



T. C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YAĞMUR SUYUNUN ULUSAL VE ULUSLARARASI
STANDARTLARA GÖRE İÇME SUYU OLARAK KULLANILMA
ESASLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ
166501115

Danışman: Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN

Temmuz – 2018



T. C.
İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YAĞMUR SUYUNUN ULUSAL VE ULUSLARARASI
STANDARTLARA GÖRE İÇME SUYU OLARAK KULLANILMA
ESASLARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan: **Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ**

KABUL VE ONAY

Makine Mühendisi Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ tarafından hazırlanan “Yağmur Suyunun Ulusal Ve Uluslararası Standartlara Göre İçme Suyu Olarak Kullanılma Esasları” başlıklı bu çalışma, savunma sınavı tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr.Ing.Ahmet CAN

(Danışman)

Üye:

Üye:

Üye:

Yukarıda imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

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 projesi olarak sunduğum “Yağmur Suyunun Ulusal Ve Uluslararası Standartlara Göre İçme Suyu Olarak Kullanılma Esasları” 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 belirtir ve bunu onurla doğrularım.

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ

ONAY

Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim 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.

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ

ÖZET

YAĞMUR SUYUNUN ULUSAL VE ULUSLARARASI STANDARTLARA GÖRE İÇME SUYU OLARAK KULLANILMA ESASLARI

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN

Temmuz 2018

Teknolojideki gelişmeler, sanayileşme, insanın yaşam konforunu arttırırken beraberinde doğal kaynakların hızlı tüketimi ve nüfus artışı ile birlikte iklim değişikliğine sebep olmuştur. Dünyadaki yaşamın sürdürülebilir kaynaklarla devamı neredeyse imkânsız hale gelmiştir. Bu sebeple Birleşmiş Milletler 21. Yüzyıl'da sürdürülebilirlik seferberliği ilan etmiştir. Gelecek nesillere sağlıklı bir dünya bırakabilmenin; tüm ülkelerin katkısıyla, doğal kaynakların kullanım kapasitelerini aşmayarak, fakirliğin ortadan kaldırılarak ve hakça bir düzen kurulması ile gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir olması, yerküreye yağmur ve kar olarak düşen suyun kullanılması ile mümkündür.

İklim değişikliği yağış durumlarında değişikliğe neden olmuş, kış ayları yağışlı geçmekte, yaz ayları da kısa süreli ve şiddetli yağışlı şekilde ve uzun süren sıcak ve yağışsız geçen günlere dönüşmüştür. Böylece dünyanın insan kaynaklı yeni bir iklim dönemine girdiğini anlaşılmaktadır. Bu dönemin en belirgin özelliği giderek yaygınlaşan fırtınalar, şiddetli yağışlar, seller, toprak erozyonu ve çölleşmenin genişlemesidir.

Yağmur suyunun toplanılması ve ulusal yada uluslararası standartlara göre arıtılması ile elde edilen temiz suyun içme suyu olarak kullanılması sağlanmalıdır. Bu sayede çatımıza yağın yağmur suyunun boşa gitmesi önlenecektir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur Suyunun Toplanması, İklim Değişikliği, Yağmur Suyunun Kullanımı, Küresel Isınma, Çölleşme

ABSTRACT

RAIN WATER BASED ON DRINKING WATER BY NATIONAL AND INTERNATIONAL STANDARDS

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ

Master Thesis, Department of Mechanical Engineering Supervisor:

Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN

Jul 2018

Developments in technology, industrialization, increased human comfort, along with rapid consumption of natural resources and population growth, caused climate change. The survival of the world has become almost impossible to sustain with sustainable resources. For this reason, the United Nations has declared sustainability mobilization in the 21st century. You can leave a healthy world to future generations; with the contribution of all countries, not exceeding the capacity of the natural resources to be used, by removing the poverty and by establishing a right order. Sustainability of freshwater resources is possible through the use of the earth as rain and snow.

Climate change has caused changes in precipitation, winter has passed through rainy season, summer has become short-lived and heavy rainy and long-lasting hot and rainy days. Thus, it is understood that the world has entered a new human-caused climate period. The most prominent feature of this period is the increasingly widespread storms, severe rains, seller, soil erosion and expansion of desertification.

It should be ensured that the fresh water obtained by the collection of rain water and the treatment according to international standards at the national level is used as drinking water. In this view, it will be avoided that the rainy water that is falling from my roof will be wasted.

Keywords: Rainwater Collecting, Climate Change, Use of Rain Water, Global Warming, Desertification

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca değerli önerileri ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ing. Ahmet CAN'a, gerek yüksek lisans öğrenimim sırasında, gerekse tez konusunun seçilmesi ve hazırlanması süresince anlayışından, bana olan teknik bilgi katkılarından ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin projelendirilmesi, hazırlanması ve değerlendirilerek incelenmesi sonucu eksiklerimin giderilmesi konusunda bilgi birikimlerini, önerilerini ve yol gösterici fikirlerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşlarım ile manevi desteğini sürekli hissettiğim ailem ve yakın arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İSTANBUL,2018

Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR	xii

1.BÖLÜM

GİRİŞ

1.Giriş	1
---------------	---

2.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU TOPLANMASI

2.1.Yağmur Suyu Toplanması	2
2.2.Yağmur Suyunun Toplanması Neden Önemlidir?	3
2.3.Yağmur Suyu Toplamanın Olumlu ve Olumsuz Yönleri	4

3.BÖLÜM

ÇATIDAYAĞMUR SUYU TOPLANMASI

3.1.Çatıda Yağmur Suyu Toplanması	5
3.1.1.Su Toplama Alanı	7
3.1.2.Çatı Yıkama Sistemi	7
3.1.3.Depolama Öncesi Yağmur Suyunun Süzülmesi	7
3.1.4.Toplanan Yağmur Suyunun Nakledilmesi	9
3.1.5.Sarnıç	9
3.1.6.Toplanan Yağmur Suyunun Dağıtımı	10
3.1.7.Yağmur Suyu Arıtma Sistemi	10
3.1.7.1.Mikro Filtreleme	11
3.1.7.2.Ultraviyole Sterilizasyon	11
3.1.7.3.Ters Osmoz	11
3.1.7.4.Ozonasyon	11

4.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU METEOROLOJİ VERİLERİ

4.1. İstanbul İli Yağmur Suyu Meteoroloji Verileri	12
4.2. İstanbul İli Yağmur Suyu Meteoroloji Verilerin Değerlendirilmesi	13

5.BÖLÜM

SUYUN ÖZELLİKLERİ

5.1.Suyun Fiziksel Özellikleri	14
5.2.İçme Suyu İçin Ulusal ve Uluslararası Standartları Değerlendirme Parametreleri ve Değerleri	15
5.3.İçme Suyunun Kalite Parametreleri.....	16
5.4.İçme Suyu Analiz Yöntemleri.....	19
5.4.1.Gravimetrik Teknikler	19
5.4.2.Titrasyon/Volumetrik Analizler	19
5.4.3.Elektrokimyasal Teknikler	20
5.4.4.Spektrofotometrik ve Kolorimetrik Teknikler	20
5.4.5.Kromatografi	21
5.4.6. Kütle Spektrometresi	21
5.4.7. İmmünolojik Teknikler	21

6.BÖLÜM

İSTANBUL İÇİN ÖRNEK YAĞMUR SUYU TOPLAMA PROJESİ

6.1.Örnek Proje İçin Yağmur Suyu Debi Hesabı.....	22
6.2.Süzgeç Adeti ve Süzgeç Çapı Hesabı.....	24
6.3.Binada Tüketilecek İçme Suyu Miktarının Belirlenmesi	24
6.4.Sarnıç Kapasitesinin Belirlenmesi.....	25

7.BÖLÜM

DÜNYADA ÇATIDA YAĞMUR SUYU TOPLAMASINA İLİŞKİN ÖRNEKLER

7.Dünyada Çatıda Yağmur Suyu Toplamasına İlişkin Örnekler	27
---	----

8.BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

8.Sonuç ve Değerlendirme	28
--------------------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.Ev su tüketiminde kullanılan su dağılımı	2
Şekil 2.Doğal su döngüsü.....	4
Şekil 3.Geçirimsiz yüzeyler arttıkça bozulan su döngüsü	4
Şekil 4.Çatıda yağmur suyu toplama sisteminin temel bileşenleri	6
Şekil 5. Çatı yıkama sistemi (TWDB, 2005).	7
Şekil 6. Hacimli yaprak tutucu örneği [TWDB, 2005]	8
Şekil 7. Dikey yaprak tutucu örneği [http://www.rainharvesting.co.uk]	8
Şekil 8. Temel oluk sistemi.	9
Şekil 9. Sarnıç örneği.	10
Şekil 10. Bir çözeltildeki konsantrasyonu ölçmek için kullanılan "titrasyon" düzeneği.....	19
Şekil 11. Ölçümü yapılan sıvının sodyum hidroksit-pH grafiği.....	20
Şekil 12. Örnek projeye ait villanın ön cepheden kesit görüntüsü	22
Şekil 13. Örnek projeye ait temel bileşenlerin tasarımı	25
Şekil 14. Örnek projeye ait sistem tasarımı	26

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. Arıtma teknikleri (TWDB, 1997)	11
Çizelge 2. İstanbul yıllık alansal yağış şiddeti değeri	12
Çizelge 3. İstanbul 2007-2016 yılları arası alansal yağış miktarları.....	13
Çizelge 4. İçme suyunun ulusal ve uluslararası standartları	13
Çizelge 5. Akma dağılıma katsayısı	23
Çizelge 6. Süzgeç başına boşaltma kapasitesi değerleri	24

KISALTMALAR VE ANLAMLARI

- WHO – Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)**
EUWI– Avrupa Birliği Su Girişimi (European Union Water Initiative)
AB– Avrupa Birliği (European Union)
BM– Birleşmiş Milletler (United Nations)
TSE – Türk Standartları Enstitüsü
WWAP– Dünya Su Değerlendirme Programı
IPCC– Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
OECD– Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü

1.BÖLÜM

GİRİŞ

İklim değışikliği nedeniyle Türkiye'nin karşı karşıya kalacağı öngörülen sorunların başında, yağış şiddetinde ve miktarında değışiklik, kuraklıkta artış ve buna bağlı olarak su kaynaklarında azalma gelmektedir. İklim değışikliğine uyum kapsamında gerek kırsal gerekse kentsel alanları yönetirken, değeriendirilen başlıca yöntem olan yağmur suyu toplama yöntemi ile kentsel ve kırsal alanlarda yağmur suyu depolanarak farklı sektörlerin su ihtiyacını karşılayabilecek çözümler oluşturmak mümkündür. Doğal bitki örtüsü ve doğal malzemelerin kullanımı ile su tutma peyzajlarının oluşturulması iklim değışikliği nedeniyle karşılaşıcağımız sorunlar kapsamında sosyal ve ekonomik dayanıklılığımızı arttıracaktır.

Su kaynaklarının planlı ve kontrollü yönetimi enerji, sağlık, gıda güvenliği, doğanın korunması gibi diğer alanların da sürece dâhil edilmesini gerektirecektir. Düşük gelirli ülkeler yüksek gelirlilere oranla daha az seçeneğe sahip oldukları için iklim değışikliğine uyumda daha çok zorlanacaktır.

Su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin mevzuat Avrupa Birliği(AB) mevzuatı içinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda yirmiyi aşkın direktif bulunmaktadır. Bu direktifler arasında en önemlisi ise 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı "Su Çerçeve Direktifi"dir. AB, su ile ilgili farklı sektörler için farklı politikalar geliştirmek yerine tüm Avrupa su politikasını tek bir çerçeve bakış açısı ile yönetmeyi amaçlamaktadır (Muluk vd. 2013).

AB Su Girişimi (European Union Water Initiative, EUWI) 2002 Sürdürülebilir Dünya Kalkınma Zirvesinde kurulmuştur. Girişimin amacı su ile ilgili Binyıl Kalkınma Hedeflerine (Sustainable Development Goals) ulaşabilmek için kamu kurum ve kuruluşlarının, hibe sağlayıcılarının, su endüstrisinin, sivil toplum kuruluşlarının ve diğer ilgi gruplarının iş birliği sağlamaları adına koordine edilebilmesidir(OECD, 2017). AB, suyu ticari bir ürün değil; korunması, savunulması gereken bir miras olarak görmektedir. Birlik içindeki tüm suların korunması ve durumlarının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Muluk vd. 2013).

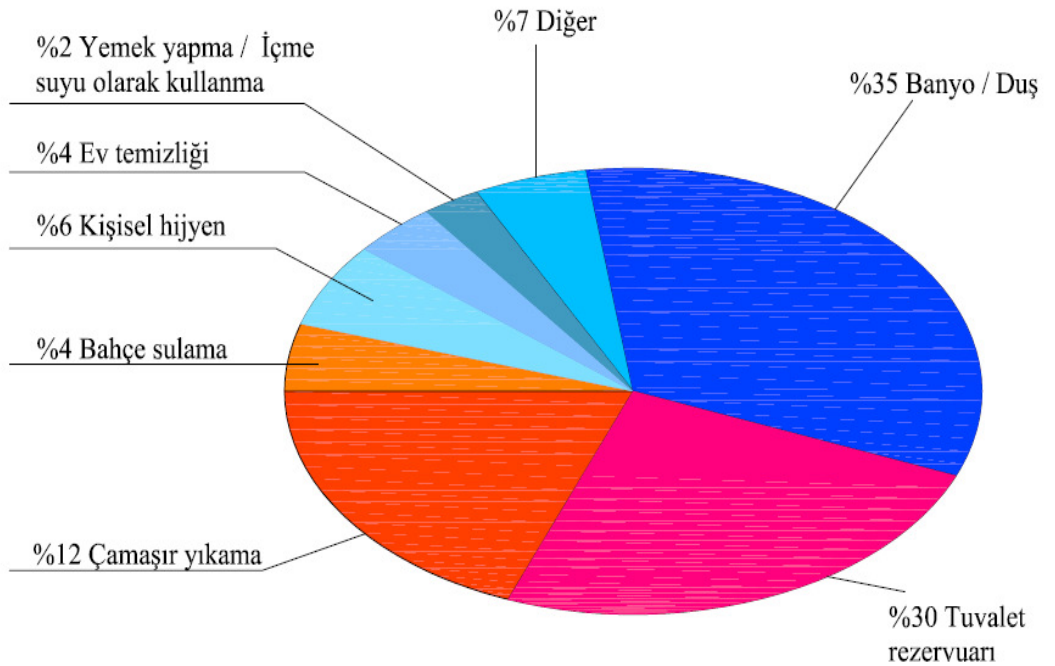
2.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU TOPLANMASI

2.1.Yağmur Suyu Toplanması

Yağmur suyu toplama, sulamada ve evsel kullanımda sürdürülebilir olmayan yer altı suyu kullanımına alternatif olarak yağışla yüzey akışına geçen suyun biriktirilip kullanılması için geliştirilen yöntemlerin bütünüdür. Yağmur suyunun toplanması; kendisini bütünleyen gıda ormanı, yer örtüsünün ve topraktaki organik içeriğin artırılması gibi yan uygulamalarla, toprağın iyileştirilmesi, yer altı suyunun beslenmesi, susuzluk nedeniyle kısıtlanan tarımsal üretimin ve veriminin artırılması, göletler içinde balık ve uygun bitki üretimi yanı sıra su kuşlarına habitat oluşturma gibi ekolojik ve rekreasyonel faydalar sağlamaktadır (Lancaster, 2008).

Yağmur suyu toplama yöntemine göre eğim doğrultusunda akışa geçen sular toplanır. Çatılarda veya taşlık, kayalık alanlardan gelen yağış suları depolanarak evsel ihtiyaçlar için kullanılabilir. Bu sistemin gıda güvenliği açısından da önemi vardır ve yaşam kalitesini de arttırabilir. Su toplama tekniği, kolay ve ucuz olması nedeniyle avantajlıdır. Hemen hemen her türlü eğimde uygulanabilir. Büyük sulama sistemleriyle kıyaslandığında, su iletimi kayıpları çok düşüktür. Yaklaşık olarak herhangi bir ev için su kullanımında gerekli olan suyun %50'si bu yöntemle sağlanabilmektedir. Yağmur suyu bina yıkamalarında, havuz veya gölet doldurmada, soğutma kulelerinde, yangın söndürmede, tuvalet sifonlarında ya da araç yıkamada kullanılabilir.



Şekil1.Ev su tüketiminde kullanılan su dağılımı

2.2.Yağmur Suyunun Toplanması Neden Önemlidir?

Dünyada tatlı ve erişilebilir su oranı, dünyadaki tüm suyun %0,3'ü kadardır. Üstelik küresel su tüketimi her yirmi yılda insan nüfusu artışının iki katından daha hızlı bir şekilde katlanarak büyümeye devam etmektedir. Eğer bu eğilim aynı şekilde devam edecek olursa, 2025 yılında tatlı su talebinin şimdiye oranla %56 artacağı saptanmıştır (BM Su İstatistikleri, 2003).

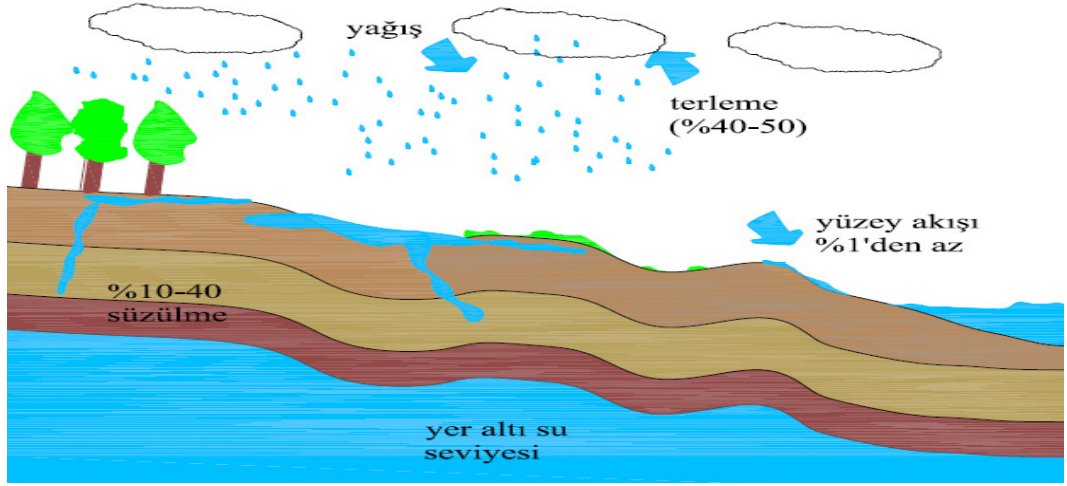
Türkiye’de Doğu Karadeniz Bölgesi hariç tüm bölgeler “yaklaşan fiziksel su kıtlığı” kategorisinde yer almaktadır “(WWAP, 2012)”. Türkiye’de su kaynakları üzerindeki baskılar; iklim değişikliği, kentleşme, ormansızlaştırma, kitlesel turizm, kirlilik ve endüstriyel tarım olarak sıralanabilir. Bu baskılarla erişilebilir ve tatlı su oranı gün geçtikçe azalırken bir yandan kuraklık nedeniyle mevcut tatlı su oranı da buharlaşma nedeniyle kaybedilmektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli ‘ne göre iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkileri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (IPCC, 2007):

- Su döngüsünde değişimler (artan atmosferik su buharı, yağış rejiminde değişiklik, kuraklık ve seller gibi aşırı sonuçlar, dağ buzullarının geniş ölçüde erimesi, kurak dönemlerde suya erişilebilirliği engelleyen buzul örtüsü, toprak neminde değişiklikler).
- Su kalitesini etkileyen yüksek hava sıcaklıkları.
- Deniz seviyesi yüksekliğinin nehir ağzı ve kıyı yer altı sularının tuzlanmasına yol açması, bu nedenle kıyı alanlarında insanların ve ekosistemlerin tatlı suya erişiminin azalması.

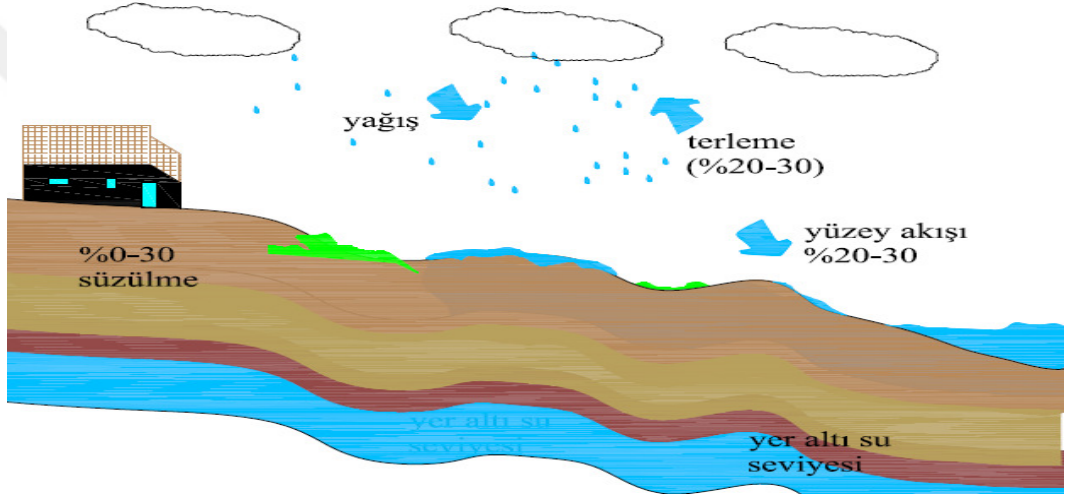
Doğada su döngüsü; yağış, buharlaşma, terleme, süzülme ve yüzey akışı ile bir denge içindedir. Yağışın bir kısmı bitkiler tarafından emilerek toprağa sızmakta, aynı zamanda terleme ile havaya geri salınmaktadır (Şekil 2).

Ancak kentleşme, ormansızlaşma, kitlesel turizm gibi alan kullanımlarıyla geçirimsiz yüzeyler artmakta ve yağmur olarak düşen su toprağa ulaşamayarak kanalizasyon sistemi ile kentlerden uzaklaştırılmaktadır (Şekil 3). Fosil yakıtların kullanımı ve bitki örtüsü kaybı ile kentlerde ısı adaları oluşturmaktadır. Sıcaklık artışı ve yağış azalması gözlenmektedir. Bunların sonucunda da buharlaşmanın artması, toprağın suyu emme kapasitesinin azalması ve tatlı suyun atık suya karışması yoluyla tuzlu suya karıştırılması ile tatlı su kaybedilmektedir.

Yağmur suyunun toplanması ile toprağın suyu emmesi, yer altı sularının beslenmesi ve su döngüsünün normale ulaşması sağlanabilir. Bu sayede hem kentsel alanda hem de kırsal alanda su kalitesi düzeltilebilir ve daha sağlıklı ekosistemler kurulmuş olabilir.



Şekil 2.Doğal su döngüsü



Şekil 3.Geçirimsiz yüzeyler arttıkça bozulan su döngüsü

2.3.Yağmur Suyu Toplamanın Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Yağmur suyu toplamanın olumlu ve olumsuz yönleri aşağıda özetlenmek mümkündür. (Karakaya ve Gönenc, 2005).

Olumlu Yönler:

- Projenin büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte yatırım ve işletme maliyeti genelde düşüktür.
- İnşaatı ve işletilmesi kolaydır.
- Sorumluluk bireysel/tekil sistemlerde mal sahibine aittir.
- Mevcut su temin sistemi ile bütünleştirilebilir.
- Sisteme adaptasyon kolaydır.
- Diğer su temin projeleri ile karşılaştırıldığında olumsuz etkileri daha azdır.
- Elde edilen su bedelsizdir.

- Elde edilen su kullanım yerine yakındır.
- Elde edilen su diğerk su teminlerine kıyasla çok daha kalitelidir, standartlara uygun arıtma ile yeniden kullanılabilir.
- Mevcut su kaynaklarının korunmasına yardımcı olur.
- Acil durumlarda (deprem, ani susuzluk, vb.) durumlarda rahatlıkla kullanılabilir.
- Sel riskini azaltarak alıcı ortamlara taşınacak kirlilik yükünü azaltır.

Olumsuz Yönler:

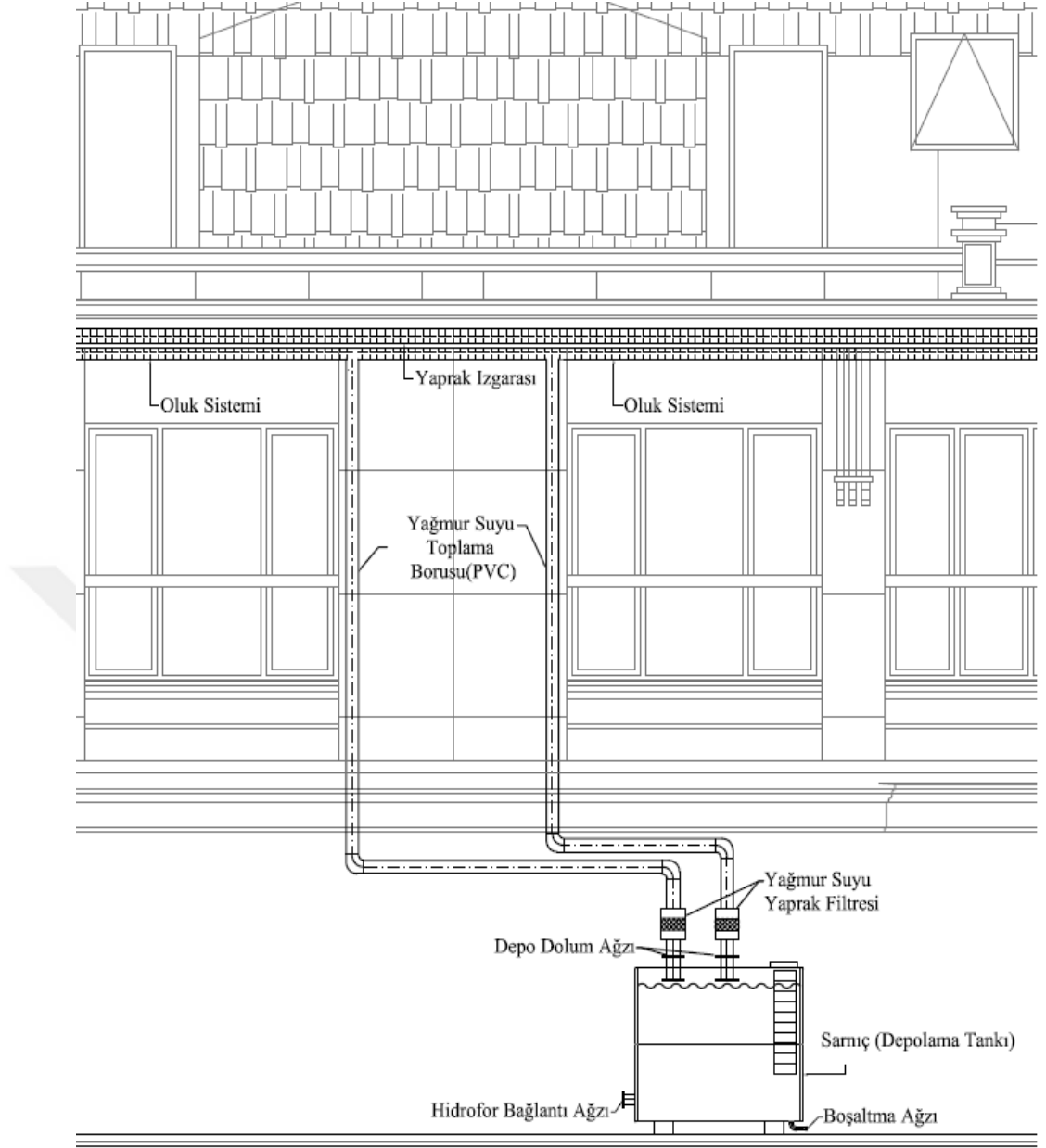
- Yağışlardaki belirsizlikler sistemin güvenilirliğini azaltmaktadır.
- Sorumluluk tekil sistemlerde sistemin sahibine aittir; bu nedenle cazip olmayabilir.
- Tekil yağmur suyu toplama sistemlerinin yaygınlaşması yerleşim yerine su sağlayan belediye veya özel şirketlerin gelirinde düşüğe neden olabilir.
- Hükümetler alternatif su kaynağı olarak yağmur suyunun değerlendirilmesi konusunda politika geliştirmemektedirler. Halkın bu konuda farkındalığı bulunmamaktadır.
- Tanklar ve depolar çok yer kaplayabilir, çocuklar için tehlike oluşturabilir. (Karakaya ve Gönenç, 2005).

3.BÖLÜM

ÇATIDA YAĞMUR SUYU TOPLANMASI

3.1.Çatıda Yağmur Suyu Toplanması

Çatı sistemleri, yağmur suyunu ev ve büyük binaların çatılarından, seralardan, avlulardan, yollar da dâhil olmak üzere benzeri geçirimsiz zeminlerden toplar ve depolar. Yağmurun büyük kısmı toplanabilir ve depolanabilir. Toplanan suyun nasıl kullanılacağı, kullanılan yüzeyin tipine ve temizliğiyle birlikte kullanıcının ihtiyacına bağlıdır. Modern çatı malzemeleri ve su olukları, özellikle çeşme suyu olmayan kırsal yörelerde, evsel ihtiyaçlarda ve içme suyu olarak kullanmak üzere temiz su toplamaya imkân verir. Su, toprak bir yüzeyden veya bitki kalıntıları olan bir yüzeyden toplanıyorsa, depolanmadan önce bir dinlendirme havuzunda bekletilmelidir. Bu tip sistemler, kırsal alanlardaki insanlar ve canlılar için düşük maliyetli su sağlamaktadır. Bu teknikler, esasen evsel amaçlar için kullanılsa da tarımsal kullanıma daha uygundur. Doğrudan İçmek için uygun olmayan yağmur suyu, evlerin bahçe sulamasını desteklemek için kullanılabilir(Oweis ve ark., 2004).



Şekil 4.Çatıda yağmur suyu toplama sisteminin temel bileşenleri

Pratikte çok çeşitli yağmur suyu depolama yöntemleri mevcuttur. Toplanan sular yeraltında veya yer üstünde bulunan tanklarda depolanabilir. Kirlenme riskine karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Açık tanklarda biriktirilen sular içme suyu olarak kullanılmamalıdır (UNEP-IETC, 1998). Birçok sistemde büyük galvanizli çelik, fiberglas, polietilen, ya da demir-çimento tankları depolama sarnıcı olarak kullanılır. Eğer bu su peyzaj sulaması için kullanılacaksa sadece tortu filtresi yeterlidir. Ancak içme suyu olarak kullanılacaksa ek arıtma yöntemleri gereklidir ve standartlarda öngörölmüş fiziksel, kimyasal özellikleri sağladığı kanıtlanmalıdır. Arıtma işleminden sonra yağmur suyu oldukça güvenli ve kaliteli şekilde getirilebilir.(Kantaröglü, 2011).

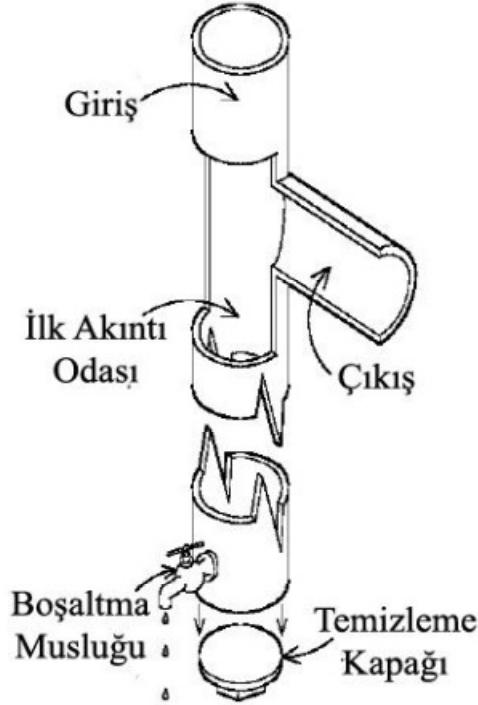
Yağmur suyu toplama sistemleri genelde aşağıdaki önemli bileşenleri içerir:

3.1.1.Su Toplama Alanı

Birçok yağmur suyu toplama sisteminde su toplama alanı yapının çatısıdır. Yağmur suyu toplama sistemi biyolojik büyümeyi desteklemediği için en iyi çatı yüzeyi mümkün olduğunca pürüzsüz olanıdır. Böylece çatı yıkama sistemleri ile çatıda biriken kirlere kolayca arındırılır. Galvaniz metal en çok kullanılan çatı döşeme malzemesidir (Kantaroglu, 2011).

3.1.2.Çatı Yıkama Sistemi

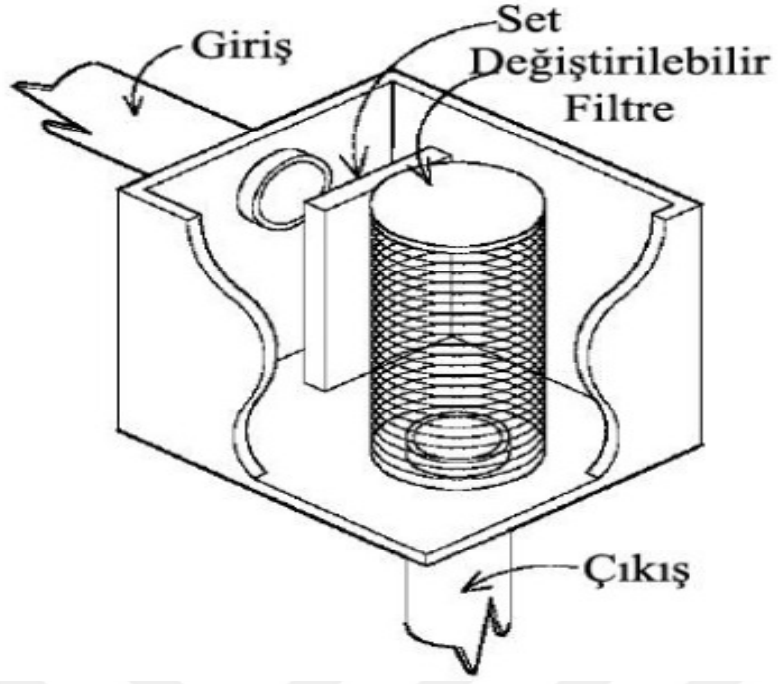
Çatıdaki toz ve kirden kurtulmak için kurulan bir sistemdir. Bu sistem, yağmur suyunun içilebilir su kaynağı olarak kullanılması düşünülen yerlerde gereklidir. Ancak diğer yerler için de kullanılması tavsiye edilir. Çatı yıkama sistemi yağışlı zamanlarda çatıda akan suyun arıtılması için tasarlanmıştır (Kantaroglu, 2011).



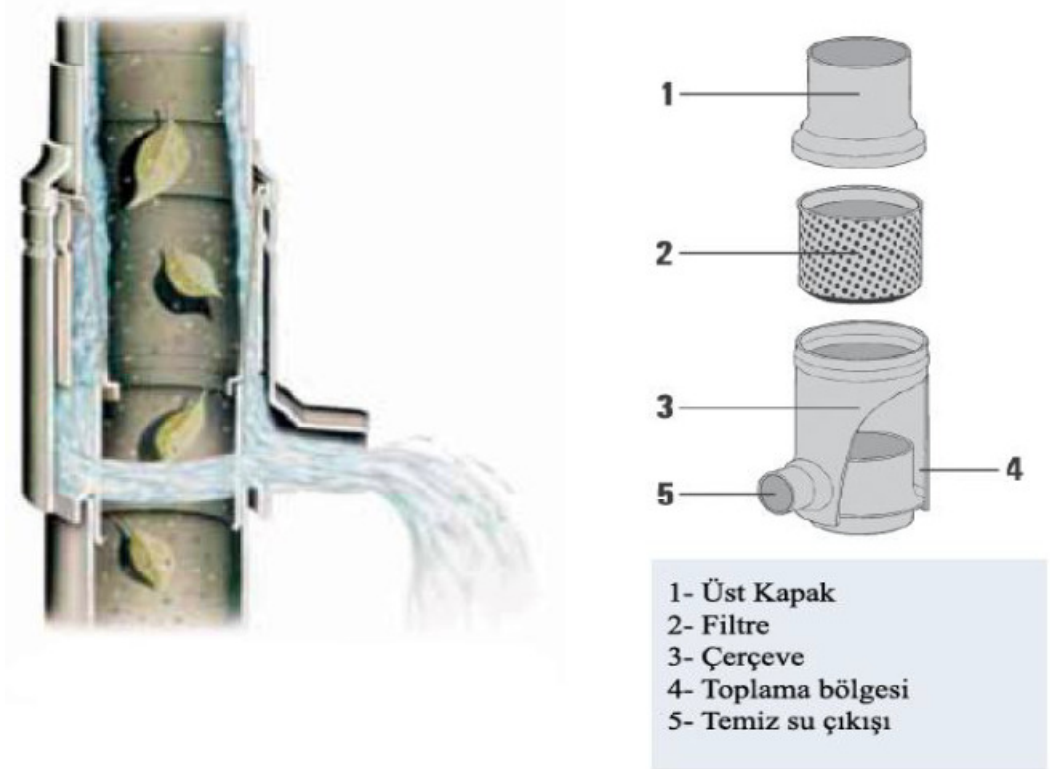
Şekil 5.Çatı yıkama sistemi (TWDB, 2005)

3.1.3.Depolama Öncesi Yağmur Suyunun Süzülmesi

Yağmur suyunun depolanmadan önce süzülme işlemine tabi tutulmasıyla büyük parçacıkları, yaprakları ve çatıdan gelen diğer döküntülerin tutulması sağlanır. Bunun için yuvarlak paslanmaz çelik bir ekran sarnıcın her girişinin üzerinde bulunmalıdır. Rüzgârdan dolayı çok fazla döküntü ve yaprağın geldiği alanlarda oluklara yaprak tutucular eklenebilir(Kantaroglu, 2011).



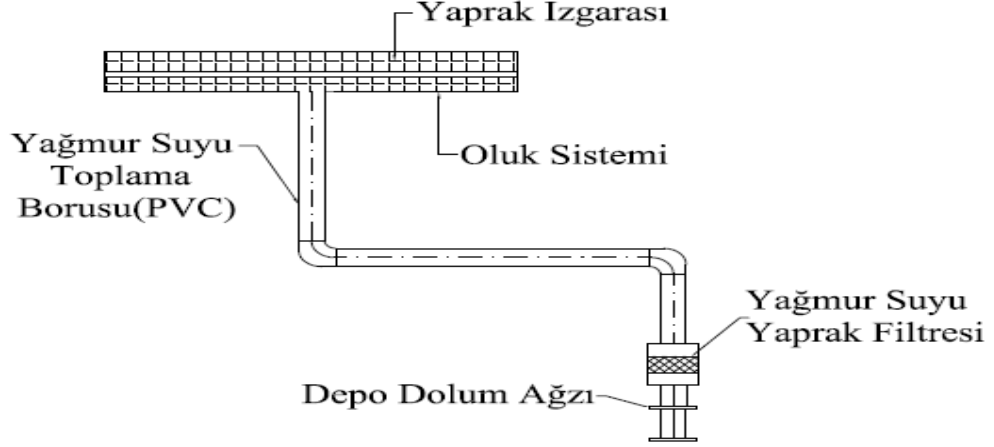
Şekil 6.Hacimli Yaprak tutucu örneği [TWDB, 2005]



Şekil 7.Dikey yaprak tutucu örneği (<http://www.rainharvesting.co.uk>)

3.1.4.Toplanan Yağmur Suyunun Nakledilmesi

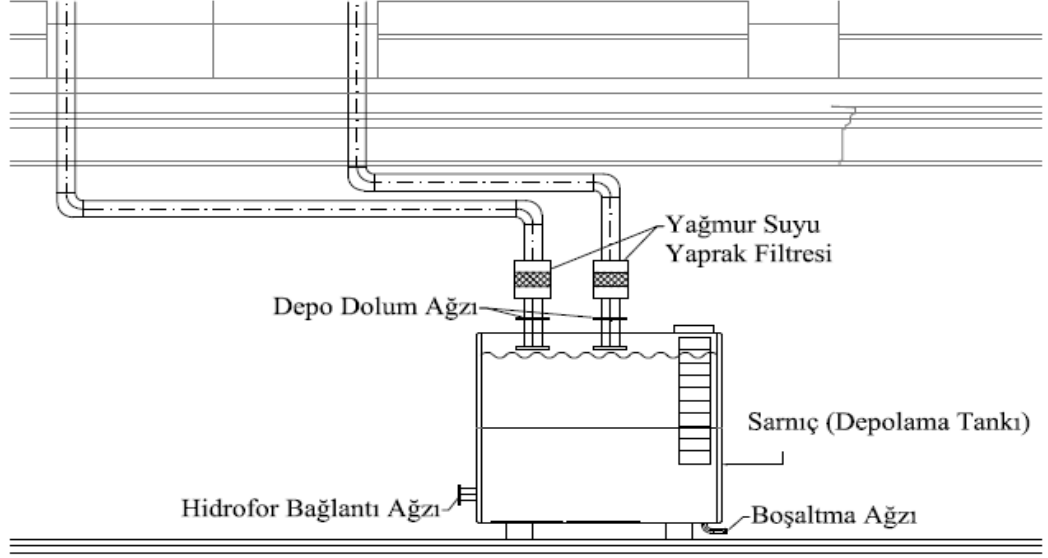
Oluklar, yağmur suyu iniş boruları ve yağmur suyunu çatıdan sarnıca taşıyan borularda kullanılan sistemdir [Kantaroğlu, 2011].



Şekil 8. Temel oluk sistemi

3.1.5.Sarnıç

Yağmur suyu toplama sistemleri için gereken tek büyük yatırımdır. Malzeme olarak genellikle galvaniz çelik, beton, betonarme, fiberglas, polietilene dayanıklı ağaç kullanılır. Bu seçenekler arasında fiyat ve beklenen ömürleri çeşitlilik gösterebilir. Tanklar bodruma ya da yerüstü veya yeraltında gömülü olarak dış mekâna yerleştirilmelidir. Alg (tek hücreli organizma) büyümesini önlemek için güneşten uzak tutulmalıdır. Sarnıç kapasitesi beklenen ihtiyacı karşılayabilecek boyutta olmalıdır. Tek su kaynağı olarak düşünülen sistemlerde sarnıcın ölçüleri, son 30 yılın yağış kayıtları göz önüne alınarak yılın hiç yağış almayan ya da az yağışlı zamanlarında ihtiyacı karşılayacak şekilde hesaplanmalıdır (Kantaroğlu, 2011).



Şekil 9.Sarniç örneği

3.1.6.Depolanan Yağmur Suyunun Dağıtımı

Sarniçta depolanan yağmur suyunun gereken yerlere dağıtması için genellikle bir merkezi yönetim sistemi kurulması gereklidir. Kurulacak bu merkezi sistem ile ihtiyaç duyulan yere hidroforla istenilen basınç ve debi değerlerinde yağmur suyunun gönderilmesi sağlanır. Bu nedenle depo ve hidrofor için, uygun bir yer belirlenmeli ve sistem bileşenleri kontrollü bir şekilde kurulmalıdır(Kantaroğlu, 2011).

3.1.7.Yağmur Suyu Arıtma Sistemi

Sıhhi tesisat ve sulama hatlarını korumak için yağmur suyu, tortu kartuşlarında filtre edilip parçacıklardan arındırılmalıdır. İçme suyu sağlama sistemlerinde ise 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 gerekir. Yağmur suyu toplama sistemleri içilebilir su tüketimini azaltmak için çok büyük bir potansiyeldir(Kantaroğlu, 2011).

Toplanan yağmur sularının arıtılıp arıtılmayacağı, arıtılacaksa hangi tekniklerin kullanılacağı kullanım amacına bağlı olarak değişmektedir. Arıtmada kullanılan yöntemler Çizelge 1."de verilmiştir.

Metot	Yer	Hedef
Kaba Filtre	Oluklarda	Kaba katı maddeler (yaprak,vb.)
Çöktürme	Toplama tankında	Çökebilien katı maddeler
Filtrasyon	Muslukta, ayrı bir tankta veya pompajdan sonra	Askıda maddeler, vb.
Dezenfeksiyon	Kullanımdan önce, toplama tankında veya pompadan sonra, muslukta	Mikroorganizmalar

Çizelge 1.Aritma teknikleri (TWDB, 1997)

Yukarıda bahsedilen su arıtma yöntemleri; mikro filtreleme, ultraviyole sterilizasyon, ters ozmos ve ozonasyon aşağıda açıklanmıştır.

3.1.7.1.Mikro Filtreleme

Filtreleme ortamının küçük gözenek boyutundan, tipik olarak bir membrandan dolayı askıda katı maddeleri sudan uzaklaştıran fiziksel bir filtreleme işlemidir. Mikro filtrasyon ve ters osmoz aksine bakteri de dâhil olmak üzere 0,1 ila 10 mikron aralığında partikülleri uzaklaştırmak için sadece fiziksel filtreleme kullanır, ancak mikro filtrasyon çözünmüş kirleticileri uzaklaştırmaz.

3.1.7.2.Ultraviyole Sterilizasyon

Ultraviyole ışınlarını yüksek dozda yayan özel ışın tüpleri kullanarak sudaki bakteri, virüs, mantar ve diğer mikroorganizmaları öldürerek sterilizasyonu sağlar.

3.1.7.3.Ters Osmoz

Suda kirlilik yaratabilecek maddeleri arındıran, her biri farklı gözenek çaplarına sahip filtreler kullanılan bir yöntemdir. Ters Osmoz teknolojisinde su arıtma işlemi filtreler tarafından gerçekleştirilir.

3.1.7.4.Ozonasyon

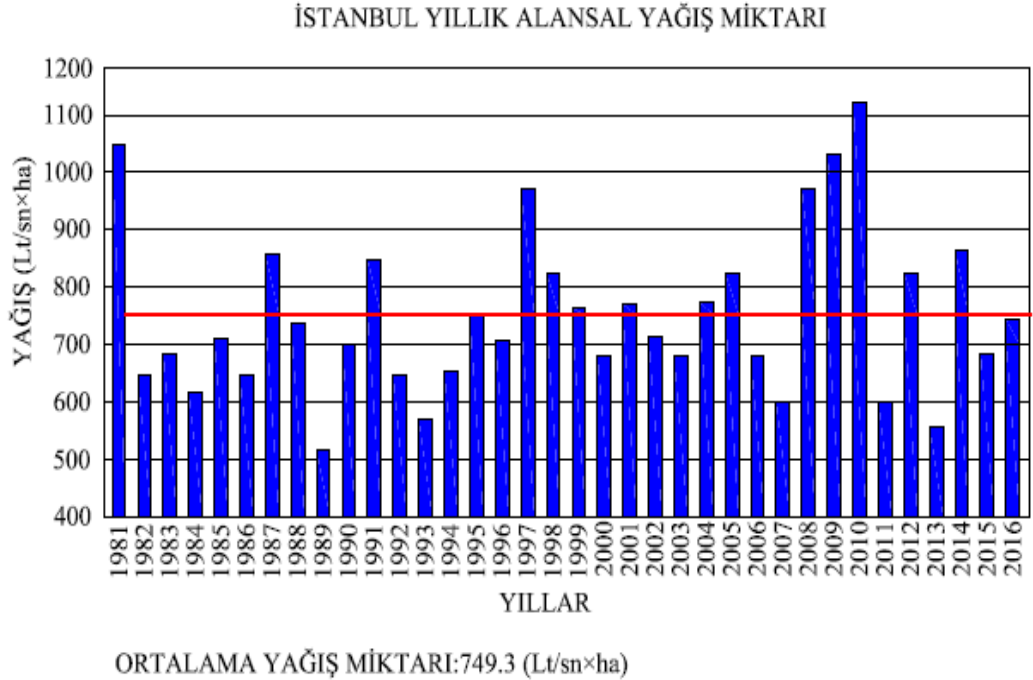
Ozon gazı son derece yüksek oksidasyon kapasitesine sahip olduğundan suda dezenfeksiyon sağlamak ve organik/inorganik maddelerin giderilmesi amacıyla da kullanılabilir. Ozon gazı nihai olarak oksijene dönüşerek kaybolduğundan kalıntı bırakmaz ve zararlı yan ürün oluşumu minimumdur (<http://www.kmcsuaritmasistemleri.com>).

4.BÖLÜM

YAĞMUR SUYU METEOROLOJİ VERİLERİ

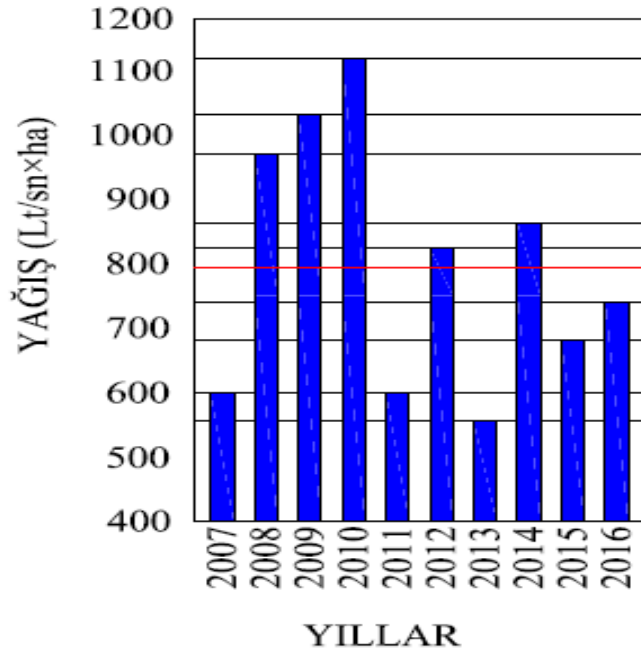
Yağmur suyu meteoroloji verileri, birim alanda tutulabilecek su miktarını saptamak için gereklidir. Alanda hangi uygulamalar yapılacağına ve uygulamaların ölçülerine bu verilere dayanılarak karar verilir. Eş yükselti hendeklerinin genişlikleri, derinlikleri, aralarındaki açıklıklar; alana düşen yağış, buharlaşma gibi etkenler hesaba katılarak belirlenir. Örneğin; buharlaşma oranının yüksek, yağış miktarının düşük veya aylık değişkenliğinin fazla olduğu bir alanda, açık yüzeyli su toplama alanları tesis etmek iyi bir yöntem olmayabilir. Bu durumda suyu gölet gibi açık alanlarda tutmak yerine, depo/sarnıç gibi kapalı sistemleri kullanmak, ya da suyu eş yükselti/ yönlendirme hendekleriyle bitki diplerine yönlendirerek toprakta tutmak daha etkin bir yöntem olur.

4.1. İstanbul İli Yağmur Suyu Meteoroloji Verileri



Çizelge 2.İstanbul yıllık alansal yağış şiddeti değerleri (<https://www.mgm.gov.tr>)

İSTANBUL 2007-2016 YILLARI ARASI ALANSAL YAĞIŞ MİKTARLARI



ORTALAMA YAĞIŞ MİKTARI:797,5 (Lt/sn×ha)

Çizelge 3.İstanbul 2007-2016 yılları arası alansal yağış miktarları
(<https://www.mgm.gov.tr>)

4.2.İstanbul İli Yağmur Suyu Meteoroloji Verilerin Değerlendirilmesi

Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün resmi sitesinden almış olduğumuz yukarıdaki çizelgeler geçmiş yılları da kapsamış ve ortalama yağış miktarında değerlendirilmiştir. Fakat küresel ısınma ile birlikte iklimde büyük değişiklikler olmuş, yağış rejimi değişmiş ve sağanak yağışlar çoğalmıştır. Bundan dolayı son 10 yıla ait yağış verilerine göre hareket etmemiz gerekmektedir.

Yıllık ortalama yağış miktarları sayesinde yağış kapasitelerine göre projelendirme yapılır. Bu veriler ışığında çatı alanına yıllık yağacak yağmur debi miktarımızı hesaplarız. Hesaplanan yağış miktarına göre yağmur çatı iniş borularının çapları belirlenir. Ayrıca depolanacak su miktarı hesaplanır ve bu hesaba göre de sarnıç kapasitesi belirlenir.

Daha sonra yağmur suyu içme suyu olarak kullanılmadan önce ulusal ya da uluslararası içme suyu standartlarına göre arıtılır, istenilen fiziksel ve kimyasal değerler sağlanır.

Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden almış olduğumuz 10 yıllık yağış verilerinin ortalaması 797,5 (Lt/sn×ha) dır. Bu değer m² birimine dönüştürülmesi halinde 0,07975 (Lt/sn×m²) dir. Bu değer İstanbul için uygulanılacak yağmur suyu projesinde kullanılacaktır.

5.BÖLÜM

SUYUN ÖZELLİKLERİ

5.1.Suyun Fiziksel Özellikleri

Su, moleküllerden yapılmış ve her su molekülü iki hidrojen atomu ile bir oksijen atomundan meydana gelmiştir. Özellikleri itibariyle kokusuz, renksiz, saydam bir sıvıdır. Ancak kalın tabakalar halinde su, yeşil-mavi bir renk görünümü alır. Suyun fiziksel özelliklerinin tayini için aşağıdaki parametrelerle ölçülür:

a- Sıcaklık: İçme sularının sıcaklıklarının 7-12°C arasındaki değerlere sahip olması istenmektedir.

b- Bulanıklık: İçme ve kullanma suyunun berrak olmalıdır. Sudaki bulanıklılık şilt, kil, mil, parçalanmış organik madde plankton ve bakterilerin varlığından ileri gelir.

c- Renk: Suyun renkli olması su içerisinde çözülmüş kolloid halde yabancı maddelerin olduğunu gösterir.

d- Tad ve Koku: Suda bulunan canlı veya ölmüş haldeki mikroorganizmalar çözülmüş hâlde bulunan H₂S(sülfür), metan ve CO₂ gibi gazlar organik maddeler sodyum klorür ve demir bileşikleri; diğer elementlerin karbonat ve sülfat suları ile fenollü maddeler, suya renk ve koku verirler. (<http://www.iski.gov.tr>)

5.2.İçme Suyu İçin Ulusal ve Uluslararası Standartları Değerlendirme Parametreleri ve Değerleri

İÇME SUYU KALİTE PARAMETRE DEĞERLERİ (Kabul Edilebilir Maksimum Değerler)			
STANDARTLAR	TSE266 TürkStandartları Enstitüsü	EC Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Teşkilatı
Mikrobiyolojik EMS/100 mL			
*Koliform	0	0	0
*EscherichiaColi (E. Coli)	0	0	0
*Toplam Koloni Sayısı (22C')	20		
*Toplam Koloni Sayısı (37C')	5		
C.perfringens	0	0	0
PseudomonasAeruginosa	0	0	0
Kimyasal mg/L			
pH (pH)	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5
İletkenlik 20' (uS/cm)	2500	2500	2500
Nitrat (NO3)	50	50	50
Nitrit (NO2)	0.50	0.50	0.50
Bor (B)	1	2	2
Nikel (Ni)	0.02	0.02	0.02
Arsenik (As)	0.01	0.01	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.005	0.005	0.003
Krom Toplam (Cr)	0.05	0.05	0.05
Florür (F)	1.50	1.50	1.50
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01
Siyanür (CN)	0.05	0.05	0.07
Bromat (Br)	0.010	0.010	0.025
Benzen (C6H6)	0.001	0.001	0.010
Selenyum (Se)	0.010	0.010	0.010
Antimon (Sb)	0.005	0.005	0.005
Bakır (Cu)	2,0	2,0	2,0
Demir (Fe)	0.2	0.2	0.3
Mangan (Mn)	0.05	0.05	0.10
Alüminyum (Al)	0.20	0.20	0.20
Amonyum (NH4)	0.50	0.50	1.50
Sodyum (Na)	200	200	200
Klorür (Cl)	250	250	250
Sülfat (SO4)	250	250	250
Sertlik(CaCO3)			500
Fiziksel ve Organoleptik			
Renk(Co-Pt birimi)	20	20	15
Bulanıklık(NTU birimi)	5,0	4,0	5,0
Koku	Duyusal	Duyusal	Duyusal
Tat	Duyusal	Duyusal	Duyusal

Çizelge 4.İçme suyunun ulusal ve uluslararası standartları (<http://www.iski.gov.tr>)

5.3.İçme Suyunun Kalite Parametreleri

Su, elde edildiği kaynağa ve çevreye bağlı olarak metal ve kimyasal maddeler içerebilir. Bu kimyasallar, suda sağlığı tehdit edecek kadar fazla miktarda bulduklarında, çoğunlukla renk, tat, koku değişimine neden olmaz. Zararlı etkileri, vücuda alındıktan, hemen sonra veya yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bu kimyasalları belirlemenin tek yolu suyu analiz etmektir. Sularda, bu metal ve kimyasal maddelerden, bir kısmı belirli değerlere kadar bulunabilir. Bazılarının hiç olmaması istenir. Bu değerler ve özellikler, ulusal ve uluslararası su standartlarıyla yukarıdaki Çizelge 4.'de belirlenmiştir.

Amonyum (NH₄): Sularda tat ve koku problemi oluşturur. İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi vardır. Suda amonyum varlığı, suya evsel, endüstriyel atıklar ve gübre karıştığını gösterir.

Nitrat (NO₃): Azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve su için bir tehlike sinyalidir. Suda nitrat konsantrasyonunun artmasının nedeni, tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklardır. Sürekli olarak yüksek oranda nitrat içeren suları içmek ölüme yol açabilir. Bazı bakteriler nitratları indirgeyerek nitrite dönüştürür. Meydana gelen fazla miktardaki nitrit emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirerek oksijenin dokulara taşınmasını önler. Bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olarak ölüme yol açabilir. WHO'ya ve TSE'ye göre suda bulunabilecek maksimum nitrat konsantrasyonu içme suları için 45 mg/l, kaynak suları için 25 mg/l dir. Bebekler için ise bu değer maksimum 10 mg/l olarak kabul edilmiştir.

Nitrit (NO₂): Suda mikrobiyolojik kirlenmenin bir göstergesi olması açısından önemlidir. İçme sularında nitrit bulunması istenmez. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur. Normal dezenfektanlarla oksidasyonu kolaydır. Bu nedenle nitritli suların dezenfeksiyonuna özen gösterilmelidir. Nitratlara benzer etki gösterir; ancak çok daha tehlikelidir. Septisemiye (kan zehirlenmesi) sebep olur.

Bakır (Cu): Bakır ve bileşikleri yüzeysel sularda bulunabilir. Sudaki bakır, suyun pH, karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağından bulunan bakır miktarından fazladır. Çünkü bakır tuzları, dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalize ederek depolardaki bakteri üremelerinin kontrolünde kullanılır. Bakır, alüminyum ve çinko gibi boruların korozyonunu artırır. Suda litrede 1mg'dan fazla bakır çamaşırlarda leke yapar. Bu değer 5mg/gr olması halinde bakır suya belirgin bir şekilde acı lezzet verir. İnsan metabolizmasında bakır esas elementlerden birisidir. Yetişkinlerin günlük bakır ihtiyacı 2 mg'dır.

Nikel: Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle suya bulaşması kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere atılması bu bulaşmada rol oynar. Belirli su arıtım metotlarıyla nikelin bir kısmı giderilebilir. Bu nedenle işlenmiş sularda, işlenmemiş sulardan daha az bulunur. Günde 2 lt su içildiği dikkate alınırsa normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktarı 10-20µg ı geçmemelidir. Nikel, toksik olmayan bir elementtir. (<http://www.iski.gov.tr>)

Bor (B): Sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularında oldukça yüksek konsantrasyonda bulunur. Bunun dışında boratların deterjan olarak kullanıldığı yerlerde sularındaki bor konsantrasyonu yüksektir. Suda bulunan borun en büyük etkisi tarım üzerinde görülmekle beraber, içme ve kullanma suyunda, su ürünleri üzerinde ve hayvanlar üzerinde de çeşitli zararları saptanmıştır. Bor, meyve ve sebzeler başta olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg vücuda alınır. Su ve yiyeceklerle alınan bor kısa sürede ve tamamen vücut tarafından emilerek birikmeden idrar yoluyla atılır

Demir (Fe): Yeryüzü kabuğunun %5'ini oluşturan demir, suda bulunan yaygın bir kirlenmedir. Suda demir 2 şekilde olabilir. Bunlar, iki değerlikli demir (ferro Fe²⁺) ve üç değerlikli demir (ferri Fe³⁺) dir. İki değerlikli demir genellikle yeraltı sularında bulunur. Değer değişimine uğrayabildiğinden yani suda çözünen demir içeren (Fe²⁺) konumundan çıkıp çözünmeyen demir (Fe³⁺) konumuna gelebildiğinden uzaklaştırılması güç olur. Oksijen ya da bir başka oksitleyici etkenle karşılaşan çözülmüş demir, çözünmez hale geldiğinden çöker ve suda paslı bir renk alır. Bileşiminde demir bulunan demir vanalar, borular, su arıtma donanımı ve suyla çalışan araçlarda arızaya yol açar. Suların litrede 0.3 mg' dan fazla demir içermesi; lezzeti bozar, bazı küçük canlıların oluşumuna ve hızlı çoğalmasına (alg oluşumu) yol açar, çöken hidroksitle beraber boruların tıkanmasına neden olur. Bu nedenlerle sanayide ve günlük gereksinimi karşılamak için uygun değildir.

Florür (F): Suda bulunan florür, miktarına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/lt' dir. Bu değer dışarı için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır. Örneğin; 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/lt florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler (benekler) bıraktığını (fluorosis), 4 mg/lt florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir. Bu nedenle florür miktarının 1,5 mg/lt den fazla olmamasına dikkat edilmelidir.

Arsenik: Çok iyi bilinen bir zehirdir ve doğada sülfür ve oksit halinde bulunur. Arsenat (AsO₄) ve arsenit (AsO₂) arseniğin anyonik bileşikleridir. Ağır bir metal olmasına rağmen suda anyonik haldedir. Doğal suda ender olarak bulunan arsenik, minerallerin çözünmesinden, sanayiden ve pestisitlerden kirlilik olarak suya karışabilir. Suda yüksek miktarlarda bulunması doku bozulmalarına, dolaşım sistemi problemlerine yol açar ve ayrıca kanser riskinin yükselmesine sebep olur. Ayrıca arseniğin suda bulunuş şeklide arıtımı etkiler. Dünya Sağlık Örgütü, (WHO) içme ve kullanma sularında 10µg/lt (ppb) ye kadar arsenik bulunabileceğini, 50ppb den daha yüksek miktarlarda arsenik içeren suların ise kesinlikle kullanılmaması gerektiğini bildirmiştir.

Kadmiyum: Çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır ve toprağa geçerek yeraltı sularına karışabilir. Toksik potansiyele sahip kadmiyumun insanlar için ağız yoluyla akut öldürücü dozu henüz saptanmamıştır. İçme sularında çok düşük oranda bulunan kadmiyumun herhangi bir yan etkisi bildirilmemiştir; ancak galvanize (kadmiyumla kaplı) kaplarda hazırlanan bazı içeceklerin çocuklarda akut etkisi görüldüğü bilinmektedir. (<http://www.iski.gov.tr>)

Siyanür: Çok iyi bilenen zehirlerden biridir. Sudaki canlı yaşamı için son derece tehlikelidir. Sanayi atık sularında veya diğer sularda tespit edilen siyanür, (CN) ortamda bulunan siyanür bileşiklerindeki siyanür grubunun tümünü ifade eder. (Siyanürün 50-60mg/litlik tek dozu insanlar için öldürücüdür. Günde alınan 2,9-4,7 mg siyanür insanlar için zararsız kabul edilir.)

Krom: Krom 6 tuzları kanserojen özelliktedir. Bu nedenle içme sularının krom kirliliğinden korunması gerekir. pH değeri düşük doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Sularda krom bileşiklerinin bulunuşu ancak suyun kirlenmesi sonucunda olabilir.

Kurşun: Toprağın doğal elementlerinden olan kurşun, yaklaşık olarak kilogramda 16 mg bulunur. Dünya üzerinde göl ve nehir sularının ortalama kurşun içeriği ise litrede 1-10µg dır;ancak sulardaki bu değer nadir olmakla beraber endüstriyel bulaşma sonucu daha yüksek de olabilir. Arıtma işleminden sonra suyun dağıtım Şebekesine verilmeden önce bu değer çok düşüktür. Evlere verilen şebeke suyunda ise eğer dağıtım kurşun borularla yapılıyorsa veya kurşunla kaplı depolarda bekletiliyorsa bu miktar daha yüksektir. Kurşun miktarı; özellikle suyun yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarının fazla ve asidik karakterde olması durumunda borularda korozyonun artmasından dolayı daha fazla olur.

Selenyum: Selenyum bileşiklerine doğada nadir rastlanır. Doğal sularda genellikle bulunmaz veya çok az konsantrasyonda bulunur. İçme sularının çoğunda 0.01mg/lit den daha az konsantrasyonlarda selenyum bulunur. Selenyum insanlar ve hayvanlarda vücutta birikerek zehir etkisi gösterir.

Antimon (Sb): Yapı bakımından arseniğe benzer ve fizyolojik etkisi de aynıdır.

Alüminyum (Al): Alüminyum fazlalığı suyun rengini bozar, bulanık mavimsiye görünüme verir. Böbreklerde tahribat yapar.

Sodyum (Na): Gıdalarda ve içme suyunda bulunur. Sağlıkla ilgili önerilen bir sınır değeri yoktur. Ancak 200 mg/litrenin üzerinde hoşta gitmeyen tat oluşur. Tuzluluk hissi verir. Sodyum fazlalığı evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı ve deniz katkısından kaynaklanabilir.

Klorür (Cl⁻): Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Suyu başlıca iki kaynaktan karışır. Bunlardan birincisi topraktan veya yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su karışımları sonucu katılabilir. İkincisi ise idrar ve temizlik sularıdır. Toprakta karışan klorür'ün sağlık açısından bir sakıncası yoktur.

Sülfat: Sülfat, bütün doğal sularda değişen miktarlarda rastlanan bir tuz bileşimidir. Tabiattaki doğal kaynakları jips kaynaklarıdır. Bazı endüstriyel atık suların sülfat konsantrasyonu fazladır ve doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırır. Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirlenici durumundadır. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir. (<http://www.iski.gov.tr>)

5.4.İçme Suyu Analiz Yöntemleri

Fiziksel ve kimyasal analiz teknikleri kullanılarak yukarıda belirtilen içme suyunun bileşenleri aşağıdaki analizler yapılarak değerleri tespit edilir;

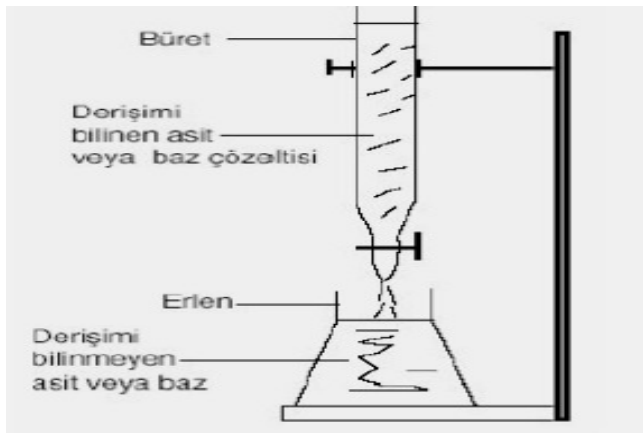
- Renk tespiti(fotometrik)
- Bulanıklık tespiti(fotometrik)
- Koku tespiti(duyusal)
- Lezzet tespiti (duyusal)
- Kondüktivite ölçümü(elektrikle iletkenlik) (elektrokimyasal)
- Klor miktarı ölçülmesi(kolorimetrik)
- Amonyak, nitrat, nitrit araması ile sertlik analizi,(titrasyon) askıdaki katı madde araması, nitrat, flor analizi, ph belirlemesi yapılır. Bu yöntemlerinin her biri aşağıda açıklanmıştır.

5.4.1.Gravimetrik Teknikler

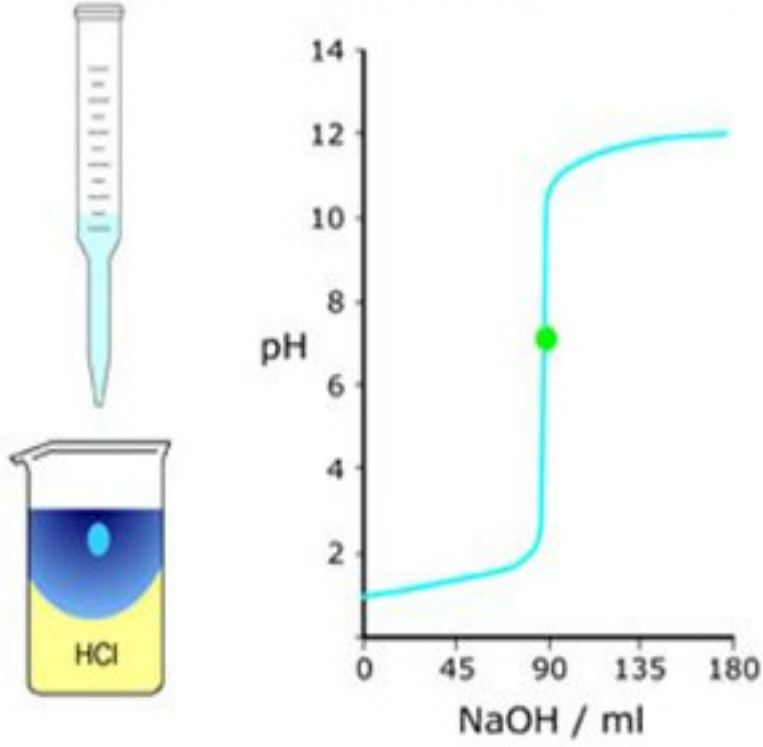
Gravimetrik analizlerde bir çözeltide aranan madde, ayırıcın fazlası eklenerek çöktürülüp ortamdan ayrıldıktan sonra doğrudan ya da dolaylı olarak tartılırken, volumetrik analizde ayırıcın fazlası değil aranan maddeye eşdeğer olan kadarı eklenir.

5.4.2.Titrasyon / Volumetrik Analizler

Volumetrik analizlerde sürekli hacim ölçülür. Volumetri adı da volume (hacim) sözcüğünden ileri gelir. İyi tanımlanmış kimyasal bir reaksiyonun kullanılarak örnekteki belirli miktar madde ile reaksiyona girecek standart solüsyon miktarının belirlenmesi esasına dayanır. 100 ml gibi belirli bir miktardaki numune bir behere veya kaba konur. Büret adı verilen ve kullanılan sıvı miktarını ölçmeye yarayacak dereceli bir tüpe konulan standart solüsyon örnek sıvının üzerine damlatılır. Analizin sonlandırılacağı durum genellikle incelenen sıvının renginde bilinen bir değişimin meydana gelmesidir. Sonlandırma zamanı elektrokimyasal tekniklerle de belirlenebilir. Kullanılan standart solüsyon miktarı bilindiğinde örnek içerisindeki madde miktarı da hesaplanır.



Şekil 10.Bir çözeltideki konsantrasyonu ölçmek için kullanılan "titrasyon" düzeneği



Şekil 11. Ölçümü yapılan sıvının sodyum hidroksit – pH grafiği

5.4.3. Elektrokimyasal Teknikler

Tüm atomların ve moleküllerin dış kısımları elektron tabakalarından oluşmuştur. Kimyasal reaksiyonlar bu elektronlarla ilişki içerisinde meydana gelir. Dolayısı ile gerçekleştirilecek bazı elektriksel ölçümler atom veya moleküllerin kimyasal özellikleri hakkında bilgi verir. Elektrotlar kullanım amaçlarına göre altın, gümüş, platinyum veya bakır gibi metal parçacıklarından üretilirler ve pH elektrotları gibi yarı geçirgen zarlar, dahili elektrotlar ve dolgu sıvıları kullanılarak dizayn edilirler. Doğrudan ölçüm yapmaları büyük bir avantaj sağlamakla birlikte sık olarak kalibrasyona ihtiyaç duymaları dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

5.4.4. Spektrofotometrik ve Kolorimetrik Teknikler

Bu teknikler, bir solüsyonun renk yoğunluğunu ölçerek elde edilen değeri belirli bir maddenin yoğunluğu ile ilişkilendirme prensibine dayanır. Bu tür analizler genel olarak eser elementlerin saptanması için kullanılır ve atomik spektroskopik olarak adlandırılır. Genelde ısıtılarak gaz haline getirilmiş olan örneğin içinden geçirilen belirli özelliğe sahip ışık bir absorbans değeri verir ve elde edilen sonuç sıvı örnekteki eser elementin miktarını yansıtır. Bu yöntem atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) adı verilir. Bu yöntemin en büyük avantajı aynı anda ve lamba değiştirmeye gerek kalmadan çok sayıda elementin analiz edilebilmesidir.

5.4.5.Kromatografi

Renk grafiği veya renk resmi anlamına gelen kromatografi ilk olarak bir kağıt parçasındaki bir nokta üzerindeki farklı renklere ait pigmentleri tespit etmek için kullanılır. Gaz kromatografisi (GC) ve sıvı kromatografisi (IC) gibi çeşitleri uygulanır.

5.4.6.Kütle Spektrometresi

Kütle spektrometresinde (MS) iyonize hale getirilmiş buhar, manyetik veya radyofrekans özellikteki bobinler arasından geçirilerek karışım içindeki iyonlar kütlelerine göre (esas olarak elektriksel yük/kütle oranlarına göre) ayrılır. Sonuçta her madde kendine özgü karakteristik bir örnek oluşturur. Bu örnek, cihazın bilgisayarındaki verilerle karşılaştırılarak tanımlanır.

5.4.7.İmmünolojik Teknikler

İmmünolojik yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanı, enzyme-linked immuno sorbent assay (ELISA) tekniğidir. Kullanıcının yüksek teknik kapasitesine gereksinim duymayan, göreceli olarak ucuz ve duyarlılığı yüksek olan bu yöntemin temel prensibi araştırılacak maddenin daha önceden hazırlanmış standart ortam ile reaksiyona girip renk oluşturmasıdır. Bu yöntem su analizinden daha çok tehlikeli atıkların kontaminasyonunu incelemek için kullanılmaktadır.

6. BÖLÜM

İSTANBUL İÇİN ÖRNEK YAĞMUR SUYU TOPLAMA PROJESİ

6.1.Örnek Proje İçin Yağmur Suyu Debi Hesabı

İstanbul ilinin Bakırköy ilçesinde bulunan üç katlı bir villada kurulması düşünülen çatı yağmur suyu toplama projesi ile yağmur suyundan içme suyu elde edilmek istenmektedir. Bu projeye ait binanın ön kesit görüntüsü aşağıdadır.



Şekil 12.Örnek projeye ait villanın ön cepheden kesit görüntüsü

Çatıya yağacak olan yağmur miktarı çatının yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Hesaplamaya öncelikle çatı alanına yağacak yağmur suyunun debisinin hesaplanması ile başlanılmalıdır. Bu değer aşağıda belirtilen birkaç parametrelere bağlıdır. Bu parametreler şunlardır;

- 1.Binanın bulunduğu il'e göre yağış şiddeti değeri Çizelge 3.den seçilir.
- 2.Akma dağılma katsayısı aşağıdaki Çizelge 5. den çatı eğim tipine göre seçilir.
- 3.Çatı yüzey alanı belirlenir.

Akma Dağılma Katsayıları	
Yüzeyin durumu ve cinsi	ϕ
Çatı (Eğim $\geq 15^\circ$)	1,0
Çatı (Eğim $< 15^\circ$)	0,8
Çakıl dökme çatı	0,5
Bahçe teras	0,3
Yıkama alanları, rampalar	1,0
Kaplama, asfalt, beton yüzeyler	0,9
Plaka ve cürufly yollar	0,6
Kaldırım taşı kaplanmamış yollar, kaldırımlar	0,5
Oyun alanları ve tesisleri	0,25
Ön bahçe, avlu, kuranglez	0,15
Daha büyük bahçeler, arka bahçeler	0,10
Parklar, bostanlar, bahçeler	0,05

Çizelge 5.Akma dağılma katsayısı

Projeden ve çizelgelerden çekilen değerler ile çatı alanına yağacak yıllık yağmur suyunun en yüksek debi değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$Q = \phi \times r \times A$$

$$Q = \text{Debi(Lt/sn)}$$

$$\phi = \text{Yüzeysel akış katsayısı}$$

$$r = \text{Yıllık yağmur şiddeti değeri (Lt/sn} \times \text{m}^2)$$

$$A = \text{Yağış alanı(m}^2)$$

Projede çatı yüzey alanı 628 m² belirtilmiştir. Meteorolojiden aldığımız İstanbul için 10 yıllık yağış şiddeti değerinin ortalaması 0,07975 (Lt/sn×m²) alınmıştır. Villanın çatı yüzeyinin durumu ve cinsi %15 den küçük eğimli çatı olarak tasarlanmıştır. Çizelge 5. den Akma dağılma katsayı değerini ϕ : 0,8 olarak belirlenir. Böylece yıllık hesaplanan yağmur suyu debi değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır ;

$$Q = 0,07975 \text{ (Lt/sn} \times \text{m}^2) \times 628 \text{ (m}^2) \times 0,8$$

$$Q = 40,06 \text{ Lt/sn}$$

6.2.Süzgeç Adeti ve Süzgeç Çapı Hesabı

Ortalama İstanbul'da bir yılda çatıya saniyede yağın yağmur miktarı 40,06 Lt bulunmuştur. Bulunan bu değer ile çatıda biriken yağmur suyunu sarnıca taşıyacak olan yağmur suyu borularının adetini ve boru çaplarının belirlenmesi sağlanır. Bunun için aşağıdaki Çizelge 6. kullanılacaktır.

Süzgeç Başına Boşaltma Kapasitesi	
Süzgeç çıkış çapı (mm)	Maksimum boşaltma kapasitesi (Lt/sn)
50	0,9
70	1,7
100	4,5
125	7
150	8,1

Çizelge 6.Süzgeç başına boşaltma kapasitesi değerleri

Villanın çatısında çıkış çapı 100 mm olan süzgeç kullanılması istenmektedir. Toplam yağış miktarını 40,06 Lt/sn hesaplandığına göre çıkış çapı 100 mm olan süzgeçlerden toplamda;

$40,06 \text{ (Lt/sn)} \div 4,5 \text{ (Lt/sn)} = 8,9$ hesaplanmış olup yukarı yuvarlanması halinde toplamda 9 adet süzgeç konulması gerekmektedir. Süzgeç çıkışlarına 100 mm çapında plastik borular (Pimaş) ile bağlantı yapılır ve yağmur boruları uygun güzergâhtan sarnıcın bulunduğu mahale taşınır. Yağmur boruları sarnıca girmeden önce çatıda bulunabilecek yaprak gibi parçacıkların süzülmesi gerekir. Yataydaki yağmur suyu borularına Hacimli Yaprak Tutucu (şekil 6.) kullanılacaktır. Böylece yağmur suyunun sarnıca girmeden önce yapraklardan süzülmesi sağlanır.

6.3.Binada Tüketilecek İçme Suyu Miktarının Belirlenmesi

Villada toplamda 12 daire bulunmaktadır ve her bir dairede kalan birey sayısı 5 olarak belirlenmiştir. Böylece villada toplamda 60 kişinin yaşadığı hesaplanmıştır. Kişi başı tüketilecek temiz su miktarının da 2,5 Lt/sa×birey olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre villada bir günde tüketilecek su miktarı(Qg) ;

$$Q(g) = 2,5 \text{ (Lt/sa} \times \text{birey)} \times 60 \text{ (kişi)} = 150 \text{ (Lt/sa)} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Bir ayda 30 gün olduğunu varsaydığımız takdirde aylık ihtiyaç duyulan temiz su miktarı (Qa);

$$Q(a) = 150 \text{ (Lt/sa)} \times 30 = 4500 \text{ (Lt/sa)} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

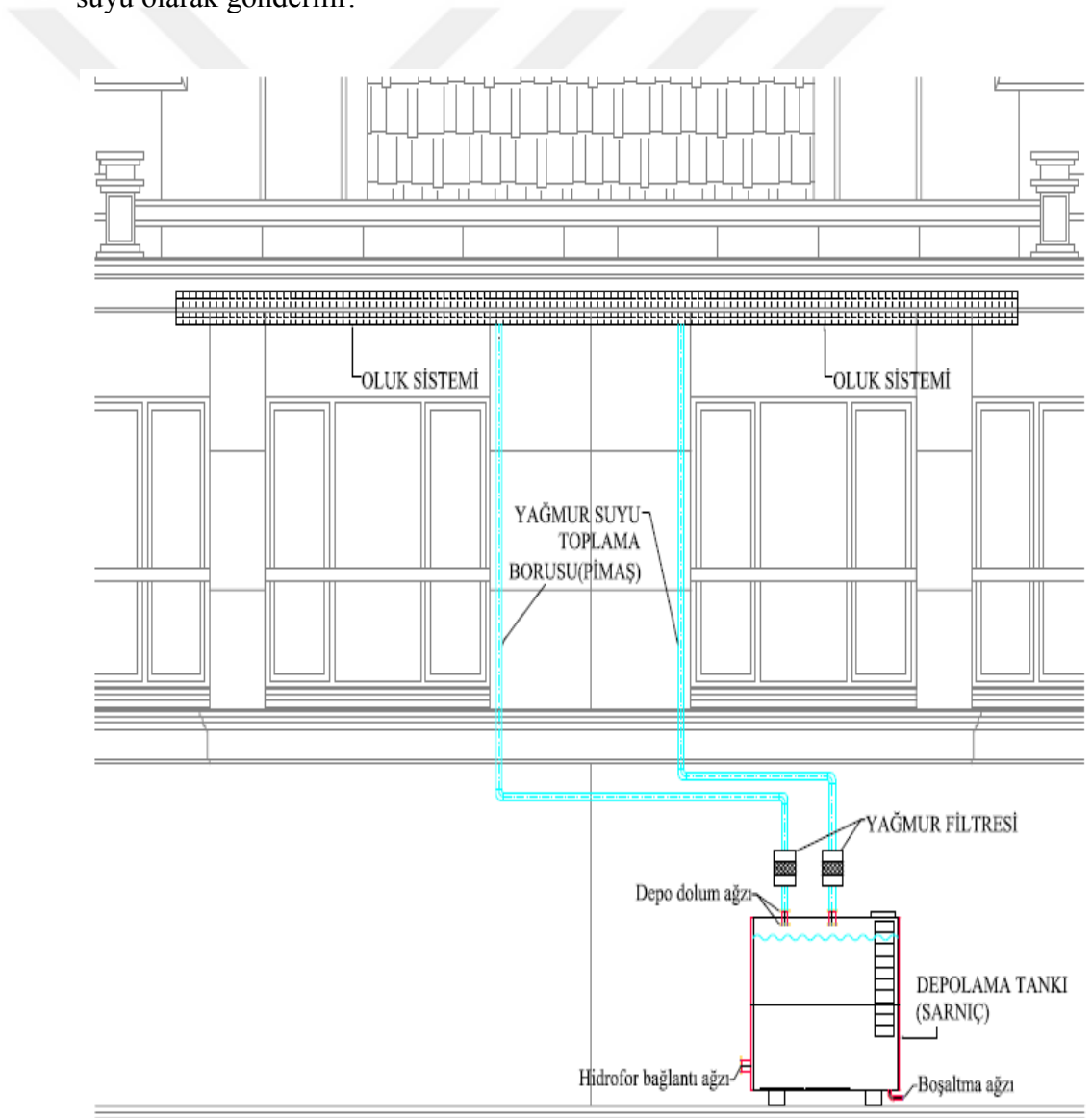
6.4.Sarnıç Kapasitesinin Belirlenmesi

Aylık tüketilecek temiz su miktarı $Q(a) = 4500$ (Lt/sa) şeklinde yukarıda hesaplanmıştır. Çatıya yağacak yıllık yağmur suyu miktarı $Q = 40,06$ (Lt/sn) şeklinde hesaplanmıştır ve biz bu değerini aylık yağacak yağış miktarına dönüştürdüğümüz takdirde;

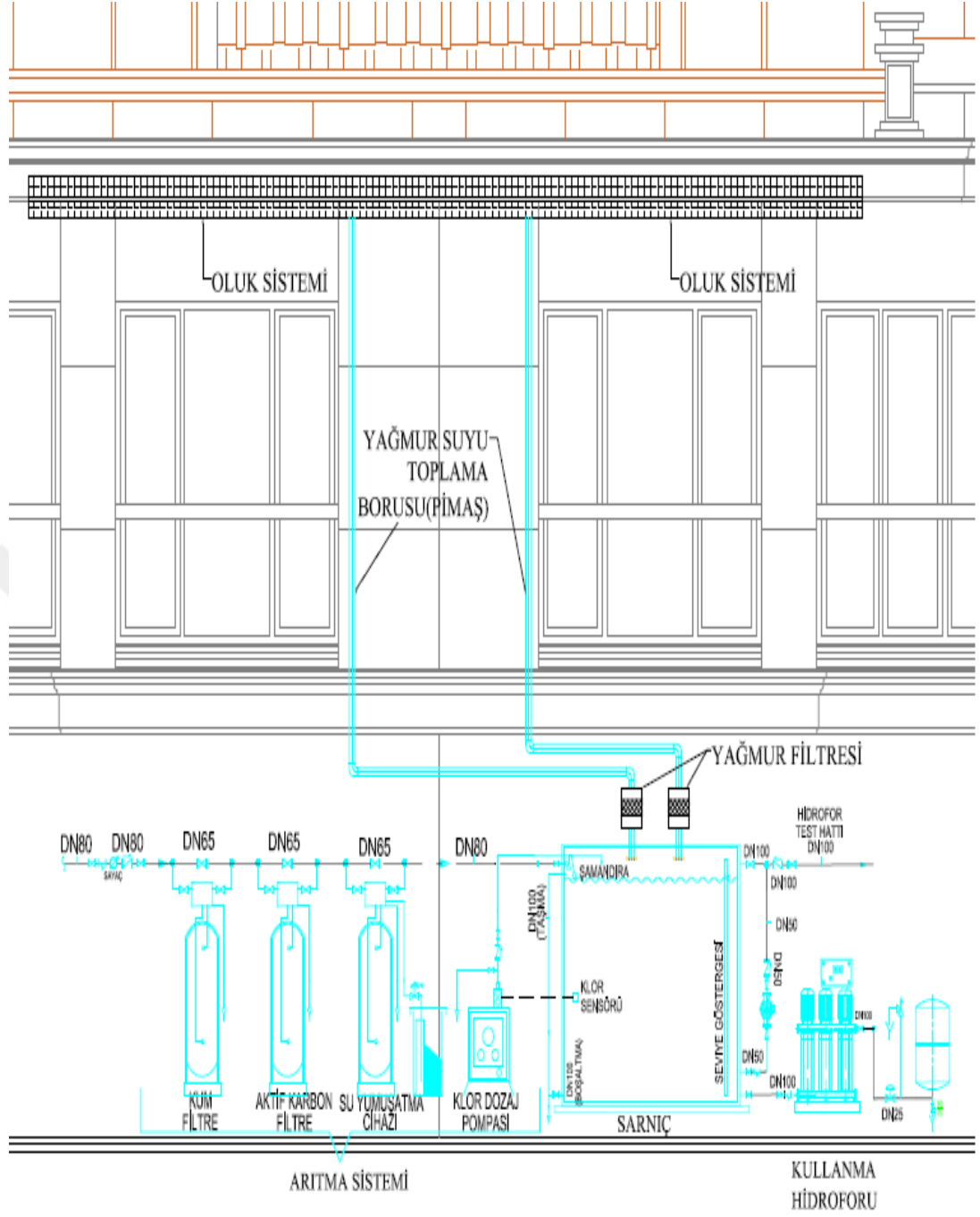
$$Q(\text{ay}) = (40,06 \text{ (Lt/sn)} \div 12) \times 3600 \text{ (sn/sa)} = 12\ 018 \text{ (Lt/sa) olur.}$$

Bu hesaba göre çatı alanımızın %40 lık bölümünden toplayacağımız yağmur suyu bir aylık içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Seçilecek sarnıç kapasitesi 2 aylık su ihtiyacını karşılayacak şekilde 9000 Lt seçilmiştir.

Sarnıçta depolanan yağmur suyu artırılarak fiziksel ve kimyasal değerleri standartlarda belirtilen değerlere getirilir ve İçme suyu standartları sağlanmış olur. Daha sonra katlarda kullanılması için hidrofor yardımıyla dairelere temiz içme suyu olarak gönderilir.



Şekil 13.Örnek projeye ait temel bileşenlerin tasarımı



Şekil 14.Örnek projeye ait sistem tasarımı

7. BÖLÜM

DÜNYADA ÇATIDA YAĞMUR SUYU TOPLAMASINA İLİŞKİN ÖRNEKLER

Bermuda yağmur suyu toplaması konusunda iyi bir örnektir. 1930'lerden bu yana yağmur suyunun toplandığı ülkede toplam su ihtiyacının % 50'si bu yöntemle karşılanmaktadır. Avustralya' da bir milyon kişi bu sistem ile su ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca Güney Avustralya hükümeti yağmur suyunun toplanması konusunda halkı teşvik etmektedir [Karakaya, 2008].

1999 yılında geliştirilen proje ile Berlin'de, yağmur suyunun toplanmasından elde edilen su tuvaletlerde ve bahçe sulamada kullanılmak üzere tüketime sunulmuştur. Proje kapsamında 80 konuta su sağlanmıştır. Yağmursuyu çatılar (7000 m²), parklar (2000m²) ve yollardan (2200 m²) toplanmış ve hacmi 160 m³ olan bir tankta depolanmıştır. Sistem sayesinde yılda 2430 m³ suyun tasarruf edilebileceği hesaplanmıştır. Yine Berlin'de 1998 yılında kurulan sistem ile 19 binanın çatısından (toplam alan 32000 m²) toplanan sular 3500 m³'lük bir tankta depolanmakta ve tuvaletlerde ve bahçe sulamada kullanılmaktadır [Karakaya, 2008].

Bedok Su Projesi kapsamında Sungei Seletar (Singapur) kentinde yağmur suyu 8 ayrı haznede toplanmakta ve Bedok rezervuarına gönderilmektedir. Ayrıca Changi Havaalanı'nda toplanan yağmursuyu yangınla mücadelede ve tuvaletlerde kullanılmaktadır. Su ihtiyacının % 28 ila % 33' ü bu yöntemle karşılanmakta ve yılda 390000 \$ tasarruf elde edilmektedir [Karakaya, 2008].

Yağmursuyu toplaması ile ilgili projeler Japonya'nın Sumida kenti için de geliştirilmiştir. Kentte bulunan Kokugikan Stadyumu'nun çatısından (8400 m²) toplanan sular 1000 m³'lük bir tankta depolanmakta ve sifon suyu, soğutma suyu, sulama suyu olarak ve yangınla mücadelede kullanılmaktadır. Yönetim birimlerinin bulunduğu binanın çatısından (5000 m²) toplanan sular yine 1000 m³'lük bir tankta toplanmakta ve sifon suyu olarak tuvaletlerde kullanılmaktadır. Binada 1998 yılında hasat edilerek tuvaletlerde kullanılan su miktarı 4658 m³'tür. Sistem sayesinde su tüketiminde % 36 oranında tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca mahallelerde Rojison adı verilen ve kapasitesi 3–10 m³ arasında değişen tanklar inşaa edilmiştir. Kentte toplam depo kapasitesi yaklaşık 8200 m³' tür [Karakaya, 2008].

8. BÖLÜM

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Teknolojideki gelişmeler, sanayileşme, doğal kaynakların hızlı tüketimi ve nüfus artışı iklim değişikliğine neden olmuş, dünyadaki yaşamın sürdürülebilir kaynaklarla devamı imkânsız hale gelmiştir. Birleşmiş Milletler 21. yüzyılda adeta sürdürülebilirlik seferberliği ilan etmiştir. Gelecek nesillere sağlıklı bir dünya bırakabilmenin; tüm ülkelerin katkısıyla, doğal kaynakların kullanım kapasitelerini aşmayarak, fakirliğin ortadan kaldırılarak ve hakça bir düzen kurulması ile gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir olması yerküreye yağmur ve kar olarak düşen suyun kullanılması ile mümkündür.

İklim değişikliği yağış rejiminde değişikliğe neden olmuş, yağışlı geçen kış aylarını kısa süreli ve şiddetli yağışlı dönem ve uzun süren sıcak ve yağışsız yaz dönemi izler olmuştur. İklim bilimciler dünyanın insan kaynaklı yeni bir iklim dönemine girdiğini kabul etmektedir. Bu dönemin en belirgin özelliği giderek yaygınlaşan fırtınalar, şiddetli yağışlar, seller, toprak erozyonu ve çölleşmenin genişlemesidir.

Ancak hızlı ve yoğun yağışlar nedeni ile su eğimli arazilerde sel oluşumu ile erozyona neden olmakta ve büyük miktarlarda su ve toprak akarsularla denizlere taşınmaktadır. Yükselen sıcaklıkla çıplak toprak yüzeylerinden hızlı buharlaşma da başka bir su kaybıdır. Yağmur suyu hasadı ile toprağa düşen her damla suyun tutulması ve depolanması hedeflenmektedir. Akiferlerin su ile doldurulması ve toprak yüzeyinin bitkiler ve bunların atıkları ile örtülmesi buharlaşmayı büyük ölçüde azaltabilmektedir. Nüfusun en yoğun olduğu şehirlerde geçirimsiz zeminler nedeni ile su, yaşam alanının dışına taşınmakta ve kullanılmamaktadır. Şehirlerde geçirimli zeminlerin oluşturulması ile suyun toprak altında tutulması, eğimli zeminlerde yapılan düzenlemelerle yavaşlatılarak toprak tarafından emilmesi sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- 1.Kantaroğlu, Ö., “Yüksek Performanslı Binalarda Su Stratejileri” Tesisat Mühendisliği dergisi, Sayı 123 Mayıs-Haziran 2011:34-38, (2011)
- 2.Kantaroğlu, Ö., “Yağmur Suyu Hasadı Plan ve Hesaplama Prensipleri”, IX.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 1147-1150, (2010)
- 3.Birleşmiş Milletler Su İstatistikleri: http://www.unwater.org/statistics_res.html
- 4.TWDB, (Texas Water Development Board) “Texas Guide to Rainwater Harvesting” Second Edition, Austin, 8.,13.,(1997).
- 5.UNEP-IETC.,”Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Asian Countries”, IETC Technical Publication Series 8b, (<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8e/index.asp#1>) (1998)
- 6.IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Climate Change 2007: Sentez Raporu. Erişim tarihi: 25.11.2016. Link: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm
- 7.Lancaster, B. 2008. *Rain Harvesting for Drylands and Beyond Volume 2: Water Harvesting Earthworks*, Rain Source Press, Tucson, Arizona, USA. ISBN: 978-0-9772464-1-0.
- 8.Muluk, Ç.B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan M.A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., Zeydanlı, U. 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi.
- 9.MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 2017. Link: <https://www.mgm.gov.tr>.
- 10.WWAP (World Water Assessment Programme). 2012. Birleşmiş Milletler Dünya Su Gelişim Raporu 4: Risk ve Bilinmezlik Altındaki Su Yönetimi (The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk). Paris, UNESCO.
- 11.Coombes, P., J., Dunstan, H., Spinks, A., Evnas, C., Harrison, T., “Key Messages from a Decade of Water Quality Research into Roof Collected Rainwater Supplies”, *1st National HYDROPOLIS Conference Burswood Convention Centre Perth, Western, Australia*, 5., (2006)

12.Karakaya, N., Gönenç, E. Ğ., “Alternatif Su Kaynakları” *Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Müh. Fak., Çevre Mühendisliği Bölümü, İGEM Portal, Çorlu/Tekirdağ*, 1-8, (2008)

13.Oweis, T., Hachum, A., Bruggeman, A.,. “Indigenous Water - Harvesting System in West Asia and North Africa”, *Mosul University, Mosul (Iraq) ICARDA, Aleppo (Syria)*. ISBN 92-9127-147X:4-20. 74, (2004)

14.OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 2017. Erişim tarihi: 16.11.2016. Link: <http://www.oecd.org/env/outreach/partnership-eu-water-initiative-euwi.htm#EUWI>.

15.UNEP-IETC.,. ”Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Asian Countries”, *IETC Technical Publication Series 8b*, <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/techpublications/techpub-8e/index.asp#1>, (1998)

16.Ferguson, B. (1998). *Introduction to stormwater*. John Wiley & Sons, New York

17.internet”Rainharvesting Systems Ltd.”

18.<http://www.rainharvesting.co.uk/>(2012)

19.<http://www.iski.gov.tr>

20.<http://www.kmcsuaritmasistemleri.com>



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADIVE SOYADI : Muhammet Enes DÜZÜLÜTAŞ
DOĞUM YERİ VE TARİHİ : İSTANBUL / 17.06.1992
MEDENİHALİ : Bekar
E-MAİL : m.enesduzulutas@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Tarih
Lisans	Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik Fakültesi/Makine Müh.	2011-2015
Yüksek Lisans	İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği A.B.D.	2016-Devam ediyor

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2016 -	Sepici Mühendislik	Saha Mühendisi – Mekanik Şantiye Şefi
2015 - 2016	Mekanice Mühendislik	Teknik Ofis - Mekanik Proje Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

HOBİLER

Kişisel; Kitap okumak, yüzmek, fitness
Mesleki; Psikrometri, soğutma tekniği, termodinamik, akışkanlar mekaniği