



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**İSTANBUL İÇİN YAĞMUR SUYU
POTANSİYELİNDEN BİREYSEL VE BÖLGESEL
OLARAK FAYDALANMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜMİT YILMAZ

156501004

Danışman: Prof.Dr.-Ing Ahmet CAN

İstanbul, 2018



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**İSTANBUL İÇİN YAĞMUR SUYU
POTANSİYELİNDEN BİREYSEL VE BÖLGESEL
OLARAK FAYDALANMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜMİT YILMAZ

KABUL VE ONAY

Makine Mühendisi Ümit YILMAZ tarafından hazırlanan “İstanbul İçin Yağmur Suyu Potansiyelinden Bireysel Ve Bölgesel Olarak Faydalanma” başlıklı bu çalışma,/...../..... tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

Başkan:

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve şekillerin kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “İstanbul İçin Yağmur Suyu Potansiyelinden Bireysel Ve Bölgesel Olarak Faydalanma” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtirim.

Ümit YILMAZ



ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim sadece İstanbul Arel Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Ümit YILMAZ

ÖZET

İSTANBUL İÇİN YAĞMUR SUYU POTANSİYELİNDEN BİREYSEL VE BÖLGESEL OLARAK FAYDALANMA

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.-Ing Ahmet CAN

Haziran 2018

Yaşanan su sıkıntısının önüne geçebilmek için geliştirilen yöntemlerden yağmur suyunun toplanıp kullanılması üzerine çalışma yapılmıştır. Genellikle binaların çatılarından toplanan yağmur suyu, su tüketimine göre oluşturulan depolama alanına kadar taşınır. Depolanan yağmur suyu filtre edilerek kullanılacak alana iletilir. Yağmur suyundan faydalanmak için ne şekilde toplanıp, depolanıp ve kullanılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Tasarlanacak olan bu sistemin hesap yöntemleri, kullanım alanları, mekanik tesisat aşamaları ve istatistiksel bilgilere değinilmiştir. Yağmur suyundan faydalanma gerekliliğinin dünyadaki ve ülkemizdeki önemi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur Suyu, Yağmur Hasadı, Yağmur Suyu Toplanması

ABSTRACT

INDIVIDUAL AND REGIONAL BENEFIT FROM RAINWATER POTENTIAL FOR ISTANBUL

Master Thesis, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof.Dr.-Ing Ahmet CAN

June 2018

This study was carried out on the collection and reuse of rainwater, one of the methods developed to prevent the water shortage. Generally, rainwater, collected from the roofs of buildings, is transported to the storage area according to the water consumption. The stored rainwater is filtered and transmitted to the area in which it will be used. In this study, the collection, storage, and utilization of stored rainwater have been examined. The system, to be designed, is defined in terms of calculation methods, usage areas, mechanical installation stages and statistical information. The importance of utilization of the rainwater has been examined across the world and our country.

Keywords: Rainwater, Rainwater Harvesting, Rainwater Collection.

ÖNSÖZ

Bu zamana kadar eğitim öğretim hayatımda katkılarından dolayı tüm öğretmenlerime, tez çalışmam sırasında değerli öneri ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Ing Ahmet CAN'a tez konusun seçilmesi ve hazırlanması sırasında gösterdiği anlayış, sabır için teşekkür ederim.

Ayrıca; bizlere açtığı yol ve gösterdiği hedeften dolayı başöğretmen Mustafa Kemal ATATÜRK' e teşekkür ederim.

Haziran 2018

Ümit YILMAZ

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
YEMİN METNİ	ii
ONAY.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
KISALTMALAR LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi

1.BÖLÜM.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
1.3. Çalışma Yöntemi Ve Planı	3
2.BÖLÜM.....	3
SU SORUNUNA GENEL BAKIŞ.....	3
2.1 Küresel Su Sorununa Genel Bakış.....	4
2.2. Türkiye’de Suyun Durumu	8
2.3. İstanbul’un Su Sorunu	11
3.BÖLÜM.....	13
YAĞMUR SUYU TOPLAMA VE KULLANIMI	13
3.1 Yağmur Suyu Toplama Şekilleri	16
3.1.1 Yağmur Suyu Toplanmasında Sarnıç Sistemi	16
3.1.2 Yağmur Suyu Toplanmasında Sızdırma Yöntemi	17
3.1.3 Yüzeysel Yağmur Suyu Toplama Yöntemi	18
3.2 Yağmur Suyu Depolama Uygulamaları.....	18
3.3 Yağmur Suyunun İçme Ve Kullanım Suyuna Filtre Edilmesi.....	19
3.4 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri Ve Temel Tesisat Elemanları	22
3.4.1 Konutlarda Yağmur Suyu Toplama Örneği	23
3.4.2 Fabrikalarda Yağmur Suyu Toplama Örneği.....	24
3.4.3 Yağmur Suyu Kullanımlı Ekosistem Gölet Örneği	25
3.5 Yağmur Suyu Toplanması Ve Kullanımı İle İlgili Hesaplamalar.....	27
3.5.1 Kullanım Suyu İhtiyacının Hesaplanması	28
3.5.2 Yağmur Toplama Suyu Deposu Boyutlandırılması	29

3.5.3 Yağmur Toplaması İçin Örnek Hesaplama.....	29
3.6 Yağmur Suyu Toplanmasında Maliyet Ve Verimlilik.....	32
4.BÖLÜM.....	33
YAĞMUR SUYU KULLANIM YERLERİ VE ÖRNEKLERİ.....	33
4.1 Yağmur Suyu Kullanımı İçin Değerlendirmeler.....	33
4.1.1 Yeşil Binalarda LEED Sertifikası.....	34
4.1.2 Yeşil Binalarda BREEAM Sertifikası	35
4.2 Yağmur Suyu Toplanması Ve Kullanımında Dünyadan Örnekler	37
4.3 Yağmur Suyu Kullanımında Ülkemizden Örnekler	38
4.3 Yağmur Suyu Kullanımında Dünya'daki Ve Türkiye'deki Yasalar, Yönetmelikler Ve Teşvikler	39
5.BÖLÜM.....	42
İSTANBUL'DA YAĞMUR SUYU TOPLAMA VE KULLANIMI İÇİN ÖRNEK PROJE ÇALIŞMASI.....	42
6.BÖLÜM.....	46
SONUÇLAR.....	46
KAYNAKÇA	47
ÖZGEÇMİŞ.....	50

KISALTMALAR LİSTESİ

km³ : kilometreküp

km² : kilometrekare

m² : metrekare

m³ : metreküp

İSKİ : İstanbul Su Ve Kanalizasyon İdaresi

DSİ : Devlet Su İşleri

Mg/lt : miligram/litre

CaCO₃ : Kalsiyum Karbonat

UV : ultraviyole ışınları

EPDM : etilen propilen monomer kauçuk

TL : Türk Lirası

DIN-1989 : Alman Standartları Enstitüsü – Yağmur Suyu Toplama Sistemleri

BS-8515 : İngiliz Standartları – Yağmur Suyu Toplama Sistemleri

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Su Tüketim Oranları.....	5
Tablo 2.2 Yıllık Kişi Başına Düşen Su Tüketimi.....	10
Tablo 3.3 İçme Ve Kullanma Sularında İstenmeyen Maddeler Ve Maksimum Değeri.....	21
Tablo 3.3.1 İçme Ve Kullanma Sularında Zehirli Maddeler Ve Maksimum Değeri.....	21
Tablo 3.3.2 İçme Ve Kullanma Sularında Kimyasal Maddeler Ve Maksimum Değeri.....	21
Tablo 3.3.3 İçme Ve Kullanma Sularında Sertlik Değeri.....	22
Tablo 3.5 Yağmur Suyu Toplama Alanına Göre Kayıp Katsayıları (Φ).....	28
Tablo 3.5.1 Günlük Ortalama Su İhtiyacı.....	28
Tablo 3.5.3 Kocaeli Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm).....	30
Tablo 3.5.4 Örnek Proje Aylık Ve Yıllık Ortalama Toplanabilen Su Miktarı.....	30
Tablo 3.5.5 Yağmur Suyu Toplanma ve Su Tüketimi Analizi.....	31
Tablo 3.5.6 Yağmur Suyu Toplama Ve Su Tüketimi Analiz Grafiği.....	31
Tablo 4.3 Yağmur Suyu Kullanımına İlişkin Yasa Ve Yönetmelikler.....	40
Tablo 5 İstanbul İli Sarıyer İlçesi Aylık Toplam Yağış Miktarı.....	42
Tablo 5.1 Aylara Göre Yağmur Suyu Toplama Miktarı.....	43
Tablo 5.2 Aylık Su Tüketimi İhtiyacı.....	43
Tablo 5.3 Aylık Su Tüketimi Ve Yağmur Suyu Analizi.....	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Ükelere Göre Kişi Başına Düşen Yıllık Tatlı Su Miktarı	5
Şekil 2.3 İstanbul'a Su Veren Su Hazneleri, Barajlar Ve Arıtma Tesisleri.....	12
Şekil 3 Yağmur Suyunun Atmosfere Geri Dönüşü	14
Şekil 3.2 Yüzey Göleti Yağmur Suyu Deposu	19
Şekil 3.4.1 Konutlarda Tipik Yağmur Toplama Tesisat Şeması	23
Şekil 3.4.2 Fabrikada Yağmur Suyu Kullanımı Tesisat Şeması.....	24
Şekil 3.4.3 Yağmur Suyu Kullanımlı Ekosistem Göleti Teknik Şeması	26
Şekil 3.4.3.1 Ekosistem Göleti Teknik Şeması Üst Görünüş	27
Şekil 5. Örnek Proje Mimari Çatı Planı Teknik Resmi	42



1.BÖLÜM

GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi için en temel ihtiyacı su olmuştur. Dünya nüfusunun artmasıyla, su kaynaklarının yetersiz kalması insanlığın tasarruf etmeye ve yeni kullanılabilir su kaynaklarını aramaya yöneltmiştir. Bu hızla artan su ihtiyacına çözüm arayışında yağmur suyunun değerlendirilmesi önem kazanmıştır.

20.yüzyılda dünyamızın üç kat artan nüfusuna karşın, su sarfiyatı altı kat artmıştır. Sanayileşme, tarım ve hızlı şehirleşme sonucu bilinçsiz su kullanımı su kaynaklarını tüketmiş ve sonucunda dünyada 1 milyardan fazla kişi içme suyundan mahrumdur, 2 milyardan fazla kişide temiz, kullanılabilir ve sağlık için gerekli olan suya sahip değildir. Bu durumun Türkiye'yi yakından ilgilendirmesi ve etkilenmesi kaçınılmaz görünmektedir (Rende, 2003).

Dünyada artan su sıkıntısına dikkat çekmek için filmler, forumlar, konferanslar yapılıyor, dernekler kuruluyor kamuoyu oluşturulmaya çalışılıyor. Üretilen herhangi bir şey için harcanan temiz su miktarı göz önünde bulunduruluyor. Konuyu ciddiye alan devletler üzerine çalışmalar sürdürüyor, teşvik yasaları ile su sıkıntısını çözenin yollarını açıyor. İsviçre'de bir süpermarket zinciri gıda olarak böcek stoklamaya başladı. Böcek burgerler, böcek köfteler, böcek gofretler vs. üretimi yapıp satışa sunuluyor. Böcekler iyi bir protein deposu olarak biliniyor, çünkü endüstriyel düzeyde büyükbaş hayvancılığın çevreye olumsuz yönde etkisi çok ciddi boyutlarda. Bir kilogram kırmızı et üretimi için 15.000 litre suya ihtiyaç var, kırmızı et için gereken su miktarı böcek üretiminde kullanılanın 10 katı. Yaşanan su sıkıntısının önüne geçmek için Asya ülkelerinin mutfağında bulunan böcekten yapılan yiyeceklere yönelimi oluşturmak isteniyor. (bbcturkce, 2018)

Bu tez çalışmasında, İstanbul için yağmur suyunun değerlendirilmesi, yaşanan su sıkıntısına fayda sağlanması amaçlanmaktadır. İstanbul özelinde projelendirilecek olan çalışma, bölgesel anlamda yağmurun yağdığı bütün coğrafyalarda örnek olabilecektir.

Projelendirilmede elde edilen yüksek fayda ve ekonomiklik göz önüne alındığında gelecek yıllarda kullanımın artacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Dünyada ve coğrafyamızda yaşanan su sıkıntısı çözümünde önemli bir yeri olacak yağmur suyunun kullanımının İstanbul özelinde bir proje ile örneklendirilerek, yaşanan ya da yaşanacak su sıkıntısına alternatif çözüm olmak.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tez kapsamında İstanbul'daki su sorunu ele alınarak, yağmur suyunun kullanımı için oluşturulacak örnekler aylık, yıllık meteorolojik veriler ile incelenecektir.

Su sıkıntısının gerçekçi biçimde karşılanabilmesi için yağmur suyunu hangi şartlarda ve nasıl kullanabileceği, Dünyada ve ülkemizde uygulanan projeler örnek olarak incelenecektir.

Yağmur suyunun kullanımı yaşanan su sıkıntılarında ne gibi katkı sağlayacak, yağmur suyu kullanımının su tasarrufuna sağlayacağı katkılar, ekonomik faydaları ve yenilikçi çözümler aranacaktır.

Meteorolojiden alınan İstanbul için 88 yıllık yağmur yağış istatistiksel bilgileri göz önüne alınıp, İstanbul'da belli bir pilot bölge seçilerek yağmur suyunun toplanması, filtrasyonu, kullanım süreçlerini değerlendirilmiş olup, örnek olarak bir okul projesi incelenip uygulamaya hazır hale getirilmiştir.

1.3. Çalışma Yöntemi Ve Planı

Çalışma yöntemi olarak bu tezde öncelikli olarak kaynak taraması yapılmış olup, konu ile ilgili yerli basılı kitap, tez ve makale çalışmaları incelenmiş, internet kaynaklarından faydalanılmıştır. Ülkemizde yağmur suyunun değerlendirilmesindeki uygulamalar incelenmiş, yazılı kaynaklardan örnekler alınmıştır, proje ve süreç hakkında bilgi edinilmiştir.

Yağmur suyu toplama ile ilgili uluslar ve uluslararası standartlar kapsamında hesaplama prensipleri, su sıkıntısına sağladığı katkıları istatistiksel veriler şeklinde değerlendirilmiştir.

Burada incelenmiş bu yöntem ile yağmur suyundan maksimum fayda sağlamak amaçlanmıştır, sudan mahrum olmamanın ve su faturalarında tasarruf etmenin ne şekilde olacağı açıklanmıştır.

2.BÖLÜM

SU SORUNUNA GENEL BAKIŞ

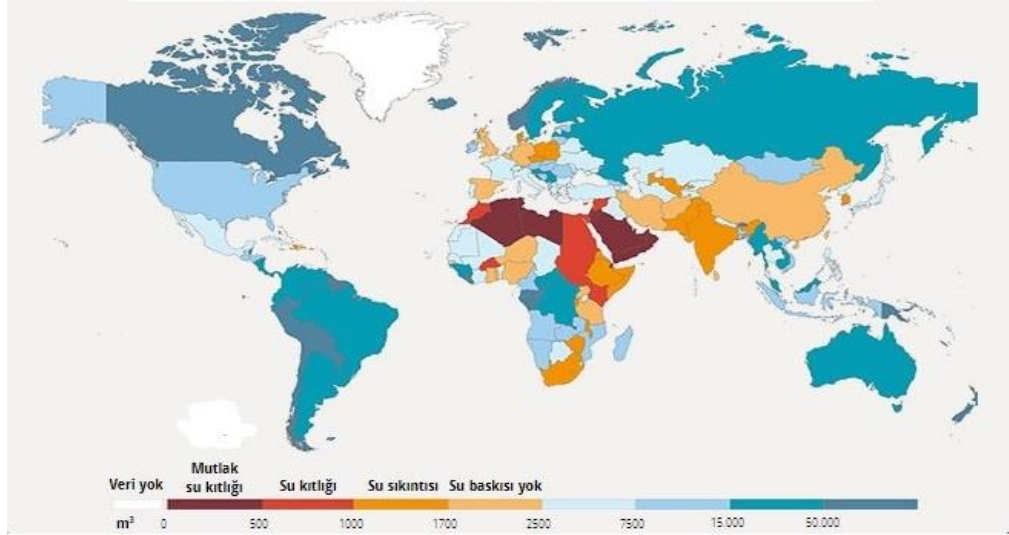
Canlıların tümü için vazgeçilmez bir kaynak olan su, yaşamsal önem taşıyan bir değerdir. Hayati öneme sahip kaynak olarak su en küçük canlı organizmadan, en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik hayatı ve bütün canlı faaliyetleri ayakta tutan unsurdur.

Su kaynaklarının sabit kalması ve hızlı artan dünya nüfusunun, nüfus artış hızından daha fazla su tüketmesi sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle çalışmaların su sorununa yönelik tedbirler alınmasına yönelik olmalıdır.

2.1 Küresel Su Sorununa Genel Bakış

Gezeganimizin %75 sularla kaplı olmasına rağmen tatlı su kaynakları dünyamız üzerindeki su kaynaklarının %2,5'ini oluşturur. Kullanılabilir tatlı suyunda %70'i buzul ve kar kütleleri içinde saklıdır. Yağan yağmurlardan yeryüzüne düşen yağış yılda 110.000 km³ bunun 42.700 km³ yüzeysel akışa geçerek nehirlerle, denizlere, göllere ulaşmaktadır. Toplam su tüketimi 1940 yılında dünyada yılda 1.000 km³ civarında, bu miktar 1960 yılında 1.980 km³, 1990 yılında 4.130 km³ ulaşmıştır. Su kaynaklarına artan talep aşırı olduğundan ve bu kaynakların dünya geneline dengeli dağılmaması sebebiyle 80 ülkede nüfusun %40'ında istenilen su talebi karşılanamamaktadır. Küresel ısınmanın yanı sıra, su tüketiminin nüfusa oranla üç kat fazla artıyor olması nedeniyle bu oran 20-25 yıl içerisinde %50'lere çıkması olacağı tahmin edilmektedir (USİAD, 2007).

Ülkelere göre düşen yıllık tatlı su miktarı Dünya'nın farklı bölgelerine göre değişmektedir. **Şekil 2.1** incelendiğinde ülkemiz su kıtlığı çeken ülkeler arasında olmamasına karşın su stresi çeken ülkeler arasında sayılabilir. Ayrıca ülkemizin önündeki en büyük tehditlerden biri haline gelen iklim değişikliği çağında doğanın kendi su döngüsünü koruyarak susuz kalmanın önüne geçebiliriz. Dünyada uygulanan yanlış su politikaları nedeniyle su kaynaklarının geleceği tehlikeye atılmıştır. Hayati öneme sahip su kaynaklarını korunması için uygulanacak yöntemler doğa yanlısı olmalıdır.



Kaynak: (Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu, 2015)

Şekil 2.1. Ünelere Göre Kişi Başına Düşen Yıllık Tatlı Su Miktarı

Su tüketim miktarı üç farklı grupta **Tablo 2.1.**'de gösterilmiştir. Türkiye ve Dünya'nın başka bölgelerinde sektörel anlamda su tüketim değişiklikleri belirtilmiştir. Ülkemizde su kullanımının büyük çoğunluğu tarımsal sulama alanında kullanıldığı görülmektedir, toplanacak ve depolanacak yağmur suyunu yılın kurak aylarında, tarımsal faaliyetlerde yetersiz kalan suyun karşılanmasını sağlayacaktır.

Tablo 2.1 Su Tüketim Oranları

	Dünya Geneli	Yüksek Gelirli Ülkeler	Düşük Gelirli Ülkeler	Türkiye
Tarım	%70	%30	%82	%74
Sanayi	%22	%59	%10	%11
Ev	%8	%11	%8	%15

Kaynak: (Tubitak Bilim Genç, 2018)

Dünya'da özellikle içilebilir su kaynaklarının hızla kirlendiği görülmektedir. Nüfusun aşırı artması, çarpık kentleşme sera gazındaki artım ve hızla gelişip artan sanayileşme giderek daha susuz bir dünyada yaşamamıza neden olmaktadır. Bu kaynağa büyük oranda bağımlı olduğu ve sınırlı olduğunu bazen untabiliyor bunun sonucu olarak gelecekte tehlikeli olacaktır. Dünya su verileri değerlendirildiğinde; insanoğlunun temel ihtiyaçları için günlük temiz su ihtiyacı 20-50 litre, 1.1 milyar insanın içecek temiz sudan

mahrum. 2.6 milyar insanın tuvalet ihtiyacını giderecek tuvaleti yok ve temel gereksinimleri için su bulunamadığı görülmektedir. Çocuk ölüm oranları temiz su ve içilebilir su sıkıntısı yaşayan, kanalizasyon alt yapısı olmayan gelişmiş ülkelere kıyasla 10-20 kat fazla olduğu tespit edilmiştir, mikroplu sular her gün 3900 çocuğu öldürdüğü biliniyor. Bu gelişmiş ülkelerin çocukları 30-50 misli daha fazla su tüketen su oburu çocuklar hâline gelmiştir. Yeteri kadar ulaşılamayan temiz su, ishal gibi kirli su kaynaklı hastalık ve ölümlerin bir numaralı nedenidir, her yıl 1.8 milyon insan ishalden can veriyor. Gelişmekte olan ülkelerde endüstriyel atıkların yüzde 70'i hiçbir işlem görmeden doğaya bırakılmaktadır ve su kaynaklarını kirletilmektedir, her yıl 300-500 milyon ton ağır metaller, toksin maddeler suları zehirliyor. 1900'den bu yana yeryüzündeki sulak alanların yarısı yok olmuştur. Bir kilo et üretimi için 5-20 ton su gerekli, bir ürünün üretimi için gerekli su miktarına "sanal su" denilmektedir, bir kilo et için harcanan su miktarı yaklaşık olarak bir kişinin 10 aylık su tüketimine eşittir. Dünya nüfusunun 3-7 milyarı 2075 yılında bir damla su bulamayacak duruma gelmesi bekleniyor. OECD ülkelerinin her yıl 200 milyar dolar yatırım yaparak temiz su altyapılarının yenilenmesi, kaçakların önlenmesi ve su kalitesinin korunması için önlem alması gerekmektedir (Dünya Su Forumu, 2009).

Su kaynakların azalması ve aynı zamanda azalan bu kaynağın hayati önem kazanması, suyun petrol gibi uluslararası ilişkilerde diplomatik bir konu olarak, savaş senaryolarının oluşturduğu bir kaynak haline gelmesine neden olmuştur. Küreselleşmenin suyla ilgili boyutu iki şekilde yürütülmektedir. Bunlardan birisi su ticareti suyun borular ve tankerler ile yer değiştirip depolanarak ve şişelenerek satılmasını içerir, diğeri de özelleştirme; su üzerindeki kamu denetimi ve suyun dağıtımındaki kamu payının azalması veya tamamen devredilip özel şirketlere geçmesine neden olmuştur. İnsanların suyun değerini bilmedikleri için dikkatsiz kullandıkları görülmektedir ve eğer suyun fiyatı yükseldikçe daha dikkatli kullanılacağı düşünülmektedir. Susuzlukla mücadelenin en etkin yöntemi olarak suyun özelleştirilmesi savunulmaktadır. Fakat çözüm olarak yanlış bir yöne gidilmekte. Suyun özelleştirilmesinden sonra bunu doğrulayan somut örnekler; Bolivya'da suyun yer altı ve yer üstü haklarını bir şirket satın aldıktan sonra su fiyatları %200 artmıştır. Hatta yağmur suyunu

toplayan köylülere şirket tarafından dava açılmıştır. Gana ve Ekvator'da insanlar maaşlarının yarısını su faturalarına vermektedir. Hindistan'da aile bütçesinin %25'nin su faturasına gittiği tespit edilmiştir. İngiltere'de 1990larda suyun özelleştirilmesinden sonra su fiyatları %150-450 artarken, şirket karları %692 artmıştır ve ilk yılda 21 bin evin suyu kesilmiştir. Çeşme'de suyun metreküp bedeli büyük şehirlere göre 4 kat daha fazla hale gelmiştir. Türkiye'de Antalya ilinin su fiyatları Fransız su devi bir firmanın yönetimine geçmesiyle özelleştirme yapıldıktan sonra %130 artmıştır. Şili'de etkin olan bu şirketler, imtiyaz sözleşmelerine aykırı olarak su fiyatlarını resmi rakamlarla %20 oranında artırmışlardır, ancak 15.000 su faturası incelenip değerlendirildikten sonra gerçek artışın % 100-200 oranında olduğunu açıklamıştır. Fransa'da yaşayan 5 milyon insan kullanılabilir sudan mahrum kalmış, temiz su kullanım azlığından kaynaklı kolera salgınları yaşanmıştır. 2007 yılının istatistiklerine göre dikkat çeken önemli husus; dünyada kullanılan suyun %5'i özelleşmiş bulunmaktadır. Özelleştirmeye su kaynaklarını elde eden bu şirketlerin yıllık geliri dünya petrol ticaretinin yıllık gelirinin %50'sine ulaşmış durumdadır. Bu nedenlerden dolayı her geçen gün bu suyu kullanma mecburiyeti olan insanların ödemesi gereken ücret artmakta fakat buna bağlı olarak aldıkları hizmet değişmemektedir. (TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, b.t.).

Su insanın doğal hakkıdır, özelleştirilip satılması doğru değildir. Herkese yeterince su sağlanması bir kamu görevidir. Kirlenilen su arıtılmalı, dönüştürülmeli ve doğaya ancak böyle verilmelidir. Yeterli temiz su sağlanması için alternatif çözümler olarak yağmur suyunun boşa gitmesi önlenmelidir.

İnsanlığın suyla ilişkisi artarak devam etmekte özellikle gelişmekte olan ülkelerde su sıkıntısı fazlasıyla yaşanmaktadır. Suyun kullanım alanlarının artması, bu kıt kaynağın stratejik önemini daha da artmıştır. Bu soruna aranan alternatif çözümler arasında yağmur suyunun toplanmasını ve değerlendirmesinin önemini anlayan ülkeler bunun üzerine çalışmalar yapmaktadır.

2.2. Türkiye’de Suyun Durumu

Türkiye’nin toplam yüzölçümü 783.562 km², üç tarafı su ile çevrili bir ülke olmasına karşın tatlısu kaynaklarının varlığı açısından zengin bir ülke değildir. Türkiye ılıman, yarı-kurak ve sıcaklıklarda aşırılıkların yaşandığı bir iklim kuşağındadır. Türkiye genelinde m²’ye düşen yıllık yağış ortalama miktarı yaklaşık 643 mm olmaktadır, dünya ortalamasının (800 mm) altında görülmektedir. Bu suyun Türkiye’de yılda ortalama 501 km³ suya karşılık gelmektedir. 501 km³ bu suyun buharlaşarak atmosfere dönen kısmı 274 km³’dür, 69 km³ ’lük kısmı ise yeraltı suyunu beslemekte, 158 km³ ’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Pınarlar vasıtasıyla yeraltı suyunu besleyen 69 km³ ’lük suyun 28 km³ ’ü yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden gelen yılda ortalama 7 km³ su bulunmaktadır. Böylelikle ülkemiz Türkiye’nin toplam yerüstü suyu potansiyeli 193 km³ olmaktadır. Yenilenebilir su potansiyeli toplamı; yeraltı suyunu besleyen 41 km³ de dikkate alındığında, toplam 234 km³ olarak hesaplanmaktadır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 98 km³ ’tür, bu suyu yurt içindeki akarsulardan gelen 95 km³ ve komşu ülkelerden gelen akarsulardan 3 km³ oluşturmaktadır. 14 km³ olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte Türkiye’nin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 km³ ’dür. Türkiye önümüzde 2023 yılına kadar toplam kullanılabilir su potansiyeli olan 112 km³’lük suyun tamamını kullanmayı planlamaktadır (DSİ, 2009).

Suya artan talep artışının en temel nedeni kullanım alanlarının yaygınlaşmasıdır. Günümüzde su, enerji ve gıda üretimi dâhil olmak üzere birçok ekonomik faaliyet için en önemli girdilerden biri olmaktadır ve giderek kısıtlı kaynak haline gelmesi, suyun kullanım hacminin artması ile birlikte girdileri artırmaktadır. Sadece hidroelektrik üretiminde değil, yeni enerji kaynaklarının üretim süreçlerinde de (fosil yakıtlar, kaya gazı) yoğun bir şekilde su kullanılmaktadır. Tatlı su kaynaklarının en büyük bölümü, yaklaşık %72’lik

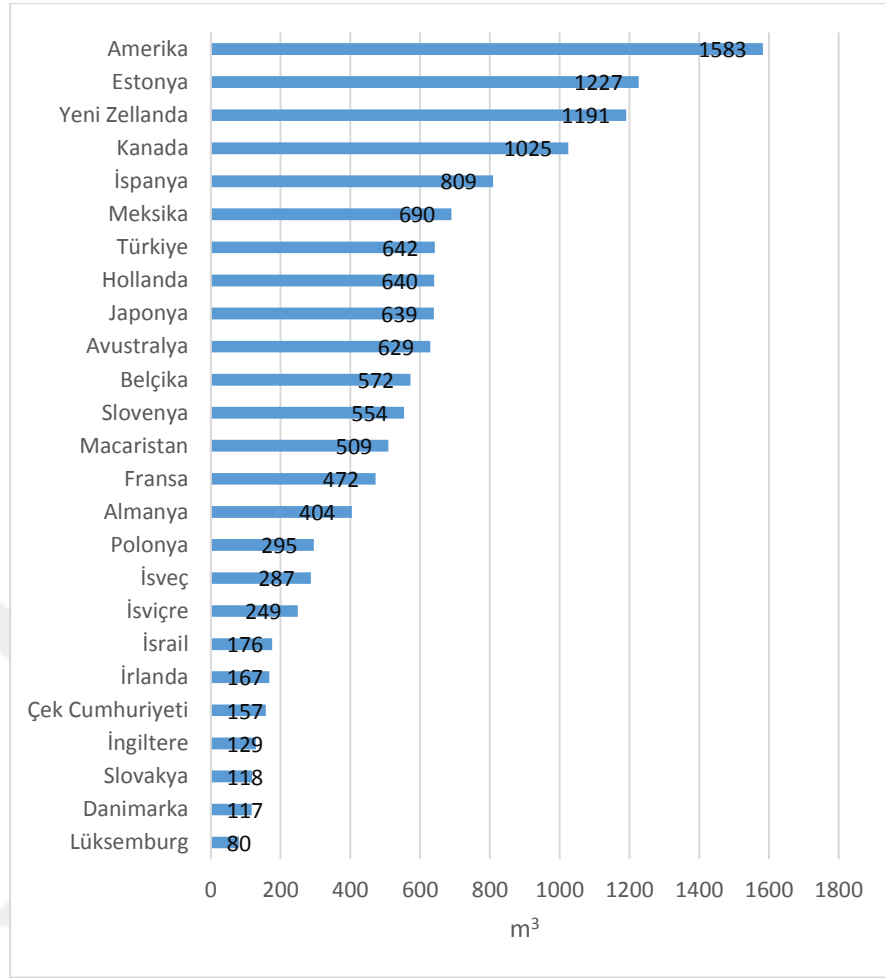
bir oran ile tarım faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Gelir ve tüketim düzeyinin yükselmesi ve gıda ürünlerine yönelik taleplerin artması artan nüfusun getirdiği talepler ile su kaynakları üzerinde ilave baskı yaratmaktadır. Suyun kalitesinde görülen değişimler, kirlilik, kuraklık ve biyoçeşitlilikte azalma su ile ilgili başlıca ekolojik problemlerdir. (Doğruluk Payı, 2018)

Tahminlere göre su kıtlığının gelecekte daha da artacaktır. Bu kapsamda dünya nüfusunun %40'ını barındıran 80 ülke şimdiden su sıkıntısı çekmektedir. OECD'nin gelecekte tarımda su alanında risk yaşayacağını öngördüğü ülkeler raporunda Türkiye de yer alıyor. Türkiye, orta-yüksek risk grubunda yer alırken, küresel iklim değişikliği ve su kalitesine karşın Türkiye'nin gelecekte karşılaşacağı en büyük risk grubu "su kıtlığı" olacaktır. Raporda Çin, ABD ve Hindistan en fazla su tehlikesi görülecek ülkeler olarak sıralanmaktadır. Tarımda yaşanacak su tehlikesi endeksine göre de Türkiye, 2024-2050 dönemi içerisinde en çok risk arz eden ilk 15 ülke arasında bulunmaktadır (Doğruluk Payı, 2018).

Su kaynaklarının gereğinden fazla tüketimi ve yarattığı ekolojik sorunlar açısından bir diğer referans noktası da bir yılda kişi başına düşen su tüketimi değeridir. Türkiye 2013 yılı verilerine göre yıllık kişi başına düşen su tüketiminde kişi başına en yüksek tüketimin gerçekleştiği 7. ülke olarak sıralanmıştır.

25 ülkede yıllık kişi başına düşen su tüketimi **Tablo 2.2**'de gösterilmiştir. Ülkemiz bu ülkeler arasında üst sıralarda yer almaktadır. Ülkemiz ile Almanya, Fransa ve İngiltere arasındaki su tüketim farkı incelenmeli, bu tüketim farkını kapatabilmek için verimli su kullanımı üzerine çalışılmalıdır.

Tablo 2.2 Yıllık Kişi Başına Düşen Su Tüketimi



Kaynak : (Statista (The Statistics Portal), 2013)

Kırsal kalkınma için sulama ivme kazandıran bir konumdur. Hayata geçirilen tüm su projeleri aynı zamanda bir kırsal kalkınma projesi örneğidir. Sulama imkânlarının düzenlenip gelmesiyle birlikte kuru şartlarda hububat - nadas sistemi ile arazilerini işleyen çiftçiler her yıl tarlasını ekip ürün alabilmektedirler. Tarıma dayalı sanayi gelişmekte, ürün çeşitliliği artmakta, verim iki ile beş kat artarken ürün kalitesinde gelişme imkânı bulunmaktadır. Gıda üretiminin 2/3'ü sulanan alanlardan karşılanmaktadır. Sürdürülebilir tarım ve sürdürülebilir kırsal kalkınma; toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimiyle mümkündür. Modern tarımın en önemli bir parçası olan “Su” günümüzün ve geleceğimizin en önemli stratejik kaynaklarından biridir. Araziye sulama suyunun iletiminde, dağıtımında, sistemin işletilmesinde ve tatbikinde sağlanacak tasarruf son derece önemlidir. Sulama projelerinin toplulaştırma ile

birlikte planlanması ve uygulanması, Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi, sulamalardan beklenen faydaların artmasını sağlar. Toplulaştırmayla birlikte uygulanan sulama projelerinde hem yatırım maliyetleri azalmaktadır hem de parsel yapısı toprak ve suyun verimli kullanılmasını sağlayacak şekilde getirilmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

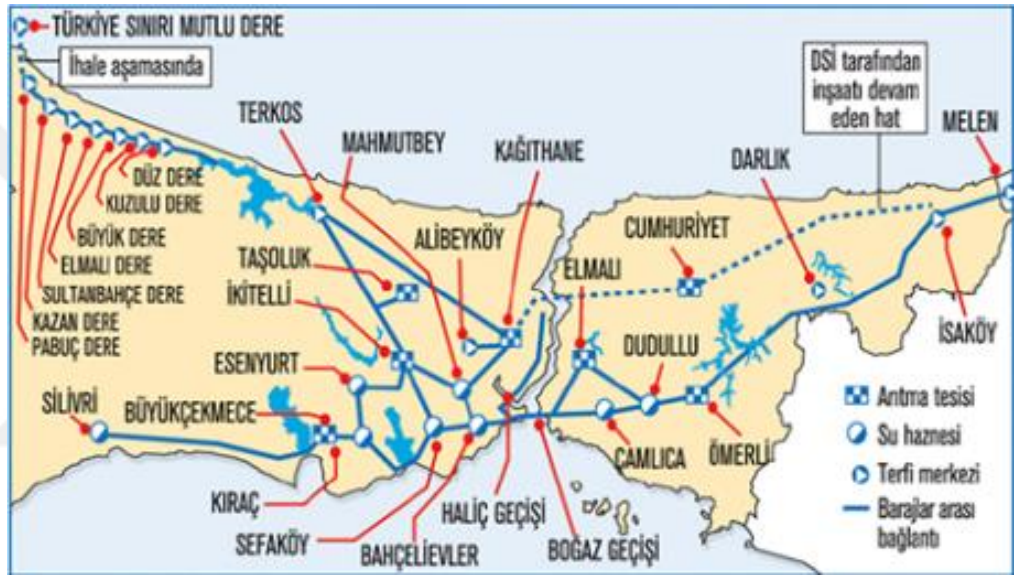
Türkiye su potansiyelin çok büyük bir kısmını tarımda kullanmaktadır. Tarımda kullanılacak olan su kaynağı için alternatif olarak “yağmur suyu toplanması” modeli yaygınlaştırılmasıyla sağlayacağı pozitif etki ile susuzluk riskine önlem alınmış olacaktır. Bu nedenle su tasarrufu sağlayan modellere özendirme ve teşvik etmek gerekmektedir.

Sanayide gelişmişlik arttıkça su tüketimi azalmaktadır çünkü su tüketimi yoğun biçimde tarımda kullanılmaktadır ve sanayisi gelişmiş ülkeler tarımda sulama sistemlerini geliştirmektedir. Doğru sulama teknikleriyle verimli ürünler elde edip doğal kaynaklarının harcanmasında tasarruf edilmektedir. Su kaynakların kıtlaşmaya başladığı bu dönemlerde geri dönüşüme ve kaynaklarının doğru kullanımına yönelik çalışmaları hızlandırmak ülke geleceği için çok önemlidir.

2.3. İstanbul’un Su Sorunu

İstanbul, tarihsel süreç içinde Roma ve daha sonra Bizans ve Osmanlı İmparatorlukları dönemi olmak üzere su sorunu yaşamış bir kenttir. Aynı sorun, günümüzde hızlı artan nüfus ve su tüketimindeki bilinçsizlik çözümü daha da zorlaştırmış olarak devam etmektedir. İstanbul’un içinde bulunduğu coğrafyada maalesef bol su kaynakları mevcut değildir. Diğer taraftan ülkemiz yarı-kurak iklim kuşağında yer almaktadır ve su zengini bir ülke değildir.

İstanbul gibi bir kentin nüfusunun artması ve coğrafi olarak hizmet alanının çok geniş olması sebebiyle artan su talebini karşılamak için Avrupa Yakası'nda Tekirdağ'dan, Anadolu Yakası'nda Düzce'ye kadar uzanan farklı su havzalarından içme suyu temin edilmektedir. Yaz ve kış aylarında değişmekle birlikte İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) verilerine göre İstanbul'da günlük ortalama 2 milyon 490 bin m³ su sarfiyatı olmaktadır. Melen ve Yeşilçay su sistemleri İstanbul'u besleyen su varlıkları arasındadır. (Akgün, Yıldız, Kurnaz, & Türkeş, 2014).



Şekil 2.3 İstanbul'a Su Veren Su Hazneleri, Barajlar Ve Arıtma Tesisleri

Kaynak: (DSİ, 2014)

İstanbul'da yaşanan en büyük sorunlardan biri olan su krizi 3.Köprü, 3.Havalimanı ve Kanal İstanbul gibi mega projelerle kontrolsüz büyüyen kentin bu sorunu gittikçe artırmaktadır. 130 ülkeyi geride bırakan nüfusu ile İstanbul kendi sınırları içinde var olan su varlıkları yetmemekte ve İstanbul'a yıllardır Melen ve Ergene gibi dış havzalardan su taşınmaktadır. Türkiye'de 1980'lerden bu yana her dört beş senede bir tekrar eden kuraklık, İstanbul'da etkisini her geçen tekrar sürecinde daha şiddetli yaşanmaktadır. İstanbul şehrinin içme ve kullanma suyunu bulunduran barajlarda su seviyeleri yaz mevsiminde %17'lere kadar düşmektedir. Sonuç itibari ile kuraklık ve susuzluk ile ilgili bugünden geleceğe bir vizyonu olmayan ve etkili bir fayda sağlamayan geçici çözümler

üretilmektedir. Daha da kötüsü günü kurtarmak şöyle dursun, İstanbul'un susuzluk sorununu önümüzdeki zaman diliminde daha da akut hale getirecek dev projeler art arada hayata geçirilmektedir. Bu mega projelerin su sorunu adına tek beklenen etkisi kent nüfusunun artması ve dolayısıyla su talebinin artması değildir. Bu projeler İstanbul'un zaten kısıtlı olan su varlıklarını aynı zamanda onların bulunduğu ormanlık ve sulak alanları kirlenmesine, tahrip olmasına ve yok olmasına neden olmaktadır. Yağmur suyunun toplanması ve kullanılması gri suyun arıtılması ile yeniden değerlendirilmesi ve yeşil binalar gibi çevreci yöntemlerle suyun daha verimli şekilde kullanımı ve yeniden kullanımı sağlanmalıdır. Bu çerçevede gerekli yasal düzenlemelerin yapılması teşvikler ve denetlemelerin artırılması gerekmektedir. Özellikle kentsel dönüşüme giren bölgelerdeki yeni yapılarda gri suyun yeniden kullanımını ve yağmur suyu toplama sistemlerini hayata geçirmek eski binalara göre çok daha az masraflı ve kolay olacaktır (Akgün, Yıldız, Kurnaz, & Türkeş, 2014).

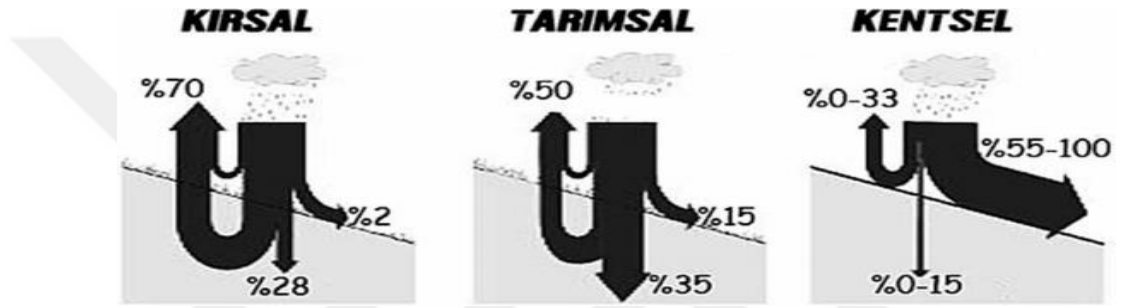
3.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU TOPLAMA VE KULLANIMI

Suyun çok önemli olduğu günümüzde yağın yağmurdan faydalanmaya yağmur suyu toplama denir. Yağın yağmur suyu toprak yüzeyinde veya bina çatılarında toplanıp içme suyu, temizlik ve sulama gibi amaçlarda kullanılır. Su fiyatlarının artışı düşünülecek olursa, yağmur suyunun toplanıp, depolanıp ve değerlendirilmesi çevreye ve su kaynaklarının akılcı kullanımına ekonomik açıdan katkı sağlamaktadır. Özellikle yağmur suyunun toplama alanı büyük olan yapılarda kullanılması suyun korunması için alınacak önlemler arasındadır. Kentlerde barajların dışında yağmur suyu toplama alanlarının oluşturulması ve toplanan suyun değerlendirilmesi, kent yaşamı için çok önemlidir. Su ile ilgili stratejik planı olmayan ülkeler, suyu kötü yöneterek su ve ürün kıtlığı ile karşılaşmaktadır. Akıp giden yağmur suyunu küçük önlemlerle başka işler için kullanılabilmesi su yönetim politikası açısından doğru bir karardır. Asırlar öncesinden beridir bilinen yağmur suyu toplanması ve kullanılması taşkınları, kuraklığı engelleyerek havada ve toprakta nemin artmasını doğal olarak

sağlamaktadır. Böylece sel olayı bertaraf edilerek can kayıplarına ve doğal tahribata karşı önlem olmaktadır. Bu sistemin belediyelerce teşvik edilmesi, toplumun konu hakkında bilinçlendirilmesine gereksinim vardır.

Şekil 3’de yağmur suyunun atmosfere geri dönen, toprağa ulaşan ve akış şeklinde nehirlere, denizlere giden bölümleri gösterilmiştir. Şehirlerde yağmur suyunun büyük çoğunluğu toprakla bulaşmadığı için doğrudan kanalizasyon sistemlerine akmaktadır.



Şekil 3 Yağmur Suyunun Atmosfere Geri Dönüşü

Kaynak: (Karpuzcu, 2014)

Türkiye’de mevcut olan standart uygulamalarında sisteminde yağmur suları kullanımı yapılmamaktadır. Yağmur suyunun içerdiği kirletici parametreler evsel atıklara göre çok düşüktür. Yağmur suyunun doğrudan kanalizasyona gitmesinden dolayı atık su gibi aynı arıtmaya tabi tutulduktan sonra kullanıma sunulması, ekolojik, ekonomik ve pratik açılarından etkin olmayan bir yöntemdir. Ayrı toplanacak olan yağmur suyu, atık su muamelesi görmeden basit bir artıma ile evsel kullanımda değerlendirilebilir. Böylelikle daha az enerji harcayarak, yağmur suyunu merkezi arıtma sistemine kadar taşınmadan toplandığı yerde arıtılabilir ve kullanılabilir (Akgün, Yıldız, Kurnaz, & Türkeş, 2014).

Takribi olarak ev için su kullanımında gerekli olan suyun %50’si yağmur suyu toplama ile sağlanabilir. Yağmur suyu bina yıkamaları, soğutma kuleleri,

yangın söndürülmesinde, ev temizliği, sulama, çamaşır yıkamada, havuz veya gölet doldurmada, tuvalet sifonlarında, araç yıkamada kullanılabilir. Ev tüketiminde kullanılan oransal olarak su dağılımı; %35 banyo/duş, %30 tuvalet rezervuarı, %12 çamaşır yıkama, %6 kişisel hijyen, %4 ev temizliği, %4 bahçe sulama, %2 içme/yemek yapma ve % 7 diğer kısımlar olmak üzere ayrılır (Kantaroglu, 2010).

Özellikle yağmur suyu kullanımı evsel tüketim için çok kolay uygulanabilir. Evsel su tüketimin yarısını karşılayabilecek bu uygulamanın sağlayacağı maddi tasarruf, aynı zamanda doğal kaynakların doğru kullanılması açısından gelecekte yaygın biçimde kullanılması mümkün olacaktır.

Yağmur suyu toplanması ve kullanımın üstün ve zayıf yönleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir; (Karakaya & Gönenç, 2005).

Üstünlükler;

- Proje göre değişkenlik göstermekle beraber ilk yatırım ve işletme maliyeti genelde düşüktür.
- Yağmur suyu toplama ve kullanım sisteminin montajı ve sonrasında kullanımı kolaydır
- Bireysel sistemlerde sorumluluk mal sahibine aittir.
- Sisteminin olumsuz çevresel etkileri diğer sistemlere göre daha azdır.
- Toplanan su bedelsizdir.
- Toplanan yağmur suyu kullanım yerine yakındır.
- Toplanan yağmur suyu diğer su teminlerinden elde edilen sudan çok daha kalitelidir, arıtmaya ihtiyaç duyulmadan kullanılabilir.
- Doğal su kaynaklarının muhafaza edilmesinde yardımcı olur.
- Deprem anı, kuraklık gibi acil durumlarda depolanan yağmur suyu rahatlıkla kullanılabilir.
- Mevcut su temin sistemine basitçe entegre edilebilir.
- Sisteme uyumu kolaydır.
- Yağmur suyu toplama sisteminin kullanımı sel riskini azaltır.

Zayıflıklar;

- Yağışlardaki düzensizlik sistemin güvenilirliğini azaltmaktadır.
- Sorumluluk tekil sisteme ait, sistemin sahibine aittir bu nedenle cazip olmayabilir.
- Yağmur suyu toplama sisteminin yaygınlaşması yerleşim yerine su sağlayan firmaların elde ettikleri gelirden düşüşe neden olabilir.
- Yöneticiler yağmur suyu toplama sistemi ile ilgili bilgilendirme ve teşvik çalışmaları yeterince yapmamaktadırlar. Halkın da bu konu hakkında talebi az olabilir.
- Yağmur suyunun depolandığı alanlar çocuklar için tehlike oluşturabilir.
- Tank veya depolar fazla hacim kaplayabilir.

3.1 Yağmur Suyu Toplama Şekilleri

Yağmur suyunu toplayabilmek için eski dönemlerden beri süre gelen yöntemler vardır, zaman ilerledikçe çağın araç ve gereçlerini kullanarak farklı şekiller olsa da temel mantık yağmur suyunu olabildiğince yağdığı şeffaflıkta ve kayba uğramadan depolama alanına taşınmak istenmektedir.

3.1.1 Yağmur Suyu Toplanmasında Sarnıç Sistemi

Eski dönemlerde, sarnıç sistemleri ile yağmur suyu toplanılarak kullanılmaktaydı. Günümüzde de su sorunu olan kurak bölgelerde toplam su tüketiminde büyük bir orana sahip olan bahçe sulamasında, yağmur suyu kullanımı su tüketimini büyük oranda düşürmektedir. Bu tip kullanımlar için sarnıç uygulaması oldukça etkin bir yöntemdir. Sarnıç uygulamaları özellikle yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının kısıtlı olduğu, buna karşın yeterli yağışın bulunduğu yerler ve merkezi su temini altyapısı bulunmayan yerleşimler için ideal çözümdür. Sarnıçların kullanılabilceği yerler arasında kırsal alanlar, kıyı

bölgeleri, kurak veya yarı kurak alanlar, adalar, dağınık yerleşimler yer almaktadır.

Tipik bir sarnıç sistemi dört bileşenden oluşmaktadır;

- Yağmur suyunun binalarının çatılarından veya zeminden toplanması,
- Oluk sistemi ile iletimi sağlanması,
- Yağmur suyu deposunda biriktirilmesi,
- Arıtılarak kullanım yerine iletilmesi (Alpaslan, Tanık , & Dölgen, 2008).

Yağan yağmurun yüzeysel ve yeraltı sularından gelen akışı kum ve çakıl taşları ile filtre ederek toprak altına gömülü sarnıçlarda sızmayacak şekilde depo edilir ve ardından kullanılacak olan yaşam mahallerine iletilir.

3.1.2 Yağmur Suyu Toplanmasında Sızdırma Yöntemi

Sızdırma yöntemi ile yağmur suyu toplanması en kolay yöntemdir. Yeraltına sızdırılan su, yeraltı sularının besleme ve korunmasında önemli bir yöntemdir, aynı zamanda yeraltı suyunu ilk baştaki seviyesine yeniden oluşturmanın en kolay yoludur. Yeraltı suyunun doğal yollarla kendini tekrar yenilemesi %20-50 oranında yağmur suyuna dayanmaktadır. Öncelikle toprağın doğal olarak sızdırmaya uygun olduğu tespit edilmelidir. Suyun toplanan depolarda kullanılması için gereken temel şart, suyun saflığının bozulmaması ve kirlilik parametrelerinin artmamasıdır. Park alanlarında ya da kamusal alanlarda kullanılan bazı özel taşlarla sızdırma oranını artırmak mümkün olmaktadır. Bu taşlar yüksek geçirgenliğe sahip olduğundan sağanak yağmurlarda bile yağmur suyunun süzülüp yeraltı suyuna karışması için uygun ortam sağlamaktadır. Günümüzde inşaat ruhsatı verilirken dikkate alınması gereken en önemli husus bina, ev, fabrika, işyeri gibi yapıların bahçe, otopark ve bina çevresindeki alanların yeşillendirip, yağmur suyunun sızmasını sağlayıp kullanma olanaklarını hazırlanması olmalıdır. Kesinlikle beton zemin ile kapatılmamalıdır ve yağmur suyunu sızması sağlanmalıdır. Yağmur suyunun sızdırma sistemlerinin kullanılmasının avantajları; atıksu arıtım maliyetlerinin azaltılması, yağmur suyu biriktirme tankı yapmanın kolay oluşu, sel ve

taşkınların verdiği zararı minimuma indirmesidir. Örneğin; Almanya Recklinghausen' deki Elisabeth Hastanesi bu yöntemi kullanarak yıllık su arıtma maliyetlerine 35.000 euro fayda sağlanmıştır (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2016).

3.1.3 Yüzeysel Yağmur Suyu Toplama Yöntemi

Yağmur suyunun yüzeyden toplanmasına ilişkin teknik uygulamalar ve yapım yöntemleri mevcuttur. Aşırı derece kirli çatıları bulunan yapılardan toplanan yağmur suları, yağmur suyu toplanma tankında depolanabilir. Çatıdan toplanan aşırı kirli sular genellikle sarı renge yakın olup, tuvalette ve bahçe sulamada kullanılmaktadır. Ancak bu sularında bakteriyolojik bakımdan zararsız olduğu kanıtlanmıştır. Yağmur suyu toplama tankı, su tedariki sağlamanın yanında çökelti işlemi yoluyla yağmur suyunun arıtılması da sağlamaktadır (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2016).

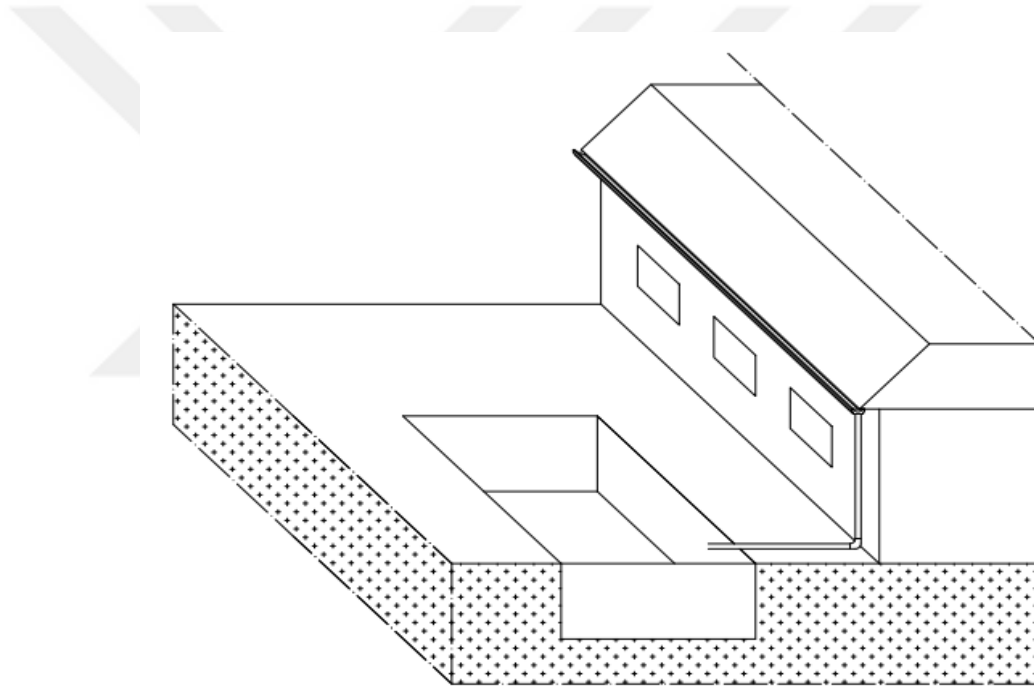
Yağmurun yağdığı yüzeyle suyun akışına yön vermek için eğimli şekilde imal edilir. Yağan yağmur suyunu oluklarla ve yağmur borusu ile depolama tankına taşıma yapılır. Bina çatıları, tarımsal sera çadırları, asfalt yollar gibi yüzeysel yağmur akışının olduğu tüm alanlarda basit yüzeysel yağmur toplama işlemi yapılabilir.

3.2 Yağmur Suyu Depolama Uygulamaları

Yüzey göletleri, sarnıç, toprak altı veya toprak üstü depolarda suyun dışarıdan içeriye, içeriden dışarıya sızmasını önler ve yosun oluşmasını engellemektedir. Toplanan yağmur suyunun depolama şekli olarak; toprak altı depolama, toprak üstü depolama ve yüzey göleti depolama olarak kullanılmaktadır. Dizayn edilecek sistemin kullanılabilirliğine uygun olarak alandan kazanım elde edilmek isteniyorsa depolama kısmı toprak altına

gömülerek veya toprak altında kalacak şekilde betonarme yağmur suyu toplama alanı oluşturulur. Böylelikle toprak altında kalan deponun üstünde alan oluşturulabilir.

Genellikle yağmur suyunun tarım ve hayvancılıkta kullanılan bir diğer depolama şekli yüzey göletleridir, yağmur suyunun toplanmasında etkili bir depolama şeklidir. **Şekil 3.2**'de bir tavukçuluk tesisinin çatısından toplanan yağmur suyunun açık yüzey depolama alanında toplanması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Yüzey Göleti Yağmur Suyu Deposu

3.3 Yağmur Suyunun İçme Ve Kullanım Suyuna Filtre Edilmesi

Sıhhi tesisat ve sulama hatlarını korumak için, su, tortu kartuşlarında filtre edilip parçacıklardan arındırılmalıdır. İçme suyu sağlama sistemlerinde güvenli su kaynağı sağlamak için ilave yöntemler gereklidir. Bu yöntemler

mikro filtreleme, ultraviyole sterilizasyon, ters ozmos, ozonasyon ya da bu yöntemlerin kombinasyonu olabilir. Bazı sistemlerde, içilebilir suyun çekildiği tek bir musluk için daha fazla arıtma aşaması gerekebilir. Yağmur suyu toplama sistemleri, içilebilir su tüketiminin azaltmak için çok büyük bir potansiyeldir (Kantaroglu, 2011).

Yağmur suyu toplaması sırasında tesisat sisteminin çalışmasını etkileyecek maddelerden uzak tutmaya çalışılır. Yağmur suyunun kullanılacak alana göre filtreleme şekli değişebilir. Örneğin; yüzme havuzu doldurmada kullanılacaksa yüzme havuzlarının kendine özgü filtreleme ve dozlama yöntemlerinin sisteme entegre edilmesi gerekir. Yağmur suyunun toplanarak arıtılıp arıtılmayacağı veya hangi tekniklerin kullanılacağı kullanım alanına göre değişiklik gösterir.

Genel anlamda yağmurun yağdığı şekilde depolanacak alana ulaştırmak istenir. Yağmur suyunun taşıma esnasında oluk ve borularda birikebilecek yaprak, tortu gibi maddelerden ayırmak için filtrelerden geçirilir. Depolanan yağmur suyu kullanım alanına göre detaylı filtreleme ve kimyasal dozlama yapılabilmektedir.

En doğal su kaynağı olan yağmur suları bile yeryüzüne dönerken atmosferden oksijen, azot, karbondioksit, hidrojen sülfür gibi gazları ve katı maddeleri bünyesine alır. Yeryüzüne inen su da, toprağın katmanlarından geçerken mevcut minerallerini bünyesine katar. Bu nedenle toplanan yağmur suyu içme ve kullanım suyunda yararlanmak için gerekli kimyasal şartlara getirilmesi gerekir. İçme ve kullanım suyu kimyasal parametrelerini; istenmeyen maddeler, zehirli maddeler ve suyun sertliği belirler. **Tablo 3.3**, **Tablo 3.3.1** ve **Tablo 3.3.2**'de bu maddelerin üst limitleri gösterilmektedir.

Tablo 3.3 İçme Ve Kullanma Sularında İstenmeyen Maddeler Ve Maksimum Değeri

Özellik	Değerler, en çok (mg/l)
Nitrat	50
Demir	200
Mangan	50
Bakır	2000
Çinko	3
Florür	1.5
Amonyak	0.05
Bor	1
Nitrit	0.50
Fenolik madde	0.02

Kaynak: (Megep, 2011)

Tablo 3.3.1 İçme Ve Kullanma Sularında Zehirli Maddeler Ve Maksimum Değeri

Özellik	Değerler, en çok (mg/l)
Arsenik	10
Kadmiyum	5
Siyanür	50
Krom	50
Civa	1
Nikel	20
Kurşun	10
Antimon	5
Selenyum	10
Toplam pestisit	0.5
Polisiklik aromatik hidrokarbon	10

Kaynak: (Megep, 2011)

Tablo 3.3.2 İçme Ve Kullanma Sularında Kimyasal Maddeler Ve Maksimum Değeri

Özellik	Değerler, en çok (mg/l)
Klorür	250
Sülfat	250
Kalsiyum	100
Magnezyum	50
Sodyum	200
Potasyum	12
Alüminyum	200

Kaynak: (Megep, 2011)

Filtre işleminden geçen yağmur suyunun tablolardaki kimyasal maddelerin maksimum değerlerini geçmemesi gereklidir. Bunun yanı sıra bir diğer parametre suyun sertliğidir. Suların sertliği uygulamada yaygın olarak, içerdikleri sertlik veren maddelerin, kalsiyum karbonat (CaCO_3) miktarı ile

belirlenir. Sertlik mineralleri fazla olan su yemeklerde farklı bir tat, baklagillerin ve sebzelerin sertleşip geç pişmesine neden olur. Sert sularda mevcut mineraller su borularının içinde birikerek boruların tıkanmasına yol açar. Sert sular banyo, bulaşık, çamaşır gibi işlerde fazla sabun sarf edilmesine, cildin sertleşmesine neden olur. Sert suyun bu tip olumsuz etkileri olduğu için suyum yumuşatılması gerekmektedir. Litredeki kalsiyum karbonatın sulardaki sertliğine göre sınıflandırılması **Tablo 3.3.3**'deki gibidir.

Tablo 3.3.3 İçme Ve Kullanma Sularında Sertlik Değeri

Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /lt)	Sınıflandırma
0-75	Yumuşak su
76-100	Orta sertlikte su
101-300	Sert su
>300	Çok sert su

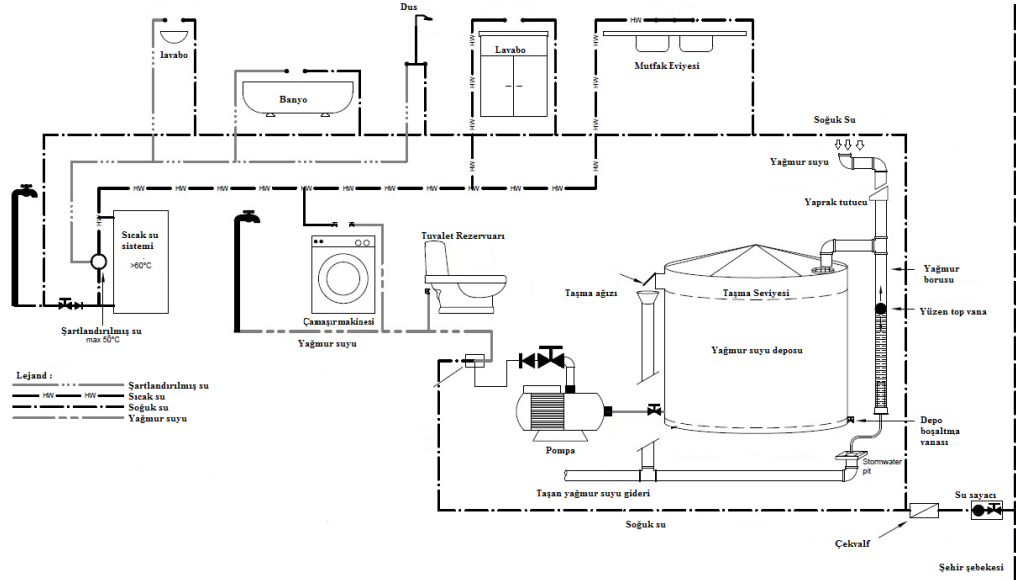
Kaynak: (Megep, 2011)

3.4 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri Ve Temel Tesisat Elemanları

Yağmur suyu yeşil alanların sulanması, tuvaletler, araba yıkama gibi benzeri amaçlar için kullanılabilir. Yağmur suyu toplanmasında ve kullanılmasında; yüzeysel veya sızdırma yöntemiyle toplanan yağmur suyu depolanacağı tanka borular, oluklar vasıtasıyla taşınır. Büyük parçaları ve tortuları tutan filtrelerden geçtikten sonra depolanan (toprak üstü depolama, toprak altı depolama, yüzeysel gölet gibi) alanda biriktirilir. Depodaki su ihtiyaç duyulan alan neresi ise kullanıma sunulur. Kullanılacak olan su koşullara göre filtreleme veya kimyasal dezenfeksiyon yapılabilir. Örneğin; yüzme havuzuna uygun hijyende su olması gerektiğinde veya çamaşır makinesi için istenilen kalitede olmadığı düşünülüyorsa, su filtre edilebilir. Toplanan yağmur suyu filtre edilmeden ve kimyasal dozlama yapılmadan sera sulama, bahçe sulamada kullanılabilir. Yağmur suyu hatlarının etiketlemelerin yapılması veya hatların renkli borularla belirtilmesi sistemde oluşacak arızaların giderilmesine kolaylık sağlar ve sistemi daha verimli kullanmaya yardımcı olur. Sistemin bakım onarım esnasında hızlı ve doğru müdahale etmeye katkı sağlar.

3.4.1 Konutlarda Yağmur Suyu Toplama Örneği

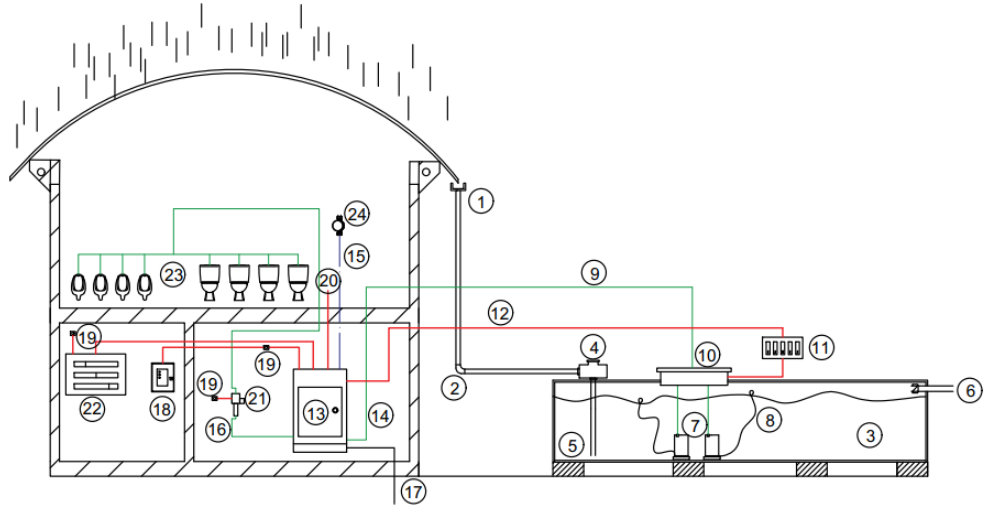
Şekil 3.4.1’de teknik resmi bulunan konutlarda tipik yağmur suyu kullanım şeması gösterilmektedir. Çatıdaki oluklar ve borular ile taşınan yağmur suyu, depoya gelmeden oluklarda, boru üzerinde ve depo giriş ağzında bulunan filtrelerden geçerek depo haznesini dolduruyor. Toplanan yağmur suyu pompa yardımıyla tuvalet rezervuarı, çamaşır makinesi, bahçe musluğu yönlendiriliyor. Şehir şebeke hattının beslediği eviye, duş, banyo küveti, lavabo, boyler ve yağmur suyu deposunun boşalmasına karşın şebeke hattı uygun tesisat elemanlarıyla (basınç düşürücü ve çekvalf) pompa önüne bağlanmıştır. Yağmur suyu bitmesi durumunda deponun beslediği yapı elemanları şehir şebeke hattı tarafından deşarj edilecek. Yağmur suyunun deponun kapasitesinden fazla gelmesi durumunda deponun taşma hattı şehir yağmur hattına boşaltım sağlayarak taşmayı önleyecek. Yağmur suyunu ısıtma sistemi kapalı devresinde kullanmak üzere kazan dolum hattı çekilebilir. Su yumuşatma filtresinden geçirilip duş ve banyoda kullanılabilir.



Şekil 3.4.1 Konutlarda Tipik Yağmur Toplama Tesisat Şeması

3.4.2 Fabrikalarda Yağmur Suyu Toplama Örneği

Şehir şebeke hattının kullanıldığı tüm mahallerde, toplanan yağmur suyu uygun şartlara getirilerek kullanıma sunulur. Çatı yüzey alanı büyük olan ve bu sayede yağmur suyundan daha iyi faydalanabilecek bir fabrika yağmur suyu toplanması ve kullanılması örneği Şekil 3.4.2’de şematik olarak gösterilmiştir. Toplanan yağmur suyu toprak üstü depoda biriktirilip klozet rezervuarları ve pisuarlarda kullanılmaktadır. Toplanan yağmur suyunu otomasyon yardımıyla kullanım miktarını, suyun kimyasal değerlerini, aylık veya yıllık toplanan yağmur suyu gibi istatikselsel verileri kayıt altına alınabilir. Böylece elde edilen faydanın sayısal göstergeleri analiz edilebilir.



Şekil 3.4.2 Fabrikada Yağmur Suyu Kullanımı Tesisat Şeması

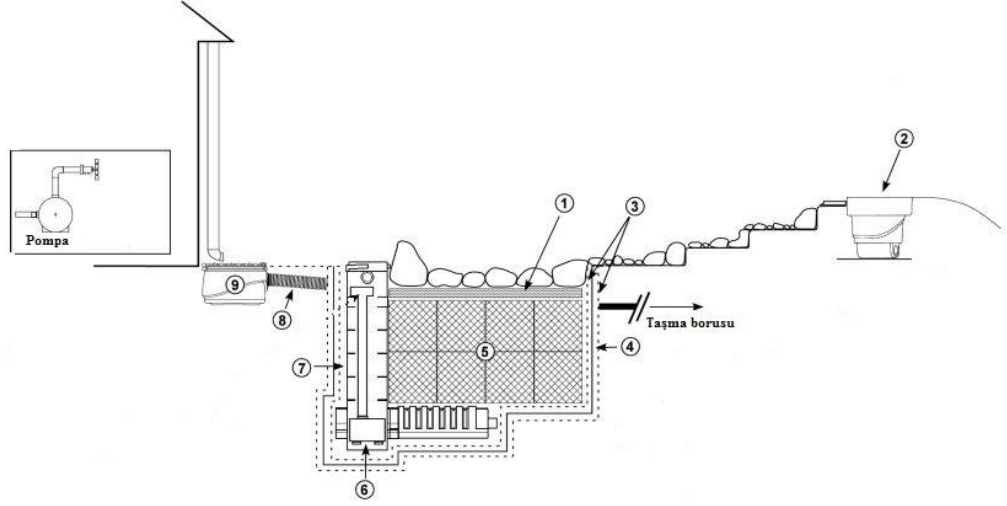
Şekil 3.4.2’de kullanılan mekanik tesisat elemanları;

1. Yağmur suyu çatıdan toplanır.
2. Yağmur suyu kapalı dirsek ile depoya girer.
3. Toprak üstü yağmur suyu deposu.
4. Depoya entegre filtre.
5. Depo tabanına yağmur suyu bırakılır.
6. Ağızında çekvalf bulunan taşma hattı.

7. Asil ve yedek dalgıç pompa.
8. Yüzer flatör.
9. Yeşil renk yağmur suyu hattı.
10. Depo gözlem başlığı.
11. Elektrik servis panosu.
12. Elektrik kablo kanalı.
13. Sistem ünitesi.
14. Pompa yağmur suyu emiş hattı.
15. Şehir şebeke suyu.
16. Arıtılmış yağmur suyu basma hattı.
17. Tahliye bağlantısı.
18. Ana güç panosu.
19. Elektrik bağlantı noktası.
20. İsteğe bağlı bina otomasyon çıkışı.
21. UV dezenfekte ünitesi.
22. Dijital gösterge (yağmur suyu ve şebeke kullanımı göstergesi).
23. Kullanım noktaları (klozet, pisuar).
24. Şehir şebeke su saati.

3.4.3 Yağmur Suyu Kullanımlı Ekosistem Gölet Örneği

Yağmur suyunun toplanıp kullanıldığı bir diğer alansa ekosistem göletleridir. Sıklıkla uygulanan bu sistemler doğayla uyumlu, enerji ve çevre dostu olan uygulamalardır. Yağmur suyunun çevrimiyle oluşturulan uygulama; ekosistem göletleri doğru bir uygulama ile içerisinde balıkların ve bitkilerin yaşadığı bir alan olabilir. Mekanik filtreleme ve biyolojik filtreleme yapılarak da herhangi bir kimyasal kullanmadan canlılarında yaşayabileceği bir ortam oluşturulabilir. Uygulamanın çalışma prensibi ve sistem şeması **Şekil 3.4.3** ve **Şekil 3.4.3.1**'de gösterilmiştir.

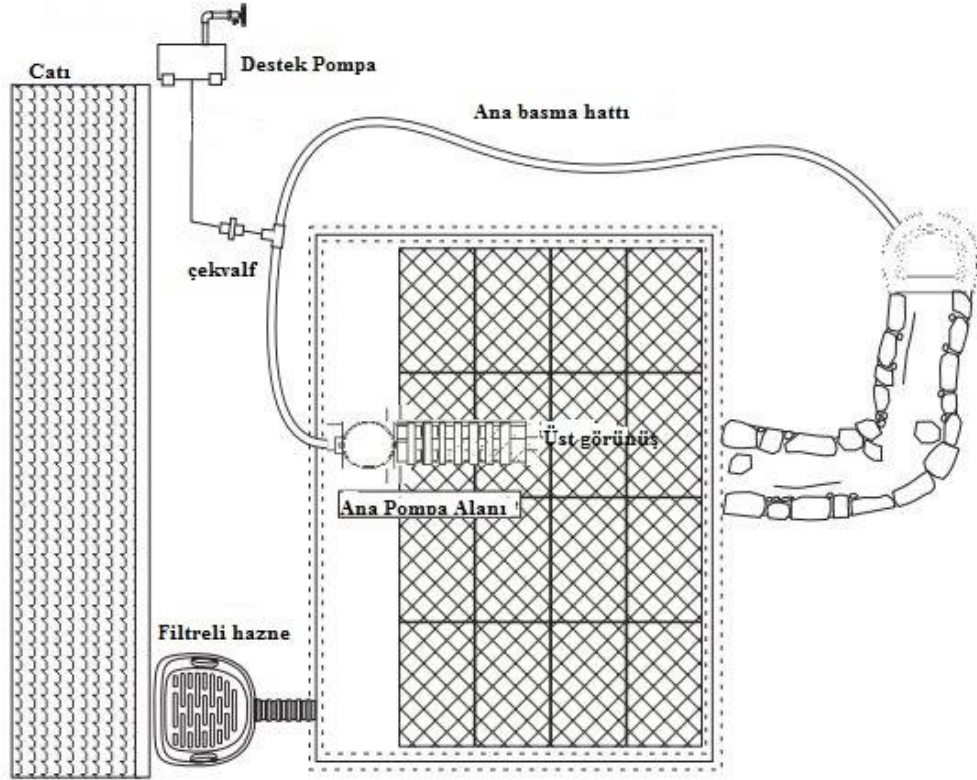


Kaynak: (rainxchange.com, b.t.)

Şekil 3.4.3 Yağmur Suyu Kullanımlı Ekosistem Göleti Teknik Şeması

Şekil 3.4.3'de kullanılan mekanik tesisat elemanları;

1. 1 ½" – 3" Çakıl taşmaları
2. Çevrim dönüş haznesi
3. Dokuma keçe
4. Su geçirmez EPDM şilte
5. Boşluklu su sızdırma modülü
6. Akış pompası
7. Pompa kasası ve su gözlem odası
8. 3" veya 4" drenaj borusu
9. Yağmur suyu filtreli hazne
10. Dönüş suyu filtresi



Kaynak: (rainxchange.com, b.t.)

Şekil 3.4.3.1 Ekosistem Göleti Teknik Şeması Üst Görünüş

Depoda biriktirilen yağmur suyu, gölet suyolunun uç bölgesine pompa yardımıyla iletilir. Kot farkından dolayı dönen su, serilen taşlardan sızarak tekrar su deposu içinde biriktirilir. Harici bir destek pompa yardımıyla sisteme ek olarak bahçe sulama hattı yapılabilir. Çevrim içinde dönen yağmur suyu doğal bir gölet izlenimi vermektedir. Bu gölet doğal taş ve bitkilerle düzenlendiğinde suni bir yapı olduğu fark edilmemektedir.

3.5 Yağmur Suyu Toplanması Ve Kullanımı İle İlgili Hesaplamalar

Alternatif su kaynaklarından yağmur suyu toplanması ve kullanımı için öncelikle yağmur suyu toplama miktarı ve kullanılacak yerdeki su ihtiyacının karşılaştırılması yapılır.

Meteorolojik bilgilere göre toplanacak yağmur suyu toplama miktarı hesaplanabilir (Kantaroglu, 2011).

$$V_y = A_c \times Y \times \Phi / 1000$$

$$m^3 = m^2 \times mm \times \Phi / 1000$$

Toplanacak yağmur suyu miktarını; yağmur suyu toplama alanına yağın yağmurun çarpımıyla elde edilir. Yağmur suyu toplama alanında kullanılan malzeme yapısına göre yağmur suyu kayıp katsayısı çarpıma etki eder. Kayıp katsayıları **Tablo 3.5**'de gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Yağmur Suyu Toplama Alanına Göre Kayıp Katsayıları (Φ)

Kiremit	Metal	Beton	Asfalt	Çakıl	Toprak	Çimen
0.95	0.95	0.95	0.95	0.7	0.75	0.17

Kaynak: (appropedia.org, 2017)

3.5.1 Kullanım Suyu İhtiyacının Hesaplanması

Yağmur suyu toplayarak elde edilen suyun, kullanılacak alanın su ihtiyacına göre değerlendirilmesi gereklidir. Bu değerlendirilmede yağmur suyu toplama deposunun hacmi veya toplanan yağmur suyunun ne kadar süre fayda sağlayacağı edilmektedir. Bu hem tasarım hem de maliyet hesabı için gereklidir. Kullanılacak olan alana göre ortalama su ihtiyacı değerleri **Tablo 3.5.1**'de verilmiştir.

Tablo 3.5.1 Günlük Ortalama Su İhtiyacı

YAPI	CİHAZ	GÜNLÜK SU İHTİYACI	BİRİM
Konutlar	Lavabolu	60 / 80	Litre / Kişi - gün
Konutlar	Duşlu	80 / 115	Litre / Kişi - gün
Konutlar	Küvetli	120 / 200	Litre / Kişi - gün
Oteller	Duşlu	100	Litre / Kişi - gün
Oteller	Küvetli	150 / 200	Litre / Kişi - gün
Hastaneler		200 / 500	Litre / Kişi - gün
Okullar		5	Litre / Kişi - gün
Çocuk Yuvaları		80 / 150	Litre / Kişi - gün
Kreşler		100 / 150	Litre / Kişi - gün
Kışlalar		60 / 80	Litre / Kişi - gün
Lokantalar		20 / 150	Litre / kişi - gün
Bahçe sulama		1,5	Litre / m ²
Oto yıkama	Temizlik	100	Litre / gün

Kaynak: (MMO-Makine Mühendisleri Odası, 2012)

Günlük su tüketimi, kullanılacak olan mahaldeki kişi başına düşen su ihtiyacının hesaplanmasıyla bulunur. Hesaplama yöntemi şu şekildedir; Günlük ortalama su tüketimi (Q_t) = Daire Adedi x Kişi Adedi x Kişi İçin Su İhtiyacı. Fakat su tüketimi kullanılacağı yerin tüketimine göre belirlenmez. Örneğin; konutlarda toplam su ihtiyacı hesaplanır sadece çamaşır makinesinde kullanılacak ise ona göre oransal kullanım katsayısı ile çarpmak gerekir.

3.5.2 Yağmur Toplama Suyu Deposu Boyutlandırılması

Toplanan yağmur suyunun biriktirilmesinde, depo boyutlandırılması kullanım suyu ihtiyacına göre tespit edilir. Kullanım suyunun ihtiyacının gerekliliğinden fazla boyutlandırılan yağmur suyu deposu, içindeki toplanan yağmur suyunun kullanmadan bekletmiş olur ve depo boyutu gereğinden fazla büyük olduğundan ilk maliyeti yüksek olacaktır. Toplanacak olan yağmur suyunun tamamını kullanıma sunulmalıdır, bunun tespitini yapmak için aylık toplanan yağmur suyu ve kullanılan su ihtiyacının değerlendirilmesi yapılmalıdır. Toplanabilecek yağmur suyunun tamamının potansiyelinden yararlanılmalıdır. Bunun için aylık yağmur suyu toplama hacimlerinden, en yüksek olacak olan ayda %20 artırım yapılır. Böylelikle ortalamanın üstü yağışlardan da faydalanılmış olur.

3.5.3 Yağmur Toplaması İçin Örnek Hesaplama

Örnek proje olarak Kocaeli ilimizde bulunan üç bloktan oluşan, 250 askerin kaldığı askeri kışlanın tuvalet rezervuarı gideri için tasarım yapılmıştır. Toplanacak yıllık yağmur suyu miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$$V_y = A_{\text{ç}} \times Y \times \Phi / 1000$$

$A_{\text{ç}}$: Yağmur suyu toplama alanı (m^2) – **2480 m^2**

Aylık ortalama yağış miktarı **Tablo 3.5.3**'de verilmiştir. Yağmur suyu toplanma sırasında boru mesafesinin fazla olması ve kullanılan malzemelerden dolayı %10 emniyet kayıp eklenmesi önerilmiştir.

Tablo 3.5.3 Kocaeli Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
94.2	71.9	72.0	54.4	46.4	53.2	36.7	44.9	53.7	90.0	82.0	113.6

Kaynak: (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018)

Tablo 3.5.4'de aylık ve yıllık ortalama yağmur suyu toplama miktarı hesaplaması yapılmıştır. Kullanılan malzemenin kayıp katsayısına emniyet kayıp eklenmiştir.

Tablo 3.5.4 Örnek Proje Aylık Ve Yıllık Ortalama Toplanabilen Su Miktarı

Aylar	$A_c \times Y \times \Phi / 1000$	$V_y (m^3)$
Ocak	2480 x 94.2 x 0.85 / 1000	198.5
Şubat	2480 x 71.9 x 0.85 / 1000	151.5
Mart	2480 x 72 x 0.85 / 1000	151.7
Nisan	2480 x 54.4 x 0.85 / 1000	114.6
Mayıs	2480 x 46.4 x 0.85 / 1000	97.8
Haziran	2480 x 53.2 x 0.85 / 1000	112.1
Temmuz	2480 x 36.7 x 0.85 / 1000	77.3
Ağustos	2480 x 44.9 x 0.85 / 1000	94.6
Eylül	2480 x 53.7 x 0.85 / 1000	113.1
Ekim	2480 x 90 x 0.85 / 1000	189.7
Kasım	2480 x 82 x 0.85 / 1000	172.8
Aralık	2480 x 113.6 x 0.85 / 1000	239.4
Yıllık toplam (m³)		1713.1

Kışlada bulunan 250 askerin tuvalet rezervuarı gideri şu şekilde belirlenir; Rezervuar gideri kullanım suyu ihtiyacı = Kişi sayısı x günlük su tüketimi x aylık tüketim x tu. rez. oranı / litre-m³.

$$\text{Kullanım suyu ihtiyacı} = 250 \times 60 \times 30 \times 0.30 / 1000 = 135 \text{ m}^3$$

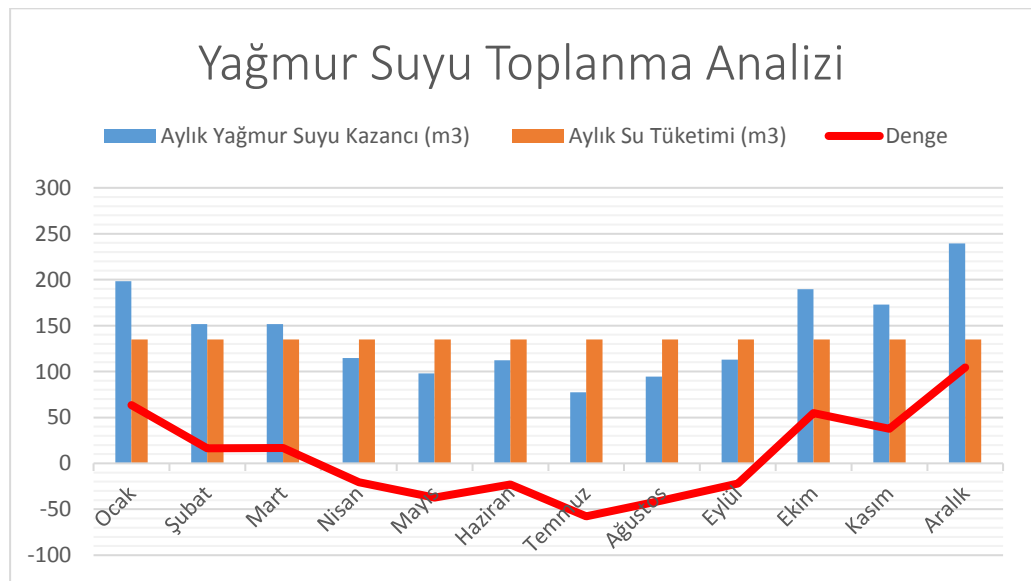
Yağmur suyu toplanması ve su tüketimi analinizi tablosu **Tablo 3.5.5**'de aylık yağmur suyu kazancı ve aylık su tüketimi karşılaştırılması yapılmıştır. Denge olarak belirtilen sütunda kazanç-tüketim farkı belirtilmiştir.

Tablo 3.5.5 Yağmur Suyu Toplanma ve Su Tüketimi Analizi

Aylar	Aylık Yağmur Suyu Kazancı (m ³)	Aylık Su Tüketimi (m ³)	Denge
Ocak	198,5	135	63,5
Şubat	151,5	135	16,5
Mart	151,7	135	16,7
Nisan	114,6	135	-20,4
Mayıs	97,8	135	-37,2
Haziran	112,1	135	-22,9
Temmuz	77,3	135	-57,7
Ağustos	94,6	135	-40,4
Eylül	113,1	135	-21,9
Ekim	189,7	135	54,7
Kasım	172,8	135	37,8
Aralık	239,4	135	104,4
Yıllık Toplam	1713,1	1620	93,1

Yağmur suyu kazancı ve su tüketimi analiz grafiği olan **Tablo 3.5.6'** de görüleceği gibi, yılın altı ayı yağmur suyu toplanması, kışlanın su giderini karşılayamayacağı görülmektedir. Yılın geri kalan diğer altı ayında ise su kazancı su kaybindan oldukça fazladır. Bu nedenle seçilecek olan depo en fazla yağmur suyu toplama yapılan aralık ayının verilerine göre seçilirse, yağmur suyu toplanmasının yeterli olmadığı aylarda depoda fazladan toplanan yağmur suyu kullanılabilir.

Tablo 3.5.6 Yağmur Suyu Toplama Ve Su Tüketimi Analiz Grafiği



Bu şekilde depolama altında yıllık 93 m³ kullanılmayan yağmur suyu fazladan elde edilmiş olacaktır. Bu şekilde biriken bu su araç yıkama sisteminde kullanılabilir.

3.6 Yağmur Suyu Toplanmasında Maliyet Ve Verimlilik

İki ailenin su ihtiyacını karşılaması düşünülen, müstakil bir eve uygun ve iyi kalitede standartlara göre yapılmış bir ekipman ortalama maliyeti 7500-15000 TL'dir. 6 kişinin yaşadığı bu müstakil binayı besleyen bir sistemin amortisman süresi 6-12 yıl olacaktır. Başlık 3.5'deki gibi verilen bir yağmur suyu toplama örneği (Kocaeli askeri kışlası) için ilk yatırım maliyetleri; toprak üstü yatık tip büyük tonajlı su deposu 90000 TL, pompa maliyeti 2000 TL, mekanik tesisat bağlantı elemanları (su sayacı, vanalar, ara bağlantı yağmur borusu, filtre vb.) 10000 TL, işçilik (projelendirme, montaj, test ve devreye alma işleri) 15000 TL olarak maliyettedir. Örnekteki askeri kışlanın 12 yıl amortisman süresi olduğu görülür. İlk yatırım maliyetinin çok büyük kısmı depolama tankı oluşturmaktadır. Depolama maliyeti düşürüldükçe amortisman süresi kısalmaktadır. Daha iyi bir yağmur suyu kullanımı için bir istasyon sadece ekonomik bir yatırım olarak değil, aynı zamanda geleceğe dair bir yatırımdır.

Günümüzde içme suyu kaynaklarının daha sınırlı hale gelmesiyle yağmur suyuna gereksinim artmaktadır. Son yıllarda içme suyu ve atık su fiyatları sürekli yükselmiştir. Tüketicilerin tutumları yakından gözlemlenmelidir ve mümkünse değiştirilmelidir. Yağmur suyunu değerlendirme için yerel yönetimlere de önemli görevler düşmektedir. Şehrin atık su kanalizasyon sistemine yağmur suyu karışması önlenmelidir. Şehrin alt yapı sistemlerinde yağmur suyu ve atık suyu ayrık sistemle toplanması sağlanmalıdır (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2016).

Yağmur suyu toplanması ekonomik değerlendirilmesi yapıldığında, İstanbul için birim fiyatlar 2018 itibari ile aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir;

- Bir kişinin günlük ortalama su tüketimi: 100 lt/kişi (konutlarda)
- İstanbul için yıllık ortalama yağış miktarı: 817,4 mm/m²
- En fazla yağış alan aylardaki yağış miktarı: 122,2 mm/m²
- İSKİ'nin su satış birim fiyatı: 4,46 tl/m³ + %30 (kdv,çtv,bak.bed)

Yağmur suyu toplanması ve depolanması sisteminin ortalama kurulumu (işçilik+malzeme) depolamanın birim hacmi (m³) başına ortalama 400 TL mal olduğu kabul edilirse, toplam kurulum maliyeti bir kişi için 6-10 senede ödenecek su faturası toplamına denk gelmektedir.

4.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU KULLANIM YERLERİ VE ÖRNEKLERİ

Dünyada ve ülkemizde birçok örneği bulunan yağmur suyu toplama ve faydalanma sistemi, sürdürülebilir tasarım standartlarını inceleyen ve sertifikalayan değerlendirme gruplarının, çalışmaları arasında önemli bir yeri vardır.

4.1 Yağmur Suyu Kullanımı İçin Değerlendirmeler

Su kaynak olarak tüm dünyada sınırlı olduğundan, genel su tüketiminin azaltılması için teknolojiler geliştirilmektedir. Buna paralel olarak teşvikler, yasal zorunluluklar getirilmektedir. Bu teknolojiler ve sistemler içinde yağmur suyunun kullanılması önemli bir yere sahiptir. Bu tip sürdürülebilir tasarımların standartlar haline getiren sertifika değerlendirme grupları tanımlanmıştır. Yeşil bina değerlendirme sistemleri ile ilgili ülkemizde henüz geçerli değerlendirme sistemi bulunmamaktadır. 1998 yılında ABD'de yürürlüğe giren Türkçe açılımla enerji ve çevre dostu tasarımda liderlik anlamına gelen LEED

(Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikası, 1990 yılında İngiltere’de kullanılmaya başlayan bina araştırma kuruluşu ve çevresel değerlendirme yöntemi BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sertifikası ön gördüğü kriterlere göre değerlendirme yapılan sertifika programlarıdır. Bu sertifika programlarında değerlendirme ölçütleri arasında yağmur suyunun kullanımının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

4.1.1 Yeşil Binalarda LEED Sertifikası

Yeşil bina değerlendirme sistemi LEED, çevresel sürdürülebilir yapı için uygun standartları oluşturmak üzere ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından 1998 yılında geliştirilmiştir. 1998 yılından itibaren hızla gelişen LEED kapsamında ABD’de 50 eyalette dünyada 30 ülkede toplam alanı 99 km² bulan toplam 14.000 proje değerlendirildi (Kıncay, b.t.) .

LEED kapsamında beş alanda değerlendirme yapılmaktadır;

- Sürdürülebilir alan planlaması
- Suyun verimli kullanımı
- Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı
- Malzeme ve kaynak kullanımı
- İç ortam kalitesi

LEED önceleri kullanıldığı ülkelerde hükümetlerce verilen vergi ve kredi inisyatifleri gibi teşviklerle desteklenmektedir. Başvuruları takiben uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler sonucu yeni binalara sertifika veren bir sistem olarak geliştirilmiştir. LEED, daha sonra var olan binaların yenilenmesi, endüstriyel iç mimari, semtlerin planlaması ve hastaneler gibi spesifik alanlarda çeşitlenerek her alan için farklı kriterlerden oluşan sertifikalar oluşturulmuştur.

LEED bu süreçte verdiği puanlarla sertifikanın derecesi belirlenmektedir. Yeni binalar için 32 puan değerinde kredi öngörülmüştür.

- 40-49 puan: zorunlu koşulların yerine getirildiğine dair sertifika.
- 50-59 puan: gümüş sertifika
- 60-79 puan: altın sertifika
- 80-100 puan: platin sertifika

LEED değerlendirilmesine göre altı alanda puan verilir.

- Sürdürülebilir araziler
- Son kullanımda etkililik
- Enerji ve atmosfer
- Malzeme ve kaynaklar
- İç hava kalitesi
- İnovasyon ve Tasarım

LEED değerlendirilmesine göre suyun verimli kullanımı adına oluşturulan değerlendirme ölçütleri bu puanlama sistemi içinde önemli yer kaplamaktadır. Toprağa düşen yağışın %54'ünü insanlar tarafından tüketilmektedir. LEED çerçevesinde bitki seçimleri ve peyzaj büyük öneme sahiptir ve ayrıca damlamalı sulama şekli ile yeni sulama tekniklerinin uygulanması beklenmektedir. Binanın toplam su tüketimi yağmur suyunun biriktirilmesi ve binanın lavabolarından gelen gri suların artırılarak tekrar kullanılması şeklinde uygulamalar temiz su kullanılmasının azaltmasına hizmet etmektedir. Az su tüketen armatürler kullanmak gibi çözümler uygulanmaktadır.

4.1.2 Yeşil Binalarda BREEAM Sertifikası

Dünyanın önde gelen yeşil bina derecelendirme sistemlerinden biri olan BREEAM ana plan projeleri, altyapı ve binaları derecelendirir. 1990 yılında ilk kez İngiltere'de piyasaya sürülen BREEAM yeni inşaat, yenileme ve mevcut binalar için bir dizi yaşam döngüsü aşamaları ile ilgili yapılması gereken

standartları ortaya koymaktadır. O günden bugüne toplam 78 ülkede kullanılarak 561.100'den fazla sertifikalı, 2.262.900 kayıtlı bina inşa edilmiştir (Erke Tasarım, b.t.).

BREEAM uygulama kategorileri aşağıda sıralanmıştır;

- Yönetim (%12): Çevreci kriterlerin şantiye yönetimi ve binanın kullanım süreçlerinin yönetimini kapsamaktadır.
- Enerji (%19): Binaların enerji tüketimlerini en aza indirmek amaçlanmaktadır.
- Sağlık ve Konfor (%14): İnsan sağlığı, yapı kullanıcılarının konforunu artırma yönündeki tasarımları teşvik etmek ve ödüllendirmek amaçlanmaktadır. Aranılan kriterlerde doğal havalandırma ve güneş ışığı kullanımını öne çıkılmaktadır.
- Ulaşım (%8): Bisiklet ve toplu taşıma araçlarının kullanımı teşvik edilmektedir.
- Su (%6): Su tüketimini azaltan sistemlerin kullanılmasının teşvik edilmektedir.
- Malzeme (%12,5): Kullanılan yapı malzemelerinin çevresel etkileri onaylanmış malzemelerden seçilmesi teşvik edilmektedir.
- Atık (%7,5): Yapı üretim sürecinde çıkan atıkların geri dönüşümü ve bina işletim ve kullanım sürecinde çıkan atıkların değerlendirilmesi desteklenmektedir.
- Saha Kullanımı ve Ekoloji (%10): Daha önce hiç kirletilmemiş arazileri ve biyoçeşitliliği korumak hedeflenmiştir.
- Kirlilik (%6,5): Küresel ısınmaya etkisi olan zararlı akışkanlar, ışık-gürültü kirliliği, toprak ve su kaynakları kirliliğini önleyecek tasarımlar teşvik edilmektedir.
- Risk (%1)
- İnovasyon (%10): BREEAM standart değerlendirme ölçütlerinin üstündedir. Diğer kredi kategorilerinin üzerinde, sürdürülebilirlik alanında yenilik getiren fikirlere, tasarımlara, yönetim sürecine veya teknolojik gelişmeye yapılan katkıları ödüllendirilmektedir.

BREEAM uygulanmasına göre, binanın performansa dayalı tasarım, inşaat, tedarik ve operasyon süreçleri değerlendirilmektedir. Bu oluşturulan standartlar bağımsız, lisanslı değerlendiriciler tarafından gerçekleştirilmektedir geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve olağanüstü seviyelerinde derecelendirilmektedir.

- BREEAM Geçer >30%
- BREEAM İyi >45%
- BREEAM Çok İyi >55%
- BREEAM Mükemmel >70%
- BREEAM Olağanüstü >85%

BREEAM değerlendirme sistemi İngiltere koşullarına göre hazırlanmıştır. Bunun için her ülkede aynı şartları sağlamak mümkün değildir. Örneğin LEED ve benzeri farklı coğrafyalara yönelik uluslararası uygulamalar mevcuttur. Farklı bölgeler için farklı değerlendirmeler yapılmaktadır. Örneğin “su” başlığı altındaki kredilerin ağırlığı, Avrupa için %6, fakat körfez ülkeleri için %30 oranında göz önüne alınır.

4.2 Yağmur Suyu Toplanması Ve Kullanımında Dünyadan Örnekler

Dünyanın çeşitli ülkelerinde yağmur suyu toplama sistemleri başarılı şekilde uygulanmaktadır. Bu tip kullanım uygulamalarının olduğu uluslararası bazı örnekler aşağıda sıralanmıştır.

- Dünya Ticaret Merkezi (New York) bu yüksek yapılı binada yağmur suları çatıdan toplanıp ve depolanıp etraftaki parkın sulanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca yağmur suyu soğutulma sistemi için depolanmaktadır. Böylece bina soğulmasında kullanılan enerjiden %25 oranında tasarruf sağlamaktadır.
- Frankfurt Havalimanı B Terminali'nde yağmur suyu, sulama ve tuvalet yıkama amaçlı kullanılmaktadır.

- Almanya’da Marburg Tenis Kortu ise dışardan temin edilen yağmur suyu ile sulanmaktadır.
- Überlingen’ deki Bommer Otomobil Yıkama Tesisin’ de, yağmur suyu araç yıkamasında kullanılmaktadır.
- Sony-Center’da (Berlin) ise 25 katın 14ünde tuvalet rezervuarlarında yağmur suyu kullanılmaktadır.
- Amerika Birleşik Devletlerin’ de, 100.000 adet evde yağmur suyu depolama sistemi kullanılmaktadır. Bunların birçoğu bahçe sulama ve bitki yetiştirme amaçlıdır. Bunun %20’lik kesimin ise içme suyu amaçlı olarak kullanılmaktadır.
- Teksas eyaletinin merkezinde tüm ihtiyacını yağmur suyundan karşılandığı yaklaşık 400 sistem tesis edilmiştir. Sadece Austin şehrine 6000’den fazla yağmur suyu depolamak için varil yerleştirilmiştir (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2016).

4.3 Yağmur Suyu Kullanımında Ülkemizden Örnekler

Binalarda su tüketimi azaltmak amacıyla su tasarrufu stratejilerinden olan yağmur suyu toplanması ve değerlendirilmesi Türkiye’de henüz yasal zorunluluk olmadan, bazı yabancı ve yerli kuruluşların yurt dışı uygulamalarından motive olarak uygulamalar yapılmıştır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır;

- Siemens’in fabrikasında yeni fabrikasında yağmur suları çatıya kurulan sistem ile toplanmaktadır ve sulama suyu olarak değerlendirilmektedir.
- Ankara’daki Eser Holding binası yağmur suyunu toplamakta ve bahçe sulamada değerlendirilmektedir.
- Unilever Ümraniye Ofisinde yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur. Klozetlerde ve bahçe sulamada kullanılan yağmur suyu ile %40 su tasarrufunda fayda sağlanacağı tespit edilmiştir.

- THY- Pratt Whitney Uçak Motoru Bakım Merkezi yağmur suyu toplama ve arıtma sistemleri kullanılmaktadır.
- Sabancı Nanodem teknoloji merkezinde yağmur suyu kullanma sistemleri ve su tasarruf armatürleri kullanılmaktadır (Tanık, Öztürk, & Cüceloğlu, 2016).

Binaların haricinde biyolojik gölet şeklinde toplanarak kullanılabilen yağmur suyu örneği Ankara Çankaya'daki Yaşar Kemal Parkında uygulamaktadır. Park içinde yeşil alan olmayan alanlarda, yağmur suyunu drene edebilmesi amacıyla mıcır, kum ve kırılmış ağaç dalı gibi geçirimli yüzeyler malç olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda beş metre arayla yerleştirilen drenfleks borularla yağmur suyunun toplanması ve yer altındaki depoda biriktirilmesi sağlanmıştır. Bu sayede yağmur suyunun kanalizasyon suyuna karışması önlenmiş ve daha sonra sulama amaçlı kullanılmıştır. Parkta aynı zamanda kimyasal bir temizlik yapmadan, suyun bitkiler ve ortamdaki bakteriler yoluyla temizlenmesi ile oluşturulan biyolojik gölet oluşturulmuştur.

4.3 Yağmur Suyu Kullanımında Dünya'daki Ve Türkiye'deki Yasalar, Yönetmelikler Ve Teşvikler

Su stratejisi olan her ülke su tüketimin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadır. Gelişen teknolojinin kullanılması için yönetmelikler, yasalar ve teşvikler sunmaktadır. Ülkemizde yağmur suyu toplanması için Çevre ve Şehircilik Bakanlığından 2017 yılı 30105 sayılı “*Yağmursuyu Toplama, Depoma Ve Deşarj Sistemleri Hakkında*” adlı yönetmelik yayınlanmıştır. Yedi bölüm 29 maddeden oluşan yönetmelik; yağmursuyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır.

Halk sağlığını ve güvenliğini, çevrenin korunmasını, sistemin sürdürülebilir olmasını, içme suyu kaynaklarının suyla taşınan kirliliklerden

korunmasını esas alınarak hazırlanan bu yönetmelikte ilk bölüm; yönetmelikte geçen teknik terimlerin açıklanması, ikinci bölüm; projelendirme kısmındaki güzergâh seçimi ve kent planlamasına ilişkin teknik altyapı planlaması, üçüncü bölüm; etüt ve fizibilite esasları, dördüncü bölüm; yağmur suyu sistemlerinin tasarımı ve projelendirilmesi esasları, beşinci bölüm; projenin yapımına ilişkin imalat aşamaları, altıncı bölüm; yağmur suyu sisteminin işletme ve bakımına yönelik esaslar, son bölüm olarak yedinci bölüm ise; test ve devreye alma kullanım esasları belirtilmiştir.

Bu Yönetmelik, 29/6/2011 tarihli ve 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 11 inci maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmış olup çıkarılan kararnamenin daha iyi işler hale getirmek istenmiştir. Ne yazık ki ülkemizde bu konu üzerine düşülmemekte ve herhangi bir yaptırım veya zorunluluk olmadığından dolayı yağmur suyu toplama ve deşarj sistemleri gereken önemi görmemekte.

Yağmur suyu toplama esaslarına ilişkin yasa, yönetmelik ve teşviklere Dünyadan örnekler, kaynağından alınmış ve **Tablo 4.3**'de sunulduğu şekilde açıklanmıştır.

Tablo 4.3 Yağmur Suyu Kullanımına İlişkin Yasa Ve Yönetmelikler

	YASA YÖNETMELİK VE TEŞVİK
Almanya	<p>(“ Yağmur suyu toplama sistemleri konusunda “DIN 1989” pek çok ülkede bu konuda oluşturulan standartlara öncülük etmiştir. Bu standart yağmur suyuna ilişkin, planlama, tesisat, uygulama ve bakım, yağmur suyu filtreleme, yağmur suyu rezervuarları ve ek bileşenleri konularını ele almaktadır.</p> <p>Su fiyatlarının yüksek olması nedeniyle konutlarda ve çalışma alanlarında 1,5 milyonun üzerinde yağmur suyu toplama sistemleri kurulmuştur. Sistemin kurulduğu bölgeye göre 1,200 euroya kadar indirim yapılmaktadır. ”)</p>
İngiltere	<p>(“ Yağmur suyu kullanımı konusunda “BS-8515: 2009 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri, Uygulama Standardı” çıkarılmıştır. Bu standart İngiltere’de yağmur suyunun kullanım suyuna eklenmesine ilişkin tasarım, tesisat ve bakımı hakkında kuralları tanımlanmaktadır.</p> <p>Sistemin uygulandığı ilk yıl %100 vergi indirimi sağlanmaktadır. ”)</p>

Japonya	<i>(“ 30,000 m²den büyük binalarda gri su arıtma sistemleri yada yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılması Japonya Bayındırlık Bakanlığı tarafından yasa ile zorunluluk haline getirilmiştir. ”)</i>
Hindistan	<i>(“ Yeni Delhi’de 100 m²den büyük çatı alanına sahip tüm binalarda ve 1000 m²den büyük inşaat alanına sahip yeni binalarda, Indore’da 250 m² inşaat alanına sahip tüm yeni binalarda, Hydeerbad’da 300 m² üzeri alana sahip yeni binalarda, Chennai’de 3 katlı tüm yeni binalarda, Mumbai’de 1000 m² parsel alanına sahip tüm binalarda, Rajasthan’da 500 m² den daha büyük parsel alanına sahip altyapısı bulunan şehirsal alanlarda, yağmur suyu kullanılması zorunlu hale getirilmiştir. ”)</i>
Avustralya	<i>(“ Sydney ve New South Wales’te BASIX (Building And Sustainability Index) bina yönetmeliğine göre; yağmur suyu deposunun konut dışında yada konut içerisinde (tuvaletlerde ve çamaşır makinelerinde) kullanılarak su tüketimi azaltılmaktadır. “National Rainwater and Greywater Initiative” programı kapsamında Ocak 2009’dan itibaren her aileye, evlerinde kullanılacağı yağmur suyu deposu yada gri su arıtması için 500 dolara varan devlet teşviki sağlanmaktadır. Teşvikler; 2000-3999 litrelik yağmur tankları için 400 dolar, 4000 litre yada daha büyük yağmur tankları için 500 dolar, kalıcı olarak kurulan gri su arıtma sistemleri için 500 dolardır. Quenns Land’da konutlarda yağmur suyu sisteminin kurulmasına hükümet tarafından 1500 dolara kadar indirim yapılmaktadır. ”)</i>
A.B.D.	<i>(“ Illinois: Illinois Plumbing License Law tarafından 1 Ocak 2010 tarihinden itibaren yağmur suyu toplama ve dağıtım sistemine ilişkin minimum standartlar (SB 2549) yasa ile zorunlu hale getirilmiştir. Yağmur suyunun toplanması ve kullanılması konusunda belirlenmiş olan henüz çok fazla yasa yada yönetmelik bulunmamakla birlikte farklı eyaletlerin belirlemiş oldukları farklı yasalar bulunmaktadır. 1970’lerden itibaren kullanılmaya başlanan bu sistemler için geliştirilen teşvikler henüz kısıtlı olmakla birlikte, her eyaletin belirlediği farklı finansal teşvikler bulunmaktadır. Texas: 1993’den itibaren yağmur suyu sistemi kullanılan binalarda endüstriyel ve ticari tesislerde emlak kredisi yardımı yapılmaktadır, 2001 yılında yağmur suyu kullanılan binalarda vergi indirimleri yapılmıştır. Austin: 2008 yılında konutlarda yağmur suyu sistemlerinin kurulması için 500 dolar, kamu binalarında yada kar amacı gütmeyen kuruluşlarda kurulum için 5000 dolarlık bölümünü karşılamaktadır. Austin Ticari Teşvik Programı kapsamında ticari uygulamalar için 40000 dolara kadar indirim yapılabilmektedir. Virginia eyaletinde sistem maliyetinin yarısını geçmemek şartıyla 2000 dolara kadar vergi indirimi yapılabilmektedir. ”)</i>

Kaynak : (Şahin & Manioğlu, 2011)

5.BÖLÜM

İSTANBUL'DA YAĞMUR SUYU TOPLAMA VE KULLANIMI İÇİN ÖRNEK PROJE ÇALIŞMASI

Örnek olarak hazırlanan bu proje; İstanbul ilinin Sarıyer ilçesinde bulunan okul binası olarak tasarlanmıştır. Çatısından toplanan yağmur suyundan fayda sağlamak istenmiştir.

Yağmur suyu toplama ve kullanımı için tasarlanan projelerde öncelikli olarak toplanan yağmur suyu ile kullanılacak olan yerin su tüketimi karşılaştırılması yapılmalıdır. Toplanacak olan yağmur suyu tüketimi karşılıyorsa veya kabul edilebilir kısmını karşılıyorsa böyle bir çalışmayı hayata geçirmek doğru olacaktır.

Tablo 5'de projenin uygulanacağı bölgenin aylık yağış miktarları gösterilmektedir. Küresel ısınmanın gösterdiği değişimleri inceleyebilmek adına son iklim periyodu olarak 1981-2010 yılları arası istatistikleri alınmıştır. Bu aylık yağış miktarından toplanan yağmur suyu hesaplanmaktadır.

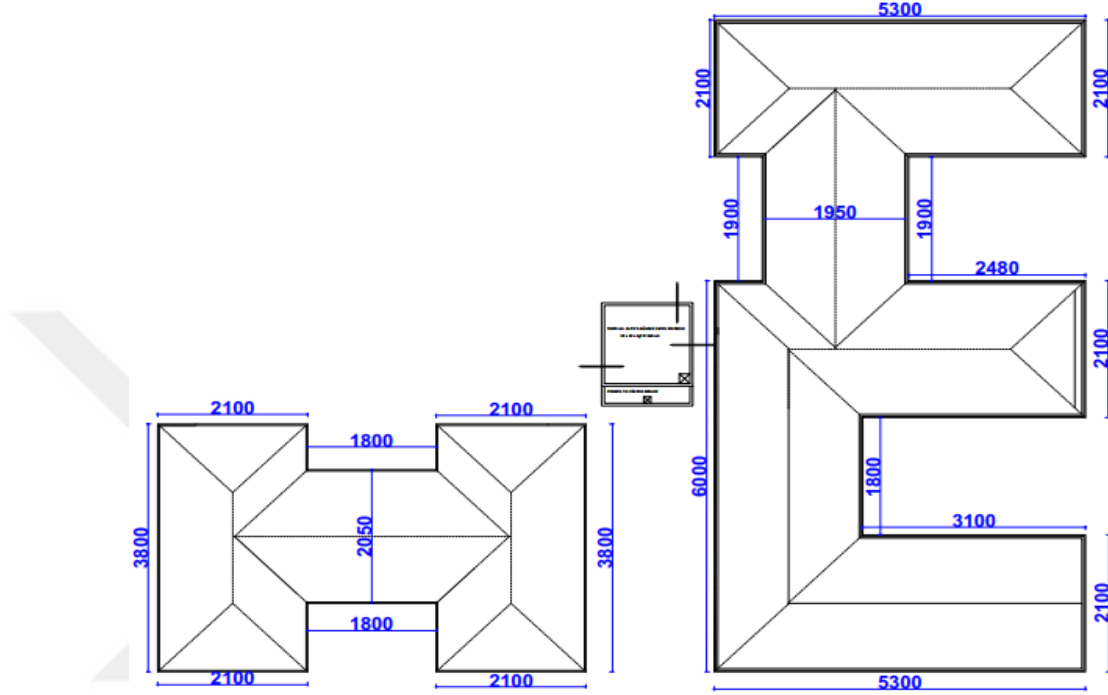
Tablo 5 İstanbul İli Sarıyer İlçesi Aylık Toplam Yağış Miktarı

İSTANBUL	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.8	5.5	7.3	11.2	15.7	20.5	22.9	23.4	19.9	15.8	11.0	7.8	13.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	8.5	8.7	11.0	15.5	20.1	25.0	26.9	27.2	23.8	19.2	14.2	10.4	17.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.5	2.9	4.4	7.8	12.2	16.7	19.7	20.4	16.8	13.2	8.5	5.5	11.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.2	3.2	4.6	6.0	8.0	9.6	10.3	9.3	7.8	5.1	3.1	2.0	71.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	16.9	15.2	13.2	10.0	7.4	7.0	4.7	5.1	8.1	12.3	13.9	17.5	131.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	99.5	82.1	69.2	43.1	31.5	40.6	39.6	41.9	64.4	102.3	110.3	125.1	849.6

Kaynak: (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018)

Yağmur suyunun toplanacağı alan okul binasının çatısı olacaktır. Yağmur suyu toplama alanı (çatı alanı) toplam **6073** m². Blokların ortasında bulunan betonarme toprak altı yağmur suyu deposu 12 metre en ve boyunda, 2,5 metre yüksekliğinde 360 m³ olarak inşası tasarlanmıştır. Blokların otopark girişi

rampası altında bulunan yağmur suyu deposu; yağmur suyu biriktirme bölümü ile mekanik oda (pompa ve filtreleme) olmak üzere iki kısımda bulunmaktadır. Her iki bölümde de toprak üzerinden müdahale girişi bulunacaktır. **Şekil 5**'de binanın çatı planı ve yağmur suyu deposu konumunun teknik resmi gösterilmektedir.



Şekil 5. Örnek Proje Mimari Çatı Planı Teknik Resmi

Bloklardan su deposuna yağmur suyu boruları vasıtasıyla iletilmektedir. Deponun mekanik oda kısmında bulunan pompa ve filtrelerden geçen yağmur suyu binalara birden fazla hat üzerinden gönderilmektedir. Deponun dışarıda ve toprak altından olması kullanım alanın yer işgal etmeyi önlemiştir. Kullanılacak olan mekanik tesisat ekipmanları yağmur suyu deposunun önünde oluşturulan alanda değerlendirilmiştir.

Tablo 5.1'de aylık ve yıllık ortalama yağmur suyu toplama miktarı hesaplaması yapılmıştır. Kullanılan malzemenin kayıp katsayısına emniyet kayıp eklenmiştir.

Tablo 5.1 Aylara Göre Yağmur Suyu Toplama Miktarı

Aylar	$A_{ç} \times Y \times \Phi / 1000$	$V_y (m^3)$
Ocak	6073 x 99,5 x 0.85 / 1000	513,6
Şubat	6073 x 82,1 x 0.85 / 1000	423,8
Mart	6073 x 69,2 x 0.85 / 1000	357,2
Nisan	6073 x 43,1 x 0.85 / 1000	222,4
Mayıs	6073 x 31,5 x 0.85 / 1000	162,6
Haziran	6073 x 40,6 x 0.85 / 1000	209,5
Temmuz	6073 x 39,6 x 0.85 / 1000	204,4
Ağustos	6073 x 41,9 x 0.85 / 1000	216,2
Eylül	6073 x 64,4 x 0.85 / 1000	332,4
Ekim	6073 x 102,3 x 0.85 / 1000	528,1
Kasım	6073 x 110,3 x 0.85 / 1000	569,3
Aralık	6073 x 125,1 x 0.85 / 1000	645,7
Yıllık toplam (m³)		4385,2

Toplanan yağmur suyunun kullanım suyu ihtiyacına göre karşılaştırılması yapılmalıdır. 2000 öğrencinin eğitim aldığı bu okulda öğrencilerin su sarfiyatları; kişi başı günlük 5 litre su sarfiyatı olduğu düşünülürse aylık 300 m³ su sarfiyatı olacaktır, 60 m³ senede bir sefer yüzme havuzu suyu değişimi yapılmakta ve 6 ay süreyle aylık 3 m³ bahçe sulama için su tüketimi olmaktadır. Okulun aylık su tüketim ihtiyacı ve toplanan yağmur suyu ile karşılaştırılması **Tablo 5.2, 5.3**'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2 Aylık Su Tüketimi İhtiyacı

Aylar	2000 Öğrenci Su Tüketimi (m3)	Bahçe Sulama (m3)	Havuz Suyu (m3)	Toplam (m3)
Ocak	300	0	0	300
Şubat	150	0	0	150
Mart	300	0	0	300
Nisan	300	3	0	303
Mayıs	300	3	0	303
Haziran	150	3	0	153
Temmuz	15	3	0	13
Ağustos	15	3	0	13
Eylül	150	3	60	213
Ekim	300	0	0	300
Kasım	300	0	0	300
Aralık	300	0	0	300
Yıl. Top.	2570	18	60	2648

Tablo 5.3 Aylık Su Tüketimi Ve Yağmur Suyu Analizi

Aylar	Aylık Yağmur Suyu Kazancı (m3)	Aylık Su Tüketimi (m3)	Denge
Ocak	513,6	300	213,6
Şubat	423,8	150	273,8
Mart	357,2	300	57,2
Nisan	222,4	303	-80,6
Mayıs	162,6	303	-140,4
Haziran	209,5	153	56,5
Temmuz	204,4	13	191,4
Ağustos	216,2	13	203,2
Eylül	332,4	213	119,4
Ekim	528,1	300	228,1
Kasım	569,3	300	269,3
Aralık	645,7	300	345,7
Yıl. Top.	4385,2	2648	1732,2

Yıllık toplanan yağmur suyu okul binasında kullanılacak olan su tüketiminden %39,6 daha fazladır. İhtiyaç fazlası elde edilen yağmur suyu olduğundan dolayı depo seçimini en yüksek tüketim olan ayın değerlerine göre seçilmiştir. Nisan, Mayıs aylarında tüketim 303 m³tür. Seçilecek olan depo kapasitesi %20 fazlası olması bu aylardaki yağmur suyu kaybını sağlayacaktır. Kurulan bu sistem ile yıllık 2648 m³ su tasarrufu sağlanmaktadır. Yıllık toplamdan artan 1732 m³ yağmur suyu başka alanlarda değerlendirme imkânı olacaktır.

Kullanılacak olan bu yağmur suyu toplama ve kullanım sistemini iki senaryoda ele alabiliriz. Yağmur suyu toplanmadığında; aylık ortalama 220 m³ su sarfiyatı 1400 tl su ücreti olacaktır maddi ve doğal kaynakların azalması hızlandıracaktır. Bir diğer senaryo yağmur suyu toplanıp kullanıldığında; öncelikli olarak kullanılacak olan yağmur suyu ücretsiz olacaktır. Yatırım maliyetinin büyük çoğunluğu depolama bölümünde harcanacaktır, hali hazırda zaten kurulacak olan sıhhi tesisat sistemine bağlanacağından işçilik ve kurulum ücretleri fazla olmayacaktır. Örnekteki bir sistemde yatırım maliyeti 120-145 bin tl arasında olacaktır. Yıllık şehir şebeke hattının ücreti ile karşılaştırıldığında 7-8 senede sistem kendi yatırım maliyetini ödeyecektir, depolama maliyetleri düşürülebildiği takdirde amortisman süresi daha az olacaktır.

Yağmur suyu toplama ve kullanım sistemlerini su sarfiyatının fazla olduğu ve yağmur suyu toplama alanının büyük olduğu binalarda (fabrika üretim tesisleri v.b.) kullanmak, sistemin sağlayacağı faydalanmayı artıracaktır.

6.BÖLÜM

SONUÇLAR

Gelişen teknolojilerle birlikte daha az enerjiyle maksimum verim elde etmenin yolları aranmaktadır. İnşaat sektörünün ülkemizde gelişmesiyle tesisat alanında da bu bakış açısı önem kazanmıştır. Su fakiri olma yolunda hızla ilerleyen ülkemizin bunu tersine çevirecek önlemler alması gerekmektedir. Günümüzde suyun bu denli önem arz ettiği coğrafyamızda kullanılmayıp, doğaya karışan yağmur suyu miktarı çok büyük olduğu, son derece çarpıcı bir gerçektir. Yağmur suyunun toplanıp kullanılması bu tehlikenin önüne geçilmesinde önemli bir adımdır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki büyük bir potansiyeli olan yağmur suyu toplanıp değerlendirilmemektedir. Şehir şebeke suyunun kullanıldığı her alanda yağmur suyu doğru standartlara getirilerek kullanılabilir. Yağmur suyunun değerlendirilmesi ile sağlanan enerji tasarrufu, su tasarrufu ve maddi tasarruf ülke ekonomimize katkı sağlamaktadır.

Ulusal su politikaları gereği olarak ülkemizin su kaynaklarının kullanımı ve yönetiminde bir devlet politikası oluşturulmalıdır. Oluşturulacak olan yasa, yönetmelikler ve standartlar ile milli servetlerimizden biri olan ve faydalı kullanılmayan yağmur suyu tam verimde kullanmaya teşvik edilmelidir. Devletin tüm birimlerinin bu alanda belirlediği strateji ve politikalara uygun çalışmalar yürütmesi ile toplumsal bilinci ve desteği ortaya çıkaracaktır. Yağmur suyunun toplanıp kullanılması ülke ekonomisine sağladığı getiri ulusal kalkınmamızın için gelecekteki yeri büyüktür.

KAYNAKÇA

- Akgün, İ., Yıldız, D., Kurnaz, L., & Türkeş, M. (2014). İstanbul'un Su Varlıkları. *İstanbul'un Su Krizi Ve Kollektif Çözüm Önerileri*, 17.
- Alpaslan, N., Tanık, A., & Dölgen, D. (2008). *Türkiye'de Su Yönetimi Sorunlar Ve Öneriler*. İstanbul: TÜSiAD.
- appropedia.org. (2017, Eylül 24). *Rainwater Collection Calculator*.
www.appropedia.org:
http://www.appropedia.org/Rainwater_Collection_Calculator adresinden alındı
- Atlantik Su Arıtma. (2018). *Evsel Ve Endüstriyel Su Arıtma Sistemleri*.
atlantiksuaritma: <http://www.atlantiksuaritma.com/> adresinden alındı
- bbcturkce. (2018, Şubat 19). [bbc.com/turkce](http://www.bbc.com/turkce): <http://www.bbc.com/turkce> adresinden alındı
- BM. (2015). *Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu*.
cankaya.bel.tr. (b.t.). *Yaşar Kemal Parkı*. Çankaya Belediyesi:
<http://www.cankaya.bel.tr/pages/556/YASAR-KEMAL-PARKI/> adresinden alındı
- DEGORA. (b.t.). *Yağmursuyu drenaj teknikleri*. Degora:
<http://www.degora.com/diger-teknikler.html> adresinden alındı
- Doğruluk Payı. (2018, Mart 22). *Doğruluk Payı*. [dogrulukpayi.com](http://www.dogrulukpayi.com):
<http://www.dogrulukpayi.com/bulten/turkiye-su-fakiri-bir-ulke-olma-yolunda-ilerliyor> adresinden alındı
- DSİ. (2009). *Türkiye 2009 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara: DSİ.
http://www.dsi.gov.tr/english/pdf_files/TurkeyWaterReport.pdf adresinden alındı
- DSİ. (2014). *Devlet Su İşleri*. Devlet Su İşleri: www.dsi.gov.tr adresinden alındı
- Dünya Su Forumu. (2009). *Dünya Su Verileri. 5th. World Water Forum*. İstanbul: WWF.
- Erke Tasarım. (b.t.). *BREEAM Sertifika*. <http://www.erketasarim.com>:
<http://www.erketasarim.com/yesil-bina-danismanligi/breeam-sertifika-danismanligi/> adresinden alındı
- Google Maps. (b.t.). <https://www.google.com/maps> adresinden alındı
- Güneysuteknik. (b.t.). *Yağmur Suyu Toplama*. guneysuteknik.com:
<http://guneysuteknik.com/sistem-uygulamalar/depo-sistemleri/yagmur-suyu/> adresinden alındı
- Kalkınma Bakanlığı. (2014). *Su Kaynakları Yönetimi Ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyon Raporu*. Ankara.

- Kantaroğlu, Ö. (2010). Yağmur Suyu Hasadı Plan ve Hesaplama Prensipleri. *IX.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (s. 1148). İzmir: MMO.
- Kantaroğlu, Ö. (2011). Yüksek Performanslı Binalarda Su Stratejileri. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 34-38.
- Karakaya, N., & Gönenç, E. (2005). Alternatif Su Kaynaklar. *II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*. İzmir: DSİ.
- Karpuzcu, M. (2014, Nisan). Gri SU KULLANIMI, KENTSEL TASARIM VE KAZANIMLARI. www.imogaziantep.org.tr/resimler/dosya_ekler/8aa09bbbed9283a_ek.pptx adresinden alındı
- Kiganda, A. (2017, Nisan). *Rainwater harvesting campaign in Kenya launched*. constructionreviewonline.com:
<https://constructionreviewonline.com/2017/04/rainwater-harvesting-campaign-in-kenya-launched/> adresinden alındı
- Kincay, O. (b.t.). *Yenilenebilir Enerji Sistemleri*. Yıldız Teknik Üniversitesi:
http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/Yesil_VBoI_LEED.pdf adresinden alındı
- Kirsan, A. (2016, Nisan 8). *Suyu Depolamada Çözüm Yerin Altında*.
<http://www.ekoyapidergisi.org>: <http://www.ekoyapidergisi.org/2203-suyu-depolamada-cozum-yerin-altinda.html> adresinden alındı
- lanikaifarms.com. (b.t.). *Ecologically Friendly Fish Breeding*. lanikaifarms:
<http://www.lanikaifarms.com/articles.php> adresinden alındı
- Megep. (2011). *Suların Analiz Parametreleri* (850CK0011 b.). (M. E. Projesi, Dü.) Ankara, Türkiye: Milli Eğitim Bakanlığı.
http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/sular%4%B1n%20analiz%20parametreleri.pdf adresinden alındı
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2018). *İllerimize Ait Genel İstatistik verileri*. www.mgm.gov.tr: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KOCAELI> adresinden alındı
- MMO-Makine Mühendisleri Odası. (2012). *Sihhi Tesisat Proje Hesaplama Esasları*. İstanbul: MMO/260/7.
- pinterest.co.uk. (b.t.). <https://www.pinterest.co.uk/pin/384705993148863626/> adresinden alındı
- rainharvesting.co.uk. (b.t.). *Helping to reduce water bills for Farmers & Growers*. rainharvesting:
http://rainharvesting.co.uk/garden_rainwater_harvesting/commercial_rainwater_irrigation/ adresinden alındı
- rainxchange.com. (b.t.). *Rainwater Harvest Systems*. rainxchange.com:
<http://www.rainxchange.com/downloads.php#system> adresinden alındı
- Rende, M. (2003). Dünyanın Hızla Artan Su İhtiyacına Çözüm Arayışları. *Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*, 10-16.

- SFR Su Teknolojileri. (2016). *Yağmur Suyu Filtreleme ve Depolama Sistemi*. SFR Su Teknolojileri: <http://www.sfr.com.tr/yagmur-suyu-hasati-s6.html> adresinden alındı
- Statista (The Statistics Portal). (2013). *Yıllık Kişi Başına Düşen Su Tüketim Verileri*. Statista: <https://www.statista.com/statistics/263156/water-consumption-in-selected-countries/> adresinden alındı
- stormsaver.com. (2016). Rainwater hardwesting system schematic: <https://www.stormsaver.com/content/documents/Above%20Ground%20Combi%20Filter%20Schematic.pdf> adresinden alındı
- Şahin, N. İ., & Manioğlu, G. (2011, Ekim 24). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması. *MMO Tesisat Mühendisliği*(125), 21-32.
- Tanık, A., Öztürk, İ., & Cüceloğlu, G. (2016). *Arıtılmış Yağmur Sularının Yeniden Kullanımı Ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (el kitabı)* (ISBN: 978-605-9186-14-8 b.). (T. B. Birliği, Dü.) Ankara: Yorum Basın Yayın Sanayi.
- TMMOB Gıda Mühendisleri Odası. (b.t., Mart 22). <http://www.gidamo.org.tr>. http://www.gidamo.org.tr/resimler/ekler/2c153160fde18a0_ek.pdf?tipi=1&uru=H&sube=3 adresinden alındı
- Toowoomba Regional Council. (2014, Haziran 18). *Yağmur suyu toprak üstü kurulumu*. <http://www.tr.qld.gov.au/images/400-enviroWaterWaste/420-waterSupplyDams/425-rainwaterTanks/rainwatertanks-figure2.png> adresinden alındı
- Tubitak Bilim Genç. (2018). *Dünya'daki Su*. Tubitak Bilim Genç: <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/dergimiz/dunyadaki-su> adresinden alındı
- USİAD. (2007). *Ulusal Sanayici Ve İş Adamları Derneği Su Raporu*. Ada Strateji.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler :

Ad Soyad : Ümit YILMAZ
Doğum Tarihi : 06.04.1990
Doğum Yeri : Bakırköy/İSTANBUL
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekar
Sürücü Belgesi : B (2008)
Askerlik Durumu: *Yapıldı (19.09.2014)*

E-Posta : umityilmaz1990@hotmail.com

Eğitim Bilgileri :

Üniversite (Lisans) : SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
(09.2009-06.2013) : Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği

İş Tecrübesi :

Mekanik İşler Şefi

İnovasyon Teknik Ltd.

05.2018- İstanbul(Avrupa) - Türkiye Tam Zamanlı

Mekanik İşler Şefi

Ergonomi İnşaat Ltd.

02.2017- 12.2017 (10 ay) İstanbul(Avrupa) - Türkiye Tam Zamanlı

Mekanik İşler Şefi

Ofton İnşaat Tur. Ve Yat. San. Tic. A.Ş.

08.2015- 11.2016 (1 yıl, 3 ay) İstanbul(Asya) - Türkiye Tam Zamanlı

Mekanik Tesisat Proje Mühendisi

İstek - İstanbul Teknik Isı Sistemleri Taahhüt ve Servis Ltd

10.2014-07.2015 (9 ay) Türkiye Tam Zamanlı