İSTANBUL İLİNDE ÇATILARA DÜŞEN YAĞMUR SUYUNUN DEPOLANMASI

Aydın GÜLEÇ
201412204

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz TOKMAK

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Enstitüsü
Haziran, 2022

İSTANBUL İLİNDE ÇATILARA DÜŞEN YAĞMUR SUYUNUN DEPOLANMASI

Aydın GÜLEÇ
201412204
ORCID: 0000-0002-7789-6277

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz TOKMAK

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Enstitüsü
Haziran, 2022



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"* ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"* ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Öncelikle Lisansüstü eğitim sürecimde desteklerini, zamanını, bilgi birikimini, sabrını ve yönlendirmelerini hiç esirgemeyen Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yavuz TOKMAK'a, tez sürecinde beni yönlendiren engin bilgileriyle ve tecrübeleriyle eksiklerimi gideren Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cenk GÜNGÖR'e, Lisans ve Lisansüstü derslerimde ve pandemi sürecinde görüşlerini ve öğretilerini benden esirgemeyen Hocam Sayın Doç. Dr. Seyit ÇERİBAŞI'ya sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Aydın GÜLEÇ

Haziran 2022

ÖZ

İSTANBUL İLİNDE ÇATILARA DÜŞEN YAĞMUR SUYUNUN DEPOLANMASI

Aydın GÜLEÇ
Yüksek Lisans Tezi
Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz TOKMAK
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022

Küresel ısınmanın ve iklim çeşitliliğinin değişmeye başlamasının su kaynakları üzerindeki en önemli etkisi giderek kaynakların kendini yenilemesinin giderek azalmasıdır. Türkiye ve İstanbul ili içinde su kaynaklarının yakın gelecekte beklenenden fazla azalacağı öngörülmektedir. Böyle bir su kıtlığının olması durumunda, içilebilen su kaynaklarının büyük ölçüde yok olacağı anlamına gelmektedir. Fakat çeşitli yöntemlerle kullanılan kaynakların üzerindeki baskıların azaltılması mümkündür. İçme suyunun ve bina kullanımındaki suların kaynakları açısından, yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımı kaynakların tasarrufu açısından en yaygın yöntemlerdir. Bu çalışmada İstanbul ili için yağmur suyu hasadı yönteminin uygunluğu ve gri su yöntemiyle arıtılabilen su yüzdesi araştırılmıştır. Bu araştırma kapsamında yağmur suyunun hasadı yöntemi uygulandığında, İstanbul ili için ortalama barajlardan ve kullanılmak üzere arıtma tesislerinden çekilen miktarın çatılardan ne kadar oranda tasarruf yapılabileceği hesaplanmıştır. Bu konuda karar verilebilmesi için İstanbul ili için il bazında potansiyel su miktarı verileri kullanılmıştır. Hesaplamalara göre çatılardaki yağmur suyu hasadının yıllık ihtiyacın 20,7 günü çatılardan yağmur suyu hasadı yapılarak kaynak sularından tasarruf edilebileceği ve tek ve dört katlı yapılarda 5 ile 15 tonluk depo sistemi kurulmasının yeterli olacağı hesaplanmıştır. Aynı çatı düzenine ve her katta aynı kişi sayısına sahip tek katlı binalarda %41, dört katlı binalarda ise %11 su tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yağmur Suyu, Gri Su, İstanbul, Depolama, Çatı, Yeşil Yapılar

ABSTRACT

STORAGE OF FALLING RAIN WATER ON ROOFS IN ISTANBUL

Aydın GÜLEÇ
Master Thesis
Department of Structures and Earthquake Engineering
Structures and Earthquake Engineering Programme
Thesis Advisor: Dr.Lct, Yavuz TOKMAK
Maltepe University Graduate School, 2020

The most important impact of global warming and changing climate variability on water resources is the gradual decline in their ability to replenish themselves. Water resources in Turkey and Istanbul are predicted to decrease more than expected soon. In the event of such a water shortage, this would mean that potable water resources would largely get destroyed. But in the event of such a case, it is possible to decrease the pressure on the resources using various methods. In terms of sources of drinking water and water in the use of buildings, rainwater harvesting, and the use of gray water are the most common ways to save resources. In this study, we have investigated the suitability of the rainwater harvesting method for Istanbul province and the percentage of water that can be treated with the gray water method. Within the scope of this research, when the rainwater harvesting method is carried out, it has been calculated how much savings can be made from the average dams for Istanbul and the amount withdrawn from the treatment plants for use. In order to decide on this issue, we used potential water quantity data for Istanbul province on a regional basis. According to the calculations, it has been calculated that the annual need for rainwater harvesting on the roofs can be saved by harvesting rainwater from the roofs for 20.7 days and it will be sufficient to establish a storage system of 5 to 15 tons in single and four-floors buildings. It has been calculated that 41% water savings can be achieved for single floor buildings and 11% for four-floors buildings with the same roof layout and the same number of people on each floor.

Keywords: Rain Water, Gray Water, Istanbul, Storage, Roof, Green Buildings

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ..... **ii**
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ..... **iii**
TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZ ..... **v**
ABSTRACT ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **xi**
DENKLEM LİSTESİ ..... **xii**
KISALTMALAR ..... **xiii**
ÖZGEÇMİŞ ..... **xv**
BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**

1.1.Amaç **2**
1.2.Önem **2**
1.3.Sınırlılıklar **2**
1.4.Dünya Genelinde ve Türkiye'de Su Kaynaklarının Durumu **2**

1.4.1.Dünya'da Su Kaynaklarının Durumu 2
1.4.2.Küresel Olarak Su Kıtlığı ve Tüketimi 4
1.4.3.Türkiye'de Su Potansiyeli ve Dağılımı 5

1.4.3.1.Suyun Sektörlere Göre Kullanımı 7

1.4.4.İstanbul'da Su Tüketimi ve Temini 8

1.5.Gri (Greywater) Su ve Yağmur Suyu Kullanımı ile Hasadı **9**

1.5.1.Gri Su Kullanımı ve Hasadı 9
1.5.2.Yağmur Suyu Kullanımı ve Hasadı 11

1.5.2.1.Yağmur Suyu Kullanımı 11
1.5.2.2.Yağmur Suyu Hasadı 12

1.5.3.Yağmur Suyunun Depolama Yöntemleri 14

1.5.3.1.Sarnıç Yöntemi 14
1.5.3.2.Tank (Depo) Yöntemi 16

BÖLÜM 2. YAPILARDA YAĞMUR SUYUNUN SINIFLANDIRILMASI, KULLANIM YÖNTEMLERİ VE HESAPLAMALARI **18**

2.1.Köppen İklim Sınıflandırması **18**

2.1.1.A Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri 19
2.1.2.B Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri 19
2.1.3.C Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri 20
2.1.4.D Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri 21

2.2.Yeşil Binalarda için Yağmur Suları ve Diğer Yönleriyle LEED ve BREEAM Sertifikaları **23**

2.2.1.LEED Sertifikası 24
2.2.2.BREEAM Sertifikası 27

2.2.3.LEED ve BREEAM Sertifikalarının Benzerlik ve Farklılıkları 27
2.3.İstanbul'da Bulunan Başlıca Yeşil Yapılar 29
2.3.1.Kanyon ALIŞVERİŞ MERKEZİ 29
2.3.2.Anthill Rezidans 30
2.3.3.Armani Binası 31
2.3.4.Greenox Rezidans 32
2.3.5.Galataport 33
2.4.Çatılarda Yağmur Suyu Kullanım Yöntem ve Hesaplamaları 34
2.4.1.Çatılardan Yağmur Suyunun Depolama Yöntemi 34
2.4.1.1.Yağmur Suyu için Olan Depo Sisteminin Yerin Altında Olması 34
2.4.1.2.Yağmur Suyu için Olan Depo Sisteminin Yapının Dışında Olması 35
2.4.2.Çatılarda Yağmur Suyunun Hasadı ve Depolanma Hesabı 35
BÖLÜM 3. İSTANBUL İÇİNDE TEK KATLI VE DÖRT KATLI ÖRNEK HESAPLAMALAR İLE YAĞMUR SUYU Hasadı ve Gri Su HESABI 38
3.1.İstanbul'da Tek Kat ve Dört Katlı Yapılar için Örnek Çalışma 38
3.1.1.İstanbul için Yıllık Ortalama Gri Su Kullanım Hakkında Bilgiler 38
3.1.2.Yağmur Suyu için Örnek Çalışmalar için Bilgiler 38
3.1.2.1.İstanbul için Tek Katlı Yapının Yağmur Suyu ve Gerekli Deponun Hesabı 39
3.1.2.2.İstanbul için Dört Katlı Yapının Yağmur Suyu ve Gerekli Deponun Hesabı 40
3.2.İstanbul Genelinde Yaklaşık Yağmur Suyu Hasadı 41
BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 43
KAYNAKÇA 44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. *Buharlaşıp Yağmur Suyuna Dönüşen Döngü (1)* 3

Şekil 2.*Dünya Genelinde Su Kullanım Alanlarının Oranı (3)* 4

Şekil 3. *Türkiye'deki Başlıca Havzaların Yıllık Yağış Miktarları Ve İklim Analiz Hesabı* 6

Şekil 4.*Sektörlere Göre Suyun Kullanımı 2003 Ve 2030 Tahmini Miktarı (6)* 7

Şekil 5.*Barajlar, Regülatörler ve Kuyulardan Alınan Toplam Su Değerleri (7)* 8

Şekil 6. *İstanbul'a Su Aktarılan Barajların Doluluk Oranları (7)* 9

Şekil 7. *İstanbul'da ve Türkiye Genelinde Gri Su Kullanım Oranları (8)* 9

Şekil 8. *Yağmur ve Gri Suların Arıtma Yollarının Karşılaştırılması (8)* 11

Şekil 9. *Yağmur Sularının Eski Zamanlardaki Sarnıç Sistemi ile Depolama Yeri*..... 15

Şekil 10. *Binalarda Uygulanan Sarnıç Sisteminin İşleyiş Şeması* 15

Şekil 11. *Yer Üstü ve Yer Altı Depolama Sistemleri* 16

Şekil 12. *Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*..... 23

Şekil 13. *İstanbul İli için Aylık Yağış Miktarı Grafiği ve Yıllık Yağış Miktarı (8)*..... 23

Şekil 14. *LEED Sertifika Puanlama Sistemi* 26

Şekil 15. *Kanyon ALIŞVERİŞ MERKEZİ Bilgileri*..... 29

Şekil 16. *Anthill Rezidans Bilgileri* 30

Şekil 17.*Armani Binası Bilgileri* 31

Şekil 18. *Greenox Rezidans Bilgileri* 32

Şekil 19. *Galataport İstanbul Kuş Bakışı Görüntüsü*..... 33

Şekil 20. *Yeraltı Deposu için Yağmur Suyu Hasadı Sistem Adımları* 34

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye'nin Su Kaynaklarının Kullanım ve Durum Raporu (6)..... 6

Tablo 2. Türkiye'de Suyun Kullanılan Yaklaşık Değerlerle Alan Durum Potansiyeli (6) 7

Tablo 3. BREEAM Sertifikası Değerlendirmeleri 27

Tablo 4. Çatının Dış Malzemesine Göre Çatı Katsayıları..... 36

Tablo 5. İstanbul'da Tek Katlı ve Dört Katlı Yapının Analiz Sonucudur. 41

Tablo 6. Tek ve Dört Katlı Binanın Yaklaşık Tasarruf Yüzdeleri. 41

DENKLEM LİSTESİ

Denklem 1.ER*: Toplam yağmur suyu hasadı yıllık(m³=l/a) (11)* 36

Denklem 2.*V: Yağmur suyu için yeterli olan depo kapasitesi (L),* 36

KISALTMALAR

T : Yıllık Ortalama Sıcaklık

P : Yıllık Toplam Yağış

r : Limit Değer

Tsoğuk : En soğuk ay Ortalama Sıcaklık

Tsıcak : En sıcak ay Ortalama Sıcaklık

Ps (Yaz Ayları) : Nisan-Eylül 6 ay

Psmin : Yaz aylarındaki en düşük yağış

Pwmin : Kış aylarındaki en düşük yağış

Psmax : Yaz aylarındaki en yüksek yağış

Pwmax : Kış aylarındaki en yüksek yağış

YÖK : Yüksek Öğretim Kurulu

DIN : Deutsches Institut für Normung (Alman standartı)

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)

BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi)

USGBC : US Green Building Council (Amerikan Yeşil Binalar Konseyi)

BEST : Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım

DGNB : Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen/Alman Sürdürülebilir Bina Sertifikası

IISBE : International Initiative for Sustainable Built Environment (Sürdürülebilir Yapılı Çevre için Uluslararası Girişim)

CASBEE : Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency (Çevresel Verimliliğin Oluşturulması için Kapsamlı Değerlendirme)

ÖZGEÇMİŞ

Aydın Güleç

Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	Yıl	Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı
Y.Ls.	2020	Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Ls.	2018	Maltepe Üniversitesi, İnşaat Fakültesi (İngilizce) İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2020 -21	*Mühendislik Danışmanı, Ünüvar Mühendislik*

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	*Kurum*
2018- Üye:	TMMOB/İnşaat Mühendisleri odası

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Son dönemlerde insan nüfusunun artmasıyla birlikte su ihtiyacı ve kullanım çok hızlı artmıştır. Nüfus artışının tetiklediği kentleşmeyle birlikte yapıların sayısı artmış ve büyük şehirlerde su kıtlığı sorunu ortaya çıkmıştır. İklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklığın da katkısıyla ileride kıtığın daha çok artacağı öngörülmektedir.

Suyun insanlığın ve Dünya'da yaşayan canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için en önemli yaşam kaynağı olduğu düşünüldüğünde, su kullanımının kontrol altına alınarak israfın engellenmemesi su kıtlığı problemine katkıda bulunacaktır.

Dünya genelinde ve Türkiye'de su israfının önüne geçilmesi için gerekli olan özveri ve önem gösterilmemektedir. İnsanların son zamanlarda daha çok evde kalması su tüketiminin artmasıyla paralel olarak israfın da çok arttığı gözlenmektedir. Bunun için de yeterince çalışma yapılmamaktadır.

Ülkemizde sanayi ve endüstrinin gelişmekte olduğu, tarımsal faaliyetlerin uzaklaşarak, kırsal bölgelerin yapılaşmayla dolduğu şehirlerde su teminine daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilinçsiz kaynak sularının tüketiminden dolayı dünya genelinde su sıkıntısı çekmeye başlamaktadır ve bunun için yeterince önem verilmemekte ve önlem alınmamaktadır. İçme suyu kaynaklarının sınırlı olmasından dolayı gerekli önlemler alınmalı ve gün geçtikçe artmakta olan su sıkıntısına biraz da olsa çözüm bulunmalıdır.

Bu çalışmada dünya genelinde ve Türkiye ve İstanbul ili için su kaynaklarının potansiyeli ve durumuna, Gri su ve yağmur sularının kullanımı, hasadı ve hesap yöntemlerine, Yapılarda yağmur suyunun Köppen iklim sınıflandırmasıyla yağış türlerine ve miktarının hesaplanmasına, Dünya genelinde kullanılan ve Türkiye'de başlıca kullanılan yeşil bina sertifikası olan LEED ve BREEAM sertifikasına ve bu sertifikaya sahip Türkiye'deki başlıca yapılara, İstanbul ili içerisinde tek katlı ve 4 katlı yapıların yağmur sularının hasadı ve tasarrufuna ve İstanbul ili için genel yapı oturumuna göre ne kadar su tasarrufu edilebileceğine değinilmiştir.

1.1.Amaç

İstanbul'da çatılara düşen yağmur suyunun hasadının hesaplanması ve il genelinde çatılara düşen yağmur suyunu depolayıp veya arıtılmasına olanak sağlanması durumunda barajlardan çekilen temiz sudan ne kadar tasarruf edebileceği amaçlanmıştır.

1.2.Önem

Dünya genelinde su kıtlığının ortaya çıkmasıyla beraber, insanlar çeşitli su elde etme yolları aramaktadırlar. Bu yolların en önemlisi yağmur suyu hasadı olarak bilinmektedir. Bu çalışmada çatılardaki yağmur sularının hasadıyla İstanbul ili için barajlardan ve regülatörlerden çekilen sulardan ne kadar tasarruf edilebileceği hesaplanılacaktır. Tez çalışmasının bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.3.Sınırlılıklar

Bu çalışmada; Köppen iklim sınıflandırılmasının kullanımı, LEED ve BREEAM yeşil bina sertifikalarının kullanımı, Küresel yağmur suyu hesabının kullanımı ve TUIK bilgileriyle yola çıkarak bilgiler sınırlandırılmıştır.

1.4.Dünya Genelinde ve Türkiye'de Su Kaynaklarının Durumu

1.4.1.Dünya'da Su Kaynaklarının Durumu

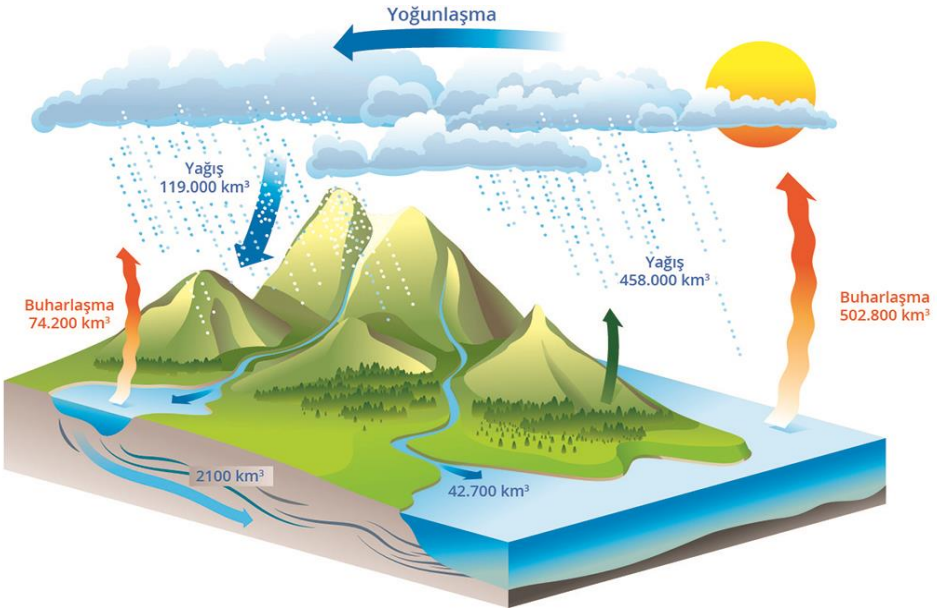
Dünya'nın toplam yüz ölçümünün %75'i sularla çevrili olsa da içilebilir su kullanımına insan sayısının bu kadar hızlı artmasına karşı uygun kaynaklar oldukça sınırlıdır.

Yaşamını su ile sürdüren insan, diğer canlı türleri ve bitkiler dahil olmak üzere bütün yerüstü varlıkların hayatlarını sürdürebilmesi için gerekli olan suyun göl, akarsu ve yer altında bulunan sularla ihtiyaçlarını karşılarlar. Bütün bu su topluluklarının oluşturduğu genel isim ise "havza" olarak bilinir ve hidrolojik açıdan büyük önem teşkil etmektedir.

Dünya'da yaklaşık 1.385 kilometre çapındaki kürenin hacmine karşılık gelecek kadar su vardır. Gezegende suyun %96,5'i denizlerde, geri kalanı ise su buharı şeklinde

okyanuslarda, göllerde, nehirlerde, atmosferde ve buzullarda bulunmaktadır. Fakat yaşayan varlıkların da tatlı suya ihtiyacı olduğundan dolayı Dünya'nın sadece %2,5'ini tatlı su oluşturmaktadır. Dünya nüfusunun %18'i ise bu tatlı sulara ulaşamamaktadır. (1)

Dünyada temiz su kaynağı olarak temin edilen yer altı suyun buharlaşma yoluyla gaz haline geldikten sonra yoğunlaşıp yağmur olarak dünya yüzeyine düşmesi bir kısmının tekrar yeraltı sularına karışması ve yüzeye çıkarak bu döngüye tekrar yağmur suyuna dönüşmesiyle oluşan bir sistem mevcuttur. Bu sistemde yaklaşık olarak hesaplanmış yıllık bu döngüdeki su miktarı 577.000 km^3 su kendini tekrarlamaktadır.



Şekil 1. *Buharlaşıp Yağmur Suyuna Dönüşen Döngü (1)*

Bu döngü dünya genelinde aynı sırayla olsa da her ülkeye aynı miktarda yağmur suyu düşmemektedir. Bu nedenle Afrika gibi ülkeler su kıtlığı çekmektedir. Ülkeler yaşam suyuna göre derecelendirmek gerektiğinde elde edilen yıllık bir kişiye düşen su miktarı 7600 m^3'tür. Yıllık bir kişinin kullandığı su miktarı ise 800 m^3 civarındadır. (2)

Dünya üzerinde tatlı suların toplam su oranının küçük bir kısmını karşıladığını bilindiğine göre kullanılan suların çoğunluğu tarımsal alanda kullanılmaktır. Tarımsal alan dışında evsel ve endüstriyel alanda kullanılmaktadır.

Dünya genelinde yaklaşık %1 işlenmiş kapaklı su bulunmaktadır. Tarım amaçlı kullanılan suyun da toplam suyun %69'unun olduğu bilinmektedir ve bu tarım amaçlı

kullanılan suyun yüksek oranda bilinçsiz kullanıldığından dolayı verimliliği düşmektedir.



Şekil 2.*Dünya Genelinde Su Kullanım Alanlarının Oranı (3)*

Dünya çapında kişi başına düşen tatlı su miktarı her ülkede aynı olmamakla birlikte Dünya'nın en kurak bölgelerinde hala su kıtlığı yaşanmaya devam etmektedir.

1.4.2.Küresel Olarak Su Kıtlığı ve Tüketimi

Dünya nüfusu neredeyse sekiz milyar sayıya ulaşmaktadır. Tahmini iki milyar insan tatlı su kıtlığı sorunu teşkil eden farklı ülkelerde yaşamaktadır. Gitgide büyüyen sanayi ve inşaat sektörlerinin çevreye verdiği zararla insanların düşüncesizce davranışlarının sonucu olan küresel ısınmayla su kıtlığı sorunu güç geçtikçe artmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde sorunun çözümü daha da zorlaşacaktır.

Birleşmiş Milletlerin geçtiğimiz mart ayında çevrimiçi olarak yayınladığı rapor bilgilerine göre, küresel tatlı su kullanımı son 100 yılda hızlı bir artış göstererek 6 kat arttığı, artan bu yoğun nüfusla ekonomik kalkınma, değişmekte olan tatlı suyun kullanım dallarının doğrultusunda yaklaşık %1 oranında genişlemeye devam etmektedir. (4)

Küresel sistemin gösterdiği etkiler göz önüne alındığında yeryüzünün 2030 yılına kadar yüzde kırk oranında küresel tatlı su kıtlığının artacağını (su ihtiyacının artacağını) öngören bir rapor yazılmıştır. Bu raporda son yüz yılda doğal yollarla elde edilen yağmur sularından ve yeraltı kaynaklarından yaklaşık yarısını kaybettiği

gösterilmiştir. Bu tatlı su alanlarının kayıp oranının, Yeşil (Orman) alanlarından üç kat daha fazla olduğu gösterilmektedir.

Su kıtlığının temel sebeplerinden olan bilinçsiz tarımsal su kullanımı, küresel ısınma, nüfus artışı ve çevre kirliliği başlıca sebepleri arasındadır. Bu rapora göre 1999-2015 arasındaki yıllarda kuralık, doğal sirkülasyonla oluşmuş afetlerin yüzde beşini oluşturmuş ve bir milyar insanı etkileyerek 22 bin kişinin vefatıyla sonuçlanmıştır. (4)

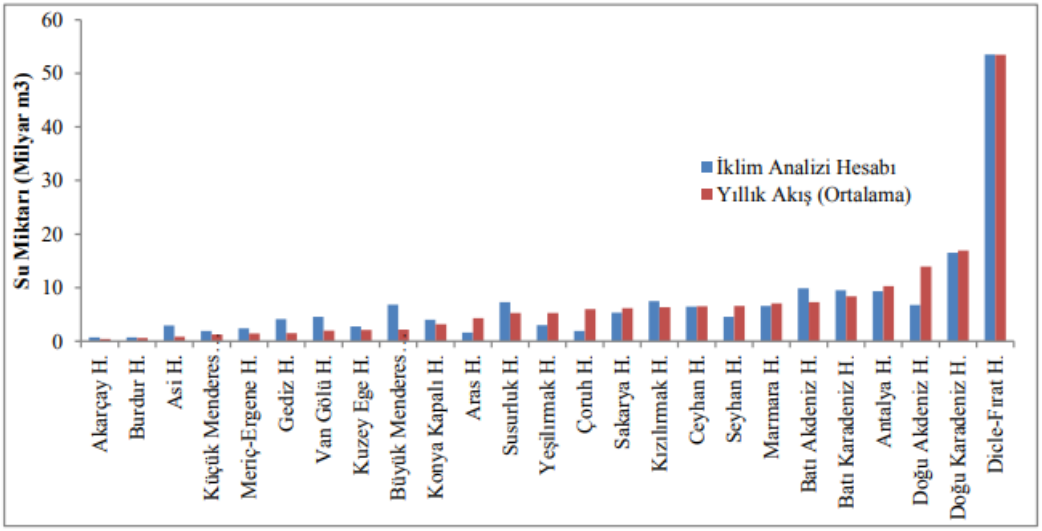
1.4.3.Türkiye'de Su Potansiyeli ve Dağılımı

Türkiye son yıllarda göç ve sanayileşmenin artmasıyla, ekonominin ve nüfus artışının etkisiyle ne kadar üç bir yanı su ile çevrili olsa da su kıtlığı sayılan ülkeler arasına girmiş ve girme sınırındadır.

2017 yılında hesaplanan kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.385.92 m^3 su miktarı ile "su fakiri" bir millet olarak kabul görülmektedir ve "su fakiri" sayılan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye İstatistikler Kurumu, Türk nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. (5)

Türkiye'ye yıllık düşen ortalama yağmur yağış miktarı 574 mm'dir. Bu denli bir yağış miktarı dünya genelinde genel ortalamanın altındadır ve yıllık ortalama 450 milyar m^3 suya denk gelmektedir

Hesaplanan bu değerin yarısından fazlası (274 milyar m^3) atmosferde buharlaşırken, 60 milyar m^3'ü yurt içindeki nehirlerden ve 3 milyar m^3'ü komşu ülkelerden doğan nehirlerden elde edilmektedir. 18 milyar m^3'lük çekilebilir su miktarının da eklenmesiyle Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli miktarı 112 milyar m^3 olarak hesaplanmaktadır. (6)



Şekil 3. *Türkiye'deki Başlıca Havzaların Yıllık Yağış Miktarları Ve İklim Analiz Hesabı*

Türkiye'de genel olarak belirlenmiş 25 ana havza vardır. Bu havzaların üzerine düşen yağmur, kar, çiğ gibi su birikmesine yardımcı olan doğa olayları havzaların çoğunluğunu doldurmaktadır. Ana havzalarımızın önde gelenleri arasında Antalya, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Dicle havzaları gelmektedir.

Tablo 1. Türkiye'nin Su Kaynaklarının Kullanım ve Durum Raporu (6)

SU KAYNAKLARININ POTANSİYELİ VE DURUMU		
Yıllık Ortalama Yağış	574	mm/yıl
Türkiye'nin Yüzölçümü	783.577	km^2
Yıllık Yağış Miktarı	450	milyarm^3
Yüzey Suyu		
Yıllık Yüzey Akışı	186	$milyar\ m^3$
Kullanılabilir Yüzey Suyu	94	$milyar\ m^3$
Yer Altı Suyu		
Yıllık Çekilebilir Su Miktarı	18	$milyar\ m^3$
Toplam Kullanılabilir Su (Net)	112	$milyar\ m^3$
Gelişme Durumu		
Sulama Suyu	44	$milyar\ m^3$
İçme Kullanma ve Sanayi Suyu	13	$milyar\ m^3$
Toplam Kullanılabilir Su	57	$milyar\ m^3$

1.4.3.1.Suyun Sektörlere Göre Kullanımı

Türkiye'de sektörlere göre su kullanımı araştırıldığında, sektörde en yoğun su tüketiminin olduğu yer tarım alanı olduğu görülmektedir. Bu hem Türkiye'nin zengin iklim ve bitki örtüsüyle beraber etrafı arıtılabilir deniz suyla çevrili olmasından dolayı su tüketiminin en çok tarımsal alanda kullanıldığı anlaşılmıştır.

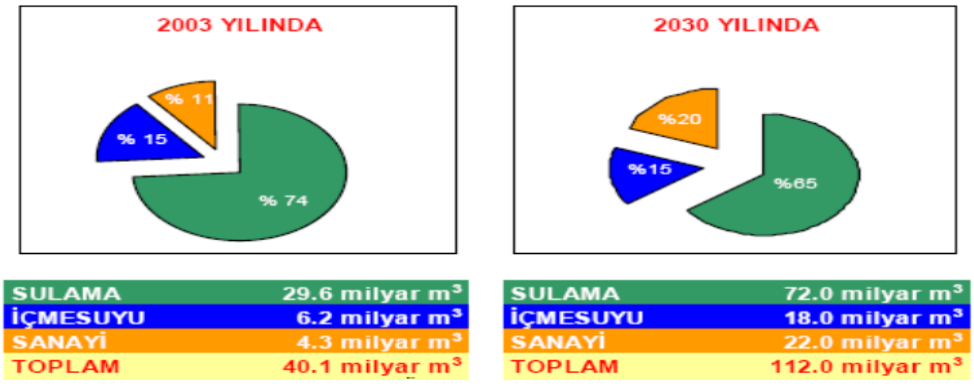
Tarım ile ilgili faaliyetlerde su kullanımının gereğinden fazla miktarda, organik tarımdan ve ilaçsız tarımdan uzak, kimyasallar içeriği yüksek olup kirliliğe yol açan, atık suların ekosistemi bozan kimyasallar içerdiğinden dolayı gereksiz su kullanımının artmasına sebep olmuştur.

Tablo 2. Türkiye'de Suyun Kullanılan Yaklaşık Değerlerle Alan Durum Potansiyeli (6)

	2012
Tarım Alanı (milyon ha)	28,05
Sulanabilir Alan (milyon ha)	25,85
Ekonomik Olarak Sulanabilir Alan (milyon ha)	8,5
Sulamaya Açık Alan (milyon ha)	5,5

Türkiye'nin toplam arazisinin %30,8'ini tarım alanlarının sulanan alanı olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de sulama, kırsal alanların kalkınmasında büyük önem teşkil etmektedir.

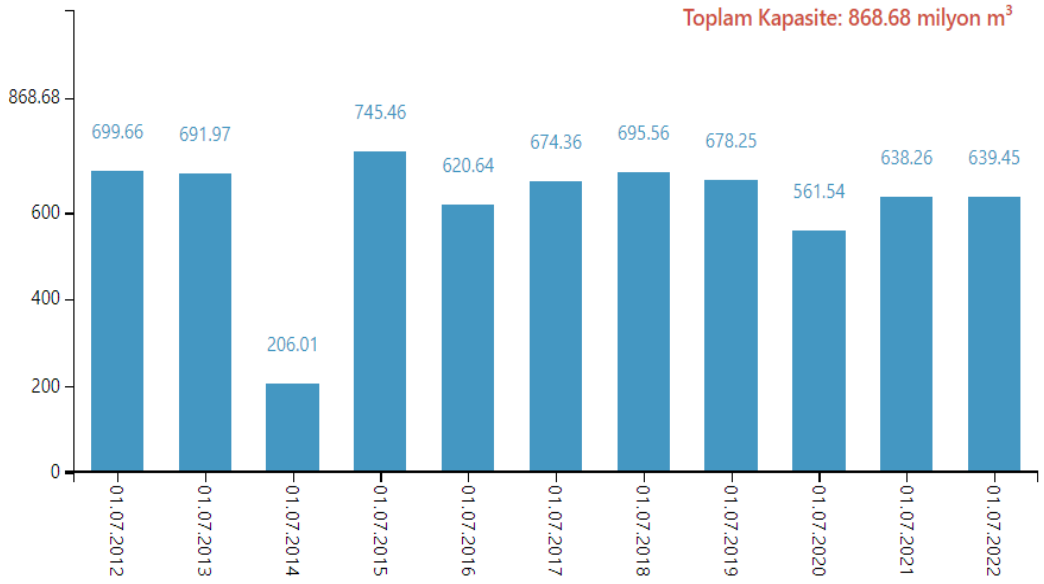
Türkiye'de araştırmalara göre (6) tarımsal sulama faaliyetlerinde su israfı yapıldığı gözükmektedir. Tarımsal alanlarda toprakların kontrollü sulanmadığından dolayı Türkiye'de su israfının önüne geçilememektedir. Kontrollü tarım sulamanın su israfını önlediği görülmektedir.



Şekil 4.*Sektörlere Göre Suyun Kullanımı 2003 Ve 2030 Tahmini Miktarı (6)*

1.4.4.İstanbul'da Su Tüketimi ve Temini

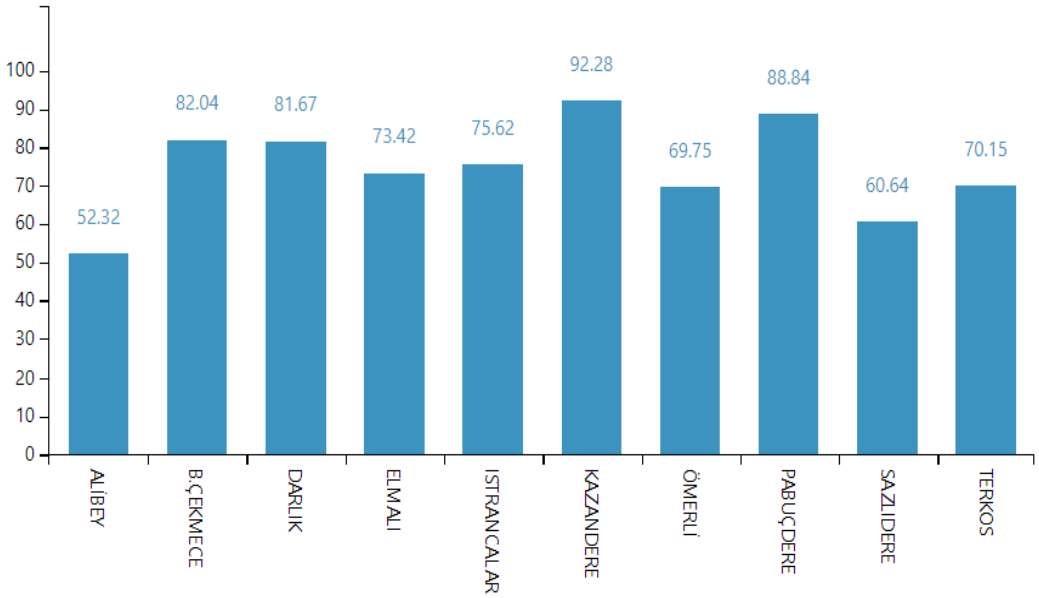
İstanbul Türkiye'nin en çok su kullanılan ve israf edilen şehirlerinden biri olarak görülmektedir. Burada 2021 yılı içerisindeki en yüksek günlük su tüketimi 3 milyon 404 bin m^3'dür. (7) Kente su sağlayan baraj ve göletlerde toplamda 868 milyon 683 bin m^3su depolama hacmine sahipken bu su miktarı 22 Haziran 2022 itibari ile 639 milyon 45 bin m^3 olarak ölçülmektedir. Bu tarihteki ölçümde barajların doluluk oranları yaklaşık olarak %73,6 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.*Barajlar, Regülatörler ve Kuyulardan Alınan Toplam Su Değerleri (7)*

İstanbul'a su temini yapan barajların bazıları: Ömerli, Pabuçdere, Sazlıdere, Büyük Çekmece, Alibey, Terkos, Kazandere, Elmalı, Darlık, Istırancalar, Düzendere, Kuzuludere, Büyükdere, Sultanbahçedere, Yeşilçay ve Melen Barajlarıdır. (7)

Metrekareye düşen yağış miktarı 300,12 kilogram olarak tespit edilmektedir.

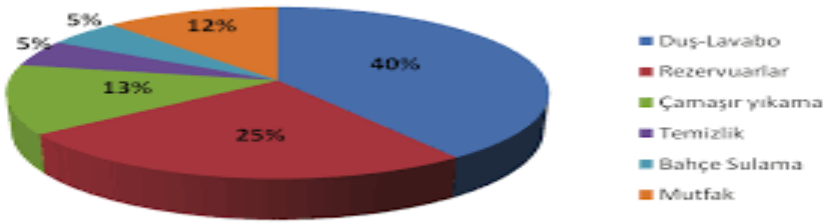


Şekil 6. *İstanbul'a Su Aktarılan Barajların Doluluk Oranları (7)*

1.5.Gri (Greywater) Su ve Yağmur Suyu Kullanımı ile Hasadı

1.5.1.Gri Su Kullanımı ve Hasadı

Gri su, banyolardan ve duşlarda, çamaşır makinesinden elde edilen kısacası yaşamın her yerinden tuvalet suları ve bulaşık yıkamada kullanılan atık sular (katı ve sıvı yağların aktığı sular olduğu için önerilmez) dışındaki bütün evsel atık sularından geri dönüşümüne gri su denilmektedir.



Şekil 7. *İstanbul'da ve Türkiye Genelinde Gri Su Kullanım Oranları (8)*

Şekil 7'de görüldüğü gibi yapılarda çıkan gri su oranı önemsenmeyecek kadar az olmadığı görülmektedir. Bu oranlardaki kullanıma geri dönüştürülebilecek suların az orana sahip olmadığı düşünüldüğünde, kaynakların biteceği tahmin edildiğine göre gri

suların arıtılmaya geçilerek gereksiz kaynak tüketiminden kaçınılması gerektiği hesaplanmalıdır.

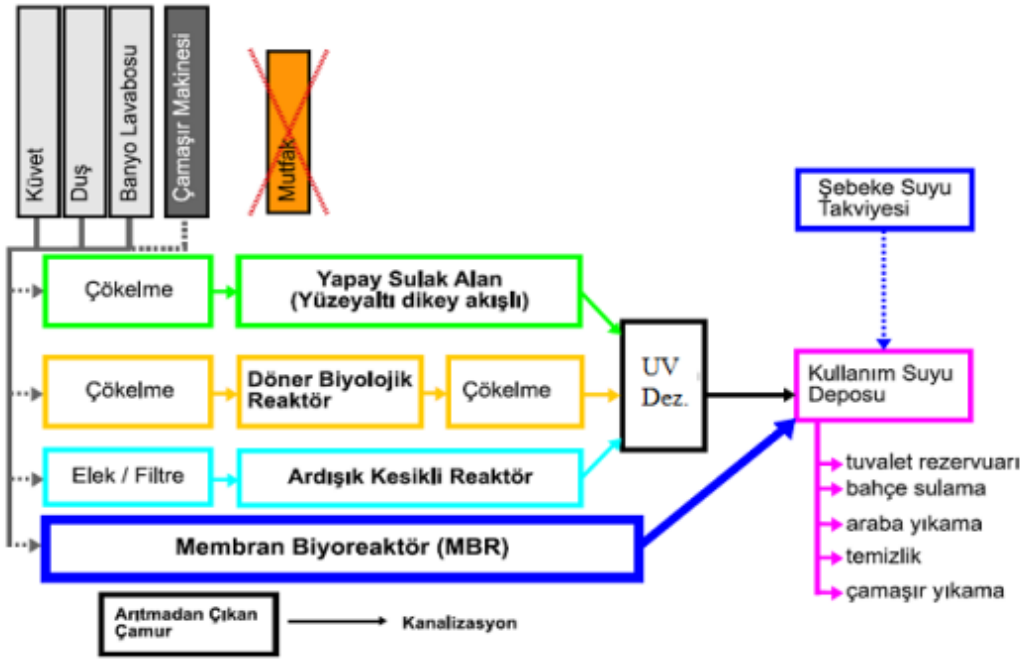
İstanbul'da bir yıl içerisinde kullanılan/tüketilen suyun %78'i evlerde kullanılmaktadır. Günlük kullanılan %65'lik kısmın gri su olarak geri dönüşüm oranı Şekil 7'deki Duş-Banyo Lavabo, Mutfak, Çamaşır yıkamanın toplamlarının orana tekabül etmektedir.

Gri su arıtılmadan kullanılmamaktadır. Arıtılmadan genellikle bahçe sulamalarında kullanılmaktadır. Gerekli arıtma sağlandığında ise tuvaletlerin rezervuarlarında kullanılmaktadır. En önemlisi de kurak bölgelerde su kaynaklarının az olduğu bölgelerde toplama, arıtma ve kullanma sistemlerinin kullanılması gerektiğidir.

Gri suların içinde en zor arıtılan madde azot kirletme etkisi siyah su olarak tabir edilen tuvalet ve banyo (kimyasal ve yağ oranları çok içeren) yerlere oranla daha az içerdiğinden dolayı azotu temizleme oranı daha kolaydır. Bunun dışında organik bileşenler bakımından daha zengin olup, arıtıldığında bu azot grubunun giderilmesinden sonra kullanılabilir olma olasılığı artmaktadır.

Gri su depolandıktan sonra 1 gün içerinde kullanılmadığı takdirde eğer arıtılmadıysa koku yapmaya ve bakteri üretmeye başlamaktadır. Dolayısıyla bu süre zarfında kullanılmalıdır. Gri suları arıtmak için üç farklı yöntem vardır. Bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerdir. Bu yöntemlerin maliyetleri birbirlerine göre farklılık göstermektedir.

Fiziksel olarak kullanılan yöntemde filtrasyon ve çöktürme yolları uygulanmaktadır. Filtrasyon yönteminde filtreler kullanılarak sular arıtılmaktadır. Kimyasal olarak da karbon, iyon düzelticiler, elektrokoagülasyon ve oksidasyon yolları kullanılmaktadır. (8)



Şekil 8. *Yağmur ve Gri Suların Arıtma Yollarının Karşılaştırılması (8)*

Kimyasal yolların daha zahmetli olması ve bileşenlerin çok fazla tepkimeye girmesi sebebiyle biyolojik yöntem, diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Biyolojik yöntemde döner biyolojik reaktör, membranlardaki biyolojik reaktör, ardışık kesikli biyolojik reaktör, doğal olmayan sulak alan reaktörüyle biyolojik arıtma yöntemleri bulunmaktadır.

Şekil 8'de belirtilen gri suların genellikle Tuvalet rezervuarlarına, bahçe sulamaya, araba yıkamaya, temizlik yapmaya ve çamaşır yıkamaya arıtılarak temiz suya dönüştürüldüğünde kullanıldığı görülmektedir.

1.5.2.Yağmur Suyu Kullanımı ve Hasadı

1.5.2.1.Yağmur Suyu Kullanımı

Günümüzde küresel bir sıkıntı olan su sorununu çözmek amacıyla Dünya'nın çoğu ülkesinde toplanan ve kullanılan yağmur suları olmasına rağmen kuraklıkla baş edemeyen ülkeler arasında olan Türkiye'de bu konuya yeteri kadar önem verilmemektedir.

Son yıllarda temiz kaynak sularının azalması, kirletilmesi ve dikkat edilmeden kullanılmasından dolayı tercih edilen gri su arıtma yöntemlerine yoğunlaşmaktan daha çok, Türkiye'nin yağış oranın çok fazla olması sebebiyle yağmur sularının hasadı ve işlenip daha temiz suyun elde edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

Çoğu diğer Avrupa ülkelerinde bu yağmur suyu toplama sistemleri havaalanlarında, stadyumlarda, askeri alanlarda ve bunun gibi su toplamaya müsait yerlerde zorunlu hale gelmiş olmakla birlikte yeni yönetmeliklere göre binalarda zorunlu hale bile getirilmeye çalışılmaktadır. Eski zamanlarda daha çok sarnıç sistemi kullanılmış ve bazı ülkelerde hala kullanılıyor bile olsa da artık yeni sistemlerin çıkmasıyla daha sağlıklı toplama ve daha çok alanda depolama yeriyle birlikte buharlaşmanın daha da önüne geçilmektedir.

Yağmur suyu kullanımının bina içinde kurulan tesisatın maliyeti, dışa kurulan ve kullanılan tesisat maliyetinden daha çok olduğundan dolayı genellikle dış gider boruları içinde toplanıp kullanılmaktadır. Bina sistemlerinin de Türkiye'de yeteri kadar önem verilmediği, su israfının önlenmektense yapı maliyetlerinin daha düşük tutmak için yeşil bina yöntemlerinden hiçbirini uygulamadıkları için daha çok dış tesisatın kurulup kullanıldığı görülmektedir. Yağmur suyu depolama sistemlerini Belediyeler ruhsat alımlarında şimdilik Türkiye'de sadece 2 $bin\ m^2$ üstündeki parsellerin inşaat yapımında zorunluluk haline getirilmiştir.

1.5.2.2.Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı avantajlarının olduğu dünya genelinde bilinen yeşil binalarda kabul edilen bir nevi dünyayı kuraklık ve genel su israfından kurtarmanın maliyeti en düşük ve kolay yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin bazı avantaj ve dezavantajları da vardır. Bunlardan bazıları yağmur suyu hasadının avantajları olarak aşağıda yer almaktadır;

- Tarımsal alanlardaki su israfının önlenmesi, tatlı su kaynaklarının daha az kullanılması ve bununla beraber su hasadı teknikleriyle birlikte daha az su kullanılarak bitkilerin ihtiyaçları kadarını almaları sağlanmaktadır.

- Bir kere yapıldıktan sonra ücretsiz bir şekilde yağmur suyunu depoladığında kendini %55'ten daha fazla su ve ücret tasarrufu yapması sağlanmaktadır. Parasal olanak ve giderlerin dışında çevresel faktörleri de değerlendirildiğinde çevre dostu bir sistem olarak küresel çevrede önemli bir yeri vardır.

- Dünya çapındaki yapıların çatılarında sistem kurulduğunda ve bu suyun kullanılması örgütlendiği takdirde şebeke su kullanma oranı önemli derecede düşmektedir.
- Yapı projeleri ve sadece yağmur suyu hasadıyla ilgili projeler göz önüne alındığında yatırım yapılmaya odaklı ve bu sistemlerin ve yağmur suyu hasadı uygulamalarının bulunduğu sektör ve yapıların işletme maliyetleri diğer yöntemlere göre düşüktür ve kendini çok daha kısa sürede amorti edebilmektedir.
- Normal olarak kullanılan temiz su sistemleriyle birlikte kullanılabilir olmasına olanak sağlaması ve bu sistemlere kendini adapte edebilmesine büyük derecede olanak sağlamaktadır.
- Kaynak sularının korunmasında ve daha tedbirli kullanılmasına yardımcı olmaktadır.
- Gerçekleşebilecek bir doğal afet (deprem olayları, temiz suların tükenmesi) durumunda arıtıldığı takdirde içme suyu olarak da kullanılabilmektedir.
- Büyük çapta yağmur suyu hasadı yapıldığı takdirde sel taşkınlarının da önüne geçinilmesi beklenmektedir.

Yağmur suyunun dezavantajlarından bazıları aşağıda yer almaktadır;

- Yağmur yağıların kesinliği ve düzeni olmadığı için yağmur hasadı sisteminin çalışabilirliğini azaltmaktadır.
- Tekil ve sadece kurulduğu yerin sahibine/sahiplerine özgü bencil bir sistemdir. Diğer taraflara yardımcı olmamaktadır.

- Çok yağışlı yerlerde kullanıldığında devlet ve belediye bazlı su temini edilen vergili sistemlerin kazanç sağlamasını azaltmaktadır. Çünkü bu yağmur hasadı sistemi ücretsiz bir sistemdir.
- Yağmur hasadını depolanan yerler ve tanklar çocuklar için tehlikeli olabilmektedir.
- Yüzey tank sistemleri çok fazla yer kaplayabilmektedir.

1.5.3.Yağmur Suyunun Depolama Yöntemleri

Yağmur suyu depolama yöntemleri olarak yer altı ve yer üstü olarak iki grupta incelenmektedir ve sarnıç sistemi ile depo sistemi olarak iki genel başlıkta incelenmektedir.

1.5.3.1.Sarnıç Yöntemi

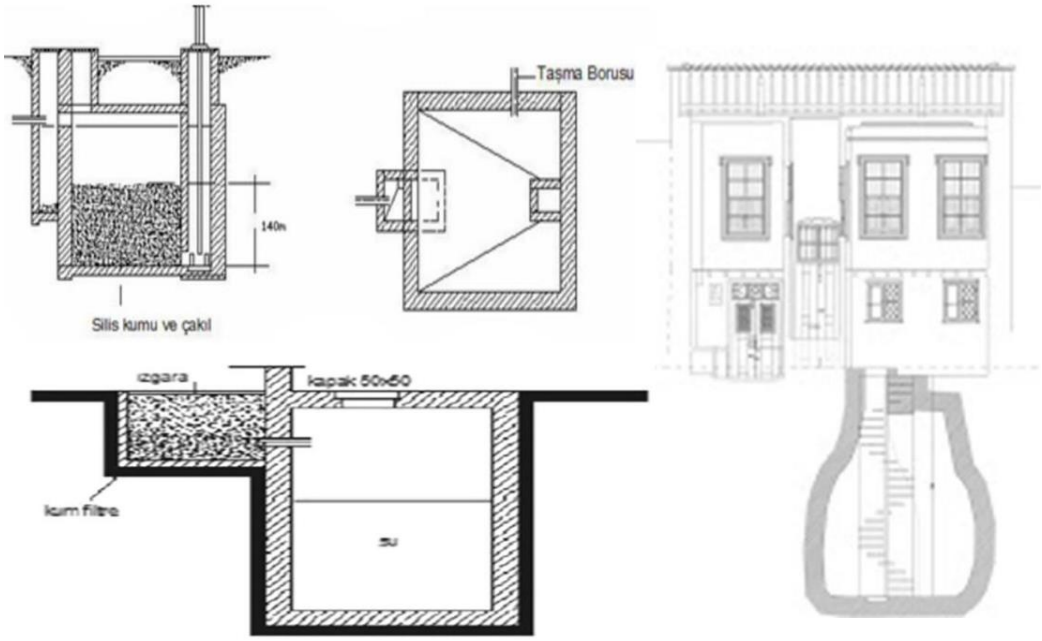
Eski zamanlarda geleneksel yağmur suları toplama yöntemi olarak sarnıç yöntemi ile yağmur suyu depolanıp kullanılmış ve bazı eski yapılarda hala kullanılmaya devam etmektedir. Geleneksel sarnıç sistemi dört adım izlenilerek yapılmaktadır. Bunlar sırasıyla yapılardan akan yağmur sularını binaların çatısından ve zemininden alınıp taşınılması, geleneksel oluk sistemiyle depolara doğru taşınılması, Elde edilen yağmur sularının saklanılacak depolara toplanılması ve Yağmur sularının arıtma yöntemlerinden elde edilerek yapı içine geri pompalanmasıdır.

Bu yöntemle yağmur sularının toplanılan suyun eski zamanlarda en büyük filtre yöntemi olarak kullanılan süzgeç görevi gören silis kumuyla yapılmaktadır Üçte biri kadarı çakılla onun üstünde ise dane çapı çok büyük olmayan yaklaşık 1 metre yüksekliğinden oluşan silis kumu suyu filtre ederek en iyi sonuç elde edilmektedir.



Şekil 9. *Yağmur Sularının Eski Zamanlardaki Sarnıç Sistemi ile Depolama Yeri*

Yapılar içinde bu yöntemle elde edilen ve aslında diğer yeni yöntemlerle de elde edilen yağmur sularının iki farklı kullanım şekli ve alanı vardır. Bu kullanım şekilleri suyun kullanım yerine göre ve suyun arıtılmasına göre değişmektedir. Normal olarak arıtılmadan kullanılan şekli için yalnızca yüzme havuzları (klorlu olarak) ve süs havuzlarında, Araçların yıkanmasında, sistemi kurulduğu takdirde bahçe sulamasında, havuz ve göletlerin doldurulmasında ve son olarak tuvaletlerdeki rezervuarlarda kullanılmaktadır. İkinci olarak da suyun yeterli kaliteye ulaştığı takdirde ise banyoda duş ve lavabo da ve genel olarak çamaşır makinelerinde kullanılabilmektedir.



Şekil 10. *Binalarda Uygulanan Sarnıç Sisteminin İşleyiş Şeması*

1.5.3.2.Tank (Depo) Yöntemi

Tank (Depo) yöntemi ile hasadı yapılan yağmur ve gri suların (az görülse de) yer üstü ve yer altı (depolamanın görüntüsünü kaldırmak için genellikle yapılmaktadır.) olarak iki farklı sistemle depolama yöntemi yapılmaktadır. Bu depolama yöntemi seçildiğinde depolama yapılacak yapının çatı boyutu ve yapılacak ilin yıllık yağış miktarına göre, İhtiyaç duyulan su miktarının hesaplanmasına ve ana kaynak su teminin dışında ek bir yöntem olarak seçilmesine göre belirlenmektedir.

Yer üstü depoların imalatında; tank sisteminin kurulacağı yerin düz, çökmemesi için gerekiyorsa 10 cm eninde beton zemin yapılması ve tank veya tanklara zarar vermeyecek şekildeki (delici, kesici vb. tarzı parçalardan uzak tutulacak şekilde) malzemelerden temizlenmiş olmalıdır.

Yer altı tanklarının yerleştirilmesinde; deponun kurulacağı ilin ve kullanım sebeplerine göre tankın seçiminden itibaren maliyet açısından en aza indirgenmiş boru sisteminin kurulacağı yerin doğru seçilmesine ve güneş ışınlarından korunması ve suyun serin yerde olmasından dolayı daha geç buharlaşması gibi avantajları varken diğer yer üstü yönteminden doğacak aşınma vb. sorunlarından daha işlevsel bir yöntem olmasına rağmen yer altı tanklarının kurulumundan sonra onarımları ve bakımları daha zor olacağından dolayı seçimi doğru yapılmak zorundadır.



Şekil 11. *Yer Üstü ve Yer Altı Depolama Sistemleri*

Yukarıdaki yöntemler yapının hangi amaçla yapıldığına ve yapının bulunduğu yerin yağış miktarına göre değişkenlik gösterirken yüzey depolama ve yer altı depolama tercihi tamamen kişi veya kişilerin kendi tercihidir.

BÖLÜM 2. YAPILARDA YAĞMUR SUYUNUN SINIFLANDIRILMASI, KULLANIM YÖNTEMLERİ VE HESAPLAMALARI

2.1.Köppen İklim Sınıflandırması

Alman klimatoloji ile ilgilenen botanikçi olan Wladimir Köppen vasıtasıyla 1900'lü yıllarda öncüsü olarak kabul edilmiş klimatolog Köppen, 1918 ile 1940 yılları arasında da kendilerinin yoğun katkılarıyla daha da ilerletmiştir ve vefat etmiştir. Vefatından önce de iklim bilimci Rudolf Geiger bu iklim sınıflandırma yönteminde değişiklerde bulunmuş ve bununla birlikte Köppen- Geiger iklim sınıflandırma yöntemi olarak telaffuz edilmeye başlanmıştır. (9)

Dünya genelinde yaygın kullanım alanına sahip ve bu doğrultuda en önde gelenlerden biri olmasıyla bilinmesinin dışında bitki örtüsüne dayalı ampirik iklim sınıflandırılması sistemini geliştirmiştir. Bu sistemin asıl amacı araştırılacak olan yerin çevresindeki doğal bitki örtüsü, araştırılan çevrenin iklim düzeyini ve yağış miktarıyla sıcaklığın ölçülerek değerlendirmeye yarayan en önemli araştırma sistemidir. Köppen iklim sınıflandırma yöntemi iklimleri 5 farklı grupta incelemektedir. Bu gruplar; A (tropikal iklimler), B (kuru iklimler), C (ılıman iklimler), D (soğuk kar iklimleri) ve E (Polar iklimler) olarak bilinmektedir. Bu gruplandırmaların çoğunun da farklı alt gruplarıyla birlikte farklı harfle gösterilmektedir.

B sınıfı hariç bütün gruplandırmalarda bitki örtüsü üzerindeki kontrol noktasının soğukluk yerine kuruluk olarak tanımlanan iklimleri betimlemektedir. Aslında kuraklık olarak söz konusu olan konunun yağmur yağışıyla bir alakası direkt olarak olmadığından dolayı bitkilerin yetiştiği toprağın yağış oranı ile buharlaştığı toplam oranın arasındaki ilişkiyle tanımlanmaktadır. Buharlaşmanın veri girdi çıktısı yani değerlendirilmesinin anlaşılmanın ve araştırılmanın daha zor olduğunu meteoroloji birimlerinde bunun ölçümlenebildiği bir sistem olmadığı için Köppen iklim sınıflandırılması, yağış ve sıcaklık indeksinden çözümlenen bir formül dizisine bağlı kalmak adı altında buharlaşmanın sıcaklık adı altında kontrol edildiği varsayılmıştır. B tipi kuru iklimler, BW (kurak) ve BS (yarı kurak) olarak alt grupları olarak adlandırılır

ve hepsinin alt dalı olarak ılık için h soğuk için k olmak üzere üçüncü bir harf sistemi eklenerek daha da detaylandırılabilmektedir.

Sıcaklık diğer 4 ana gruplamayı tanımlamaktadır. Aynı şekilde bunların gruplama ve ek harflerle alt gruplamaları vardır. Bunların da benzer özelliklerinden olan ikinci harf mevsimsel yağış çeşidini, üçüncü harf ise ısı seviyesini göstermektedir. Sıcak aylarda kış aylarından daha sıcak geçeceğinden 6 aylık dönem olarak tanımlanan Nisan ve Eylül aralığı sıcak dönem olarak aktarılırken, geri kalan 6 aylık dönem de soğuk dönem olarak dile getirilmektedir.

2.1.1.A Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri

Tropikal iklim bölgesi olarak geçmektedir. Bu bölgede yılın her ayı 18 °C (64,4 °F) veya bu derecelerden daha fazla sıcaklığa sahip yeterli yağışlarında olduğu bir iklim türüdür.

- **Af:** Tropikal yağmur ormanı iklimi olarak geçmektedir. Her ay ortalama yağış olarak en az 60mm'dir. Örnek olarak Kongo'dur.
- **Am:** Tropikal muson iklimi olarak geçmektedir.60mm'den daha az yağış olan iklimdir. Vietnam, Japonya ve Çin gibi ülkelerde görülmektedir.
- **Aw:** Tropikal nemli iklim ve savan iklimdir. Görülen en kurak iklim türü olarak bilinmektedir. Çoğunlukla Arap Emirlikleri yarımadasında görülmektedir. Yağış nadir görülmektedir.

2.1.2.B Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri

- **B:** Kurak iklim bölgesi olarak bilinmektedir. P limit değerden küçükse(r) Yıllık yağış miktarı %70 veya daha fazla olduğu yaz aylarında düşüyorsa r= $20xT + 280$ veya Yıllık yağış miktarı %70 veya daha fazlası kış aylarında düşüyorsa $r = 20xT$ veya bu şartların sağlanmadığı durumlarda $r = 20xT + 140$ formülleri kullanılmaktadır.
- **BS:** Yarı kurak-step iklimi P limit değere eşit veya büyükse kullanılmaktadır.
- **BSh:** Yarı kurak step iklimi Sıcak halidir. Sıcaklık 18 °C'den büyüktür.
- **BSk:** Sıcaklık 18 °C'den küçükse k kullanılmaktadır.

- **BW:** Kurak ve çöllerdeki iklimlerin gösterimidir. P limit değeri yarısından küçükse kullanılmaktadır.
- **BWh:** Kurak çöllerin Sıcak düşük enlem iklimidir. Sıcaklık 18 °C'den eşit veya büyükse h kullanılmaktadır.
- **BWk:** Kurak çöllerin Soğuk orta enlem iklimidir. Sıcaklık 18 °C'den eşit veya büyükse h kullanılmaktadır.

2.1.3.C Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri

- Astropikal iklim bölgesi olarak geçmektedir. Astropikal iklim türü diğer iklim türüne göre daha soğuk bir ay geçirmektedir. Türkiye'nin ortalama %43'ününde görülmektedir. En sıcak ayın sıcaklığı 10 °C'ye eşit veya daha büyük ve en soğuk ayın sıcaklığı 18 °C'den az ancak –3 °C'den yüksek. En sıcak ayının ortalaması olarak da 10 °C ve üzerindedir. Yılın yarısında yazın en kurak ayında yağış 30 mm'den az ve kış yarısının en yağışlı ayının üçte birinden az ise (CS), yılın en kurak yarısındaki yağış, yazın en yağışlı ayındaki miktarın onda birinden az ise (CW), yağış yıl boyunca daha eşit dağılmıştır ne S ne de W için kriterler karşılanırsa (CF) olarak gösterilmektedir.
- **CS:** Kurak yaz ile ılıman iklimidir. Psmin <Pwmin, Pwmax> 3 Psmin ve Psmin <40 mm olmalıdır.
- **Csa:** Sıcak Akdeniz yaz iklimidir. En sıcak ayının sıcaklığı 22 °C ve daha yüksek iklimdir. Örnek olarak Batı ve Güney Türkiye, Yunanistan ve Portekiz'dir.
- **Csb:** Ilık Akdeniz yaz iklimidir. Csa ile arasındaki tek fark en az 4 ayın ortalama hissedilen sıcaklığı 10 °C'ye eşit ve üstünde, en sıcak ayının ortalaması da 22 °C'ye eşit ve altında olmalıdır.
- **Csc:** Soğuk yaz Akdeniz iklimidir. 0 °C'nin üzerinde görülen ortalama en soğuk ay ve 10 °C'nin üzerinde hissedilen ortalama 1-3 ay olmaktadır. Kışın en yağışlı ayın en kurak ayının ortalamasına göre en az 3 kat daha fazla yağış ve yazın en kurak ayı 30mm'den daha az yağış almaktadır.
- **CW:** Kurak kış ile sıcak ılıman iklimdir. Pwmin <Psmin ve Psmax> 10 Pwmin olmalıdır.
- **Cwa:** Musondan etkilenen nemli subtropikal iklimdir. 0 °C'nin üzerinde ortalama en soğuk ay, en sıcak ayının ortalaması da 22 °C'nin üzerinde en az bir ay ortalama

sıcaklık ve 10 °C'nin üzerinde ortalamanın en az 4ay olmalıdır. Yazın görülen en yağışlı ayında, kışın hissedilen en kurak ayında görüldüğü gibi en az on kattan fazla yağmur yağmaktadır. Örneğin Kuzey Hindistan.

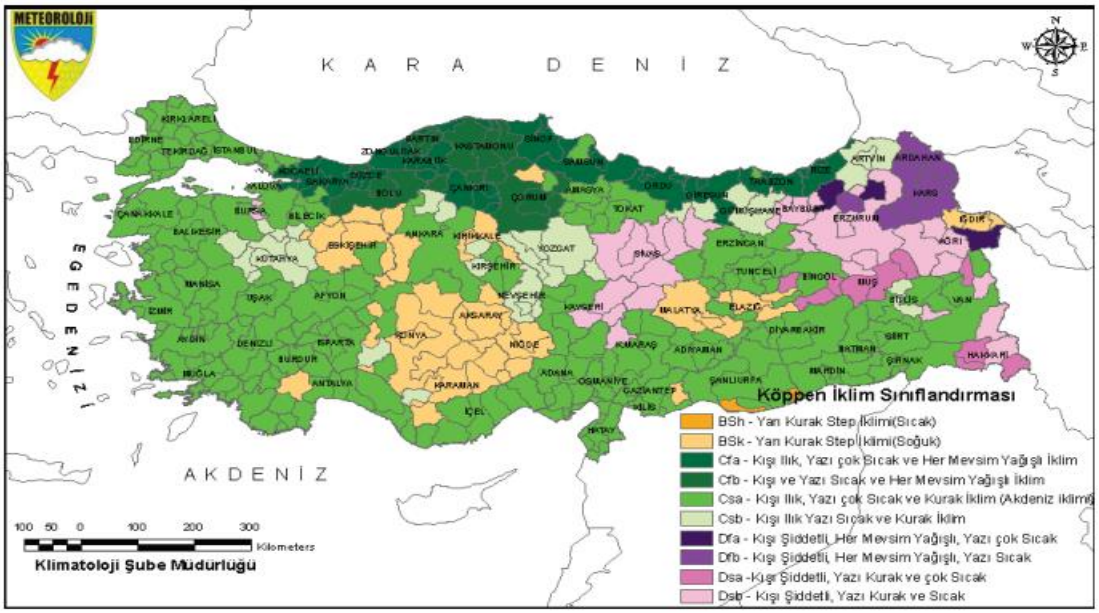
- **Cwb:** Subtropikal olarak adlandırılan yayla iklimi ve Muson etkisindeki ılıman okyanus iklimidir. Kışı kurak ve ılık, Yazı sıcak iklimdir. Cwa gibi aynı özellikler aranmaktadır.
- **Cwc:** Kışın kurak ama yazı soğuk olan iklimdir. Cwa'dan tek farkı 4 ay değil 3 ay ortalamanın en az olması beklenmektedir.
- **CF:** Her mevsim yağışlı sıcak ılıman iklime sahiptir. CS ve CW'ya benzemez tamamen yağışlı kurak hiçbir ayı yoktur. Yağış oranı diğerlerinin 10 katı fazlası vardır.
- **Cfa:** Mevsimler arası önemli düzeyde yağış farkı yoktur. En sıcak ayının ortalamasında da sıcaklık 22 °C'nin üstündedir. Yazın bu nedenle kuraklık yaşanmamaktadır. Her mevsim ılıman dönence altı iklimi yaşanmaktadır. Örnek olarak Orta ve Güney Japonya, Doğu Avustralya.
- **Cfb:** Ilıman okyanus iklimidir. Mevsimler arası önemli yağış farkı yoktur. Hissedilen en sıcak ayının ortalamasında sıcaklık 22 °C'nin altında hissedildiği tüm aylar ve 10 °C'nin üstünde ortalama en az 4 ay yaşanmaktadır. Örneğin İzlanda ve Kuzey Türkiye.
- **Cfc:** Subpolar okyanus iklimidir. 0 °C'nin üzerinde yaşanan en soğuk ay ile 10 °C'nin üzerinde ortalama 1-3 ay sürmektedir. Diğerleri gibi mevsimler arası çok önemli yağış farkı yoktur.

2.1.4.D Grubu İklim Bölgeleri ve Tipleri

Küresel çevrede en geniş iklim alanına sahip ikinci iklim tipine sahip kışları soğuk ve nemli orta enlem tipi olarak bilinmektedir. Karasal iklim tipi olarak da bilinmektedir ve Türkiye'nin en çok görülen ikinci iklim tipi olarak bilinmektedir. Türkiye'nin ortalama %39'unda görülmektedir. Bu iklim türü 0 °C'nin altında en az bir aylık ve 10 °C'nin üstünde en az bir aylık ortalamaya sahip iklim türüdür. Bu iklim türü C iklim bölgeleri ve tiplerine benzemektedir. Orta ve yüksek enlemlerin çoğunluğunda

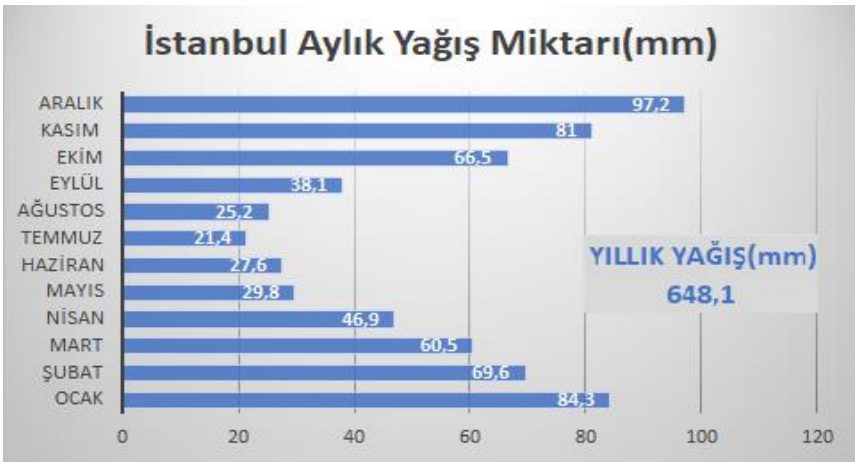
- **DS:** Kışı şiddetli, Yazı kurak iklim tipidir. Psmin <Pwmin, Pwmax> 3 Psmin ve Psmin<40 mm

- **Dsa:** Yazı sıcak ve kurak, Kışı şiddetli bir iklim türüdür. Bu iklim türü en sıcak ayının ortalamasında sıcaklık 22°C'ye eşit ve daha fazla aylık ortalama dereceye sahiptir. Kışın en yağışlı ayın, yazın hissedilen en kurak ayına göre en az üç kattan fazla yağış ve yazın görülen en kurak ayı 30 mm'den daha az yağış almaktadır.
- **Dsb:** En az 4 ayın ortalaması 10 °C'den büyük ve en sıcak ayının ortalama sıcaklığı 22 °C'nin altındadır. Dsa'da olduğu gibi yazı sıcak ve kurak, Kış ayları şiddetli bir iklimdir.
- **Dsc:** Çok az görülen -38 °C'den daha yüksektir. Kışı çok soğuk iklim türüdür.
- **DW:** Kışı şiddetli ve kurak olan iklim türüdür. Pwmin <Psmin ve Psmax> 10 Pwmin
- **Dwa:** En sıcak ayının ortalamasında da sıcaklık 22 °C'ye eşit veya üstündedir. En az 4 ayın toplamı da 10 °C'nin üstündedir. Yazın yağan yağmurun kışın en az yağmur alan ayından en az on kat fazla yağış almaktadır.
- **Dwb:** Dwa'dan tek farkı en sıcak ayının ortalamasında sıcaklık 22 °C'nin altındadır.
- **Dwc:** En az 3 ayın ortalaması 10 °C'nin üstündedir. Sıcaklık ise Dwb gibidir. En soğuk ayın ortalaması ise de -38°C'ye eşit ve üstündedir.
- **Dwd:** Kışı çok şiddetli soğuk ve kurak iklim türüdür. En soğuk ayın hissedilen ortalama sıcaklığı ise Dwc'deki gibidir.
- **DF:** DS ve DW durumuna uymayan diğer iklim türü olarak adlandırılır. Kış ayları şiddetli ve her mevsim yağış almakta olan bir iklim türüdür.
- **Dfa:** Kış ayları şiddetli, her mevsim yağışlı ve yaz ayları sıcaktır. en sıcak ayının ortalamasında da sıcaklığın 22 °C'nin üstünde veya eşittir.
- **Dfb:** En az 4 ayın ortalaması 10 °C'nin üstündedir. En sıcak ayının ortalamasında da sıcaklık 22 °C'nin altındadır.
- **Dfc:** Dwc'den farklı olarak sadece Kışı şiddetli geçerek her mevsim yağışlıdır ve yaz ayları serin geçmektedir.
- **Dfd:** Dwd'den farklı olarak her mevsim yağışlıdır ve Kışları çok soğuk geçmektedir.



Şekil 12. *Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi*

Köppen iklim sınıflandırmasına göre de İstanbul Csa; Kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi) yaşamaktadır. (10) ve aşağıdaki grafikte görüldüğü gibi 1991-2020 yılları arasında ölçülmüş ortalama yağış miktarı gösterilmektedir.



Şekil 13. *İstanbul İli için Aylık Yağış Miktarı Grafiği ve Yıllık Yağış Miktarı (8)*

2.2.Yeşil Binalarda için Yağmur Suları ve Diğer Yönleriyle LEED ve BREEAM Sertifikaları

Dünya genelinde kullanılan birçok yeşil bina sertifika sistemi vardır. Bunlardan en önemli olanları; 1990'da İngiltere'de ortaya çıkan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1998 yılında Amerika Birleşik

Devletleri'nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 1998'de gelişmiş toplumların birleşmesiyle kurulan kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), 2003 yılında çıkan BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da oluşturulan GREENSTAR, 2004 yılında Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen)'dir.

2.2.1.LEED Sertifikası

LEED sertifikası, kullanılması gereken yollar ile yapının daha sağlıklı, çevreyi önemseyen ve daha ekonomik olmasını hedefleyen tasarım sağlanmaktadır. Bu sertifikayla birlikte yapılar, enerji ve su verimliliği açısından daha işlevsel ve sağlıklı kendi kendine sürdürülebilir, çevre duyarlılığı yüksek yerler olmaktadırlar. Diğer sertifika türlerine göre uluslararası olarak bilinip kullanılan başlıca sertifika türüdür.

USGBC'nin verdiği raporda, Türkiye'deki LEED sertifikalı 245 projenin toplamda hesaplanan 6 milyon 65 bin 671 metrekare kapalı alanı barındırdığı belirtilmiş. Bununla birlikte Türkiye'de bu sertifika sistemine kayıtlı 813 projenin 728 tanesinin Yeni Binalar (BD+C) olduğu, yaklaşık 568 adeti olay beklediği raporda gösterilmektedir.

Bunun dışında bu sertifikayla birlikte yapının küresel platformlarda bilinmesi, yapının değerinin daha çok artması ve yapıyı yapan müteahhit firmanın ve alt kurumlarının daha prestijli görünmesini de amaçlanmaktadır. LEED sertifikasına sahip yapıların başlıca kazanımları aşağıda anlatılmaktadır:

- Diğer sertifika sistemlerine göre daha az su tüketimi olan, gri su elde edip kullanan, yağmur suyu hasadıyla ve sağlıklı su arıtımına önem arz eden, bahçe sulamasına daha az su harcayan ve daha az tüketime sahip su tesisatıyla bilinen bir yapıdadırlar. LEED sertifikalı yapılar çoğunlukla normal binalara göre %50 daha az içilebilir su tüketimi sağlamaktadırlar
- Oldukça yüksek kaliteye sahip iç çevre ekipmanlarıyla ve insan hayatına duyarlı olarak imal edilirler. Hava filtrelerinin kalitesi, aydınlatma

sistemleri, yapı akustiğinin çok üst seviyede olduğu sistemlerdir. İnsan sağlığına sorun teşkil edecek şekilde hiçbir yapı malzemesi(kimyasalları) barındırmazlar.

- LEED sertifikasına sahip yapılar, küresel organizasyonlara, borsalara açık şirketlere ev sahipliği yapan tesislerde tercih sebebidir.
- Bu sertifika çeşitli özel çalışmalarla Covid-19 ve benzeri hali hazırda olan salgın hastalıklara karşı binada bütün sağlık tedbirlerinin alınabilen en yüksek düzeyde takip edildiğini ve sağlandığını belgelemektedir.
- Yapının giderlerinin azalmasını sağlar. İşletme sisteminde bütün giderlerin verimlilikten, masraf olarak görülen işletme giderlerinin bu sertifika ile %15 düştüğü gözlemlenmektedir.
- Bu sertifikaya sahip yapılar daha yeni ve az olduğundan dolayı daha hızlı tanınmakta ve markalaşmaktadırlar. Özellikle küresel pazarda borsaya uygun ve çevrenin sağlığını düşünen işletmeler LEED sertifikasına sahip yapıları seçmektedirler.
- LEED sertifikalı yapıların diğer binalara göre daha düşük karbon ayak izi vardır. Bu sertifikalı yapıların %34 daha düşük sera gazı emisyonuna sahiptirler. Çoğu küresel kuruluş, kurumsal karbon ayak izlerini en aza indirgemek için bu sertifikaya sahip yapıları seçerler ve kurumsal GRI raporlarında bu sistemi yaratmak için değerlendirirler.
- LEED sertifikasına sahip yapının mali değeri artmaktadır. Özellikle borsaya açık olarak bilinen işletmelerde yaklaşık bu değerin %5 arttığı gözlemlenmektedir.
- Küresel yapı işletmeciliği adı altındaki gruplar için kiralanacak bu tarz binalarda zorunluluk haline gelmektedir. Bu nedenle yeni inşa edilen veya yenilenen yapıların bu sertifikayı almış olması önemli bir açıdan kurumsal yatırım olarak geçmektedir.
- Diğer sertifikasız binalara göre az enerji harcarlar, çatı, bütün duvar sistemleri ve pencere yalıtımını en üst seviyeye çıkartır, fosil yakıtların kullanımını en aza indirgeyerek, ısıtma, soğutma ve aydınlatma masraflarında %50'ye yakın tasarruf sağlarlar. LEED sertifikalı yapılarda

diğer sertifikasız normal yapıların enerji harcaması %50 daha az olduğu görülmektedir. (12)

LEED sertifikasının proje tipine göre değişiklik ve çeşitlilik gözlenmektedir. Bu sertifikanın uluslararası olarak uygulanabilen 5 farklı versiyonu bulunmaktadır. Bunlar:

New Construction-Major Renovations: Genellikle temelden yeni yapıların yapılarda veya büyük ölçekli renovasyon projelerinde olmaktadır.

Core ve Shell: Sadece kaba inşaatın yapıldıktan sonra başlanıldığı ve ince işçiliğe geçilmeden yapıyı kullanılacaklara bırakıldığı tipteki binalar.

Commercial Interiors: Core ve Shell'i tamamlayıcı biçimde sadece ince işçilik uygulamaları.

Schools: Sıfırdan yapılan okul binaları veya büyük renovasyonları.

Existing Buildings: Hali hazırdaki yapıların çoğunlukla operasyon ve bakım gerektiren konuların ele alındığı sertifika tipidir.

LEED sertifikasının ve BREEAM sertifikasının yaklaşık değerlendirme puan sistemi aynı olmasıyla birlikte aşağıdaki şekildeki gibi ayrılmaktadır:



Şekil 14. *LEED Sertifika Puanlama Sistemi*

Dünya genelinde yapı sayısına oranla çok az Platin sertifikaya sahip bina vardır. Türkiye'de bu sayı İstanbul'da 40 toplamda 49 adet LEED sertifikalı bina vardır.

2.2.2.BREEAM Sertifikası

İngiltere'de 1990 yılında başlatılmış olan 77 ülkede kullanılmış fakat LEED sertifika sistemi çevrimiçi bir sistem olarak yürürlüğe geçip Dünya'da yaygınlaştıktan sonra sadece İngiltere'ye özgü zorunlu bir sertifika geçerliliği var olmaktadır.

BREEAM, Ekoloji düzeninden enerjiye kadar değişiklik gösteren bir dizi kategoride sürdürülebilir değeri ölçmektedir. Bu değişkenlerden her biri, düşük etkili tasarım aracılığı ve karbon emisyonlarının en aza indirgenmesi, tasarımın sistemin etkilerine karşı dayanıklılığı ve direnci, iklimsel değişkenlere karşı adaptasyon ve ekolojik dengenin etki ettiği değeri ve biyolojik çeşitliliğin dünya genelinde korunması gibi en belirgin etmenleri ele almaktadır.

BREEAM değerlendirmelerinin tamamı on kritere göre değerlendirilip belirlenen puanlama türüne dayanmaktadır; Enerji, Sağlık ve İyi Hal, Tasarımda Yenilik, Arazi Kullanımı, Malzemeler, Yönetim, Kirlilik, Ulaşım, Atık, Su. (12)

Bu sertifika sistemi tercihen günümüzde yerini LEED sertifika türünün daha rağbet görmesinden dolayı oldukça nadir görülmektedir.

Tablo 3. BREEAM Sertifikası Değerlendirmeleri

BREEAM Seviyeleri	Puan
BREEAM Pass (Geçer)	30
BREEAM Good (İyi)	45
BREEAM Very Good (Çok İyi)	55
BREEAM Excellent (Mükemmel)	70
BREEAM Outstanding (Olağanüstü)	85+

2.2.3.LEED ve BREEAM Sertifikalarının Benzerlik ve Farklılıkları

"LEED", "Çevreye saygılı ve Doğal enerji kaynaklarını korumada Liderlik" demektir. Kâr amacıyla kurulmayan ABD Yeşil Yapılar Konseyi (USGBC) aracılığıyla yönlendirilen bir sertifika programıdır ve taslaktan inşaatın bitimine kadar, evlerin, binaların ve hatta komple mahallelerin işletilmesi, düzenlenmesi ve bakımı dahil her şey için derecelendirme sistemleri içerir.

LEED ve BREEAM'in araştırılan çoğu kriteri benzer olmakla birlikte aynı konuları da ele almaktadır; fakat ayrıştırma metotlarında farklılıklar görülmektedir. Örneğin suyun genel verimliliği için LEED, EPA (Environmental Protection Agency) standartlarında uygun bir yapıyla farklılıkları araştırıldığında verimlilik ölçerken, BREEAM ise kişi başına beklenen tüketim m3/yıl olarak belli bir değerde bakılmaktadır. Bunun dışında birinde hiç incelenmeyen herhangi bir konu diğerinde ele alınmış olabilmektedir.

Mesela ısı adası efekti değeri için LEED'in iki farklı kriteri varken, BREEAM'de bu konu incelenmemiş durumdadır; Aynı şekilde akustik performans yöntemiyle BREEAM'de iki farklı durumda karşımıza çıkmaktayken, LEED'de yalnızca okullar için olan varyasyonunda karşımıza çıkmaktadır. BREEAM kriterlerinin yaklaşık 2/3'ü LEED sertifikasıyla benzer konuları kapsamaktadır; fakat çözüm yollarında farklılıklar olabilmektedir. LEED sertifikasının kriterleri ise yüzde 80'i BREEAM'in de benzer başlıkları ele almaktadır ve geri kalan konularda farklılık göstermektedir

Bu iki sertifika programında bir yapının çevresel faktörler alanda sürdürülebilirliğine bakıldıktan sonra iki sertifika programı arasındaki gözle görülür fark, derecelendirmenin nasıl yapıldığıdır. BREEAM sertifikası, değerlendirilmesi araştırılırken kredi kriterlerine bakılarak lisanslı değerlendirici sistemleri kullanılır. BRE kurulu, araştırılan yapının sistemsel yeterliliğine karar verirse, BREEAM akreditasyonu verilmektedir.

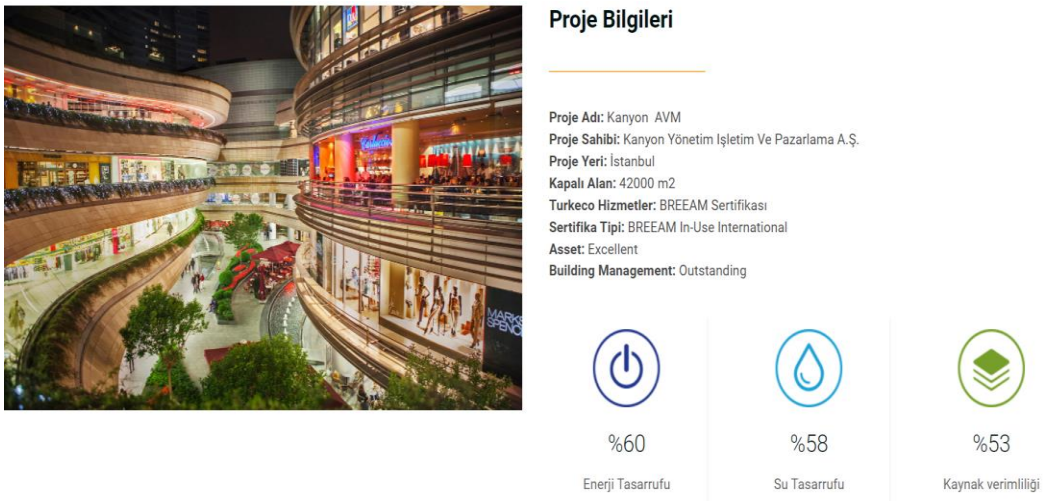
Bunun dışında BREEAM sertifikasyonundan farklı olarak LEED, sertifika verilmesi için kanıt toplamak gibi bir değerlendirici sistemi kullanmamaktadır. Farklı olarak, yapının tasarım ekiplerince verileri baştan sona toplar ve USGBC'ye gönderir. Veriler bu kurulca incelendikten sonra, yapının bu sertifika sistemini gereksinimleri karşılıyorsa LEED sertifikası verilir. Bu iki sertifika programı arasındaki yukardakiler dışındaki farklılıklar ise şunlardır:

- LEED'in kriterleri yüzdelere, sayılara dayalıdır, BREEAM ise nicel standartları kullanır.
- LEED, sertifikayla ilgili yaklaşımında daha basit işlenip araştırılıyorken, BREEAM sertifika sistemi daha akademik ve titizdir.

Belirlenmiş kriterler kapsamında farklı farklı puanlanır ve belirlenmiş olan bir ağırlık kat sayısı ile çarpılır. Ulaşılması istenilen minimum eşik değerleri vardır ve başlıca değişiklikler için ekleme yapılmaktadır. Toplanılan bu puan BREEAM derecesine çevrilir. (13)

2.3.İstanbul'da Bulunan Başlıca Yeşil Yapılar

2.3.1.Kanyon ALIŞVERİŞ MERKEZİ



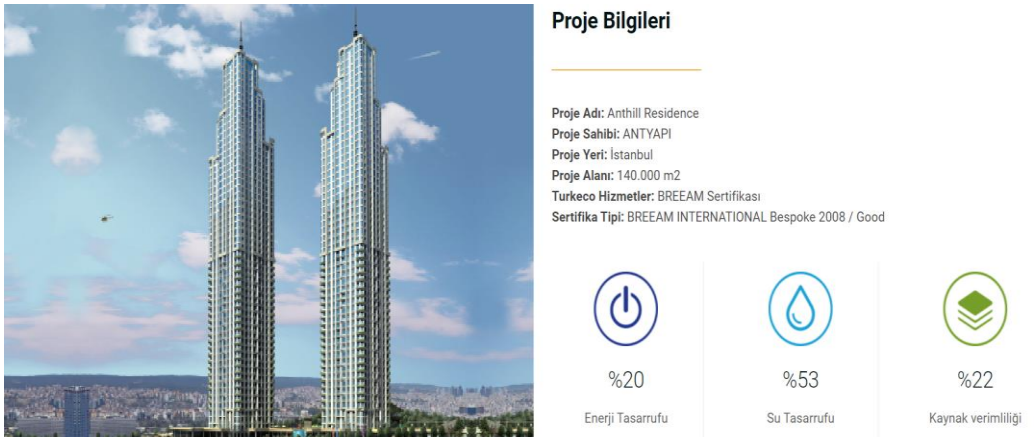
Şekil 15. *Kanyon ALIŞVERİŞ MERKEZİ Bilgileri*

Türkiye'nin ilk açık alışveriş merkezi projesi listesinde ilk sırada olan Kanyon Alışveriş Merkezi, 2012 yılında BREEAM In-Use kriterlerinin ışığında araştırılıp puanlanarak Türkiye'deki ilk 'Excellent(Outstanding)' belgesine sahip BREEAM projesi oldu. 2015 yılında başarılmış olup sürdürülebilir ve in aktif çalışmalarla 'Asset-Yapı Performansı' klasmanında 'Excellent' ve 'Building Management-Bina Yönetimi' kategorisinde 'Outstanding' sertifikasının sahibi olmaya hak kazanarak Türkiye'de ilk 'Outstanding' skora sahip projesi oldu. Su Tasarrufu %58 oranında da Türkiye'nin en yüksek Su Tasarrufuna sahip Alışveriş Merkezidir. (14)

Kanyon Alışveriş Merkezi kazandığı bu başarılarla her yıl BRE-Küresel aracılığıyla Londra'da gerçekleşen, Uluslararası ticaret sistemiyle buluşma fırsatı ve yeşil hareket için binlerce insanın bir arada olmasını sağlayan Ecobuild konferansında insanlarla buluşan ve verilen BREEAM ödüllerinde 2013 yılında BRE-KÜRESEL ile

Türkiye'ye ödül kazandıran ilk proje ve BREEAM-In-Use kategorisinde de ödül kazandıran ilk uluslararası proje olma niteliğindedir. 2016 yılında da yapılmış olan inovatif çalışmalarla BREEAM Retai In-Use seviyesindeki başarısıyla ödül alarak büyük bir başarıya imza atmıştır.

2.3.2.Anthill Rezidans



Şekil 16. *Anthill Rezidans Bilgileri*

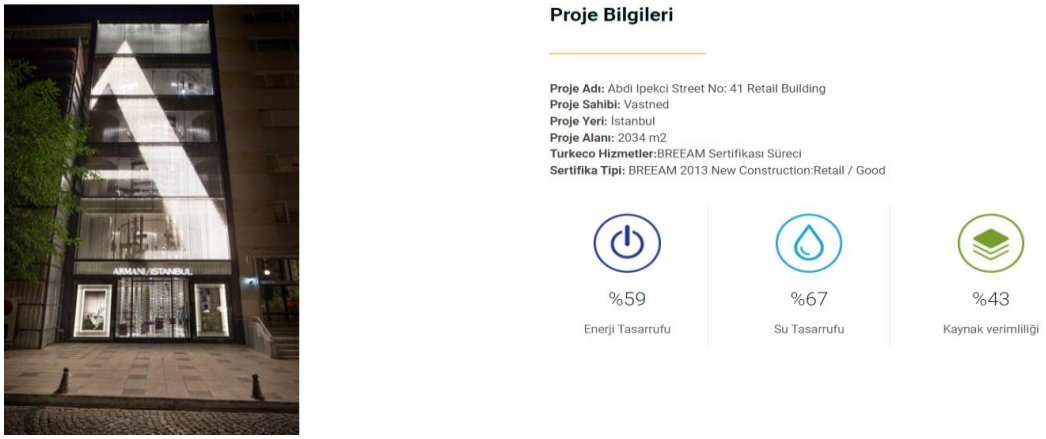
60 kat ve 804 daireden meydana gelen Anthill Rezidans; Boğaz ve Haliç'in eşsiz manzarası ile rezidans sakinlerine modern, gösterişli ve kullanışlı iç mekân görselleri sunmaktadır.

BREEAM sertifikasına uygunluk skorları doğrultusunda değerlendirilen ve rezidans sakinlerine verdiği maksimum gün ışığı alan ve iç ortamın sürekli değişen hava kalitesiyle, ev-ofis çalışma fırsatı veren kullanım alanlarıyla, dinlenme yerleri ile sosyal mekanların da bulunduğu katların da olduğu, Elde edilen enerji verimlilikle beyaz eşyalarla, iç ortamda kullanılan çevreye zararsız malzemelerle, enerji ve su için çeşit çeşit verimli cihazların seçilmesi ve tüm katlardaki dairelerin sahip olduğu enerji ve su tüketiminin ayrı ayrı analiz edilmesine fırsat veren ayrı süzme sayaçlara ve bina yönetim sistemiyle BREEAM Good sertifikası elde etmeyi başaran Türkiye'nin ilk BREEAM yeşil yapı sertifikasını kazanan rezidans projesi olmuştur.

Projenin tasarım seviyesinde yetkin uzmanlar aracılığıyla hazırlanan sel risk analiz sistemiyle ekolojik sistem raporu, inşaat edilirken projeye olumlu katkılar sağlamıştır.

2.3.3.Armani Binası

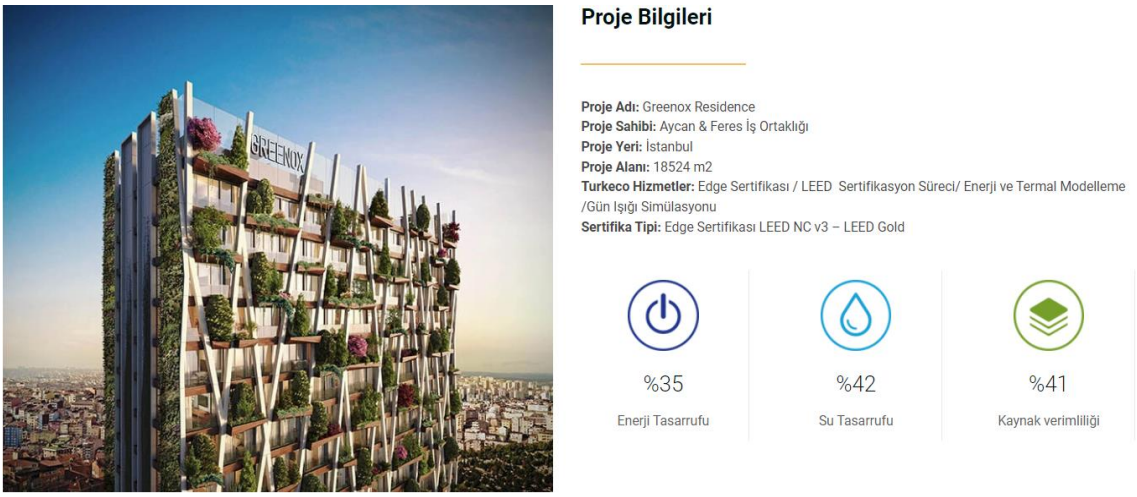
Avrupalı perakende gayrimenkul yatırım firması ve geliştiricisi Vastned, Abdi İpekçi sokak No: 41 Ticaret Binası BREEAM 2013 skorları doğrultusunda yönlendirilerek BREEAM-Good sertifikasına sahip projede gerekli sorumlulukları yerine getirip uygulayan bu yapı da enerji ve su ile ilgili çeşitli yararlı cihazlar kullanılmıştır.



Şekil 17.*Armani Binası Bilgileri*

İç ortam hava kalite derecesinde bina sakinlerinin kontrolüyle sistemlerle çalışanlar ve firmayı ziyaret edenler için sağlığa önem verilmiş ve konforlu iç ortam oluşturulmuştur. Armani binasının belediyenin toplu taşıma noktasına ve şehirsel donatılara yakın bulunması, araçlardan çıkan CO2 salınımının ve trafik yoğunluğunun azaltılmasına yararı vardır. (14)

2.3.4.Greenox Rezidans



Şekil 18. *Greenox Rezidans Bilgileri*

Aycan & Feres İş birliğiyle kentsel dönüşüm himayesinde İstanbul Kağıthane, Çeliktepe mahallesinde inşaatı bitirilen, Türkiye'nin ilk dikey orman görünüşüyle tasarlanan bu proje 2018 yılının Kasım ayında IFC (International Finance Corporation) aracılığıyla EDGE Yeşil Bina olarak bilinen Gelişim Programı vasıtasıyla Türkiye'nin ilk müteahhittin işinin bitmesinden sonrası EDGE Yeşil Bina Sertifikasına sahip olmayı hak kazanan pilot projesi olarak görülmektedir.

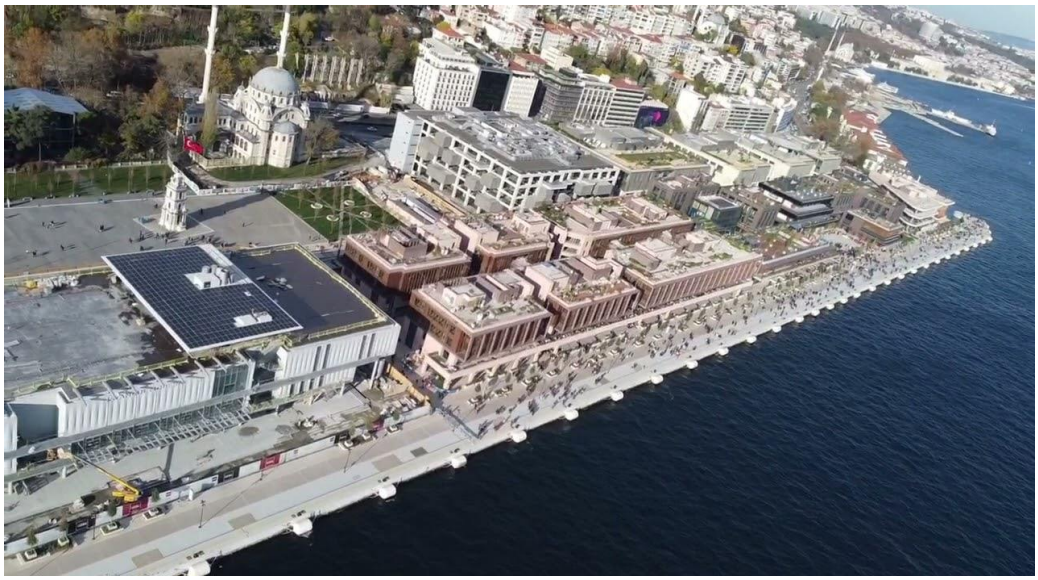
Projenin tasarım aşamasından bitimine kadar LEED sertifikasının kriterlerine dikkat edilerek tasarlanan ve Gold adayı olan bu proje soğutma sisteminde yüksek performans kat sayısı değeri olan değişken soğutucu akışkan debisine sahip olmasıyla birlikte suyu ısıtma ve sıcak suyun daha elverişli depolama yerlerinden elde edilmesi, tüm iç ve dış mekanlarında enerji verimli LED armatürlerin seçilip kullanıldığı, ortak alan ile dış mekanda kabul edilip seçilen varlık sensoru uygulanması enerji tasarrufunda %35 verimliliğin olması başarılmıştır. Bütün katlardaki konutlarda düşük su akışının olduğu tepe ve el duş başlıklarının, lavabo ve mutfak bataryalarının seçilmesi ile, 2.5/4lt çift değişkenli rezervuarların kullanılmasıyla birlikte sudan %42 verimlilik sağlanmıştır.

Döşeme, iç ve dış duvar, çatı ve pencere pervazları dahil bütün sistemlerinde kullanılan malzemelerin düşük gömülü enerjiye olanak sağlaması kaliteli malzeme kategorisinde %41 değerinde tasarruf sağlanmasına katkıda bulunmuştur. (14)

2.3.5.Galataport

Amerika Yeşil Binalar Konseyi olan USGBC aracılığıyla geliştirilen LEED Platin seviyesindeki sertifikasını almayı hak kazana bu proje aynı zamanda Avrupa'da seçilmiş en büyük ikinci LEED Platin sertifikasına sahip proje olmuştur.

Boğaz kenarındaki toplam 112 bin $m^{2\prime}lik$ bir alanda 1,2 km sahil yolunu kapsayan Galataport İstanbul, yeşil yapılar standartlarının en yüksek değerlerini karşılayacak şekilde amaçlanıp tasarlanmıştır.



Şekil 19. *Galataport İstanbul Kuş Bakışı Görüntüsü*

Galataport İstanbul projesinde yer alan, deniz suyuyla Galataport'un soğutma sistemlerinin bulunduğu mekanik cihazlar, küresel konfor, enerji verimliliğiyle birlikte su verimliliğini de standartların üzerinde sistemlerle mühendisliği en ince detayına kadar düşünülmüş detaylarla yapılmış sistemlerle çevreye çoğu yeşil binalardan daha duyarlı inşaat süreçleri olsun bütün aşamalarında Galataport İstanbul'a ve Türkiye'ye, PLATİN sertifikasını getirmiş bulunmaktadır. Yapıların sürdürülebilirlik derecelerine göre değerlendirilen Kaynak, Su tasarrufu ve Kaynak verimliliği açısından Gold

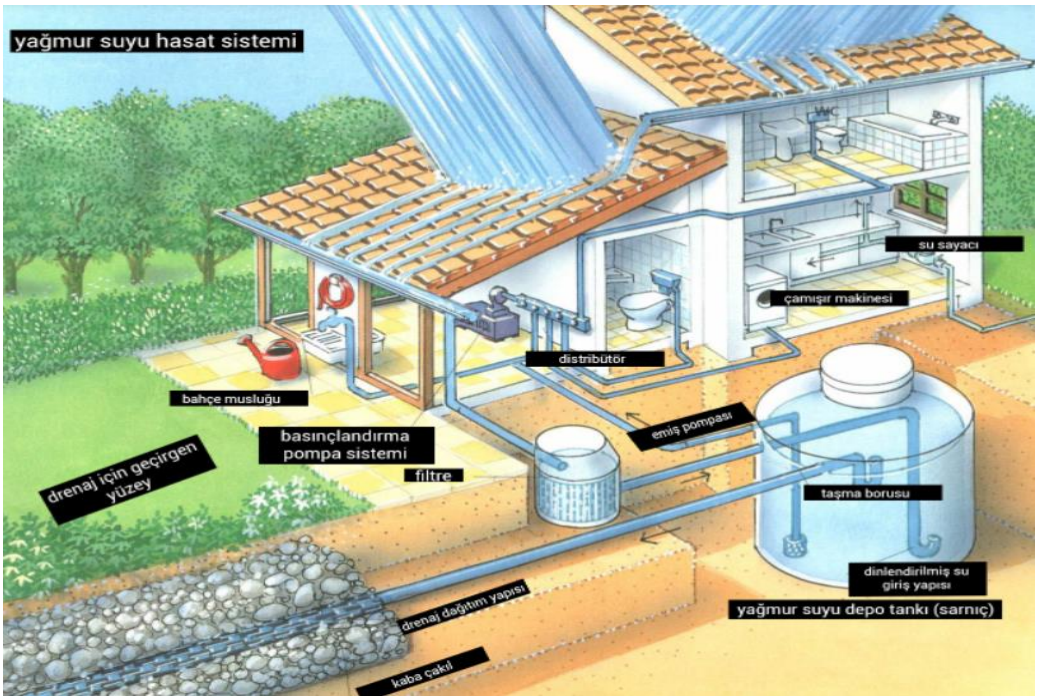
sertifikalı Çoğu yapıdan %25 daha fazla verimliliğe sahiptir. Yeni yapılmasından dolayı hiçbir kaynakta net verimliliği yazmamaktadır. (18)

2.4.Çatılarda Yağmur Suyu Kullanım Yöntem ve Hesaplamaları

2.4.1.Çatılardan Yağmur Suyunun Depolama Yöntemi

Çatılardan hasat edildikten sonra iki farklı depolama yöntemi vardır. Bunlardan biri yer altında güneş görmeyen bir sistem kurularak muhafaza edilen, diğeri ise Açık alanda genellikle tek katlı yapılarda kullanılan sistemdir.

2.4.1.1.Yağmur Suyu için Olan Depo Sisteminin Yerin Altında Olması



Şekil 20. *Yeraltı Deposu için Yağmur Suyu Hasadı Sistem Adımları*

Yağmur suyu hasadı için gerekli olan sistemin birinci adım olan yağmurun oluklara akmasından tekrar kullanımına kadar izlenilen yol Şekil 20'deki gibidir. Olukta toplanıp borudan inmeye başlayan yağmur suyu öncelikle filtre sisteminden çoğu büyük tanelerden arıtılarak depoya aktarılmaktadır. Depodan sisteme emiş pompasıyla dağıtıcıya aktarılan yağmur suyu koku kapanı vasıtasıyla taşma noktasından geçerek eğer daha sağlıklı bir su kullanımı istenildiği takdir de öncesinde Çoğunlukla endüstriyel olarak bilinen Çift kademeli Ters Ozmos sistemleri (11) gibi suyun az

yoğunluklu bir ortam düzeyinden hassas geçirgen bir zar aracılığı ile daha fazla yoğunluklu bir ortama enerji sarf ettirip geciktirmeden geçişini ve temizlenmesini sağlayan bir sistem kurulabilirken yağmur suyunun yaklaşık olarak ilk 5 dakikası temizlik için depo dışına dökülmesi şartıyla bu sisteme gerek duymamaktadır. Gerekli arıtmalardan ve filtreden geçtikten sonra ev içinde çamaşır makinesi, lavabo, bahçe musluğu, havuz doldurma vanaları, araba yıkamak için kullanılan su sistemlerinde kullanılmak üzere borularla taşınmaktadır. İstenildiği takdirde en yüksek saflığa yakın arıtma sistemlerini kullandıktan sonra temiz su deposuna aktarılıp arıtılma kullanılmayan suyun bozulma riskine göre daha uzun süre kullanılmaya bekletilebilmektedir.

2.4.1.2.Yağmur Suyu için Olan Depo Sisteminin Yapının Dışında Olması

Yeraltı yağmur suyu sistemlerinden daha az maliyetli ve tankın koyulabilecek yerinin olması dahilinde yeraltı sistemlerine göre daha kullanışlı, pratik inşa edilen temizlenebilmesi yeraltı sistemlerine göre daha az maliyetli ve hızlı kurulabilen bir sistemdir. Villa veya tek katlı evlerin yakınına ya da gerekli sistem kurulduğunda çatısına konulabilen, ışık geçirgenliği yeraltı sistemlerindeki tanklardan daha az olan yapılarda kullanılması dışında bütün sistem aynı şekilde işlemektedir.

2.4.2.Çatılarda Yağmur Suyunun Hasadı ve Depolanma Hesabı

Yağmur suyunu çatılardan hasadının birçok yöntemi olmasıyla birlikte en genel kullanılan hesap yöntemiyle öncelikle il ve ilçenin yağış oranı bulunur. Yağmur suyu hasadıyla toplanılacak olan yağmur suyu miktarının hesaplanmasında, çatı katsayısı, filtre etkinlik katsayısı ve hasadın gerçekleştikten sonra depolanacağı tank sisteminin yerleştirileceği yerin kapasitesi gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

e: Çatı etkinlik katsayısı, hasadın yapılacağı alana düşen toplanılan suyun kapasitesine göre değişen bir katsayıdır. Bu katsayı çatının dış yapısında kullanılan malzemenin yapısal özelliklerine göre farklılık göstermektedir.

Tablo 4. Çatının Dış Malzemesine Göre Çatı Katsayıları

Çatı Malzemesi	Çatı Katsayısı %
Eğimli Sert Çatı	0,8
Düz Çatı, Çakılsız	0,8
Düz Çatı, Çakıllı	0,6
Yeşil Çatı, Yoğun	0,3
Kaplamalı/Bileşik Kaplamalı	0,3
Asfalt Kaplamalı	0,8

η*:* Filtre etkinlik katsayısı, Çatının yağış alan toplam alanından hesaplanarak toplanan yağmur suyunun, görünürdeki katı maddelerden ayrıştırılması için gerekli olan ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Yağmur hasadının bir miktarının filtreden geçerken kaybolması haline yönelik seçilir. DIN1989 standardına göre 0,9 olarak alınmaktadır.

A_A*:* Yağmur toplama alanı, Yağmur suyu hasadının yapılacağı eğimli/eğimsiz olan çatının alanıdır.

h_N*:* Yağış miktarı, Meteoroloji Genel Müdürlüğünce seçilen ortalama yıllık yağış miktarıdır.

$$E_R = A_A \; x \; h_N \text{ x } e \; x \; \eta \qquad (1)$$

Denklem 1.E_R*: Toplam yağmur suyu hasadı yıllık(m³=l/a) (11)*

Bu yağmur suyu hasadını hesaplamakla birlikte yağmur suyunun toplanacağı depo hacmini aşağıdaki denklemle hesaplanabilmektedir.

$$V = A_A \; x \; h_{Nmax} x \; e \; x \; \eta \qquad (2)$$

Denklem 2.*V: Yağmur suyu için yeterli olan depo kapasitesi (L),*

A_A: Yağmur suyu hasadının toplama alanı (m²)

h_{Nmax}: Maksimum yağış alan ayın sahip olduğu yağış miktarı (mm/m²)

Yağmur hasadından hesaplanan yağış miktarını, yılın en çok yağış alan ayına göre yer altı veya yer üstü deposu ton bazında seçilmelidir. Yukarıdaki kat sayılarında ne kadar dikkat edildiği bilinse de seçilen bu depo boyutuna yeraltı ve yer üstündeki

depoların buharlaşma, arıtmadaki kayıpları gibi seçenekleri göz önünde bulundurulmalıdır.

BÖLÜM 3. İSTANBUL İÇİNDE TEK KATLI VE DÖRT KATLI ÖRNEK HESAPLAMALAR İLE YAĞMUR SUYU HASADI VE GRİ SU HESABI

3.1.İstanbul'da Tek Kat ve Dört Katlı Yapılar için Örnek Çalışma

3.1.1.İstanbul için Yıllık Ortalama Gri Su Kullanım Hakkında Bilgiler

Şekil 9'da da belirtildiği gibi İstanbul içinde bir kişinin gri su kullanımı toplamda günlük harcadığı suyun %65'ine tekabül etmektedir. Bir kişi günlük 189 litre harcadığını bilindiğine göre gri su oranı;

Duş, Banyo ve Lavabodan %40 x 189 =75,6 litre

Çamaşır Yıkamadan %13 x 189 = 24,57 litre

Mutfaktan %12 x 189 = 22,68 litre

Bu üç gri su toplama grubunun günlük kişi başına toplanabilecek gri su tutarı 123 litre olarak belirlenmektedir.

3.1.2.Yağmur Suyu için Örnek Çalışmalar için Bilgiler

Bu bölümünde 4 kişilik ailelere göre tek yapı ve 4 katlı yapılar için hesap yapılmaktadır. Hesaplamanın yapılırken ki aşamasında kat planının benzer olmasına dikkat edilerek çatı alanlarının arasındaki fark eşit tutulmaktadır. Çatı eğimi kat sayılar içindeki kayıplardan dolayı ve İstanbul'un çatı yapısının sürekli farklılık gösterildiğinden dolayı dikkate alınmamıştır.

İstanbul'da bir evin kişi sayısının ortalamasını 3,30 (13) olarak kabul edilmektedir. Bir evin ortalama 1 oturma odası,3 yatak odası, mutfak ve banyodan oluştuğu düşünüldüğünde tek katlı ve 4 katlı yapıların toplam 200 m^2 çatıya sahip olduğunu kabul ederek örnek çalışmaya devam edebiliriz. Şekil 13'teki İstanbul için yağış miktarlarını da baz alarak aşağıda işlemleri yapabiliriz. Çatı etkinlik kat sayısını da Şekil 15'ten İstanbul'un genel çatı yapısının kullanıldığı eğimli sert çatı katsayısını 0,8 alarak devam edebiliri

İstanbul genelinde bir kişinin konutta yaklaşık günlük su harcamasının ortalama 189 litre olarak raporlarda bilinmektedir. (13)

3.1.2.1.İstanbul için Tek Katlı Yapının Yağmur Suyu ve Gerekli Deponun Hesabı

Çatı alanı (Yatay) (A_A)= 200 m^2

Bir kişi için günlük su tüketimi= 189 litre

Yıllık yağış miktarı(h_N)= 648,1 mm

Çatı etkinlik katsayısı(e)= 0,8

Filtre etkinlik katsayısı(η)= 0,9

$$E_R = A_A \; x \; h_N \; x \; e \; x \; \eta \qquad (3)$$

$$E_R = 200 \; x \; 648{,}1 \; x \; 0{,}9 \; x \; 0{,}8$$

$$E_R = 93.327 \; litre/yıl$$

Yıllık 93.327 litre yağmur suyu depolanabiliyorsa bunun için gerekli olan su deposunun da ortalama aylık ne kadar büyüklükte olması gerektiğini hesaplamalıyız.

İstanbul için en yüksek yağış alan ayın Şekil 15 ‘den aralık ayı olduğu ve 97,2 mm yağışı kullanarak;

$$V = A_A \; x \; \; h_{Nmax} \; x \; e \; x \; \eta \qquad (4)$$

$$V = 200 \; x \; 97{,}2 \; x \; 0{,}9 \; x \; 0{,}8$$

$$V = 13{,}997 \; litre/ay$$

Bulduğumuz 14 bin litrelik bir yıl içerisindeki en çok yağış alan ayın depolanması gereken su miktarı için yaklaşık olarak 15 tonluk yeraltı veya üstü su deposu yeterli olacaktır.

Bir kişi yaklaşık olarak günlük 189 litre su harcandığı biliniyorsa aylık olarak;

189 x 30 = 5.670 litre ortalama su harcamaktadır. Yıllık ise 5.670 x 12 = 68.040 litre harcamaktadır.

İstanbul içinde bir konutta yaklaşık 3,33 kişi kaldığını verilerden bildiğimize göre de

5.670 x 3,33= 18.881 litre su bir aile aylık harcanmaktadır.

Bu harcanan suyun %65'i gri suya dönüşebilen kısmı olduğunu düşünürsek de

18.881 x 0,65 = 12.272 litre aylık arıtılabilir gri su çıkışı olabileceğini hesaplamaktayız.

Bunu yıllık olarak düşündüğümüzde de bir konutun ve bir ailenin harcadığı ortalama su miktarı ve gri su değeri ise;

18.881 x 12 = 226.572 litre olarak yıllık su kullanımı hesaplanmaktadır.

12.272 x 12 = 147.264 litre gri su yıllık elde edilebilir.

3.1.2.2.İstanbul için Dört Katlı Yapının Yağmur Suyu ve Gerekli Deponun Hesabı

Tek katlı konutla aynı yıllık bir kişi için olan bilgiler tekrar kullanılacağından yukarıdan alınarak dört katlı yapıda da 4 daire olduğunu varsayarak diğer hesaplamalar şöyledir;

Bir konut günlük 189 x 3,33 x = 630 litre su harcamaktadır.

4 katlı bir yapı günlük 630 x 4 = 2520 litre su harcamaktadır. Aylık olarak 2520 x 30 = 75.600 litre su harcamaktadır. Yıllık olarak 75.600 x 12 = 907.200 litre su harcamaktadır.

Gri Su olarak günlük 1.638 litre su geri dönüştürülebilir. Aylık 1.638 x 30 = 49.140 litre,

Yıllık olarak 49.140 * 12 = 589.680 litre su gri suya dönüştürülmeye kullanılabilir.

Aşağıdaki Tablo 4'te ki veriler doğrultusunda Tek katlı ve Dört katlı yapıların ortalama ne kadar su harcayıp ne kadar yağmur suyu elde edebildiği ve eğer gri su sistemi kurulduğu takdir de ortalama ne kadar gri su dönüştürülebileceğini ortalama ne kadar barajlardan gelen temiz Su'dan tasarruf elde edilebileceğini de hesaplayabiliriz.

Tablo 5. İstanbul'da Tek Katlı ve Dört Katlı Yapının Analiz Sonucudur.

Bilgiler	Tek Katlı Konut	Dört Katlı Konut
Plandaki Çatı Alanı	$200\ m^2$	
Ortalama Yıllık Yağış	648,1 mm	
Aylık Toplanılan Yağmur Suyu (Max)	13.997 litre/ay	
Yıllık Toplanan Yağmur Suyu	93.327 litre/yıl	
Kullanılan Su Miktarı (kişi/gün)	189 litre	
Günlük Geri Dönüştürülebilen Gri Su Miktarı (kişi/gün)	123 litre	
Yıllık Kullanılan Su Miktarı (kişi/yıl)	68.040 litre	
Geri Dönüştürülebilir Gri Su Miktarı (kişi/ay)	3686 litre	
Yıllık Geri Dönüştürülebilir Gri Su Miktarı (kişi/yıl)	44.226 litre	
Günlük Kullanılan Su Miktarı (3,33 kişi/gün)	630 litre	2.519 litre
Kullanılan Su Miktarı (3,33 kişi/gün)	226.600 litre	906.840 litre
Geri Dönüştürülebilir Gri Su Miktarı (3,33kişi/yıl)	147.420 litre	589.446 litre

Tek katlı konutlarda yaklaşık olarak yağmur sularıyla $200\ m^2$ çatı alanı olan bir konutta 93.327 litre su tasarruf edilebileceğini ve bu suyun nerelerde kullanılacağı bakılmaksızın istenildiği takdir de arıtılıp içme suyu, duş ve diğer temiz suya ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılabilir.

Hesaplamalardan elde edilen yaklaşık sonuçlar doğrultusunda;

Tablo 6. Tek ve Dört Katlı Binanın Yaklaşık Tasarruf Yüzdeleri.

Yapı	Yıllık Yağmur Suyundan Elde Edilen Tasarruf %
Tek Katlı	41
Dört Katlı	11

Hasadı yapılan çatıları aynı hesap içerisinde olduğunu belirterek yağmur suyundan elde edilebilecek ortalama su tasarrufu Tablo 5'te ki gibidir tasarruf sağlanabilir.

3.2.İstanbul Genelinde Yaklaşık Yağmur Suyu Hasadı

İstanbul ili içerisinde TUIK verilerine göre 2002-2021 yılları arasında kayıtlara geçmiş yapı kayıt belgeli toplam $827 milyon\ 826\ bin\ 183\ m^2$ değerinde bina yüz

ölçümü bulunmaktadır. (5) Toplam bina sayısı 1.528.782 olarak bilinmektedir. (19) Bu binaların yaklaşık olarak %70'inde ortalama $100\,m^2$ yağmur hasadı yapılabilseydi $107.010.960\ m^2$etmektedir. Yıllık yağış miktarının 648,1 mm olduğu bilindiğine göre;

0,6481 x 107.010.960 = $69.353.804\ m^3$ yağmur suyu hasadı yapılabilmektedir.

Aylık olarak İstanbul ilinde yaklaşık $99.899.750\ m^3$temiz su tüketildiğine göre elde ettiğimiz yağmur suyundan İstanbul genelinde;

69.353.804/99.899.750=0,694=%69,4 olduğuna göre 30 günlük 99 milyon m^3 gerekli suyun 20,7 günlük su tüketimini karşılayabilecek kadar su tasarrufu sağlayabiliriz. Bu sayı da kuraklık zamanında ve bir yıl içerisinde 20,7 gün olarak önemli bir rakamdır.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Küresel olarak Dünya ve Türkiye'nin başlıca kaynak sorunu haline gelen susuzluk, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri yüzünden küresel açıdan en büyük krizlerden biri olacağı ön görülmektedir. Türkiye ne kadar su fakiri ülkeler arasında bulunmasa da kişi başına kullanılan ve düşen su miktarıyla dünya genelinde daha geri sıradadır. Dünya genelinde bu su kıtlığının önüne geçilebilmesi için farklı teknolojiler yapılıp kullanılsa da maliyeti en az olanı yağmur suyu hasadı olarak bilinmektedir ve çoğu ülkede bu yağmur suyu sistemleri zorunlu olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmayla Ülkemizin ve İstanbul'un su korunumunu, Dünya genelinde kullanılan 5 bölge Köppen iklim sınıflandırmasıyla yağmur suyunun sınıflandırılması, yağış oranlarının hesaplanması, çatılardan yağmur suyunun toplanmasından hasat sisteminin işleyişine, yeşil bina sertifikalarıyla yağmur suyunun kullanım yerleri ve gri sularla geri dönüşüm yollarına kadar yeni fikirler ve İstanbul için kullanılan baraj ve diğer kaynakların kullanımından ne kadar tasarruf sağlanabileceğini ve insanları yapılarına bu sistemi kurmaya teşvik etmeye yönelik bir rehber niteliğinde bir yaklaşım gösterilmiştir.. Bunun dışında aynı çatı metrajına sahip tek katlı ve dört katlı yapıları örnek alarak yağmur hasadının işleyişini ve bununla tek hanede ve dört hanedeki su tasarrufunu yağmur suyu hasadı ve gri su ile ortalama ne kadar temiz su kurtarabileceğimizi hesaplanmıştır. Asıl bu tez de araştırılıp sunulmak istenen İstanbul'da yaklaşık çatı oturum alanıyla ne kadar temiz sudan tasarruf sağlayabiliriz onu görmektir. Hesaplamalar sonrasında yaklaşık bir hesap yapıldığında İstanbul ili için yağmur suyu hasadı yapıldığı takdirde 20,7 günlük bir temiz su tasarrufu sağlanabilmektedir.

KAYNAKÇA

Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü. Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi. *Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü.* [Çevrimiçi] 05 Ocak 2016. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/koppen.pdf.

Birleşmiş Milletler. BM Dünya Su Geliştirme Raporu 2022. *Birleşmiş Milletler Suyla Mücadele Web Sitesi.* [Çevrimiçi] 21 03 2022. [Alıntı Tarihi: 24 03 2022.] https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022/.

Deutsches Institut Fur Normung(German National Standard). *Rainwater Harvesting Systems.* basım yeri bilinmiyor, Germany : German Naational Standard Institute, 04 01 1989.

DSI. Toprak Su Kaynakları. *Devlet Su İşleri Web Sitesi.* [Çevrimiçi] 31 12 2019. [Alıntı Tarihi: 25 03 2022.] https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754.

Ecobuild. Ecobuild Turk. *Ecobuild Yeşil Binalar.* [Çevrimiçi] Ecobuild Sertifika Danışmanlığı, 23 07 2020. [Alıntı Tarihi: 15 06 2022.] https://www.ecobuild.com.tr/.

Elif Burcu Atçı. Dünya Genelinde Su Kaynaklarının Durumu. *Artemis Arıtım Web Sitesi.* [Çevrimiçi] 30 09 2019. [Alıntı Tarihi: 23 03 2022.] https://www.artemisaritim.com/dunya-genelinde-su-kaynaklarinin-durumu.

Galataport. Galataport İstanbul. *Galataport Web Sitesi.* [Çevrimiçi] Doğuş Holding, 27 12 2021. [Alıntı Tarihi: 17 06 2022.] https://www.galataport.com/tr/basin-bultenleri/galataport-stanbul-avrupanin-leed-platin-sertifikali-en-buyuk-ikinci-projesi-oldu.

Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı. Gökhan Ekrem Üstün ve Ayşenur Tırpancı. 2, 2015, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Aylık, Cilt 20, s. 121-129.

Hikmet Faruk Başer. aa. *Anadolu Ajansı Web Sitesi.* [Çevrimiçi] Anadolu AAjansı, 04 08 2021. [Alıntı Tarihi: 2022 04 04.] https://www.aa.com.tr/tr/gundem/istanbulda-rekor-su-tuketimi/2323903#:~:text=Kente%20su%20sa%C4%9Flayan%20baraj%20ve,420%2C49%20milyon%20metrek%C3%BCp%20oldu.

ISKI. İSKİ Genel Müdürlüğü. *İSKİ Web Sitesi.* [Çevrimiçi] İSKİ, 01 01 2021. [Alıntı Tarihi: 20 06 2022.] https://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/faaliyet-raporlari1.

LEED mi BREEAM mi? Somalı, Berkay. 1, İstanbul : Yeşilbina sürdürülebilirlik ve yapı teknolojileri dergisi, 2010, Cilt 1.

Mc Knight, Darrel Hess, Illustrated by Dennis Tesa. Climate Zones and Types: The Köppen System. [kitap yaz.] Mc Knight. *Physical Geography: A Landscape Appreciation.* Upper Saddle River NEW JERSEY : Prentice Hall, 2000, s. 200-5.

NG MUHENDISLIK. NG Mühendislik Arıtma Sİstemleri. *NG Arıtma Web Sitesi.* [Çevrimiçi] NG Mühendislik, 01 01 2020. [Alıntı Tarihi: 07 06 2022.] https://www.ngaritma.com/post/ters-ozmoz-reverse-osmos-nedir. ISO9001.

Selin Çoban. bilimgenc. *Tubitak Web Sitesi.* [Çevrimiçi] tubitak, 22 03 2021. [Alıntı Tarihi: 22 03 2022.] https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/gelecekteki-tehlike-su-kitligi.

TUIK. Nüfus, Yıllık Nüfus Artış Hızı, İl, İlçe, Belde Belediyesi, Köy Sayısı ve Nüfus Yoğunluğu. *TUIK Web Sitesi.* [Çevrimiçi] 04 02 2022. [Alıntı Tarihi: 25 03 2022.] https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1.

TUIK. TUIK. *Türkiye İstatistikler Kurumu Web Sitesi.* [Çevrimiçi] 08 10 2019. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Belediye-Su-Istatistikleri-2018-30668#:~:text=Belediyeler%20taraf%C4%B1ndan%20i%C3%A7me%20ve%20kullanma,208%20litre%20oldu%C4%9Fu%20tespit%20edildi..

TURECO. TURECO a responsible tomorrow. *TURECO Web Sitesi.* [Çevrimiçi] TURECO, 01 01 2018. [Alıntı Tarihi: 14 06 2022.] https://www.turkeco.com/.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Eğitim Daire Başkanlığı. su-20180222083149. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Web Sitesi.* [Çevrimiçi] T.C Şehircilik Bakanlığı , 26 06 2017. [Alıntı Tarihi: 23 03 2022.] https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/su-20180222083149.pdf.