İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ SULAMASINDA KULLANILAN ALTERNATİF SU KAYNAKLARI: BEYLİKDÜZÜ, SAKLIHAN KONAKLARI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Begüm ALTINDENİZ

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

TEZİN SAVUNULDUĞU HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ SULAMASINDA KULLANILAN ALTERNATİF SU KAYNAKLARI: BEYLİKDÜZÜ, SAKLIHAN KONAKLARI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Begüm ALTINDENİZ
(502081601)

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN

TEZİN SAVUNULDUĞU HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502081601 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Begüm ALTINDENİZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"PEYZAJ SULAMASINDA KULLANILAN ALTERNATİF SU KAYNAKLARI: BEYLİKDÜZÜ SAKLIHAN KONAKLARI ÖRNEĞİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL** .....
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY.....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2012**

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve desteğini esirgemeyen, bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük katkısı olan hocam Doç. Dr. Yasin Çağatay SEÇKİN'e, değerli katkısı için Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL'e, bugüne kadar ilgi ve sevgileriyle hep arkamda duran, destek olan aileme çok teşekkür ederim.

Haziran 2012

Begüm ALTINDENİZ
(Peyzaj Mimarı)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xviii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı ve Yöntemi 5
1.2 Tezin Kapsamı 5
2. PEYZAJ SULAMASI VE ALTERNATİF SU KAYNAKLARI **7**
2.1 Peyzaj Sulaması 7
2.1.1 Sulama sistemi seçiminde etkili doğal faktörler 8
2.1.1.1 İklim 8
2.1.1.2 Toprak 9
2.1.1.3 Mikroklima 10
2.1.1.4 Bitkiler 10
2.1.2 Yağmurlama sulama sistemi 12
2.1.3 Damlama sulama sistemi 13
2.2 Alternatif Su Kaynakları 15
2.2.1 Yağmur suyunun depolanması 15
2.2.1.1 Yağmur suyu sistem elemanları ve bakımı 17
2.2.1.2 Yağmur suyunun peyzaj sulamasında kullanımı 24
2.2.1.3 Yağmur suyunun diğer kullanımları 24
2.2.2 Gri suyun arıtılarak yeniden kullanılması 25
2.2.2.1 Gri su arıtılması sistem elamanları ve bakımı 27
2.2.2.2 Arıtılmış gri suyun kalitesi 32
2.2.2.3 Arıtılmış gri suyun peyzaj sulamasında kullanımı 34
2.2.3 Diğer alternatif su kaynakları 34
2.2.3.1 Desalinizasyon 34
3. BEYLİKDÜZÜ, SAKLIHAN KONAKLARI SULAMA PROJESİ ÖRNEĞİ **37**
3.1 Proje Alanı 37
3.1.1 Proje alanı genel bilgiler 37
3.1.2 Proje alanı doğal verileri 40
3.2 Sulama Sistemi Projesi ve Su Kaynakları 41
3.2.1 Sulama sistemi projesi tanıtımı 41
3.2.2 Su kaynakları 46
3.2.2.1 Depolanmış yağmur suyu 47
3.2.2.2 Arıtılmış Gri su 48

3.2.2.3 Şebeke suyu 50
3.3 Değerlendirme Kriterleri 52
3.3.1 Sistem bileşenleri 52
3.3.2 Maliyet 55
3.3.3 Bakım 60
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 65
ÖZGEÇMİŞ 69

KISALTMALAR

AKM : Askıda katı madde
A.B.D : Amerika Birleşik Devletleri
BOİ : Biyokimsayal oksidasyon
$BOİ_5$: Beş günlük biyokimyasal oksidasyon
BREEM : Building Research Establishment Enviromental Assessment Method
EPA : Enviroment Protection Agency
GW : Grey water
İSKİ : İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KOİ : Kimyasal oksijen ihtiyacı
LEED : The Leadership in Energy and Enviroment Design
MBR : Membran biyoreaktör
NH_3-N : Amonyak azotu
ÖDA : Önemli doğa alanı
SKYY : Su kirliliği kontrol yönetmeliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Su kaynaklarının yer yüzündeki dağılımı 2
Çizelge 1.2 : Dünya'da yıllara göre su tüketimi 2
Çizelge 1.3 : Türkiye'de su kaynaklarının kısa künyesi 3-4
Çizelge 2.1 : Toprak tipi ve arazi eğimine göre toprağın en yüksek su emme hızları. 9
Çizelge 2.2 : Toprağın su tutma özellikleri 10
Çizelge 2.3 : Bitki gruplarının kurak koşullara karşı tepkileri 11
Çizelge 2.4 : Bitki tipleri itibariyle su tüketimi 11
Çizelge 2.5 : Damlama ve yağmurlama sulama yöntemlerinin kıyaslanması 14
Çizelge 2.6 : Arıtılmadan önceki gri su bileşenleri 32-33
Çizelge 2.7 : Evsel atık suları arıtan MBR'lara tipik çıkış suyu kalitesi 33
Çizelge 2.8 : Bazı maddelerin büyüklükleri 34
Çizelge 3.1 : İstanbul ili sıcaklık değerleri 40
Çizelge 3.2 : Yağışlı gün sayısı ve kurak mevsimdeki ortalama yağış miktarı 40
Çizelge 3.3 : Sulama sistemi keşif listesi 55-56-57
Çizelge 3.4 : Gri suyun arıtılması keşif listesi 58
Çizelge 3.5 : Yağmur suyunun depolanması keşif listesi 58

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yeryüzündeki su kaynaklarının dağılımı. 2
Şekil 2.1 : Yağmurlama sulama sistemi ögeleri. 12
Şekil 2.2 : Damlama sulama sistemi 13
Şekil 2.3 : Damlama sulama sistemi elemanları 13
Şekil 2.4 : Yağmur suyu depolanması sisteminin kurulumu 16
Şekil 2.5 : Yaprak tutucu filtreler. 19
Şekil 2.6 : Oluk filtreleri 19
Şekil 2.7 : Çatı yıkayıcılar 20
Şekil 2.8 : Fiberglas depolar 21
Şekil 2.9 : Polietilen depolar 21
Şekil 2.10 : Polietilen depolar …. 21
Şekil 2.11 : Ahşap depolar 22
Şekil 2.12 : Metal depolar 22
Şekil 2.13 : Beton depolar 22
Şekil 2.14 : Günlük evsel su tüketim yüzdeleri …. 26
Şekil 2.15 : Gri suyun sınıflandırılması …. 27
Şekil 2.16 : Gri suyun fiziksel arıtmadan sonra bahçe sulamasında kullanılması... ..28
Şekil 2.17 : Membran biyoreaktör 29
Şekil 2.18 : Membran biyoreaktör sistem dizaynı 30
Şekil 2.19 : Konvansiyonel biyolojik arıtma ve MBR arıtma sistemi …. 30
Şekil 2.20 : Membran biyoreaktör (MBR) teknolojisinin diğer arıtma sistemlerinden üstünlüğü …. 31
Şekil 3.1 : Saklıhan konakları vaziyet planı 37
Şekil 3.2 : Saklıhan Konakları cephe ve genel mimari görünümü 38
Şekil 3.3 : Saklıhan Konakları site girişi. 38
Şekil 3.4 : Saklıhan Konakları peyzaj genel görünümü … 39
Şekil 3.5 : Saklıhan Konakları güneşlenme terasları ve yüzme havuzu görünümü... 39
Şekil 3.6 : Rainbird 3504 rotor pop up 42
Şekil 3.7 : Rainbird 10 Van serisi sprey başlık 43
Şekil 3.8 : Hunter PS-04 A serisi 10', 12', 15', 17'. 43
Şekil 3.9 : Saklıhan konakları sulama projesi …. 45
Şekil 3.10 : Saklıhan Konakları su kaynaklarının miktar olarak değerlendirilmesi . 51
Şekil 3.11 : Saklıhan Konakları yağmur suyu depolanması sistem kurulumu şeması. 53
Şekil 3.12 : Saklıhan Konakları az kirli gri su arıtılması sistem kurulumu şeması... 54

PEYZAJ SULAMASINDA KULLANILAN ALTRENATİF SU KAYNAKLARI: BEYLİKDÜZÜ SAKLIHAN KONAKLARI ÖRNEĞİ

ÖZET

Su, tüm canlıların yaşamsal fonksiyonlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan doğal bir kaynaktır. Kullanılabilir su miktarının, yeryüzünde dağılımı düzensizdir. Artan insan nüfusu, küresel ısınma, kuraklık, bilinçsiz su tüketim politikaları ve benzeri nedenler, mevcut tatlı su kaynaklarının azalmasına neden olmuştur. Bu noktada alternatif su kaynaklarına verilen önem artmış ve bu konuda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

Sulama, bitkinin gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesi biçiminde tanımlanır. Sulama sistemi, sulama yapılacak alanın doğal verileri olan; iklim, toprak özellikleri, mikroklima ve alandaki bitkisel dokuya uygun olarak planlanır. Bu veriler doğrultusunda yağmurlama ve /veya damlama sulama sistemleri ile sulanır.

Sulama suyu, günlük su tüketiminin önemli bir yüzdesini oluşturmaktadır. Türkiye'de suyun sektörel kullanımında, sulama amaçlı kullanım %77'dir. Sulama suyu böylesine yüksek bir orana sahip iken, sulama sistemi projesini doğru planlamak ve alternatif su kaynaklarına yönelmek doğru olacaktır.

Tez kapsamında, yukarıda yer alan verilerden yola çıkılarak, sulama sistemlerinde kullanılabilecek alternatif su kaynakları 'peyzaj sulaması' başlığı altında incelenmiştir. Bina ölçeğinde kolaylıkla uygulanabilen yağmur suyu depolama yöntemi ve gri suyun arıtılması yöntemi alternatif su kaynağı olarak seçilmiştir. Seçilen bu kaynaklar; sistem kurulumu, maliyet ve bakım başlıkları altında incelenerek, projeye uygunlukları tartışılmış, avantajları ve dezavantajları ortaya konmuştur. Çıkan sonuçlar doğrultusunda hangi kaynağın proje uygun ve sürdürülebilir olduğuna karar verilmiştir.

Seçilen proje alanı, İstanbul, Beylikdüzü ilçesinde yer alan Saklıhan Konakları sitesidir. Saklıhan Konakları peyzaj sulama projesi, seçilen iki alternatif su kaynağı olan yağmur sularının depolanması ve gri suyun arıtılması yönünden incelenmiştir. Öncelikle alternatif su kaynakları miktar olarak analiz edilerek, sulama suyu ihtiyacının ne kadarını karşılayabildikleri ortaya konmuştur. Daha sonra, sistem bileşenleri, maliyet ve bakım başlıkları altında değerlendirilmişlerdir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yağmur suyunun depolanmasının, sistemin kurak mevsim boyunca ihtiyaç duyduğu sulama suyunu karşılayamadığı, ancak kurakçıl peyzaja uygun bitkilendirme düzenlemeleri, yağmur bahçeleri gibi kullanımlarla birlikte tasarlanarak etkin ve ucuz maliyetli bir alternatif su kaynağı olabileceği sonucuna varılmıştır. Arıtılmış gri su ise, miktar olarak ihtiyaç duyulan suyun çok üstünde çıkmıştır. Bu nedenle gri suyun %40-50'sini oluşturan az kirli suyun arıtılmasının, hem sistem kurulum maliyeti olarak, hem de enerji tüketimi açısından daha uygun bir kaynak olduğuna ve etkin biçimde uzun yıllar boyunca kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

ALTERNATIVE WATER RESOURCES FOR LANDSCAPE IRRIGATION SYSTEMS : THE EXAMPLE OF BEYLIKDUZU SAKLIHAN KONAKLARI

SUMMARY

Water is a natural resource that is required to keep the vital functions of people and all living things. Water in nature has a variety of types. The distribution of useful water on the earth is irregular. The increasing human population, global warming, drought and unconscious water consumption policies has led to reduction of available fresh water resources. At this point, increased attention to alternative water resources and studies on this issue has gained momentum.

Irrigation covers a high percentage of daily water usage. In Turkey the percentage of the irrigation water in sectoral usage is 77 %. Even irrigation water has a higher rate, irrigation system projects should be very well planned and to be heading for usage of alternative water resources.

In this study, according the data as bellows; alternative water supplies that can be used in irrigation systems were examined under the topic "landscape irrigation". In terms of this, we prefer that, rainwater harvesting and recycling grey water supplies methods are much useful and easily applicable for the building scale. The objective was to point out the economic and the ecologic advantages and disadvantages of these alternative water supplies in contrast to municipal water.

Irrigation is an artificial application of water to the soil through various systems of tubes, pumps, and sprays. Irrigation is normally used in areas where rainfall is inconsistent or dry conditions or drought is expected. There are different types of irrigation systems, depending on how the water is spread throughout the field. Some general types of irrigation systems are, sprinkler irrigation systems and drip irrigation systems.

In sprinkler irrigation water is applied to all field by means of rotating sprinklers or mini-sprinklers connected to a pressurized pipe system. Sprinkler spread water over a radius of 5 to 300 feet as depending on design. This type of system is commonly used in lawns, golf courses, cemeteries, parks, and other turf areas. Drip irrigation, also known as trickle irrigation or micro irrigation or localized irrigation, is an irrigation method that saves water and fertilizer by allowing water to drip slowly to the roots of plants, either onto the soil surface or directly onto the root zone, through a network of valves, pipes, tubing, and emitters. It is done through narrow tubes that deliver water directly to the base of the plant. This type of system is commonly use in flowerbeds, shrub areas. These irrigation systems are chosen through the natural factors of the irrigation area. The main natural factors are climate, soil type, plantation and microclimate.

Climate includes rainfall, air movements, damp, temperature and wind. The number of rainy days and amount of rain water in dry season determine the amount of irrigation water and the days, that needed irrigation.

Soil is a natural body consisting of layers (soil horizons) that are primarily composed of minerals which differ from their parent materials in their texture, structure,

consistency, color, chemical, biological and other characteristics. The most important soil property is infiltration rate. Infiltration is the process by which water on the ground surface enters the soil. Infiltration rate in soil science is a measure of the rate at which soil is able to absorb rainfall or irrigation. It is measured in inches per hour or millimeters per hour. The rate decreases as the soil becomes saturated. If the precipitation rate exceeds the infiltration rate, runoff will usually occur unless there is some physical barrier. It is related to the saturated hydraulic conductivity of the near-surface soil. The rate of infiltration can be measured using an infiltrometer. Infiltration depends soil types. There is three types of soil. These are sandy soils, sandy and clayey soil and clayey soil.

Plantation is another important factor of the choice of irrigation system type. Plants are divided into three groups according to the water necessity. These are drought-resistant plants, drought-tolerant plants, drought-susceptible plants. Landscape designers have to design plantation projects to explore an encourage the use of more sustainable irrigation technologies.

A microclimate is a local atmospheric zone where the climate differs from the surrounding area. The term may refer to areas as small as a few square feet or as large as many square miles. Microclimates exist, for example, near bodies of water which may cool the local atmosphere, or in heavily urban areas where brick, concrete, and asphalt absorb the suns energy, heat up, and reradiate that heat to the ambient air: the resulting urban heat island is a kind of microclimate.

The selected project area, named Saklihan Mansions, is located in Beylikdüzü, Istanbul. The irrigation system of the project is planned with rainwater harvesting and grey water treatment methods.

Rainwater harvesting is the practice of capturing and storing rain to provide water for human use. Rainwater harvesting systems most frequently collect water from building roofs and store it in tanks, called cisterns. The system components are; surfaces of capturing rain water (roofs), horizontal and vertical gutters, filters, cisterns, piping.

Grey water refers to the reuse of water drained from baths, showers, washing machines, and skins (household wastewater excluding toilets wastes) for irrigation and other water conservation applications. Grey water consists 50%-80% of domestic waste water. Less dirty grey water consists 40-50% of grey water. In recent years most popular and effective grey water treatment system is Membran Bioreactor, which provides clean water for sprinkler irrigation systems. At this thesis this treatment method is chose. Membrane bioreactor (MBR) is the combination of a membrane process like microfiltration or ultrafiltration with a suspended growth bioreactor, and is now widely used for municipal and industrial wastewater treatment. The system components are; interior and exterior piping, pre-storage tank, MBR Tank and clean water tank.

The selected project area, named as Saklihan Mansions, is located in Beylikdüzü, Istanbul. The irrigation system of the project is planned with rainwater harvesting and grey water treatment methods. Firstly we analyze how much of these alternative water sources could meet need of irrigation water. Later on evaluate these sources

under three main topics, which are system components, cost of installation and maintenance of these systems.

Through the calculations, we reach these data. Total green area of Saklihan Mansions is 5.025 m^2. Landscape is needed 124 days irrigation in dry season. Daily water demand for irrigation is 33,98 m^3. Rainwater harvesting system will collect averagely 780,912 m^3 water in dry season. Grey water treatment system provides 159,20 m^3 daily clean water. Less dirty grey water provides 79,60 m^3 daily clean water.

As a result of these water amounts, rainwater harvesting system could not meet the need of irrigation water during the dry season, but appropriate planting water-wise landscaping arrangements, such as rain gardens, designed places uses with this system, could create a cost-effective and cheap alternative water source.

On the other hand, grey water treatment methods were much higher than the amount of water needed. Because of these, %40-50 of refined less dirty water, could be sufficient and even better for the installation cost of the system, as well as a source of energy consumption and can be used effectively for many years has been concluded.

Alternative water resources was evaluated irrigation system in terms of the additional system components and costs. The cost of irrigation system is $22.356,38. The additional cost of less dirty grey water treatment system is $180.497,00. The additional cost of rain water harvesting system is $1.7240,00.

The system components and cost issues are examined and the following conclusions were reached;

At this stage, the amount of rainwater storage that can not be enough and the system due to the additional costs for this project was decided that, it is not a suitable or useful alternative water source.

Refined less dirty gray water usage in irrigation system and system installation's additional cost is $180,497.00. However , if only tap water source was used for the project, it would brings the additional cost of $12,648.00 per year. When we are evaluated these two data, less dirty grey water system going to come its break even point cost after 16 years. However ,stored refined gray water in the irrigation water is approximately more than 2 or 3 times. These oversupply of refined less dirty gray water could be used safely for interior exterior cleaning of buildings, cleaning of common areas on the site, cleaning of toilets reservoirs and could used for the washing machines. With This usage , tap water using will decrease and as a result of this, occupants of an apartment will spent less money. Economically, Investment for the gray water system's accounting rate of return comes to break even point earlier and it brings economic advantages to occupants.

When we evaluate grey water treatment on the ecological side. Only with the irrigation of landscape, we will save 4.214 m3 water per year and 40% of Grey water is kept from mixing to sewage.

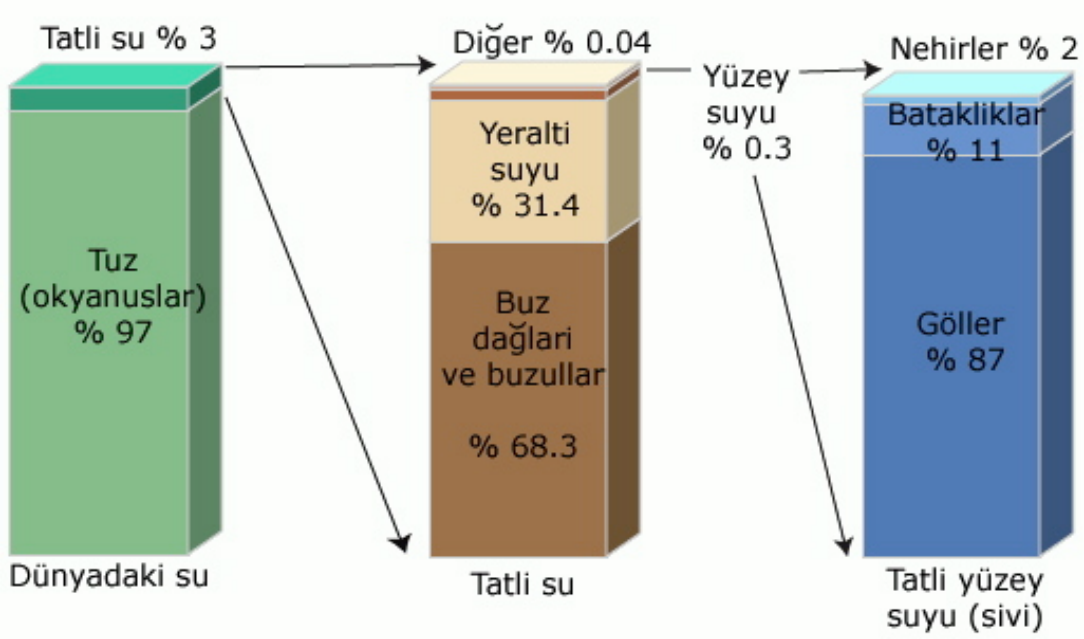
1. GİRİŞ

Su; yaşayan bütün canlılar için en önemli doğal kaynaklardan biridir. İnsan kullanımı, ekosistem kullanımı, endüstriyel kullanım, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi suyun gerekli olduğu birçok sektör vardır. Ancak, özellikle son 20 yıl içinde artan dünya nüfusu ve bunun sonucunda artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Bunun yanı sıra artan su talebiyle birlikte ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır.

Artan insan nüfusuyla birlikte endüstriyelleşme de hızla artmıştır. Endüstriyelleşmeyle birlikte fosil yakıt kullanımı da arttırmıştır. Kömür, benzin, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanılmasıyla atmosfere salınan CO_2 gazı, atmosferde sera etkisine sebep olmuştur. Bunun sonucu olarak önümüzdeki yaklaşık 60 yıllık süreç sonunda hava sıcaklığında 2 - 3,5 derecelik bir artış beklenmektedir. Bu küçük gibi görünen artışla birlikte yağışlarda da %25 - 35 oranında azalma olacaktır (National Geographic, Nisan 2010). Bu iki veriyi bir bütün olarak düşündüğümüzde mevcut su kaynaklarının önemi daha net bir biçimde anlaşılıyor.

Dünyadaki mevcut su kaynaklarının durumunu incelersek, toplam suyun yaklaşık 1,386 milyon km^3 yani %96'dan fazlası tuzlu su, geriye kalan yaklaşık %3'lük miktar ise tatlı sudan oluşmaktadır. Bütün tatlı su kaynaklarının %68'inden fazlası buz ve buzulların içinde hapsedilmiştir. Tatlı suyun %30'u ise yer altındadır. Nehirler, göller gibi yüzeysel tatlı su kaynakları, dünyadaki toplam suyun %1'inin 1/500'ü olan 93.100 km^3'ünü oluşturur. Bununla birlikte insanların her gün kullandığı su kaynağının çoğunu nehirler ve göller teşkil etmektedir (Url-1). Şekil 1.1'de suyun yeryüzündeki dağılımı anlatılmıştır.

Su, yeryüzünde sürekli hareket halindedir. Buz halden sıvı hale, sıvı halden buhar haline ve buhar halinden tekrar sıvı haline dönen suyun bu hareketi süreklilik gösterir (Url-25).



Şekil 1.1 : Yeryüzündeki su kaynaklarının dağılımı (Url-1).

Su kaynaklarının yeryüzüne dağılımına baktığımızda; nüfus açısından en yoğun kıtalar Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları, su kaynağı olarak ise Asya, Güney ve Kuzey Amerika kıtaları ön plana çıkmaktadır (Yıldız, 2007) .

Çizelge 1.1 : Su kaynaklarının yeryüzündeki dağılımı (Yıldız, 2007).

KITALAR	NÜFUS (%)	SU KAYNAĞI (%)
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	6	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Su kaynaklarının nüfus ile orantılı dağılımı söz konusu değilken, nüfusun hızlı artışının sonucu olarak tüketilen su miktarları da artmıştır (Başkan, 2006).

Çizelge 1.2 : Dünya'da yıllara göre su tüketimi (Başkan, 2006).

Yıl	Dünya'da Toplam Su Tüketimi($km^{3)}$
1940	1000
1960	2000
1990	4130
2000	5162

Su varlığına göre ülkeler sınıflandırıldığında; yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı 1.000 m^3'ten az ülkeler 'su fakiri', 1.000 – 3.000 m^3 olan

ülkeler ‘su sıkıntısı çeken ülke’, 3.000 – 10.000 m^3’ten fazla olan ülkeler ise ‘su zengini’ olarak kabul edilmektedir (Alpaslan ve diğerleri, 2008). Türkiye kişi başına düşen yıllık 1.600 m^3 suyla, su sıkıntısı çeken ülke konumundadır (National Geographic, Nisan 2010).

Son 60 yılda Türkiye’de kuruyan sulak alan miktarı 1 milyon 400 bin hektardır. Bu kurumanın iki önemli nedeni var. Birinci nedeni doğrudan kurutma. Devlet Su İşleri (DSİ) rakamlarına göre, 1950’li yıllardan beri toplam 118 bin hektar sulak alan kurutuldu ve tarım alanına dönüştürüldü. Sulak alanların kurumasının bir başka nedeni ise doğal su döngüsüne yapılan plansız müdahalelerdir. Bunlara örnek olarak sulama barajları ve açılan binlerce kuyu verilebilir.

Doğal alanlar üzerindeki geri dönüşü olan, geri dönüşü uzun süren ve geri dönüşü olmayan tehditlere verilen katsayıların, o alanı tehdit eden her bir faaliyet ile çarpılması sonucu elde edilen rakamlar, Önemli Doğa Alanı’ndaki (ÖDA) toplam tehdidi ortaya koyuyor. Buna göre, Türkiye’deki 305 ÖDA’da doğal dengeyi en çok tehdit eden unsurlar, su rejimine yapılan müdahalelerdir (National Geographic, Nisan 2010).

Tüm bunların yanında Türkiye’deki mevcut su kaynaklarının durumunu incelersek, ülkemize yılda 501 milyar metreküp yağış düşmekte, bunun % 37’sine karşılık gelen 186 milyar metreküpü akışa geçerek, 95 milyar metreküpü ekonomik olarak kullanılabilir forma dönüşmektedir. Ülkemizdeki su kaynaklarının kısa özeti aşağıda yer alan çizelge de ifade edilmiştir (Yıldız, 2007).

Çizelge 1.3 : Türkiye’deki su kaynaklarının kısa künyesi (Yıldız, 2007).

Yıllık ortalama yağış	643 mm.
Yağan yağmurlardan akarsulara göllere boşalan miktar	186 milyar metreküp/yıl
Çeşitli amaçlar için kullanılabilir yeraltı suyu potansiyeli	41 milyar metreküp/yıl (Brüt)
Ekonomik olarak geliştirilebilir su potansiyelimiz	110 milyar metreküp/yıl
Su kullanımımız (2003)	40,2 milyar metreküp 6.2 milyar metreküp Yeraltı Suyu, 34 milyar metreküp Yüzeysel Su

Çizelge 1.3 (Devamı) : Türkiye'deki su kaynaklarının kısa künyesi (Yıldız, 2007).

Suyun sektörsel kullanımı (2003)	29,5milyar metreküp sulama (%74), 6,2 milyar metreküp içme kullanımı(%15) 4,3 metreküpü endüstri (%11)
Yeraltı suyundan kullanılan sulama suyu	2,1 milyar metreküp
Yeraltı suyundan kullanılan içme kullanma suyu	2,0 milyar metreküp
Yeraltı suyundan kullanılan endüstri kullanma suyu	2,1 milyar metreküp
Yılda kişi başına düşen yenilenebilir su miktarı (65 Milyon Nüfus ile)	1700 metreküp/kişi/yıl
Kişi başına ortalama günde içme kullanma suyu tüketimi	250 l/s
1 Ha sulamanın baraj ve sulama tesisleri dahil olmak üzere ortalama maliyeti	8000 dolar
ekonomik olarak geliştirilebilir su potansiyelimizin kullanılma oranı (2003)	%36

Bu verilere göre tatlı suyun %70'i sulama da kullanılıyor. Su kaynaklarının hızla azaldığı bir dünyada bu oran sulama da mevcut kaynakların yerine alternatif su kaynaklarının kullanılması gerekliliğini gözler önüne seriyor. Bugüne kadar yönetimler zor ve daha büyük ölçekli çözümler seçtiler. Örnek olarak, büyük barajlar, su kemerleri, çok uzak mesafeler arası boru hatları gibi yöntemler kullanıldı. Bunlardan bir kısmı yeni kaynak üretmek yerine mevcut suyun yerini değiştirmekten ibaret oldu.

Makro ölçekte, özellikle Ortadoğu ülkelerinde çok kullanılan bir yöntem olan deniz suyunun arıtılarak içme ve sulama amaçlı kullanılması yaygın kullanılan bir yöntemdir. Kentlerde ise, bina ölçeğinde yeni gelişen teknolojilerle kolayca uygulanabilen gri suyun dönüştürülerek kullanılması ve yağmur suyunun depolanarak kullanılması gibi yöntemler su yönetimi açısından önem kazanmış ve yaygınlaşmıştır. Dünyadaki su tüketiminin azaltılması yönelik çıkarılan yeni yasalar, yönetmelikler, devlet teşvikleri de bu yeni teknolojilerin kullanılmasını desteklemekte ve yaygınlaştırmaktadır. Böylece mikro ölçekte bilinçli su tüketimi oluşturulmak amaçlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Yöntemi

Dünyada küresel ısınma, kuraklık, kirlilik, bilinçsiz tüketim, artan su talebi gibi nedenlerle hızla azalan mevcut tatlı su kaynakları, içme suyu, sulama suyu gibi kullanımlar için alternatif su kaynakları arayışlarının başlamasına sebep olmuştur.

Bu çalışmanın ana amacı; peyzaj sulanması başlığı altında; sulama sistemlerinde kullanılabilecek alternatif su kaynaklarının detaylı incelenmesi ve seçilen örnek çalışma alanın, iki farklı alternatif su kaynağı olan arıtılmış gri su veya yağmur sularının depolanması yöntemleri kullanılarak sulanmasının, şebeke suyu kullanılarak yapılan sulama ile maliyet ve sürdürülebilirlik olarak karşılaştırılmasıdır. Elde edilen veriler doğrultusunda kaynakların birbirleri üzerindeki üstünlükleri, avantaj ve dezavantajlarının ortaya konacaktır.

Bu çalışma kapsamında;

Teorik bölümde, Dünya ve Türkiye'deki mevcut su kaynaklarının durumu ve geleceği, sulama sistemleri oluşturulmasında etkili doğal faktörler, sulama sistemlerinin seçimi, kullanılacak alternatif su kaynakları sistemlerinin özellikleri incelenmiştir. Teorik bölümlerin oluşturulması için peyzaj mimarlığı, mühendislik, tarih gibi bilimler ile ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Bunun yanı sıra ülkemizde ve dünyada çıkan süreli yayınlar, dergiler, makaleler ve seminerlerden yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında her bölümün birbiri ile ilintili olması ve sonraki bölümleri destekleyici yönde olması hedeflenmiştir.

Teorik bölümden sonra yer alacak örneklem bölümünde ise seçilen proje alanın tanıtılması, haritalara, resimlere, bilgisayar destekli grafik anlatımlarıyla desteklenmesi hedeflenmiştir.

1.2 Tezin Kapsamı

Belirtilen amaca yönelik yapılacak olan çalışma üç bölümden oluşmaktadır;

I. Bölümde, giriş başlığı altında Dünya'da ve Türkiye'de su kaynaklarının durumu ve geleceği, kullanılabilir su kapasitesi ve bu suyun sulama amaçlı kullanımı hakkında bilgi verilerek, tezin amacı, yöntemi ve kapsamından bahsedilmiştir.

II. Bölümde ilk olarak peyzaj sulamasının tanımı yapılarak, sulama sistemleri (yağmurlama sulama sistemi, damlama sulama sistemi) ve sulama sistemi seçiminde etkili doğal faktörlerden bahsedilmiştir. Bu faktörler; iklim, toprak, mikro klima ve bitkiler olarak belirlenmiştir. İkinci olarak sulama sistemlerinde kullanılacak alternatif su kaynaklarının tanımı yapılarak, yağmur suyunun depolanması ve evsel gri suyun arıtılması sistemlerinin bina ölçeğinde oluşturulması, sistem bileşenleri ve bakımı anlatılmıştır.

III. Bölümde İstanbul, Beylikdüzü ilçesinde yer alan Saklıhan Konakları sitesi peyzaj sulama projesi, sulama sisteminde kullanılabilecek alternatif su kaynakları yönünden incelenmiştir. Su kaynağı olarak, bina ölçeğinde uygulanabilirliği kolay olan, yağmur suyu depolanması, arıtılmış gri su ve şebeke suyu belirlenmiştir. Bu kaynaklar, sistem bileşenleri, maliyet ve bakım açısından değerlendirilerek, karşılaştırılmıştır.

IV Bölümde, I. ve II. bölümde yer alan teorik bilgiler, III. Bölümde çıkan analiz sonuçlarıyla desteklenerek sulama sisteminde kullanılan farklı su kaynakları (arıtılmış gri su, yağmursuyu, şebeke suyu) toplu konut ölçeğinde değerlendirilmiştir ve öneriler getirilmiştir.

2. PEYZAJ SULAMASI VE ALTERNATİF SU KAYNAKLARI

2.1 Peyzaj Sulaması

Sulama, bitkinin gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesi biçiminde tanımlanabilir. Bitkilerin %85-90'ı sudan oluşmaktadır. Bitkinin topraktan aldığı su; birçok kimyasal, biyolojik ve fiziksel faaliyet için esastır.

Bitkiler, erimiş haldeki besin maddelerini su ile kökleri vasıtasıyla topraktan alırlar. Gövde boyunca iletim borularıyla yapraklara iletirler. Yapraklarda bu suyun önemli bir kısmı terleme ile atmosfere karışır. Geriye kalan su, fotosentezde kullanılır ve besin maddelerine dönüşür (Seçkin ve diğerleri, 2011).

'Sulamanın amacı ise bitkide kalite ve verimi istediğimiz miktarda elde etmek ve su eksikliğiyle bunların aşağı düşmesini önlemektedir. Bunun yanı sıra sulamanın diğer amaçları şöyle sıralanabilir' (İpek, 2006).

- Sonraki sulamalar için toprakta su biriktirilmesi,
- Toprak ve hava ısısının denetimi,
- Bitki zararlılarıyla savaş,
- Gübreleme,
- Fazla tuzların yıkanmasıdır.

Bitkiler normal gelişimleri için gereksinim duydukları suyu ilk olarak doğal yağışlarla temin ederler. Ancak Türkiye'nin çoğu coğrafi bölgesinde de olduğu gibi bitkinin büyüme mevsimi boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım bakımından yetersizdir. Bu nedenle sulama suyuna gereksinim duyulmaktadır.

Su ihtiyacını tam karşılayamayan bitkilerde su yetersizliği söz konusu olur. Su yetersizliği şu belirtilerle kendini fark ettirir (Seçkin ve Çelik, 2003).

- Bazı bitkilerde parlak yapraklar donuklaşır.
- Büyüme çok yavaşlar ve durur.
- Çiçekler hızla solar ve erken dökülür.
- Yaşlı yapraklar kahverengileşir, kurur ve düşer.
- Yeni ve eski yapraklar canlı değil, solgundur.

Sulama suyunun, bitki kök zonuna verilme biçimi sulama yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Sulama yöntemleri geleneksel ve modern sulama yöntemleri olarak iki başlık altında toplanır.

Geleneksel sulama yöntemlerinde su, arazi yüzeyinde yerçekimi kuvvetiyle hareket eder. Bu yöntemlere örnek olarak salma, tava, karık, çanak ve bordür sulama yöntemi verilebilir.

Modern sulama yöntemlerinde ise suyun hareketi sisteme verilen basınç gücüyle sağlanır. Modern ya da diğer bir ifadeyle basınçlı sulama sistemleri, yağmurlama ve damlama sulama sistemleri olup peyzaj sulamasında farklı ve aynı zamanda da birbirini tamamlayan iki sulama sistemidir.

2.1.1 Sulama sistemi seçiminde etkili doğal faktörler

2.1.1.1 İklim

İklim, yağış, hava hareketleri, nem, sıcaklık, rüzgâr tiplerini kapsar. Yağış verileri, sulama suyunun ne kadarının yağmur, kar, sis ve çiğ biçiminde doğal yollarla alınacağı hakkında bilgi verir. Genel yağış bilançosu; yağışlı gün sayısı ve kurak mevsimdeki ortalama yağış miktarı sulamaya ihtiyaç duyulan zamanı belirler.

Havanın sıcaklığı ve değişimi da bitkiler ve dolayısıyla sulama sistemi üzerinde etkilidir. Kışın soğuk hava bitkiler için çok zorlu koşullar oluşturur.

Aşırı sıcak ve rüzgârlı havalar, bitkilerde daha fazla su kaybı yaratır. Rüzgâr, bitkilerin evopotransprisayonla su kaybetmesine yol açar. Sulama sistemlerinde savrulma neticesinde su kayıpları meydana gelir.

En uygun sulama zamanı güneşin battığı ve doğmasına yakın zamanlardır. Günün sıcak geçen zamanlarında sulama yapmak zararlıdır; çünkü bu zaman zarfında buharlaşma ile aşırı miktarda su kaybı söz konusu olur (Seçkin ve Çelik, 2003).

2.1.1.2 Toprak

Toprak yer kürenin, fiziksel kimyasal ve biyolojik parçalanmasından oluşan, üzerinde bitkilerin yetiştiği bir ortamdır.

İdeal bir bahçe toprağı aşağı da yer alan bileşenlerden oluşmalıdır (Seçkin ve Çelik, 2003).

- Kaya ve mineral kısım (inorganik): kum - toz - kil
- Organik madde (yapraklar, hayvansal maddeler)
- Canlı organizma (bakteriler, mantarlar, solucanlar)
- Hava
- Su

Sulama sistemi bakımından önemli iki toprak özelliği toprağın infiltrasyon hızı ve tarla kapasitesidir. Su emme hızı, herhangi bir toprağın birim zamanda bünyesine aldığı veya emdiği su miktarıdır. Tarla kapasitesi ise, serbest drenaj koşullarında toprağın fazla suyunun yerçekimi kuvveti etkisiyle drene olmasından sonra toprakta kalan su miktarını ifade eder. Toprağın su emme hızı mm/sa olarak ölçülür. Bu hız, toprak tipine ve arazinin eğimine göre değişir (Seçkin ve diğerleri, 2011).

Çizelge 2.1 : Toprak tipi ve arazi eğimine göre toprağın en yüksek su emme hızları (Landphair ve Klatt, 1979).

EĞİM %	KUMLU TOPRAK	KUMLU - KİLLİ TOPRAK	KİLLİ TOPRAK
	SU EMME HIZI, mm/sa		
0-5	19.0	12.7	6.3
5-8	15.2	10.2	5.1
8-12	14.0	7.6	4.3
12-20	8.9	5.1	2.5
>20	6.3	3.8	1.8

Tarla kapasitesi, topraktaki organik madde miktarlarına bağlıdır ve topraktan toprağa da değişiklik gösterir. Peyzaj alanlarında, tasarımcılar için önemli olan çim alanlarını düşünüldüğünde, tarla kapasitesi toprağın yüzeyinden itibaren oluşturduğu 15 santimetrelik derinliktir.

Çizelge 2.2 : Toprağın su tutma özellikleri (Landphair ve Kraft, 1979).

Toprak Tipi	Tarla kapasitesi %	Solma noktası %	Kullanılabilir su	15cm derinliğindeki toprağın su tutma kapasitesi
Kumlu	8	3	5	10,2 mm
Balçık	20	10	10	22,9 mm
Killi	30	15	15	35,6 mm

Bitkiler, toprakta solma noktası ile tarla kapasitesi arasındaki suyu kullanırlar. Solma noktası, bitkilerin yaşamlarını devam ettirecek yeterli suyu toprakta bulamadığı, başka bir deyişle bitki köklerinin emme gücü olan 15 atm'lik basınçla topraktan su alamadıkları durumdaki topraktaki nemi ifade eden terimdir. Bu iki sınır arasındaki su miktarı, toprağın bitkiler tarafından kullanılabilir su kapasitedir. Sulama sistemi planlaması yapılırken bu kapasitenin %50 – 60'ının kullanılmasıyla sulamaya tekrar başlanır. Böylece toprak hiç bir zaman solma noktasına yaklaşmadan bitkiler için uygun toprak nem sağlanmış olur.

2.1.1.3 Mikroklima

Genel ortamdan ayrı olan belirli bir alan etrafındaki atmosferik koşulların tümüdür (Url-25). Proje alanına ait parsellerin güneş ışığı ve rüzgâr alma durumları önemlidir. Bu mikroklima verileri doğrultusunda alan, farklı sulama seksiyonlarına ayrılmalıdır. Örnek vermek gerekirse, binalar, ağaçlar, çardaklar gibi yüksek alanların kuzey tarafları daha serin ve gölge mekânlar yaratır. Bu alanlar daha az sulama suyuna ihtiyaç duyarlar. Bunun tersine peyzaj alanlarının güneye bakan kısımları da daha sıcak ve kurak olacağı için daha fazla suya ihtiyaç duyar. Bitkilerin canlı materyal olmaları sonucu meydana gelecek büyüme ile boylarında ve tepe taçlarında genişlemeler olacaktır. Bu unsur dikkate alınarak su ihtiyacının gerekli dönemlerde revize edilmesi gerekli olur.

2.1.1.4 Bitkiler

Bitkiler yaşamsal fonksiyonlarını (fotosentez, biyolojik faaliyetler vs.) devam ettirebilmek için suya ihtiyaç duyarlar. Bitkiler, su gereksinimleri bakımından 3 gruba ayrılırlar; kuraklığa dayanıklı bitkiler, kuraklığa toleranslı bitkiler, kuraklığa toleranssız bitkilerdir (Seçkin ve Çelik, 2003). Çizelge 2.3'de bitki gruplarının kurak koşullara karşı tepkileri ifade edilmiştir.

Çizelge 2.3 : Bitki gruplarının kurak koşullara karşı tepkileri (Seçkin ve Çelik, 2003).

Bitki grupları	Tipik özellikleri
Kuraklığa dayanıklı bitkiler	• Ender olarak sulamaya gereksinim duyarlar. • Su istekleri azdır. • Sürekli olarak kurak topraklarda yaşarlar. • Su gereksinimi: Ender olarak derin sulama.
Kuraklığa toleranslı bitkiler	• Az sulamaya uyum sağlayabilirler. • Su gereksinimi vasattır. • Normal olarak kurak olmayan koşullarda gelişme gösterirler, fakat orta derecede kurak ortamlarda da yaşamlarını sürdürebilirler. • Su gereksinimi: Ara sıra derin sulama.
Kuraklığa toleranssız bitkiler	• Büyüme mevsimi kurak geçen yerlerde denenmemelidir. • Su gereksinimi yüksektir. • Yağışlı, nemli ya da bataklık topraklarda yaşarlar. • Su gereksinimi: Sürekli olarak derin sulama

Sulamada dikkat edilecek diğer önemli husus da bitki türlerine bağlı olarak, büyüme dönemlerinde tükettikleri su miktarlarıdır. Terleme ve toprak yüzeyinden buharlaşma şeklinde tüketilen su mm/gün ya da mm/hafta olarak ifade edilir.

Çizelge 2.4 : Bitki tipleri itibariyle su tüketimi (Melby,1995).

Bitki tipi	Su tüketimi, mm/hafta
Çimler	38 -51
Yer örtücü bitkiler	13 -25
Çalılar	25 – 38
Ağaçlar	25 - 38
Güller	51
Perennial ve annual bitkiler	38 - 51
Sebzeler	> veya =51

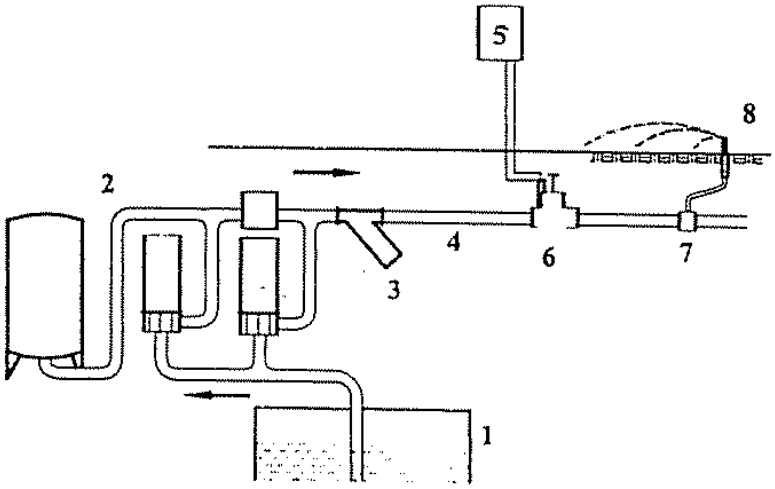
Tüm anlatılan doğal faktörler (iklim, toprak, mikroklima, bitkiler) birlikte değerlendirildiğinde, toprağa verilecek su miktarı, suyun toprağa verilme hızı ve

sulama sıklığı belirlenir. Bu veriler, sulama sitemi tasarımının oluşmasında ve gerekli ekipmanların belirlenmesinde çok önemlidir.

2.1.2 Yağmurlama sulama sistemi

Yağmurlama sulama yönteminde arazi üzerinde belirli aralıklarla yerleştirilen yağmurlama başlıklarından sulama suyu basınç altında havaya verilir. Buradan sulama suyu arazi yüzeyine düşer ve infiltrasyonla toprak içerisine girerek bitki kök bölgesinde depolanır.

Yağmurlama sistemi, pompa buna bağlı boru sistemi ve yağmurlama başlıklarından oluşur.



1.Su deposu, 2. Hidrafor, 3. Filtre, 4. Boru, 5.Kontrolör, 6.Elektro vana ve basınç regülatörü, 7. Priz kolye (fitting), 8. Sprinkler

Şekil 2.1 : Yağmurlama sulama sistemi öğeleri (Seçkin ve Çelik, 2003).

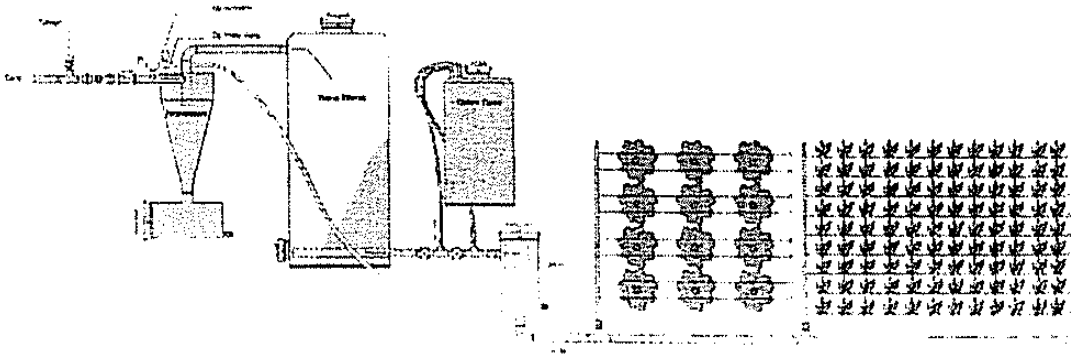
Bu sistem geniş çim alanları ve yine geniş yer örtücü bitkilerin sulanması için en pratik ve ekonomik yöntemdir. Bu yöntemde akarsu, göl, gölet, baraj, yeraltı suları, şebeke suyu, yağmur suları, atık sular gibi her türlü su kaynağı kullanılabilir. Ancak suyun kalitesi bakımından sulamaya uygunluğu incelenmelidir.

Sistemin dezavantajları olarak rüzgârlı havalarda sulama suyunun savrulmasıyla istenilen zonlara eşit miktarlarda su dağılımının engellenmesi, hassas yaprakların ıslanması ile oluşabilecek çeşitli bitki hastalıkları (küllenme vb.) olarak sayılır. Ayrıca sulama suyunun fazla miktarda sediment ve yüzücü cisim içermesi durumunda bu maddeler boru hatları ve başlıklarda birikerek tıkanmalara sebep olmaktadır.

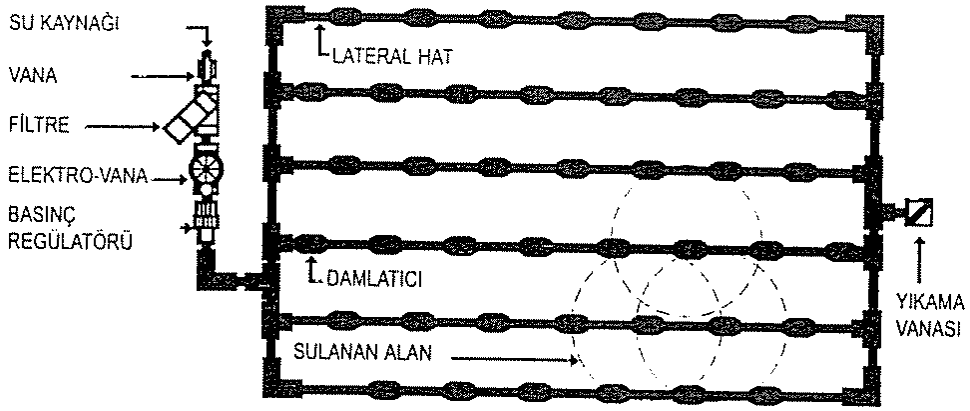
2.1.3 Damlama sulama sistemi

Damlama sulama yönteminde temel ilke, bitkide nem eksiliğinden kaynaklanan bir gerilim yaratmadan, her defasında az miktarda sulama suyunu sık aralıklarla yalnızca bitki köklerinin geliştiği ortama vermektir.

Damlama sulama sisteminde sulama, damlatıcı (meme, emitör) ve basınçlı boru sisteminden oluşur (Seçkin ve Çelik, 2003).



Şekil 2.2 : Damlama sulama sistemi öğeleri (Seçkin ve Çelik, 2003).



Şekil 2.3 : Damlama sulama sistemi elemanları (Seçkin ve Çelik 2003).

Damlama yöntemin birçok avantajı vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz.

- Su az ve etkin kullanılır.
- Sistem elemanlarının maliyeti düşüktür.
- Suyu direk olarak kök zonuna verir ve yaprakların ıslanmasıyla oluşabilecek hastalıkları ve yabani ot oluşumunu önler.
- Su yavaş verildiği için yüzeysel akış yoktur.

Sistem olarak da daha esnektir. Bitki ihtiyaca göre istenilen zamanda yeni damlatıcılar eklenebilir.

Damlama yönteminde de her türlü su kaynağından yararlanmak mümkündür. Dikkat edilmesi gereken nokta suyun yüzücü cisim, sediment ve kum gibi boru ve başlıkları tıkayabilecek cisimler içermemesidir. Kalsiyum, magnezyum bileşikleri ile demir bileşikleri içeren sular da bu yöntem için uygun değildir.

Yağmurlama ve damlama sulama sitemleri karşılaştırıldığında iki sistemin birbirlerine olan avantajları ve dezavantajları ortaya konmuş olur.

Çizelge 2.5 : Yağmurlama ve damlama sulama yöntemlerinin kıyaslaması (Seçkin ve Çelik, 2003).

Öğeler	Yağmurlama Sulama Sistemi	Damlama Sulama Sistemi
Temel kapsam	Düzensiz şekilli peyzaja uyum sağlamak için değişik modellerde yağmurlama başlıklarından yararlanılır ve bu başlıklar sulama alanları yekdiğerini tamamlayacak ve gerekli örtüşmeyi sağlayacak aralık ve mesafelerle yerleştirilir.	Emitörler her bitki için kullanılır ve suyun her bitkinin kök zonuna yavaş ve doğrudan damlaması sağlanır.
Yağmurlama oranı	Orta – Yüksek	Çok düşük – düşük
Arazi eğimi	Orta dereceli eğimli yerler için uygundur.	Çok eğimli yerler için uygundur.
Birim tesis maliyeti	Orta - yüksek	Çalı yastıkları için düşük-orta
Çim için kullanımı	Uygun	Bazı durumlar için uygun
Çalı yastıkları için kullanımı	Uygun	Çok Uygun
Çalışma basıncı	Orta - yüksek	Çok düşük
Su kalitesi	Az önemli	Filtre gerekli
Gübre ve ilaç verme	Mümkün	Mümkün
İşletme gideri	Düşük	Çok düşük
Su tasarrufu	Orta	En iyi
Buharlaşma kaybı	Orta	En az
Rüzgârdan	Etkilenir	Etkilenmez

2.2 Alternatif Su Kaynakları

Küresel ısınma, mevcut su kaynakları kullanım politikaları, bilinçsiz tüketim, kirlilik, kuraklık gibi sebeplerle alternatif su kaynaklarına verilen önem artmış ve konuyla ilgili yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

Günümüzde alternatif su kaynakları olarak kullanılan başlıca yöntemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Atık suların arıtılması
- Yağmur suyunun depolanması
- Desanilizasyon

Bu güne kadar sivil yönetimler; mevcut kaynakların kullanılması, ihtiyaç halinde yeni tatlı su kaynaklarının bulunması gibi doğal kaynakların tüketilmesi politikasını izlemiştir. Ancak bu yöntemlerle mevcut tatlı su kaynaklarında geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmıştır. Yapıların alternatif su kaynakları sistemleriyle donatılması, bu konuda çıkan yönetmelikler, teşvik yasaları ile yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu kapsamda alternatif su kaynakları ihtiyaç duyulan suyun karşılanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Konutlarda kullanılan suyun yaklaşık %30'u, ya da kişi başı günde 121 litre su dış kullanım için harcanıyor. Bu miktar bölgelerdeki iklimsel özelliklere göre değişmekle birlikte, peyzaj sulaması için kullanılıyor. Bu amaçla kullanılan suyun büyük bir kısmı, aşırı sulamadan dolayı ziyan oluyor. Yoğun miktarda su tutan çim, sulama için gerekli su miktarının çoğunu oluşturuyor. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1600'den fazla golf sahası günde 10,2 milyar litre su harcıyor (Hawken ve diğerleri, 1999; Ausubel, 1997).

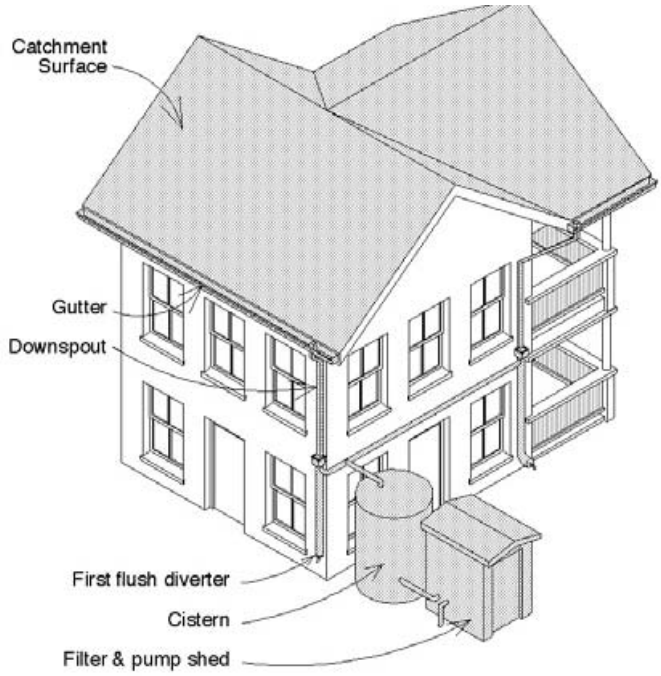
2.2.1 Yağmur suyunun depolanması

Yağmur suyunun toplanması ve depolanması yeni bir fikir gibi görünse de 4000 yılı aşkın süredir farklı kültürler tarafından kullanılmış bir yöntemdir. Anadolu'da ortaya çıkarılan sarnıç kalıntıları da bunu kanıtlamaktadır. Bu sarnıçlar doğrudan yağmur sularını toplayarak ana su sistemini beslemektedir. Sarnıçlar bu anlamda daha çok iklim şartlarına göre su miktarını düzenlemek ve acil durumlarda devreye sokulmak üzere yapılmıştır (Öziş,1982; Wahlin,1997).

Kentlerde sürdürülebilir bir gelecek için toplumsal hedefler doğrultusunda verimli su tüketilmesi gerekmektedir. Yağmur suyunun depolanması da bu konuda önemli role sahiptir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki konutlarda uygulanan yağmursuyu depolanmasıyla önemli ölçüde su tasarrufu sağlanmaktadır (Abdula ve Al Shareef, 2008). Almanya'da yapılan bir çalışmada, evlerde çatı alanı ve talebe bağlı olarak kullanım suyunda % 30-60 arasında değişen oranlarda tasarruf sağlanmıştır (Hermann ve Schmimido, 1999). Avustralya'da yapılan bir analizde Newcastle'da 27 konutta yağmursuyu depolanmasıyla, %60 oranında içilebilir su tasarrufu sağlanmıştır (Coombes ve diğerleri, 1999).

Yağmur suyu depolanması diğer bir deyimle yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun çatılardan veya diğer düz yüzeylerden toplanıp, depolanarak kullanılması olarak tanımlanır.

Yağmur suyu depolanması yenilebilir ve temiz bir su kaynağı olduğu için peyzaj kullanımı için çok uygundur. Herhangi bir kimyasal ya da biyolojik arıtmaya ihtiyaç duymadan kullanılabilir. Sistem erişilebilirlik, maliyet ve bakım açısından konut ölçeğinde ulaşılabilirdir. Bu sistem temiz su ihtiyacı ya da fazla su ihtiyacı olan, sadece kurak, yarı kurak veya çölleşmiş alanlarda değil, her bölgede uygulanabilir (Doğangönül, Doğangönül, 2008).



Şekil 2.4 : Yağmur suyu depolanması sisteminin kurulumu (Url-6).

Sistemi kısaca özetlemek gerekirse, öncelikli olarak yağmur suyu, yakalama yüzeylerinde (çatılar, yol üstleri, park yerleri, vb.) toplanır. Daha sonra taşıma sistemiyle depo (tanklar, yeraltı, rezervuarlar, vb.) alanına iletilir. Depoda gerekli arıtma işlemlerinden geçirilerek bina içi ya da bina dışı kullanıma hazır hale getirilir.

Yağmur suyunun depolanması küçük ve orta ölçekteki evsel ve endüstriyel alanlarda uygulanabildiği gibi büyük ölçekli yerleşim alanlarda da farklı teknikler ve teknolojiler kullanılarak uygulanır.

2.2.1.1 Yağmur suyu sistem elemanları ve bakımı

Yağmur suyu yakalama yüzeyleri

Yağmur suyunun toplandığı, depolandığı yüzeylerdir. Bunlar çatılar, avlular, ambarlar, balkonlar, depolama alanları gibi yüzeylerdir.

Yakalama yüzeyleri farklı malzemelerden oluşmaktadır. Her malzemenin yapısı gereği yüzey su emilim değerleri farklıdır. Bundan dolayı, yağmur suyu %100 kapasiteyle tutulamamakta ve tutulan su miktarları malzeme yapısına göre farklılık göstermektedir. Farklı kalitelerdeki malzemeler aynı zamanda tutulan yağmur suyunun kalitesini de bozabilir. Farklı çatılardan gelen suyun kalitesi, çatı malzemesi, iklim koşulları ve çevreleyen ortamın bir fonksiyonudur (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Küçük ve orta ölçekli yağmur suyu depolanmasında en yaygın kullanılan yakalama yüzeyi çatılardır.

Çatılar farklı tür malzemelerden oluşurlar. Bunlar; Metal çatılar, kil ve beton çatılar, taş çatılar, çakıl çatılar, fiberglas çatılar, shingle çatılar ve mineral kâğıt çatılardır.

Malzemelerin deseni, pürüzlülüğü, gözenekli olup olmaması tutulan su miktarını etkiler (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Tutulacak su miktarının hesabı

'Tutulacak su miktarı bölgeye düşen yağışa, yağışın frekansına, yağışın süresine, şiddetine, yağmur esnasında rüzgârın durumuna, çatıların kapladığı alana, çatının konumuna, çatıdaki malzemenin cinsine, sisteminizin kapasitesine ve sistemin yalıtımına bağlıdır' (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Depolanacak yağmur suyu hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılır (Seçkin, 2010) **(2.1).**

DYM (l) = Çatı alanı (m2) x Mevsimsel toplam yağış (m) x Toplama verimliliği **(2.1)**

Yatay ve dikey olukları

Yüzeyde toplanan yağmur suyunu, depoya ileten drenaj kanallarıdır. Oluklar esas olarak çatıya gelen yağmur suyunun çatı ve bina yan yüzeyine zarar vermesini engelleyerek toplayan ve atık su kanalına ileten hatlardır. Ancak yağmur suyu depolama sistemlerinde, toplanan yağmur suyu depoya iletilir.

Oluklar mevcut yağmur suyu kapasitesi hesaplanarak yapılmalı ve uygun malzeme seçilmelidir. Oluk hatları oluşturulurken kaynaksız, yekpare hatlar oluşturulması önerilir. Böylece çatlama, kopma, pislik birikme gibi olumsuz durumların önüne geçilmiş olur. Oluklarda dikkat edilmesi gereken bir diğer unsur da eğimin düzgün olarak verilmesidir (Doğangönül ve Doğangönül 2008).

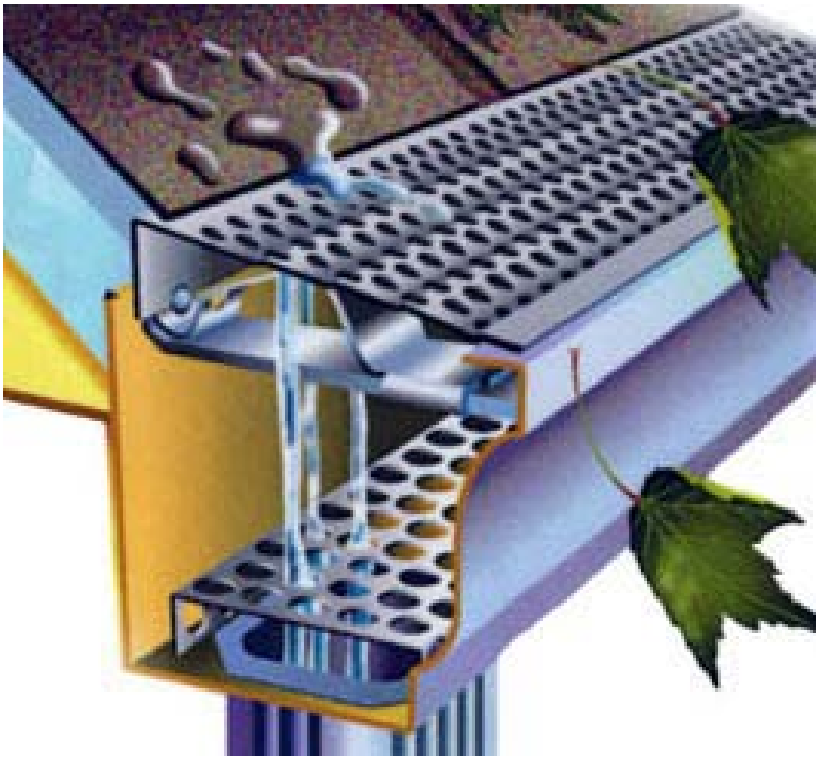
Oluklarda; PVC, vinil, alüminyum, galvenize çelik, en çok tercih edilen malzemelerdir.

Filtreler

Filtreler yağmur suyunda bulunan her türlü partikülü tutarak depoya girmesini engelleyen sistemlerdir. Fiziksel arıtma sağlarlar. Yağmur suyu fiziksel filtreleme sistemleri ile sulama kullanımı için uygun hale gelir. Üç çeşit yağmur suyu arıtma filtresi vardır. Bunlar sırasıyla, yaprak tutucu filtreler, oluk filtreleri ve çatı yıkayıcılardır. Yağmur suyu öncelikle çatıda yer alan yaprak tutucu filtrelerden, daha sonra oluk filtrelerinden en son da çatı yıkayıcılar olarak adlandırılan yağmur suyu depo girişinde yer alan filtrelerden geçer. Yaprak tutucu filtreler en büyük partikülleri tutarken, çatı yıkayıcılar daha ileri düzey bir filtreleme yaparak daha küçük partiküllerin depoya girişini engeller.

Yaprak tutucu filtreler, çatıda yaprak gibi büyük parçaların oluklara geçmesini engelleyen filtre sistemleridir (Doğangönül ve Doğangönül 2008).

Yaprak filtrelerinin etkili çalışabilmesi için düzenli temizlenmeleri gerekir. Bakımı düzenli yapılmazsa tıkanabilir ve yağmur suyunun tanka akışını engeller. Biriken yaprakların çürümesi bakteri üretebilir (Url-6).



Şekil 2.5 : Yaprak tutucu filtreler (Esin ve Yüksek, 2008).

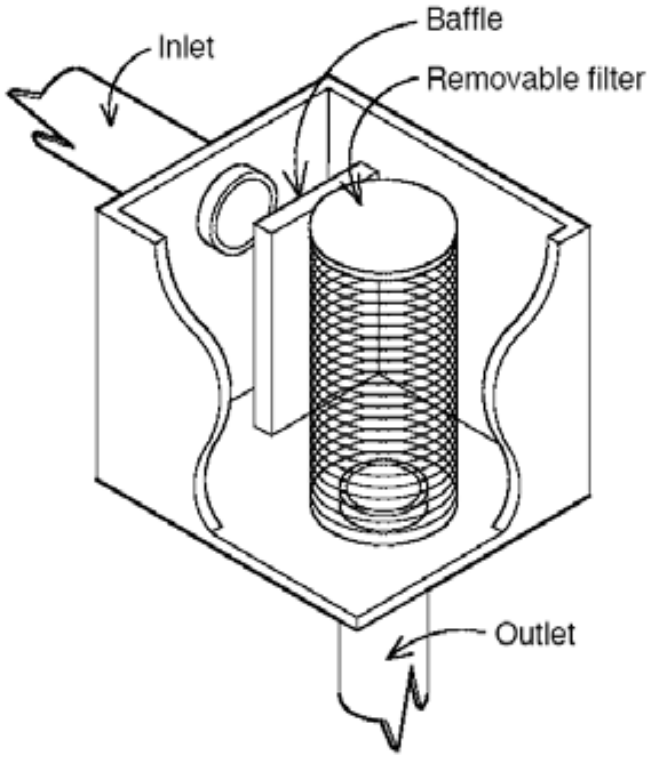
Oluk filtreleri, yağmur suyunun içindeki daha küçük parçacıkları tutarak depoya girmesini engeller.



Şekil 2.6 : Oluk filtreleri (Esin ve Yüksek, 2008).

Çatı yıkayıcılar olarak adlandırılan filtre sistemleri, yağmur suyu depo girişinde yer alır. Yağmur suyunun içindeki küçük gözenekli partikül ve tozların depoya girişini

engeller. Böylece yağmur suyu, içme suyu ya da damlama sulama sisteminde kullanılabilecek standartlara ulaşır. Çatı yıkayıcının içinde tampon ve filtre bulunan 113-200 litrelik tank mevcuttur. Mikron düzeyinde süzme yaparlar (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).



Şekil 2.7 : Çatı yıkayıcılar (Esin ve Yüksek, 2008).

Yağmur suyu deposu

Filtre edilmiş yağmur suyu, yağmur suyu deposunda toplanır. Depolar yerüstü ya da yer altında olabilir. Sistemin en pahalı elemanlarıdır.

Depoların üst yüzeylerinde sivrisinek, böcek ve yabancı maddelerin girişini önleyici ızgaralı menfezler bulunur (Url-14). Deponun içinde pompa ve pompaya bağlı yüzücü filtreler bulunur.

Yağmur suyu depolama tanklarında deponun konumu ve yapıldığı malzeme de önem taşır. Depo uygun sıcaklıkta tutulmalı, ışık geçirmez ve saydam olmayan maddeden yapılmalıdır. Böylece bakteri üremesi önlenmiş olur. Yeraltına gömülen tanklar bu açıdan daha kullanışlıdır (Url-7).

Depolar farklı malzemelerden üretilebilir. Bunlar; fiberglas, polipropilen, polietilen, ahşap, metal, beton, ferrosement depolardır.



Şekil 2.8 : Fiberglas depolar (Url-8).



Şekil 2.9 : Polietilen depolar (Url-10).



Şekil 2.10 : Polietilen depolar (Url-11).



Şekil 2.11 : Ahşap depolar (Url-9).



Şekil 2.12: Metal depolar (Url-12).



Şekil 2.13 : Beton depolar (Url-13).

Depolama tankının seçiminde etkili dış ve iç faktörler vardır .

Dış faktörler;

- Bölgeye düşen aylık ve yıllık yağış toplam ve ortalama yağış miktarı
- Su toplama alanının bu yağışı akışa çevirme kapasitesi
- Düşen yağmur ve gelen suyun kimyası
- Aylık ve yıllık toplam su ihtiyacı,
- Suyun hayatsal önemi,
- Bölgenin depremselliği,
- Çevresel etmenler (su deposunun konulacağı yer dikkate alınarak),
- Eksik suyu tamamlayacak başka bir su kaynağı mevcudiyeti,
- Ekonomik koşullardır (Doğangönül ve Doğangönül 2008).

İç faktörler;

- Minimum sızdırma olması,
- Uzun yıllar dayanabilmesi,
- Deponun güvenlik faktörü,
- Su kimyasını bozmaması
- Depo içersindeki akış ve çökelmenin durumu,
- Fazla suyun uygun biçimde tahliye edilebilmesi,
- Zararlı böcek veya hayvanların girmemesi,
- Güneş ışınlarından etkilenmemesi,
- Yeterli havalandırmanın olması,
- Deponun boşaltılabilmesi için tahliye vanasının olması,
- Kolay temizlenebilmesi,
- Kolay deforme olmamasıdır (Doğangönül ve Doğangönül 2008).

Depolama tanklarının büyüklüğünün belirlenmesinde; yağış miktarı, ihtiyaç duyulan su miktarı, öngörülen yağmursuz geçen süre, yağmur suyu yakalama yüzeyi alanı, filtrenin etkinliği, estetik, kişisel tercih ve ekonomik nedenler etkilidir (Şahin, 2010).

Dağıtma sistemleri

Pompalar ve borular yardımıyla toplanan yağmur suyunu; depodan, bina ve bahçe sulama sistemine ulaştıran boru sistemlerdir.

Yağmur suyu depolama sistemlerinin bakımı

İlk olarak sistemin kirletici kaynaklardan mümkün olduğunca uzak tutulması gerekmektedir. Çatıya sarkmış ağaç dalları, kuş tüyleri ve pislikleri, rüzgârın getirdiği kirletici maddeler bunlara örnektir. Oluk ve oluk filtreleri belirli aralıklarla temizlenmelidir. Oluklar oluşabilecek çatlak ve kırıklara karşı kontrol edilmelidir.

Depo bakımında, yağmur suyu filtrelenmesine rağmen bir takım küçük sedimetler içermektedir. Bu maddeler deponun tabanına çökerek birikirler. Pompa her zaman suyun üst zonundan su aldığı için bu maddeler hiç bir zaman tehdit oluşturmaz. Ancak 1 ya da 2 yılda bir temizlenmelidir. Eğer depo temizliği sırasında ölü haşerata rastlanırsa depo boşaltılarak yıkanmalı ve klor çözeltisi ile dezenfekte edilmelidir (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Pompanın düzgün çalışması için belirli aralıklarla kontrol edilmesi gerekmektedir.

2.2.1.2 Yağmur suyunun peyzaj sulamasında kullanımı

Konutlarda evsel kullanım suyu miktarı %78'dir. Bu yüzdenin %59'unu bina dışı peyzaj sulaması, %19'unu bina içi kullanımı oluşturmaktadır (Url-15).

Çatıda toplanan sular, oluk ve boru sistemleri ve filtreleme işlemleriyle yağmur suyu deposuna ulaşmakta, buradan da dalgıç pompa yardımıyla peyzaj sulama sistemine aktarılmaktadır. Yağmur sularının depoya iletilmesi sırasında, deponun konumuna bağlı olarak ek bir boru tesisatına ihtiyaç olabilir.

Yağmurlama ve damlama sulama sistemleri için uygun su kaynağıdır. Yağmur suyu kalite olarak bitki gelişimi için uygundur (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Sistem kurulurken dikkat edilmesi gereken nokta, kurak geçen zamanlar hesaplanarak ek su kaynağı sağlanmasıdır.

2.2.1.3 Yağmur suyunun diğer kullanımları

Yağmur bahçeleri

1980'lerin sonunda Maryland U.S.A'da yaygınlaşmaya başlayan yağmur bahçeleri olgusu, küçük ölçekli ev bahçelerinin kullanımının artmasıyla hayata geçen bir konsept halini aldı. Yağmur bahçeleri, var olanı koruyarak, çevreye müdahale etmeyen ekolojik bir yapıya sahiptir (Dunnett ve Clayden, 2007).

Yağmur bahçeleri, yerleşim alanlarında artan yüzeysel akış yükünün hafifletilmesi ve yer altı sularının beslenebilmesi için oluşturulmuş, göllenme yapan alanlardır (Doğangönül ve Doğangönül 2008).

Sistem, yağışlarla süpürülen, çevreye zararlı çeşitli kimyasalların, etraftaki doğal su kaynaklarına karışarak ekosistemi negatif şekilde etkilemesinin önüne geçmektedir. Yağmur suyunu mümkün olduğunca absorbe edecek bir plantasyon tasarımına gerek duyan bu sistemdir. Bahçelerde, parklarda ya da büyük ölçekli diğer peyzaj alanlarındaki dönüşümlere ekolojik olarak destek verir. Alanın kendi flora ve faunasını korumasını ve sulak alanlar oluşmasını sağlar. Böylece doğal yaşam döngüsünün devamlılığına katkıda bulunur. Alanın iklimsel özellikleri göz önünde bulundurularak kendi doğal bitki örtüsünden seçilen bitkiler; yağmur bahçelerinin başlıca yapı taşını oluşturur. Kısacası yağmur bahçeleri, doğal kaynakları zararlı çevresel faktörlerden uzak tutarak suyun kendi içinde geri dönüşümünü sağlayan, yeraltı sularını besleyen, enerji tasarrufuna imkan veren bahçelerdir (Dunnett ve Clayden, 2007).

Yağmur suyundan beslenen süs havuzları

Yağmur sularını toplayarak görsel olarak da ortama güzellik katan süs havuzlarıdır. Bu havuzlarda toplanan yağmur suları çok çeşitli alanlarda kullanılabilecek su kaynağı oluşturur.

Süs havuzu oluşturulurken kullanılan sistem bileşenler; pompa, biyolojik filtreler, mekanik filtreler, geçirimsizlik katmanı, jeotekstil örtü, sistem tesisatı, yuvarlak kaya, çakıl ve su bitkileridir (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

Su bitkileri de süs havuzlarının önemli bir parçasıdır. Bu bitkiler doğal bir ekosistemin oluşmasını sağlar. Yaptıkları biyolojik filtreleme ile balık ve diğer canlıların yaşamasına olanak verir, suyun temiz kalmasını sağlarlar (Doğangönül ve Doğangönül, 2008).

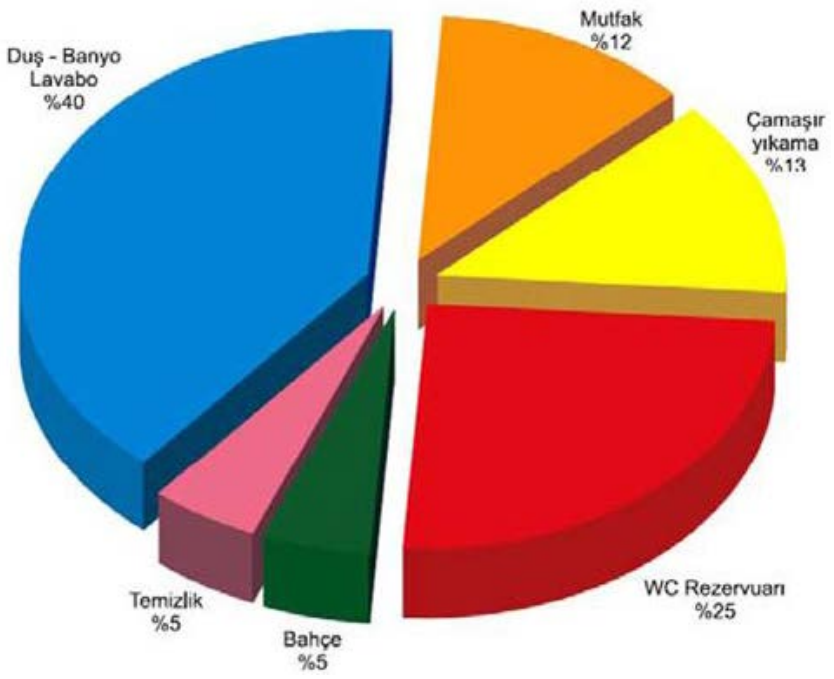
2.2.2 Gri suyun arıtılarak yeniden kullanılması

Atık su evsel, tarımsal, endüstriyel ve diğer kullanımlar sonucu kirlenmiş, özellikleri kısmen ya da tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ile şehir bölgelerinden çatı, cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey ve yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sulardır. Evsel nitelikli atık su ise, konutlardan ve okul gibi küçük işletmelerden kaynaklanan,

insanların günlük yaşam faaliyetlerindeki kullanımları sebebiyle oluşan atık sulardır (SKKY, 2008).

Evsel atık sular; gri su ve siyah su olarak ikiye ayrılır. Gri su İngilizce literatürde 'Greywater' (GW) olarak kullanılan terimden gelmektedir. Duştan, küvetten, lavabodan, çamaşır makinası ve mutfaktan gelen evsel atık sudur. Kısaca tuvalet haricinde bir evden boşaltılan atık suların tamamıdır. Tuvaletten gelen foseptik atığı içeren atık su siyah su olarak adlandırılır (Url-5).

İski'den alınan verilere göre 4 kişilik bir ailenin günlük su tüketim miktarı ortalama 480 litredir. Villa tipi yapılarda su kullanımı normal konutlara göre %10 oranında bir fazlalık göstermektedir. Kırsal kesimlerde su tüketim miktarları kişi başı 55-60 litre gibi düşük bir seviyededir. Avrupa'da genel olarak konutlarda ihtiyaç duyulan su miktarı günlük kişi başı 129 litredir. Genel olarak su tüketim oranları şekil 2.14' te görüldüğü gibidir (Url-5).

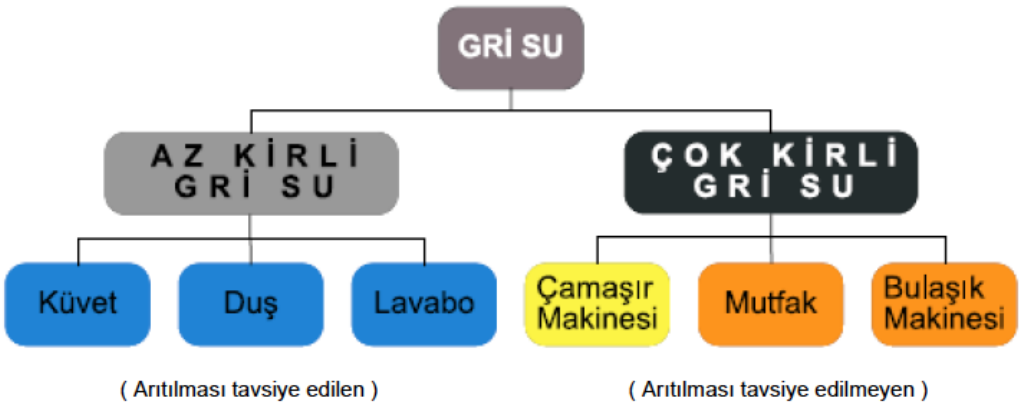


Şekil 2.14 : Günlük evsel su tüketim yüzdeleri (Url-5).

Gri su, evsel atık suların %50-%80'nini oluşturur (Url-4). Banyo duş ve lavabolardan gelen gri su, toplam gri suyun %40-50'ını oluşturur. Sabun, şampuan, diş macunu, saç gibi atıklar ve çeşitli bakteri, virüs gibi organizmalar içerir. Çamaşır makinasından gelen gri su, toplam gri suyun %25-35'ini oluşturur. Mutfaktan gelen gri su, toplam gri suyun %10 unu oluşturur. Yiyecek artıkları, yağ, deterjan içerir.

Organik maddece zengin olduğu için koku ve tıkanıklıklara neden olabilir (Şahin, 2010).

Gri su; az kirli gri su ve çok kirli gri su olarak ikiye ayrılır. Az kirli gri su; küvetten, duştan ve lavabodan gelen gri sudur. Çok kirli gri su; çamaşır makinası, mutfak ve bulaşık makinasından gelen gri sudur. Az kirli gri su; yiyecek artıkları, yağ, deterjan gibi maddeler içermediği için arıtılması daha kolaydır.



Şekil 2.15 : Gri suyun sınıflandırılması (Url-29).

Gri su arıtılmadan ve arıtılarak kullanılabilir. Gri suyun arıtılmadan bahçe sulamasında (yeraltında) kullanılmaktadır. Bu sistemde, gri su ve siyah su kanalları ayrı döşenmektedir. Gri su yönlendirici vanalar ile konuttaki farklı kaynaklardaki toplanarak, toprak altı damlama sulama sistemine verilmektedir. Ancak arıtılmadan kullanılan gri sudaki kimyasallar ve sabunlar bitkilere zarar verebilmektedir. Özellikle sodyum bitkileri yakıcı özelliğe sahip olduğu için, sodyum oranı düşük deterjanlar tercih edilmelidir. Bu tip sistemlerde depolanan gri su, bakteri ve koku oluşumundan ötürü en fazla 24 saat içinde kullanılmalıdır (Şahin, 2010).

Gri suyun arıtılarak yeniden kullanıldığı alanlar; bahçe sulaması, tuvalet rezervuarları ve çamaşır makineleridir (Karahan, 2011). Bahçe sulamasında kullanılan gri su; arıtılma derecesine bağlı olarak, yeraltı veya yerüstü sulamasında kullanılabilir.

2.2.2.1 Gri su arıtımı sistem elamanları ve bakımı

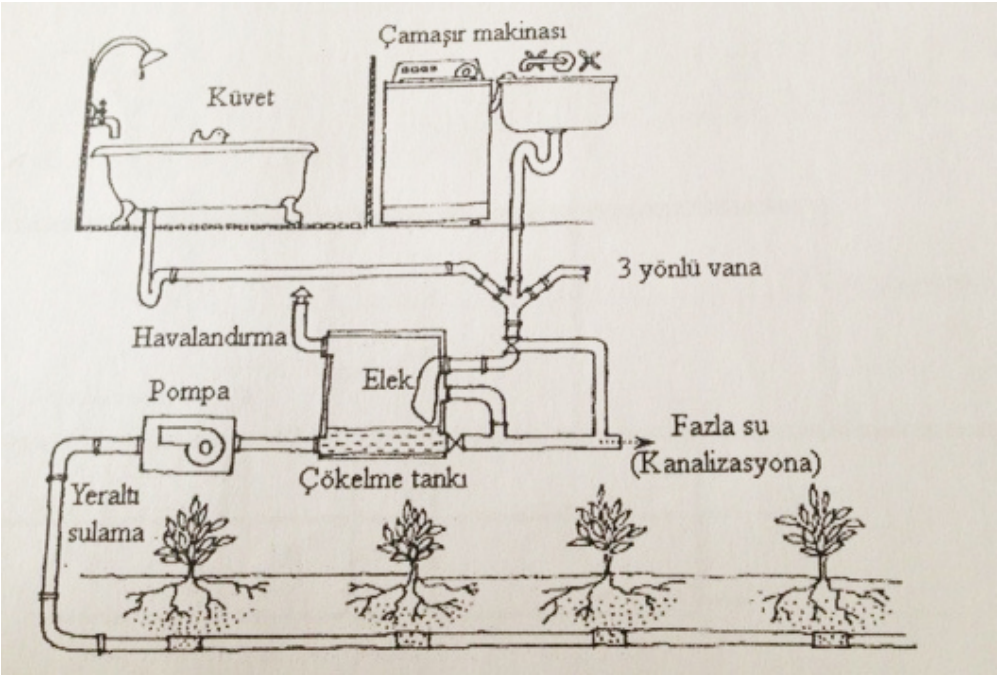
Gri suyun arıtılarak bina yeniden kullanılması, Dünyanın pek çok farklı ülkesinde 80'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlamış olan çift dağıtım sistemi ile yaygınlaşmıştır. Bu sistemde özellikle çok katlı ticari binalarda ve konutlarda temiz

su tesisatına ek olarak gri su tesisatı kullanılmaktadır (Şahin, 2010). Arıtılmış gri suyun bina içi kullanımı bu ek tesisat ile sağlanmaktadır.

Arıtılmış gri suyun peyzaj sulamasında kullanımı için binalardan toplanan gri; ek boru tesisatı ile depolama ve arıtma tanklarına; buradan sulama sisteme verilir. Ek boru tesisatı, binaların ve sulaması sistemi deposunun konumuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

EPA (Enviroment Protection Agency) kılavuzunda da belirtildiği gibi, gri suyun kullanım alanlarına göre birincil, ikincil ve ileri arıtma yöntemlerinden geçmesi gerekmektedir. Bahçe sulamasında kullanılacak gri su; birincil (ızgaralar, filtreler, sedimentasyon tankı, filtreler, ızgaralar) ya da ikincil arıtmadan (biyolojik oksidasyon ya da dezenfeksiyon) geçmesi gerektiği belirtilmektedir (Şahin, 2010).

EPA kılavuzunda da belirtildiği üzere; gri suyun, peyzaj sulamasında kullanılabilmesi için fiziksel ve/veya biyolojik arıtmadan geçmesi gerekmektedir. Fiziksel arıtmadan geçen gri su yer altı damlama sulama için uygun hale gelir. Daha çok küçük ölçekli ev bahçelerinde yer altı damlama sulama sistemlerinde kullanılan pratik bir yöntemdir. İkincil arıtmadan (biyolojik oksidasyon ya da dezenfeksiyon) geçen su ise yüzey üstü sulama için uygun hale gelir.



Şekil 2.16 : Gri suyun fiziksel arıtmadan sonra bahçe sulamasında kullanılması (Şahin, 2010).

Gri suyun yüzey üstü sulamada kullanılması için son yıllarda en çok tercih edilen arıtma yöntemi membran biyoreaktör (MBR) arıtma sistemleridir.

Membran biyoreaktör teknolojisi ile gri suyun arıtılması

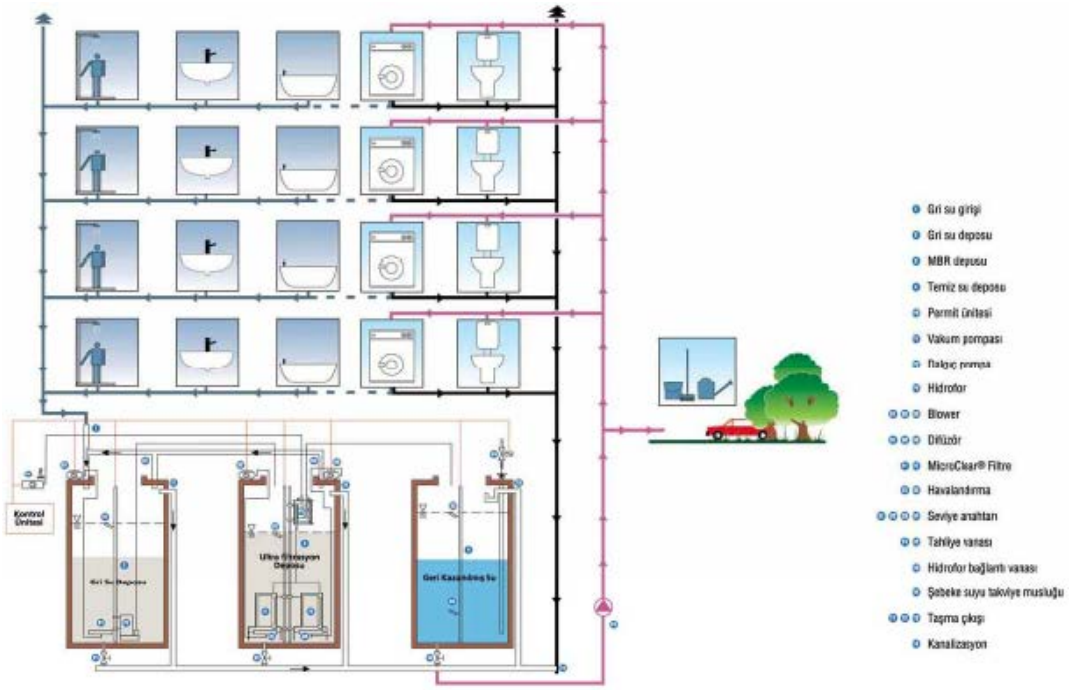
Son 5-10 yıl içinde polimer endüstrisindeki hızlı gelişmeler ve membran maliyetlerindeki azalmalar neticesinde, MBR'ler ek potansiyel bir artışla özellikler gelişmiş batı ülkelerinde atık su arıtımı ve geri kazanımında uygulanmaya başlamıştır (Yiğit, 2007).

MBR atık su arıtma tesisleri, bir membran ultra filtre ve aerobik biyolojik arıtma reaktörünün bileşiminden oluşan yeni bir atık su arıtma teknolojisi kullanır. Bu teknikte biyolojik arıtmadaki atık su 0,2 mikron büyüklüğünde gözenekleri olan filtre dokusundan geçirilir. Atık sudaki bu büyüklüğün üzerinde bulunan tüm maddeler tutulurken neredeyse hiç katı madde ve mikroorganizma içermeyen arıtılmış su elde edilir. Filtre yüzeyinde sürekli sağlanan akış sayesinde filtrelenen katıların yüzeyde tutunup filtreyi tıkamasının önüne geçilir (Url-32).



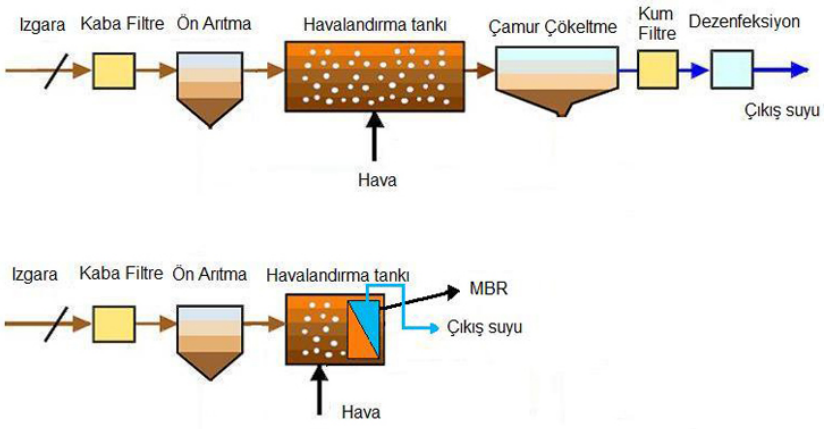
Şekil 2.17 : Membran biyoreaktör (Url-31).

Sistemi kısaca özetlersek, öncelikle gri su ayrı bir boru tesisatı ile gri su deposunda toplanır. Depolanan gri su pompa yardımıyla MBR deposuna aktarılır. Burada çeşitli filtrasyon işlemlerinden geçen su, temiz su deposuna aktarılır ve kullanıma uygun hale gelir.



Şekil 2.18 : Membran biyoreaktör sistem dizaynı (Url-29).

MBR tekniğinin kullanıldığı durumlarda yüksek arıtım verimliliğinin yanı sıra biyolojik arıtmada çökeltme havuzuna gerek kalmadığı gibi havalandırma havuzu da konvansiyonel yöntemde olması gerekenin üçte biri kadar büyüklükte tasarlanabilir, böylece toplam yerleşim ve inşaat alanında %70'in üzerinde tasarruf sağlanır (Url-32).



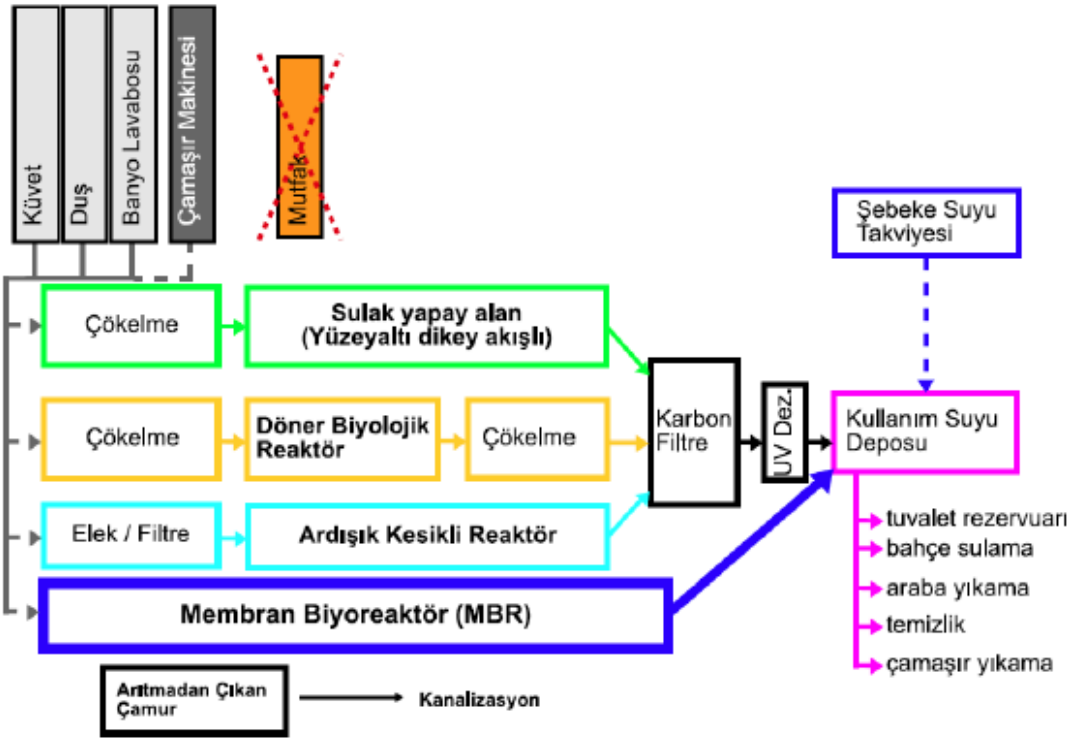
Şekil 2.19 : Konvansiyonel biyolojik arıtma ve MBR arıtma sistemi (Url-32).

MBR'ların konvansiyonel aktif çamura göre birçok avantajı mevcuttur. MBR'lardaki yüksek MLSS (MBR askıda katı madde konsantrasyonu) konsantrasyonundan dolayı gerekli hidrolik bekleme süresi azdır; bu da küçük reaktör hacmi ve ilk yatırım maliyetinde azalma anlamına gelir. Son çökeltime ihtiyaç olmayıp çamur şişmesi, filamentli büyümeden kaynaklanan çökeltim problemleri söz konusu olamaz (Yiğit, 2007).

MBR'ların klasik bir su arıtma tesisine göre avantajları aşağıda sıralanmıştır (Url-33)

- Yüksek hijyen standartları ile ideal çıkış suyu kalitesi,
- Yüksek olası biyo kütle konsantrasyonu (10-25 gr MLSS/l),
- Reaktör hacminin kapladığı alanın düşük olması,
- Net çamur üretimin azalmış olmasıdır

Yukarıda yer alan avantajlar değerlendirildiğinde diğer arıtma sistemlerinden üstünlüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 2.20 : Membran biyoreaktör (MBR) teknolojisinin diğer arıtma sistemlerinden üstünlüğü (Url-29).

MBR sisteminin bakımında tıkanmayı önleyici bir çok metot kullanılmaktadır. Birincil temizleme metodunda, membranlar otomatik düzende, üretilen süzüntü suyu

kullanılarak her 10-15 dakikada bir düzenli olarak geri yıkanırlar. Amaç membran yüzeylerine gevşek olarak tutunmuş materyallerin uzaklaştırılmasıdır. Geri yıkama prosesinde önce yıkanacak modüldeki arıtım durdurulur sonra basınçla bu sefer dıştan içe doğru membranlar içten dışa doğru saniyeler mertebesinde kademeli olarak su basılır (Yiğit, 2007).

Tıkanmanın daha yoğun olduğu zamanlarda ikincil ve üçüncül temizleme metotları uygulanır. İkincil temizleme metodunda; kimyasalların eklendiği süzüntü suyu ile membranlarda geri yıkama yapılır. Kimyasal olarak sitrik asit ve sodyum hipoklorit kullanılır. Geri yıkama yaklaşık 30 saniyelik, 5-10 periyot uygulanır ve periyotlar arasında 1-2 dakika dinlendirilir. İkincil temizlenmenin de yetersiz kaldığı durumlarda, üçüncül temizleme yöntemi olarak, tanklar boşaltılır ve membranlar daha yüksek oranlarda kimyasal içeren süzüntü suyuyla yıkanır (Yiğit, 2007).

2.2.2.2 Arıtılmış gri suyun kalitesi

Membran biyoreaktör teknolojisi ile arıtılmış gri su, tuvalet rezervuarı, bahçe sulaması, araba yıkama, temizlik, çamaşır yıkama gibi alanlarda güvenle kullanılabilir. Sulama suyu olarak bitki gelişimi için uygundur. İnsan ve diğer canlıların sağlığını tehdit etmez. Arıtılmadan önceki gri suyun bileşenleri aşağıda yer alan çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 2.6 : Arıtılmadan önceki gri su bileşenleri (Karahan, 2011).

Parametre	Birim	Küvetten, duştan ve lavabodan gelen su (çökelme deposundan sonar ölçülen değerlerdir).	Küvetten, duştan, lavabodan, çamaşır yıkamadan gelen su	Küvetten, duştan, lavabo dan, çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen su
KOİ	(mg/L)	150 – 400 Ø 225	250 – 430	400 – 700 Ø 535
BOİ5	(mg/L)	85 – 200 Ø 111	125 – 250	250 – 550 Ø 360
AKM	(mg/L)	30 – 70 Ø 40	-	-
pTOPLAM$^{(A)}$	(mg/L)	0,5 – 4 Ø 1,5	-	3 – 8 Ø 5,4

Çizelge 2.6 (devam) : Arıtılmadan önceki gri su bileşenleri (Karahan, 2011).

nTOPLAM$^{(A)}$	(mg/L)	4 -16 Ø 10	-	10 - 17
pH	(-)	7,5 – 8,2	-	6,9 - 8

Arıtıldıktan sonraki MBR çıkış suyu kalitelerini incelendiğinde, su kalitesinin diğer biyolojik arıtım sistemlerinden daha üstün olduğu görünmektedir (Çizelge 2.10). Elde edilen bulanıklık değerlerinin 0,5 NTU'dan düşüktür. Dolayısı ile su çok berraktır. Yine konveksiyonel sistemlerde 20-30 mg/l'den az elde edilen BOİ ve AKM, MBR çıkış sularında 2,0mg/l'den düşüktür. Bu da üretilen suyun organik stabilite ve partiküller açısından ne kadar kaliteli olduğunu gösterir. Önceden bahsedildiği gibi MBR'larda fiziksel biyokütle ayrımı yanında aynı zamanda da çok kaliteli bir fiziksel dezenfeksiyon sağlanmış olur. A.B.D'de gerek pilot gerekse de gerçek tesislerde MBR'ların yaklaşık tüm protozoaları giderdiği, 5-6 log bakteri ve 1-2 log virüs giderimi sağladığı gözlenmiştir. Klora dezenfeksiyona dayanıklı olan patojenik protozoalardan Cryptosporidium ve Giardia da MBR'da rahatlıkla tutulur. Bu rakamlar yaklaşık 0,1 μm gözenek büyüklüğü dikkate alındığında beklenen rakamlardır (Karahan, 2011).

Çizelge 2.7 : Evsel atık suları arıtan MBR'lara tipik çıkış suyu kaliteleri (Karahan, 2011).

Parametre	Tipik Değerler
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı	< 2,0 mg/l
Toplam askıda katı madde	< 2,0 mg/l
NH_3-N	< 1,0 mg/l (nitrifiye edilen tesislerde)
Toplam fosfor (TP)	< 1,0 mg/l (biyolojik olarak yada biyolojik olarak alum katkısıyla)
Toplam azot (TN)	< 10 mg/l (orta sıcaklıktaki iklimlerde)
Toplam azot (TN)	< 3,0 mg/l (sıcak iklimlerde)
Silt yoğunluk indeksi (SDI)	< 3,0
Bulanıklık	< 5,0 NTU
Mikrobiyolojik	
Bakteriler	5-6 log giderim
Virüsler	1-2 log giderim
Protozoalar	Tam giderim

Bazı maddelerin büyülüklerine bakıldığında, 0,1 μm gözenek büyüklüğüne sahip bir MBR'nin yaptığı arıtma daha kolay anlaşılmaktadır.Çizelge 2.8 bazı maddelerin büyüklükleri ile ilgili bilgi vermektedir. Buna göre en küçük madde 0,02 μm değeri ile virüslerdir.

Çizelge 2.8 : Bazı maddelerin büyüklükleri (μm) (Url-29).

Madde ismi	Büyüklük (μm)
İnsan saçı	60-120
Un	5-100
Polen	20-100
Su yosunları	1-1000
Parazitler	5-50
Bakteriler (genelde)	1-2
En küçük bakteri	0,2
Virüsler	0,02-0,3

Su kalite gereksinimleri, suyun kullanıldığı yere göre farklılık gösterir. Bu nedenle geri kazanılmış gri su, kullanılacağı yerin standartlarına uygun olması gerekir. Yukarıdaki çizelgelerde yer alan veriler doğrultusunda; gri sudan elde edilmiş kullanım suyu için, hijyenik ve mikrobiyolojik olarak güvenilir, renksiz ve bütünüyle katı atıklardan arındırılmıştır diyebiliriz.

2.2.2.3 Arıtılmış gri suyun peyzaj sulamasında kullanımı

Sulama suyu için gerekli olan su değerleri DIN19650 standartları tarafından düzenlenmiştir. Bu kalite şartları tarım, bahçecilik, kirlik alanların yani sıra parklar ve spor tesislerinde kullanılan suların hijyenik ve mikrobiyolojik yönleriyle ilgilidir. DIN 19650 esas alınarak belirlenmiş gereksinimlere göre birçok uygulama ve sulama amaçlı kullanılan suyun kalite gereksinimleri klozet ve pisuarlar için kullanılan sudan daha yüksektir. Bu nedenle gri su kazanma prosesleri daha bir önem kazanmaktadır (Url-34). MBR teknolojisi ile arıtılmış gri suyun tamamen yüksek kalitede olması nedeniyle, standartlara uygundur ve yeraltı ve yerüstü peyzaj sulamasında güvenle kullanılabilir.

Sulama sisteminde, su kaynağı olarak gri su kullanıldığında farklı renkte sprink başlıkları, musluklar vs. ile kullanılarak, su kaynağının arıtılmış su olduğu belirtilmelidir. Geri kazanılmış gri su muslukları içilmez işareti ile etiketlenmelidir.

2.2.3 Diğer alternatif su kaynakları

2.2.3.1 Desalinizasyon

Kurak ya da yarı kurak bölgelerde deniz suyu ya da az tuzlu sulardan arıtma yapılarak içme ya da kullanma suyu elde etmektir. Bu yöntem Dünya'da daha çok büyük ölçekte, çok kullanılan bir yöntemdir. Proses, ön arıtma(kimyasal arıtma), tuz giderme ve son arıtma (kimyasal arıtma) aşamalarından oluşmaktadır. Tuz giderme

evresinde termal metotlarla su ısıtılarak buharlaşması sağlanıyor, daha sonra da elde edilen buhar yoğunlaştırılarak toplanıyor (Url-16). Termal metotlarda elde edilen su oldukça saftır. Kullanılan termal metotlar aşağıda verilmiştir (Buros, 1999).

- MSF prosesi,
- MED prosesi,
- VC prosesidir.

İkinci tuz giderme metodu ise membran yöntemidir. Bu yöntemde tuz yarı geçirgen membranlar kullanarak arıtılmaktadır (Url-16). Bu membran metotları aşağıda verilmiştir (Buros, 1999).

- Elektrodiyaliz,
- Ters ozmosdur.

Termal ve membran metotlarının dışında kullanımı yaygın olmayan, dondurma, memran distilasyon ve solar nemlendirme metotları vardır (Url-16).

Ülkemizin Akdeniz, Ege kıyılarında yer alan turistik tesislerde desalinizasyon yöntemi kullanılmaktadır.

3. BEYLİKDÜZÜ, SAKLIHAN KONAKLARI SULAMA PROJESİ ÖRNEĞİ

3.1 Proje Alanı

Saklıhan Konakları, İstanbul'un Beylikdüzü ilçesinde, toplam 18.100 m^2 alan üzerine kurulu, 1200 m^2 peyzaj alanından sahip halen yapımı devam etmekte olan bir sitedir. Yedi bloktan oluşan site 'Beylikdüzü'nde 7 yıldızlı yaşam' sloganıyla satışa çıkmıştır.



Şekil 3.1 : Saklıhan konakları vaziyet planı.

3.1.1 Proje alanı genel bilgiler

Saklıhan Konakları'nın mimari projesi Mimar Hüseyin Sarı ve ekibi tarafından HHS Mimarlık bünyesinde tasarlanmıştır. Sitede 2+1, 3+1, 4+1, dubleks daire seçeneklerinden oluşan 288 daire ve 34 iş yeri vardır. 2+1'ler dışındaki tüm daire tiplerinin cepheleri orta alandaki peyzaja bakacak şekilde tasarlanmıştır. Site alanın tamamının altı iki kat otopark, sosyal tesis ve dükkanlardan oluşacaktır. Dükkanlar,

sitenin üç cephesini çevreleyecek şekilde yerleştirilmiş ve toplam m^2'si 875' tir. İş yerleri kaldırım kotunda tasarlanmıştır. Tavan yükseklikleri 2 metre 60 santimetredir. Site sakinlerine alışveriş konforunu yaşatmayı hedefleyerek tasarlanan iş yerleri market, eczane, giyim mağazaları, kafeler gibi farklı çeşitte kullanımlara sahip olacaktır. Birinci bodrum katta yer alan site girişinde , ev sahiplerini geniş bir lobi karşılamaktadır. Lobi kapalı spor tesisiyle birlikte düşünülerek tasarlanmıştır. Sosyal tesiste ; kapalı yüzme havuzu, spor merkezi, sauna, türk hamamı bulunacaktır. Lobi katından yürüyen merdivenle bahçe katına, asansörle bina içlerine ve ikinci bodrum katta bulunan kapalı otoparka geçişler olacaktır. Aynı zamanda acil durumlar için rampa ile site içine araç giriş çıkışına imkan veren farklı bir giriş daha bulunmaktadır.



Şekil 3.2 : Saklıhan Konakları cephe ve mimari genel görünümü.



Şekil 3.3 : Saklıhan Konakları site girişi.

Sitenin peyzaj projesi Peyzaj Yüksek Mimarı Oray Karabay ve ekibi tarafından Karabay Mimarlık bünyesinde tasarlanmıştır. Suyun cazibesinden yola çıkılarak tasarlanan projede iki adet açık yüzme havuzu ve bu iki havuzu birbirine bağlayarak görselliği arttıran süs havuzları tasarlanmıştır. Yüzme havuzunun etrafında yer alan güneşlenme terasları, süs havuzları etrafında yer alan oturma alanları ile birleştirilerek, devamlılık sağlanmış ve aktivite alanları bir araya toplanmıştır. Bina aralarında tasarlanan diğer küçük su ögeleri ve oturma alanlarıyla da daha sakin dinlenme köşeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan çocuk oyun alanıyla da çocukların site içinde güvenli şekilde vakit geçirmesine olanak sağlanmıştır.



Şekil 3.4 : Saklıhan Konakları peyzaj genel görünümü.



Şekil 3.5 : Saklıhan Konakları güneşlenme terasları ve yüzme havuzu görünümü.

3.1.2 Proje alanı doğal verileri

Proje alanı ; 166.8m, 117.5 m, 176.4 m, 93.8 m boyutlarında dikdörtgene yakın bir şekle sahiptir. Toplam yeşil alan 5025 m^2'dir. Peyzaj alanının tamamına yakınının altı, otopark ve sosyal tesisten oluşmaktadır. Alan, eğim açısından düz olmasına rağmen drenajı sağlamak için % 0-5 eğime sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

Alana tüm toprak dışarıdan getirilecektir. İzolasyonu yapılmış üst tabliye betonunun üzerine kalınlığı 53 cm olacak şekilde serilecektir. Toprak karışımı ; %40 orman üst toprağı, %20 kum, %20 torf, %20 yanmış koyun gübresinden oluşacaktır. Yer örtücü, sarılıcı ve çalı tipi bitkilerin çoğunun dikimi bu toprak yüksekliğinde yapılacaktır. Bodur ve boylu ağaçlar ile bazı çalı türleri için de ahşap kütükler kullanılarak toprak yüksekliği arttırılacaktır.

İklim verilerine baktığımızda İstanbul'un iklimi olan ılıman iklim hakimdir. Yazlar genel olarak sıcak ve nemlidir. Ortalama sıcaklık 22.1 ile 24.5 ºC'dir. Kışlar soğuk ve yağışlıdır. Ortalama sıcaklık 6.6 ile 8.5 ºC'dir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimleri ise ılımandır ve ortalama sıcaklık 8.4 ile 20.8 ºC'dir (Url-17). Şehrin yıllık ortalama nemi %75.4'dir (Url-18). Yıllık ortalama yağış 632.8 mm'dir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 166'dır (Url-17). Şehir hafif rüzgarlıdır ve ortalama rüzgar hızı 18 km/s'dir (Url-19).

Çizelge 3.1 : İstanbul ili ortalama sıcaklık değerleri (Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler,1970-2011 (Url-17).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama ºC	6.6	6.6	8.4	12.7	17.4	22.1	24.5	24.2	20.8	16.4	11.9	8.5

Çizelge 3.2 : Yağışlı gün sayısı ve kurak mevsimdeki ortalama yağış miktarı (Uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler (1970-2011) (Url-17).

	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Yağışlı gün sayısı(gün)	7.3	5.4	3.7	4.0	5.6	26
Aylık ortalama yağış miktarı(kg/m^2)	29.3	26.7	22.3	24.0	36.9	139.2

3.2 Sulama Sistemi Projesi ve Su Kaynakları

3.2.1 Sulama sistemi projesi tanıtımı

Peyzaj sulama tasarımı; projesine, bitkilendirme planındaki bitkilerin tipine ve kompozisyonuna, arazi formuna ve sulama sistemine bağlı olarak dağılım stratejisine, başlık dağılımı, seksiyon ve seksiyon beslenme modelleri, boru çapı, debi ve basınç miktarları ve pompa kapasitesi gibi ögelerin rasyonel kombinasyonu ile şekillenir (Seçkin ve diğerleri, 2011).

Saklıhan Konakları sulama projesi, peyzaj projesi tasarımına, bitkilendirme projesine, alanın doğal verilerine ve yukarıda belirtilen sulama sistemine bağlı olan öğelere göre oluşturulmuştur. Genel olarak; geniş çim alanlar yağmurlama sulama sistemi, çalı gruplarının ya da ağaç altı saksıların olduğu bölgelere damlama sulama tasarlanmıştır.

Su kaynağı olarak şebeke suyu ve alternatif iki su kaynağı olan arıtılmış gri su ve depolanmış yağmur suyu kullanılması planlanmıştır. Gri suyun kullanımında daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi çeşitli kriterler vardır. İnsan sağlığı açısından tehlike oluşturmaması için ileri arıtma yöntemleri kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada gri su, yüzey üstü sulamaya uygun ileri arıtma aşamalarından geçecek şekilde tasarlanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda damlama sulama sisteminde arıtılmış gri su ve/veya depolanmış yağmur suyu, yağmurlama sulama sisteminde ise arıtılmış gri ve/veya depolanmış yağmur suyu ve gerekli olursa ek kaynak olarak şebeke suyu kullanılacaktır.

Alanın toprak yapısı organik maddece zengin kumlu bahçe toprağıdır. Toprak karışımı ; %40 orman üst toprağı, %20 kum, %20 torf, %20 yanmış koyun gübresinden oluşmaktadır. Bu toprak türü bitki gelişimi için uygun koşullara sahiptir. Damlama ve yağmurlama sulama sistemleri için de uygundur.

Sulama sistemi bileşenleri genel olarak gri su ve yağmur suyu için aynıdır. Ek bileşenler suyun sulama suyu deposuna gelmeden önce geçirdiği ek proseslerdir. Bunlar gri su için, suyun depoya ulaşmasını sağlayan konut içi tesisat, binalardan toplanan suyu sulama deposuna ulaştıracak konut dışı tesisat ve arıtma sistemleridir. Yağmur suyu için oluk filtreleri, yaprak tutucu filtreler, çatı yıkayıcılar, ve toplanan yağmur suyunu, yağmur suyu deposuna ulaştıracak boru sistemleridir. Bölüm 3.3.1'de sistem bileşenleri daha detaylı anlatılacaktır.

Sulama sistemi için ikinci bodrum katta 40 m^3 betonarme bir su deposu bulunmaktadır. Su deposunun içi, izolasyonu yapılmış ve seramikle kaplı olacaktır. Su deposunda bir motopomp çeşidi olan hidrofor (15 HP çift kafa) kullanılmıştır. Pompa çalışma basıncı 8 bardır. Sulama suyunun sisteme dağılımı, 75mm çaplı polietilen ana boru hattıyla yapılacaktır.

Yağmurlama başlık dağılımı ; bina aralarındaki formal şekilli peyzaj alanlarında, üçgen ve kare düzen standartlarına yakın yerleştirilmişken, gayri muntazam peyzaj alanlarında karma düzende yerleştirilmiştir. Projede Rainbird 3504 rotor sprink, Rainbird 10 Van serisi sprey sprink başlık ve Hunter marka PS-04 A Serisi 10', 12', 15', 17' yağmurlama başlıkları kullanılmıştır. Rainbird 3504 rotor sprey başlığın çalışma basıncı 1.7 ile 3.8 bar, yağmurlama hızı 9 ile 18 mm/sa, ara mesafesi 4.6 ile 10.7 m'dir (Url-20). Rainbird 10 Van serisi sprey sprink başlığın çalışma basıncı 1.0 ile 2.1 bar, yağmurlama hızı 71 ile 96 mm/sa, ara mesafesi 2.4 m ile 3.0 m'dir (Url-21) (Url -24). Hunter PS-04 A Serisi 10', 12', 15', 17' başlıkların çalışma basıncı 1.4 ile 2.8 bar, yağmurlama hızı 35 ile 43mm/sa, ara mesafesi 3m ile 5.8 m'dir (Url-22). Sistemdeki yağmurlama sistemi başlıklarının ortalama çalışma basıncı ise 2 bardır.



Şekil 3.6 : Rainbird 3504 rotor pop up (Url-20).



Şekil 3.7: Rainbird 10 Van serisi sprey başlık (Url-21).

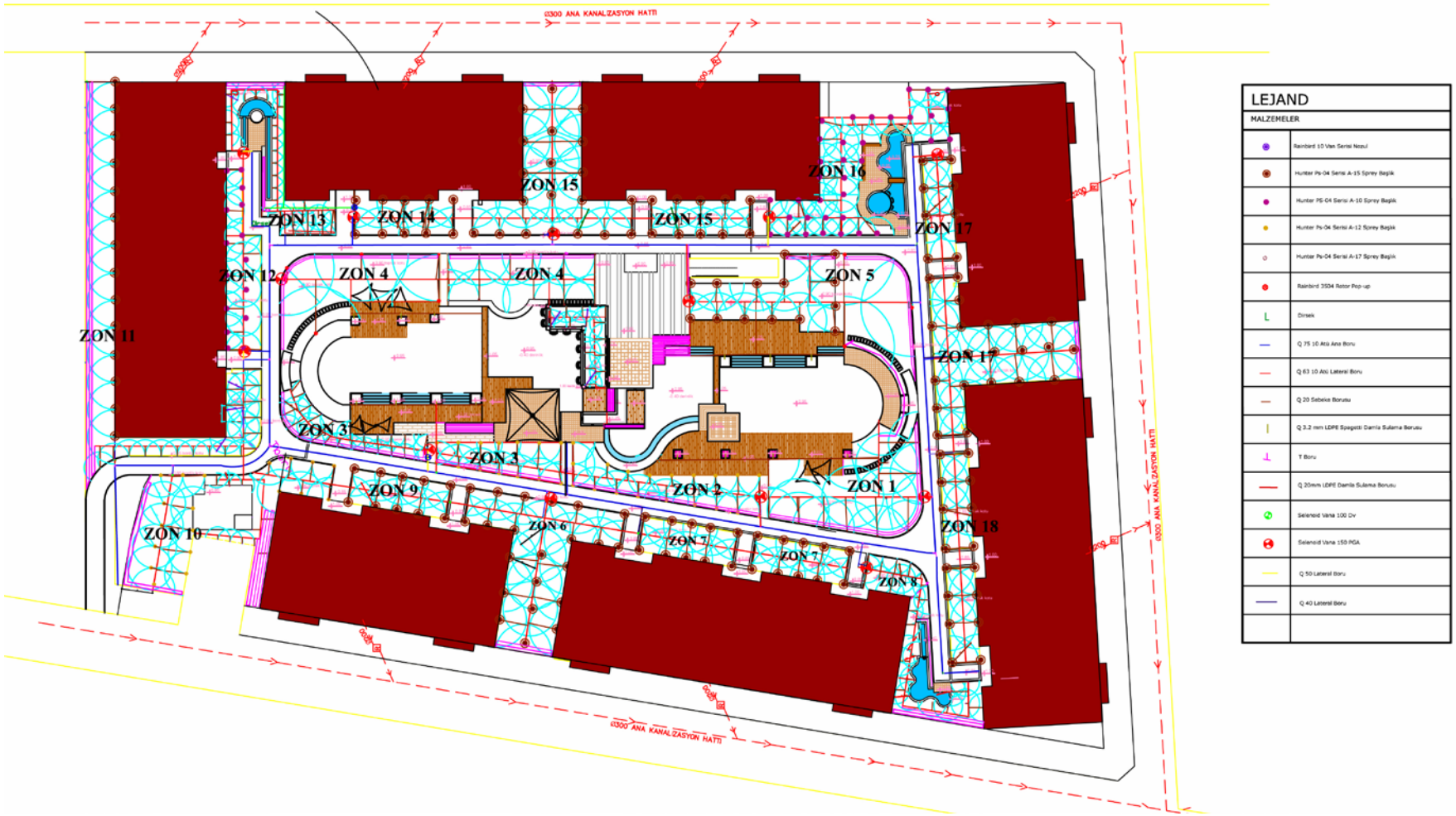


Şekil 3.8 : Hunter PS-04 A serisi 10', 12', 15', 17' (Url-22) (Url-23).

Yağmurlama başlık seçim ve yerleşimleri yapılırken rüzgar hızının da hesaba katılması gerekir. Ancak geniş çim alanlara sahip, park, golf sahası gibi açık alanlar dışındaki, küçük ve korunaklı alanlarda rüzgarın etkisi genellikle ihmal edilir (Seçkin ve diğerleri, 2011).

Damlama sistemi tesisinde içten emitörlü borular kullanılmıştır. Borularda 20 mm çapında fabrikasyon delikler mevcuttur. Boruların ara mesafesi 40 cm, emitör debisi 2 l/sa'tir. 40 cm aralıklı boru yerleşimi ve 2 l/sa debi, kumlu topraklar için uygundur (Melby,1995).

Projede 18 seksiyon bulunmaktadır. Seksiyon ya da diğer bir tabirle zonlar 2'',1/2'', 11/4'', selenoid vanalarla kontrol edilmektedir. Seksiyonların ortalama yağmurlama hızı 22,5 mm/sa'tir. Üç adet elektronik kumandalı kontrolör, birinci bodrum katta deponun bulunduğu alana yerleştirilmiştir. Kolay ulaşılabilmesi için teknik alana yerleştirilen kontrolörler aynı zamanda olumsuz hava koşullarından da korunmuştur.



Şekil 3.9 : Saklıhan Konakları sulama projesi.

3.2.2 Su kaynakları

Daha önce detaylı bahsedildiği gibi bu çalışma kapsamında sulama sistemi tasarımı, üç su kaynağına göre yapılmıştır. Bunlar şebeke suyu, depolanmış yağmur suyu ve MBR teknolojisiyle arıtılmış gri sudur. Alternatif su kaynaklarında önemli olan nokta miktar olarak sulama sistemi için uygunluğunun araştırılmasıdır.

Öncelikle belirlenmesi gereken miktar alanda ihtiyaç duyulan sulama suyudur. İklim verileri dikkate alındığında alanda sulamaya ihtiyaç duyulacak zamanlar kurak mevsim olarak adlandırılan mayıs ayı ile eylül ayı arasındaki aylardır.

Çizelge 3.2; kurak mevsimdeki gün sayısı başka bir deyişle sulama yapılacak gün sayısı hakkında bilgi vermektedir. Buna göre SGS aşağıda yer alan formül ile hesaplanır (Seçkin, 2010) **(3.1).**

SGS = Kurak mevsimdeki toplam gün s. – Kurak mevsimdeki yağmurlu gün s. **(3.1)**

SGS = 150 – 26 = 124 gün

SGS : Sulama yapılacak gün sayısı

Formülden çıkan sonuca göre, alanda 124 gün sulamaya ihtiyaç vardır. Bunun yanında peyzaj alanın sulanması için gerekli su talebini hesaplamak için aşağıdaki adımlar izlenir.

Öncelikle peyzaj alanının bitkisel dokusu incelenerek, bitki tiplerine göre su tüketim oranları belirlenir. Toplam yeşil alan 5.025 m^2'dir. Yeşil alanın 600 m^2'si çalı, yer örtücü bitkilerden oluşmaktadır ve damlama sulama sistemi ile sulanacaktır. Geriye kalan 4.425 m^2'lik alan ise genel olarak çim bitkisinden oluşmaktadır ve yağmurlama sulama sistemi ile sulanacaktır.

Sulama sistemi için su talebi hesaplanırken Çizelge 2.4'te belirtildiği gibi alandaki bitkilerin su tüketimlerine bakıldığında ; çim alanların su tüketimi 6-7mm/gün , çalılar ve ağaçların su tüketimi 4-5 mm/gün'dür (Melby, 1995). Yukarıdaki veriler doğrultusunda yağmurlama ve damlama sulama sistemi için su talebi aşağıda yer alan formüller kullanılarak hesaplanır (Seçkin, 2010) **(3.2) (3.3) (3.4) (3.5).**

YST = Çim alan (m^2) x Çim bitkisi su tüketimi (mm/gün)= 30,98 m^3 **(3.2)**

YST = 4.325 x 0,007 = 30,98 m^3

YST : Yağmurlama sulama sistemi için su talebi

$$DST = Çalı\ alan\ (m^2) \times Çalı\ bitkisi\ su\ tüketimi\ (mm/gün) \quad \textbf{(3.3)}$$

$$DST = 600 \times 0{,}005 = 3\ m^3$$

DST : Damlama sulama sistemi için su talebi

$$GST = YST + GST \quad \textbf{(3.4)}$$

$$GST = 30{,}98 + 3 = 33{,}98\ m^3\text{'tür.}$$

GST : Kurak mevsimdeki günlük su talebi

$$TST = GST \times SGS \quad \textbf{(3.5)}$$

$$TST = 33{,}98\ m^3 \times 124\ gün = 4.213{,}52\ m^3$$

TST : Kurak mevsimdeki toplam su talebi

GST : Kurak mevsimdeki günlük su talebi

SGS : Sulama yapılacak gün sayısı

Sonuç olarak yeşil alanın sulaması için günlük su talebi 33,98 m^3'tür. Sulama mevsimi boyunca ihtiyaç duyulan toplam su miktarı ise 4.213,52 m^3'tür.

3.2.2.1 Depolanmış yağmur suyu

Yağmur suyu, herhangi bir ek arıtmaya ihtiyaç duyulmadan damlama ve yağmurlama sulama sistemlerinde kullanılabilmektedir. Bitki gelişimi için de uygun olması nedeniyle kullanım örneklerine sık rastladığımız bir alternatif su kaynağıdır.

Depolanacak yağmur suyu miktarı, bölgeye düşen yağışa, yağışın frekansına, yağışın süresine, şiddetine, yağmur esnasında rüzgarın durumuna, çatıların kapladığı alana, çatının konumuna, çatı malzemesinin cinsine, sistem kapasitesine bağlıdır (Doğangönül, 2008). Pratikte de buharlaşma, sert yağmurların sebep olduğu sıçramalar, oluklardaki çatlaklar gibi nedenlerle depolanacak yağmur suyunda kayıplar olur (Bucklin, 1993). Bu kayıplar dikkate alındığında etkin olarak depolanacak yağmur suyu, toplam suyun %75-90'ıdır (Texas Water Devolopment Board, 2005). Bu çalışmada toplama verimliğinde, ortalama değer olarak % 85 kabul edilmiştir.

Daha önce belirtildiği gibi İstanbul'daki yıllık ortalama yağış 632,8 mm'dir. Peyzaj sulamasının en çok kurak mevsimde yani yaz aylarında yapılacak olmasından dolayı; depolanacak yağmur suyu hesabı yapılırken yıllık ortalama yağış ile birlikte kurak mevsimdeki yağmurlu gün sayısına ihtiyaç vardır. Mayıstan eylül ayına kadar olan süre kurak mevsim olarak adlandırılır. Bu mevsimdeki aylık ortalama yağış ve yağmurlu gün sayısı çizelge 3.2' de belirtilmiştir (1970-2011 yıllarındaki ortalama değerler).

Çizelge 3.2'deki değerler alınarak depolanacak yağmur suyu miktarı (DYM) hesabı aşağıdaki formül kullanılarak yapılır (Seçkin, 2010) **(3.6).**

$$\text{DYM } (m^3) = \text{Çatı alanı } (m^2) \times \text{Mevsimsel yağış (metre)} \times \text{Toplama verimliliği} \quad \textbf{(3.6)}$$

$$\text{DYM} = 6.600 \times 0{,}1392 \times 0.85$$

$$\text{DYM} = 780{,}912\ m^3$$

$$\text{Günlük DYM} = \text{DYM} / \text{Kurak mevsimdeki yağmurlu gün sayısı} \quad \textbf{(3.7)}$$

$$\text{Günlük DYM} = 780{,}912\ m^3 / 26 \text{ gün} = 30{,}035\ m^3/\text{gün}$$

DYM : Depolanacak yağmur suyu miktarı

Sonuç olarak sistem, kurak mevsimdeki yağmurlu günlerde ortalama 30,04 m^3 su depolayacaktır.

3.2.2.2 Arıtılmış Gri su

Bir çok çalışma, kişi başına düşen günlük gri suyun 96-172 litre arasında olduğunu belirtiyor. Aynı değer standart bir aile için düşünüldüğünde 384-688 litre olarak hesaplanmış (Gerba et al., 1995; Jenkins, 2005). İski'den alınan verilere göre de 4 kişilik bir ailenin günlük su tüketimi 480 litredir ve gri su, günlük su tüketiminin %80'ini oluşturmaktadır. Bu değerler doğrultusunda bu çalışma için günlük 400 litre gri su ortalama bir değer olarak kabul edilmiştir.

Proje alanı olan Saklıhan Konakları'ndaki toplam daire adedi 288, iş yeri adedi 34'tür. Daireler 2+1, 3+1, 4+1 ve dubleks seçeneklerinden oluşmaktadır. Daire tiplerinden bağımsız olarak her dairede standart bir ailenin (4 kişilik) yaşadığı kabul edilmiştir. Bir ailenin günlük su tüketimi sonucu oluşturduğu gri suyun 400 litre yani

0,4 m^3 olduğundan yola çıkarak 288 dairelik bir sitede günlük gri su 115,20 m^3'tür **(3.8)**.

GS = Standart bir ailenin günlük ortalama gri su tüketim değeri(m^3) x daire adedi **(3.8)**

$$GS = 0,4 \times 288 = 115,20\ m^3$$

GS : Günlük gri su

İş yerlerinin toplam metrekaresi 875'tir. 2 m^2, 1 kişi kaplar hesabından yola çıkarak, 875 m^2' deki toplam kişi sayısı 438'dir. 438 kişinin 4 kişilik ailelerden oluştuğunu düşünürsek 110 aile yapar. 4 kişilik bir ailenin su tüketimi sonucu oluşan gri suyun 0,4m^3 ise, formül **(3.8)** kullanılarak hesaplanır.

GS = Standart bir ailenin günlük ortalama gri su tüketim değeri(m^3) x daire adedi **(3.8)**

$$GS = 0,4\ m^3 \times 110 = 44\ m^3$$

İş yerlerinden ve dairelerden gelen gri su miktarlarını topladığımızda, sitede günlük oluşan toplam gri su miktarı hesaplanmış olur. Bu miktar 159,20 m^3'tür.

Kurak geçecek sulama sezonu boyunca depolanacak toplam gri su, günlük gri su ile kurak mevsimdeki sulama yapılacak gün sayısı çarpılarak hesaplanır **(3.9)**.

$$\text{Toplam gri su} = GS \times SGS \qquad \textbf{(3.9)}$$

$$\text{Toplam gri su} = 159,2 \times 124 = 19.740,80\ m^3$$

GS : Günlük gri su

SGS : Sulama yapılacak gün sayısı

Çıkan sonuca göre, sistem sulama sezonu boyunca 19.740,80 m^3 gri su depolanabilir. Sulama sezonu boyunca gerekli toplam su miktarımız ise 4.213,52 m^3'tür. Elde edilen gri su sulama için ihtiyaç duyduğumuz miktarın çok üzerindedir. Bu durumda tüm gri suyun arıtılması, getireceği ek maliyetler düşünüldüğünde çok avantajlı olmayabilir. Bu nedenle az kirli gri suyu arıtmak daha avantajlı olacaktır. Az kirli gri su, duştan, lavabodan ve küvetten gelen gri sudur. Az kirli gri su, sistem hacminin küçülmesinden dolayı daha az maliyetlidir. Şekil 2.14'de gösterildiği gibi duş, lavabo ve küvetten gelen gri su toplam gri suyun %40- %50' sini oluşturmaktadır. 4 kişilik bir ailenin günlük oluşturduğu gri su miktarı bu tez kapsamında 400 litre

olarak kabul edilmiştir. Bu iki veriden yola çıkarak az kirli gri suyun 200 litre yani 0,2 m^3 olduğu sonucuna ulaşırız.

Sitedeki 4 kişilik aile sayısı, önceki bölümle 398 adet olarak hesaplanmıştır. Az kirli gri su, 4 kişilik bir ailenin günlük oluşturduğu su miktarı ile aile sayısı çarpılarak hesaplanır **(3.10)**.

Az kirli gri su = 4 kişilik ailenin oluşturduğu günlük az kirli gri su (m^3) x aile s. **(3.10)**

Az kirli gri su = 0,2 x 398 = 79,60 m^3

Kurak geçecek sulama sezonu boyunca depolanacak toplam az kirli gri su, günlük az kirli gri su ile kurak mevsimdeki sulama yapılacak gün sayısı çarpılarak hesaplanır **(3.11)**.

Toplam az kirli gri su = AGS x SGS **(3.11)**

Toplam az kirli gri su = 79,60 x 124 = 9.870,40 m^3

AGS : Günlük az kirli gri su

SGS : Sulama yapılacak gün sayısı

Sulama mevsimi boyunca ihtiyaç duyulan toplam su miktarı ise 4.213,52 m^3 idi. Depolanacak az kirli gri su miktarı ise 9.870,40 m^3 olarak hesaplanmıştır. Bu verilerden, depolanacak az kirli gri suyun, sulama suyu ihtiyacını karşıladığı sonucuna varılır.

Depolanacak az kirli gri su miktarının ihtiyaç duyulan sulama suyu ihtiyacını karşılar. Sistem hacmi düştüğü için ilk kurulum maliyeti ve işletme maliyetini düşürür. Bakımı kolaylaştırır. Bu sebeplerinden dolayı, az kirli gri suyun toplanması, tüm gri suyun toplanmasından daha verimli olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

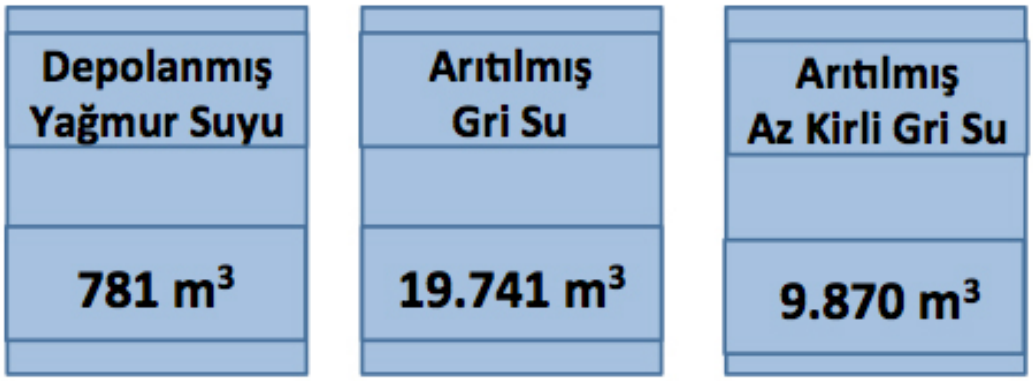
3.2.2.3 Şebeke suyu

Şehir şebeke suyu, genellikle nehir, göl, baraj suları gibi yüzeysel sulardan elde edilir. Boru hatlarıyla konut, ticaret ve benzeri kullanımların hizmetine sunulur. Yeryüzündeki su kaynaklarının daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi miktar olarak azalması, şebeke suyunun tasarruflu kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Su kaynaklarının miktar olarak değerlendirilmesi

Saklıhan Konakları sitesindeki yeşil alanlarının sulaması için günlük su talebi 33,98 m^3'tür. Yağmurlama sulama sistemi için günlük su talebi 30,98 m^3'tür. Damlama sulama sistemi için günlük su talebi 3 m^3'tür. Kurak mevsim boyunca gerekli olan toplam sulama suyu miktarı ise 4.213,52 m^3'tür.

Kurak mevsim boyunca depolanacak yağmur suyu 780,91 m^3, arıtılmış gri su 19.741,80 m^3, kurak mevsimde depolanacak arıtılmış gri su 9.870,40 m^3'tür. Şekil 3.10'da su miktarları ifade edilmiştir.



Şekil 3.10 : Saklıhan Konakları su kaynaklarının miktar olarak değerlendirilmesi.

Su kaynağı miktarlarına ait tüm veriler değerlendirildiğinde, arıtılmış gri suyun miktar olarak ihtiyaç duyulan sulama suyunun çok üzerinde olduğu sonucu çıkmıştır. Arıtılmış az kirli gri su ise ek bir su kaynağına ihtiyaç duyulmadan tüm sistemin su ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu iki veri birlikte değerlendirildiğinde, tüm gri suyun arıtılmasının getireceği ek maliyetler ve ihtiyaç duyulacak depolama alanı düşünülerek, bu proje için uygun bir alternatif su kaynağı olmayacağı soncuna varılmıştır. Kurak mevsim boyunca depolanacak yağmur suyu ise sulama sistemi ihtiyacının tamamını karşılayamamaktadır. Ancak sulama sistemine ek bir su kaynağı olarak düşünülerek değerlendirilebilir.

Sonraki bölümlerde az kirli gri su arıtma sistemi ve yağmur suyu depolama sistemi, Saklıhan Konakları projesine uygun olarak; sistem bileşenleri, bu sistemlerin getireceği ek maliyetler ve sistem bakımları başlıkları altında incelenecektir. Bu veriler ve su miktarları birlikte değerlendirilerek, bu proje için, ekonomik ve ekolojik açıdan en uygun su kaynağının hangisi ya da hangileri olduğu sonucuna varılacaktır.

3.3 Değerlendirme Kriterleri

3.3.1 Sistem bileşenleri

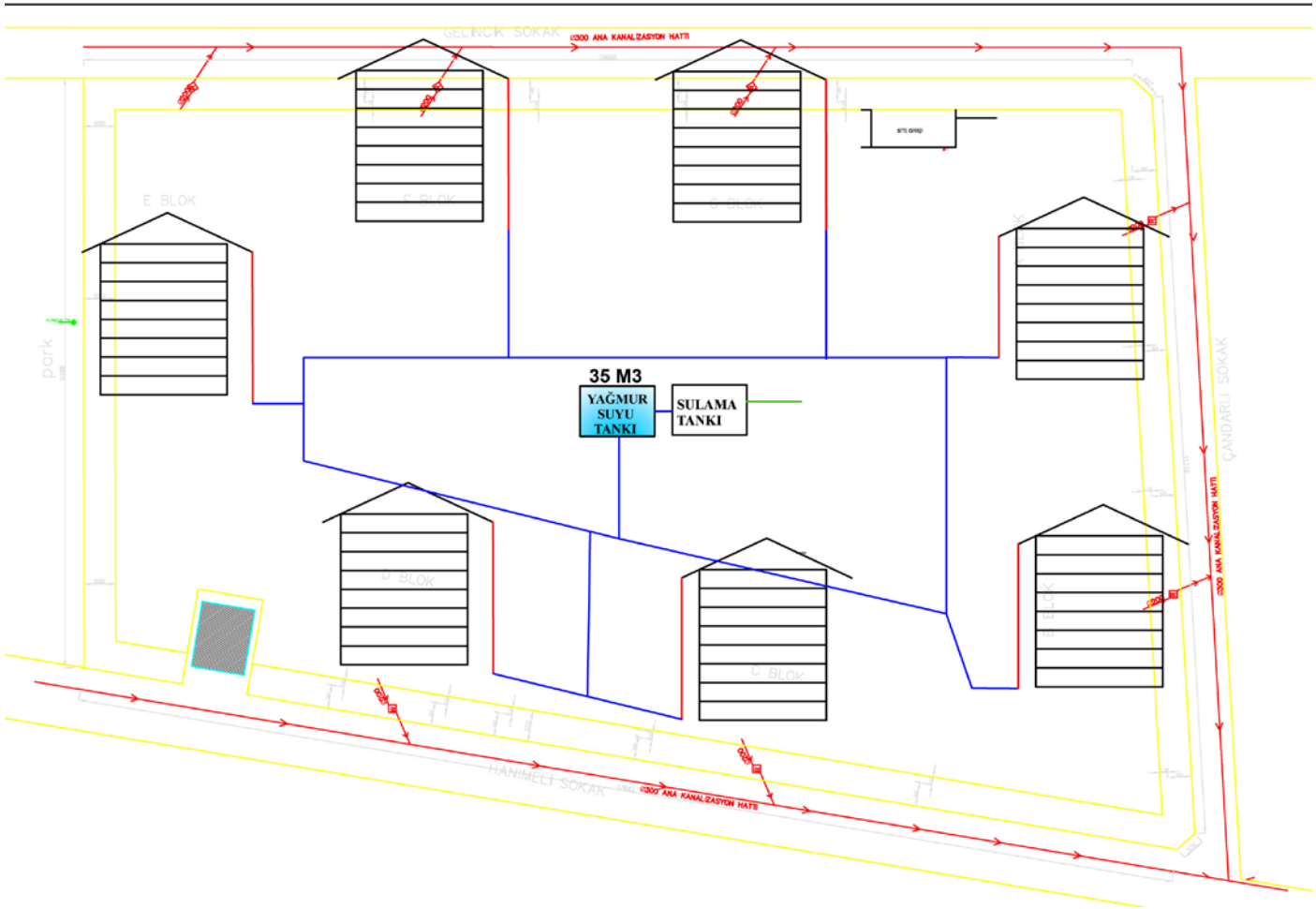
Sulama sistemlerinde kullanılacak alternatif su kaynaklarının kullanıcılara getireceği ek maliyeti öğrenebilmek için öncelikle sistem bileşenlerinin neler olduğunu tanımlamak gerekir. Böylece şebeke suyu kaynağına göre tasarlanmış bir sulama projesi; depolanmış yağmur suyu ve arıtılmış az kirli gri su kaynakları için uygun hale getirilir.

Şebeke suyuna göre tasarlanan sulama projesinde; öncelikle yağmurlama başlıklarının ve damlama borularının yerleşimi yapılır. Daha sonra gerekli hesaplamalar yapılarak seksiyonlara ayrılır ve sulama planı oluşturulur. Bu plan sonucunda keşif listesi hazırlanır. Keşif listesi çizelge 3.3'te açıklanmıştır.

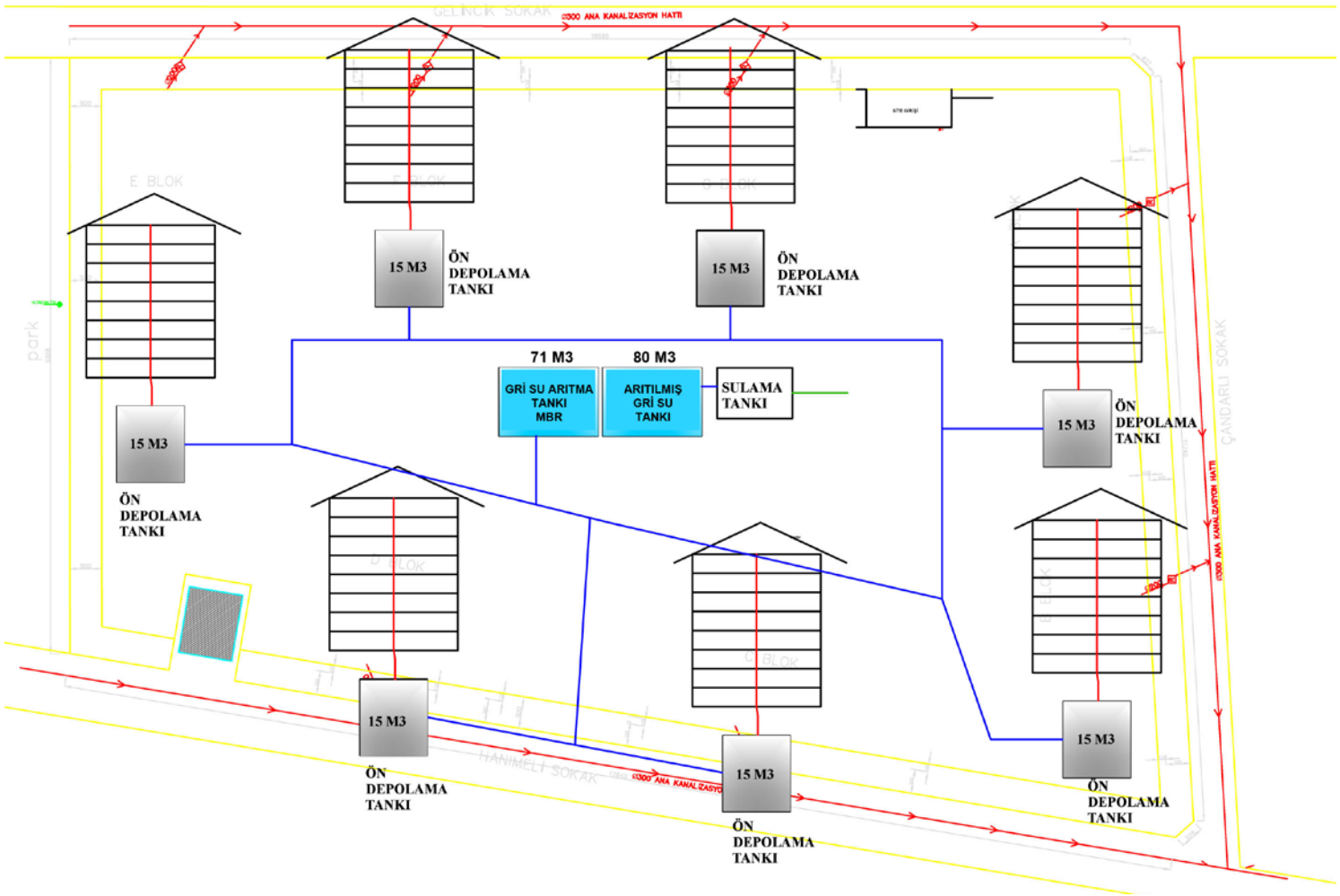
Depolanmış yağmur suyunun, şebeke suyuna göre tasarlanmış bir sulama sistemine ek olarak getireceği sistem bileşenleri yağmur suyunun depolanarak, sulama sistemi deposuna aktarılması sürecini kapsar. Yağmur suyu yakalama yüzeyi olan çatılarda tutulan yağmur suları, fiziksel filtrelemelerden geçerek, oluklar ve borularla yağmur suyu deposuna ulaştırılır. Ek sistem bileşenleri; yaprak tutucu filtreler, oluk filtreleri, depolama tankı ve suyu sulama sistemine aktaracak pompa birimidir. Şekil 3.11'de Saklıhan Konakları projesinde yağmur suyu depolama sistemi planlaması şematik olarak ifade edilmiştir.

Az kirli gri suyun arıtılması sistemi için gerekli sistem bileşenleri ise; az kirli gri suyu depoya taşıyacak bina içi ve dışı su tesisatı, ön depolama tankları, MBR teknolojisine göre dizayn edilmiş arıtma deposu, geri kazanılmış gri su depolama tankı, ve suyu sulama sistemine aktaracak pompa birimidir. Şekil 3.12'de Saklıhan Konakları projesinde arıtılmış az kirli gri su sisteminin planlaması şematik olarak ifade edilmiştir.

Bu projede az kirli gri su öncelikle bina bodrum katlarında yer alacak toplama depolarında biriktirilecektir. Fiziksel filtrelemeden geçen az kirli gri su boru sistemleriyle sulama deposunun yanında bulunan gri su MBR arıtma deposuna aktarılacaktır. MBR deposu, 20m^3 dengeleme tankı, 10m^3 çamur tankı ve 40,5 m^3 MBR' den oluşur. Sistemin günlük arıtma kapasitesi 80 m^3'tür. Arıtılan su daha sonra pompa yardımıyla sulama suyu deposuna aktarılarak kullanılır.



Şekil 3.11 : Saklıhan Konakları yağmur suyu depolanması sistem kurulumu şeması



Şekil 3.12 : Saklıhan Konakları az kirli gri su arıtılması sistem kurulumu şeması.

3.3.2 Maliyet

Sulama sistemine eklenecek her parça sisteme ek bir maliyet getirmektedir. Yağmur suyunun depolanması ve az kirli gri suyun arıtılarak kullanılması için de gerekli olan sistem elemanları vardır. Çizelge 3.3'te her bir su kaynağı için oluşturulan sulama sistemi projesinin maliyeti, İstanbul bölgesi fiyatlarına göre fiyatlandırılmıştır. Buna göre şebeke suyuyla kurulan sulama sisteminin maliyeti 22.356,38 $'dır.

Çizelge 3.3 : Sulama sistemi keşif listesi.

	Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyat ($)	Tutar ($)
1	Q 40 Kaplin manşon	Adet	10	1,50	15,00
2	Q 75 Kangal P100 boru	Mtül	500	1,90	950,00
3	Q 63 Kangal P100 boru	Mtül	1050	1,37	1.442,31
4	Q 20 Şebeke boru	Mtül	1050	0,65	682,50
5	Q 50 Kangal P100 boru	Mtül	25	0,82	20,60
6	Q 40 Kangal P100 boru	Mtül	112	0,55	61,54
7	15 HP Çift kafa hidrafor	Adet	1	7.132,00	7.132,00
8	Hunter PS-04 10-A pop up	Adet	152	2,35	357,20
9	Hunter PS-04 12-A pop up	Adet	58	2,35	136,30
10	Hunter PS-04 15-A pop up	Adet	172	2,35	404,20
11	Hunter PS-04 17-A pop p	Adet	26	2,35	61,10
12	Rainbird 3504 rotor pop up	Adet	8	16,50	132,00
13	Rainbird 10 van serisi nozul	Adet	58	1,80	104,40
14	2" Selenoid elektronik vana	Adet	7	82,45	577,15
15	1/2 " Seleneoid elektronik vana	Adet	7	49,50	346,50
16	1 1/4 Selenoid elektronik vana	Adet	5	38,45	192,25

Çizelge 3.3 (Devamı) : Sulama sistemi keşif listesi.

17	2 1/2 " Küresel vana	Adet	2	35,70	71,40
18	2 " Küresel vana	Adet	2	27,45	54,90
19	1 1/2 Küresel vana	Adet	1	19,23	19,23
20	1 1/4 Küresel vana	Adet	1	13,70	13,70
21	2 1/2 " Nipel	Adet	4	4,40	17,58
22	Q 75 Erkek kaplin adaptör	Adet	2	3,85	7,69
23	2 1/2 Flaş PN10	Adet	2	11,00	22,00
24	Q 75 Kaplin körtapa	Adet	10	3,85	38,46
25	Q 63 Kaplin körtapa	Adet	10	1,92	19,20
26	Q 50 Kaplin körtapa	Adet	10	1,30	13,00
27	Q 40 Kaplin körtapa	Adet	5	1,10	5,49
28	Q 75/2 1/2 Kaptin te	Adet	18	9,90	178,20
29	2 1/2/2 Rediksiyon	Adet	7	9,90	69,30
30	Q 50 Kaplin manşon	Adet	10	2,20	21,98
31	2 1/2/ 1 1/2 Rediksüyon	Adet	6	3,85	23,08
32	2 1/2 / 1 1/4 Rediüksiyon	Adet	5	3,85	19,23
33	Q 63/ 1/2 Priz kolye	Adet	150	1,26	189,56
34	Q 50/1/2 Priz kolye	Adet	200	1,10	219,78
35	Q 40 / 1/2 Priz kolye	Adet	62	0,82	51,10
36	Q 20 Erkek kaplin dirsek	Adet	830	0,65	539,50
37	Rainbird elektronik kumanda 6'lı	Adet	3	98,90	296,70
38	6*1,5 Kablo	mtül	1000	0,55	549,45
39	2" Nipel	adet	2	2,75	5,49
40	1 1/2 Nipel	Adet	2	2,20	4,40

Çizelge 3.3 (Devamı) : Sulama sistemi keşif listesi.

41	1 1/4 Nipel	Adet	2	1,65	3,30
42	Q 63 Erkek kaplin adaptör	Adet	1	1,80	1,80
43	Q 50 Erkek kaplin adaptör	Adet	1	1,37	1,37
44	Q 40 Erkek kaplin adaptör	Adet	1	0,93	0,93
45	Teflon bant	Adet	300	1,00	300,00
46	Jumbo vana kutusu	Adet	18	41,00	738,00
47	Q 75 Kaplin Te	Adet	10	9,90	99,00
48	Q 63 Kaplin Te	Adet	10	5,20	52,00
49	Q 50 Kaplin Te	Adet	10	3,50	35,00
50	Q 75 Kaplin manşon	Adet	10	7,00	70,00
51	Q 63 Kaplin manşon	Adet	10	2,95	29,50
52	Q 20 cm Damlama borusu	Mtül	1150	0,10	115,00
53	Su deposu betonarme 35 m3	Adet	1	5.845,00	5.845,00
				Genel toplam	22.356,38 $

Az kirli gri suyun arıtılarak sulama için kullanılmasının siteme getireceği ek maliyetler çizelge 3.4'te ifade edilmiştir. Sistemin günlük 80 m^3 gri su arıtmak üzere dizayn edilmiştir. Sistemin en pahallı öğesi MBR teknolojisi ile planlanmış gri su arıtma deposudur. Bu depo, 20 m^3 dengeleme tankı, 10 m^3 çamur tankı ve 40,5 m3 MBR tankından oluşur ve toplam maliyeti 85.000,00$. Bu maliyet depo betonarmesini ve arıtma sistemi bileşenlerinin tümünü içerir. Bunun dışında, ev içi ve dışı tesisat maliyeti, ön depolama tankları ve hidrofor maliyetleri eklenir. Tüm sistem bileşenleri ile birlikte toplam maliyet 180.497,00$ olarak hesaplanır. Çizelge 3.4'te az kirli gri arıtılması maliyet tablosu anlatılmıştır.

Çizelge 3.4: Az kirli gri suyun arıtılması keşif listesi.

	Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyat ($)	Tutar ($)
1	Ev içi tesisatına gri su tesisatı	Adet	322	120,00	38.640,00
2	Gri su toplama 15 m3 betonarme depo	Adet	7	2.550,00	17.850,00
3	Hidrofor	Adet	7	2.625,00	18.375,00
4	Gri su arıtma tankı 71 m3 (HUBER Membran teknolojisi	Adet	1	85.000,00	85.000,00
5	Arıtılmış gri su tankı 85 m3 betonarme	Adet	1	13.500,00	13.500,00
6	Hidrofor	Adet	1	7.132,00	7.132,00
				Genel toplam	180.497,00$

Yağmur suyunun depolanarak sulama için kullanılmasının siteme getireceği ek maliyetler çizelge 3.5'te ifade edilmiştir. Sistemin en pahalı öğesi, yağmur suyu deposudur. Depo hacimleri kurak mevsimdeki yağmurlu günlerde depolanacak yağmur suyu dikkate alınarak tasarlanmıştır.

Çizelge 3.5: Yağmur Suyunun depolanması keşif listesi.

	Malzeme	Birim	Miktar	Birim Fiyat ($)	Tutar ($)
1	Su deposu betonarme 35 m3	Adet	1	5.845,00	5.845,00
2	Hidrofor	Adet	1	6.125,00	6.125,00
3	Yaprak tutucu filtre	mtül	1033	5,00	5.165,00
4	Oluk filtresi	Adet	7	15,00	105,00
				Genel toplam	17.240,00$

Sulama sistemine kullanılacak üç su kaynağının sistem maliyetleri değerlendirildiğin, şebeke suyuyla kurulan sulama sistemi, 22.356,38 $, arıtılmış gri

suyla kurulan sistem 202.853,38 $, yağmur sularının depolanmasıyla kurulan sistem 39.596,38 $ maliyete sahiptir. Görüldüğü üzere şebeke suyu kaynaklı sistem kurulumu en ucuz maliyetli olan, arıtılmış az kirli gri su ise kurulumu en pahalı olan sistemlerdir. Ancak değerlendirme yaparken sadece sistem maliyetine bakılmamalıdır.

Gri su için daire başına düşen yatırım maliyeti sistem büyüdükçe azalır, amortisman süresi düşer. On beş yirmi dairelik binalarda sistemin kurulumu daire başına 786,00 dolara mal olurken, daire sayısı 500'ün üzerinde olan sitelerde maliyet 262 dolara kadar düşmektedir (Karahan, 2011). Saklıhan Konakları'nda daire başına düşen gri su arıtma maliyetini hesaplarsak 288 daire ve 34 iş yerinden 322 daire olarak kabul edilebilir. 202.853,38 doları daire adedine böldüğümüzde, 630 $'dır.

Sulama suyu için ödenen tutar diğer önemli unsurdur. Şebeke suyu kullanımında, şebeke suyunun m^3'ü 3 dolara mal olacaktır (Seçkin, 2011). Sulama sistemi için günlük gereken su miktarı 34 m^3'tür. Kurak mevsimde sulama yapılması gereken gün sayısı da 124 gündür. Kurak mevsimdeki toplam su talebi 4.216 m^3'tür. Bu verilerden yararlanılarak sulama için gerekli yıllık şebeke suyu maliyeti 12.648,00 $ olarak hesaplanır.

Huber Membran teknolojisi kullanılarak arıtılıp yeniden kullanılacak gri suyun metreküpünün arıtma maliyeti en fazla 0,22 $'dır. Membran ömrünün en az yedi yıl olduğu düşünülürse bu rakam, membran değiştirme maliyeti ilave edildiğinde en fazla 0,44 $ çıkacaktır (Url-27). O halde bakım maliyeti dahil edilerek 1m^3 arıtılmış gri su maliyeti 0,44 $'dır. Sulama yapılacak kurak mevsimdeki toplam arıtılmış az kirli gri su maliyeti yıllık 1.855,04 $' dır.

Ev sahipleri şebeke suyuyla yapılan sulamaya, arıtılmış gri suyla yapılacak sulamadan yıllık 10.792,66 $ fazla ödeme yapmaları gerekmektedir. Sistem kurulum maliyeti olarak da az kirli gri su arıtma sistemine, şebeke suyu sisteminden 180.497,00 $ daha fazla yatırım yapmışlardır. Bu veriler doğrultusunda gri su arıtma sisteminin kurulum maliyeti 16 yıl sonra kendi maliyetini karşılayacaktır. Ancak çok önemli bir noktada sitede bu kurulum maliyetiyle arıtılan az kirli gri suyun sulama için gerekli olan sudan daha fazla olmasıdır. Kurulan sistemle günde 79,6 m^3 az kirli gri su arıtılabilmektedir. Bunun 34 m^3 peyzaj sulamasında kullanılırken kalan 45,6 m^3 ile bina iç ve dış temizliği, sitedeki ortak alanların temizliği yapılabilir. MBR teknolojisi ile arıtılmış az kirli gri su daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi

tuvalet rezervuarları ve çamaşır makinelerinde güvenle kullanılabilir. Bu kullanımlar ile daire sakinlerinin şebeke suyu kullanarak yaptıkları harcamalarda azalacaktır. Bu gibi ek avantajlar kullanıldığında sistem çok daha kısa sürede kendi maliyetini karşılayacaktır.

Yağmur suyu depolanması sistemi ele alındığında 39.596,38 $ yatırım maliyeti gerekmektedir. Bu tutarın 17.240,00 $ sulama sistemine getirdiği ek maliyettir. Bölüm 3.2.1.1' de yapılan hesaplamalar soncunda kurak mevsimde toplanan yağmur suyu, sistemin yaklaşık %18'lik su talebini karşılayabilmektedir. Bu durumda bu proje için yağmur suyu kendi yatırım maliyetini karşılayamayacaktır ve uzun yıllar için sürdürülebilir bir kaynak olmayacaktır.

3.3.3 Bakım

Alternatif su kaynaklarının ek sistem bileşenlerine sahip olduğu daha önceki bölümlerde bahsedilmişti. Bu ek sistem bileşenleri, ek bakım da gerektirmektedir.

Gri su arıtma sisteminde öncelikle lavabo, duş ve küvetten gelen gri su bodrum katta yer alan betonarme depolarda biriktirilir. Her bina için 1 adet olarak tasarlanan bu depolarda fiziksel filtreleme yapılarak, az kirli gri suyun saç gibi büyük partiküllü maddelerden arındırılması sağlanır. Böylece ana arıtma deposuna giden az kirli gri suyun borularda tıkanmalara sebep olması engellenir. Bu ön birikme depolarının arıtma deposundan daha sık zaman aralıklarıyla çeşitli temizleyici maddeler ile temizlenmesi gerekmektedir. MBR teknolojisiyle tasarlanan arıtma deposunun ise periyodik olarak yılda iki kez bakımının yapılması gerekir. Yapılan düzenli bakımla az kirli gri su arıtma sisteminin kullanım güvenliliği, enerji verimliliği ve ek kullanım süresi artar (Karahan, 2011). Membran filtrelerinin kullanım süreleri de en az 7 yıldır (Url-27). MBR ile arıtılan gri suda, mikroorganizmalar membran yüzeyinde tutulduğundan dezenfeksiyon sistemine gerek duyulmamaktadır. Ancak arıtılan suyun depolandığı tankta yosunlanma ve beklemeden kaynaklı bakteri üremememesi için basit bir klorlama yapmak faydalıdır.

Yağmurlama sulama sistemi için çatı yüzeyinin belirli aralıklar temizlenmesi ve yaprak tutucu ve oluk filtrelerinin yabancı maddelerle tıkanmasının önlenmesi gerekmektedir. Yağmur suyu toplama deposunda yosunlaşmaya karşı ilaçlanmalıdır.

Pompa ya da hidroforun düzenli aralıklarla kontrol edilerek doğru basınçla çalıştığından emin olunması gerekir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Su, sürekli döngü içinde olan yenilenebilir bir kaynak olmasına rağmen bilinçsiz kullanım, nüfus artışı, yanlış kentleşme, iklim değişikliği gibi nedenlerle birçok ülke su sıkıntısı çekmektedir. Türkiye'de bölge ülkelerinden daha iyi görünmekle birlikle kişi başına düşen su miktarı ile dünya ülkelerinin gerisinde kalmaktadır (Şahin, 2010).

Son yıllarda yaşanılan kuraklık ve bunun neden olduğu susuzluk yaşamımızın her alanında olduğu gibi peyzaj alanlarında da yıkıcı etkilerini hissettirmiştir. Özellikle metropol kentlerimizde büyük miktarlarda su kullanımı gerektiren klasik peyzaj düzenleme yaklaşımıyla oluşturulan mevcut yeşil alanların hemen hemen tamamı su kullanımının kısıtlandığı birkaç aylık periyot içerisinde onarılması oldukça güç hatta bazı durumlarda olanaksız olan boyutlarda zarar görmüştür (Url-27).

Bu çalışma; kentsel alanda, altı bloktan oluşan bir toplu konut örneğinin sulama projesini ele alarak, bu ölçekte bir peyzaj sulama projesinin alternatif su kaynakları kullanılarak (arıtılmış gri su ve depolanmış yağmur suyu) sulanması incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Proje alanı olarak seçilen Beylikdüzü Saklıhan Konakları projesi 5025 metrekare peyzaj alanına sahiptir. Öncelikle alanın ihtiyaç duyduğu sulama suyu hesabı yapılarak, seçilen alternatif su kaynaklarının miktar olarak değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda kurak mevsim boyunca depolanan yağmur suyunun, alanın yaklaşık %18'lik sulama ihtiyacını karşılayabileceği sonucuna varılmıştır. Depolanmış yağmur suyu miktarı, sitenin mevcut peyzaj düzenlemesiyle birlikte değerlendirildiğinde sürdürülebilir bir kaynak olmayacaktır. Kuraklığa dayanıklı bitkilerle oluşturulan bir bitkilendirme projesi, yağmur bahçeleri, yağmur suyuyla beslenen süs havuzları gibi uygulamalar ile birlikte tasarlandığında ise yağmur suyu, peyzaj sulaması için, sitem kurulum maliyeti uygun, sistem işletmesi ve bakımı kolay olan etkili bir su kaynağıdır.

Tuvalet rezervuarları haricinde evsel kullanım suyunun tamamı olarak adlandırılan gri su depolandığı takdirde günlük ihtiyaç duyulan sulama suyunun 4,5 katı su, bir gün içerisinde toplanabilmektedir. İhtiyaç duyulan suyun 4,5 kat fazlasını biriktirmek arıtma sistemi kurulum maliyeti, enerji tüketimi, sistem bakımı ve depolama alanı sıkıntısı gibi nedenlerden dolayı uygun olmayacaktır. Bu nedenle az kirli gri su olarak adlandırılan duştan, küvetten ve lavabodan gelen gri suyun (toplam gri suyun %40-50'sini oluşturur) miktar olarak değerlendirmesi yapılmıştır ve ihtiyaç duyulan sulama suyunun günlük yaklaşık 2,3 katının depolanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Az kirli gri su arıtma teknolojisinin daha kolay olması, depolama hacminin küçülmesi, sistem kurulum maliyetini düşürmüştür. Sistem işletmesinde daha az enerji kullanılması, bakım kolaylığı gibi ek avantajları vardır. Gri su arıtma teknolojisi kullanan birçok proje incelendiğinde de görülmüştür ki az kirli gri su arıtımı daha çok tercih edilen bir modeldir. Bu nedenlerden yapılan su miktarları değerlendirmesinden yola çıkarak bu proje kapsamında az kirli gri suyun arıtılarak depolanmasına karar verilmiştir.

Alternatif su kaynakları, sulama sistemine getireceği ek sistem parçaları ve maliyetleri açısından da değerlendirilmiştir. Bu aşamada depolanabilecek yağmur suyunun miktar olarak yetersizliği ve sisteme getireceği ek maliyet sebebiyle bu proje için uygun bir alternatif su kaynağı olmadığı kararı verilmiştir. Arıtılmış az kirli gri su kullanımı ise sistem kurulum maliyeti olarak sulama sistemine 180.497,00$ ek maliyet getirmektedir. Ancak su kaynağı olarak şebeke suyu kullanımı da yılda 12.648,00$ ek maliyet getirmektedir. Bu iki veri değerlendirildiğinde, az kirli gri suyun 16 yıl sonra kendi maliyetini karşılayabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak depolanan arıtılmış gri su, sulama suyundan yaklaşık 2,3 kat fazladır. Fazla olan arıtılmış az kirli gri su bina iç ve dış temizliğinde, sitedeki ortak alanların temizliğinde, tuvalet rezervuarlarında ve çamaşır makinelerinde güvenle kullanılabilir. Bu kullanımlar ile daire sakinlerinin şebeke suyu kullanarak yaptıkları harcamalarda azalacaktır. Bu kullanımlar uygulandığında gri su için yapılan ilk sistem yatırım maliyeti çok daha kısa sürede kendini amorti edecek ve konut sakinlerine ekonomik olarak avantaj kazandıracaktır.

Arıtılmış az kirli gri su kullanımını ekolojik olarak ele aldığımızda, sadece peyzaj sulamasıyla yıllık 4.214 m^3 şebeke suyu kullanımı engellenmiştir. Gri suyun

%40'ının kanalizasyonlara karışmayarak sulama suyu, temizlik, tuvalet rezervuarları gibi alanlarda yeniden kullanımı sağlanmıştır.

1990 yılında İngiltere'de kullanılmaya başlayan BREEAM ile 1998 yılında Amerika'da yürürlüğe giren LEED yeşil bina değerlendirme sistemleri de peyzaj sulamasında alternatif su kaynakları kullanımıyla ilgili binalara puanlar vererek arıtılmış gri su ve depolanmış yağmur suyu kullanımına teşvik etmektedir. Ülkemizde henüz bu tarz bir sertifika sistemi olmamakla birlikte bu iki değerlendirme sistemine uygun yapılan proje sayısı da hızla artmaktadır. Yerel yönetimler de bu uygulamaları örnek alıp, halkı teşvik etmek amacıyla kullanım kapasitesinin üzerinde arıtılmış, depolanmış suları toplayarak farklı alanlarda sulamada ya da farklı amaçlarla kullanabilmektedir. Aldığı su karşılığında da o konut alanına, ya da ticari kullanıma sahip (fabrika, iş yeri vs.) alanına verdiği şebeke suyu birim fiyatını düşürmektedir. Böylece alternatif su kaynakları kullanımına teşvik edici politikalar izlemektedir.

Saklıhan Konakları projesinde elde edilen fazla miktarda gri su, yerel yönetimle anlaşılarak bu şekilde bir uygulamayla kullanılabilir. Böylece site sakinleri de evsel kullanımlı şebeke suyuna daha ucuz birim fiyat üzerinden sahip olurlar.

Tüm bu veriler düşünüldüğünde orta ve büyük ölçekli projelerde gri suyun arıtılması hem ekonomik hem de ekolojik açıdan avantajlıdır. Sürdürülebilir bir kaynaktır. Özellikle yeni inşa edilen projelerde alternatif su kaynakları ilk kurulum maliyeti olarak proje üzerine çok büyük bir ek maliyet getirmemektedir. Buna rağmen bu konudaki bilgi eksikliğinden kaynaklı nedenlerle çoğu yüklenici firma bu gibi sistemleri, uygulaması zor ve yüksek maliyetli olacağı düşüncesiyle projesinde değerlendirmemektedir.

KAYNAKLAR

Abdula, F.A. ve Al Shareef, A.W. (2008). Roof rainwater harvesting systems for householdwater supply in Jordan. ScienceDirect, Desanilation 243, 2009 (Sf. 195-207).

Alpaslan, N., Tanık, A., Dölgen D. (2008). Türkiye'de su yönetimi, sorunlar ve öneriler. TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469.

Ausubel, K. (1997). The Bioneers: A Declaration of Interdependence, White River Junction, VT:Chelsea Green.

Başkan, T. (2006). Arıtılmış evsel atık suların tarımda sulama amaçlı yeniden kullanılması (yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bucklin, R. (1993). Cisterns to collect non-potable water for domestic use. Fact sheet AE-64, Department of Agriculturel Engineering, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida.

Buros, O.K. (1999). The ABC's of desalting, second edition, IDA, Topsfield, Massachusetts, USA.

Coombes, P.J., Argue, J.R., Kuczera, G. (1999). Urban Water 1. (Sf .335-343).

Doğangönül, Ö., ve Doğangönül, C. (2008). Küçük ve orta ölçekli yağmursuyu kullanımı, Teknik Yayınevi, Ankara.

Dunnett, N., Clayden, A. (2007). Rain gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape, Timber Press Inc., USA.

Esin, T., ve Yüksek İ. (2008). Yapılarda su etkinliği için bir uygulama; Yağmur suyunun yeniden kullanılması, 4th International Symposium, Edirne.

Gerba C.P., Straub T.M., Rose J.B., Karpiscak M.M., Foster K.E., Brittain R.G. (1995). Water quality study of graywater treatment systems. Water Resour. Bull. 31/1, Am. Water Resour. Assoc., pp. 109-116

Hawken, P., Lovins, K., Lovins, L.H. (1999). Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution, Boston: Little, Brown.

Hermann, T., ve Schimida, U. (1999). Urban Water 1, (Sf. 307-316).

İpek, Ş., İ. (2006). Sulama, Su Vakfı, İstanbul.

Jenkins, J. (2005). The Humanure Handbook. Grove City, PA: Joseph Jenkins Inc.

Karahan, A. (2011) Gri suyun değerlendirilmesi, IX Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Landphair, H.C., ve Klatt. F. (1979). Landscape Architecture Construction, Elsevier, New York.

Melby, P. (1995) Simplified irrigation design. 2nd ed., New York, NY: John Wiley and Sons, Inc.

National Geographic Türkiye (2010). Su bolluğu da yokluğu da korkutur: Sayı Nisan 2010.

Öziş, Ü. (1982). An outlook on ancient cisterns in Anatolia. Honolulu, University of Hawaii,"International Conference on Rain Water CisternSystems, Proceedings", s.9 15.

Seçkin, Ö., B. ve Çelik, H. (2003). Sulamaya giriş, İstanbul Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Seçkin, Y., Ç. (2010). Alternative water sources for residential irrigation systems: A case study from İstanbul, Science Research and Essays Vol. 5(16), pp 2234-2241.

Seçkin, N. P., Seçkin, Y., Ç., Seçkin, Ö., B. (2011). Sürdürülebilir peyzaj tasarımı ve uygulama ilkeleri, Literatür Yayınları, İstanbul.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) (2008). T.C Resmi Gazete, Tarih: 13.02.2008, No: 26786.

Şahin, N.İ. (2010). Binalarda su korunumu (yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Texas Water Devolepment Board, Chris Brown Consulting, Jan Gersion Consulting, Colley S, Krishna HJ., (2005). The Texas manuel on rainwater harvesting. 3rd ed., Austin, Texas.

Wahlin, B. T. (1997). Measurement accuracy for major surface water flows entering and leaving the imperial valley, U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, U.S. Water Conservation Laboratory

Yıldız, D. (2007). Su raporu: ulusal su ihtiyacımız, Tusiad Yayınları, İstanbul.

Yiğit, N.Ö. (2007). Membran biyoreaktörü (MRB) ile evsel atık su arıtımı (doktora tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Url-1<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleturkish.html>, alındığı tarih 12.10.2011.

Url-2 <http://www.marmara.gov.tr/document/dergi/cevre_yonetim_merkezi/sayi_9.pdf>, alındığı tarih 04.11.2011.

Url-3<http://www.ozelcevre.gov.tr/contents/files/link/kurumumuzhakkinda/SU turkce PROJE.pdf>, alındığı tarih 04.11.2011.

Url-4<http://www.watermaticltd.co.uk/greywater-recycling.html>, alındığı tarih 21.02.2010.

Url-5 < http://tr.wikipedia.org/wiki/Gri_su>, alındığı tarih 05.10.2011

Url-6<http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_ 3rdedition.pdf >, alındığı tarih 16.10.2011.

Url-7<http://www.chs.ubc.ca/archives/files/Harvesting%20rainwater%20for%20domestic%20uses%20an%20information%20guide.pdf>, alındığı tarih 02.03.2010

Url-8 <http://www.fextex.com/25.html> , alındığı tarih 17.12.2011.

Url-9<http://www.brownsdrilling.com/rainwater-systems.html>, alındığı tarih 17.12.2011.

Url-10 <http://www.htliners.com/storagetanks.html> , alındığı tarih 12.12.2011
Url-11< http://www.waterbuttwarehouse.co.uk/rainwater-tanks>, alındığı tarih 17.12.2011.
Url-12<http://www.sunset.com/garden/earth-friendly/rainwater-savers00400000038661/page3.html >, alındığı tarih 17.12.2011.
Url-13<http://www.tankdoctor.com.au/tank_cleaning.php>, alındığı tarih 17.12.2011.
Url-14<http://www.harvesth2o.com/rainwater_harvesting_UK.shtml>, alındığı tarih 08.04.2010.
Url-15<http://www.radford.edu/rugreen/Puplications/Rainwater_Manual2009.pdf>, alındığı tarih 23.02.2011.
Url-16<http://www.igemportal.org/Resim/Alternatif_Su_Kaynaklari.pdf>, alındığı tarih, 04.03.2010.
Url-17<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL#sfB> alındığı tarih, 20.04.2012.
Url-18<http://mristanblue.wordpress.com/2010/01/03wheather-statistics-for-istanbul>, alındığı tarih 12.02.2010.
Url-19 <http://www.allaboutturkey.com/iklim_ist.htm> ,alındığı tarih, 10.11.2010.
Url-20<http://www.rainbird.com/landscape/products/rotors/3500.htm>, alındığı tarih 28.04.2012.
Url-21<http://www.rainbird.com/landscape/products/sprayBodies/UNIspray.htm>, alındığı tarih 28.04.2012.
Url-22 <http://www.evergreensprinklers.com/documents/PS_brochure.pdf>, alındığı tarih 28.04.2012.
Url-23<http://www.bahcesulama.com/Sprey-sprink-hunter-sprey-sprink.html>, alındığı tarih 28.04.2012.
Url-24 <http://www.rainbird.com/documents/turf/chart_VAN.pdf>, alındığı tarih 28.04.2012.
Url-25<http://www.mavirize.com/genel/mikroklima.html>, alındığı tarih 03.06.2011.
Url-26<http://theriverwhisperer.blogspot.com/2011/10/greywater-new-technology-for-ancient.html>, alındığı tarih 05.03.2012.
Url-27 <http://www.suvecevre.com/?pid=24985>, alındığı tarih 01.05.2012.
Url-28<http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=1173&tipi=2&sube=0> alındığı tarih 02.02.2012.
Url-29<http://www.iwes.com.tr/2010sunumlar/51_Mehmet_Kincir.pdf>, alındığı tarih, 12.11.2011.
Url-30<http://www.huber.de/huber-report/ablage-berichte/membrane-bioreactor-mbr/greywater-reuse-in-a-four-star-hotel.html?popup=1>, alındığı tarih, 01.05.2012
Url-31<http://www.huber.de/fileadmin/01_Produkte/06_Membranbelebung_MBR/03_HUBER_MembraneClearBox_Die_dezentrale_Loesung_bis_500_EW/Prospekte//Huber_Dewatec_MCB_en.pdf >, alındığı tarih 01,05.2012.
Url-32 <http://www.rielli.com/litree/mbr.asp> alındığı tarih, 03.04.2012.
Url-33 <http://www.zer0-m.org/index.htm> alındığı tarih, 05.04.2012.
Url-34 <http://www.utestr.com/grisu.html> alındığı tarih, 05.04.2012.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Begüm ALTINDENİZ

Doğum Yeri ve Tarihi: Fatih, İstanbul – 20.01.1985

Adres: Büyükçekmece/İstanbul

E-Posta: begumaltindeniz@gmail.com

Lisans: İstanbul Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü 2008 mezunu