

Rukiye Gizem ÖZTAŞ KARLI^{1*} 

Mustafa ARTAR¹ 

¹ Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık
ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı
Bölümü, Bartın / Türkiye

*İletişim (correspondence) e-posta:

rozta@bartin.edu.tr

Anahtar sözcükler: Mavi-Yeşil Altyapı,
Peyzaj, Planlama, Su Ayak İzi, Su Yönetimi

Keywords: Blue-Green Infrastructure,
Landscape, Planning, Water Footprint,
Water Management

Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı

Water footprint and blue-green infrastructure as a tool in urban water management

Alınış (Received): 31.12.2020

Kabul Tarihi (Accepted): 06.03.2021

ÖZ

Amaç: Kentler, doğal (mavi ve yeşil) ve insan yapımı (gri) unsurlardan meydana gelen dinamik bir yapıya sahiptir. Zamanla biriken bu unsurlar, kentsel formu şekillendirmekte ve bireylerin davranışlarını etkilemektedir. Yoğunluğun artması ve plansız kentleşme ile mavi, yeşil ve gri unsurlar arasında etkileşim azalmaktadır. Bu bağlamda makalenin amacı, kentsel su yönetimi sürecinde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının makro ve mikro ölçekte kentsel gelişim stratejilerinin önemli bir parçası olduğunu vurgulamaktır.

Materyal ve Yöntem: Bu çalışma literatür taraması yöntemine dayanmakta olup, çalışmada su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımları kuramsal bir çerçeve kapsamında sunulmakta ve kentsel su yönetiminde araç olarak bu yaklaşımların rolleri ele alınmaktadır.

Sonuç: Su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının ortak amacı su kalitesini iyileştirmek ve yönetmektir. Tüm bu süreçte kentsel su yönetiminde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının makro ve mikro ölçekte kentsel gelişim stratejilerinin önemli bir parçası olduğu söylenebilir. Çalışmada bu yaklaşımların kentsel su yönetiminde araç olarak kullanımının önemi var olan örnek çalışmalar ve stratejiler üzerinden ortaya konulmaktadır.

ABSTRACT

Objective: Cities have dynamic structures consisting of natural (blue and green) and man-made (gray) components. These accumulated instruments over time shape the urban form and affect the behavior of individuals and interaction between blue, green and gray elements decreases with an increasing in density and unplanned urbanization. In this context, the objective of this paper was to emphasize that water footprint and blue-green infrastructure approaches in the urban water management process are important parts of macro and micro scale urban development strategies.

Material and Methods: This study is based on the literature review method, and the water footprint and blue-green infrastructure approaches are presented within a theoretical framework including the roles of these approaches as tools in urban water management are discussed.

Conclusion: The common goal of water footprint and blue-green infrastructure approaches is improvement water quality and management. In all this process, it can be said that water footprint and blue-green infrastructure approaches in urban water management are important parts of macro and micro scale urban development strategies. In this study, the importance of using these approaches as a tool in urban water management is revealed by using existing case studies and strategies.

GİRİŞ

Kentler, doğal (mavi ve yeşil) ve insan yapımı (gri) unsurlardan meydana gelen dinamik bir yapıya sahiptir. Zamanla biriken bu unsurlar, kentsel formu şekillendirmekte ve bireylerin davranışlarını etkilemektedir. Yoğunluğun artması ve plansız kentleşme ile mavi, yeşil ve gri unsurlar arasında etkileşim azalmaktadır (Poletto ve Tassi, 2012). Etkileşimin azalmasının sonucu olarak da birçok kentte doğal unsurlar (su, yeşil alan vb.) ve doğal özellikler (topografya, bitki örtüsü vb.) önceliksiz hale gelmektedir. Bunun bir belirtisi, canlılar için hayati bir önem taşıyan ve yapılandırma unsuru olan su, yağmur suyu drenaj problemleri, yoğun yağışlar ve seller gibi aşırı hava olayları sırasında kentsel çevre ve kentsel su döngüsü (Kusuluoglu ve Aytac, 2016) için tehdit haline gelmektedir.

Yoğun kentsel doku genellikle su geçirgenliği için geçirimsiz yüzeylere sahip değildir (Ellis, 2013; Çelikyay ve Öztaş, 2019). Bu durum özellikle iklim değişikliği ile birlikte yoğunlaşan ve artan sel olaylarına, taşkınlara, kuraklığa, düşük su kalitesine ve yer altı sularının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Caparrós-Martínez, 2020). Bu zorluklar genelde kentleşmenin ve nüfusun yoğun olduğu yerleşimlerde daha sık görülmektedir. Çünkü bu yerleşimler kentsel ekosistemler ve altyapı üzerinde büyük baskı oluşturmaktadır (Artar ve ark., 2016). Kentleşmenin artması ile geçirimsiz yüzeylerin hacmi hızla artmakta, önemli miktarda sel suyunun biriktiği su kaynakları yavaş yavaş yok olmaktadır (Demircan ve ark., 2020). Sonuç olarak, kentsel alanlarda, sosyal ve ekonomik yaşamlar üzerinde gözle görülür olumsuz etkileri olan, artan yüksek toplama akışı ve yağmur suyu akışı olayları yaşanmaktadır. Aynı zamanda, kalan alıcı su kütleleri, karışık yağmur suyu ve atık su ile kirlenmekte ve su kaliteleri düşmektedir (Spatari, 2011). Kirlenen ve kalitesi azalan su miktarı, su ayak izini (özellikle gri su ayak izini) olumsuz etkilemektedir (Caparrós-Martínez, 2020). Kentsel su döngüsünün sürdürülebilirliğinin sağlanması ve su ayak izinin azaltılması için kentlerin, su kaynaklarını ve kalitesini etkin ve etkili yönetmesi gerekmektedir. Bu kapsamda su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı (MYA) yaklaşımlarının araç olarak kullanılması kentsel su yönetiminin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında faydalı olacaktır.

Kentlerin su kullanımını azaltması, faydalı su kullanımını artırması ve su tasarrufu sağlaması için, öncelikle kentsel alandaki su tüketimlerini belirleyerek su ayak izlerini saptaması gerekmektedir (Hoekstra ve Chapagain, 2006). Su ayak izi bir tüketicinin veya üreticinin tatlı su sistemlerinin kullanımıyla nasıl ilişkili olduğuna dair geniş bir perspektif sunmaktadır (Hoekstra ve ark., 2009). Su ayak izi, su tüketiminin ve su kirliliğinin hacimsel bir ölçüsüdür (Hoekstra ve ark., 2011). Su kullanımına yönelik alternatif bir gösterge olan su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler de su ayak izinde su kullanımını ve kalitesini temsil etmektedir (Hoekstra ve Chapagain, 2006; Öztaş ve Çelikyay, 2018).

Artan çevresel olayları, kaynaklara duyarlılıkları, artan kentsel nüfusu, artan su ayak izini ve iklim değişikliğinin diğer belirsiz etkilerini ele almak için, dünyada kentler geleneksel kentsel su yönetimi sistemlerini yeniden gözden geçirmektedirler. Bu bağlamda araştırmacılar, bütüncül su kaynakları yönetimi, sürdürülebilir kentsel su yönetimi ve suya duyarlı kentler gibi kentsel sistemleri yenilemek için çok sayıda yaklaşım önermişlerdir. ABD’de “düşük etkili kalkınma ve yeşil yağmur suyu altyapısı” (Dietz, 2007), Birleşik Krallık’ta “sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri” (Andoh ve Iwugo, 2002), Avustralya’da “suya duyarlı kentsel tasarım” (Wong, 2006) ve Çin’de “sünger şehir” (Wang ve ark., 2018) gibi alternatif çözümlerle kentsel suyu yönetmek hedeflenmiştir. Bu çalışmada ise kentsel su yönetiminde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımları üzerine odaklanılmaktadır.

Avrupa Komisyonu Yeşil Altyapı Bildirisi’nde yeşil altyapı; “doğaya dayalı çözümlerle ekolojik, ekonomik ve sosyal faydalar sağlamak, doğanın insana sunduğu faydaları anlamaya yardımcı olmak, bu faydaları sürdüren ve geliştiren yatırımları harekete geçirmek için bir araç” olarak tanımlanmaktadır (Avrupa Çevre Ajansı, 2015). Yeşil altyapı, kentsel su yönetiminin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Maes ve ark., 2015). Yeni ortaya çıkan mavi-yeşil altyapı (MYA) kavramı için de aynı şey söylenebilir. Mavi-yeşil yaklaşımların anlaşılması bölgesel olarak farklılık gösterse de genellikle suya duyarlı kentsel tasarım, mavi-yeşil şehir ve sürdürülebilir kalkınma gibi kentsel su yönetimi kavramları ile ilişkilidir. Bu nedenle MYA, hem "mavi" (hidrolojik fonksiyonlar) hem de "yeşil" (bitki örtüsü sistemleri) çevreyi korumayı amaçlayan yeni bir kavramdır (Nascimento ve ark., 2016). MYA,

su kaynaklarının yönetiminde ekosistem hizmetlerini geliştirmek ve iklim risklerine karşı direnci artırmak için doğal veya insan yapımı sistemlerin kullanılmasını içermektedir.

Ekonomik gelişme ve kalkınma ile özellikle kentlerdeki morfolojik yapı, arazi kullanımları, su altyapı sistemleri, su kütlelerine boşaltılan suyun kalitesi ve miktarı değişmektedir. Bu değişimler, planlamada su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve yönetimi için su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının benimsenmesi gereğini ve önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda makalenin amacı, kentsel su yönetimi sürecinde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının makro ve mikro ölçekte kentsel gelişim stratejilerinin önemli bir parçası olduğunu vurgulamaktır.

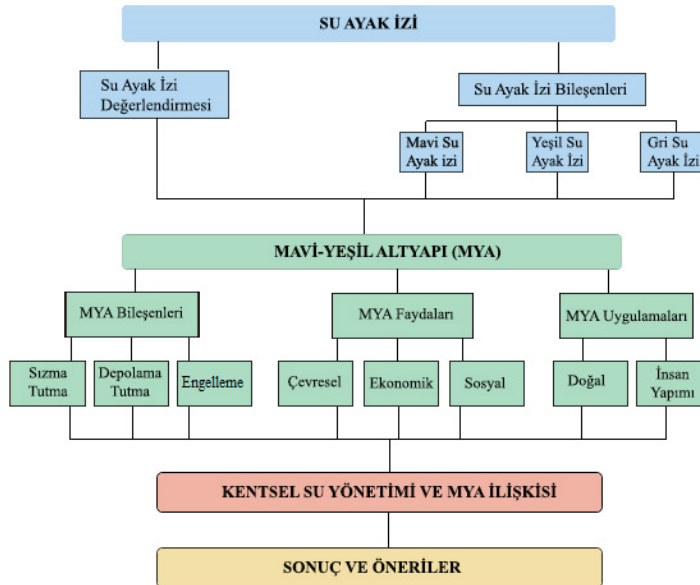
MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmanın ana materyalini, su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı konusunda yazılmış kitap, makale ve raporlar oluşturmaktadır. İncelenen ana kaynaklar arasında: “Küresel Standardı Belirleyen Su Ayak İzi Değerlendirme Kılavuzu” (Hoekstra ve ark., 2009), “Mahsullerin ve Elde Edilen Mahsul Ürünlerinin Yeşil, Mavi ve Gri Su Ayak İzi” (Mekonnen ve Hoekstra, 2011), “Düşük Etkili Geliştirme (LID) Stratejileri ve Uygulamaları ile Yağmur Suyu Maliyetlerinin Azaltılması” (US EPA, 2007), “Kentsel Su Kaynaklarının Yönetiminde Mavi-Yeşil Altyapı” (Brears, 2018b), “Sürdürülebilir ve Dinamik Şehirler İçin Kentsel Yeşil-Mavi Izgaralar” (Pötz ve ark., 2012) yer almaktadır.

Yöntem

Çalışmanın yöntemi literatür taramasına dayanmaktadır. İncelenen çalışmalar sonucunda MYA yaklaşımı bu çalışmada “Kentsel peyzajın hidrolojik işlevini geri yükleyerek ve yağmur suyunu yöneterek su kalitesini iyileştirmek ve su miktarını yönetmek ve su ayak izini azaltmak için doğal süreçlerden yararlanan planlı bir doğal ve yarı doğal alanlar ağı” olarak kabul edilmektedir. Bu kapsamda çalışma yönteminin birinci aşamasında, su ayak izi, su ayak izi bileşenleri ve su ayak izi değerlendirmesine ilişkin materyaller toplanmıştır. İkinci aşamada mavi-yeşil altyapının bileşenleri, faydaları ve uygulamalarına ilişkin materyaller toplanmıştır. Üçüncü aşamada, kentsel su yönetimi ve mavi-yeşil altyapı arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise kentsel su yönetiminde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının araç olarak kullanılmasının gereği ve önemi belirtilmiştir (Şekil 1).



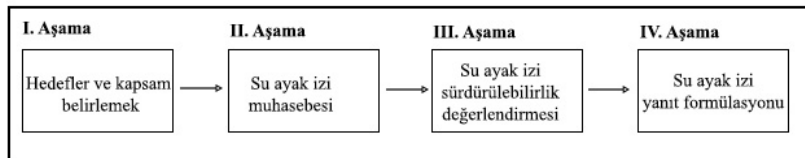
Şekil 1. Yöntem akış şeması.

Figure 1. Method flow chart.

Su ayak izi

Su kullanımı, yeterli nicelik ve nitelik şartlarının sağlanmasıyla sınırlıdır. Bunlar sağlanmak suretiyle, kentsel yerleşimlerde içme ve kullanma başta olmak üzere park ve bahçe sulama, havuzu doldurma gibi amaçlarla su kullanılmaktadır. Kentsel yerleşimlerin dışında gıda maddelerinin oluşturulması için tarımsal sulama, bitki, hayvan ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetlerde su tüketilmektedir (Hoekstra ve Chapagain, 2006). Endüstriyel işletmelerde ise proseste, soğutmada, buhar kazanlarında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, su, hidroelektrik enerji üretiminde ve taşımacılıkta da kullanılmaktadır (Hoff ve ark., 2013). Bu kullanımlarda (evsel, tarımsal, endüstriye, enerji, taşımacılık vb.) ihtiyaç duyulan su miktarları ve kaliteleri de farklılık göstermektedir (TUSIAD, 2008). Suyun bu denli çok amaçlı kullanımının olması su kullanımını ve suyun yönetimini de önemli kılmaktadır.

Kaynakların gittikçe tahrip olduğu ve miktar ve kalite açısından yeterli olmadığı, yenilenemeyen kaynakların azaldığı yeryüzünde, akılcı kaynak kullanımına yönelik stratejilerin başında su yönetimi gelmektedir. Dolayısıyla su kaynaklarının kirletilmesinin önlenmesi, kişi başına ve birimde (ülke, bölge, havza, sektörel vs.) su kullanımının azaltılması yani suyun verimli kullanılması gerekmektedir. Su verimliliği için de etkin bir su yönetimi sağlanmalıdır. Su kullanımını azaltıp, faydalı su kullanımını artırmak ve su tasarrufu sağlamak için, öncelikle bu birimlerdeki su tüketimlerini belirleyerek su ayak izlerinin saptanması gerekmektedir (Öztaş ve Çelikyay, 2018). Mevcut su miktarının analizi ve değerlendirilmesine yönelik geleneksel yöntemler, farklı çevre koşulları ve şehirler arasında farklılık gösteren kullanım verimliliği nedeniyle mevcut suyun adil kullanımını ve sürdürülebilir su yönetimini değerlendirmek için yeterli değildir. AB tarafından su yönetimine olumlu katkıda bulunduğu kabul edilen ilgili yaklaşımlardan biri su ayak izi değerlendirmesidir (Avrupa Komisyonu, 2012). Su ayak izi değerlendirmesi; yeşil, mavi ve gri su ayak izlerini ölçen ve haritalayan, su kullanımının sürdürülebilirliğini, verimliliğini ve hakkaniyetini değerlendiren ve ayak izini sürdürülebilir kılmak için hangi stratejik eylemlere öncelik verilmesi gerektiğini belirleyen dört aşamalı bir süreçtir (WFN, 2020b; Öztaş Karlı, 2020). Bu aşamalar (Şekil 2); hedefler ve kapsam belirlemek, su ayak izi muhasebesi, su ayak izi sürdürülebilirlik değerlendirmesi ve su ayak izi yanıt formülasyonu (Hoekstra ve ark., 2009).



Şekil 2. Su ayak izi değerlendirme aşamaları (Hoekstra vd., 2009; Öztaş Karlı, 2020).

Figure 2. Water footprint assessment consists (Hoekstra vd., 2009; Öztaş Karlı, 2020).

“Su Ayak İzi” kavramı, daha iyi su yönetimini desteklemek için Arjen Hoekstra tarafından ilk kez 2002 yılında ortaya koyulmuştur ve “Twente Üniversitesi” ile “Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network-WFN)” tarafından geliştirilmiştir. Su ayak izi, “birim zamanda harcanan (buharlaştırma dâhil) ve/veya kirletilen su miktarı ile ölçülmektedir. Bir bireyin, toplumun veya iş kolunun su ayak izi; bireyin veya toplumun tükettiği malların ve hizmetlerin üretimi için kullanılan veya üreticinin mal ve hizmet üretimi için kullandığı toplam temiz su kaynaklarının miktarıdır” (Hoekstra ve ark., 2011).

Literatürde su ayak izi çeşitli alanlarda incelenmiştir. Birçok çalışma, hayvansal ürünlerin veya yemlerin, tarım ürünlerinin (pirinç, buğday, domates vb.), enerjinin (elektrik, biyokütle, hidroelektrik), ekonominin (su ithalatı ve ihracatı) veya toplulukların su ayak izlerini ölçmüş ve değerlendirmiştir. Kentsel düzeydeki su ayak izi çalışmaları ise sınırlıdır. Mevcut kentsel araştırmalar da tek bir şehrin Berlin, Delhi, Lagos (Hoff ve ark., 2013), Leshan (Zhao ve ark., 2015), Pekin (Wang, ve ark., 2013), Milano (Vanham ve Bidoglio, 2014) ve Wrocław (Fialkiewicz ve ark., 2013) su ayak izinin hesaplanmasına yöneliktir (Hoekstra ve ark., 2011). Şehirlerin su ayak izi çalışmalarının çoğu gıda tüketimine odaklanan dolaylı suyu değerlendirmeye vurgu yapmaktadır (Schyns ve ark., 2015; Gobin ve ark., 2017). Diğer yandan çalışmalar göstermektedir ki belediyeler ve su yöneticileri şehirlerdeki dolaylı su kullanımı üzerinde sınırlı etkiye sahip olup, doğrudan su kullanımı üzerinde ise yüksek etkiye sahiptir.

Su ayak izi bir tüketicinin veya üreticinin tatlı su sistemlerinin kullanımıyla nasıl ilişkili olduğuna dair geniş bir perspektif sunmaktadır (Hoekstra ve ark., 2009). Su ayak izi, su tüketiminin ve su kirliliğinin hacimsel bir ölçüsüdür (Hoekstra ve ark., 2011). Belli bir miktar su tüketimi ve kirliliğinin yerel çevresel etkisi, yerel su sisteminin savunmasızlığına ve aynı sistemi kullanan su tüketicileri ve kirlütenlerin sayısına bağlıdır (Hoekstra ve Chapagain, 2011). Su ayak izi hesapları, suyun çeşitli insan amaçları için nasıl tahsis edildiğine dair mekânsal ve zamansal olarak bilgi vermektedir. Bu nedenle su ayak izi, sürdürülebilir ve adil su kullanımı ve tahsisi konusuna katkı sağlamakta ve çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin yerel bir değerlendirmesi için iyi bir temel oluşturmaktadır (Hoekstra ve ark., 2006; Öztaş ve Çelikyay, 2018).

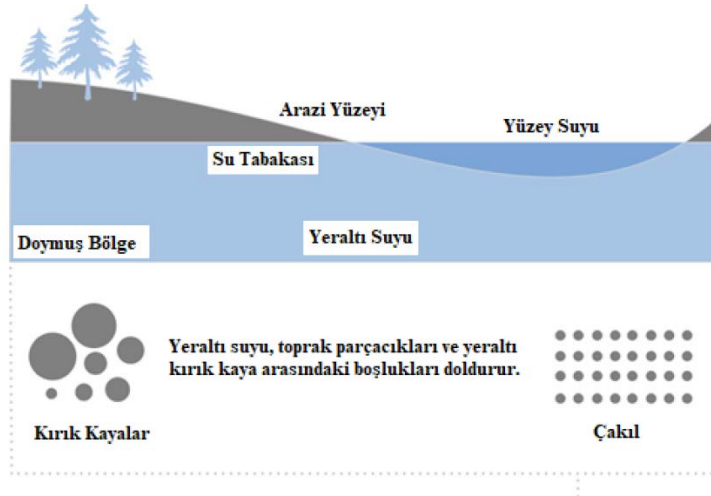
Su kullanımına yönelik alternatif bir göstergesi olan su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Çizelge 1). Bu bileşenler de su ayak izinde su kullanımını ve kalitesini temsil etmektedir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; Öztaş Karlı, 2020).

Çizelge 1. Su ayak izi bileşenleri (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; Öztaş Karlı, 2020).

Table 1. Water footprint components (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; Öztaş Karlı, 2020).

Mavi Su Ayak İzi	Yeşil Su Ayak İzi	Gri Su Ayak İzi
Bir mal veya hizmetin üretiminde tüketilen yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının miktarını ifade etmektedir.	Üretim süreçlerinde tüketilen yağmur suyu miktarını ifade etmektedir.	Mevcut su kalitesi standartlarını sağlayabilmek için kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması amacıyla kullanılan tatlı su miktarıdır.

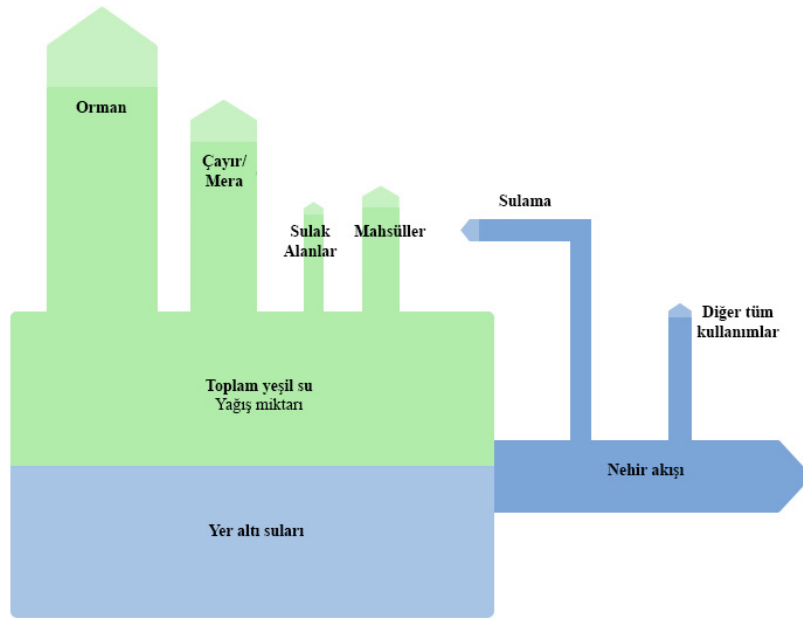
Mavi su ayak izi kavramı, bir malı veya hizmeti üretmek için ihtiyaç duyulan yeraltı ve yüzey tatlı su kaynaklarının toplam miktarını ifade etmektedir. Mavi su ayak izi, yeraltı su kaynaklarından veya yüzeysel su kaynaklarından çekilmiş suyun buharlaşmasıyla, üretimde kullanılmasıyla veya çekildiği su kaynağına geri dönmeme durumuyla oluşan tüketim miktarıdır (Şekil 3). Mavi su ayak izi; tarımsal üretimde, endüstriyel süreçlerde ve evsel faaliyetlerde kullanılmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).



Şekil 3. Mavi su ayak izi bileşeni (URL-1).

Figure 3. Blue water footprint component (URL-1).

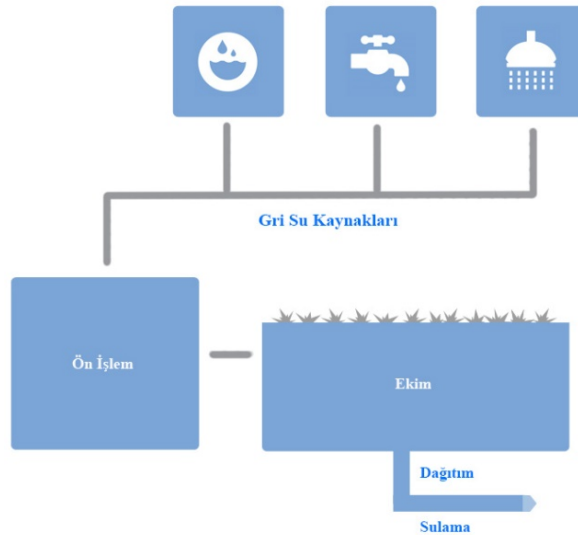
Yeşil su (yağmur suyu), karada akmayan veya yeraltı suyunu yeniden doldurmayan ancak toprakta depolanan veya geçici olarak toprak veya bitki örtüsü üzerinde kalan yağış anlamına gelmektedir. Yeşil su ayak izi ise, bir malın veya hizmetin üretiminde kullanılan toplam yağmur suyunun hacmini ifade etmektedir (Şekil 4). Bu kaynaklar özellikle bahçe, tarım ve ormancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Yeşil su ayak izi tarımsal ürün yetiştirme süreçlerinde daha çok meydana gelmektedir. Bir bölgenin yeşil su miktarı değerlendirilirken iklim değişikliği ve değişkenliği o bölgenin yağış miktarıyla bağlantılı olduğundan mutlaka göz önünde bulundurulmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).



Şekil 4. Yeşil su ayak izi bileşeni (URL-2).

Figure 4. Green water footprint component (URL-2).

Gri su ayak izi, kirliliğe yönelik bir göstergedir. Bir sürecin gri su ayak izi, sürecin her adımıyla ilişkilendirilebilecek tatlı su kirliliği derecesinin bir göstergesidir (Şekil 5). Mevcut ortam suyunun kalite standartlarına göre kirletici yükünü asimile etmek için gerekli olan tatlı su hacmini ifade etmektedir. Gri suyun kirlilik ile doğrudan ilişkisi olduğu için, nüfus artması ve endüstriyel büyüme gri su ayak izini artırmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).



Şekil 5. Gri su ayak izi bileşeni (URL-3).

Figure 5. Grey water footprint component (URL-3).

Kentlerin, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma sürecinde, çevresel kaynakları değerlendirmek için ortak standartların ve kentlere özgü esnek göstergelerin belirlenmesi ve ölçülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda,

su yönetiminin sağlanması için alternatif bir gösterge olan su ayak izinin saptanması çok önem taşımaktadır. Su ayak izi değerlendirmeleri; su kullanımının azaltılması, faydalı su kullanımının artırılması ve su tasarrufunun sağlanmasına katkı sağlayacaktır (Paterson ve ark., 2015). Göstergeler, değişimleri ve bir olgunun durumunu belirleyebilen ve evrimini gözlemlemeyi mümkün kılan endeksler olduğu için, sürdürülebilirlik hedefine ulaşma sürecinde göstergelerin kullanımı, kentsel ilişkilerin önemli yönlerini belirlemeye ve nitelendirmeye yarayacaktır. Bu göstergelerin planlamaya entegrasyonu ile bütünleşik su yönetimi sağlanacaktır (Ulian ve ark., 2017).

Özetle günümüzde kentsel alanda yaşayan nüfus giderek artmaktadır. Bu nedenle, su ve kanalizasyon arıtma teknolojilerinin iyileştirilmesi, su temini ve atık su toplama ağlarının geliştirilmesi, izlenmesi, kontrolü ve yönetimi için modern araçların uygulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu süreçte nüfus artışının yanında, iklim değişikliği ve aşırı hava koşullarından kaynaklı ani yağmur ve sel riskleri gibi diğer faktörlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Etkin ve etkili su kullanımı ve yönetimi, iklim değişikliğine uyum stratejileri oluşturmanın ve uygulamanın, bireylerin yaşam kalitesini artırmanın ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamanın çözümlerinden biridir. Bu çözümlerde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımı araç olarak kullanılmalıdır.

Mavi-yeşil altyapı

Mavi-yeşil altyapı (MYA), yeşil yollar ve ekolojik ağlar gibi diğer planlama kavramlarıyla bağlantılı bir peyzaj planlama kavramı olan “Yeşil Altyapı” kavramı ile yakından ilgilidir. MYA, kentsel peyzajın hidrolojik işlevini geri yükleyerek ve yağmur suyunu yöneterek su kalitesini iyileştirmek ve su miktarını yönetmek için doğal süreçlerden yararlanan planlı bir doğal ve yarı doğal alanlar ağıdır (Rozos ve ark., 2013; Wagner ve ark., 2013; Ghofrani ve ark., 2017; Drosou ve ark., 2019; Parlak ve Atik, 2020).

MYA, kentsel alanlarla sınırlı olmayıp çeşitli coğrafi ölçeklerde (örneğin, bölge, kent-bölge, kentsel, nehir havzası / havza / havza ve saha) uygulanmaktadır. MYA planlaması ise kentsel, bölgesel, kırsal planlama gibi çeşitli planlama türlerine entegre edilebilmektedir. MYA, geleneksel altyapı sistemlerinden (yollar, kanalizasyon ve drenaj sistemleri ve hizmet hatları vb.) oldukça farklıdır (Ghofrani ve ark., 2017; Drosou ve ark., 2019).

MYA, birbirine bağlı su rezervuarları, sulak alanlar ve nehirler boyunca gelişen ve bunlarla ilişkili (doğal) açık alanlardan oluşan bir ağdan oluşmaktadır. MYA, sel/aşırı hava koşullarının üstesinden gelmenin önemli bir yolu olup birbiriyle ilişkili birkaç amaca hizmet etmektedir. Bunlar (Benedict ve McMahon, 2012; Ghofrani ve ark., 2017);

- (i) Su depolama (özellikle tarımsal sulama ve sanayi kullanımı için);
- (ii) Nehir sistemi düzenleyicileri (özellikle aşırı yağış olayları sırasında sellerin önlenmesi);
- (iii) Bitkiler ve hayvan yaban hayatı için habitat (doğanın korunması);
- (iv) Temizleme sistemi (Özellikle genellikle tarım arazilerinden yakanarak uzaklaştırılan ve nehirlerde ve göllerde yosun oluşumuna neden olan gübreleri emen kirli su için)
- (v) İkinci nesil biyoyakıt üretimi için sazlık gibi sulak alan mahsullerinin yetiştirildiği alanlar;
- (vi) Uygun rekreasyonel faaliyetlerin takibi için bölgeler

Mavi-yeşil altyapının faydaları

MYA, çok işlevli olması nedeniyle kentsel topluluklara çok sayıda ikincil çevresel, ekonomik ve sosyal fayda sağlamaktadır (Çizelge 2). MYA, doğanın birden fazla ekosistem hizmeti sunma yeteneğini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu da insanlar için daha iyi bir yaşam kalitesini teşvik etmekte, biyoçeşitliliği artırmakta, su ayak izini azaltmakta ve iklim değişikliğinin etkileri ile mücadele etme imkânı sunmaktadır. Ayrıca MYA, alanın en verimli ve tutarlı bir şekilde kullanılmasını sağlayan entegre bir yaklaşımı teşvik etmektedir (Brears, 2018a).

Çizelge 2. MYA'nın çevresel, ekonomik ve sosyal faydaları (Tzoulas ve ark., 2007; Wise, 2008; U.S. EPA, 2010; Foster ve ark., 2011; ASLA, 2012; City of Chicago, 2014; Brears, 2018a).

Table 2. *Environmental, economic and social benefits of BGI* (Tzoulas ve ark., 2007; Wise, 2008; U.S. EPA, 2010; Foster ve ark., 2011; ASLA, 2012; City of Chicago, 2014; Brears, 2018a).

ÇEVRESEL BOYUT	
Fayda	Açıklama
Sel Riskini Azaltma	MYA, kentsel ortamlara doğal çevre özelliklerini geri yükleme yeteneği sağlayarak selleri hafifletmeye yardımcı olur. MYA, su akışlarının geçişini geciktirerek, durdurma yoluyla akış hacmini azaltarak ve yağışların toprağa sızmasını teşvik ederek taşkın hafifletilmesine katkıda bulunur.
Yağmursuyu Akışı Hacimlerini Geciktirme/Azaltma	MYA, yağmur suyu akış hacimlerini azaltır ve yağmur suyu sızma oranını artırır. Bunun yanında bitki örtüsü ve toprağın doğal tutma ve soğurma yeteneklerini kullanarak pik akışları azaltır.
Yağmursuyu Kirletici Azaltımı	MYA, kaynağına yakın yüzey akışına sızarak, kirleticilerin yakındaki yüzey sularına taşınmasına engel olur. Yüzey akışı toprağa sızdığı anda, bitki örtüsü ve mikroplar yağmur suyunda bulunan kirleticilerin çoğunu doğal olarak filtreleyebilir ve parçalayabilir.
Kanalizasyon Taşma Olaylarını Azaltma	MYA toprak ve bitki örtüsünün doğal tutma ve sızma yeteneklerini kullanmaktadır. Bu sayede akış hacimlerini azaltarak ve yağmur suyu tahliyesini geciktirerek kanalizasyon taşma olaylarının sıklığını azaltır.
Su Yolu Kalitesini İyileştirme	MYA doğal süreçleri kullanarak, kirleticileri filtreleyebilir ve bunları biyolojik veya kimyasal olarak bozabilir. Ayrıca MYA, erozyonu ve çökelmeyi azaltır. Nehirler, göller ve akarsulardaki kirletici konsantrasyonlarını azaltır ve su yollarının kalitesini iyileştirir.
Gelişmiş Su Tasarrufu	MYA'nın bir parçası olan yağmur suyu toplama sistemleri ve kurakçıl peyzaj uygulamaları ile içme ve geri dönüştürülmüş su talebi azaltılarak sulama ihtiyacı azaltılabilir.
Yeraltı Suyu Doldurma Artışı	Çukurlar ve yağmur bahçeleri dahil olmak üzere MYA uygulamaları, geçirimli yüzey alanlarını artırır ve toprağa sızan yağmur suyu ile yeraltı suyu kaynaklarını yeniler.
Hava Kalitesini İyileştirme ve Daha Düşük Sera Gazı Emisyonları	MYA, kent peyzajlarına ağaçları ve yeşil alanları dahil ederek hava kalitesini iyileştirir. MYA, atık su arıtma tesislerinde arıtılması gereken atık su hacmini azaltarak sera gazı emisyonlarını azaltır.
Kentsel Isı Adası Etkilerini Azaltma	MYA yeşil alan miktarını artırarak, kentsel ısı adasının etkilerini azaltır.
Habitatları İyileştirme	Parkların, kentsel ormanların, sulak alanların ve bitki örtüsünün geliştirilmesini içeren MYA uygulamaları, özellikle kuşlar ve böcekler olmak üzere yaban hayatı için yaşam alanları sağlar.
Karbon Tutulması	MYA'nın bir parçası olarak ortaya çıkan toprak ve bitki örtüsü, karbon tutumu kaynakları olarak karbondioksiti yakalar ve fotosentez yoluyla atmosferden uzaklaştırır.
EKONOMİK BOYUT	
Fayda	Açıklama
Maliyetli Gri Altyapının Değiştirilmesi	MYA, maliyetli gri altyapı projelerini değiştirebilir. MYA uygulamasında yer alan maliyetlerin nakit akışı gereksinimleri daha kolay takip edilir ve daha esnek finansman sağlar.
MYA Daha Az Sermaye Yoğundur	Genel olarak, MYA, ekipman ve kurulum, arazi kazancı, onarım ve bakım ve altyapı değişimiyle ilişkili daha düşük maliyetlerle gri altyapıdan daha az sermaye yoğun olabilir.
Su Arıtma Maliyetlerini Azaltma	Yağış filtrelendiğinden ve doğal olarak işlendiğinden dolayı MYA, su arıtma maliyetlerini azaltır. MYA, yüzey akışının saklanması ve sulama için kullanılması durumunda su arıtma ihtiyacını da azaltır. Ayrıca bu durum, suyun pompalanması ve arıtılması için enerji ve kimyasal maliyetleri azaltır.
Daha Düşük Peyzaj Bakım Maliyetleri	Yağmur suyu toplama sistemleri ve kurakçıl bitkiler içeren MYA, kamu ve özel alanların sulama ve bakım maliyetlerini azaltır.
Yeraltı Suyu Kaynaklarını Artırma	Yeraltı suyu seviyelerini artıran MYA uygulamaları, düşen yeraltı suyu seviyeleriyle ilişkili artan pompalama maliyetlerinden kaçınarak önemli maliyet tasarrufu sağlar.
Su Tüketimini Azaltma	Peyzaj sulamasını azaltan MYA uygulamaları ile su talebi ve su tüketimi azalır.
Enerji Maliyetlerini Azaltma	MYA, yerel halk için enerji talebini azaltır. Örneğin, yeşil çatılar ile yalıtım ve gölge örtüsü sağlanarak ısıtma ve soğutma için enerji talebi azalır.
Gelişmiş Ekosistem Hizmeti Değerleri	MYA, ekonomik ve sosyal kalkınma için gerekli su filtreleme ve depolama, hava filtreleme, karbon depolama, besin döngüsü, toprak oluşumu, rekreasyon ve gıda üretimi gibi birçok ekosistem hizmeti sağlar.

Çizelge 2. Devamı.

Table 2. Continued.

EKONOMİK BOYUT	
Fayda	Açıklama
İstihdamı Artırma	MYA, çeşitli MYA girişimlerinin inşası, bakımı veya yönetimi yoluyla hem doğrudan hem de MYA ortamlarında gerçekleşen küçük topluluk temelli olaylarla turizmi artırarak yeni işler yaratabilir.
Yatırımı Artırma	MYA'ya yapılan yatırımlar, bir bölgenin imajını iyileştirerek, yüksek değerli endüstrileri, yeni iş başlangıçlarını, girişimcileri ve çalışanları çekmeye ve korumaya yardımcı olur.
Arazi ve Mülk Değerlerini Artırma	Kentsel alanlarda önemli konumlardaki MYA alanını geliştirmek ve iyileştirmek, çevresindeki mülk ve arazi değerini artırır. Daha yeşil alanların daha iyi bir imajı vardır. Çünkü bu alanlar daha fazla ziyaretçi çeker ve ticareti geliştirir.
SOSYAL BOYUT	
Fayda	Açıklama
Yaşam kalitesini ve sağlığı iyileştirme	Mahallelerdeki MYA, insanlara egzersiz yapma ve rahatlama fırsatları sağlar ve obezite, dolaşım hastalığı, kronik stres ve astımı vb. azaltarak fiziksel sağlığı artırır.
Fiziksel Aktivite ve Sağlık Düzeylerini Geliştirme	MYA alanlarına erişim ile daha yüksek fiziksel aktivite seviyeleri arasında bir korelasyon vardır. Örneğin, parklara daha yakın yaşamak genellikle artan fiziksel aktivite ile ilişkilendirilir.
İyileştirilmiş Psikolojik Sağlık ve Zihinsel İyilik	MYA alanları, stresi ve zihinsel yorgunluğu azaltmaya yardımcı olur.
Sosyal Etkileşim, Sosyal İçerme ve Sosyal Uyum	MYA uygulamaları, mahalleleri güzelleştirerek ve benzersiz alanlar yaratarak, komşularla mahalle etkileşimlerini artırır. Bu artan sosyal aktivite, gelişmiş toplum uyumuna ve yerel bağlılığın gelişmesine katkı sağlar.
MYA Uygulamaları ile Mahallelerin Kalitesini Artırma	MYA, mahallelerin kalitesini artırır. MYA, gölge sağlayan ağaçlar dikerek, ortak açık alan sağlayan yeşil çatılar kurarak veya topluluk ve sosyal alanlar için parkları geliştirerek ek faydalar sağlar.
Kamu Güvenliğini Artırma	MYA, yaya güvenliğini artırmak için cadde genişliklerini azaltmak ve trafiği yavaşlatan kavşaklar gibi özellikler sunmak için kullanılır.
Hava Kalitesini İyileştirme	MYA havayı temizleyerek özellikle çocuklar ve yaşlılar için sağlığı iyileştirir.
Yiyecek Üretimi	Yiyecek üretimini içeren MYA alanları, düşük gelirli bireylere uygun fiyatlı ve sağlıklı gıdalara erişim imkânı sunar.
Rekreasyon ve Boş Zaman	MYA alanları rekreasyon, spor ve eğlence için kaynaklar sağlar ve bu da sağlık ve refahı artırır.
Alan Kalitesi	MYA, insanların doğadan ve egzersizlerden keyif almasını sağlamak için alan kalitesini artırır.
Daha Güvenli Su Kalitesi	MYA, yerel su yollarına giren kirliliği ve kirlenmeleri azaltır, rekreasyonel temas veya kontamine içme suyundan kaynaklanan hastalıkları en aza indirir.
Eğitim Fırsatları	MYA'nın görünür doğası, topluma yapıllı çevremizin olumsuz çevresel etkilerini azaltmayı öğretmek için gelişmiş halk eğitimi fırsatları sunar.
Güzelleşen Mahalleler	MYA özelliklerini ve halka açık geçiş hakkını birleştiren özel bahçeler sokakları ve mahalleleri güzelleştirir.
İklim Değişikliğine Direnç Oluşturma	MYA hem yerel sellere hem de iklim değişikliğinden kaynaklanan kuraklıklara karşı toplum dayanıklılığı oluşturmak için uygulanır.

Mavi- yeşil altyapı bileşenlerinin sınıflandırılması

Geçtiğimiz birkaç yılda çok çeşitli MYA bileşenleri sınıflandırılmıştır. Ancak MYA bileşenleri genel olarak işlev, konum ve ölçeğe göre kategorize edilmektedir (Pötz ve Bleuze, 2012; Crujisen, 2015).

İşlev

MYA bileşenlerinin ilk sınıflandırması, yağmur suyu akışını azaltmadaki faydasına dayanmaktadır. Bunlar engelleme ve tutma bileşenleridir. Engelleme bileşenleri aşırı yağış sırasında ve sonrasında suyu depolamakta ve kademeli olarak kanalizasyon sistemine boşaltmaktadır. Öte yandan, tutma bileşenleri

su depolamakta ve kanalizasyon sistemine herhangi bir bağlantı olmadan yavaş yavaş sızdırmaktadır. Depolama tutma bileşenleri, her zaman suyla dolu, düşük sızma kapasitesine sahip doğal depolama birimleridir. Sızma ve tutma bileşenleri ise suyu içermeden doğrudan süzülme (Pötz ve Bleuze, 2012; Crujisen, 2015).

Konum

Bileşenlerin ikinci sınıflandırması konumlarına dayanmaktadır. Bunlar: yüzey üstü, yüzey ve alt yüzey bileşenleridir. Yüzey üstünde; yeşil çatılar, mavi çatılar ve yeşil cepheler gibi MYA bileşenleri yağış taşmalarını azaltmak için yağmur suyunu toplamaktadır. Yüzeydeki bileşenler bitki örtülü alanları içermekte ve genellikle bir alanın yaşanabilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Son olarak, alt yüzey bileşenleri, tipik olarak kamusal alanların veya mevcut yapıların altında inşa edilen yer yüzeyinin altındaki önlemleri içermektedir. Bahçeler veya oyun alanları altında depolamalar örnek olarak verilebilir (Pötz ve Bleuze, 2012; Crujisen, 2015).

Ölçek

Bileşenlerin üçüncü sınıflandırması, bileşenlerin uygulanabileceği ölçeğe dayanmaktadır. Bunlar: bölgesel / kentsel ölçek ve özel veya bina ölçeğidir (Çizelge 3). Bölgesel / kentsel ölçekte, bölgesel / kentsel tarım, parklar, korunan alanlar, kamusal alanlar, sulak alanlar ve tutma ve depolama birimleri bulunmaktadır. Bu ölçekte, mavi ve yeşil bölgeler arasındaki bağlantı, MYA bileşenlerinin etkilerini ayrı ayrı iyileştirmektedir. Özel ölçekte, mavi ve yeşil çatılar, özel bahçeler ve yağmur suyu depoları bulunmaktadır. Bu bileşenler özel bölümlerde yağmur suyu taşmasını azaltmaktadır. Bina ölçeğinde; dikiciler, geçirgen kaldırım ve yer altı depolama gibi bileşenler yer almaktadır. Bu bileşenler, kamu veya özel bölüm koleksiyonlarını içermektedir (Pötz ve Bleuze, 2012; Crujisen, 2015).

Mavi-yeşil altyapı uygulamaları

MYA iki türe ayrılmaktadır. Bunlar: Göletler, nehirler, göller ve sulak alanları içeren doğal su özellikleri ve her biri bir dizi bağımsız MYA bileşenini içeren insan yapımı yeşil binalar, sokaklar ve yeşil alanlardır (Çizelge 3). MYA özellikle, bitki örtüsü ve su döngüsü arasındaki karşılıklı ilişkileri kullanarak aynı mekânsal alanda çeşitli işlevleri yerine getirme ve çeşitli faydalar sağlama yeteneğine sahiptir. Bu sayede kentsel yaşam koşullarını iyileştirmekte, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamakta, su ayak izini azaltmakta ve su ve yeşil alanla ilgili ekosistem hizmetlerini iyileştirmektedir (Brears, 2018b). Bu iyileştirmeler için kullanılan doğal ve insan yapımı uygulamalar Çizelge 3'te verilmiştir.

Kentsel su yönetimi ve mavi-yeşil altyapı ilişkisi

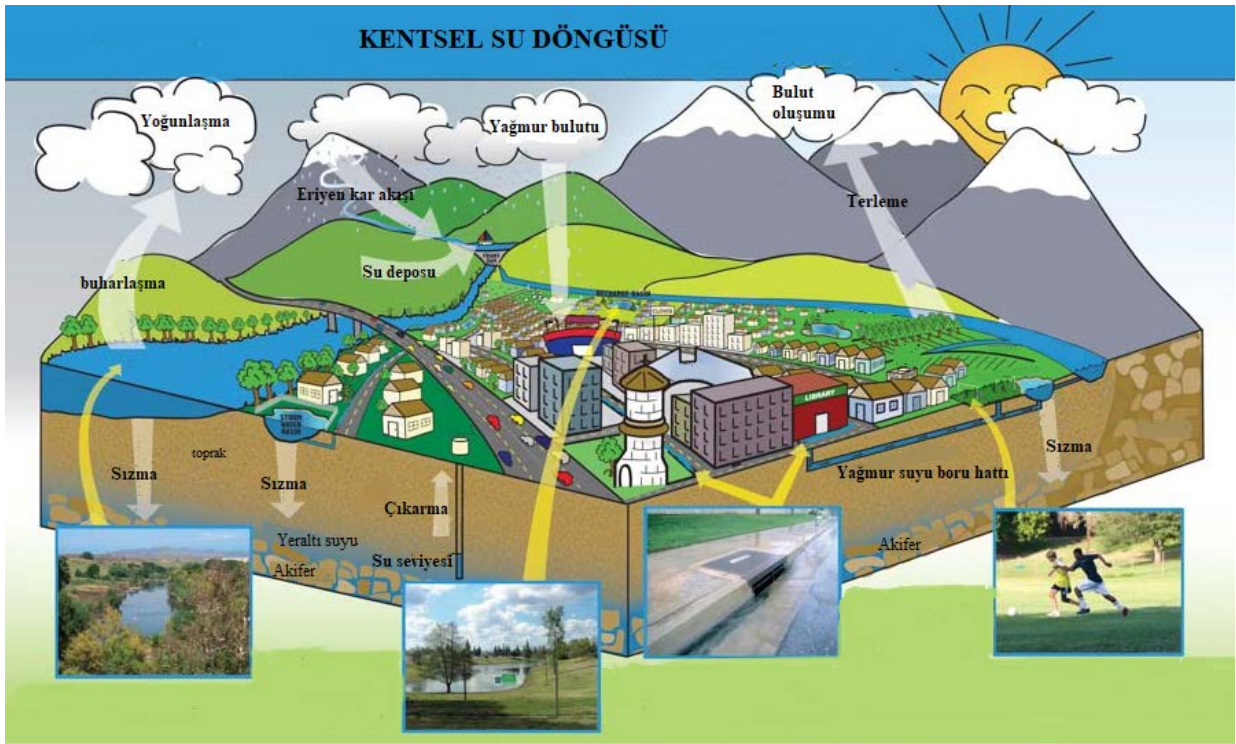
İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden kaynaklanan su sorunları, yakın gelecekte kentler için ciddi zorluklara neden olacaktır. Kısa sürede meydana gelen ani, yoğun yağışlar ve yazın kuraklık dönemleri kentsel su yönetim sistemleri için büyük bir endişe kaynağıdır. Kentsel kanalizasyon sisteminin aşırı yüklenmesine ve insan sağlığını tehdit etmesine ek olarak, fazla miktarda yağışların neden olduğu kentsel sel suları yüzey akışıyla bağlantılı olarak ciddi hasara yol açmaktadır. Ayrıca önemli miktardaki bu su, kentteki su döngüsünden (Şekil 6) yararlanılmadan (sızma, depolama) uzaklaştırılmaktadır (Csete ve Gulyas, 2019).

Günümüzde ve yakın gelecekte, iklim değişikliğinin etkileri şehirler için su ve yağışla bağlantılı olarak büyük zorluklar oluşturacaktır. Kentsel nüfus ve kentleşmiş alanlar arttıkça, bu alanların havzaları, kentlerin idari sınırlarının ötesine uzanan önemli baskılara maruz kalacaktır. Bu nedenle kenti ve çevresini etkileyen su sorunlarını karmaşık bir sistem olarak yorumlamak ve analiz etmek önemlidir (Jha ve ark., 2012). Kentsel su döngüsü sorunu oldukça çeşitlidir ve doğal alanlardan önemli ölçüde farklıdır. Çünkü doğal süreçler, (şiddetli yağış olayları, seller, kuraklıklar vb.) vatandaşların yaşamı ve kentteki yaşam kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Diğer yandan, kentsel su hem mekânsal hem de fiziksel-kimyasal (kirlilik, içme suyu arıtma) etkileri olmak üzere önemli etkilere maruz kalmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerin fazla olması ve suyun yapay kanallara boşaltılması kentsel hidrolojik süreçleri etkilemektedir (Haidu ve Ivan, 2016). Kentsel planlamanın bu süreçleri, sürdürülebilir bir şekilde yönetmesi gerekmektedir (Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2009; Romnée ve ark., 2015).

Çizelge 3. MYA uygulama örnekleri (Foster, 2011; Avrupa Komisyonu, 2013; Landscape Institute, 2013; Driscoll, ve ark., 2015; Brears, 2018b).

Table 3. BGI application examples (Foster, 2011; European Commission, 2013; Landscape Institute, 2013; Driscoll et al., 2015; Brears, 2018b).

DOĞAL		
Yağmursuyu Tutma ve Depolama Sistemleri	<i>Yağmursuyu Tutma Birimleri</i>	Tutma birimleri, bir yağmur olayı sırasında yağmur suyu akışını geçici olarak depolayan ve daha sonra kontrollü bir oranda drenaj sistemine bırakan sistemlerdir.
	<i>Yağmur Bahçeleri</i>	Yağmur bahçeleri, çatılardan, kaldırımlardan ve sokaklardan akan yağmur suyu akışını engellemek için tasarlanmış bitki örtülü arazi çöküntüleridir.
	<i>Bitkisel hendek</i>	Bitkisel hendekler, gelişmeler için yeşil açık alan sağlarken, yağmur suyunu karadan akış yoluyla ileten açık iletim kanallarıdır.
Kıyı Tamponları, Yenilenmiş Su Yolları ve İnşa Edilen Sulak Alanlar	<i>Sulak Alan Tamponları</i>	Sulak alan tamponları, havzalar ve alıcı ortamlar arasında biyolojik filtreler görevi göerek besin maddelerinin önemli bir kısmını yakalar.
	<i>Yapay Sulak Alanlar ve Su Yolu Restorasyonu</i>	Rezervuarlar ve havzalar, çevredeki aşırı yağmur suyunun amaca yönelik olarak tutulması ve su kalitesinin iyileştirilmesi için restore edilebilir.
	<i>Yapay Sulak Alanlar</i>	Sulak alanlar suyu yavaşlatır, askıdaki katı maddeler bitki örtüsü tarafından tutulur. Diğer kirleticiler daha az çözünür formlara dönüşür ve bitkiler tarafından alınır.
İNSAN YAPIMI		
Yeşil Binalar	<i>Yeşil Çatılar</i>	Yapısal olarak su yalıtımı ve kök bariyeri, drenaj tabakası, yetiştirme ortamı ve bitki örtüsünden oluşan yeşil çatılar yağmur suyunu tutma özelliğine sahiptir.
	<i>Mavi Çatılar</i>	Mavi çatılar veya depolama sistemleri, fırtına olayı geçene kadar suyu geri tutan kanalın etrafında bir akış sınırlama cihazına sahiptir. Biriken su belirlenen eşiği aşarsa, su çatı giderine taşar.
	<i>Yağmur Suyu Hasadı</i>	Yağmur suyu hasadı tipik olarak konut ve ticari çatılardan akışları yönlendirir ve depolar.
Yeşil Sokaklar	<i>Tampon Bitki Örtüsü ve Çimenler</i>	Yağmur suyunu yolların, kaldırımların ve meydanların yanında açık hendeklere yönlendiren geleneksel çözümlerin yerine, suyun buharlaşmasını ve sızmasını artıran bitkisel tampon şeritleri kullanılabilir.
	<i>Yağmur Suyu Ağacı Hendeği</i>	Yağmur suyu ağacı hendeği, yeraltı sızma yapısıyla birbirine bağlanan bir ağaç sistemidir. Taş veya çakılla doldurulmuş geçirgen bir kumaşla kaplı, üstü toprak ve ağaçlarla kaplı bir kaldırım boyunca kazılmış bir hendek içerir.
	<i>Çakıl Hendeği</i>	Çakıl hendeği, yağmur suyu akışı için bir yeraltı rezervuarı oluşturmak için taşlarla doldurulmuş bitki içermeyen bir hendektir.
	<i>Depolama Tankları/ Yeraltı Sistemleri</i>	Depolama tankları, akışı yakalamak ve drenaj sistemine pik akışları azaltmak için yer altına yerleştirilebilir. İçilemeyen yeniden kullanım için depolama sağlamak üzere yağmur suyu toplama sistemleriyle de birleştirilebilirler.
Yeşil Alanlar: Kentsel Orman ve Bitki Örtüsü	<i>Yeşil Park Alanları</i>	Otoparklar, kentsel ve banliyö su geçirmez yüzey alanının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu alanlar yerine yeşil park alanları tasarlanarak geçirimsiz alanlar azaltılır ve toprağa sızan yağmur suyu miktarı artırılır.
	<i>Parklar ve Açık Alanlar</i>	Park alanları, yağmur suyunu kolayca emebilen önemli geçirgen yüzeyler içerir. İyi tasarlanırsa, parklar, geçirimsiz olan daha büyük kara alanlarına hidrolik bağlantılar oluşturacak şekilde geliştirilebilir. Bu da parkların, çevredeki yollardan ve diğer geçirimsiz yüzeylerden yağmur suyu akışını filtrelemesini sağlar.
	<i>Çok Fonksiyonlu Kamu Tesisleri</i>	Belediye binaları, kütüphaneler, halka açık otoparklar, okullar, toplum merkezleri ve parklar; geçirgen kaldırımlar, ağaçlar ve yağmur suyu hasadı dâhil olmak üzere oldukça görünür MYA iyileştirmeleri için fırsatlar sağlar.



Şekil 6. Kentsel su döngüsü (URL-4).

Figure 6. Urban water cycle (URL-4).

Günümüzde, giderek daha fazla ülke kentsel yeşil yüzeylerin kentleşmenin su döngüsü üzerindeki olumsuz etkisini azaltmada önemli bir araç olduğunu kabul etmektedir. Bu yollarla kentsel su yönetimi daha sürdürülebilir ve uygun maliyetli hale getirilebileceği gibi, kentler de vatandaşları için daha yaşanabilir hale gelecektir. Yeşil altyapının rolü, öncelikle suyu tutma kabiliyetinde yatmaktadır ve kullanımı yapay ve doğal altyapı unsurlarını birleştirmektedir (Berland ve ark., 2017; Kuehler ve ark., 2017).

Kentsel su yönetimi ile ilgili daha uzun bir geçmişe sahip düşük etkili kalkınma ve yeşil yağmur suyu altyapısı, sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri, suya duyarlı kentsel tasarım ve sünger şehir gibi çeşitli planlama sistemi örneği bulunmaktadır (Dietz, 2007; Fletcher ve ark., 2015). Bu büyük girişimler, yeşil altyapı çözümlerinin yayılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu girişimler, farklı bölgesel ve planlama geleneklerine bağlı olarak, birçok açıdan farklılık göstermektedir. Ancak hedefleri açısından da birçok ortak özelliğe sahiptir. Bu girişimlerin temel hedefleri, şehrin hidrolojik döngü dengesini yeniden sağlamak, daha büyük hacimlerde suyu tutmak ve depolamak (yağmur suyunu toplamak ve depolamak), su kalitesini korumak (kirleticileri en aza indirmek) ve parazitleri (asalakları) azaltmaktır (US EPA, 2007). Bu sistemlerde MYA çözümleri, yapay mühendislik unsurlarının (gri altyapının) kısmen veya tamamen değiştirilmesinde ana rol oynamaktadır (Csete ve Gulyas, 2019).

Yeşil altyapı ve sürdürülebilir kentsel su yönetimi ile bağlantılı olarak, mavi altyapının rolünü vurgulamak da önemlidir. Sürdürülebilir su yönetim sistemlerinde, karmaşık bir bütün oluşturdukları için mavi ve yeşil altyapıyı birbirinden ayırmak pek mümkün değildir. Mavi altyapı ifadesi, su şebekesi sisteminin doğal ve yarı doğal unsurlarına atıfta bulunmakta ve yeşil altyapı ile bunlar yapay, kentsel habitatta organik bir ortam oluşturmaktadır (Haase, 2015). Birçok durumda açıklanan bu sürdürülebilir altyapı öğelerinin arka planı, ekosistem hizmetleri ve doğa temelli çözümlerin (DTÇ) uygulamasında yer almaktadır (Frantzeskaki, 2019). Günümüzde doğa temelli çözümler, doğal süreçleri taklit etmekte, onlardan ilham almakta ve doğanın desteklediği çözümleri kullanmaktadır. Kentsel su yönetiminde en önemli amaç, kentlerin akışlarını ve yollarını yarı doğal hale getirmektir. Bu nedenle, gelecekte, mavi-yeşil

kentleşme, kentsel planlamada giderek daha önemli bir rol oynayacaktır. Ancak bu, iyi su yönetimi ile mümkündür. Şehir plancıları ve peyzaj mimarları doğa temelli çözümleri dikkate alırlarsa kentlerin direncini artırabilirler. Bu süreçte vatandaşların refahı ve gerekli altyapı da dikkate alınmalıdır. Ekosistem hizmetleri (örneğin: su / yeşil yüzeyler kültürel / sosyal hizmetler, yeşil altyapı tamponlama etkisi olarak) ve DTÇ'ler bu hedeflere ulaşmayı desteklemektedir (Frantzeskaki, 2019). Kentsel yeşil alanların yerel halk için olup çeşitli faydaları (örneğin: mikro iklim ve hava kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra gölgeleme) bulunmaktadır. Diğer yandan, kent sakinleri için de önemli olan çeşitli faydaları vardır. Bu alanlar rekreasyon, spor ve diğer sosyal etkinlik türlerin gerçekleştirilmesine imkân sunmaktadır (Kolcsár ve Szilassi, 2018).

Kentsel su kaynakları yönetimi bağlamında, mavi-yeşil altyapı yaklaşımı tüm kent genelinde su, atık su ve yağmur suyunun bütünsel planlamasını ve yönetimini gerektirmektedir. Geleneksel olarak, yağmur suyu drenaj boruları, bordür girişleri, küçük kanallar, yol kenarı hendekleri ve menfezlerden oluşan yağmur suyu sistemleri, sahadaki su baskınını azaltmak için yağmur suyunu sahalardan ana nehir kanalına veya en yakın büyük su kütesine mümkün olan en kısa sürede çıkarmak için tasarlanmaktadır. Birçok kent, yağmur suyunu yönetmenin yanı sıra evsel ve endüstriyel atık suyu da düzenleyen daha büyük bir kanalizasyon sisteminin parçası olarak drenaj sistemlerini uygulamaya koymuştur (Brears, 2018a).

Hidrolojik döngülerdeki değişiklikler, artan tepe akışları ve aşağı havza taşkın riskleri, yeraltı suyu ve yüzey suyu seviyelerindeki değişiklikler ve yetersiz boyutlandırma dahil olmak üzere geleneksel gri altyapının su miktarı üzerinde çok sayıda etkisi vardır. Bu da iklim değişikliğine bağlı sel risklerinin artmasına neden olmaktadır. Geleneksel sistemler aynı zamanda su kalitesini de etkilemekte ve kirleticiler yakındaki su yollarına akmaktadır (Cisneros ve ark., 2014). Bu durum da su ayak izini olumsuz etkilemektedir. Kısaca; kirletici maddelerin su yollarına kolaylıkla boşaltılması, kentsel yüzey akışının görsel kaliteyi düşürmesi ve artan termal kirlilik gibi geleneksel gri altyapının su kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerine çözüm olarak kentsel su yönetiminde mavi-yeşil altyapı yaklaşımı benimsenmelidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tüm dünyanın gündeminde olan ve planıcı-tasarımcı meslek disiplinlerinin de önemseydiği kavramlardan biri olan “sürdürülebilir kalkınma (SK)” kavramı, “küresel amaçlar” olarak 17 maddede özetlenmiştir. Bu başlıkların en önemlilerinden birkaçı “sağlıklı ve kaliteli yaşam”, “temiz su ve sanitasyon”, “sürdürülebilir şehir ve topluluklar” ve “iklim eylemi” olarak sıralanabilir. Diğer başlıkların hepsinin birbirini beslediği bu yaklaşım ülkemizin de gündeminde ilk günden bu yana yer almış ve sorumlu kurumlar çalışmalarını bu yönde yoğunlaştırmışlardır. Nitekim 2019 yılında Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından yayınlanan “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu”nda (SBB, 2019) ilgili bölümlere yapılan atıflar gerek suyun önemi gerekse mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının özellikle kentsel ortamlarda kurgulanması gereğine odaklanmıştır. Bu noktada;

- İklim değişikliği başta olmak üzere artan küresel risklerle ilgili çevre sağlığı politikalarının geliştirilmesi (SK3),
- Hızlı kentleşme, ekonomik faaliyetler ve iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması için entegre su kaynaklarının yönetimiyle ilgili yürütülen çalışmalara devam edilmesi (SK6),
- Afet yönetim sürecine iklim değişikliği faktörünün entegre edilmesi ve akıllı şehirlere yönelik altyapı gelişiminin sağlanması (SK11),
- Yerel/sektörel uyum ve iklim risk planları gibi farklı ve kritik alanlarda göstergelerin izlenmesi, tarımda suyun tasarruflu kullanımının teşvik edilmesi, tarım arazilerinin korunması (SK13),

gibi belirtilen stratejik eylemler ülke gündemine girmiş ve geçmiş yıllarda gerek Kentleşme Şuraları, gerekse Habitat toplantılarında da belirtilen, yeşil altyapı ve dirençli kentler kavramlarına katkı sunacak önemli girişimlerdir. 2017 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen “Şehircilik Şurası” sonuç bildirgesinin önemli bildirimlerinden biri de “Yeşil şehir yaklaşımı çerçevesinde

şehirlerimizde yeşil altyapı bileşenleri gibi ekolojik sistemler teşvik edilmelidir” olarak kayda geçmiştir (TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

Günümüzde kentlerde ortaya çıkan zorluklar, şehir plancılarının ve peyzaj mimarlarının rolünü yeniden düşünmelerine doğru evrilmektedir. Gelecekte kentlerin sürdürülebilirliğini ve kentsel su yönetimini sağlamak için arazi kullanım planlaması, mavi-yeşil uyumu ile birlikte düşünülmelidir. Ayrıca sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir planlama için, planlama ile su kaynaklarının tüketimi ilişkilendirilmeli ve bütünleşik su yönetimi sağlanmalıdır. Kırsal alanların kentsel alanlara ani ve hızlı dönüşümü, su kaynaklarının korunmasını dikkate alan kentsel su yönetimi stratejilerinin benimsenmesini gerektirmektedir. Su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımları günümüzde hızla değişen çevre koşulları için uygun araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araçlar kentsel su yönetimi sürecinde, özellikle mekânsal stratejiler oluşturulurken kullanılmalıdır.

Doğal ve kıt bir kaynak olan su, sosyal ve çevresel değerleri öncelikli olan bir kaynaktır. Su kaynaklarının sosyal, ekonomik ve çevresel hedefler açısından, akılcı yönetimi ve işletimi için su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımı araç olarak kullanılmalıdır. Su ayak izi yaklaşımı ile; birim içerisindeki girdi-çıkıtlı akışları belirlenmeli ve eko-sistemin su ihtiyaçlarını dikkate alarak, yüksek su ayak izinin ve etkilerinin üstesinden gelebilmek için çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan uygun stratejiler geliştirilmeli, planlar ve politikalar hazırlanmalıdır. Üretim ve tüketim süreçlerinin su kaynaklarının üzerindeki etkisini anlamak için, su ayak izi bileşenleri iyi analiz edilmeli ve ilgili birimdeki koşullar bütüncül bakış açısıyla değerlendirilmelidir.

Mavi-yeşil altyapı yaklaşımı ile kentsel peyzajın hidrolojik işlevini eski haline getirmek, su kalitesini iyileştirmek, su miktarını yönetmek, su maliyetlerini düşürmek, biyolojik çeşitliliği artırmak, bireylerin yaşam kalitesini artırmak ve bireylere spor, egzersiz, sosyalleşme gibi alanlar sunabilmek için kentsel stratejiler oluşturulmalıdır. Bunun için de kentsel yeşil alan miktarları artırılmalı, doğal ve insan yapımı mavi-yeşil altyapı yaklaşımları her ölçekte benimsenmelidir.

Son zamanlarda Türkiye’de yapılan politika belgeleri incelendiğinde yeşil altyapı kavramının da bu metinlerde yer almaya başladığı görülmektedir. Bu metinlerde;

- Kentleşme Şûrası (2017)’nda; yeşil altyapı bileşenleri ve ekosistem servislerinin performansına yönelik ilkelerin belirlenmesi ve yeşil altyapı ağlarının kurulması ve ilgili doğa esaslı tasarım çözümlerinin geliştirilmesi adına, planlama ve tasarıma rehberlik edecek ulusal ve yerel politikaların oluşturulmasına yönelik tavsiye kararları (TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017),

- 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı’nda; şehir planlamasının, çevresel kriterleri ve doğal değerleri temel alarak yüksek yeşil alan miktarını ve yeşil altyapıyı dikkate alarak yapılmasının sağlanmasının gerekliliği (TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019),

- 2011–2023 Türkiye’nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı’nda yeşil altyapının hayati bir rol oynadığına değinilmesi (TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012),

- 2019-2023 On Birinci Kalkınma Planı’nda; kara ve denizdeki korunan alan miktarı artırılarak bu alanların etkin yönetiminin sağlanması için yeşil koridor oluşturulması, planlama ve altyapı çalışmaları gibi uygulamaların gerçekleştirilmesi ihtiyacı (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019),

- 23 Haziran 2017 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren kentlerde yağış suyu yönetimine ilişkin “Yağmursuyu Toplama Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik” (Resmî Gazete, 2017),

- Nisan 2018 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan yağmur bahçelerinin uygulanmasına ilişkin usul ve esasları içeren “Yağmur Bahçesi Hazırlama Kılavuzu” (TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018) yer almaktadır.

- Ocak 2021 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından değişiklik yapılarak düzenlenen çatıda toplanan yağmur suyunun bahçe zemini altında bir depoda toplanmasını sağlamak amacıyla yeni binalara “yağmur suyu toplama sistemi” kurulmasını (Md.57. Ek: RG-23/1/2021-31373) zorunlu hale getiren “Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” (Resmî Gazete, 2021) yer almaktadır.

Yeşil altyapı kavramının bu tür politika metinlerinde yer almaya başlaması ve devam etmesi mavi-yeşil altyapı kavramının gelişimi için de çok önemlidir. Bilimsel anlamda başta Peyzaj Mimarlığı olmak üzere konuya ilişkin etkinlikler de artmaktadır. Yerel yönetimlerin su konusunu özellikle pandemi dönemini de içine alan içinden geçtiğimiz kurak dönemde sürekli dile getirmesi ve artık rezerv alanları, yağmur hasadı ve yönetimi konusundaki hassasiyetinin artışı kayda değer bir gelişme olarak yorumlanabilir. Etkili ve etkin kentsel su yönetiminin sağlanabilmesi için, su yönetiminin arazi kullanımı, kentsel tasarım ve şehir planlaması içindeki yeri, ilgili paydaşlar tarafından net bir şekilde kabul edilmelidir. Suyu, yeşil ve mavi alanlarda daha fazla açığa çıkaracak şekilde yönetmek için yeni fırsatlardan yararlanılmalıdır. Bu bağlamda geleceğe yönelik yapılan kent gelişim stratejilerinde, her ölçekte ve sektörde sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlara çözüm önerilerinin geliştirilmesinde, toplumun su tasarruf bilincinin artırılmasında, su yönetimine paydaşların katılmasında ve kamu politikalarının bu yönde değiştirilmesinde su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının benimsenmesi oldukça önemlidir. Su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı yaklaşımlarının ortak amaçlarının su kalitesini iyileştirmek ve su miktarını yönetmek olması bu yaklaşımların kentsel su yönetiminde araç olarak kullanımının önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Son olarak, çalışma konusu yurt dışı literatüründe gelişmiş olsa da mavi-yeşil altyapı yaklaşımı Türkiye’de yeni bir konu olup özellikle Türkçe terminoloji konusunda çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle de Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmeliğinde yeni yer alarak zorunlu hale getirilen “yağmur suyu toplama sistemi” kurulması sürecinde de bu konuda farklı meslek disiplinlerinin ortak çalışmalar yapmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aldaya, M. M., Martínez-Santos, P. & Llamas, M. R. 2010. Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain. *Water Resources Management*, 24(5), 941-958.
- American Society of Landscape Architects (ASLA), American Rivers (AR), The water environment federation (WEF) & Econorthwest, 2012. Banking on green: A look at how green infrastructure can save municipalities money and provide economic benefits community-wide report. (Web sayfası: <https://www.americanrivers.org/wp-content/uploads/2017/03/banking-on-green-report.pdf>) (Erişim tarihi: Ekim 2020).
- Andoh, R. Y. & Iwugo, K. O. 2002. Sustainable urban drainage systems: a UK perspective. In *Global Solutions for Urban Drainage*. CRC Press: Newyork, USA, pp. 1-16.
- Artar, M., Gormus, S. & Cengiz, S. 2016. Landscape assessments in Bartın (TR) via green infrastructure approach. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(2), 737-746.
- Avrupa Çevre Ajansı, 2015. Yeşil altyapı: doğaya dayalı çözümlerle daha iyi yaşam. (Web sayfası: <https://www.eea.europa.eu/tr/articles/yesil-altyapi-dogaya-dayali-cozumlerle>) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Avrupa Komisyonu, 2012. A blueprint to safeguard Europe’s water resources. (Web sayfası: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52012DC0673>) (Erişim tarihi: Kasım 2020).
- Avrupa Komisyonu, 2013. Green infrastructure- enhancing Europe’s natural capital. (Web sayfası: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>) (Erişim tarihi: Eylül 2020).
- Benedict, M. A. & McMahon, E. T. 2012. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.
- Berland, A., Shiflett, S. A. Shuster, W. D., Garmestani, A. S., Goddard, H. C., Herrmann, D. L. & Hopton, M. E. 2017. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167-177.
- Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2009. Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being. (Web sayfası: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7762>) (Erişim tarihi: Eylül 2020).
- Brears R.C. 2018b. Blue-Green infrastructure in managing urban water resources. In: *Blue and Green Cities*. Palgrave Macmillan, London, pp 43-61
- Brears, R. C. 2018a. From traditional grey infrastructure to blue-green infrastructure. In *Blue and Green Cities*, Palgrave Macmillan, London, pp 1-41.
- Caparrós-Martínez, J. L., Milán-García, J., Rueda-López, N. & de Pablo-Valenciano, J. 2020. Green infrastructure and water: an analysis of global research. *Water*, 12(6), 1760.
- Cisneros, J.B.E., Arnell, T. O., Benito, N. W., Cogley, G., Döll, J. G., ... & Hock, R., 2014. Freshwater resources. Working Group II to the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change

- (IPCC). (Web sayfası: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIAR5-Chap3_FINAL.pdf) (Erişim tarihi: Kasım 2020).
- City of Chicago. 2014. City of Chicago green stormwater infrastructure strategy. (Web sayfası: <https://www.cityofchicago.org/content/dam/city/progs/env/ChicagoGreenStormwaterInfrastructureStrategy.pdf>) (Erişim tarihi: Ekim 2020).
- Crujisen, A. C., 2015. Design opportunities for flash flood reduction by improving the quality of the living environment: A Hoboken City case study of environmental driven urban water management. (Web sayfası: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Af433a5ce-8249-4976-a43f-a741b4ce2bf9>) (Erişim tarihi: Eylül 2020).
- Csete, A. K. & Gulyas, A. 2019. Investigating the role of green infrastructure in sustainable urban water management, a case study in Szeged. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 14(2), 483-494.
- Çelikyay, H.S. & Öztaş, R.G. 2019. Sürdürülebilir kentsel gelişmede mahalle ölçeği, Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler (Ed. L.G. Kaya ve S. Abbasova), Gece Akademi, 225-238.
- ÇŞB, 2017. Şehircilik Şûrası 2017 sonuç bildirgesi. (Web sayfası: <https://sehirciliksurasi.csb.gov.tr/bakan-ozhaseki-sehircilik-surasi-sonuc-bildirgesini-acikladi-haber-220958>) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Demircan, N., Aksu, A. & Kuzulugil, A. C. 2020. Mavi-Yeşil altyapı kapsamında Erzurum kent merkezinin değerlendirilmesi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(2), 409-421.
- Dietz, M. E. 2007. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water, Air, and Soil Pollution*, 186(1-4), 351-363.
- Driscoll, C. T., Eger, C. G., Chandler, D. G., Davidson, C. I., Roodsari, B. K., Flynn, C. D., Lambert, K. F., Bettez, N. D. & Groffman, P. M. 2015. Green infrastructure: lessons from science and practice. (Web sayfası: https://www.researchgate.net/publication/280567737_Green_Infrastructure_Lessons_from_Science_and_Practice) (Erişim tarihi: Kasım 2020).
- Drosou, N., Soetanto, R., Hermawan, F., Chmutina, K., Boshier, L. & Hatmoko, J. U. D. 2019. Key factors influencing wider adoption of blue-green infrastructure in developing cities. *Water*, 11(6), 1234.
- Ellis, J. B. 2013. Sustainable surface water management and green infrastructure in UK urban catchment planning. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1), 24-41.
- Fialkiewicz, W., Burszta-Adamiak, E., Malinowski, P. & Kolonko, A. 2013. Urban water footprint- system monitorowania i oceny gospodarowania wodą w miastach. *Ochrona Środowiska*, 35, 9-12. (In Polish)
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., ... & Mikkelsen, P. S. 2015. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more-The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542.
- Foster, J., Lowe, A. & Winkelmann, S. 2011. The value of green infrastructure for urban climate adaptation. Center for Clean Air Policy, 750.
- Frantzeskaki, N. 2019. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy*, 93, 101-111.
- Ghofrani, Z., Sposito, V. & Faggian, R. 2017. A comprehensive review of blue-green infrastructure concepts. *International Journal of Environment and Sustainability*, 6(1), 15-36.
- Gobin, A., Kersebaum, K.C., Eitzinger, J., Trnka, M., Hlavinka, P., Kroes, J., Takac, J., Ventrella, D., Natali, F. & Dallamarta, A. 2017. Variability in the water footprint of arable crop production across European regions. *Water*, 9, 93.
- Haase, D. 2015. Reflections about blue ecosystem services in cities. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 5, 77-83.
- Haidu, I. & Ivan, K. 2016. The assessment of the impact induced by the increase of impervious areas on surface runoff. Case study the city of Cluj-Napoca, Romania. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(2), 331-337.
- Hoekstra, A. Y. & Chapagain, A. K. 2006. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. In *Integrated assessment of water resources and global change*, Springer, Dordrecht, pp 35-48.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A., Martinez-Aldaya, M. & Mekonnen, M. 2009. *Water footprint manual: state of the art 2009*. Enschede, the Netherlands: Water Footprint Network.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. & Mekonnen, M.M. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual, Setting the Global Standard*; Earthscan: London, UK, 2011, pp 228.

- Hoff, H., Döll, P., Fader, M., Gerten, D., Hauser, S. & Siebert, S. 2013. Water footprints of cities; indicators for sustainable consumption and production. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 2601–2639.
- Jha, A. K., Bloch, R. & Lamond, J. 2012. Cities and flooding: A Guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. The World Bank.
- Kaylı, A. & Gölbey, A. G. G. 2020. Yeşil altyapı ve yeşil bina bileşeni olarak kurakçıl peyzaj uygulamaları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 140-150.
- Kolcsár, R. A. & Szilassi, P. 2018. Assessing accessibility of urban green spaces based on isochrone maps and street resolution population data through the example of Zalaegerszeg, Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 31-36.
- Kuehler, E., Hathaway, J. & Tirpak, A. 2017. Quantifying the benefits of urban forest systems as a component of the green infrastructure stormwater treatment network. *Ecohydrology*, 10(3), 1813.
- Kusuluoglu, D. D. & Aytac, G. (2016). Urban parks and their role on sustainable urban water cycle. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17(2), 621-628.
- Landscape Institute, 2013. Green infrastructure: an integrated approach to land use. (Web sayfası: https://www.landscapeinstitute.org/wp-content/uploads/2016/03/Green-Infrastructure_an-integrated-approach-to-landuse.pdf) (Erişim tarihi: Eylül 2020).
- Maes, J., Barbosa, A., Baranzelli, C., Zulian, G., e Silva, F. B., Vandecasteele, I., ... & Jacobs-Crisioni, C. 2015. More green infrastructure is required to maintain ecosystem services under current trends in land-use change in Europe. *Landscape ecology*, 30(3), 517-534.
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 1577–1600
- Nascimento, N., Vinçon-Leite, B., De Gouvello, B., Gutierrez, L., Granceri, M., Silva, T. & Costa, H. 2016. Green blue infrastructure at metropolitan scale: a water sustainability approach in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, Brazil. *Novatech 2016*, 2016, Lyon, France.
- Öztaş Karlı, R.G. 2020. Su ayak izi nedir?, Su ve Ürünleri Araştırma Dinamikleri (Ed. İ. Cengizler), İKSAD, 85-109.
- Öztaş, R.G. & Çelikyay, H.S. 2018. Alternative indicator on water management in planning: Water footprint, V. International Multidisciplinary Congress Of Eurasia, Barcelona, İspanya.
- Parlak E. & Atik M. 2020. Dünyadan ve ülkemizden mavi-yeşil altyapı uygulamaları, PEYZAJ- Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 2(2), 86-100
- Paterson, W., Rushforth, R., Ruddell, B.L., Konar, M., Ahams, I.C., Gironás, J., Mijic, A. & Mejia, A. 2015. Water footprint of cities: A review and suggestions for future research. *Sustainability*, 7, 8461–8490
- Poleto, C. ve Tassi, R. (2012). Sustainable urban drainage systems In: *Drainage Systems*. IntechOpen, pp 55-72.
- Pötz, H., Bleuze, P., Sjaun En Wa, A. & Baar, T. V. 2012. Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden urban green-blue grids for sustainable and dynamic cities. Delft: Coop for life. (Web sayfası: <https://library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/1993795>) (Erişim tarihi: Kasım 2020).
- Resmi Gazete, 2017. Yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemleri hakkında yönetmelik. (Web sayfası: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm>) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- Resmi Gazete, 2021. Planlı alanlar imar yönetmeliği. (Web sayfası: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23722&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- Romnée, A., Evrard, A. & Trachte, S. 2015. Methodology for a stormwater sensitive urban watershed design. *Journal of Hydrology*, 530, 87-102.
- Rozos, E., Makropoulos, C. & Maksimović, Č. 2013. Rethinking urban areas: an example of an integrated blue-green approach. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(6), 1534-1542.
- SBB, 2019. Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı. ISBN: 978-605-7751-13-3. Yayın No:0013. 286 sf. Ankara. (Web sayfası: https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/03/Surdurulebilir-Kalkinma-Amaclari-Degerlendirme-Raporu_13_12_2019-WEB.pdf) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Schyns, J.F., Hamaideh, A., Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M. & Schyns, M. 2015. Mitigating the risk of extreme water scarcity and dependency: The case of Jordan. *Water*, 7, 5705–5730.

- Spatari, S., Yu, Z. & Montalto, F. A. 2011. Life cycle implications of urban green infrastructure. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2174-2179.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019. On birinci kalkınma planı (2019-2023). Ankara. (Web sayfası: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012. Türkiye'nin iklim değişikliği uyum stratejisi ve eylem planı 2011-2023. Ankara. (Web sayfası: https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editorosya/uyum_stratejisi_eylem_plani_TR.pdf) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017. Şehircilik şûrası komisyon raporları. Ankara. (Web sayfası: <https://sehiciliksurasi.csb.gov.tr/>) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. Yağmur bahçesi hazırlama kılavuzu. Ankara. (Web sayfası: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/haberler/yagmur-bahces-_230718-20180724082855.pdf) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019. 2020-2023 Ulusal akıllı şehirler stratejisi ve eylem planı. Ankara. (Web sayfası: <https://www.akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/EylemPlani.pdf>) (Erişim tarihi: Aralık 2020).
- TUSIAD, 2008. Türkiye'de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler. Ersis: İstanbul.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J. & James, P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: A literature review. *Landscape and urban planning*, 81(3), 167-178.
- Ulian, G., Cartes, I. & Lima, M. M. C. L. 2017. Water management assessment methodology for urban planning. *Revista Ambiente & Água*, 12(1), 33-46.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2007. Reducing stormwater costs through low impact development (LID) strategies and practices. Report No. EPA 841-F-07-006. Washington, D.C. (Web sayfası: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/2008_01_02_nps_lid_costs07uments_reducingstormwatercosts-2.pdf) (Erişim tarihi: Ekim 2020).
- URL-1: Mavi su ayak izi bileşeni. (Web sayfası: https://fs-1.5mpublishing.com/images/water_build/blue_water_visual.jpg) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- URL-2: Yeşil su ayak izi bileşeni. (Web sayfası: https://fs-1.5mpublishing.com/images/water_build/green_water_diagram.jpg) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- URL-3: Gri su ayak izi bileşeni. (Web sayfası: https://fs-1.5mpublishing.com/images/water_build/grey_diagram.jpg) (Erişim tarihi: Ocak 2021)
- URL-4: Kentsel su döngüsü. (Web sayfası: <http://www.fresnofloodcontrol.org/product/urban-water-cycle-poster-36-x-48/>) (Erişim tarihi: Şubat 202)
- Vanham, D. & Bidoglio, G. 2014. The water footprint of Milan. *Water Science and Technology*, 69, 789–795.
- Wagner, I., Krauze, K. & Zalewski, M. 2013. Blue aspects of green infrastructure. *Sustainable Development Applications*, 4, 145-155.
- Wang, H., Mei, C., Liu, J. & Shao, W. 2018. A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city. *Science China Technological Sciences*, 61(3), 317-329.
- Wang, Z., Huang, K., Yang, S. & Yu, Y. 2013. An input-output approach to evaluate the water footprint and virtual water trade of Beijing, China. *Journal of Cleaner Production*, 42, 172–179.
- WFN, 2020a. What is a water footprint? <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/> (Erişim tarihi: Ekim 2020).
- WFN, 2020b. Water-footprint-assessment. (Web sayfası: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/water-footprint-assessment/>) (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Wise, S. 2008. Green infrastructure rising. *Planning*, 74(8), 14-19.
- Wong, T. H. 2006. Water sensitive urban design-the journey thus far. *Australasian Journal of Water Resources*, 10(3), 213-222.
- WWF, 2014. Türkiye'nin su ayak izi raporu: Su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi. (Web sayfası: http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf) (Erişim tarihi: Ekim 2020).
- Zhao, R., He, H. & Zhang, N. 2015. Regional water footprint assessment: A case study of leshan city. *Sustainability*, 7, 16532–16547.