



Makale / Research Paper

Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinde Optimum Depolama Yönteminin Belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği

Sibel TEMİZKAN^{1a}, Merve TUNA KAYILI^{2b*}

^aKarabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, 78300, Karabük/TÜRKİYE

^bKarabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük/TÜRKİYE

^bmervetunakayili@karabuk.edu.tr

Received/Geliş: 11.08.2020

Accepted/Kabul: 27.10.2020

Öz: Yağmur suyu toplama (YST) sistemi, yağmur suyunu toplama ve bu serbest yağmur suyunu belirli bir amaç için tekrar kullanmadan önce depolama yöntemidir. Bu sistem, dünyadaki yerel iklim şartlarına uygun olan çoğu bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır. Yağmur suyu toplama sistemlerinin optimum maliyetle uygulanması ve düşük geri ödeme süresiyle tasarlanması, sistemin sürdürülebilirliği ve tercih edilebilirliği açısından önemlidir. Bu çalışmada, yüksek alanda sert zemine ve çatı yüzeyine sahip olan Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi'nin meydan ve çatısından elde edilebilecek yağmur suyu hasadı için yağmur suyu toplama sistemi (YST) tasarımı sürecinde uygun depo büyüklüğü hesaplanmıştır. Üniversitenin mevcut depo hacmi de göz önünde bulundurularak kurgulanan senaryolar üzerinden, kurulabilecek YST sistemi için inşaat ve depo maliyetleri göz önünde bulundurularak optimum depolama yöntemine karar verilmiştir. Çalışmanın YST sistem tasarımında ön süreç olan depo miktarı ve depolama yönteminin belirlenmesi aşamasında, sistem kurucularına ve karar vericilerine yol göstermesi beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Yağmur suyu toplama, depolama yöntemi, sarnıç yöntemi, tank yöntemi, geri ödeme süresi

**Determination of Optimum Storage Method in Rainwater Harvesting:
Karabuk University Social Life Center Example**

Abstract: Rainwater harvesting (YST) system is a method of collecting rainwater and storing this free rainwater before reuse for a specific purpose. This system is widely used in most regions of the world that are suitable for local climatic conditions. Application of rainwater collection systems at optimum cost and design with low payback period is important for the sustainability and preferability of the system. In this study, the appropriate tank size was calculated for the rainwater harvesting system (YST) design process for the rainwater harvesting that can be obtained from the square and roof of the Karabük University Social Life Center, which has a hard floor and roof surface in the high area. Based on the scenarios designed by taking the existing warehouse volume of the university into consideration, the optimum storage method was decided for the YST system to be installed, considering the construction and warehouse costs. The study is expected to guide system builders and decision makers in the process of determining the warehouse quantity and storage method, which are the preliminary processes in YST system design.

Keywords: Rainwater harvesting, storage method, cistern method, tank method, pay back period.

1. Giriş

Dünya nüfusunun giderek artması su kaynaklarının önemini gün geçtikçe daha da arttırmaktadır. Su, insanın temel ihtiyaçlarını gidermesinin yanında; enerji üretimi [1], endüstri, turizm, ulaşım ve sürdürülebilir tarım gibi alanlarda da ilerlemenin önemli bir kaynağıdır. Dünya nüfusunun artması,

Bu makaleye atıf yapmak için

Temizkan, S., Tuna Kayılı, M., "Yağmur Suyu Toplama Sistemlerinde Optimum Depolama Yönteminin Belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Örneği" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2020, 5(3); 102-116.

How to cite this article

Temizkan, S., Tuna Kayılı, M., "Determination of Optimum Storage Method in Rainwater Harvesting: Karabuk University Social Life Center Example" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2020, 5(3); 102-116.

ORCID ID (Temizkan, S: 0000-0003-1755-1290; Tuna Kayılı, M: 0000-0002-3803-8229)

kişi başına düşen su oranındaki düşüş ve su kaynaklarının daha hızlı tüketilmesi anlamına gelmektedir. Artan nüfusun bir diğer olumsuz etkisi ise, barınma ihtiyacının karşılanması için yapılaşmanın artmasına bağlı olarak, kentleşmenin yaygınlaşması ve su geçirimsiz alanların çoğalması sebebiyle su kaynaklarının devamlılığının sağlanamamasıdır. Bu nedenle suyun etkin kullanımı önem kazanmaktadır. Ayrıca yaşanan şiddetli kuraklıklar, fazla yağmur suyunun seller ve baskınlar gibi olumsuz çevresel etkileri ve artan su talepleri endişelere neden olmaktadır. Tüm bu endişeler sürdürülebilirlik olgusuyla birleştiğinde suyun etkin kullanımına yönelik yağmur suyu toplama sistemleri öne çıkmaktadır [2]. Hasat edilen yağmur suyu, içme suyu gerektirmeyen bahçe sulama, seracılık ve tarım, tuvalet ve işyeri temizliği, araç yıkama, ticari ve endüstriyel uygulamalar gibi birçok alanda kullanılabilir. Hatta belirli arıtma işlemlerinin yapılması durumunda hasat edilen yağmur suyu içilebilmektedir [3]. Heggen [4], dünya çapında yaklaşık 100 milyon insanın, hem içilebilir hem de içilemez kullanım için yağmur suyu hasadı toplama sistemlerinden toplanan suyu kullandığını belirtmiştir.

Yağmur suyu toplama (YST) sistemi, yağmur suyunu toplama ve bu serbest yağmur suyunu belirli bir amaç için tekrar kullanmadan önce bir tanka depolama yöntemidir [5]. Bu sistem, dünyadaki yerel iklim şartlarına uygun olan çoğu bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır [6]. YST sistemi tipik olarak ev içi kullanım, tarım ve çevre yönetimi için kullanılmaktadır [5,7-12]. Evsel amaçlara uygun su sağlamak için yağmur suyu hasadı (YST) gelişmekte olan ülkelerde, özellikle de su kıtlığından etkilenen kurak ve yarı kurak bölgelerde, aynı zamanda kentsel alanlarda da yaygın bir uygulamadır [7,13]. Son zamanlarda, YST sistemleri, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerine bir adaptasyon ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Alternatif bir su kaynağının mevcudiyeti akiferler (yeraltı suyunu tutan ve ileten kayaç ortam) ve yüzey su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmaktadır. Cadde ve sokakların betonlaşması, yeraltı akiferlerinin engellenmesi, derelerin akışlarının değiştirilmesi kısa süreli yağışlarda sellerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu sebeple yağın yağmurların çok az bir kısmı yeraltı sularına karışabilmektedir. Böylece yağmur sularından yeterince fayda ve verim elde edilememektedir. Geçmişte birçok uygulama örneği olan yağmur suyu hasadı; suyun korunması ve kullanılmasına imkân tanırken, taşkınları ve kuraklığı da azaltarak hava ve toprakta nem dengesinin korunmasına ve suyla ilgili enerji tüketiminde ve sera gazı emisyonlarında önemli tasarruflara neden olabilmektedir [14-16]. YST sistemlerinin olumlu çevresel etkilerinin yanı sıra tüketilen suya ödenen ücretlerin azaltılması gibi önemli ekonomik avantajları da bulunmaktadır. ABD'de ülke çapında arazi sulaması ve diğer açık hava amaçları için RWH sistemleri tarafından sağlanan suyun kullanılmasının, içme suyu talebinin yılda 3,8 milyar kWh azalmasıyla bağlantılı olarak enerji tasarrufu sağlayabileceğini öne sürmektedir [16].

YST sistemleri çoğu zaman geçirimsiz yüzeyli bir çatı (hasat yüzeyi), bir depolama tankı (depolama hacmi) ve çatı ile tank arasında bir taşıma sisteminden (oluk sistemi) oluşmaktadır [17]. Yağmur suyu genellikle çatılardan, avlulardan ve ya sıkıştırılmış, işlenmiş diğer yüzeylerden, kullanılacak depolama tanklarında filtrelenmeden ve toplanmadan depolanmaktadır. Bir YST sisteminin performansı su tasarrufu etkinliği açısından değerlendirilmekte ve yağışın zamansal ve mekânsal dağılımına, toplama alanının büyüklüğüne, depolama tankının kapasitesine ve su talep modeline bağlı olmaktadır. Bu nedenle, YST tankının depolama kapasitesi standartlaştırılmamakla birlikte, sistemin güvenilirliği veya ekonomik kriterler temelinde optimal bir boyutlandırma tanımlanabilmektedir [18].

Çatı yüzeyi büyüklüğü ve depolama tankı kapasitesi tipik olarak sistem tasarımı için hedeflenen sistem parametreleridir. Yağmur suyunun çatılardan toplanması, depolanması ve ardından kullanılması, hem kamu su kaynaklarına hem de atık arıtma tesislerine olan talebin azaltılması için basit bir yöntemdir. Yağmur suyu deposu kapasitesi, sistem performansını ve maliyetini etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden biridir. Bu nedenle bulunduğu yere göre optimum depolama kapasitesi sağlamak için dikkatlice düşünülmeli ve tasarlanmalıdır [19].

Yağış etkeni, YST sisteminin ilgilendiği ana değişkendir, özellikle yağışların zamansal değişkenliği, performansındaki kritik yönetim faktörüdür. YST tasarımı genel olarak beklenen kullanım için su temini sağlamak amacıyla optimum tank boyutunun belirlenmesi ile ilgilidir. Büyük boy bir depo, kaynak kaybı (enerji, zaman ve para) iken küçük boy bir depo ise gerekli su talebini karşılayamayacaktır. Bu nedenle, bir YST sistemi tasarlanırken hanelerin ihtiyaçları ve coğrafi konumların özellikleri ve yağış miktarı dikkate alınmaktadır [20].

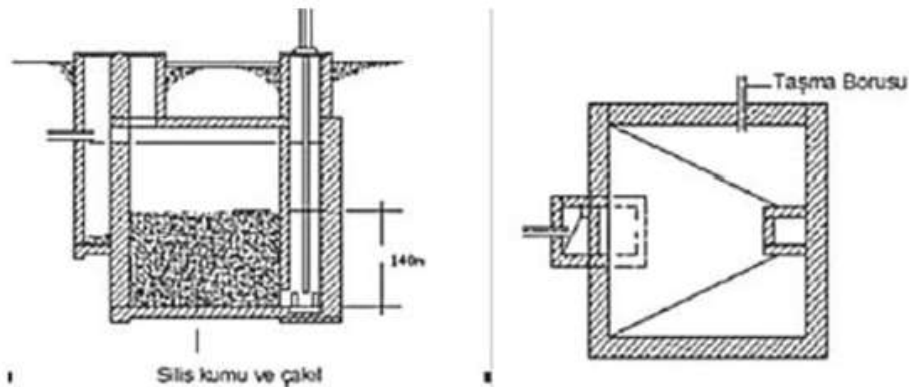
YST sisteminde sistem tasarımı ve planlama sistemin ilk yatırım maliyetini ve geri ödeme süresini etkilemesi açısından önem arz etmektedir. Sisteme uygun depo ve depolama yöntemi seçimi, sistemin ilk yatırım maliyetini düşürürken, planlandığı gibi çalışma oranını yükseltmektedir. Doğru bileşenler, arıtma teknolojisi ve konum ile YST sistemi binaların su tüketimini %40'a kadar azaltabilmektedir [21]. Bu bağlamda yapıda uygulanacak YST sistemini planlarken uygun depo ve depolama yönteminin belirlenmesi sistemin tasarım aşamasında karar verilmesi gereken önemli bir evredir. Çalışma kapsamında, yüksek alanda sert zemine ve çatı yüzeyine sahip olan Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi'nin meydan ve çatısından elde edilebilecek yağmur suyu hasadı için YST sistem tasarımı sürecinde uygun depo büyüklüğü hesaplanmıştır. Üniversitenin mevcut depo hacmi de göz önünde bulundurulmuş ve bu bağlamda senaryolar kurgulanmıştır. Kurgulanan senaryolar üzerinden kurulabilecek YST sistemi için inşaat ve depo maliyetleri esasında optimum depolama yöntemine karar verilmiştir. Çalışmanın, YST sistem tasarımı ön süreç olan depo miktarı ve depolama yönteminin belirlenmesi evrelerinde sistem tasarımcılarına ve karar vericilerine yol göstermesi hedeflenmektedir.

2. Yağmur Suyu Toplama Sistemi Depolama Yöntemleri

Yağmur suyu toplama sistemlerinde toprak altı ve toprak üstü olmak üzere, sarnıç yöntemi ve depo (tank) yöntemi olmak üzere iki ana yöntemden bahsedilebilmektedir. İki yöntemin de sistem bazında avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, sistem tasarımında hangi yöntemin seçileceğine, yağış rejimi, depolama büyüklüğü, kullanılan malzeme ve maliyetleri, uygun iş gücünün bulunup bulunmaması gibi etkenler göz önünde bulundurularak ön hesaplamalarla karar verilmelidir [22].

2.1. Sarnıç Yöntemi

Sarnıç yönteminde yağmur suyu sarnıç adı verilen depolarda toplanmaktadır. Sarnıçlar genellikle yere gömülü olarak ve su sızdırmayacak biçimde yapılmaktadır. Sarnıca verilen yağmur suyunun kumdan (filtre) süzülmesi gerekmekte olup, bu amaçla genellikle silis kumu kullanılmaktadır. Sarnıç yönteminde kurgulanan sarnıcın altta bulunan 1/3'lük kısmı çakıl, üst tarafı ise ince kumla meydana getirilmiş yaklaşık olarak 1m yüksekliğinde bir kum filtresi ile tasarlanması idealdir [23]. Şekil 1'de YST sistemi için tasarlanan bir sarnıcın düşey kesit ve planı görülebilmektedir.



Şekil 1. Sarnıç Yöntemi [13]

2.2. Depo (Tank) Yöntemi

Bu depolama yönteminde ise, hasat edilen yağmur suyu genelde yer üstüne ya da görülmesi istenmediği durumlarda yer altına harici bir tankın yerleştirilmesi ve toplanan suyun bu tanklarda depolanmasına dayanmaktadır (Şekil 2). Bir depolama tankının boyutlandırılması, birkaç değişken ile ilişkilendirilerek belirlenebilmektedir. Bunlar;

- Toplama yüzeyinin alanı,
- Yerel yağış ve hava koşulları,
- İhtiyaç duyulan su hacmi (talep),
- Toplanan maksimum yağmur suyu miktarı (tedarik),
- Bir yedek su kaynağının mevcudiyeti,
- Yerleşim yerinin kullanılabilirliği,
- Bütçe olarak sayılabilmektedir [24].

Toprak üstü depoların kurulumunda; deponun kurulacağı alan zamanla tamamen veya bölgesel çöküntüler oluşmaması açısından düzgün ve sert, depoya zarar verebilecek taş, metal gibi delici ve zarar verici materyallerden arındırılmış olmalıdır. Depo bir zemin üzerinden kullanılacaksa, zeminin yüzeyi delikli olmamalı, düz olmalıdır [25].

Tankın yeri büyüklüğüne, biçimine, mevcut alana, iklim ve toprak koşullarına bağlıdır. Yer altına, kısmen yer altına ve ya üstüne monte edilebilen tank, tercihen boru hattı ve pompa gereksinimlerini en aza indirmek için en kısa mesafeye yerleştirilmelidir. Yeraltında önerilen bir depolama tankı doğrudan güneş ışığından korunma ve suyun serin tutulması gibi avantajlara sahipken özellikle sert ve kayalık toprakta veya sahanın yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması durumunda, kurulum ve inşaat maliyetinde artışlar yaşanabilmektedir [26]. Ek olarak yeraltı tanklarının bakımı ve onarımının daha zor olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 2. Toprak altı ve toprak üstü depolama tankı [27]

3. Materyal ve Yöntem

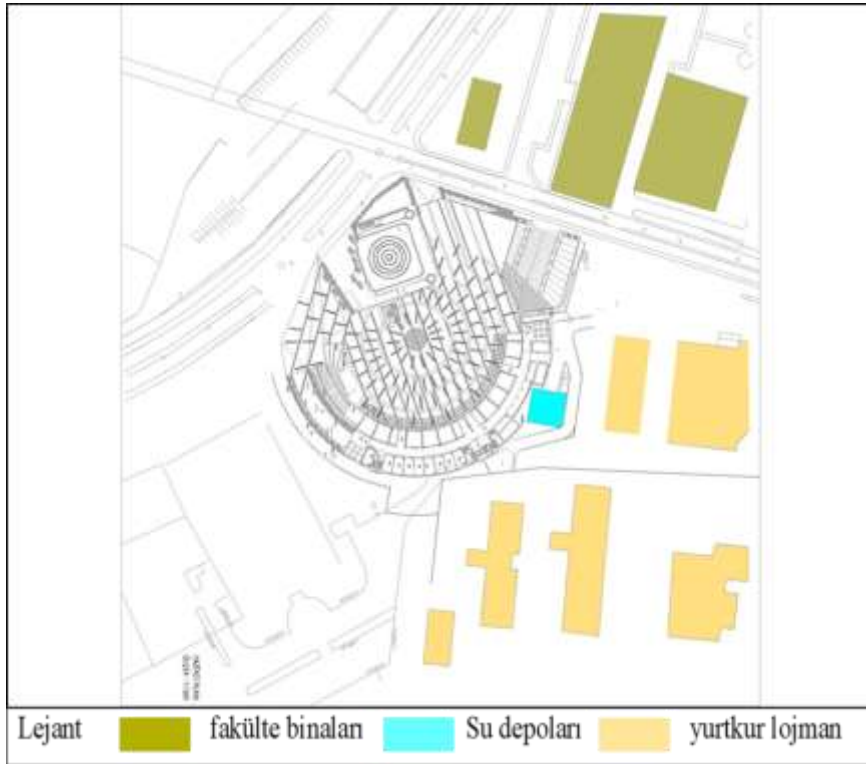
3.1. Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi

Üniversitelerin temel ve en önemli işlevi olan eğitim, öğretim ve bilimsel araştırmaların dışında, günümüzün eğitim sisteminin gerektirdiği; sosyo-kültürel işlevlere cevap verecek hem fizikî ve alt yapısal oluşumları hem de çağdaş ve sürdürülebilir uygulamaları bünyesinde bulundurmalıdır [28]. Karabük Üniversitesi merkez yerleşkesi olan Demir Çelik Yerleşkesi'nde yer alan Karabük

Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi (SYM) 8957 m²'lik alana kurulmuş olup, toplam inşaat alanı 1320 m²'dir. Yağmur hasadının planlandığı merkezin çatı alanı 1500 m² olup gezilebilir betonarme döşemeli teras çatı olarak tasarlanmıştır (Şekil 3,4 ve 5). Merkeze ait meydan alanı ise 5136 m² olup mermer malzeme ile kaplıdır. Meydan kısmı aynı zamanda alt kotta yer alan SYM yemekhanesinin de çatısını oluşturmaktadır.



Şekil 3. Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi [29]

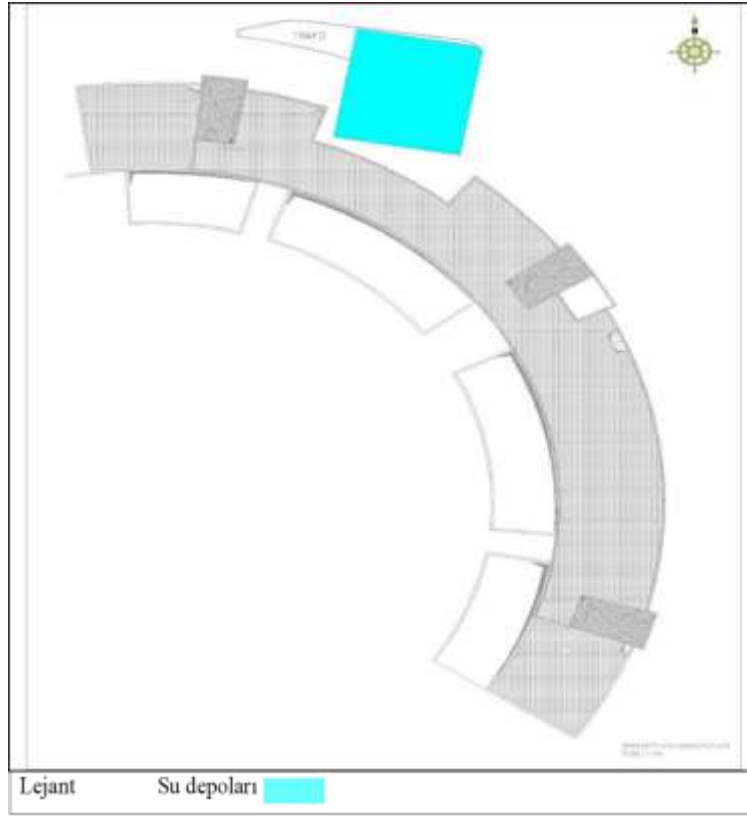


Şekil 4. Sosyal Yaşam Merkezi vaziyet planı [30]

3.2. Karabük İli İklim Koşulları ve Yağış rejimi

Karabük ilinin yaz ile kış mevsimleri arasındaki sıcaklık farkının çok fazla olmadığı görülmektedir. Yaz ayları nispeten serin iken kış ayları kıyı kesiminde ılık, yüksek kesimlerde soğuk ve karlıdır. Genellikle her mevsim yağış görüldüğünden su sıkıntısı genellikle yaşanmamaktadır. Doğal bitki

örtüsünü, yüksek kesimlerde nemli ve soğuk şartlarda yetişen iğne yapraklı ormanlar oluştururken, kıyı kesimlerde geniş yapraklı nemli ormanlar yer almaktadır.



Şekil 5. Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi Çatı Planı [30]

En soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4.2 °C iken, en sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı ise 22.1 °C'dir. Şehrin yıllık ortalama sıcaklık ise 13.0 °C'dir. Kısmen Batı Karadeniz bölgesinin iklimi özelliklerinin görüldüğü Karabük, deniz kıyısından içeride yer almakta ve Karadeniz'in nemli havasından yeterince faydalanamamaktadır. Karasal iklimin karakteristik özelliklerini taşımasına rağmen, İç Anadolu bölgesindeki kadar kurak yaz sıcakları ve kış soğukları görülmemektedir [31].

Karabük ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 542 mm'dir. En fazla yağış görülen ay, 76.5 mm/yıl yağış ortalamasıyla Haziran ayıdır. En çok yağış ilkbahar ve kış aylarında görülmektedir. Karabük, Karadeniz iklimi sebebiyle her mevsim yağış olsa da, Temmuz ve Ağustos aylarında kısa süreli kuraklıklar görüldüğünden yağış diğer aylara göre daha az olmaktadır. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı ise %19.4'tür. Tablo 1'de Karabük ilinin 1965-2018 yılları arasına ait ortalama sıcaklık, yağış ve güneşlenme süreleri verilmiştir [31].

Karabük Meteoroloji İl Müdürlüğü'nün istasyon bilgileri veri tabanında bulunan 1980-2018 yılları arasına ait yağış verileri kurumdan edinilmiştir. Elde edilen bu veriler SPSS 22 (Statistical Package for the Social Sciences) istatistik paket programında analiz edilip, yıllara, mevsimlere ve aylara ait standart sapmalar hesaplanmıştır. Standart sapma hesabı sonuçlarına göre yıllık verilere bakıldığında sapma miktarının ± 7.62 litre olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda çalışmada son beş yıllık ortalama yağış verilerinin hesaplamalarda yeterli olacağı kanaatine varılmıştır. Son beş yıla ait aylık ortalama yağış miktarı verileri ise Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 1. Karabük iline ait meteoroloji verileri [32]

KARABÜK	AYLAR												Yıl
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ölçüm periyodu (1965-2018)													
Ort. Sıcaklık	2.9	4.8	8.1	12.8	17.4	21.0	24.0	23.8	19.5	14.2	8.2	4.2	13.4
Ort. en yüksek sıcaklık	7.4	10.4	14.8	20.3	25.5	29.0	32.3	32.5	28.3	21.9	14.4	8.8	20.5
Ort. en düşük sıcaklık	-0.5	0.4	2.7	6.8	10.7	13.8	16.5	16.4	12.7	8.7	3.7	0.9	7.7
Ort. güneşlenme süresi (saat)	1.6	3.2	3.5	7.3	6.0	7.7	9.3	8.7	6.9	4.8	3.8	2.7	65.5
Ort. yağışlı gün sayısı	15.5	11.0	13.5	9.8	13.5	11.8	6.0	5.0	5.3	9.0	11.0	12.8	124.2
Aylık top. yağış miktarı ort. (mm)	45.8	30.0	47.7	42.1	61	76.5	23.8	11.4	42	59.6	43.7	58.4	542
Ölçüm periyodu (1965-2018)													
En yüksek sıcaklık	22.1	24.8	32.5	34.9	38.8	40.6	44.0	44.1	40.8	37.2	27.0	23.2	44.1
En düşük sıcaklık	-15.1	-14.2	-9.2	-5.8	0.1	4.6	8.9	8.9	3.4	-3.1	-6.4	-12	-15.1

Tablo 2. Karabük ili aylık ortalama yağış durumu [32]

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Top.
2014	48.2	7.0	27.9	80.7	81.7	110.7	24.3	16.7	105.7	108.1	18.5	80.9	710.4
2015	45.2	26.1	42.5	32.8	18.1	111.6	0.4	6.7	40.0	52.3	60.8	62.3	498.8
2016	77.2	64.4	21.2	50.9	116.8	12.6	4.1	3.2	41.9	5.6	29.4	60.4	487.7
2017	30.6	29.0	26.7	37.6	45.1	79.5	23.4	26.4	2.0	75.3	70.1	44.4	490.1
2018	27.9	23.6	120.5	8.6	43.5	68.1	66.8	4.1	20.5	56.8	39.9	44.0	524.3
Ort. (mm/yıl)	45.8	30.0	47.7	42.1	61	76.5	23.8	11.4	42	59.6	43.7	58.4	542

3.3. Üniversite Peyzajı Su Giderleri

Karabük Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığından alınan bilgiler doğrultusunda, üniversitenin Demir Çelik Yerleşkesi peyzajında kullanılan su miktarı yıllık 69,136 m³ olarak belirlenmiş olup, veriler 2019 yılına aittir. Yağmur suyu hasat miktarının karşılama oranları için yapılan hesaplamalarda bu değer kullanılmıştır.

3.4. Yağmur Suyu Miktarının Hesaplanması

Yağmur suyu hasadında elde edilecek su miktarının belirlenmesinde, çatı katsayısı, filtre etkinlik katsayısı, konuma ait yağış miktarları ve hasadın yapılacağı toplama alanı gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çatı etkinlik katsayısı: Çatı etkinlik katsayısı, toplanma alanına düşen yağmurun toplanabilme kapasitesine göre belirlenen bir katsayıdır. Bu katsayı çatıyı kaplayan malzemelere göre değişiklik göstermekte olup (Tablo 3). SYM binasının çatısında kullanılan malzemenin beton olması ve

meydanda kullanılan malzemenin mermer olması nedeniyle, çalışmada çatı katsayıları sırasıyla 0.70 ve 0.90 olarak alınmıştır.

Tablo 3. Çatı Kaplama Malzemesine Göre Çatı Katsayıları [33]

Çatı Malzemesi	Çatı Katsayısı
Beton	0.70
Metal	0.90
Kiremit	0.75
Mermer (sırlı fayans)	0.90

Filtre etkinlik katsayısı: Çatıdan elde edilecek yağmur suyunun, görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilecek olan ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Yağmur suyunun bir miktarının filtreden geçerken kaybolması durumuna yönelik belirlenir. DIN1989 standardına göre 0.9 olarak belirtilmektedir.

Yağmur toplama alanı: Yağmur suyu hasadı yapılacak olan yapıya ait çatı alanıdır.

Yağış miktarı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen ortalama yıllık yağış miktarıdır.

Yukarıdaki veriler ışığında yapıda yağmur suyu hasadı miktarı Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır [34].

$$\Sigma W = A \times M \times \alpha \times \beta \quad (1)$$

Burada;

ΣW : Toplam Yağmur suyu hasadı (m^3), A: Yağmur suyu toplama alanı (m^2), M: Yağış miktarı (mm/m^2), α : Çatı katsayısı (0.8) beton çatı ise (0.7), β : Filtre etkinlik katsayısı (0.9)

Yağmur suyu hasadı sonucunda yağmurun depolanacağı depo hacmi Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır [34].

$$V = A \times M_{max} \times \alpha \times \beta \quad (2)$$

Burada;

V: Gerekli olan depo hacmi (L), A: Yağmur suyu toplama alanı (m^2), M max: Max yağış alan aya ait yağış miktarı (mm/m^2), α : Çatı katsayısı (0.8), β : Filtre etkinlik katsayısı (0.9)

3.5. YST Sisteminin Kurulumuna Yönelik Senaryolar

Karabük Üniversitesi yerleşkesinin peyzaj sulaması için gerekli olan su, kuyu suyundan karşılanmaktadır. Üniversitenin peyzaj sulama alanı 3 bölgeye ayrılmıştır. Ayrıca 3 bölgeye ayrılan sulama depoları farklı bölgelere hizmet etmektedir.

Rektörlük binası yakınındaki 1. deponun su kapasitesi $110 m^3$ tür. Burada bulunan su ile rektörlük binası, tıp fakültesi, yabancı diller yüksekokulu, üniversite otoparkı ve Karabük Üniversitesi B kapısı girişinin etrafındaki yeşil alan peyzaj sulama ihtiyacı giderilmektedir.

Ay yıldızlı stadyumun üst bahçesinde bulunan deponun kapasitesi $500 m^3$ tür. Bu depodaki su ile Mühendislik Fakültesi çevresi ve stad etrafındaki yeşil alanların peyzaj sulaması gerçekleştirilmektedir.

3.bölgedeki depolar ise çalışma alanı olan SYM'nin arka bölgesindedir (Şekil 3). Deponun su kapasitesi 220 m³ tür. Buradaki depodan geniş bir alana su sağlanabilmektedir. Depoda bulunan su ile Teknoloji Fakültesi, İktisat Fakültesi, İlahiyat Fakültesi, Japon Parkı, Hasan Doğan Parkı, Alt Botanik Bahçe, Üst Botanik Bahçe ve Sosyal Yaşam Merkezinin çevresinin peyzaj sulama ihtiyacı karşılanmaktadır. Aynı zamanda buradaki depolar üniversitenin bünyesindeki bir diğer depo olan stat bölgesindeki deponun su dolumunu da sağlamaktadır. 500 m³ deponun suyu kuyuya olan uzaklığı ve eğim farkından dolayı buradaki depodan sağlanmaktadır. Stat bölgesindeki depoya ulaşacak su, önce kuyudan bu depolara dolmakta, sonrasında depo yakınındaki hidrofor aracılığıyla stat bölgesindeki depoya gönderilmektedir. Bu nedenle, Sosyal Yaşam Merkezi'nde toplanacak suyun bu deponun bulunduğu alana konumlandırılmasına ve yeni bir depo talebi ya da mevcut depoların kullanılması üzerinden senaryolar üretilerek merkez için uygun depolama yönteminin belirlenmesine karar verilmiştir. Bu senaryolar aşağıda özetlenmiştir;

- S₁. Sarnıç yöntemi
- S₂. Mevcut depo+Sarnıç yöntemi
- S₃. Depo (tank) yöntemi
- S₄. Mevcut depo+Depo (tank) yöntemi şeklindedir.

S₁ senaryosu ile toplamda gereken 365.5 m³ hacminde sarnıç için 369 m³'lük sarnıç sistemi tasarlanarak hesaplamaları yapılmıştır. S₂ senaryosunda. SYM bölgesinde kullanılmakta olan 220 m³ hacmindeki mevcut depoya ek olarak. 145.5 m³ lük sarnıç için 147 m³'lük sistem yapılacağı öngörülerek buna uygun maliyet hesapları yapılmıştır. S₃ senaryosunda ise, toplamda gereken 365.5 m³ gerekli hacim doğrultusunda 370 m³ hacminde depo sistemi tasarlanarak hesaplamaları yapılmıştır. Son senaryo olan S₄ senaryosunda ise mevcutta kullanılmakta olan depo hacminden kalan 145.5 m³ için 150 m³ hacminde ek depo alınması öngörülmüştür (Tablo 4).

Tablo 4. Çalışma kapsamında önerilen depolama senaryoları

Senaryo	Depolama Yöntemi	Mevcut Durum	Gerekli Hacim
S ₁	Sarnıç	-	365.5
S ₂	Mevcut depoların kullanımı + Sarnıç	220 m ³ depo	145.5 m ³ sarnıç
S ₃	Depo	-	365.5 m ³ depo
S ₄	Mevcut depo + Depo	220 m ³ depo	145.5m ³ depo

3.6. Senaryolara Ait Varsayım ve Kabuller

- Sarnıç üst tabliyesinde peyzaj ve araç sürsayg yükü olmadığı kabulüyle; döşeme kalınlığı 25 cm olarak kabul edilmiştir.
- Zemin raporları netleştikten sonra tekrar kontrol edilmek koşuluyla, temel derinliği ön tasarım yüksekliği 55 cm olarak belirlenmiştir.
- Perde duvar kalınlığı 35 cm olarak öngörülmüştür.
- Projede yapılacak olan kazı işlemleri Karabük Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı tarafından yapılacak olup yatırım maliyetlerine kazı maliyetleri dahil edilmemiştir.
- Yağmur suyu hasadında kullanılacak olan yağmur suyu boru hattı her bir senaryo için eşit maliyette olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiştir. Yalnız senaryolarda aynı miktarda geri ödeme süresini etkileyeceği unutulmamalıdır.
- 15.01.2020 tarihli Karabük güncel fiyatlarına göre demir kg fiyatı 3.1 tl olarak alınmıştır.
- Betonarme temel, döşeme ve duvar yapımı için; temel betonu 90 kg/ m³ duvar betonu 70 kg/ m³ döşeme betonu 55 kg/ m³ olarak hesaplanmıştır.

- Karabük Belediyesi’nden alınan su tarifesine göre; Karabük ili okul ve yüksekokullardan alınan birim su bedeli 4.21 tl/m³’tür.
- Meydan alanında kaplama malzemesi olarak mermer kullanılsa da mermere ait çatı etkinlik katsayısı bulunmadığından sırlı fayans için verilen değer kabul edilmiştir.

3.7. İnşaat ve Depo Maliyetlerinin Hesaplanması

SYM için kurulan senaryolara ait inşaat maliyet giderlerinin ve depo maliyetlerinin hangi senaryolarda kullanılacağına yönelik bilgiler Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Senaryolara ait inşaat ve depo giderleri

Maliyetler	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
İnşaat Giderleri	X	X		
Depo Maliyeti			X	X

S₁ senaryosu için; Sarnıcın ebatları 11m × 12m × 2.8 m olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Bu ebatlarda sarnıcın hacmi 369.6 m³’tür. Bu senaryo için sarnıç maliyetlerine yönelik malzemeler ve birim fiyatlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. S₁ senaryosu için gerekli malzemeler ve birim fiyatları

Senaryo: S ₁	369.6 m ³ sarnıç için	Birim fiyat(tl)
Temel	Beton: 11m x 12m x 0.55 (h) = 72.6 m ³	226.00
	Demir: 72.6m ³ x 90kg = 6.534 kg/m ³	3.1
	Kalıp: (11m + 12m) x 2 x 0.55(h) = 25.3 m ²	54.95
Perde duvar	Beton: 2.8 x 0.35 x (11 + 10) x 2 = 41.16m ³	226.00
	Demir: 41.16m ³ x 70kg = 2.881 kg/m ³	3.1
	Kalıp: 2 x (11m + 10m) x 2 x 3 = 252 m ²	54.95
Döşeme	Beton: 0.25m x 11m x 12m = 33 m ³	226.00
	Demir: 33m ³ x 55kg = 1815 kg/m ³	3.1
	Kalıp: 11m x 12m = 132 m ²	54.95
Grobeton	11m x 12m x 0.10 = 13.2 m ³ (C14-C16 beton düşük sınıfı)	198.00

S₂ senaryosu için: 220 m³ lük kullanılan depoların yanına ilave olarak 145.5 m³ lük sarnıç eklenecektir. Sarnıcın boyutu tabanı 7 ve 7 m. yüksekliği 3 m derinliğinde olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Sarnıcın hacmi 147 m³ değerindedir. Bu senaryo için sarnıç maliyetlerine yönelik malzemeler ve birim fiyatlar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. S₂ senaryosu için gerekli malzemeler ve birim fiyatları

Senaryo: S ₂	147 m ³ sarnıç için	Birim fiyat(tl)
Temel	Beton: 7m x 7m x 0.55(h) = 26.9 m ³	226.00
	Demir: 26.9m ³ x 90 kg = 2421 kg	3.10
	Kalıp: 7m x 4 x 0.55 = 15.4 m ²	54.95
Perde duvar	Beton: 3m x 0.35m x 7m x 4 = 29.4 m ³	226.00
	Demir: 29.4 x 70kg = 2058 kg	3.10
	Kalıp: 7m x 4 x 2 x 3 = 168 m ²	54.95
Döşeme	Beton: 0.25 x 7 x 7 = 12.2 m ³	226.00
	Demir: 12.2 m ³ x 55kg = 671 kg	3.10
	Kalıp: 7m x 7m = 49 m ²	54.95
Grobeton	7m x 7m x 0.10 = 4.9 m ³ (C14-C16 beton düşük sınıfı)	198.00

S_3 senaryosuna yönelik 365.5 m^3 hacme sahip suyun depolanması için 20 m^3 18 adet ve 10 m^3 1 adet su deposu kullanılmıştır.

S_4 senaryosunda ise, kullanılmakta olan 220 m^3 lük su depolarının yanına ek olarak 145.5 m^3 hacim için, 7 adet 20 m^3 ve 1 adet 10 m^3 lük depo eklenmiştir. Bu senaryolar için depo maliyetlerine yönelik birim fiyatlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. S_3 ve S_4 senaryosu için gerekli malzemeler ve birim fiyatları

Senaryolar	Gerekli Hacim (m^3)	Depo Hacmi (m^3)	Adet	Birim fiyat(tl)
S_3	365.5 m^3	20 m^3	18	7000
	(370 m^3 depo)	10 m^3	1	4000
S_4	145.5 m^3	20 m^3	7	7000
	(150 m^3 depo)	10 m^3	1	4000

3.8. Yatırımın Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması

Yağmur suyu hasadının yapılmasına yönelik yatırımın elde edilen kazanım doğrultusunda, yatırım maliyetinin ne kadar sürede geri ödeneceği Eş. 3 yardımıyla hesaplanmıştır. Bir yatırımın sağlayacağı net para girişleri yıllar itibariyle değişiklik göstermiyorsa, yatırım tutarını yıllık net para girişine oranlayarak geri ödeme süresi hesaplanmaktadır.

$$n = \frac{C}{R} \quad (3)$$

Burada;

n: Yatırımın geri ödeme süresi, C: Yatırım tutarı, R: Yıllık net para girişidir.

4. Bulgular

SYM çatı ve meydana elde edilecek yıllık su miktarı Eş.1 yardımıyla hesaplanmış ve 2766 m^3 olarak belirlenmiştir. Bölüm 3.3’te belirtildiği gibi üniversitenin peyzaj için kullandığı sulama miktarı ise 69166 m^3 ’tür. Bu durumda hasattan elde edilen su peyzaj sulama miktarının yaklaşık %4’ünü karşılayabilmektedir (Tablo 9).

Tablo 9. Elde edilen su miktarları ve karşılama oranı

Elde edilen su miktarı	Sulama için gereken su miktarı	Karşılama oranı (%)
2766 m^3	69166 m^3	%4

Tablo 10, Şekil 6 ve 7’de görüldüğü üzere, SYM’ne uygulanması düşünülen yağmur suyu hasadı için farklı depolama yöntemlerine yönelik 4 farklı senaryo üretilmiş ve bu senaryolar yapım maliyetleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda, depolama yöntemi olarak sarnıç yönteminin kullanıldığı S_1 senaryosunun yatırım bedeli, 93082 tl olup, 13644 tl kazanç karşısında geri ödeme süresi 7.9 yıl olarak hesaplanmıştır.

Mevcut depoların kullanılarak, gerekli olan su hacminin sarnıç yapılarak depolandığı senaryoda ise yatırım bedeli 45183 tl olarak belirlenmiştir. Bu sistemin geri ödeme süresi ise 3.8 yıl olarak bulunmuş, yatırım maliyetinin ve geri ödeme süresinin azalmasında, mevcut depoların kullanımı etkili olmuştur.

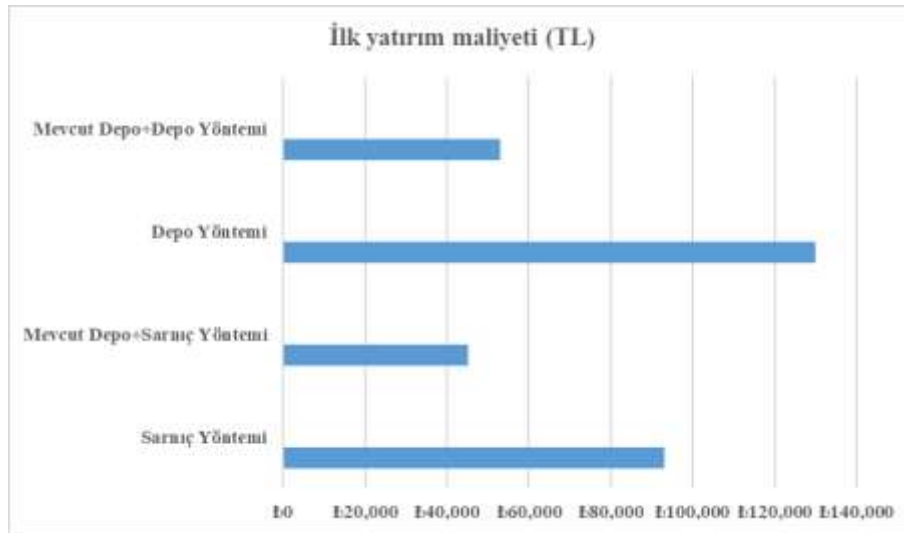
Sarnıç yöntemine alternatif olarak alınabilecek polimer esaslı depo yönteminin hazır olarak satın alınmasına dayalı senaryo olan S_3 senaryosunun yatırım bedeli 130000 tl iken, geri ödeme süresi

10.5 yıl olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntem, sarnıç yöntemi ile kıyaslandığında oldukça maliyetlidir. Bu nedenle geri ödeme süresi de daha uzundur.

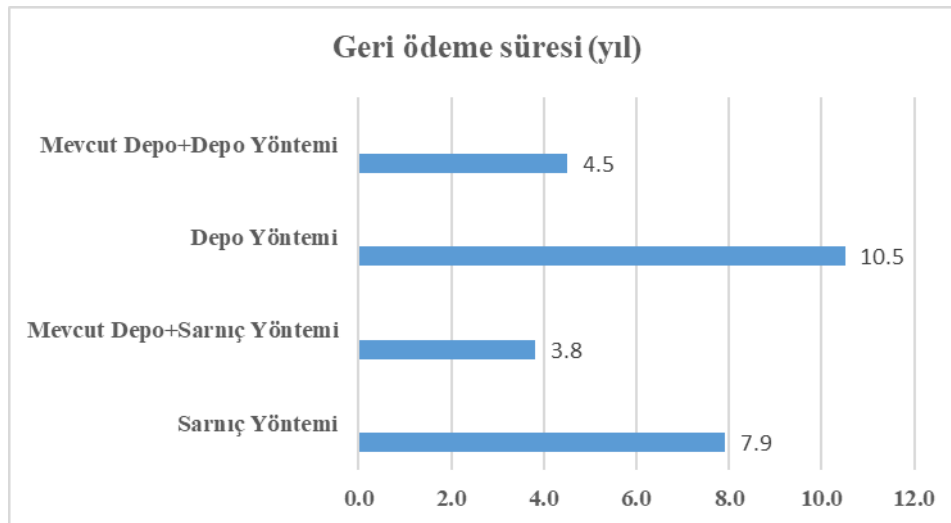
Mevcut depoların kullanılarak, gerekli olan su hacminin ek depo alınarak karşılanması senaryosunda (S_4) yatırım bedeli 53000 tl olarak belirlenmiş olup, S_2 senaryosuna göre daha fazla maliyetlidir. Bu durumda mevcut depoların kullanılması halinde geri kalan su hacmi için sarnıç sisteminin uygulanması en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. Mevcut depoların herhangi bir nedenle kullanılmaması durumunda ise, sistemin sarnıç depolama yöntemi ile kurgulanması daha doğru olacaktır.

Tablo 10. Senaryolara ait ilk yatırım maliyeti ve geri ödeme süreleri

Senaryolar	Toplam maliyet(tl)	Kazanç(tl)	Geri ödeme süresi (yıl)
S_1	93082	11644	7.9
S_2	45183	11644	3.8
S_3	130000	11644	10.5
S_4	53000	11644	4.5



Şekil 6. Senaryoların ilk yatırım maliyetleri



Şekil 7. Senaryoların geri ödeme süreleri

5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada. Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi'ne entegre edilmesi düşünülen yağmur suyu hasat miktarı hesaplanmış, yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri belirlenmiştir. Çatı alanından ve meydana toplanan yağmur suyunun Karabük Üniversitesi yeşil alanlarının peyzaj sulamasının ne kadarlık bir kısmının kullanılabilceği ve bu yağmur suyu hasadından elde edilecek suya uygun optimum depolama yöntemi araştırılmıştır. Buna göre depolama yöntemi olarak sarnıç yönteminin kullanıldığı S_1 senaryosunun yatırım bedeli 93082 tl olup, 11644 tl kazanç karşısında geri ödeme süresi 7.9 yıl olarak hesaplanmıştır. Mevcut depoların kullanılarak, gerekli olan su hacminin sarnıç yapılarak depolandığı senaryoda ise yatırım bedeli 45183 tl olarak belirlenmiştir. Bu sistemin geri ödeme süresi ise 3.8 yıl bulunmuş, yatırım maliyetinin ve geri ödeme süresinin azalmasında, mevcut depoların kullanımı etkili olmuştur.

Sarnıç yöntemine alternatif olarak alınabilecek polimer esaslı depo yönteminin hazır olarak satın alınmasına dayalı senaryo olan S_3 senaryosunun yatırım bedeli 130000 tl iken, geri ödeme süresi 10.5 yıl olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntem, sarnıç yöntemi ile kıyaslandığında oldukça maliyetlidir. Bu nedenle geri ödeme süresi de daha uzundur. Mevcut depoların kullanılarak, gerekli olan su hacminin ek depo alınarak karşılanması senaryosunda (S_4) yatırım bedeli 53000 tl olarak belirlenmiş olup, S_2 senaryosuna göre daha fazla maliyetlidir (Tablo 11). Bu durumda mevcut depoların kullanılması halinde, geri kalan su hacmi için sarnıç sisteminin uygulanması en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. Mevcut depoların herhangi bir nedenle kullanılmaması durumunda ise, sistemin sarnıç depolama yöntemi ile kurgulanması daha doğru olacaktır.

Tablo 11. Senaryolara ait ilk yatırım maliyeti ve geri ödeme süreleri

	S_1	S_2	S_3	S_4
Yatırım maliyeti	93082	45183	130000	53000
Geri ödeme süresi	7.9	3.8	10.5	4.5

Su, insanın temel ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra ülkelerin gelişmesinde de en önemli etkidir. Yenilenebilen bir kaynak olmasına rağmen; nüfustaki düzensiz artışlar, kaynakların bilinçsiz şekilde kullanılması, endüstriyel kirlilik, plansız ve hızlı kentleşmenin yanı sıra iklim değişiklikleri sebebiyle de ülkeler arasında su krizleri oluşmakta ve giderek su kıtlığı oluşmaktadır. Henüz Türkiye su açısından avantajlı ülkeler arasında görünse de kişi başına düşen su miktarı gün geçtikçe daha da azalmaktadır. Nüfustaki artışlar ve kentleşmenin sonucunda bu süreç her ne kadar doğal bir süreç olarak görünse de ilerleyen teknoloji, su sıkıntılarını çözüm olabilecek yenilikler geliştirmektedir. Bu bağlamda YST sistemlerinin sürdürülebilirlik ve su korunumu açısından önemi oldukça büyüktür. YST sistemlerinin tasarımında uygun depolama yönteminin belirlenmesi sistemin maliyetini düşürecek, sistemin geri ödeme süresinin düşmesini sağlayacaktır.

Teşekkür

Çalışma, Karabük Üniversitesi. Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü'nün FYL-2019-2077 Nolu projesi tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında verdiği destekten ötürü Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1]. Şahin, M., Güven, Y., Oğuz, Y., Şahin E., Hidroelektrik santrallerinin çevre politikaları açısından önemi, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 2016, 3(3): 521-532.

- [2]. Global Hunger Index Global hunger index: The challenge of hunger: Ensuring Sustainable Food Security Under Land, Water, and Energy Stresses. International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2012.
- [3]. United Nations World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights And Advance Tables, New York United Nations Department of Economic & Social Affairs, 2013.
- [4]. Heggen, R.J., Rainwater catchment and the challenges of sustainable development, *Water Science and Technology*, 2000, 42(1-2), 141-145.
- [5]. UNESCO-IHP, Final Report, 20th Session of the Intergovernmental Council, Paris, 4-7 June. 2012, Paris, France.
- [6]. Abdulla, F.A. Al-Shareef, A.W., Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan, *Desalination*, 2009, 243(1-3), 195-207.
- [7]. Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M.J., Friedler, E., DeBusk, K., ... & Han, M., Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives, *Water Research*, 2017, 115, 195-209.
- [8]. Radhakrishna, B. P., Rainwater harvesting, a time-honoured practice: Need for revival, *Current Science*, 2003, 85(9), 1259-1261.
- [9]. Abdulla, F.A., Al-Shareef, A.W., Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan, *Desalination*, 2009, 243(1-3), 195-207.
- [10]. Alam, R., Munna, G., Chowdhury, M.A.I., Sarkar, M.S.K.A., Ahmed, M., Rahman, M.T., ... Toimoor, M.A., Feasibility study of rainwater harvesting system in Sylhet City, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2012, 184(1), 573-580.
- [11]. Glendenning, C.J., Vervoort, R.W., Hydrological impacts of rainwater harvesting (RWH) in a case study catchment: The Arvari River, Rajasthan, India. Part 1: Field-scale impacts, *Agricultural Water Management*, 2010, 98(2), 331-342.
- [12]. Kahinda, J.M., Taigbenu, A.E., Boroto, R.J., Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2010, 35(13-14), 742-751.
- [13]. Daigger, G.T., Evolving urban water and residuals management paradigms: Water reclamation and reuse, decentralization and resource recovery, *Water Environment Research*, 2009, 81(8), 809-823.
- [14]. Vieira, A.S., Beal, C.D., Ghisi, E., Stewart, R.A., Energy intensity of rainwater harvesting systems: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014, 34, 225-242.
- [15]. Dallman, S., Chaudhry, A. M., Muleta, M. K., Lee, J., The value of rain: benefit-cost analysis of rainwater harvesting systems, *Water Resources Management*, 2016, 30(12), 4415-4428.
- [16]. Malinowski, P.A., Stillwell, A.S., Wu, J.S., Schwarz, P.M., Energy-water nexus: Potential energy savings and implications for sustainable integrated water management in urban areas from rainwater harvesting and gray-water reuse, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2015, 141(12), A4015003.
- [17]. UNESCO (2019), Water security and the sustainable development goals, International Centre for Water Security and Sustainable Management. <https://unesdoc.unesco.org/home>. (25.04.2020)
- [18]. UN Water, Water security and the global water agenda: A UN-water analytical brief, Hamilton, ON: UN University, 2013.
- [19]. Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., Yürekli, K., Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri, *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2011, 4(2), 65-71.
- [20]. Amin, M.T., Alazba, A.A., Probable sources of rainwater contamination in a rainwater harvesting system and remedial options, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, 5(12), 1054-1064.
- [21]. Daigger, G.T., Evolving urban water and residuals management paradigms: Water reclamation and reuse, decentralization and resource recovery, *Water Environment Research*, 2009, 81(8), 809-823.

- [22]. Alpaslan, N., Tanık, A., Dölgen, D., Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler, TÜSİAD Yayın No: 2008-09.
- [23]. Şahin, N.İ., Manioğlu, G., Binalarda yağmur suyunun kullanılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 2011, 125, 21-32.
- [24]. U.N. Water Security & The Global Water Agenda, UN Water Analytical Brief, Hamilton, Canada: UN University, 2013.
- [25]. URL 1 (2019) <https://www.karmodplastik.com/depo-yeri-hazirlanmasi-kurulum.html>, Depo Yeri Hazırlanması ve Kurulumu (25.12.2019).
- [26]. TWDB, Texas Water Development Board in Cooperation with Chris Brown, Jan Gerston, Stephen Colley, The Texas Manual on Rainwater Harvesting, Third Edition, 2005, 88, Austin, Texas. <https://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/> (26.02.2020)
- [27]. URL 2 (2020), <https://www.karmodplastik.com/yagmur-suyu-depolama-tanki.html> <https://sudeposu.net/yagmur-suyu-hasadi-tanki> (25.07.2020)
- [28]. Dönmez, Y., Türkmen, F., Çabuk, S., Students Opinions on The Plan of University Campus, International Refereed Journal of Design and Architecture, 2015, (6), 1–1.
- [29]. Karabük Üniversitesi 2019 Yılı İdare Faaliyet Raporu, <http://strateji.karabuk.edu.tr>. (02.03.2020).
- [30]. Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı, 2019.
- [31]. URL 3 (2019) <https://karabuk.ktb.gov.tr/TR-63702/cografya.html> (27.12.2019)
- [32]. URL 4 (2019) <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=KARABUK> (27.12.2019)
- [33]. Bektaş, İ., Dinçer, A.E., Değişen İklim Koşullarında Çatı Kaplama Malzemelerinin Verimliliğinin İncelenmesi-Safranbolu Örneği, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017, 33(3), 35-53.
- [34]. Ball, T., Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide, Bristol: Aztec West Almondsbury, 2001.