

Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu Özelinde Sürdürülebilir Bir Retrofit Önerisi: Yağmur Suyu Toplama Sistemi

Doğukan KARATAŞ^{*1}, Kutluğ SAVAŞIR¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 35410, İzmir, Türkiye

(Alınış / Received: 01.02.2023, Kabul / Accepted: 16.07.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 25.08.2023)

Anahtar Kelimeler

Yağmur suyu toplama sistemi,
Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu,
İklim değişikliği,
Sürdürülebilirlik,
Su

Öz: İklim değişikliği krizi su ile direkt bağlantılıdır ve her geçen gün etkileri daha da endişe verici boyutlara ulaşmaktadır. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artış göstermesi su talebini de aynı oranda yükseltmektedir. Küresel bazda ülkelerde yaşanan su stresi ve su kıtlığı problemlerine çözüm oluşturmak amacıyla su tüketimlerinin düşürülmesi ve alternatif su kaynaklarına yönelim önemli bir noktada yer almaktadır. Kentler içerisinde büyük alan kaplayan spor yapıları olan stadyumların bu noktada çevresel etkileri ve su tüketimleri de önemli boyutlara ulaşmaktadır. Bu çalışmada, İzmir ili Konak ilçesinde bulunan Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu'nun sürdürülebilirliğini geliştirmeye yönelik yağmur suyu toplama sisteminin olası imkanları ve önemi vurgulanmaktadır. Çalışmada, stadyum çatısından toplanabilecek yağmur suyu verimi ile seyirci, oyuncu ve çalışan kullanımına ek olarak çim saha sulaması sonucunda oluşan yıllık su tüketimi değeri hesaplanmış bu doğrultuda yağmur suyu toplama sisteminin etkinliği değerlendirilmiştir.

A Sustainable Retrofit Proposal for the Alsancak Mustafa Denizli Stadium: Rainwater Collection System

Keywords

Rainwater collection system,
Alsancak Mustafa Denizli Stadium,
Climate change,
Sustainability,
Water

Abstract: Climate change crisis is directly related to water and its effects are growing more worrisome every day. The rapid growth in the world population increases the demand for water at the same rate. To address the issues of water stress and water scarcity in countries, it is crucial to cut water usage globally and use alternate water sources. At this point, stadiums, which are big sports structures that take up a lot of space in cities, have considerable environmental consequences and water usage. In this study, the possibilities and significance of a rainwater collection system to improve the sustainability of the Alsancak Mustafa Denizli Stadium, located in the Konak district of İzmir, are highlighted. The rainwater yield that can be harvested from the stadium roof was calculated. The effectiveness of the rainwater collection system was evaluated in line with the annual water consumption value resulting from the use of spectators, players and employees and the grass field irrigation.

1. Giriş

Global çerçevede tüm ekosistemler ve canlılar için temel hayat kaynağı olan su, ülkeler için toplumsal ve ekonomik açıdan kalkınmanın önemli bir bileşenidir [1]. Su, her ne kadar döngü içerisinde olan yenilenebilir bir kaynak olsa da yaygın kullanımına aksine sonsuz bir değer değildir. Dünya nüfusu, yüz yıllık bir süreç içerisinde dört kat artmış ve 2020 yılı itibariyle sekiz milyar kişiye yaklaşmıştır. Bu sayının 21.

yüzyılın sonunda on bir milyar kişiye kadar ulaşması beklenmektedir [2]. Hem yerel hem de küresel ölçekte artan nüfus ve buna bağlı olarak gelişen ekonomik etkinlikler, pek çok sektörde suya duyulan gereksinimin artmasına ve temiz su kaynaklarının tükenmesine yol açmaktadır. Bu durum içerisinde fiziksel, yönetsel, piyasa bazlı ve teknolojik açıdan birçok riski de beraberinde getirmektedir [3].

*İlgili yazar: dogukan.karatas24@gmail.com

Türkiye’de de durum dünyadakine benzer bir şekilde seyretmektedir. 2020 yılında Türkiye’de kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.339 m³tür [4]. Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]’nin verilerinde belirttiği üzere, ülkenin nüfusu 2040 yılında 100.331.233 kişiye ulaşacaktır [5]. Nüfustaki bu hızlı artış suya duyulan talebi de aynı oranda artıracaktır. Bu projeksiyonda yıllık su miktarının 1.120 m³/kişi olması öngörülmektedir [6]. 1989 yılında İsviçreli bilim insanı Malin Falkenmark tarafından geliştirilen ve herhangi bir ülke veya bölgedeki kişi başına yıllık su tüketiminin ölçümünü içeren Falkenmark Göstergesi ’ne göre; bu değer yıllık 5.000 m³/kişi ve üzerindeyse o ülke/bölge su zengini olarak belirtilmektedir. Yıllık 1.000-1.700 m³/kişi arasındaki değerler su stresli bir ülke/bölgeyi göstermektedir. Yıllık 500-1.000 m³/kişi arasındaki değerler kıtlık sınıfına girerken, 500 m³/kişi altında kalan değerlere sahip ülke/bölgelerin kesin kıtlık yaşaması öngörülmektedir [7][8]. Bu indekse göre Türkiye, mevcut konumunda su stresli altında olan, hızla artan nüfusu ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle birlikte su kıtlığı yaşamaya doğru ilerleyen bir ülke konumundadır.

İklim değişikliği sadece çevresel bir sorun değil, aksine çok boyutlu ve komplike bir durumdur. 20. yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan ve sürekli gelişmeye devam eden sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramının başlıca konularından olan iklim değişikliği, dünyanın su varlığını kısıtlamakta, mevcut su kalitesini düşürmekte ve dünya çapında etkili olma olasılığına sahip bir su kıtlığı yaratmaktadır. Nüfus artışları, orantısız göç hareketleri, düşük toprak kalitesi, doğal arazilerin yapısının değiştirilmesi ve buna bağlı olarak ekolojik dengesizlik ve biyoçeşitliliğin azalması gibi faktörler iklim değişikliğinin oluşturduğu tehditlere ek olarak karşımıza çıkmaktadır [9]. Enerji, planlama, tarım, sanayi, finans vb. birçok sektörde etkisini gösteren bu problemler, yöneticiler ve karar vericiler tarafından iyi analiz edilerek toplumsal ölçekte sürdürülebilir su politikaları ve kalkınma odaklı çözüm önerileri geliştirilmelidir [10].

Küresel bazda yaşanan su stresli ve su kıtlığı problemlerine çözüm oluşturmak amacıyla su tüketimlerinin düşürülmesi ve alternatif su kaynaklarına yönelim önem kazanmaktadır. Kolektif bir bilinç ile ilerlemesi gereken bu çözümlerden ıslak hacim tesisatlarında su tasarruflu ekipmanların tercih edilmesi, bunların kullanımı sonucunda atığa dönüşen suyun gri su olarak yeniden sisteme kazandırılması ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan yağmur suyu toplama sistemleri ön plana çıkmaktadır [11]. Su zengini olan ülkelerde yağmur suyu yer altı sularını beslemek için toplanırken, su stresli veya kıtlığı altında olan ülkelerde yapılarda kullanılarak şebeke suyunun

üzerindeki yükü azaltmakta ve kaynakların kullanımını minimize etmeye yardımcı olmaktadır [12].

Stadyumlar, belirli bir süre içerisinde çok fazla sayıda kullanıcıya ev sahipliği yapan, kentler içerisinde büyük alan kaplayan spor yapılarıdır. Hem yapısal ölçekte hem de kentsel ölçekte büyük yapılar olan stadyumların çevresel etkileri de aynı oranda büyüktür. Özellikle günümüz dünyasının içinde bulunduğu ekolojik problemler dikkate alındığında, belirli bir süre içerisinde binlerce kişiye hizmet veren bu sebeple çok fazla kaynak tüketimi oluşturan stadyumların çevresel etkilerinin ve tüketimlerinin azaltılması ile enerji etkinliklerinin artırılması büyük önem taşımaktadır [13]. Temiz, çevre dostu ve sürekli kendini yenileyen enerji kaynaklarının stadyumlara entegrasyonu ile hem yeni inşa edilecek hem de tadilatı yapılacak mevcut stadyumlarda yapı yaşam döngüsü boyunca daha sürdürülebilir bir tasarım ve işletme performansı sağlamak mümkündür.

Çalışma kapsamında ele alınan Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu (AMDS), İzmir ilinin Konak ilçesi, Umurbey Mahallesi, 1445 ada ve 34 parselinde yer alan 15.000 kişilik kapasiteye sahip bir spor yapısıdır [14]. Türkiye’deki en üst futbol organizasyon seviyesi olan Spor Toto Süper Lig’deki ilk maçın oynandığı ve ilk golün atıldığı AMDS, İzmir’in en eski stadyumlarından biri olma özelliğine de sahiptir. Çalışmanın amacı, AMDS’nin sürdürülebilirliğini geliştirmeye ve iklim değişikliğinin etkisiyle artan su problemlerinin önüne geçmeye yönelik bir çözüm önerisi olarak yağmur suyu toplama sisteminin olası imkan ve faydalarını tespit edip, sistemin etkinliğini değerlendirerek, önemini stadyumlardan hareketle tüm yapılar için vurgulamaktır. Yapının İzmir ilinde olması, yakın zamanda yıkılıp yeniden yapılmış olması ve stadyum kimliğinin getirdiği büyük bir ölçeğe sahip olması seçimi üzerinde etkili olan özelliklerindedir.

Yağmur Suyu Toplama Sistemleri’nin yapılarda kullanılması konusunda birçok yayın bulunmasına rağmen, İzmir koşullarını inceleyen iki makale mevcuttur. Genel olarak çalışmalar üniversite kampüsleri ve müstakil/toplu konutlar ile sınırlı kalmış, stadyumlar ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır (Tablo 1). Bu makalenin özgün değeri bu noktada önem kazanmaktadır. Önceki çalışmalardan referansla İzmir ve Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu özelinde yoğunlaşan çalışmanın sonraki çalışmalar için farklı bir perspektif oluşturarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 1. Yağmur Suyunun Yapılarda Kullanılması ile İlgili Yayınlar

Yazar/lar	Yıl	Başlık
Kantaroğlu, Ö. [15]	2009	Yağmur Suyu Hasadı Plan ve Hesaplama Prensipleri

Aladenola, O. O., Adeboye, O. B. [1]	2010	Assessing the Potential for Rainwater Harvesting
Rahman, A., Dbais, J., Imteaz, M. [16]	2010	Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Multistorey Residential Buildings
Şahin, N. İ., Manioğlu, G. [17]	2011	Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması
Rostad, N., Montalto, F. [18]	2012	Rainwater Harvesting: Using Urban Roof Runoff for Residential Toilet Flushing
Rahman vd. [19]	2014	Sustainability of Rainwater Harvesting System in terms of Water Quality
Dündar, O., Özölçer İ. H., Ünal Ş. V. [20]	2015	Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Kampüsü Yağmur Suyu Sistemi Teknik ve Ekonomik Analiz
Harb, R. [21]	2015	Assessing the Potential of Rainwater Harvesting System at the Middle East Technical University – Northern Cyprus Campus
Dadhich, G., Mathur, P. [22]	2016	A GIS Based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting
Yalılı Kılıç, M., Abuş, M. N. [23]	2018	Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı
Çetinkaya, A. [24]	2019	Sürdürülebilir Yağmur Suyu Depolama Yöntemleri: Muğla Yöresi Kırsal Sarnıçlarının Araştırılması ve MSKÜ Merkez Yerleşkesi için Alternatif Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi
Hajjar, H., Kılınç, İ. K., Ülker, E. [25]	2020	Rainwater Harvesting Potential in Public Buildings: A Case Study in Katip Celebi University
Hammes, G., Ghisi, E., Padilha, L. [11]	2020	Water End-Uses and Rainwater Harvesting: A Case Study in Brazil
Konyalı Dereli, C., Çay, R.D. [26]	2020	Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sisteminin Değerlendirilmesi: Fırınları TOKİ Konutları (Edirne) Yerleşimi İçin Bir Öneri
Śłyś, D., Stec, A. [27]	2020	Centralized or Decentralized Rainwater Harvesting Systems: A Case Study
Üstün, G. E., Can, T., Küçük, G. [12]	2020	Binalarda Yağmur Suyu Hasadı
Çaylı, A. [28]	2021	Kümeslerin Su Gereksiniminin Yağmur Suyu Hasadından Karşılanması Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği
Demirhan, E. [29]	2021	Yeşil Çatılarda Yağmur Suyu ve Güneş Enerjisi Sistemlerinin Sakarya Üniversitesi'ndeki Kazan Dairesi Binasında Uygulanması
Kalıpcı, E., Başer, V., Genç, N. [30]	2021	Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Yağmur Suyu Hasadının Değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi Kampüs Örneği
Sevimli, A. [31]	2021	Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği
Temizkan, S., Tuna Kayılı, M. [32]	2021	Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinde Optimum Depolama Yönteminin Belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği
Çakar, H. [33]	2022	İzmir İli Koşullarında Bahçeli Bir Sitenin Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Değerlendirilmesi
Yalılı Kılıç, M., Adalı, S. [34]	2022	Alışveriş Merkezi Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı

2. Materyal ve Metot

Yağmur suyunun toplanması, arazi ve çatı üzerinden olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, çatı üzerinden yağmur suyunun toplanması üzerinde durulmaktadır. AMDS'ye kurulacak bir Yağmur Suyu Toplama Sistemi (YSTS) uygulaması ile çatı yüzeyinden toplanacak yağmur suyu veriminin hesaplanması yapılarak, bu doğrultuda yapı içerisindeki işlevlerin ve çim sahanın su ihtiyacının karşılanma potansiyeli incelenmiştir.

YSTS'nin yapılara entegrasyonu için bazı hesapların yapılması, kurulum ve işleme bu hesaplar doğrultusunda geçilmesi gerekmektedir. Öncelikle stadyum çatısına düşen yağmur suyunun verimi hesaplanmalı, sistem bileşenleri bu değer doğrultusunda belirlenmelidir. Aşağıda verilen eşitlik (1) ile, İzmir yağış verileri doğrultusunda çatı yüzeyinden toplanan yağmur suyunun hesabı yapılmıştır.

$$Q = A \times i_y \times c \times e \quad (1)$$

Q = Çatı yüzeyinden toplanan toplam yağmur suyu miktarı (l)

A = Yağmur suyunun toplanacağı çatı alanı (m^2)

i_y = Bölgeye düşen yıllık yağış miktarı toplamı (l/m^2)

c = Çatı akış katsayısı

e = Filtre etkinlik katsayısı

Eşitlikten hareketle ilk olarak AMDS verimli çatı alanı, Autodesk AutoCAD programı yardımıyla hesaplanmış ardından Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden İzmir iline ait periyodik yağış değerleri elde edilmiştir. Çatı akış katsayısı ve filtre etkinlik katsayısı, Deutsches Institut Normung [DIN] 1989 standartlarında belirtilen katsayılar ve çatı yüzeyinden toplanan toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bu değerler sabit olarak kullanılmıştır [35]. Sonuç olarak, AMDS'de seyirci, oyuncu ve çalışan kullanımına ek olarak çim saha sulaması ile oluşan yıllık su tüketimi değeri hesaplanmış bu doğrultuda YSTS'nin etkinliği değerlendirilmiştir.

2.1. İzmir ve Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu

İzmir, nüfus yoğunluğu açısından Türkiye'nin en büyük üçüncü şehridir ve nüfusunun %11,3'lük bir artış hızıyla 2023 yılında toplam 4.580.076 kişiye yükselmesi beklenmektedir [36]. Türkiye'nin batı kıyısında yer alan ve Akdeniz ikliminin yazın sıcak ve kurak, kışın ılık ve yağışlı özelliğini gösteren bir ilidir. Yıllık ortalama sıcaklık 17-18 °C dolayında değişirken, yıllık toplam yağış miktarı 700-1000 mm arasında seyretmektedir [37][38].

1929 yılında İzmir Valiliği tarafından inşa edilen Alsancak Stadyumu, 2015 yılında deprem güvencesi açısından risk teşkil ettiği için yıkılmış, yerine inşa edilen yeni stadyum aynı konumda 2021 yılında hizmete açılmıştır [39]. 22.855 m²'lik bir arsa alanında yer alan ve U şeklini alan stadyumun çatısı, tüm işlevlerinde betonarme karkas sisteme sahipken çatı ve cephe konstrüksiyonunda çelik taşıyıcı sistem tercih edilmiştir (Şekil 1). Stadyumda konvansiyonel yağmur suyu tahliye sistemlerinin yerine sifonik yağmur suyu drenaj sistemi tercih edilmiş, bu sayede geleneksel sistemlerde karşılaşılan doğal kirletici problemlerinin önüne geçilerek akış hızı ve kalitesinin optimizasyonu daha verimli bir şekilde sağlanmıştır [39][40].



Şekil 1. Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu [41]

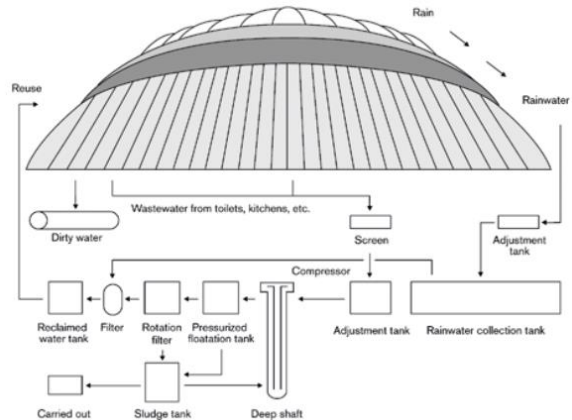
2.2. Yağmur Suyu Toplama Sistemi

Yağmur suyu toplama sistemleri (YSTS), yağmur suyunun herhangi bir geçirimsiz/yarı geçirgen arazi üzerinden akış yoluyla veya geçirimsiz çatı yüzeyinden toplanarak tutulması, çeşitli aktarım ekipmanları aracılığıyla depolanmak üzere belirlenen yere iletilmesi ve depolanan yağmur suyunun ihtiyaçlara, olanaklara ve ortama göre değişen kullanım amaçları doğrultusunda tesisat veya sulama sistemine dahil edilmesinden oluşmaktadır [1][22][42]. YSTS sayesinde yapılarda kullanıcıların su talepleri yapının kendi içerisinde sağladığı bir döngü aracılığıyla karşılanırken, şehir şebeke suyu üzerindeki yük de azalmaktadır. Toplanan yağmur suları yapıda tuvalet sifonlarında, temizlik ihtiyaçlarında ve çim/bahçe sulamalarında kullanılabilirken, sisteme eklenecek filtreler aracılığıyla, lavabo ve duşlarda kullanım suyu ve

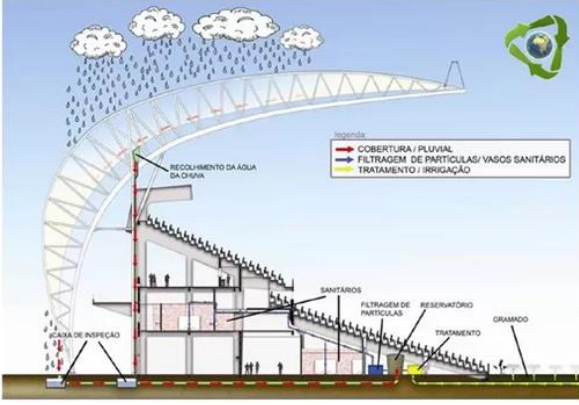
gereksinimlerin karşılanması halinde içme suyu olarak da kullanılabilir [16][19][27].

Türkiye'de YSTS'yi teşvik etmek ve olası su sıkıntılarının önüne geçmek amacıyla Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 57. madde 7. fıkrasına, 23.01.2021 tarih ve 31373 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik ile "2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak yapıların mekanik tesisat projelerinin; çatı yüzeyinden toplanacak yağmur sularının gerekmesi halinde filtre edilerek bir tankta toplanması ve bina tuvalet sifonlarında kullanılması amacıyla yağmur suyu toplama sistemi projesi de eklenir." ibaresini içeren (a) bendi eklenmiş [43], 11.07.2021 tarih ve 31538 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik ile "...yağmur suyu toplama sistemi projesi de eklenir." ifadesi "...yağmur suyu toplama sistemi içermesi zorunludur." olarak değiştirilmiştir [44].

YSTS, dünya üzerinde farklı ülkelerde yer alan stadyumlarda, yapının bulunduğu bölgenin iklim şartları doğrultusunda stadyum çatısından veya yapının bulunduğu araziden toplanarak çeşitli işlevlerde kullanılmaktadır. Şekil 2, Japonya'nın başkentinde yer alan Tokyo Dome ve stadyumda kullanılan YSTS'nin çalışma prensibini ifade etmektedir. Şekil 3, Brezilya'nın Porto Alegre şehrinde bulunan ve 2013 yılında yenilenen Beira-Rio Stadyumu'nun çatısından sağlanan yağmur suyunun oyun sahası peyzaj alanlarını sulamanın yanı sıra yapıda temizlik amaçlı yeniden kullanımı göstermektedir. Benzer şekilde Brezilya'da yer alan ve 2014 FIFA dünya Kupası turnuvasında kullanılmak üzere yenilenen Maracanã Stadyumu, su tüketimini %30 oranında azaltan bir YSTS kullanmaktadır (Şekil 4).



Şekil 2. Tokyo Dome YSTS çalışma prensibi [55]



Şekil 3. Beira-Rio Stadyumu'nda YSTS kullanımı [56]



Şekil 4. Maracanã Stadyumu'nda YSTS kullanımı [57]

3. Bulgular

Çalışmada yağmur suyu verimi hesabı yapılabilmesi için eşitlikte gerek duyulan değerlerden ilki, yağmur suyunun toplanacağı verimli çatı yüzey alanıdır. AMDS'nin kuşbakışı görünümü ve çatı planı Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.



Şekil 5. AMDS kuşbakışı görünümü

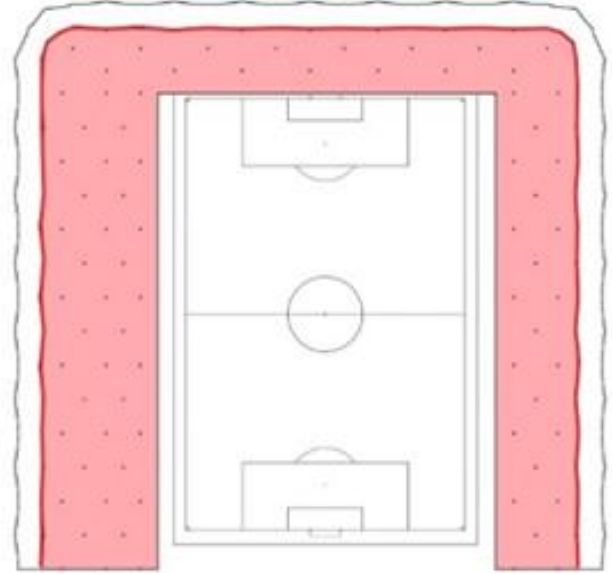
AMDS'de yağmur suyunu tahliye etmek amacıyla sifonik sistemde kullanılan süzgeçlerin bittiği yerde çatıyı çevreleyen 10 cm yüksekliğinde bir su tutucu membran perde uygulaması yapılmıştır. Çatıda kullanılan süzgeçler ve su tutucu membran perdenin

plan üzerinde gösterimi ile verimli çatı alanı Şekil 7'de belirtilmiştir.



Şekil 6. AMDS çatı planı

Çatının yağmur suyunu karşıladığı alan bulunurken bu çerçeve içerisinde kalınmış, verimli alan hesabı Autodesk AutoCAD programı ile 7500 m² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Yağmur suyunu toplamak için verimli çatı alanı

Verimli çatı alanı hesaplandıktan sonra İzmir iline ait yağış değerleri, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilen veriler doğrultusunda incelenmiş ve 1938-2021 ölçüm periyodunda ortalama yağışlı gün sayısının 84,2, yıllık ortalama yağış miktarının 713,8 mm (713,8 l/m²) olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Tablo 2) [37].

Tablo 2. İzmir Yağış Değerleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022)

Ölçüm Periyodu (1938-2021)		
Aylar	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)
Ocak	12,82	136,9
Şubat	11,47	102,9
Mart	10,47	75,8
Nisan	7,47	46
Mayıs	6,82	31,5
Haziran	4,06	12,3
Temmuz	0,29	4,1
Ağustos	0,71	5,6
Eylül	2,76	15,3
Ekim	5,59	44,6
Kasım	8,82	92
Aralık	12,88	146,8
YILLIK	84,2	713,8

Çatı akış katsayısı (c), yağmur suyunun toplanacağı çatının yüzeyi ile ilişkili bir parametredir [42]. Geri dönüştürmek ve yeniden kullanmak üzere çatıya düşen yağmur suyunun tümünün kullanım için uygun olmadığını ve her çatı malzemesine özgün bir değer oranında kayıp yaşanacağını ifade etmektedir [33]. Çatı akış katsayısı, DIN 1989'da belirtildiği üzere çatının yapıldığı malzemeye ve bu malzemenin özelliklerine göre farklılık göstermektedir. AMDS'nin çatı ve cephe kaplamasında PVC membran kullanılmıştır [45]. PVC membranın çatı akış katsayısı değeri 0,85-0,9 arasında yer almaktadır [46]. AMDS için bu değer ortalama olarak 0,875 olarak alınmıştır.

Filtre etkinlik katsayısı (e) ise, yağmur suyunun çatıya düştükten sonra, fiziksel kirleticilerden ayrıştırılması adına sistemde yer alan filtrenin işlevini yerine getirirken tuttuğu su miktarının değeridir [23]. DIN 1989'a göre bu katsayı standart bir değer olmak üzere ifade edilmiş ve 0,9 olarak belirtilmiştir.

Bu değerler doğrultusunda AMDS için yağmur suyu verimi, eşitlik (1) ile;

$$Q = 7500 \text{ m}^2 \times 713,8 \text{ l/m}^2 \cdot \text{yıl} \times 0,875 \times 0,9$$

$$Q = 4.215.881,25 \text{ l/yıl} = 4.215,8 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

YSTS için ihtiyaç duyulan depo hacmi aynı eşitlikte, yağış miktarının en çok olduğu ay baz alınarak hesaplanmaktadır.

$$V = A \times i_a \times c \times e \quad (2)$$

V = Sistem için gerekli depo hacmi (l)
 A = Yağmur suyunun toplanacağı çatı alanı (m^2)
 i_a = Bölgeye düşen yıllık yağış miktarının maksimum olduğu aydaki değer (l/m^2)
 c = Çatı akış katsayısı
 e = Filtre etkinlik katsayısı

Eşitlikten (2) yola çıkılarak, AMDS'ye YSTS kurulumu için gerekli olan depo hacmi;

$$V = 7500 \text{ m}^2 \times 146,8 \text{ l/m}^2 \times 0,875 \times 0,9$$

$$Q = 867.037,5 \text{ l} \approx 867 \text{ m}^3 \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

Stadyumlar, kültürel etkinlik mekanlarından farklı olarak yıl içerisinde ülkelerin spor liglerinin programları doğrultusunda işlevlendirilmektedir. AMDS, Türkiye Futbol Federasyonu [TFF] 2021-2022 sezonunda yerel futbol organizasyonlarının en üst seviyesinde bulunan Spor Toto Süper Lig'de yer almasına karşın 2022-2023 Sezonu için bir alt lige düşen Altay Spor Kulübü'ne hizmet vermektedir. 13 Ağustos 2021 tarihinde başlayan Spor Toto Süper Lig 2021-2022 sezonu 22 Mayıs 2022 tarihinde otuz sekiz haftalık etkinlik takvimini tamamlamıştır [47]. Yirmi futbol takımından oluşan ligde her takım iki haftada bir olmak üzere on dokuz kez kendisine tahsis edilen stadyumda maçlarını oynamaktadır. İki farklı takımın aynı stadyumu kullandığı ek durumlarda bu sayı iki katına çıkabilmektedir. Yalnızca Altay Spor Kulübü'ne ev sahipliği yapan 15.000 kişilik kapasiteye sahip AMDS'de 2021-2022 sezonu için on dokuz maçlık ortalama seyirci sayısı 4.105 olarak ifade edilmektedir [48]. Stadyumun yıllık su ihtiyacı hesaplanırken, her organizasyon için tam kapasite çalıştığı varsayılmış ve maç günleri için 15.000 kişilik su ihtiyacı belirlenmiştir. ABD eyaleti Kuzey Karolina'da bir hükümet kuruluşu olan Kuzey Karolina Çevre Kalitesi Departmanı (The North Carolina Department of Environmental Quality) tarafından hazırlanan Baseline Water Consumption Worksheet'te belirtilen tesisler için su tüketimleri tahminlerine göre stadyumlar için koltuk başına 18,92 litre su tüketimi gerçekleştirilmektedir [49]. İller Bankası tarafından hazırlanan İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname'de ise evsel olmayan birimlerde özel su ihtiyacı olarak stadyumlar hakkında bir bilgi olmamasına karşın sinema/tiyatro için koltuk başına su tüketimi 20 litre olarak belirtilmektedir [50]. AMDS'de maç günü 45 dakikadan oluşan iki devreye sahip bir organizasyon düzenleneceği göz önüne alınırsa bu değer stadyumlar için de benzer bir şekilde oluşacağı ön görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, stadyumda seyirciler açısından oluşan su tüketim miktarı;

$$\text{Bir etkinlik günü için,}$$

$$15.000 \times 18,92 = 283.800 \text{ l} = 283,8 \text{ m}^3$$

$$\text{Yıllık,}$$

$$283.800 \times 19 = 5.392.200 \text{ l} = 5.392 \text{ m}^3$$

$$\text{olarak hesaplanmıştır.}$$

Seyirci kaynaklı su tüketiminin yanında stadyum için diğer bir su tüketim parametresi oyun sahası sulamasıdır. AMDS'nin mevcut durumda çim saha sulaması, stadyum yıkılmadan önce de işlevini gerçekleştiren ve korunarak yeni stadyuma da entegre edilen sondaj kuyusu yardımıyla yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır [51]. Fédération Internationale de Football Association [FIFA], futbol sahasının sulanması için gerekli su miktarını m^2 başına 0,4 litre olarak belirtmiştir [52]. AMDS'de çim

saha, Avrupa standartları gereğince 105×68 m ölçülerindedir. Bu doğrultuda, toplamda 7.140 m² saha alanında günlük sulama için harcanan su miktarı;

$$7.140 \times 0,4 = 2.856 l = 2,85 m^3$$

olarak hesaplanmıştır.

Yıllık saha sulaması için ihtiyaç duyulan su miktarını hesaplarken Tablo 2'de yer alan yıllık toplam yağışlı gün sayısını bir yıldaki toplam gün sayısından çıkararak değerlendirmek en doğru sonucu verecektir. Buna göre;

Saha sulaması için yıllık tüketim miktarı,

$$2.856 \times (365 - 84,2) = 801,96 m^3$$

olarak hesaplanmıştır.

Spor Toto Süper Lig'de bir futbol takımı maçlara 11 adet as oyuncu ve 7 adet yedek oyuncu olmak üzere 18 oyuncu ile çıkmaktadır. Maç günlerinde iki takımın tüm oyuncularının (36 kişi) düş ihtiyacını karşılayacağı düşünülürse, bu miktar göz ardı edilmeyecek bir tüketime işaret etmektedir. Normal bir su basıncı ile bir duşta dakikada 11-27 litre arasında su tüketimi gerçekleşmektedir [15]. Hesaplama için kullanılan değer, sistemi uç sınırlara göre düzenlemek adına 27 litre olarak alınmıştır. Kişi başına ortalama duş süresi 10 dakika olarak değerlendirilmiştir. Buna göre maç günlerinde oyuncuların su tüketimi;

Bir etkinlik günü için,

$$36 \times 27 \times 10 = 9.720 l = 9,72 m^3$$

Yıllık,

$$9.720 \times 19 = 184.680 l = 184,68 m^3$$

olarak hesaplanmıştır.

Seyirciler ve oyunculara ek olarak stadyum bünyesinde sürekli ve belirli zamanlarda görevlendirilen çalışanların da su tüketimleri hesaplanmıştır. Stadyumda 10 güvenlik görevlisi, 2 çim bakım sorumlusu, 1 tesis amiri, 1 tesis teknik sorumlusu, 3 temizlik görevlisi ve 2 memur olmak üzere toplam 19 adet sürekli çalışan bulunmaktadır. Bu sayıya organizasyon günlerinde TFF, kulüp ve protokol istekleri doğrultusunda ortalama 30 kişi eklenmektedir [53]. İller Bankası tarafından hazırlanan İçme Suyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname'de çalışanlar için günlük su tüketimi 60 litre olarak belirtilmiştir [50]. ISISAN, büro ve işyerleri için kişi başı günlük su tüketimini - stadyumların organizasyon olmayan günlerde bir ofis/işyeri gibi çalıştığı düşünülürse - 40-60 litre arasında ifade etmektedir [54]. Hesaplama için kullanılan değer, sistemi uç sınırlara göre düzenlemek adına 60 litre olarak alınmıştır. Bu veriler ve edinilen bilgiler doğrultusunda AMDS'de çalışanlar tarafından gerçekleştirilen su tüketim miktarı;

Yıllık sürekli çalışan tüketimi,

$$19 \times 60 \times 365 = 416.000 l = 416 m^3$$

Yıllık ek çalışan tüketimi,

$$30 \times 60 \times 19 = 34.200 l = 34,2 m^3$$

Yıllık toplam çalışan tüketimi,

$$416 m^3 + 34,2 m^3 = 450,2 m^3$$

olarak hesaplanmıştır.

4. Tartışma ve Sonuç

Hem dünyada hem de Türkiye'de yaşanan ve yaşanabilecek su problemlerini önlemenin yolu, su kaynaklarını korumak ve alternatif kaynaklar oluşturmaktan geçmektedir. Bu çalışmada AMDS'ye uygulanabilecek sürdürülebilir bir retrofit önerisi olarak potansiyeli incelenen YSTS, alternatif bir su kaynağı konumunda, yapılarda kullanımının teşvik edilmesi ve tüm sistemle beraber tasarlanması gereken bir yaklaşımdır. Hem sürdürülebilir bir kalkınma sağlamak hem de yaşam kaynağımızı korumak için bu tip uygulamaların yaygınlaşması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan AMDS de dahil olmak üzere, büyük ölçekli yapılar olmalarından dolayı tüm stadyumların çatıları da bu yapıların üstünü kapatmak için büyük bir alan kaplamaktadır. Sürdürülebilir bir yaklaşımla dünyanın farklı bölgelerinde sürdürülebilirlik kaygısıyla tasarlanan stadyumların çatılarında fotovoltaiik panel uygulamaları ve bu çalışmanın da konusunu oluşturan YSTS ile büyük alanlar, verimsiz halden etkin konuma getirilebilmektedir.

Yapılan hesaplamalara göre AMDS'de yıllık su tüketimi; seyirci, oyuncu ve çalışan kullanımına çim saha sulaması dahil edildiğinde toplam 6.828,84 m³ olarak bulunmuştur. YSTS ile yağmur suyundan elde edilebilecek yıllık su miktarı ise 4.215,8 m³ olarak hesaplanmıştır. Buna göre stadyuma kurulacak bir YSTS ile yıllık su ihtiyacının %61,73'ü yağmur suyundan karşılanarak sistem içerisinde kullanılabilir. Bu değerden yola çıkılarak AMDS'de verimli bir YSTS kurulması ile yapı bazında gerçekleşen su tüketiminin büyük ölçüde sistem sayesinde geri kazanılacağı ve sürdürülebilirlik noktasında etkin bir rol alınacağı düşünülmektedir. Hesaplanan değerler doğrultusunda stadyumda oyun sahasının sulama ihtiyacı yıllık 801,96 m³ olarak bulunmuştur. YSTS sayesinde bir yılda elde edilen yağmur suyunun yalnız saha sulaması için kullanılsa dahi, stadyumun 5,25 yıllık saha sulaması ihtiyacını karşılayacağı görülmektedir. Yağmur suyunun klozet/pisuarlarda, çim saha sulamasında ve yıkama/temizlik işlerinde kullanılmasının yanı sıra kimyasal filtreler ile lavabo ve duşlarda da etkin bir uygulama gerçekleştirilebilmektedir. Bunlara ek olarak hesaplanan tüketim değerlerinden en yüksek seviyede olan yıllık seyirci su tüketiminin azaltılmasına yönelik alınacak tedbirler ile %61,73'lük değerinin daha üst seviyelere çıkabileceği ve çalışma

kapsamında sunulan retrofit önerisine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu açıdan YSTS'nin AMDS için önemli ve avantajlı bir uygulama olduğu kanısına varılırken, sadece stadyum için değil kent için de önemli bir farkındalık yaratması açısından dikkate değer bir noktada yer alacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma için yapılan kişisel görüşmeler doğrultusunda Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu ile ilgili gerekli bilgileri tarafımıza ileten Şantiye Şefi (METRO Mühendislik) Asım Aydın ve Tesis Teknik Sorumlusu Erhan Karaca'ya teşekkürlerimizi sunarız.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Aladenola, O. O., Adeboye O. B. 2010. Assessing The Potential for Rainwater Harvesting. Water Resources Management, 24(10), 2129-2137.
- [2] United Nations. 2019. World Population Prospects 2019, Online Edition. Rev. 1. https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf (Erişim Tarihi: 16. 06. 2022).
- [3] Carbon Disclosure Project [CDP]. 2022. High and Dry How Water Issues Are Stranding Assets. https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/006/321/original/High_and_Dry_Report_Final.pdf?1651652748 (Erişim Tarihi: 16. 06. 2022).
- [4] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü [DSİ]. 2020. 2020 Yılı Faaliyet Raporu. <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/KonuIcerik/759/1107/DosyaGaleri/DS%C4%B0%202020-yili-faaliyet-raporu.pdf> (Erişim Tarihi: 17. 06. 2022).
- [5] Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. 2018. Yıllara göre nüfus, 2018-2080.. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567> (Erişim Tarihi: 19. 06. 2022).
- [6] Atçı, E. B. 2020. Türkiye Genelinde Su Kaynaklarının Durumu. Su ve Çevre Teknolojileri, 139 (Şubat 2020), 32-35.
- [7] Brown, A., Matlock, M. D. 2011. A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. The Sustainability Consortium, 106(1), 1-19.
- [8] Hakyemez, C. 2019. Su: Yeni elmas. TSKB Tematik Bakış.

https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TSKBBAKis_SUYeniElmas_Subat2019.pdf (Erişim Tarihi: 01. 07. 2022).

- [9] UN-Water. 2019. Climate change and water. UN-Water Policy Brief. https://www.unwater.org/app/uploads/2019/10/UN_Water_PolicyBrief_ClimateChange_Water.pdf (Erişim Tarihi: 20. 06. 2022).
- [10] UN-Water. 2010. Climate change adaptation: The pivotal role of water. UN-Water Policy Brief. https://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/unw_ccpol_web.pdf (Erişim Tarihi: 20. 06. 2022).
- [11] Hammes, G., Ghisi, E., Padilha Thives, L. 2020. Water End-Uses and Rainwater Harvesting: A Case Study in Brazil. Urban Water Journal, 17(2), 177-183.
- [12] Üstün, G. E., Can, T., Küçük, G. 2020. Binalarda Yağmur Suyu Hasadı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(3), 1593-1610.
- [13] Karataş, D., Savaşır, K. 2021. Investigation of the Sustainability of Stadiums Designed for International Sports Organizations: The Case of the FIFA World Cup Qatar 2022. International Symposium on Engineering Natural Sciences and Architecture, 20-21 Mayıs, Kocaeli, 134-144.
- [14] Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü. Parsel Sorgulama Uygulaması. <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 21. 06. 2022).
- [15] Kantaroğlu, Ö. 2009. Yağmur Suyu Hasadı Plan Ve Hesaplama Prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir, 1147-1151.
- [16] Rahman, A., Dbais, J., Imteaz, M. 2010. Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Multistorey Residential Buildings. American Journal of Engineering and Applied Sciences, 3(1), 73-82.
- [17] Şahin, N. İ., Manioğlu, G. 2011. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, 529-542.
- [18] Rostad, N., Montalto, F. 2012. Rainwater Harvesting: Using Urban Roof Runoff for Residential Toilet Flushing. ss 350-369. Zeman, F., ed. 2012. Metropolitan Sustainability: Understanding and Improving the Urban Environment, Woodhead Publishing, United Kingdom, 776s.
- [19] Rahman, S., Khan, M. T. R., Akib, S., Din, N. B. C., Biswas, S. K., Shirazi, S. M. 2014. Sustainability of Rainwater Harvesting System in terms of Water Quality. The Scientific World Journal, 2014, 1-10.
- [20] Dündar, O., Özölçer İ. H., Ünal Ş. V. 2015. Bülent Ecevit Üniversitesi Sağlık Kampüsü Yağmur Suyu Sistemi Teknik ve Ekonomik Analiz. 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, 13-14 Kasım, Trabzon.
- [21] Harb, R. 2015. Assessing the Potential of Rainwater Harvesting System at the Middle East Technical University – Northern Cyprus Campus. Orta

Doğu Teknik Üniversitesi, ODTÜ Kuzey Kıbrıs Kampüsü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 157s, Ankara.

[22] Dadhich, G., Mathur, P. 2016. A GIS Based Analysis for Rooftop Rain Water Harvesting. International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), 7(04), 129-143.

[23] Yalılı Kılıç, M., Abuş, M. N. 2018. Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4(2), 209-215.

[24] Çetinkaya, A. 2019. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Depolama Yöntemleri: Muğla Yöresi Kırsal Sarnıçlarının Araştırılması ve MSKÜ Merkez Yerleşkesi için Alternatif Çözüm Önerilerinin Geliştirilmesi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 162s, Muğla.

[25] Hajjar, H., Kılınc, İ. K., Ülker, E. 2020. Rainwater Harvesting Potential in Public Buildings: A Case Study in Katip Celebi University. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 9(Özel Sayı), 167-172.

[26] Konyalı, C., Çay, R. D. 2020. Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetimi Kapsamında Yeşil Altyapı Sisteminin Değerlendirilmesi: Fırınlarsırtı TOKİ Konutları (Edirne) Yerleşimi İçin Bir Öneri. Kent Akademisi, 13(4), 668-687.

[27] Słyś, D., Stec, A. 2020. Centralized or Decentralized Rainwater Harvesting Systems: A Case Study. Resources, 9(1), 5.

[28] Çaylı, A. 2021. Kümeslerin Su Gereksiniminin Yağmur Suyu Hasadından Karşılınması Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24(5), 1048-1058.

[29] Demirhan, E. 2021. Yeşil Çatılarda Yağmur Suyu ve Güneş Enerjisi Sistemlerinin Sakarya Üniversitesi'ndeki Kazan Dairesi Binasında Uygulanması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 189s, Sakarya.

[30] Kalıpcı, E., Başer, V., Genç, N. 2021. Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Yağmur Suyu Hasadının Değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi Kampüs Örneği. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 10(1), 49-58.

[31] Sevimli, A. 2021. Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi Uygulamaları: Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü Örneği. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 158s, Bursa.

[32] Temizkan, S., Tuna Kayılı, M. 2021. Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinde Optimum Depolama Yönteminin Belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(1), 102-116.

[33] Çakar, H. 2022. İzmir İli Koşullarında Bahçeli Bir Sitenin Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(2), 446-452.

[34] Yalılı Kılıç, M., Adalı, S. 2022. Alışveriş Merkezi Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 27(1), 29-40.

[35] Deutsches Institut Normung [DIN]. 2001. DIN 1989-1:2001-10 Regenwassernutzungsanlagen.

[36] Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. İllere göre nüfus ve yıllık ortalama nüfus artış hızları, 2017-2023. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109> (Erişim Tarihi: 19. 06. 2022).

[37] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR> (Erişim Tarihi: 22. 06. 2022).

[38] T.C. İzmir Valiliği. b.t. İzmir Hakkında. <http://izmir.gov.tr/izmir-hakkinda#:~:text=Akdeniz%20iklim%20ku%C5%9Fa%C4%9F%C4%B1nda%20kalan%20%C4%B0zmir,kesimlere%20kadar%20yay%C4%B1lmas%C4%B1na%20olanak%20vermektedir> (Erişim Tarihi: 16. 06. 2022)

[39] Alper Aksoy Architects. b.t. İzmir Alsancak Stadyumu. <https://alperaksoy.com.tr/proje/izmir-alsancak-stadyumu-159> (Erişim Tarihi: 22. 06. 2022).

[40] Doğaroğlu, B., Yurdusev, M. A. 2019. Sifonik Yağmur Suyu Drenaj Sistemi Tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(8), 945-948.

[41] Türkgün. 2021. Alsancak Stadı'nın yeni ismi açıklandı. <https://www.turkgun.com/alsancak-stadinin-yeni-ismi-aciklandi-haber-168111> (Erişim Tarihi: 22. 06. 2022).

[42] Doğangönül, Ö., Doğangönül, C. 2009. Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı. Teknik Yayınevi, Ankara, 432s.

[43] T.C. Resmi Gazete. 23 Ocak 2021. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Sayı: 31373. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210123-4.htm> (Erişim Tarihi: 25. 06. 2022).

[44] T.C. Resmi Gazete. 11 Temmuz 2021. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Sayı: 31538. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/07/20210711-1.htm> (Erişim Tarihi: 25. 06. 2022).

[45] Tensaform. b.t. İzmir Alsancak Stadyum. <http://www.tensaform.com/tr/projeler/tamamlanmis-projelerimiz/izmir-alsancak-stadyum/> (Erişim Tarihi: 25. 06. 2022)

- [46] Davis, M. J. M., Tapia, A. C. 2016. The Potential for Green Roofs in Sustainable Urban Drainage Systems. Proceedings of International Structural Engineering and Construction, 3(1), 609-614.
- [47] Türkiye Futbol Federasyonu [TFF]. 2021. Profesyonel liglerde 2021-2022 sezonu başlangıç tarihleri belli oldu. <https://www.tff.org/default.aspx?pageID=204&ftxtID=35019> (Erişim Tarihi: 28. 06. 2022).
- [48] Transfermarkt. b.t. Ziyaretçi sayıları 21/22. https://www.transfermarkt.com.tr/super-lig/besucherzahlen/wettbewerb/TR1/plus/?saison_id=2021 (Erişim Tarihi: 30. 06. 2022).
- [49] The North Carolina Department of Environmental Quality. b.t. Baseline Water Consumption Worksheet. <https://files.nc.gov/ncdeq/Environmental%20Assistance%20and%20Customer%20Service/IAS%20Water%20Efficiency/Baseline%20Water%20Consumption%20Worksheet.pdf> (Erişim Tarihi: 01. 07. 2022).
- [50] İller Bankası. 2013. İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname. <https://www.ilbank.gov.tr/storage/uploads/files/ic-mesuyu-etut-fizb-tekn-sart.pdf> (Erişim Tarihi: 01. 07. 2022).
- [51] Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu Şantiye Şefi (Metro Mühendislik) Asım Aydın. Kişisel Görüşme, 28. 06. 2022.
- [52] Fédération Internationale de Football Association [FIFA]. b.t. More sustainable stadiums. <https://digitalhub.fifa.com/m/73e71f6fcc7244ed/original/nx8zzeg2cd2yferc8rxv-pdf.pdf> (Erişim Tarihi: 30. 06. 2022).
- [53] Alsancak Mustafa Denizli Stadyumu Tesis Teknik Sorumlusu Erhan Karaca. Kişisel Görüşme, 29. 06. 2022.
- [54] ISISAN. 2001. ISISAN Çalışmaları No.272 Sıhhi Tesisat. İsisan Yayınları, İstanbul, 494s.
- [55] De Graaf, R. 2012. Adaptive urban development. A symbiosis between cities on land and water in the 21st century. Rotterdam University Press, Rotterdam, 67s.
- [56] Hammes, T. 2013. Beira-Rio verde: sustentabilidade vira marca na reforma do estádio do Inter. Globo. <https://globoesporte.globo.com/rs/futebol/times/internacional/noticia/2013/04/beira-rio-verde-sustentabilidade-vira-marca-na-reforma-do-estadio-do-inter.html> (Erişim Tarihi: 06.07.2023).
- [57] Costa, F., Dias, T. 2013. Sem poças ou baldes: cobertura do Maracanã reaproveitará água da chuva. Globo. <https://globoesporte.globo.com/futebol/copa-das-confederacoes/noticia/2013/03/sem-pocas-ou-baldes-cobertura-do-maracana-reaproveitara-agua-da-chuva.html> (Erişim Tarihi: 06.07.2023).