T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVA KUVVETLERİ KOMUTANLIĞI KARARGÂH BİNALARINDA KULLANIM SONUCU OLUŞAN ATIKSUYUN GRİ SU OLARAK YENİDEN DEĞERLENDİRİLİP KULLANILMASI

Muhammed Yasin ABİK

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2016

Yrd. Doç. Dr. Halil ARI danışmanlığında, Muhammed Yasin ABİK'in hazırladığı "**Hava Kuvvetleri Komutanlığı Karargah Binalarındaki Kullanım Sonucu Oluşan Atıksuyun Gri Su Olarak Yeniden Değerlendirilip Kullanılması**" konulu bu çalışma 11/02/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Halil ARI ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ASLAN ……

Üye : Doç. Dr. İsmail TOSUN ……

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof.Dr. Murat KISA
Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
1. GİRİŞ 1
1.1. Kurulacak Gri Su Sistemi Değerlendirilip Tartışılması 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1.Arıtılmış Atıksuyun Geri Kullanım Alanları 5
2.2.Atıksuların Geri Kullanımını Sınırlandıran Faktörler 7
2.2.1. Su temini ve talebi 8
2.2.2. Su kalitesi 9
2.2.3. Zirai sulama alanında geri kullanım için mevcut mevzuatlar 12
2.2.4. Gri suları değerlendirme yöntemleri 17
2.2.4.1. Tuvalet rezervuarları 18
2.2.4.2. Çamaşırhane 18
2.2.4.3. Bahçe sulama 19
2.2.4.4. Arıtılmış gri su mutfak eviyesinde kullanılabilirliği 20
2.2.5. Temel kavramlar 21
2.3. Gri Suların Oluşumu Özellikleri ve Geri Kazanım 23
2.3.1. Gri suların özellikleri 23
2.3.2. Gri su geri kazanım sistemi 25
2.3.3. Sistem boyutları 26
2.3.4. Su, drenaj ve havalandırma hatlarının bağlantı şekli 27
2.3.5. Tesisat, borulama ve pompalar 28
2.3.6. Kirli ve temiz su depoları 28
2.3.7. Gri su arıtma sistemlerinin tank yerleşimleri ve kapasiteleri 29
2.3.8. Mevcut bir binaya gri su arıtma sistemi uygulanabilirliği 29
2.3.9. Bakım ve denetleme (kontrol) 29
2.3.10. Özel işletme durumları 30
2.3.11. Yatırım ve işletme maliyetleri 30
3. MATERYAL ve YÖNTEM 32
3.1. Materyal 32
3.1.1. Gri su arıtma tesisi yer seçimi 33
3.1.2. Gri su arıtma sistemi ve akım şeması 35
3.1.2.1. Izgaralar 36
3.1.2.2. Dengeleme 39
3.1.2.3. Yüzdürme 40
3.1.2.4. Membranlı arıtma sistemleri 40
3.1.2.5. Airballs arıtma sistemleri 43
3.1.2.6. Dezenfeksiyon 44
3.2. Yöntem 47
3.2.1. Gri su ve yağmur suyunun geri kazanılması için örnek uygulamalar 47
3.2.1.1. Tasarıma esas nüfus 47
3.2.1.2. Gri su miktarı ve debi hesabı 48
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 50
4.1. Yağmur Suyunun Geri Kazanılması 50
4.1.1. Yağmur suyunun bina dışında kullanılması 52
4.1.2. Yağmur Suyunun Bina İçerisinde Kullanılması 53
4.1.3. Binalarda yağmur suyunun kullanılmasına ilişkin dünya'daki ve türkiye'deki yasalar, yönetmelikler, teşvikler 55
4.1.4. Biovitor teknolojisi 58
4.1.5. Rainsafe aktif karbon filtrasyon teknolojisi 59

Sayfa No

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 62
KAYNAKLAR 63
ÖZGEÇMİŞ 64

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVA KUVVETLERİ KOMUTANLIĞI KARARGÂH BİNALARINDAKİ KULLANIM SONUCU OLUŞAN ATIKSUYUN GRİ SU OLARAK YENİDEN DEĞERLENDİRİLİP KULLANILMASI

Muhammed Yasin ABİK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr.Halil ARI
Yıl: 2016, Sayfa: 62

Bu çalışmada her geçen gün tükenmekte olan su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan gri suların yeniden kullanım alanları incelenmiştir. Gri suların arıtılması ile ilgili uygulanacak proses nüfusun yoğun olduğu yerler seçilerek tasarlanmaktadır. Mevcut kurulu olan gri su arıtma prosesi işlevini yerine getirmesi için çalışmalardaki mevcut yer ve sayısal nüfusu öncelik belirlenmiş. arıtılmış gri suların başlıca kullanım alanları arasında; tarımsal sulama, kentsel ve evsel kullanım, endüstriyel kullanım ve yeraltı suyu beslemesi sayılabilir. Aynı zamanda çeşitli uygulamalar için arıtılmış gri suların yeniden kullanımı ile hem tatlı (temiz) su kaynaklarında büyük tasarruf sağlanacaktır hem de akarsu, göl vb. su kütleleri atıksu deşarjından korunarak yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi önlenmiş olacaktır. Ayrıca arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanılması ile gübre ihtiyacı azalacak ve böylece ekonomiye de katkı sağlayacaktır. Çalışmamı yaptığım alan olarak Hava Kuvvetleri Komutanlı'ğına bağlı kütahya hava er eğitim tugay komutanlığı personel ve askerinin yoğun olarak bulunduğu çalışma ve ortak kullanım alanları kullanılmıştır.

ANAHTAR KELIMELER: Gri su, yeniden kullanım, kentsel kullanım

ABSTRACT

MSc Thesis

AIR FORCE COMMAND HEADQUARTERS BUILDING AS A RESULT OF WASTEWATER USE IN GREY WATER RE-EVALUATED AND BE USED

Muhammed Yasin ABİK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr.Halil ARI
Year: 2016, Page: 62

In this study, with each passing day, diminishing water resources were investigated for the sustainability of the reuse of treated grey water areas. Related to grey water treatment process is designed to be applied to the places densely populated by selecting. The current board to carry out its functions in the process for grey water treatment are in the works, and the numeric Designated priority population. among the main application areas of treated grey water, agricultural irrigation, urban and domestic use, industrial use, and groundwater supply include. At the same time, the reuse of treated grey water for a variety of applications with both sweet (clean) both will be huge savings in water resources streams, lakes, etc. wastewater discharges from the surface water bodies to be protected and it will prevent the contamination of the groundwater. In addition, by the use of purified wastewater for agricultural irrigation will contribute to the economy and thus reduce the need for fertilizer. I do my work in the field connected to Kütahya air Airman basic training brigade Air Force command personnel and troops are concentrated and where work in communal areas has been used.

KEYWORDS: Grey water, re-use, urban use

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında konunun bütünlüğü ve araştırmalarda yol gösteren öncelikle Tez Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Halil ARI'ya, Bölüm Başkanımız Yrd. Doç. Dr. Hakkı GÜLŞEN Hocama ve kaynak araştırmalarıma yardımcı olan tüm Çevre Mühendisliği Bölümü Personeline teşekkürlerimi bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Atıksu geri kullanım alanları ve akış diyagramı…….……. 7
Şekil 2.2. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagram……...14
Şekil 2.3. Standart gri su geri kazanım sisteminin kurulum şeması……...27
Şekil 3.1. Gelişmiş atıksu arıtma yöntemlerinin akım şeması…….... 33
Şekil 3.2. Gri su arıtma sistemi akım şeması ……36
Şekil 3.3. Izgara genel görünüm ve ekipmanları……38
Şekil 3.4. Dengeleme havuzu……39
Şekil 3.5. Membran biyoreaktörlerde uygulanan değişik tertip tarzları……42
Şekil 3.6. Airballs arıtma sistemleri……...44
Şekil 3.7. Günlük evsel su tüketim oranları...……...49
Şekil 4.1. Yağmur suyunun bahçe sulamasında kullanılması…….....53
Şekil 4.2. Yağmur suyu döşeminin kullanıldığı tek döşeme ……....54
Şekil 4.3. Yağmur suyu arıtma şeması……...57
Şekil 4.4. Yağmur sularının filtreden geçirilerek sarnıçta toplanması……...58
Şekil 4.5. Biovitor teknolojisi ……59
Şekil 4.6. Rainsafe aktif karbon filtrasyon teknolojisi……...61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. 2003 yılı sektörel su kullanımları ve 2030 yılı tahminleri ……....4
Çizelge 2.2. Arıtılmış atıksuların geri kullanım alanları…….....5
Çizelge 2.3. Atıksuların tekrar kullanım imkânları…….....6
Çizelge 2.3. Atıksuların çeşitli kullanım alanlarında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri…...10
Çizelge 2.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri…...15
Çizelge 2.5. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları……...16
Çizelge 2.6. Arıtılmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp Kullanılamayacağını gösteren tablo……..……..……...17
Çizelge 2.7. Tuvalet rezervuarı için gerekli kalite şartları...…….……18
Çizelge 2.8. Sulama sularının ve uygulamalarının hijyenik/mikrobiyolojik niteliklerinin sınıflandırılması……19
Çizelge 2.9. Gri suyun bileşenleri...…….…….24
Çizelge 2.10. Gri su ve evsel atık sudaki toplam koli formlar ve e-koli miktarları……..…..24
Çizelge 3.1. Dengele havuzu kriterleri...…….……...40
Çizelge 3.2. Kişi sayısına göre arıtılabilen su miktarı...…….....44
Çizelge 3.3. Klorlama, ozonlama ve UV ile dezenfeksiyonun, bakteri, protozoa ve virüslere olan Etkisi.....47
Çizelge 3.4. Klorlama, Ozonlama ve UV 'nin atıksu dezenfeksiyonundaki üstün ve zayıf yönleri.....47
Çizelge 4.1. Yağmur suyu depolama hesabı.....52
Çizelge 4.2. Yağmur suyu kullanımına yönelik yasa ve yönetmelikler.....57

1. GİRİŞ

1.1. Kurulacak Gri Su Sistemi Değerlendirilip Tartışılması

Su kıtlığının, dünyanın her yerinde 21. yüzyılın başlıca sorunlarından biri olacağı ve bu nedenle de milyarlarca insanın hayatının suyun doğru yönetimine bağlı olduğu farklı uluslararası forumlarda açıkça belirtilmektedir. İnsanlar başlıca kentsel, endüstriyel ve tarımsal kullanımlar için suya ihtiyaç duyarlar, bununla beraber su sınırlı bir kaynak olarak görülür. Yetersiz su kaynakları ve bozulan su kalitesi, dünyanın birçok bölgesinde birçok belediye, sanayi, tarım ve çevre için ciddi kaygılar oluşturmaktadır. Dünyada yaklaşık 1,4 km^3 su mevcut olup bunun % 97,4'ü tuzlu su, % 2,6'sı tatlı sudur. Toplam su miktarının % 0,8 kadarı kullanılabilen tatlı su olarak devamlı bir buharlaşma, yağış ve akış halinde bulunmaktadır. Artan nüfus, endüstrileşme, tarımsal uygulamalar ve kentleşme, su ihtiyacını artırmaktadır ve böylece atıksu miktarı da artmaktadır (Nobel, 2013).

Klasik olarak atıksu arıtımı, biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin, nutrientlerin ve patojenlerin giderilmesiyle kirlilikleri azaltma, halk sağlığını koruma ve çevre koruma üzerine odaklanmıştır. Su ihtiyacının artması, atıksuyun yeniden kullanılması kavramını gündeme getirmiştir. Islah, yeniden kullanım ve geri dönüşümü içeren atıksuların geri kazanımı, son zamanlarda, su kaynaklarının daha iyi yönetimi için katkı sağlayan muhtemel araçlardan biri olarak görülmektedir (Nobel, 2013).

Atıksuların ıslahı ve yeniden kullanımı için dünyanın her yerinde her yıl yeni projeler yapılmakta ve arıtılmış atıksular kırsal kesim için ekstra bir su kaynağı olarak işlev görmektedir. Yeniden kullanım, su kıtlığı için temel çözümlerden biri olarak düşünülmesine rağmen gerçek ölçekte uygulanan az sayıda ülke vardır. Suyun yeniden kullanıldığı başlıca ülkeler; ABD, Batı Avrupa, Avustralya ve İsrail'dir. Suyun yeniden kullanımı iki temel işlevi gerçekleştirir (Miller, 2006).

1) Arıtılan atıksu faydalı bir amaç için bir su kaynağı olarak kullanılır ve arıtılan atıksu, akarsu, göller ve sahillerden uzak tutulmuş olur, böylelikle yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi de engellenmiş olur.
2) 2) Ekonomik tasarruf, değerli madde ve ısı geri kazanımı su döngüsü ile sağlanabilir.

Atıksu arıtım ve yeniden kullanım projelerinin temel amacı içme suyu dışındaki tüm kullanımlar için yeterli kalitede su üretmektir. Bu uygulamalar için kullanılan arıtılmış su, temiz (tatlı) suların önemli miktarlarında tasarruf sağlar. Atıksuların arıtılarak yeniden kullanımının temel faydaları; su kaynaklarının korunması, kıyı kirliliğinin önlenmesi, tarımda su ve gübre korunması, temiz su kullanımının azaltılması ve atıksu iyileştirme maliyetlerinin azaltılmasıdır (Nobel, 2013).

Hızlı nüfus artışı, aşırı sanayileşme, artan kuraklık ve aşırı tüketim ile birlikte tatlı su kaynakları küresel ölçekte hızla tükenmektedir. Bu problem özellikle ülkemizin de coğrafyasında bulunduğu Balkanlar ve Ortadoğu'da son yıllarda daha da önemli hale gelmekte ve artık sahip olunan su kaynakları ülkeler arasındaki stratejik ilişkiler ve pazarlıkların ana unsurlarından biri olmaktadır. Artan talebe karşılık tatlı su kaynaklarını yenileyip miktarını artırmak teknik ve ekonomik açıdan sınırlayıcı olduğu için sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilecek değişik pratik çözümlere ihtiyaç vardır. Bu bağlamda 'temiz su kaynaklarını korumanın ilk yolu gri suları geri kazanma ile başlar' düşüncesi ile arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve birçok değişik amaçlı geri kullanımı için son yıllarda çalışmalar ve uygulamalar artmıştır. Atıksuların geri kullanımı ile hem tatlı su kaynaklarının tüketimi azaltılmakta hem de deşarj edilen arıtılmış atıksuların çevresel etkileri en aza indirilmektedir (Kitiş, 2011).

Birleşmiş Milletler dünyadaki su rezervlerinin yalnızca % 2,5 oranındaki bir kısmının tatlı su kaynağı olduğunu ve 25 yıl içerisinde dünya nüfusunun üçte ikilik kısmının kuraklık çeken bölgelerde yaşamak zorunda kalacağını tahmin etmektedir.

Bu sebeplerden dolayı, suların arıtılıp geri kullanılması en az yeni su kaynaklarının bulunması kadar önemli ve acildir (Kitiş, 2011).

Atıksuların geri kullanım alanlarının ve miktarlarının artmasıyla birlikte, arıtma teknolojileri de hızlı bir şekilde gelişmektedir. Önceleri arıtılmamış ham atıksuyun kullanıldığı birçok alanda artık ters osmoz ve ultrafiltrasyon gibi gelişmiş membran prosesleriyle arıtılan atıksular kullanılmaktadır. Böylece, halk sağlığının korunması ve kullanıcının spesifik su kalitesi gereksinimlerinin sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca arıtma teknolojilerindeki gelişmeler ve sudaki kirleticilerin kimyalarının daha iyi anlaşılmasıyla birlikte atıksuların geri kullanımı ile ilgili mevzuatlar da yenilenmekte ve daha sıkı hale gelmektedir (Nobel, 2013).

Ülkemizde toplam kullanılabilir yeraltı ve yerüstü su miktarı 112 milyar m^3 olup, kişi başına düşen toplam kullanılabilir su (içme, sulama ve sanayi) miktarı 1500 m3/kişi-yıl civarındadır (DSİ Genel Müdürlüğü, 2012). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) tahminleri doğrultusunda ise, 2030 yılı itibariyle nüfusun 100 milyona ulaşması durumunda, kişi başına kullanılabilir su miktarı 1000 m^3 değerine düşecektir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007). 1995 – 2002 döneminde yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarından çekilen su miktarında % 32,9'luk bir artış olduğu gerçeğinden yola çıkarak, yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkemiz, su zengini olmayan, bilakis dünya ortalamasının altında su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında yer almaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007). Bu durum suyun son derece dikkatli, tasarruflu ve kirletilmeden kullanılmasını çok açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Ülkemizde de kullanılabilir doğal su kaynakları ile su ihtiyacı arasında giderek büyüyen açık, diğer bazı tedbirler arasında atıksuların da arıtılarak tekrar kullanılması konusunu gündeme getirmiştir. Çizelge 1.1.'de Devlet Planlama Teşkilatı'nın 2010 yılında hazırladığı 9. Kalkınma Planında yer alan 2003 yılında sektörel bazdaki su kullanım miktarları ve 2030 yılındaki tahmini su kullanım miktarları verilmiştir.

Çizelge 1.1. 2003 yılı sektörel su kullanımları ve 2030 yılı tahminleri

Sektör (milyar m^3)	2003	2030
Sulama	29,6	72
İçme suyu	6,2	18
Sanayi	4,0	22
Toplam	39,8	112

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Arıtılmış atıksuyun geri kullanım alanları

Değişik geri kullanım alanları ve akış diyagramları Şekil 2.1.'de şematik olarak gösterilmiştir. Son yıllarda atıksuların geri kullanımı artık küçük lokal ölçekli projelerden çok kullanıcılı büyük ölçekli projelere (kentsel, endüstriyel ve zirai sulama gibi) dönüşmektedir. İçme suyunun ve geri kazanılmış, arıtılmış atıksuyun kentlere ayrık şebekelerle dağıtım projelerinin global olarak artmasıyla da tatlı su kaynakları daha da korunur hale gelmektedir (Nobel, 2013).

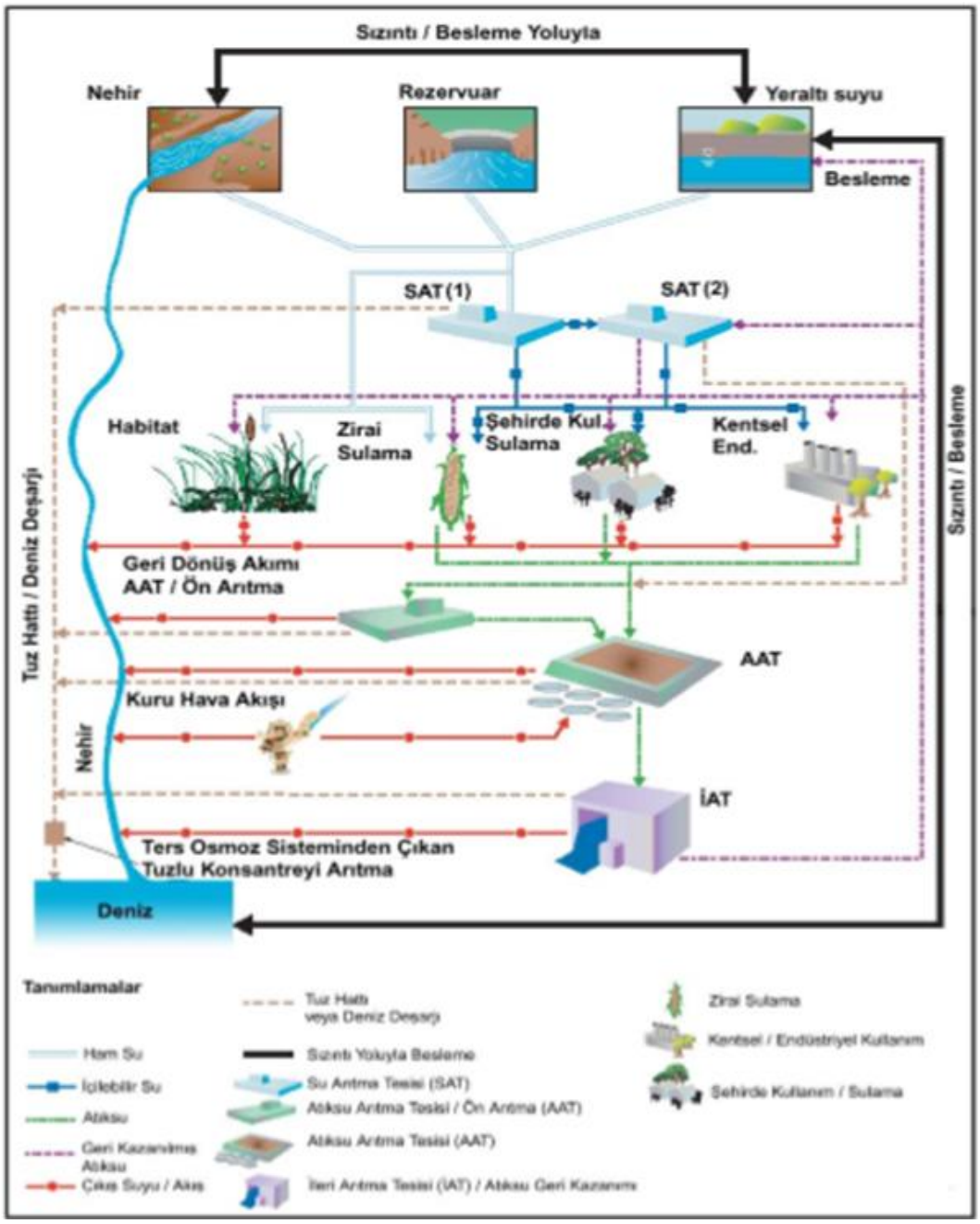
Arıtılmış atıksuların geri kullanım alanları ana hatlarıyla Çizelge 2.1.'de, Arıtılmış atıksuların tekrar kullanımı ile ilgili tipik uygulamalar ise Çizelge 2.2.'de verilmiştir:

Çizelge 2.1. Arıtılmış atıksuların geri kullanım alanları

Kentsel kullanım	**Endüstriyel kullanım**	**Yeraltı suyu beslenmesi/enjeksiyonu, Zirai sulama, Habitat, yüzeysel suların, rekreasyon alanların beslenmesi, v.b.**
-Parklar, rekreasyon alanları, spor tesisleri, otoyol kenarları -Uydu kentlerde yeşil sahalar -Ticari ve endüstriyel gelişme alanları - Golf merkezleri -Yangın söndürme -Ticari ve endüstriyel alanlarda tuvalet pisuarları -İnşaat projelerinde toz kontrol ve beton üretimi	-Soğutma suyu - Proses suları - Kazan besleme - Tesis yeşil alan sulaması -Yangın söndürme	-Sahil bölgelerinde tuzlu suyun yeraltı tatlı su kaynaklarına girişiminin engellenmesi -Toprak-yeraltı suyu sisteminde daha ileri arıtım -İçme suyu veya kullanma suyu kalitesindeki akiferlerin beslenmesi - Geri kazanılmış atıksuyun depolanması - Aşırı yeraltı suyu pompalanması sonucu oluşabilecek göçüklerin engellenmesi.

Çizelge 2.2. Atıksuların tekrar kullanım imkânları

Atıksuların Tekrar Kullanım İmkânları	
Atıksu Tekrar Kullanım Kategorileri	**Tipik Uygulamalar**
Tarımsal Sulama	Ekin Sulama
Peyzaj Sulama	Parklar, okul bahçesi, karayolu orta şeritleri, golf sahaları, mezarlıklar, yeşil kuşaklar, yerleşim bölgeleri
Endüstriyel geri dönüşüm ve tekrar kullanım	Elektrik santralleri ve petrol rafineleri, kazan besleme, halı boyama tesislerinde kullanılan endüstriyel işlem suyu, beton üretimi
Yeraltı suyu zenginleşmesi	Yeraltı suyu zenginleşmesi, tuzlu su karışması denetimi
Sosyal aktivite/çevresel	Göller ve gölcükler, bataklık artırma, balıkçılık, kar üretimi
Kullanma suyu	Tuvalet rezervuar suyu, elbiselerin yıkanması, araba yıkama, havalandırma
İçme suyu	Yüksek saflıkla tekrardan arıtılmış su ile mevcut su stokunun harmanlanması



Şekil 2.1. Atıksu geri kullanım alanları ve akış diyagramı

2.2. Atıksuların Geri Kullanımını Sınırlandıran Faktörler

Atıksuların geri kullanımını teşvik eden faktörler şehirleşme, nüfus artışı ve kuraklıktır. Diğer yandan, atıksu geri kullanım projelerini veya kullanılacak geri kazanılmış atıksu miktarını sınırlayan faktörler de mevcuttur. Bu faktörler ana hatlarıyla su temini ve talebi ve su kalitesi hususlarıyla ilgilidir. Atmosferik ve

iklimsel olaylar, çevresel sorunlar, ekonomik kısıtlamalar ve mevzuatlar da projelerin uygulanmasını etkileyebilmektedir.

2.2.1. Su temini ve talebi

Su temini ve talebi ile mevcut altyapı sistemi geri kazanılacak atıksu miktarını sınırlandırır. Geri kazanılan atıksu kullanıcıya ayrı bir şebeke ile iletilmeli ve depolanmalıdır. Bunlar da arıtma maliyetine ek maliyetler arz eder. Altyapı maliyeti ile birlikte atıksu geri kazanma projelerinin tüm maliyeti bazen projenin uygulanmasını sınırlandırır. Geri kazanılmış atıksu birim fiyatları tarihsel olarak kullanıcıları özendirmek için düşük tutulmuştur. Fakat kullanılan geri kazanılmış atıksu miktarlarının artıp, alternatif su kaynağı olarak tatlı su kaynaklarını koruma gerçeğinin daha da güncelleşmesiyle birim fiyatlar artmaktadır. Fiyat artış aralıkları işletme ve/veya ön yatırım maliyetlerinin tümünü veya bir kısmını karşılayacak şekilde ayarlanmaktadır. Ancak, 1997'de gerçekleştirilen bir ankette geri kazanılmış atıksu satan idarelerin işletme maliyetlerinin ancak % 75'ini geri alabildikleri ortaya çıkmıştır (Usbr, 2003). Öte yandan, atıksu geri kazanma projelerinin ekonomisi sadece maliyetin geri döndürülmesi ile belirlenmez. İklim koşulları, projenin gerçekleştirildiği alan, arazi rant durumu, arz talep miktarı da ekonominin diğer parçalarındandır.

Tatlı su temini ve içme suyu arıtma, atıksu ve çamur arıtma ve bu proseslerdeki ekstra ön yatırım ve işletme giderleri de dikkate alındığında geri kazanma projelerinin ekonomisi bir bütün olarak düşünülmelidir. Ayrıca geri kazanılmış atıksu kuraklık çeken bölgelerdeki su idarelerine sürekli bir su kaynağı sağlamaktadır ki bu da genel proje değeri açısından önemli bir unsurdur. Özellikle kuraklık çeken bölgelerde sürekli su temini bölge sanayisi, istihdam, toplumsal refah ve genel ekonominin güçlülüğü açısından aranılan bir kriterdir. Atıksu geri kullanım projeleri sadece lokal veya bölgesel ölçekte değil desteklediği ekonomiye bağlı olarak ulusal hatta global ölçekte değerlendirilmelidir (Kitiş, 2011).

Tekrar kullanılan atıksu, içilebilir su kaynaklarının çoğaltılması için geliştirilecek ilave stratejilerin ertelenmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla uygulaması oldukça maliyetli olan bu projeler de ertelenmiş olmaktadır. Diğer bir avantaj da, atıksu geri kazanma projeleri ile konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinde çıkış suyu deşarj standartlarının son yıllarda sıkılaştırılmasıyla ortaya çıkan mevzuatlara uyum sorununun azaltılmasıdır. Genel olarak, bir atıksu geri kazanma projesi salt projenin kendi maliyeti ile değil, su ve atıksu idaresinin nitelik ve nicelik açılarından karşılaştığı su problemleri, bölgedeki kuraklık ve mevcut suyun değeri, sosyal, jeopolitik ve ekonomik değerler, içme suyu temini/arıtma ve konvansiyonel atıksu arıtma maliyetleri ve diğer proje-spesifik faktörlerle birlikte bir bütün olarak irdelenmelidir (Usbr, 2003).

2.2.2. Su kalitesi

Su kalitesi atıksuyun tekrar kullanılabilmesini etkileyen ana faktördür. Mevzuatlardaki su kalitesi standartları daha sıkı hale getirildikçe arıtma maliyetleri de artmaktadır. Ayrıca, su kalitesi hususuna ek olarak, atıksuların geri kullanımı kullanıcının spesifik gereksinimlerine de bağlıdır. Çizelge 2.3.'de değişik amaçlı kullanım alanları için karşılaşılan problemler özetlenmiştir. Sistemin yeterli dizaynı ve tutarlı olarak işletilmesi halinde, geri kazanılmış atıksu projeleri güvenilir ve sürekli su kaynağı sağlar (Skky-Tut, 2004).

Çizelge 2.3. Atıksuların çeşitli kullanım alanlarında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri

Kullanım Alanı	Spesifik Kullanım	Kullanım sırasında sudaki içerikler tarafından oluşturulan problemler	Çözümler/Arıtma Opsiyonları
Zirai Sulama	Etkin/çeşitli ürünlerin sulanması	Karbonat ve bikarbonat miktarına göre toprak geçirgenliğinin azalması	İleri arıtma yöntemleriyle karbonat ve bikarbonat giderimi
		Suda bulunan bileşiklerin ürün işlenmesini etkilemesi	Spesifik olarak giderimi istenen bileşiğe göre optimize edilmiş ileri arıtma
		Klorür,sodyum gibi iyonların toprakta birikmesi nedeniyle mahsul azalması	İleri arıtma ve yumuşatma (membran prosesleri);toprağa şartlandırıcılar eklemek ve periyodik olarak aşırı minaralleri topraktan sızdırmak ;arıtma öncesi tuzluluk kontrolü
		Çiçek Türü bazı ürünlerin nütriyenlere karşı hassasiyet göstermesi	Biyolojik nütrient giderimi prosesleri (nitrifikasyon/denitrifikasyon ve fosfor giderimi)
		Kadminyum,kurşun ve civa gibi ağır metallerin ürünlerin biyolojisine zarar vermesi	İleri arıtma sistemeleri (membran ,adsorbsiyon prosesleri)
		Sulama sistemleri ve püskürtücülerin tıkanması	Kullanım sahasında ön-filtrelerin kurulması
		Yüksek azot veya nitrat muhtevasından dolayı yeraltı sularının kirlenmesi, istenmeyen vejetasyon oluşup ürün kalitesini bozması	Biyolojik nütrient giderimi prosesleri (nitrifikasyon/denitrifikasyon)
Yeraltı suyu	Besleme/İnfiltrasyon	Toplumun geri kazanılmış atıksuyun yeraltı suyu kalitesini değiştireceği kaygısı	Toplumun bilgilendirme programların hazırlanması
Kentsel Sulama	Bahçe /Golf Sahası Sulaması	Düşük demir içeriği nedeniyle ferrik klorisis	Demir sülfât ya da demir şelatlarla uygulamalar
		Tuzluluğa bağlı olarak toprak geçirimliliğinin azalması	İleri arıtma ile yumuşatma (membran prosesleri);toprağa şartlandırıcılar eklemek ve periyodik olarak aşırı minarelleri topraktan sızdırmak
		Sulama sırasında istenmeyen koku olşumu	Hidrojen sülfür oluşum potansiyellerinin azaltılması; klor dozlamalarının optimizasyonu, arıtma öncesi tuzluluk kontrolü
		Yazın yapılan sulamalarda biriken fazla azot nedeniyle sonbaharda mantar enfeksiyonlarının	Fungisitler uygulanması
	Su Tesisatı ve Çeşmeler	Su içeriğinden dolayı koku ve diğer istenmeyen parametrelerin oluşumu .Fazla nütrientten dolayı alg patlamaları.	Yeterli sistem dizaynı ve işletimi
		Toplumun eksik bilgilendirilmesinden dolayı turizme ve emlak değerlerine negatif etki	Toplumu bilgilendirme programları
		Fazla nütrientten dolayı alg patlamaları ve ötrafikasyon	Biyolojik nütrient giderimi prosesleri (nitrifikasyon/denitrifikasyon ve fosfor giderimi)
Tuvalet Pisuarları	Tuvalet Pisuarları	Yetersiz depolamadan dolayı mevsimsel veya günlük kesintiler	Yeterli dengeleme hazneleri
	Kanalizasyon Şebekelerinin Temizliği	İşçilerin sağlığına potansiyel riskler	Sağlık ve güvenlik için gerekli donanım ,Üçüncül arıtma gerekebilir.

Günümüzde atıksuların geri kazanımı ve kullanımı projelerinde karşılaşılan en önemli problemler estetik, insan sağlığı ve güvenliği açılarından toplumun tedirginliği, su kalitesi ve arıtma maliyetleri olarak gösterilebilir. Su kalitesi ile ilgili

özellikle gelişmiş ülkelerde son yıllarda gündeme gelen kirleticiler tıbbi ilaçlar ve kozmetik bakım ürünleri, antibiyotikler, organizmalarda endokrin sistemini bozabilecek kimyasallar, hormonal olarak aktif maddeler, doğal ve sentetik hormon ve estrojenler (özellikle 17β-estradiol, 17α-estradiol, estrone, 17α-ethinylestradiol ve betablocker'lar), pestisitler, dezenfeksiyon yan ürünleri (ikincil arıtımdan sonra atıksu dezenfekte ediliyorsa), patojenler, metaller ve mikrobiyal kökenli olarak salgılanmış yan ürünlerdir. İkincil atıksu arıtımı ile yeterli olarak giderilemeyen bu çoğu kirleticiler için üçüncül arıtım (çoğunlukla membran prosesleri veya aktif karbon adsorbsiyonu) gerekmekte, bu da atıksu geri kazanım maliyetlerini artırmaktadır. Arıtım sırasında biyolojik veya fizikokimyasal bozunmalarla da orijinal bileşikten belki daha tehlikeli yan ürünler veya metabolitler de oluşabilmektedir. Alıcı ortamlara deşarj edilen veya geri kullanılan yetersiz olarak arıtılmış atıksularla aynı zamanda bu tür kirleticiler doğal ortamda ve organizmalarda birikmekte ve nihai olarak besin zincirine ulaşmaktadır. Bu mikro-kirleticilerin çoğunun mutajen, karsinojen veya toksik olduğu bilinmekte ya da şüphe edilmektedir (Skky-Tut, 2004).

Mikro-kirleticilere ek olarak arıtılmış atıksulardaki tuzluluk da özellikle zirai sulamada toprak tuzlanması açısından problemlere neden olmaktadır. Ham kentsel atıksulardaki tuzluluk miktarını etkileyen en önemli etken bölgesel jeolojik yapılar dolayısıyla da içme suyundaki çözünmüş mineral içeriğidir. Yine yüksek miktarlarda gübre kullanılan zirai alanlardaki yüzeysel akış taşınımı ile su kaynakları tuzlanmakta, bu durum da atıksu ve sulama amaçlı geri kullanılan arıtılmış atıksuya yansıyıp, bir tuzluluk problemi döngüsü oluşturmaktadır.

Tüm bu sebeplerden dolayı arıtılmış atıksuların geri kullanımının zirai sulama alanında uygulanması için ülkelerin su otoriteleri sulamada kullanılacak arıtılmış atıksu için mevzuatlar çıkarmıştır. Bu mevzuatlarda zirai sulamada kullanılacak arıtılmış atıksu için belirli kurallar verilmiştir. Ülkemizde zirai sulamada kullanılacak arıtılmış atıksular için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belli kurallar verilmiştir.

2.2.3. Zirai sulama alanında geri kullanım için mevcut mevzuatlar

SKKY'de arıtılmış atıksuların zirai sulamada kullanılması ile ilgili önemli bazı maddeler aşağıda özetlenmiştir. 31.12.2004 yılı SKKY'ne göre arıtılmış atıksuların geri kullanımından bahseden madde, SSKY Beşinci Bölüm-Atıksuların Boşaltım İlkeleri, Madde 28'dir (Skky-Tut, 2004).

"Madde 28 - Sulama suyunun kıt olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atıksuların, sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilir. Bu amaçla uygulanacak ön işlemler ve yapılması gereken incelemeler Teknik Usuller Tebliğine göre yapılır. Bir atıksu kütlesinin bu tür kullanımlara uygunluğu; valilikçe, il orman ve su işleri müdürlüğü, il tarım müdürlüğü ve devlet su işleri bölge müdürlüğünden oluşturulacak komisyonca belirlenir."

Bu madde de belirtildiği üzere arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı için gerekli kriterler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde (SKKY-TUT) verilmiştir. Bu yönetmelikte ise (SKKY-TUT) arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı konusu SKKY-TUT – "Arıtılmış Atıksuların Kullanılması" Madde-46'da bahsedilmektedir.

"Madde 46 - Atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik
- Sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı
- Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu
- Bazı şartlarda Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarının toplam konsantrasyonu
- Toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ gres gibi yüzen maddelerin miktarı

- Patojen organizmaların miktarı.

Atıksuyun içindeki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler yörenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilir, bitkiler tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Bu nedenle, arıtılmış atıksuların arazide kullanılması ve bertarafı söz konusu ise, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından öngörülen sınır değerlere uygunluğunun yanı sıra, bölgenin toprak özellikleri de dikkate alınır.

Sulama sularındaki çözünmüş tuzların toplam konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik (EC) değeri yardımıyla kolaylıkla belirlenebilir. Toplam tuz konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik arasındaki oran katsayısı (M), deneysel çalışmalar sonucunda bir kere belirlendikten sonra sürekli kullanılabilir. Bu katsayı 25^{o}C 'deki iletkenlikler (mikrom) ve tuz konsantrasyonları (mg/l) ile ifade edildiğinde 0,6-0,7 arasında bir değer alır.

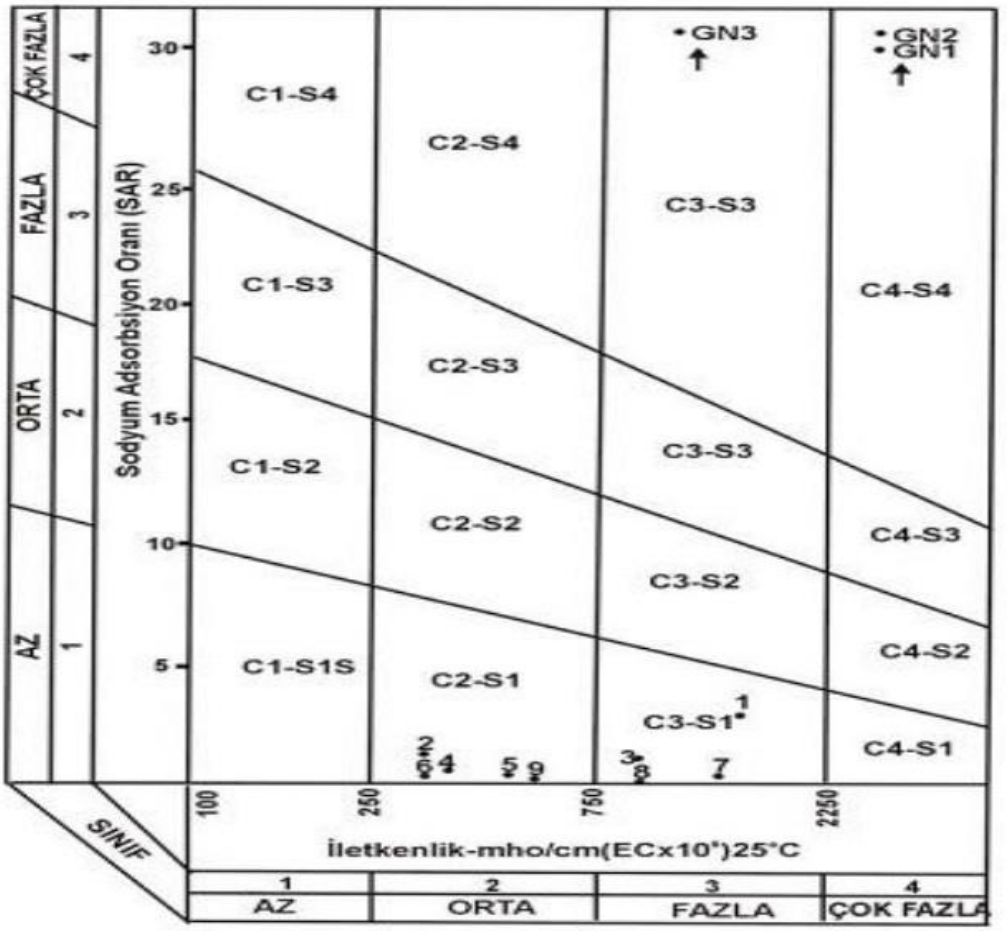
Sulamada kullanılan arıtılmış atıksudaki sodyumun sulanan toprakta tutulması sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ile tanımlanır. Denklem 2.1'de SAR oranı, suyun sodyum (veya benzer alkaliler) açısından zararlılığının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Sodyum adsorbsiyon oranı aşağıdaki eşitlikle belirlenir;

$$\text{S.A.R.} = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca^{2+} + Mg^{2+})}} \qquad (2.1)$$

Burada Na^{+}, Ca^{++}, Mg^{++} mili eşdeğer gram (Meq/l) cinsinden su içi konsantrasyonlardır (Skky-Tut, 2004).

EC ve SAR esas alınarak sulama sularının sınıflandırılması Şekil 2.2.'deki diyagrama göre yapılır. Bu diyagram yardımı ile atıksuyun sınıfını C1S1 - C4S4 arasındaki sulama su sınıfları arasında bulmak mümkündür. Tarımsal sulamada kullanılacak değişik sınıf sular için istenen sulama suyu kalite kriterleri de Çizelge 2.5.'de verilmiştir.

Sulama sularında izin verilebilecek maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları değişik elementlere göre Çizelge 2.5.'de özetlenmiştir. Herhangi bir madde toprakta mg/kg olarak C_o konsantrasyonuna sahipse sulanan topraktaki bu maddenin toplam değeri kg/ha olarak ($4.2xC_o$) ifadesi ile belirlenebilmektedir. Çizelge 2.6.'nın birinci sütununda verilen "Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar" ($4.2xC_o$) ifadesi ile hesaplanan topraktaki mevcut miktarın çıkarılmasından sonra bulunur. Ayrıca arıtılmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılamayacağı Çizelge 2.6.'da verilmiştir.



Şekil 2.2. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagram

Çizelge 2.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri

	SULAMA SUYU SINIFI				
KALİTE KRİTERLERİ	I. Sınıf su (çok iyi)	Il. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	N. Sınıf su (ihtiyaçla kullanılmak)	V. Sınıf su (zararlı) uygun değil
ECz,x10.	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-80	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-213	> 28	
Sodyum karbonat kalınbsı (RSC) (mg/l)	> 1.25 < 88	1.25.2.5 66-133	> 2.5 > 133		
Klorür (Cl^-) (meg/l)(mg/l)	0-4 0-142	4-7 142-249	7-12 249-428	12-20 426-710	> 20 > 710
Sülfat (SOZ) (mg/l)	0-4 0-192	4-7 192-338	7-12 330-575	12-20 575-960	> 20 > 980
Toplam tuz konsentrasyonu (mg/l)	0-1 75	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0-0.5	05-1.12	1.12-2 O	> 2 O	-
Sulama suyu sınıfı'	C1S1	C1S2, C1S1 , C2S1	C1S4, C1S3, C2S4, C4S4	C1S4,C1S3,C2S4,C4S4	-
NO," veya NH_4^- (mg/l)	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform (1/100 ml)	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000
BOI, (mg,1)	0-25	25-50	50-100	100-200	> 200
Askıda katı madde miktarı (mg/l)	20	30	45	80	> 100
pH	6.5-8.5	0.5-8.5	6.5-8.5	0.5-9	< 0 veya > 9
Sıcaklık (C)	30	30	35	40	> 40

Çizelge 2.5. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimumtoplam miktalar, kg/ha	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler mg/L	pH değeri 6,0-4,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/L
Alüminyum (Al)	4800	5,0	20,0
Arsenik (As)	90	0,1	2,0
Berilyum(Be)	90	0,1	0,5
Bor (B)	880	-	2,0
Kadmiyum (Cd)	9	0,01	0,05
Krom (Cr)	90	0,1	1,0
Kobalt (Co)	45	0,05	5,0
Bakır (Cu)	190	0,2	5,0
Flor (F)	920	1,0	15,0
Demir (Fe)	4800	5,0	20,0
Kursun (Pb)	4800	5,0	10,0
Lityum (Li)'	-	2,5	2,5
Mengenez (Mn)	920	0,2	10,0
Molibden (Mo)	9	0,01	$(0,05)^2$
Nikel (Ni)	920	0,2	2,0
Selenyum (Se)	18	0,02	0,02
Vanadyum (V)	-	0,1	1,0
Çinko (Zn)	1840	2,0	10,0

Çizelge 2.6. Arıtılmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılamayacağını gösteren tablo

	TARLA	ÇAYIR-MERA	SEBZE	YEM BİTKİSİ	MEYVECİLİK	KORUORMANLIK
	BY	BY	BY	BY	BY	BY
Biyolojik Arıtma Tesisi veya en az 2 saat beklemeli Çökeltim havuzu şeklindeki ön arıtma tesisi çıkış suları	+	+	-	+	-	+
Aerobik stabilizasyon havuzları veya lagünlerin çıkış suları	+	+	-	+	-	+

2.2.4. Gri suları değerlendirme yöntemleri

Yer altı suları içme suyu için öncelikli en önemli kaynaklarımızdandır. Bunun için suyumuzu verimli kullanarak, doğal su kaynaklarından elde ettiğimiz suyun tüketim oranını düşürüp suyumuzu korumamız gerekmektedir. Bu nedenle su tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak tuvalet rezervuarları, bahçe sulama, çamaşır yıkama ve diğer temizlik işlerinde içme suyunun kullanılmaması için önlemler alınabilir.

İşlemden geçirilmiş gri suyun kullanım suyu olarak değerlendirilmesi su kaynaklarının korunmasına katkı sağladığı gibi doğadaki su dengesi üzerinde de pozitif etkiler yaratacaktır. Ayrıca gri su geri kazanım tesislerinde kullanılan içme suyu miktarını da azaltır. Sonuç olarak, içme suyu çıkarma ve dağıtma süreçlerinin olumsuzlukları da (enerji ve kimyasal gereksinimler, yeraltı suyunun seviyesindeki düşüş, v.b) azalmış olacaktır.

Su kullanılan alanların kendilerine özgü kalite gereksinimleri bulunmaktadır. Bu yüzden dolayı gri su geri kazanım sisteminden elde edilen suyun kullanılacağı yerin standartlarına uygun olması gerekmektedir. Genel olarak işlemden geçmiş gri sudan elde edilmiş kullanım suyu, hijyenik ve mikrobiyolojik olarak güvenilir, renksiz ve bütünüyle katı atıklardan arındırılmış olmalıdır. Arıtılan gri su saklanmaya

başladıktan birkaç gün sonra da koku oluşmamalıdır. Henüz kullanım suyunun kalitesi konusunda ve işletmelerin çalışmalarını düzenleyen kanuni yönetmelikler olmadığından dolayı, gri su geri kazanım sistemini imal eden firmalardan arıtılan gri suyun kalitesine dair yazılı olarak garanti istenmesi önerilir (U.s. Epa, 1995). Mevcut bilimsel araştırmalara göre, bu suların tuvalet rezervuarları, çamaşır yıkama, bahçe sulama, süs havuzlarında kullanımı ve yüzey sularına doğrudan deşarj etmenin uygun olduğu kanıtlanmıştır.

2.2.4.1. Tuvalet rezervuarları

Toplam koli form ve e-koli (koli basili) için istenen hijyen AB standartlarındaki yıkanma suyu değerleri (76/160/EEC) doğrultusunda belirlenmiştir. Sınır değerleri sabit olduğunda insanların bu suyla temasları ve hatta yuttukları varsayılsa bile bu kişiler herhangi bir sağlık riski ile karşı karşıya kalmazlar. Bu sıkı şartlar sağlığı ilgilendiren ıslak-mikrop patojeni olarak da adlandırılan pseudomonas aeruginosa içinde geçerlidir. BOI_7 ve oksijen doygunluğu da temizlenmiş suyun raf ömrü için kalite kriterleridir.

Çizelge 2.7. Tuvalet rezervuarı için gerekli kalite şartları

BOI_7	< 5 mg/mL
Oksijen Doygunluğu	< 5 mg/L
Toplam Koli Form Bakterisi (A)	< 100 mL
Dışkısal Koli Form Bakterisi (A)	< 10 mg/L
Pseudomonas aeruginosa (B)	< 1 mL

A) AB 76/160/EEC yönetmeliğine uygun

B) Alman içme suyu standartlarına uygun

2.2.4.2. Çamaşırhane

Çamaşır yıkamak için tavsiye edilen kullanım suyu kalite şartları Çizelge 2.7. ‘de verilmiştir. Çizelge 2.7.’ deki değerlere sahip arıtılmış gri su ve şebeke suyu ile

yıkanan çamaşırlar üzerinde yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda şebeke suyu ve arıtılmış gri su ile yıkanan çamaşırlar arasında kurutma işleminden sonra da hijyenik açıdan hiçbir fark olamadığı ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak çamaşır makinelerinde kullanım suyu olarak arıtılmış gri suyun kullanılmasında bir sakınca yoktur. Fakat talep edildiği takdirde çamaşır makinesinin konulacağı mekâna şebeke hattı ve arıtılmış gri su hattı çekilerek kullanıcının istediği suyu tercih etmesi de sağlanabilinir.

2.2.4.3. Bahçe sulama

Sulama suyu için gerekli olan su değerleri DIN 19650 standartları tarafından düzenlenmiştir. Bu kalite şartları tarım, bahçecilik, kirlik alanların yani sıra parklar ve spor tesislerinde kullanılan suların hijyenik ve mikrobiyolojik yönleriyle ilgilidir. Sulama sularının hijyenik güvenilirliği her kullanım için onaylanmış 4 bolüme ayrılır (Çizelge 2.8.)

Yağmur suyu arı su olmakla beraber, çevresel kirlilikler (çatı, otopark, toz, çatılardaki hayvan leşleri, vs.) göz önüne alındığında BioVitor sistemi ile arıtılan yağmur suyunun sadece temizlik ve bahçe sulama uygulamalarında kullanılmasını tavsiye ederiz.

Airballs sistemi mühendislik temeli olarak membran filtrasyon metoduna dayanmadığı için, arıtılan su sadece bahçe sulama ve temizlik gibi insan temasının minimumda olduğu uygulamalarda kullanılabilir.

Çizelge 2.8. Sulama sularının ve uygulamalarının hijyenik/mikrobiyolojik niteliklerinin sınıflandırılması

Kalite Sınıfları	Uygulamalar	100 mL suda Faecel streptococ ci'nin koloni miktarı	100 mL suda E.koli'nin koloni miktarı	1000 mL sudaki salmonell ae	1000 mL sudaki insan ve hayvan parazitlerin in potansiyel bulaşma dereceleri
1	Seralarda ve açık alanlarda sınırlandırma olmadan tüm bitkiler	Yok	Yok	Yok	Yok
2	Okullardaki spor sahaları ve parklar için	< 100	< 200	Yok	Yok
3	Seralarda tüketim amaçlı olmayan ürünler	< 400	< 2000	Yok	Yok
4	Toplanılmasına 2 hafta kalana kadar şarap ve meyve kültürleri, şeker kamışı, yeme amaçlı kullanılmayan veya endüstriyel amaçlı kullanılacak ürünler için	En az bir kere biyolojik işlemden geçirilmiş atik su			Yok

AB Kullanma Suyu Yönetmelikleri' ni ve DIN 19650 Sulama Suyu Hijyen Standartları'nı esas alınarak belirlenmiş gereksinimlere göre birçok uygulama ve sulama amaçlı kullanılan suyun kalite gereksinimleri tuvalet için kullanılan sudan daha yüksektir. Gri suyun işlenebilmesi için uygun teknoloji gerekir. DIN 19650'e göre bu gereksinimler UV veya kimyasal eklenerek yapılan dezenfektasyonlarla elde edilemez (DIN 19650, 2005. Aktif Çevre ve Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Ltd.Şti. AB Kullanma Suyu Yönetmelikleri ve DIN 19650 Sulama Suyu Hijyen Standartlarını sağlayan teknoloji).

2.2.4.4. Arıtılmış gri su mutfak eviyesinde kullanılabilirliği

Membran filtrasyon teknolojileri her yerine kadar % 99.999 oranında bakteri ve virüsleri tutsa da, arıtılan suyun insanla temasın minimum olduğu uygulamalarda kullanılması emniyet açısından tavsiye edilir.

Genel kaide olarak metodu ne olursa olsun arıtma sistemlerini yağlı sular çok kısa sürede arızaya sokmaktadır. Bu sebepten dolayı şayet eviye giderleri gri su arıtma sistemine bağlanmak isteniyorsa, gri su sistemi öncesine muhakkak bir yağ ayırıcı monte edilmelidir.

2.2.5. Temel kavramlar

Gri su ve sistem içerisinde kullanılan genel terimler aşağıda açıklanmaktadır (Karahan, 2010).

Evsel atık su: DIN EN 1085 Standardına göre evsel atık su mutfaktan, çamaşır makinesinden, banyodan, tuvaletten ve benzer amaçlı bölümlerde kullanılan ve binanın dışına boru sistemiyle kanalizasyona atılan atık sular.

Siyah su: Siyah su evsel atık suyun bir kısmıdır; tuvaletlerden gelen ve fosseptik atığı içeren suya denir.

Gri su: Gri su da evsel atık suyun siyah su içermeyen kısmına denir, yani duştan, lavabodan, küvetten ve hatta mutfaktan gelen atık sudur.

Gri su geri kazanımı: Evsel atık suyun en az kirli olan kısmının, yani duştan, lavabodan, küvetten gelen suyun tekrar kullanılmak üzere arıtılmasıdır. Bazı özel durumlarda çamaşır makinesi ve mutfaktan atılan suda gri suya dâhil edilerek geri kazanımı sağlanabilir.

Gri su geri kazanım sistemi: Gri suyu toplayıp, kullanım suyu olacak kalitede arıtıp, tekrar kullanılmasını sağlayan sistemlerdir.

Kullanım (proses) suyu: DIN 4046 standardına göre kullanım suyu kullanılacak amaca uygun kalitede olan su demektir. Ticari, endüstriyel, tarımsal ve benzer amaçlı olarak kullanılabilinir. Başka bir deyişle evlerde temizlik amacı ile kullanılan ve içme suyu kalitesinde olması gerekmeyen sulara örneğin tuvalet

rezervuarları, çamaşır yıkama, bahçe sulama ve araba yıkama gibi kaba temizlik işlerinde kullanılan sulara kullanım (proses) suyu denir.

2.3. Gri Suların Oluşumu Özellikleri ve Geri Kazanım

Gri su, deterjan, cilt yağı, saç, cilt ve kepek parçacıkları gibi kolaylıkla indirgenebilen maddelerden meydana gelmektedir. Bu kolay biyolojik indirgenmeye bağlı olarak, eğer gri su hemen işlenmezse, bozulma sureci sülfatlarla sürer bu da istenmeyen kokulara sebep olur.

Gri su, evlerde kullanılan şebeke suyunun kimyasallarla kirlenmesiyle oluşur. Gri suyun kirlilik derecesini temel olarak tüketicilerin alışkanlıkları belirler. Oluşan kirlilik kullanılan kişisel hijyen ürünlerinin, deterjanların, kirli kıyafetlerin ve vücut kirinin bir sonucudur. Bu kirletenler kısaca biyolojik indirgenler olarak sınıflandırılır. Gri su hava şartlarından bağımsız olarak kişisel hijyen ihtiyaçlarından dolayı sürekli oluşur.

Gri su tuvalet sularının dışında kalan tüm atık suları içermekte, atık su çeşitleri içerisinde kirlilik yönünden en düşük seviyede bulunan ve en az kirletici içeren akımdır. Pratik olarak tuvalet sularının haricindeki tüm evsel atık su akımlarını kapsayan bu suyun başlıca kaynakları, mutfak atık suları, banyo, lavabo ve çeşitli yıkama sularıdır. % 75'lik pay ile hacimsel olarak evsel atık suyun en büyük yüzdesini oluşturan gri suda patojen bulunma olasılığı düşük olup, nütrientler açısından da fazlaca zengin değildir.

2.3.1. Gri suların özellikleri

Atık su içerisinde de yer alan azot kirletme etkisi en ciddi ve içme suyundan en zor temizlenen maddedir. Atık suda bulunan Azotun %90'i siyah sudan (wc 'den gelen atıksular) gelmekte ve gri suda ise, siyah sudan çok daha az miktarda azot bulunmaktadır. Bundan dolayı gri su, siyah sudan daha kolay ayrışır ve daha kısa sürede temizlenir. Hijyen şartlarına uygun patojen mikrobunun en yaygın kaynağını fosseptik atıklar oluşturur. Gri su, siyah suya göre çok daha az miktarda patojen mikrobu içermesi arıtımını da kolaylaştırmaktadır. Ayrıca organik madde açısından

zengin olup, bu grup kirleticinin giderilmesinin ardından su çevrimine geri verilerek değerlendirilmesi öngörülmektedir.

Organik maddeler BOİ (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) ve KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) parametrelerinin ortalamalarıyla ölçülür. Organik maddelerin içerikleri biriken (toplanan) gri suyun kısmi akışının kaynağına bağlıdır. Tablo-7'de öngörülen konsantrasyonlar bulunmaktadır. Duştan ve banyodan gelen gri su az kirlidir. Çamaşır yıkamadan gelen gri su ek olarak kullanıldığında, gri sudaki maddelerin konsantrasyonları yükselir ve bununla birlikte suyun temizlenmesinin maliyeti artar. Mutfakta kullanılan atık sular (lavabo, bulaşık makinesi) eklendiğin de ise bu maliyet daha da artacaktır (Nolde, 2001).

Ayrıca Çizelge 2.9.'da belirtilen değerler bölgesel içme suyu kalitesine mesela yüksek nitrat konsantrasyonu veya boru korozyonunu engellemek için fosfat eklenmesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Diğer taraftan önemli miktardaki fosfat konsantrasyonu bulaşık deterjanlarının sonucu olabilir.

Evsel atık sularla karşılaştırıldığında gri su oldukça az besleyici madde (fosfor/azot) ihtiva eder. Fakat biyolojik arıtmada, yetersiz besin kaynağı nedeniyle, olası bir sınırlandırma gri su geri kazanım sistemlerinde yapılan araştırmalarda ortaya çıkmamıştır.

Geçtiğimiz yıllarda yapılan çok miktardaki mikrobiyolojik araştırma banyodan ve lavabodan gelen sulardaki E.koli miktarının toplam evsel atık sulara göre 100 kat daha az olduğunu göstermiştir (Çizelge 2.10). Çamaşır yıkamadan gelen gri suların toplanmasıyla yıkama sıcaklığına bağlı olarak gri suda yüksek bakteri konsantrasyonu ölçülmüştür.

Çizelge 2.9. Gri suyun bileşenleri

Parametre	Birim	Küvetten,duştan ve lavabodan gelen su (çökelme deposundan sonra ölçülen değerlerdir.)	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan gelen su	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen su
KOİ	[mg/l]	150-400 (Ø 225 mm)	250-430	400-700 (Ø 535 mm)
$BOİ_5$	[mg/l]	85-200 (Ø 111 mm)	125-250	250-550 (Ø 360 mm)
AFS	[mg/l]	300-70 (Ø 40 mm)	-	-
P_{total}(A)*	[mg/l]	0,5-4 (Ø 1,5 mm)	-	3 - 8 (Ø 5,4 mm)
N_{total}(A)*	[mg/l]	4-16 (Ø 10 mm)	-	10 - 17 (Ø 13 mm)
pH		7,5-8,2	-	6,9-8

*(A) normal düzeyde anlamına gelmektedir.

Değerler, bölgesel şebeke suyunun kalitesine bağlı olarak Nitrat konsantrasyonu değişiklik gösterebilir. Fosfat miktarının yükselmesine kullanılan bulaşık makinesi deterjanları da sebep olabilir (Nolde, 2001).

Çizelge 2.10. Gri su ve evsel atık sudaki toplam koli formlar ve e-koli miktarları

Parametre	Birim	Küvetten,duştan ve lavabodan gelen gri su	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan gelen gri su	Küvetten, duştan, lavabodan ve çamaşır yıkamadan ve mutfaktan gelen gri su	Fosseptik atığı içeren evsel atık su
Toplam Koli Form Bakteri	1/ml	101-105 medyan:105	102-106	102-106	104-107
E-Koli (kolibasili)	1/ml	101-105 medyan:104	101-106	102-106	104-107

2.3.2. Gri su geri kazanım sistemi

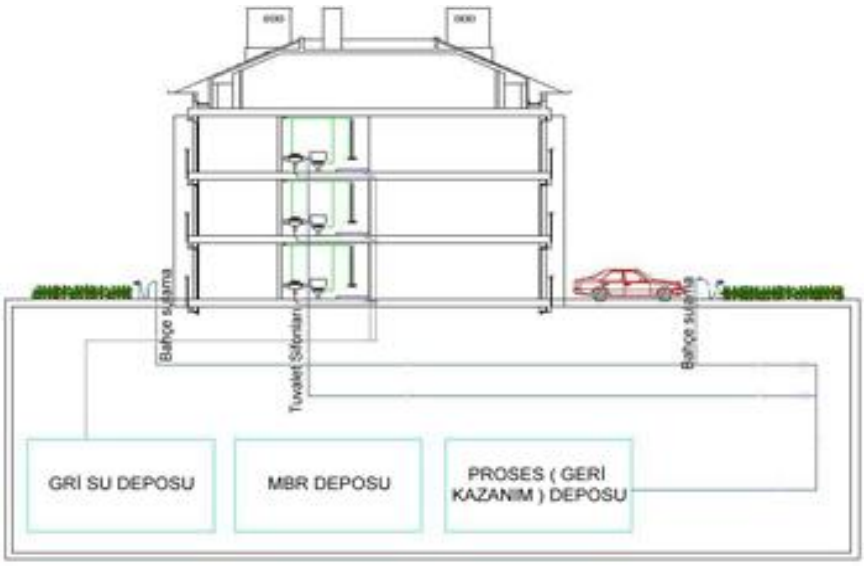
Gri su geri kazanım sistemi gri suyu toplayan, depolayan ve organik madde miktarını düşürerek, hijyenik hale getirerek kalite gereksinimlerini karşılayan ve

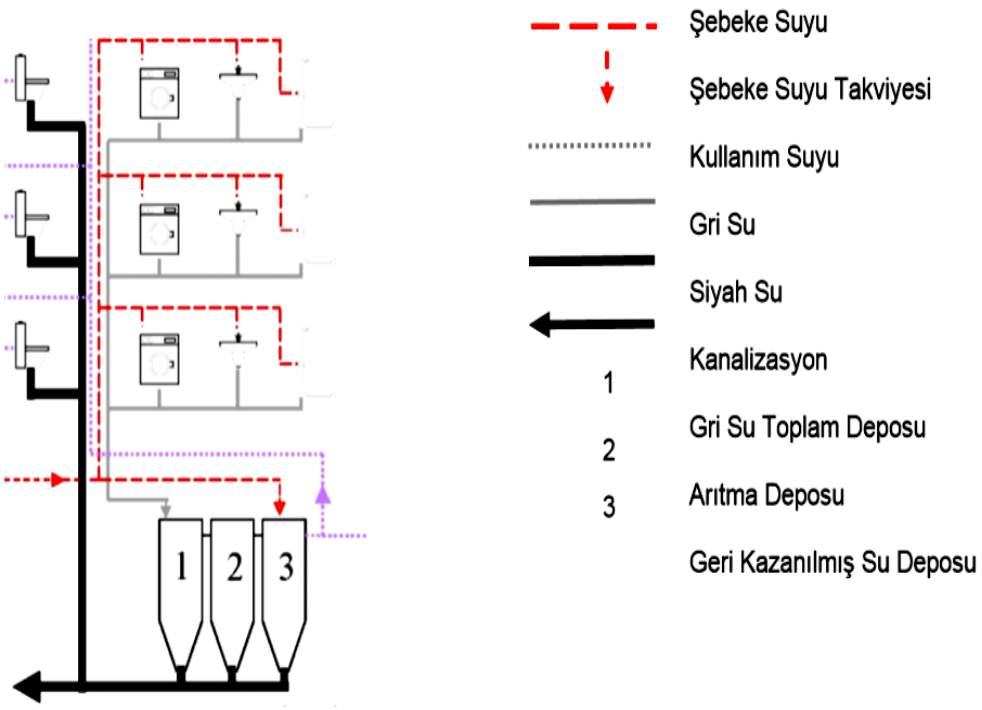
sürekli olarak yüksek kalitede kullanım suyu sağlayan sistemlerdir. Çeşitli üreticilerin üretmiş olduğu farklı sistemler mevcuttur (Nobel, 2013).

Sistemin büyüklüğü kabullere bağlı olarak her bir sistem için ayrı olarak hesap edilir. Hesaplamalarda su ihtiyacı ve gri su miktarı (duştan, lavabodan, küvetten toplanan su) göz önünde bulundurularak yapılır, bazı istisnai durumlarda çamaşır makinesi, mutfak lavabosu ve bulaşık makinesinden gelen suda sisteme dâhil edilebilir (Nobel, 2013).

2.3.3. Sistem boyutları

Gri suyun karışım oranlarının yanı sıra gri suyun miktarı da tüketicinin alışkanlıklarına fazlasıyla bağlıdır. Genel bir kural olarak, dairelerde kullanılan kullanım suyunun miktarı gri su miktarından oldukça azdır. Genellikle, gri suyun tamamını arıtmak gerekli değildir. Bu yüzden dolayı az kirli olan gri suyu yani duştan, lavabodan, küvetten gelen suyu sisteme alıp arıtmak çok daha avantajlı olmaktadır. Sistemin boyutları hesap edilirken, sistemin kurulacağı yerin özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin otel gibi ticari amaçlı işletmelere kurulacak olan sisteme gelen gri su miktarı evsel sistemlere oranlara daha fazla olur. Geri kazanım sistemi kurulurken Şekil 2.3.'teki gibi tüm ayrıntılarıyla hesaplanması ve iyi bir çalışma yapılmaktadır (Greenlife, 2014).





Şekil 2.3. Standart Gri Su Geri Kazanım Sisteminin Kurulum Şeması

2.3.4. Su, drenaj ve havalandırma hatlarının bağlantı şekli

Şebeke ve kullanım suyu hatlarının hiç bir şekilde bir birine bağlantısı olmamalıdır. Hatta kullanım suyunun geçtiği boru hattı farklı bir renkte olmalıdır ki şebeke suyu hattı ile arasındaki fark kolayca anlaşılabilsin. Ayrıca sisteme yapılan şebeke suyu besleme hattı DIN EN 1717 standardına (kullanma suyu tesisatının kirlenmemesi için kullanılacak tertibat standardı) uygun olacak şekilde belirli bir mesafeden serbest akış olarak yapılmalı ve geri akışa ihtimal vermeyecek şekilde olmalıdır (Greenlife, 2014).

Gri su geri kazanım sisteminde kullanılan depolarda oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattı olmalıdır, eğer mümkünse havalandırma hattı evin drenaj hattı havalandırmasından ayrı bir şekilde çatıya kadar çıkarılmalıdır.

Sistemin kurulacağı mekâna bağlı olarak, taşma çıkışı geri su akış seviyesi göz önünde bulundurularak dizayn edilmeli ve sisteme kanalizasyon suyunun girmesi önlenmelidir.

2.3.5. Tesisat, borulama ve pompalar

Gri su içerisindeki bazı maddeler (saç gibi)uygulama problemlerine sebep olur. İşlenmemiş gri su ile temas eden boru ve tesisatlarda saçların tutunabileceği keskin köşe veya benzer formlar yerine saçların çökebileceği şekilde dizayn edilmelidir. Motorize kapakçık, pompalar, filtreler ve diğer birimler gibi bütün mekanik ekipmanlar tamir, bakım ve temizlenme işlemleri için kolayca ulaşılabilir ve temizlenebilir yerde olmalıdır (Greenlife, 2014).

2.3.6. Kirli ve temiz su depoları

Kirli su toplanan depoda ön arıtmaya başlanılması sistemde oluşabilecek kokuların önüne geçer. Kirli su deposunun boyutu arıtma işleminin süresine bağlı olarak dizayn edilir. Temiz su deposunun hacmi de arıtma süresi göz önüne alınarak yeterli miktarda kullanım suyunun sistemde hazır olarak bekletilmesi gerekmektedir. Depolama hacmi kullanıcının su tüketim alışkanlıklarına bağlı olduğu kadar kullanım suyu gereksinimlerine de bağlıdır. Genellikle kullanım suyu ihtiyacı ile gri su üretimi arasında bir tutarlılık vardır. Bundan dolayı, kirli ve temiz su depolama kapasiteleri (bunlar işlemden önce ve sonra düzenlenebilir) gün içinde kullanım suyu ihtiyacından çok olmamalıdır.

Büyük isletmeler veya kullanıcının analizi iyi yapılmış durumlar için depoların büyüklüğü oldukça küçültülebilir. Depolar doğrudan güneş ışığına karşı korunmalı (örneğin penceresiz bodrum) veya yosunlanmaya karşı uygun bir maddeden üretilmelidir.

2.3.7. Gri su arıtma sistemlerinin tank yerleşimleri ve kapasiteleri

Gri su arıtma sistemleri uygulama metodundan bağımsız olarak 3 kademe tanktan oluşurlar. Bunlar:

- Kirli su tankı

- Reaktör tankı

- Arıtılmış su tankı

Genel uygulamalar Polietilen tanklarla yapılmakta olup, istendiği takdirde mevcut tankları değerlendirerek sonuca ulaşılabilmektedir.

2.3.8. Mevcut bir binaya gri su arıtma sistemi uygulanabilirliği

Mevcut binalardaki altyapı sistemleri gri su arıtma sisteminin uygulanacağı biçimde düzenlendiyse (pis su boruları ve temiz su boruları) sistemin uygulanması açısından bir sorun yoktur. Ancak altyapı gri su arıtma sistemine uygun değilse, oluşacak inşaat maliyeti ve kat sakinlerine inşaat sürecinin vereceği rahatsızlık sebebiyle uygulama oldukça güçtür.

2.3.9. Bakım ve denetleme (kontrol)

Gri su geri kazanım sistemlerinin talimatlarına göre düzenli bakımın, isletme güvenliğinde oldukça önemli payı vardır. Ek olarak kullanılma suresi ve enerji verimliliği de artar. En az yılda bir kere bakım yapılmalıdır.

Tesislerin kontrolü gri su geri kazanım sistemleri talimatlarına göre operatörler veya kullanıcılar tarafından işletilmelidir. Tesisler ve ilgili tesis bölümlerinin faaliyetlerinin kontrolünün yanı sıra, kullanım suyunun berraklığı (görülebilir bulanıklık) ve kokusu ile alakalı testler de yapılmalıdır. Bu kontrol kolay, hızlı uygulanabilir ve düşük maliyetli olmalıdır.

Gri su arıtma sistemlerinin, oluşabilecek arızalar dışında periyodik bakımları sadece 6 ayda bir filtrelerin özel bir kimyasal temizleyici madde ile uzmanları tarafından temizlenmesidir. Gelen suyun kirlilik oranı ve filtrelerin periyodik bakım kurallarına riayet edilmesi durumunda membran filtrelerin ömürleri minimum yedi senedir.

2.3.10. Özel işletme durumları

Uzun çalışmama ve servis aralıklarını takip eden süreçlerden sonra geri kazanılan suyu kullanmadan önce biyolojik arıtmanın tam olarak yapılabilmesi için suyun aktif biokütlesinin yeterli miktarda yeniden oluşmasına ekstra özen gösterilmelidir. Şüpheye düşüldüğü veya üreticinin garanti süresi geçtiği durumlarda belirli aralıklarla suyun analizinin yapılarak istenilen kalite kriterlerine uyup uymadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Gri su kullanımının ekolojik yönden hesaplanması henüz yapılmamıştır. Yüksek içme suyu tüketiminin su kaynakları ve sulak alanlar üzerindeki etkileri; buna ek olarak yüksek miktarlarda boşaltılmış atık suların büyük su kütleleri üzerindeki etkileri parasal açıdan değerlendirilmemiştir. Tam bir değerlendirme için bu yönlerde hesaba katılmalıdır. Halen etraflıca bir gözden geçirme yapabilmek için yeterli bilgi mevcut değildir. Ayrıca geleneksel su sağlama ve boşaltma sistemleri ile gri suyun kullanıldığı diğer sistemler maliyet yönünden karsılaştırıldığında, geleneksel yöntemlerin altyapısı için alınan devlet desteği hesaba katılmaz.

Bununla birlikte evlerdeki atık suyun, siyah su ve gri su olarak ayrıştırılması yeni yapılan binalar için makul maliyetli olduğu için parasal yönden göz ardı edilebilinir. Aşağıda yatırım gelişimi ve uygulama maliyetleri için kabul edilebilir parametreler açıklanmaktadır (Karahan, 2010).

2.3.11. Yatırım ve işletme maliyetleri

Yatırım maliyetleri isletme büyüklüğüne göre farklılık gösterir. Sistem büyüdükçe daire başına düşen maliyetler azalır ve amortisman süresi düşer.

On beş-yirmi dairelik binalara sistemin kurulması daire başı yaklaşık 600 Euro'dur. Bu rakam 500 dairenin üzerindeki sitelerde 200 Euro'lara kadar düşmektedir. Ek olarak gri su ve kullanım suyu tesisatlarını ayırma işleminin maliyeti bölgesel şartlara göre hesaplanmalıdır.

İşletme maliyetleri tamir, bakım, kontrol, elektrik tüketimi ve şebeke suyu beslemesinden gelen suyun ücretini kapsar.

Tamir, bakım ve onarım masrafları seçilen teknolojiye bağlıdır. Basitçe yapılandırılmış bir isletme için genel olarak her yıl ilk yatırım maliyetinin %1'i yeterlidir; makineler/ teknik ekipmanlar için ise her yıl ilk yatırım maliyetinin %4 ü gibi düşünülebilinir.

Gri suyu temizlemek için gerekli olan enerji, kullanım suyunun hidroforla sisteme basılması ve şebeke suyu takviyesi dâhil, kullanılan teknolojiye bağlı olarak 1 m^3 kullanım suyu için 1,5 ile 3 kW arasındadır.

Temel arıtma metotları farklı olmakla beraber otomasyon sistemi dışında membran filtrasyon ile Airballs sistemlerinin elektrik sarfiyatları aynıdır. Bu sebepten her iki metot arıtmanın da elektrik tüketimleri aynı kabul edilebilir.

Çeşitli uygulamalardan çıkarılan sonuçlara göre gri su arıtma sistemlerinin ortalama fizibilite süreleri 4 ile 6 sene arasında değişmektedir. Fizibilite süresini kısaltmanın en uygun yolu doğru mühendislik çalışması ile sistem kapasitesini akümle (birikme, yığılma v.b.) olan gri suya göre değil de, tüketilecek olan arıtılmış gri suya göre hesaplamaktır.

Gri su sistemlerinde ana arıtma ekipmanları mekanik olduğu için, tüketilecek elektrik miktarı cüzi oranlarda kalmaktadır. Şöyle ki 25 m^3/gün kapasiteli membran filtrasyon sistemli bir gri su arıtma sisteminin elektrik faturası yaklaşık olarak aylık 150 TL civarındadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

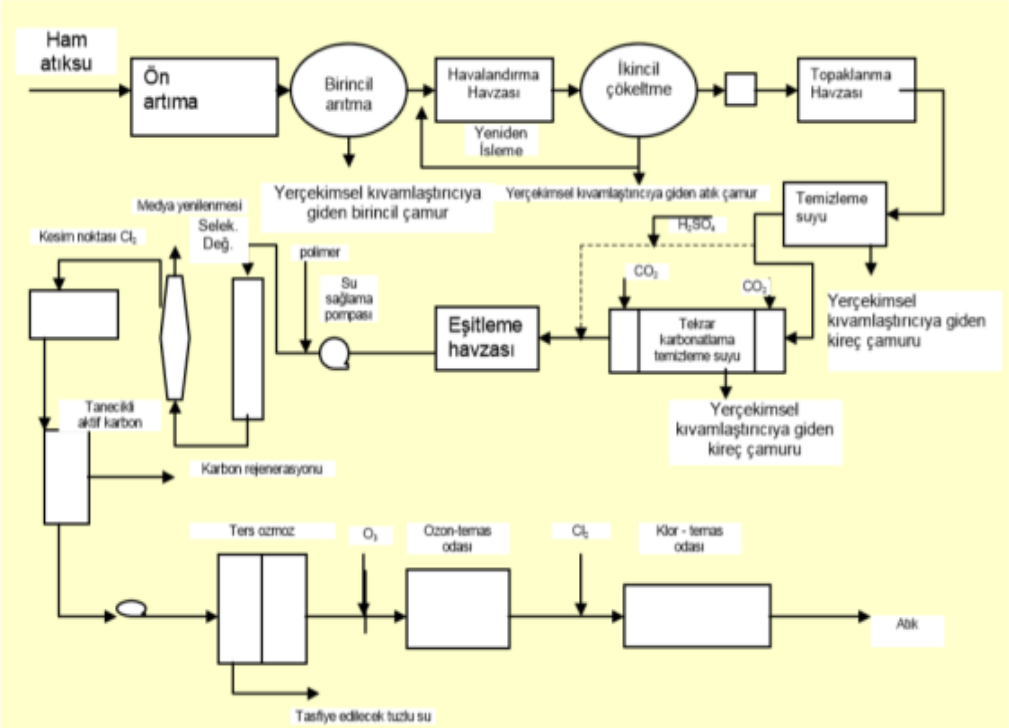
Evsel atıksular çeşitli kullanımlar sonucu ileri arıtıma tabi tutularak aşağıdaki gibi arıtma yöntemleri ile de bir kısmı deşarj edilerek bir kısmı ise özel kullanım alanları için yeniden kullanılmak üzere arıtılırlar. Gelişmiş atıksu arıtma sistemlerinde Şekil 3.1.'deki gibi bir sistem dizaynı gereklidir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 farklı arıtma yöntemi vardır.

Fiziksel arıtma yöntemleri: Kirlilik unsurunun fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, vizkositesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Bunlar; Izgaralar, Kum tutucular, Çökeltme tankları, Filtrasyon havuzları'dır.

Kimyasal arıtma yöntemler: Kirlilik unsurunun kimyasal özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklemek suretiyle yapılan arıtma yöntemleridir. Örneğin; Koagülasyon, Floklaştırma, iyon değiştiriciler, klorlama, ozonlama v.b.

Biyolojik arıtma yöntemleri: Biyokimyasal reaksiyonlar neticesinde atık sudaki çözünmüş organik kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemlerdir.

Çözünmüş organik kirleticilerin sistemden uzaklaştırıldığı yöntemler; Biyolojik filtreler, Aktif çamur ve modifikasyonları, Stabilizasyon havuzlar ve modifikasyonları, Anaerobik sistemler, Membran Teknolojisi, Doğal Arıtma, AKR (Ardışık Kesikli Reaktör) gibi çeşitli teknolojilerin gelişmiş atıksu arıtma yöntem akım şeması olarak genel tasarımı Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Gelişmiş atıksu arıtma yöntemlerinin akım şeması

3.1.1. Gri su arıtma tesisi yer seçimi

Gri su arıtma tesisi yer seçimi askeri bölgenin kişi sayısının fazla sirkülasyona sahip olduğu yerlerde ve imar planı ile sosyal, çevresel ve mühendislik kriterleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Gri su arıtma tesisi yer seçiminde, tesisin kurulacağı yerin yakında ikamet eden halkın sosyal, ekonomik ve politik isteklerinin karşılanması gerektiği unutulmamalıdır.

Gri su arıtma tesisi için seçilebilecek yüksek muhtemel tüm yer seçenekleri, topografik durum, çevresel etkiler ve atıksuların toplama ve arıtma ekonomisi göz önünde tutularak değerlendirilmelidir. Belirtilen hususları, gerektiği ölçüde değerlendirmek üzere Ana Karargâh bölgelerinde ve askerlerin bulunduğu ana koğuşlar bölgesinde gri su arıtma tesisi için en uygun yer ve ekonomik olduğu için seçilmektedir. Sistemin kurulacağı 4 katlı binanın duş, lavabo evyelerinin bulunduğu ortak bölgelerde alt alta olduğu için toplama alanı binanın altında olmalıdır. İlgili bütün disiplinlerin temsil edildiği bir uzmanlar grubu yer seçimi çalışmalarını

yürütmek üzere görevlendirilmelidir. Yer seçeneklerinin değerlendirilmesi sürecinde başlıca aşağıdaki temel prensipler dikkate alınır:

1. Gri su arıtma tesisi yeri toplanan atıksuların cazibe ile getirilebileceği düşük kotlu bir yerde olmalıdır.

2. Tesis yeri, mevcut ve planlanan meskûn mahallerden olabildiğince uzak (en fazla 100 m olmalıdır.) tutulmalıdır. Tesisler estetik unsurlar ve koku oluşum riski gözetilerek tasarlanmalıdır.

3. Gri su arıtma tesisinin ilk toplama tankı mevcut kullanılan binamızın en alttın olmalı mümkünse güneş ışığına hiç maruz kalmamalı, aksi halde kötü kokulara sebebiyet vermektedir.

4. Olabildiğince büyük bir alan seçilerek, gelecekteki gelişme alanları ve koruma bandı ihtiyaçları da karşılanmalıdır.

5. Arıtma tesisi yeri taşkın etki alanında yer almamalı ve asgari 100 yıllık taşkından tam korunmuş olmalıdır. Gerekli koruma önlemleri alınmadan taşkın etki alanlarından yer seçimi kati suretle önlenmelidir.

6. Tesis yerine yıl içinde her zaman kolayca ulaşım mümkün olacak yol bağlantısı bulunmalı, enerji, haberleşme ve içme suyu bağlantıları kolay yapılabilmelidir.

7. Tesis yeri arıtılmış gri suların tekrar sisteme verileceği, sabit bir debi ile suyu aktaracak hidrofor sistemi olan depoya ve/veya sulama yapılabilecek tarım arazilerine yakın olmalıdır.

8. Tesis yerindeki zeminin taşıma gücü, pahalı ıslah ve temel mühendisliği işleri gerektirmeyecek ölçüde yeterli olmalıdır.

9. Mümkünse orta derecede eğimli bir saha, özellikle uygun (cazibeli akışlı) bir hidrolik profile imkân vereceği için tercih edilmelidir.

10. Saha doğal, tarihi ve arkeolojik sit alanlar ile ekolojik bakımdan hassas koruma alanları içinde yer almamalıdır.

11. Yer seçiminde, meskûn mahallerdeki kıyı alanlarının korunması ve etkilenmemesine öncelikle özen gösterilmelidir.
12. Seçilen yerde arazi kamulaşmış arazi olduğu için sistemimizi rahatlıkla kuralacaktır.

3.1.2. Gri su arıtma sistemi ve akım şeması

Temel olarak su arıtma sektöründe iyi belirlenmiş teknolojiler gri suyun arıtılmasında kullanılabilinir. Genelde kimyasal eklenmesine gerek olmayan, az enerji ve bakım gerektiren teknolojiler tercih edilir. Bunlar;

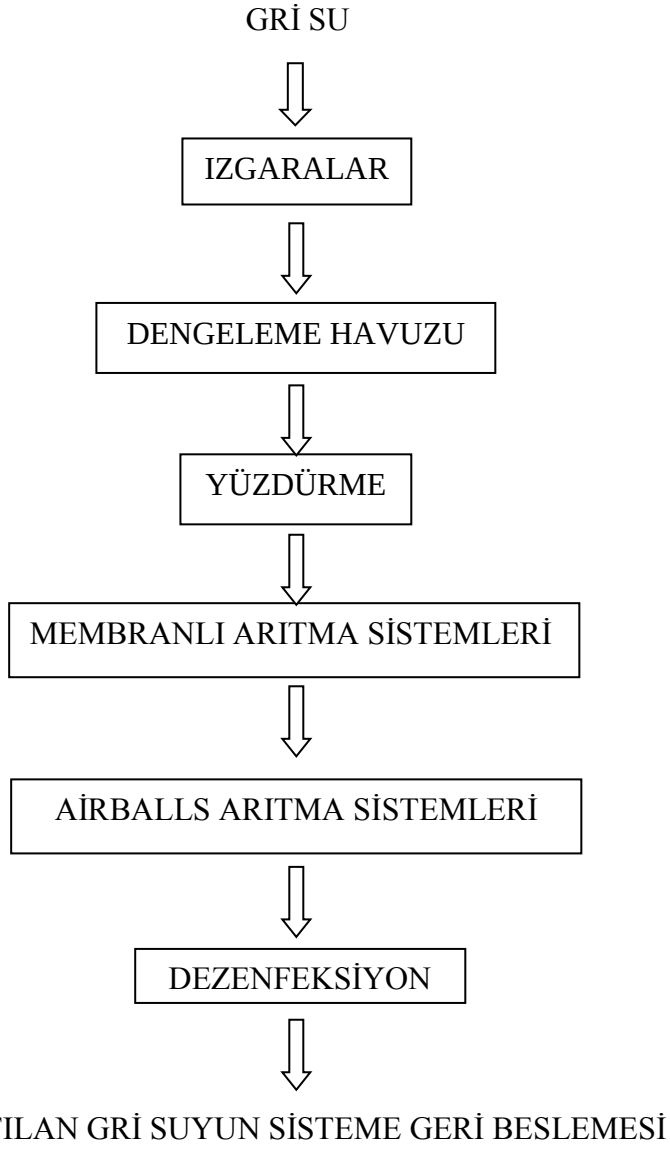
Gri su arıtma sistemlerinde kullanılan filtrasyon sistemleri aşırı yağlı sulara karşı hassas olduğu için mutfak eviyelerinden gelen atık suların ayrı olarak toplanıp, yağ ayırıcıdan geçirildikten sonra gri su arıtma sistemlerine bağlanması gereklidir. Gri su miktarı hesabını, önceki bölümde kullanım suyu hesabı olarak hesabında yapmıştı.

Normal tüketim= 11,9 m^3/gün

Gri su arıtma ile tasarruflu tüketim=2693 m^3/gün

Gri su arıtma sistemi dizayn kriterlerini hesaplarken aşağıdaki Gri su arıtma yöntemi akım şeması göz önünde alarak hesaplanmaktadır (Şekil 3.2).

1. Izgaralar,
2. Dengeleme havuzu,
3. Yüzdürme,
4. Membranlı Arıtma Sistemleri,
5. Airballs Arıtma Sistemleri,
6. Dezenfeksiyon,



Şekil 3.2. Gri su arıtma sistemi akım şeması

3.1.2.1. Izgaralar

Atıksu içindeki katı maddelerin pompa vb. tesisata zarar vermemesi için bu maddeleri sudan ayırmak, böylece diğer arıtma ünitelerine gelecek yükü hafifletmek amacı ile kullanılır. Kaba ızgaralar yatay ile 30-60° ince ızgaralar yatay ile 60-80° açı yapacak şekilde yerleştirilirler.

Çubuk aralığı, kaba ızgaralarda 4 cm' den büyük, ince ızgaralarda 1,5-3.0 cm arasında bulunur. Izgara-ya yaklaşan kanalda hız 0.5 m/sn den düşük olmamalı, ızgara çubuklan arasındaki hız 1.0 m/sn' yi aşmamalıdır. Izgaraların korozyona dayanıklı malzemeden yapılması gerekir. Temizleme yöntemlerine göre elle temizlenen veya mekanik olarak temizlenen ızgaralar olarak iki gruba ayrılır. Mekanik ızgaralar, düz veya dairesel tipte yapılabilir. Çalışma sistemleri manuel veya otomatik olarak devreye girip çıkma şeklindedir. Şekil-6'da ise ızgara ekipmanları ve genel ızgara görünümü gösterilmektedir. Mekanik olarak temizlenen ızgaralara ilişkin tipik dizayn bilgileri:

Çalışma yapılan alanda, maksimum debi Q= 11,9 m^3/gün 'dür. Bu alandaki ızgara yapısına ilişkin bilgiler aşağıdadır:

α) Hız kontrolü bir orantılı akım savağı ile yapılmaktadır. 9,5x50 mm2 boyutlu ızgara çubukları kullanılacağı düşünülmektedir. Çubuklar arasındaki serbest mesafe 25 mm olan n= 20 çubuklu ızgara seçiliyor. Izgaranın konulduğu yerdeki kanal genişliği

β) B=(n+l)x2,5+nx 0,95 = 21x2,5+20x0,95= 71,4 cm Serbest açıklık ise b=21 x2,5=52,5 cm bulunur. Izgara çubukları arasındaki su hızı 0,60 m/sn seçiliyor.

Kanaldaki Su Hızının Hesaplanması

Qh = V*A (3.1)

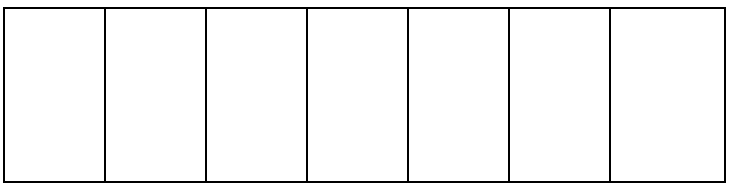
V = Qh/A = 0.12/ (0,6*0,2) = 1 m/sn

Vmin=0,5m/s < V < 3,5-7m/s

Izgaraların Boyutlandırılması

Projede ızgara çubukları arasındaki su hızı 1 m/s alınmıştır.

İnce Izgara Hesabı



Islak Alan = A = Q/V = 0.12/1 = 0.12 m^2

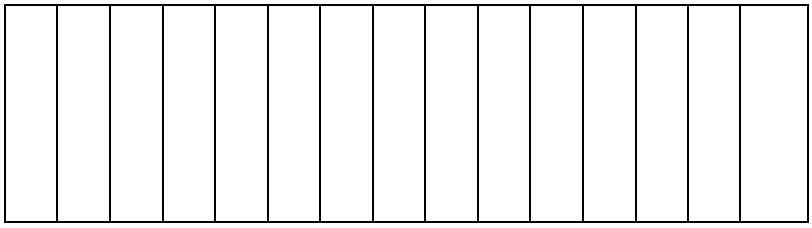
B: Izgara serbest genişliği

e: Izgara çubukları arasındaki mesafe

n: Izgara çubuk sayısı

B = A/h = (Q/V)* h = (0,12/1)* 0,20 = 0,6 m = 60cm (3.2)

İnce ızgaralarda çubuklar arasındaki mesafe (e) , 2-2,5 cm arasındadır. Projede 2,5 cm=25mm olarak alınmıştır.



B = (n+1)* e (3.3)

0,6 = (n+1)* 0,025

n = 23 adet çubuk gereklidir.

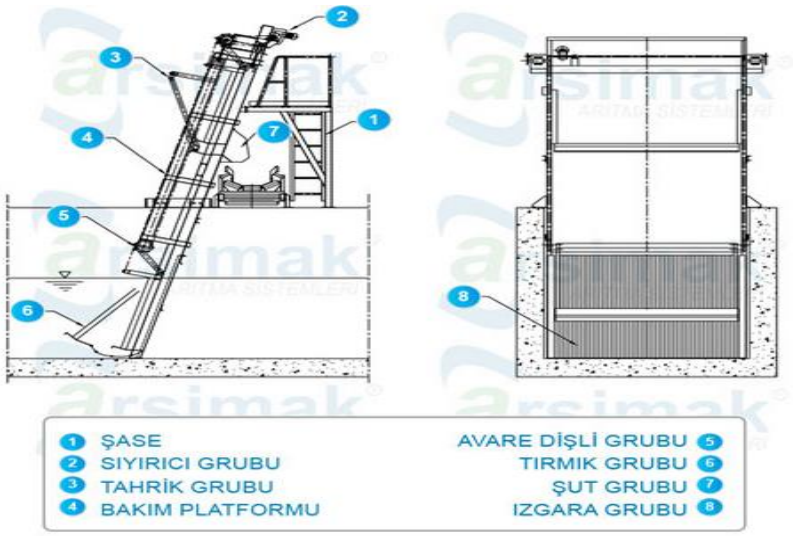
B^1:Izgaraların yerleştirildiği kanal genişliği

S: Izgara çubuk kalınlığı (5-15 mm arasında) seçilir. Projede 10 mm olarak alınmıştır.

B^1 = (n+1)* e + n*S = (24*0,025) +(23*0,010) (3.4)

B^1 = 0,83m

Izgaraların yatayla yaptığı açı; ince ızgaralar için 70^o, kaba ızgaralar için 45^o olarak seçilmiştir. Aşağıda ızgaraların teknolojik bakımdan tasarım hali Şekil 3.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Izgara genel görünüm ve ekipmanları

3.1.2.2. Dengeleme

Atıksu arıtma tesislerinde debi salınımlarını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Biyolojik arıtma sistemlerinde organik yük salınımlarını ve debinin tesisi sürekli besleyemediği durumlarda; kimyasal arıtma sistemlerinde ise debi salınımlarının yanı sıra pH kontrolünün ve kimyasal madde beslenmesi kontrol edilmesi bakımından dengeleme gereklidir. Dengeleme havuzunda karıştırma ve havalandırma işlemi yapılmak suretiyle atıksuyun homojen olarak tesise iletilmesi sağlandığı gibi, organik yük bakımından da bir giderim elde edilebilir. Karışım işlemi için türbin tip karıştırıcılar, difüzör veya mekanik havalandırma sistemleri kullanılır. Arıtma tesisine verilecek debiyi kontrol etmek amacı ile havuz çıkışına debi ölçüm cihazı konur. Çizelge 3.1.'de Dengeleme havuz tankı genel kriterlerini açıklamaktadır. Şekil 3.4.'de ise dengeleme havuzu genel görünümü gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Dengele Havuzu Kriterleri

Tanıtım	Birim	Kriter
Tank Hacmi	m^3	Pik debi için 1,5 saatlik bir bekleme süresi
Karıştırma için enerji ihtiyacı	W/m^3 atıksu	5-5
Havalandırma	m^3 hava /saat/m^3 atıksu	1



Şekil 3.4. Dengeleme Havuzu

3.1.2.3. Yüzdürme

Atıksuda bulunan yağ ve gresin sudan ayrılması amacıyla kullanılır. Yüzdürme işlemi, basit yağ tutucular, çözünmüş hava yüzdürmesi, dispers hava yüzdürmesi veya vakum yüzdürmesi yöntemleriyle yapılır. Basit yağ tutuculardа atıksuyun uygun sürelerde bekletilmesiyle, sudan daha küçük yoğunluğa sahip partikül-lerin yoğunluk farkına bağlı olarak yüzeyde toplanması sağlanır. Üst tabakalarda biriken yağların zaman sıyrılarak uzaklaştırılması gerekir. Diğer sistemlerde atıksu içine hava kabarcıklarının yollanarak, askıda kalan partiküllerin kabarcık yüzeyine yapışması sonucu yoğunlukları azaltılarak su toplanması sağlanır.

Suda yüzdürme amaçlı kullanılan hava kabarcıkları;

a) Çözünmüş hava yüzdürmesinde, havanın basınç allında sıvı içinde çözünmesi ve daha sonra basıncın kaldırılması ile,
b) Dispers hava yüzdürmesinde atmosferik şartlarda havanın basınçla su içine enjekte edilmesi ile,
c) Vakum yüzdürmesinde atmosferik şartlarda sıvının havaya doygun hale getirilmesi ve daha sonra vakum yaratılması ile elde edilir.

Bu sistemlerde yağların sıyrılması işlemi, mekanik olarak yapılır. Sıyırma işlemi için motor, redüktör, zincirler, ve sıyırma elemanları kullanılır. Çözünmüş hava yüzdürmesinin önemli ekipmanları: hava kompresörleri, yüksek basınçlı pompa, basınç tankı, basınç düşürme sistemi, mekanik karıştırıcılar.

3.1.2.4. Membranlı arıtma sistemleri

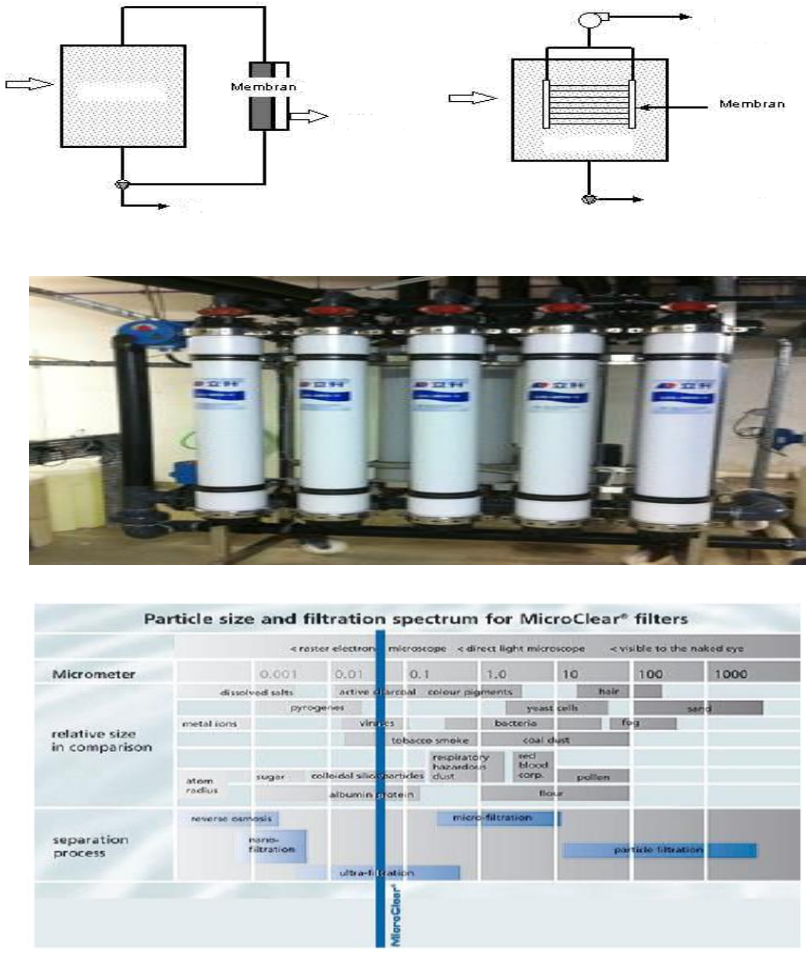
Günümüzde teknolojik olarak gelinen noktada, membran ile arıtma teknolojisi sıvı atık arıtmasında pahalı ancak iyi kalitede filtrasyon olanağı sunan bir yöntemdir. Membran teknolojili gri su arıtma sistemleri, ön arıtma olarak bir biyolojik arıtma periyodunun ardından suyun içindeki katı partiküllerin tutulmasını sağlama amacıyla

kullanılır. Membran filtrasyon metodunda kullanılan membran filtrenin geçirgenlik büyüklüğü 0,00005 mm'dir. Bu sayede bakterilerin % 99,999 u filtrelerde tutulur.

Membran biyoreaktörler (MBR), klasik aktif çamur sistemlerinin geliştirilmiş şekli olup, biyolojik reaktörler ile membran teknolojisinin birleştirilmiş halidir. Biyolojik arıtmadan sonra, çöktürme havuzu yerine ultrafiltrasyon (UF) veya mikrofiltrasyon (MF) membranları kullanılarak, katı/sıvı ayırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Membran biyoreaktörlerde elde edilen süzüntü suyu, askıdaki maddeler, bakteri ve virüslerden arındırılmış, geri kullanılabilecek mertebede temiz sulardır. Membran biyoreaktörlerin iki değişik tertip tarzı vardır. Bunlardan birincisinde, ayrışma ve ayırma işlemi aynı tankda, ikincisinde ise ayrı tanklarda gerçekleşmektedir. Şekil 3.5.'de görüldüğü üzere, iki işlemin aynı tankda gerçekleştiği birleşik sistemde, plaka ve çerçeve veya boşluklu elyaf membranlar kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, süzüntü akımı vakum ile çekilmektedir. Ayrık sistemde, tübular, spiral sargılı veya boşluklu elyaf membranlar kullanılmaktadır. Biyolojik sistemden çıkan atıksu bir pompa ile membranlara gönderilmektedir. Membranda akım ikiye ayrılmakta, süzüntü kısım uzaklaştırılmakta, konsantre akımı ise biyolojik reaktöre geri devir ettirilmektedir. Evsel atıksuların arıtımında son yıllarda, birleşik sistem MBR sistemleri yaygın hale gelmiştir. Ayrık sistem ise daha çok endüstriyel atıksuların arıtımında kullanılabilmektedir.

MBR'ler özellikle debisi az olan, otel ve tatil köyü gibi yerleşim yerleri için çok uygun bir sistemdir. Evsel atıksuların geri kazanılmasında yaygın kullanımı söz konusu olduğu gibi endüstriyel atıksuların arıtılmasında da birçok alanda kullanılmaktadır. Son zamanlarda büyük kapasiteli tesislerde de kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 3.5.'de Membran biyoreaktörlerde uygulanan değişik tertip tarzları gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Membran biyoreaktörlerde uygulanan değişik tertip tarzları

Membran filtrasyon metoduyla çalışan gri su arıtma sistemlerinden çıkan arıtılmış suyun kimyasal değerleri aşağıdaki gibidir:

- BSB5 24 saatlik homojenize olmuş numunede 15 mg/L den az
- Anlık homojenize olmuş numunede 20 mg/L den az
- CSB 24 saatlik homojenize olmuş numunede 75 mg/L den az
- Anlık homojenize olmuş numunede 90 mg/L den az
- NH_4-N 24 saatlik filtre çıkışından alınan 12^oC dan yüksek sıcaklıkta 10 mg/L den az N anorganik

- 24 saatlik filtre çıkışından alınan 12ºC dan yüksek sıcaklıkta 25 mg/L den az
- Kolibasili 1000 mL lik örnekte tespit edilmeyecek kadar az
- AFS Bir numune probunda 50 mg dan az

Yukarıda belirtilen oranlara haiz arıtılmış su, Avrupa Birliği'nin EU76/160/EEC (normuyla belirlenmiş olan, rezervuarlara bağlanacak su kalitesini belirten yönetmeliğine uygundur.

Evsel uygulamalar için Çizelge 3.2.'de kişi sayısına arıtılan su miktarı görülmekte olup, ürün profilinde 5 kişilik ev modelinden 750 kişilik bir siteye kadar modüler imkanlar sağlamaktadır.

Çizelge 3.2. Kişi sayısına göre arıtılabilen su miktarı

Model	Kapasite	Yaklaşık kişi olarak karşılığı
GL-OZ-200	200 L/gün	5 kişi
GL-OZ-500	500 L/gün	15 kişi
GL-OZ-1000	1000 L/gün	30 kişi
GL-OZ-2500	2500 L/gün	75 kişi
GL-OZ-5000	5000 L/gün	150 kişi
GL-OZ-7500	7500 L/gün	225 kişi
GL-OZ-0000	10000 L/gün	300 kişi
GL-OZ-5000	15000 L/gün	450 kişi
GL-OZ-20000	20000 L/gün	600 kişi
GL-OZ-25000	25000 L/gün	750 kişi

Not: Su kullanımı bölgesel ve kültürel olarak değişimler gösterir.

3.1.2.5. Airballs arıtma sistemleri

Ülkemizde çeşitli firmaların geliştirmiş olduğu alternatif ve ucuz bir gri su arıtma yöntemidir. Sistemde membran filtreler kullanılmaması sebebiyle, daha ucuz ancak daha az hassasiyette filtrasyon sonuçları elde edilir. Elde edilen düşük

hassasiyetli filtrasyon oranları sonucunda, arıtılan su Şekil 3.6.'da da içeriği gösterildiği üzere sadece bahçe sulama ve dış mahal temizlik işlerinde kullanılabilir.



Şekil 3.6. Airballs Arıtma Sistemleri

3.1.2.6. Dezenfeksiyon

Dezenfeksiyonla, hücre duvarının parçalanması, hücre geçirgenliğinin bozulması, hücre protoplazmasının kolloid yapısının bozulması ve enzim aktivitesinin inhibisyonu yoluyla mikroorganizmalar inaktif hale getirilmektedir. Dezenfeksiyona etki eden faktörler, temas süresi, dezenfektan konsantrasyonu, su içerisinde bulunan diğer bileşiklerin miktarı ve tipi, sıcaklık, mikroorganizma tipi ve

suyun diğer özellikleridir. Sıcaklık arttıkça dezenfeksiyon hızı artmakta ve aynı dezenfeksiyon verimini almak için gerekli temas süresi azalmaktadır.

Klorlamada temas süresi olarak ortalama debilerde 30-120 dakika, pik debilerde 20-60 dakika alınmalıdır. En az 2 adet klor tankı yapılmalıdır. Klor temas tankında katı maddelerin çökelmesinin önlenebilmesi için yatay akış hızı 2-4.5 m/dk olmalıdır. Reaktör içerisine şaşırtma duvarları ve perdeler ilave edilmesi durumunda perdeler üzerindeki açıklıkların toplam alanı, akımın geçtiği kesit alanının % 6-10'u arasında değişmelidir.

Ozon, arıtma tesisinde ozon jeneratörleri ile üretilir ve temas tankları vasıtasıyla atıksuya karıştırılır. Ozon reaktöre boru hattı üzerine döşenen statik karıştırıcılarla transfer edilir. Doğru tasarlanmış bir difüzörde ozon transfer verimi % 90'dır.

Elektromanyetik enerji, UV lambasından hücrelerin protein ve nükleik asitlerine (RNA-DNA) transfer edilir. UV ışını, organizma tarafından adsorbe edilir. Organizmaya adsorbe olan UV ışını, yansıma ile ölçülür. UV ışınının en önemli hedefi, DNA molekülüdür. DNA tarafından emilen ışığın hasar derecesi, UV ışınının dalga boyu ile ilgili olup en çok etki, 250-265 nm dalga boylarındadır. Bunun en elverişli değeri 254 nm dalga boyudur. UV lambaları, atıksu ile temas eden ve etmeyen şekilde iki türdedir.

Klorlama, ozonlama ve UV ile dezenfeksiyonun, arıtılmış atıksuda bulunan bakteri, protozoa ve virüslere olan etkisi Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Çizelge 3.4.'de ise her bir dezenfektanın arıtılmış atıksu dezenfeksiyonundaki üstün ve zayıf yönleri verilmiştir (Kitiş, 2011).

Çizelge 3.3. Klorlama, ozonlama ve UV ile dezenfeksiyonun, bakteri, protozoa ve virüslere olan etkisi

Mikroorganizma tipi	**Klorlama**	**Ozonlama**	**UV**
Bakteri	Çok etkili	Çok etkili	Etkili
Protozoa	Etkisiz-az etkili	Etkili	Çok etkili
Virüs	Çok etkili	Çok etkili	Etkili

Çizelge 3.4. Klorlama, Ozonlama ve UV 'nin atıksu dezenfeksiyonundaki üstün ve zayıf yönleri

Üstünlükleri	**Zayıf yönleri**
Klorlama	
-Etkili bir dezenfektandır. -Çok iyi bilinen bir teknolojidir. -Bakiye klor kullanılabilir. -İlk yatırımı ucuzdur. -Klor gazından daha emniyetli olan kalsiyum ve sodyum hipoklorit kullanılabilir.	-Tehlikeli bir kimyasaldır. -Diğer dezenfektantlara göre daha uzun temas süresi gerekir. -Dezenfeksiyon yan ürünü oluşur. -Atıksuyun TDS seviyesini bir miktar artırır. -Cryprosporidium üzerinde etkili değildir. -Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve cysts türleri üzerinde etkili değildir.
Ozonlama	
-Etkili bir dezenfektandır. -Bazı virüs, spor, cysts ve oocysts türleri üzerinde klora göre daha etkilidir. -Klora göre daha kısa temas süresi gerekir. -Daha az alan kaplar. -Çözünmüş oksijeni artırır. -Eser organik maddelerin konsantrasyonunun azaltılması için kullanılabilir	-Bakiye ozonun uzaklaştırılması gerekmektedir. -Bakiye ozon etkisi yoktur. -Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve cysts türleri üzerinde etkili değildir. -Korozif ve toksiktir. -İlk yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir.
UV	
-Etkili bir dezenfektandır. -Kimyasal madde kullanılmamaktadır. -Bazı virüs, spor, cysts ve oocysts türleri üzerinde klora göre daha etkilidir. -Dezenfeksiyon yan ürün oluşumu yoktur. -TDS seviyesini artırmaz. -Güvenlidir. -Klorlamaya göre daha az alan kaplar.	-Bakiye etkisi yoktur. -Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve cysts türleri üzerinde etkili değildir. -Hidrolik tasarım önemlidir. -İlk yatırım maliyeti yüksektir. -UV lambalarının yüzeyi zamanla kapanabilir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Gri su ve yağmur suyunun geri kazanılması için örnek uygulamalar

Yapılan çalışmalarda TSK bünyesinde bulunan Kütahya Er Eğitim Tugay Komutanlığı örnek proje çalışması olarak alınarak, gri suyun verimi noktasında ne denli yararlı olacağını göstermektedir. Son yıllarda gündeme gelen konulardan evsel atık su bir kirletici değil yeniden değerlendirilerek kullanılabilecek bir kaynak haline gelmiştir. Buna göre, evsel atık suların kaynağında, suyun kirlilik seviyelerine göre ayrılarak toplanması ve her bir ayrılan kısmın özelliklerine uygun bir dizi işlemden geçirilerek tekrar kullanımda değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Tuvalet haricindeki sulardan oluşan ve en çok organik madde yönünden zengin olan gri su, bu su çeşitlerinden en az kirletici özelliğe sahiptir ve bu akımın gerekli arıtımdan sonra sulama ve yeraltı suyu beslemesi gibi yollarla su döngüsüne geri verilmesi önerilmektedir (Karahan, 2010).

3.2.1.1. Tasarıma esas nüfus

Gri su arıtım sisteminin inşa edileceği Kütahya Er Eğitim Tugayında açığa çıkan gri su miktarı, nüfusa ve nüfus başına düşen atıksu debisine bağlı olup, bu yüzden tesis tasarımına esas nüfusun, tasarım dönemindeki değişiminin hesabı gerekmektedir. Hassas bir nüfus tahmini oldukça güçtür. Ancak zira yıl içerisinde, 4 dönem olan askerlik dönemi gelen asker sayısında oldukça farklılıklar vardır. TSK bünyesindeki herhangi askeri birliğin bahse konu gri su arıtımı için gerekli olan; su kaynakları temini, vergi ve teşvik mekanizmaları, göç eğilimleri, kamulaştırma vb. gibi faktörler TSK'nın dışındaki etkenler olduğu için gri su arıtma sistemini etkilememektedir.

Gri su arıtma tesisinin nüfusa dayalı hesabına göre tasarlanacak kriterler aşağıda sıralanmıştır.

- Yılın 4 dönemi tasarıma esas nüfusa katılacak asker katılış yapıyor. Her dönemde ise ortalama 125 asker, genel toplamda ise 500 asker yıl içerisinde mevcut asker nüfusunu oluşturuyor.

- Her yıl askeri personelin tayin dönemi olduğu için boş kadrolar olmayıp, tayin ile boşalan kadrolara yeni personel gelmektedir. Bu yüzden personel sayısında herhangi bir dalgalanma olmamaktadır.

- Toplam kadro olarak Ana Karargâh binasında 70 personel, sahada çalışan yani sabit olarak birlikte bulunmayan personeli bu hesaplamaya katılmıyor. Bu nüfus hesabı sadece Ana Karargâh Personeli ile yani toplam 70 askeri personel üzerinden hesap yapılmaktadır.

Tasarıma Esas Nüfus: (500 asker + 70 askeri personel) olarak belirlenmektedir.

3.2.1.2. Gri su miktarı ve debi hesabı

Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde bulunan personel ve askerin ortak kullanım alanında kullanılan suyun miktarı, tamamıyla tüketicinin alışkanlıklarına ve yaşadığı ortama bağlı olarak farklılık gösterir. Kütahya Er Eğitim Tugayında tüketilen su miktarı, diğer tüm birliklerdeki askerlerin sayısı fazla olduğu için fazladır. Aynı şekilde çalışan personelin Ana Karargâh binalarındaki su tüketim oranı ile müstakil bölüklerdekiler farklılık gösterir. Türkiye'de genel olarak konutlarda ihtiyaç duyulan su miktarı ortalama 129 L/(kişi*gün)dür. Bu miktar kullanım yerinin durumuna ve kullanıcıların alışkınlıklarına göre farklılık gösterir. Karargâh binasında kurulan gri su geri kazanım sistemi 10 m^3/gün*kişi çalışma kapasitesine çıkabiliyor.

Binalarda kullanılan fotoselli lavabo bataryaları özel üretim su tasarrufu sağlayan akış perlatörlüdür, normal fotoselli bataryalar yaklaşık 10 L/dk su akıtırken, bizim kullandığımız fotoselli bataryalar 1,9 L/dk su akıtarak 5 katından su tasarrufu sağlar.

- 70 Personel*10 L/dk*1dk*3 kez lavabo kullanım=2100 litre/gün (Normal)
- 70 Personel*1,9 L/dk*1dk*3 kez lavabo kullanım=399 litre/gün (Tasarruf)
- 500 Asker*10 L/dk*1 dk*1 kez lavabo kullanım=5000 litre/gün (Normal)

- 500 Asker*1,9 L/dk*1 dk*1 kez lavabo kullanım=950 litre/gün (Tasarruf)

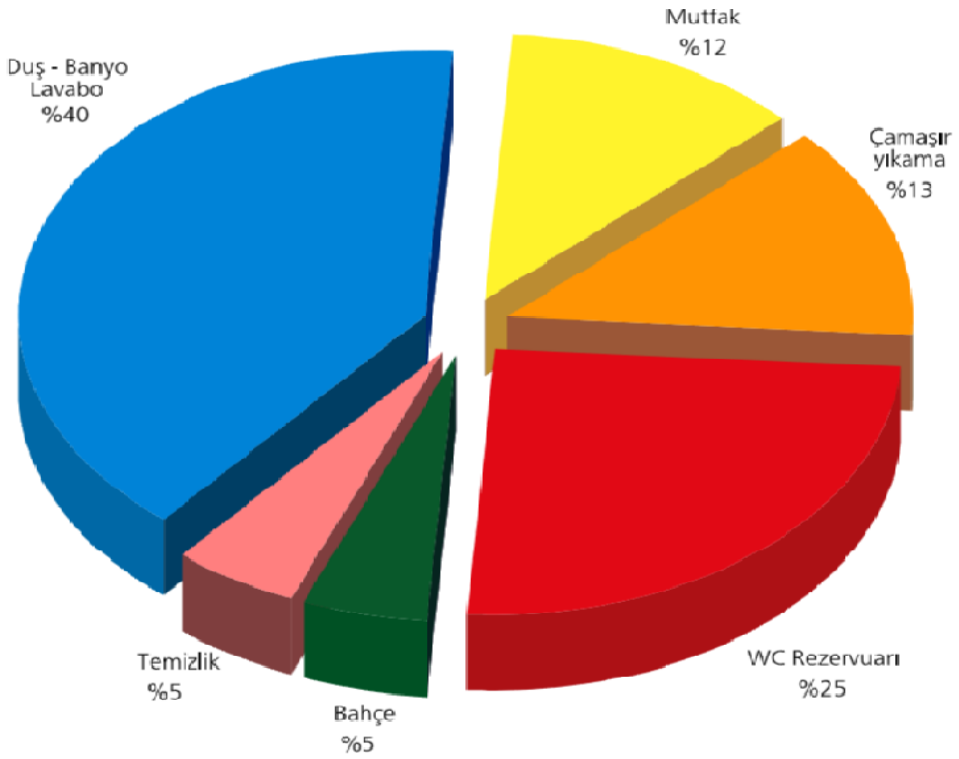
Karargâh binasında kullanılan eviye bataryaları özel üretim su tasarrufu sağlayan akış perlatörlüdür, normal eviye bataryalar yaklaşık 20 L/dk su akıtırken, bizim kullandığımız eviye bataryaları 5,6 L/dk su akıtarak 4 katı su tasarrufu sağlar.

- 20 L/dk*20dk*4 adet*3kez eviye kullanım=4800 litre/gün
- 5,6 L/dk*20dk*4 adet*3kez eviye kullanım=1344 litre/gün

Normal tüketim=11900 litre/gün=11,9 m^3 /gün
Gri su arıtma ile tasarruflu tüketim=2,693 m^3/gün
Verim = gri su arıtma ile tasarruflu tüketim/ Normal tüketim*100= % 22,64

Toplamda; günlük 2693 litre/gün, yılda ise 982,945 m^3 (yaklaşık 1000 ton) su gri su arıtma sistemi ile geri dönüştürülmüş olur.

Genel olarak evlerde kullanılan su tüketim oranları Şekil 3.7.'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Günlük evsel su tüketim oranları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Yağmur suyunun geri kazanılması

Ülkemiz insanının kaybettiği kültürlerden biri yağmur suyu sarnıçlarıdır. Anadolu evlerinin yapılırken vazgeçilmez unsurlarından biri, yağmur suyu sarnıçları idi. Ancak ilerleyen yıllar ve geliştiği düşünülen kültürel yapı, yağmur suyu sarnıçlarının kaybolmasına sebep oldu.

Mevcut durumda ülkemizde yağmur suyu toplama ve geri kazanım oranları son derece azdır. Oysa yağmur suyu geri kazanılması en ucuz ve toplanması en kolay tatlı su kaynağıdır. Ülkemizin mevcut kirlilik durumu göz önüne alındığında, ülkemizde çeşitli firmaların geliştirdiği Biovitor teknolojisi ile filtrelenen yağmur suyu, her türlü yıkama ve temizlik ihtiyaçlarında kullanılabilir (Şahin, 2011).

Yağmur suyundan içme suyu yapmak daha yüksek maliyetli bir sistemle başarılabilir. Ancak bu tip sistemler maliyetleri göz önüne alındığı için daha kompakt boyutlarda dizayn edilmiştir. Alman menşeli Greenlife GmbH ile beraber uygulamasını yaptığı RainSafe paket sistemler, yağmur suyundan içme suyu sağlanmasında kullanılır.

Ülkemizde kişi başına düşen su miktarı 1.500 m^3 / yıldır. 20 yıl içinde nüfusumuzun 87 milyona çıkacağı düşünülürse bu rakamın 1.042 m^3 / yıl'a düşeceği ve su fakiri ülkeler arasına katılacağımız öngörülmektedir. Suyun bu denli önem arz ettiği günümüzde düşen yağmur sularının sadece %30'unun yer altı sularına katıldığı ve faydalanılamayan yağmur suyu miktarının çok büyük olduğu, son derece çarpıcı bir gerçektir. Su fiyatlarının da suyun önemi doğrultusunda artış gösterdiği düşünülecek olursa, yağmur suyunun toplanıp depolanması ve değerlendirilmesi hem çevre ve su kaynakları bakımından hem de ekonomik kazanım açısından fevkalade etkin yöntemdir (İnovasyon ve Teknoloji Merkezi, 2010).

Yağmur suyu arıtma sistemi, sistem kapasitesi 10 m^3/saat olup, sistem klor dozaj üniteleri, kum filtreleri, aktif karbon filtreleri ve yumuşatma sisteminden oluşmaktadır. Sistemdeki arıtma teknolojisi ile arıtılan su şehir şebeke suyu standartlarının da üstüne çıkmaktadır.

Askeri birliklerde genel bina çatılarında tasarrufa gitmek Türkiye'nin genel su sıkıntılarına bir nebze de olsa katkı sağlamayı hedef bilerek başlatılması gereken bir sistem olması gerekmektedir. Bu sebeple gri su sistemi dışında yağmur suyu arıtma sistemi tasarruf planı hesabına katılarak Çizelge 4.1.'de yıl bazında Ankara ilinde yağmur suyu birikim hesabı yapılmıştır.

Karargâh binasında çatı alanı 1000 m^2 olup Ankara ilinin yağış rejimi düşünüldüğünde yılda ortalama 400, 500 L (yaklaşık 400,5 ton) yağmur suyu arıtılıp, kullanım suyu olarak geri kazanılmaktadır.

Çizelge 4.1. Yağmur suyu depolama hesabı

YAĞMUR SUYU DEPOLAMA HESABI			
Toplanabilir Yağmur Hacmi			
	ANKARA İLİ YAĞMUR MİKTARI	TOPLAM ÇATI ALANI (M2)	TOPLANABİLİR YAĞMUR HACMİ(LİTRE)
OCAK	41.9 lt/m^2	1000	41900
ŞUBAT	36.6 lt/m^2	1000	36600
MART	39.5 lt/m^2	1000	39500
NİSAN	46.8 lt/m^2	1000	46800
MAYIS	51.8 lt/m^2	1000	51800
HAZİRAN	35.2 lt/m^2	1000	35200
TEMMUZ	14.4 lt/m^2	1000	14400
AĞUSTOS	10.7 lt/m^2	1000	10700
EYLÜL	18.9 lt/m^2	1000	18900
EKİM	28.9 lt/m^2	1000	28900
KASIM	32.1 lt/m^2	1000	32100
ARALIK	43.7 lt/m^2	1000	43700
TOPLAM (LİTRE)			400500

Eski dönemlerde özellikle su sıkıntısının hissedildiği bölgelerde yaygın olarak görülen sarnıç sistemleri ile yağmur suyu toplanılarak kullanılmaktaydı. Günümüzde de, su probleminin yaşandığı kurak bölgelerde toplam su tüketiminde büyük bir orana sahip olan bahçe sulamasında, yağmur suyu kullanımı su tüketimini büyük

oranda düşürmektedir. Bu tip kullanımlar için sarnıç uygulaması oldukça etkin bir yöntem olmaktadır. Sarnıç uygulamaları özellikle yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının kısıtlı olduğu, buna karşın yeterli yağışın bulunduğu yerler ve merkezi su temini altyapısı bulunmayan yerleşimler için ideal çözüm olarak sunulmaktadırlar (Şahin, 2011).

Sarnıçların kullanılabileceği yerler arasında kırsal alanlar, kıyı bölgeleri, kurak, yarı kurak alanlar, adalar ve dağınık yerleşimler yer almaktadır. Tipik bir sarnıç sistemi dört bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Yağmur suyunun binaların çatılarından veya zeminden toplanması,
- Oluk sistemi ile iletiminin sağlanması,
- Yağmur suyu deposunda biriktirilmesi,
- Arıtılarak bina içine iletilmesidir.

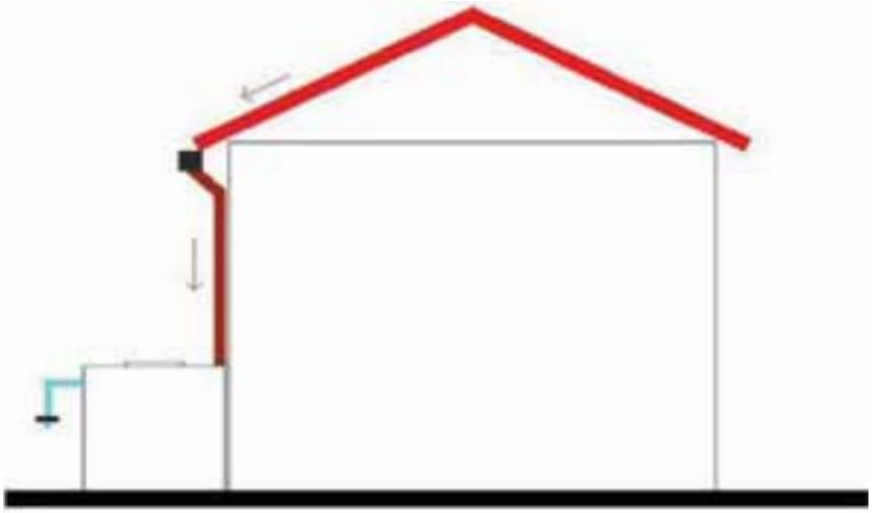
Şehir, kasaba ve köylerin su ihtiyacı yağış, yerüstü ve yer altı sularından temin edilmektedir. Yağmur suları sarnıç adı verilen depolarda toplanmaktadırlar. Sarnıçlar genellikle yere gömülü olarak ve su sızdırmayacak biçimde yapılırlar. Çatı, teras ve temiz beton avlulardan toplanan sular sarnıca verilmektedirler. Sarnıca verilen yağmur suyunun kumdan süzülmesi gerekmekte olup bu amaçla silis kumu kullanılmaktadır. 1/3 kadar çakıl üst tarafı ince bir kumdan meydana getirilmiş yaklaşık olarak 1 m yüksekliğinde bir kum süzgeci iyi sonuç vermektedir.

4.1.1. Yağmur suyunun bina dışında kullanılması

Binalarda kullanım ihtiyacına göre suyun niteliği, içme ve kullanma suyu (içme suyu kalitesinde olmayan su) olarak ikiye ayrılmaktadır. Kullanım suyu ihtiyacının olduğu alanlar, ev temizliği, yangın söndürme, çamaşır yıkama, bahçe sulama, havuz doldurma, tuvalet yıkama, araç yıkama, soğutma kuleleri ve endüstriyel işlemlerin gerçekleştirildiği alanlardır. İçme suyu ihtiyacının olduğu alanlar ise, yemek pişirme, banyo-duş, bulaşık yıkamadır.

Yağmur suyu bina içinde ya da bina dışında kullanım suyu amaçlı olarak kullanılabilmektedir. Basit bir yağmur suyu deposu ile araba yıkama, yüzme havuzu ya da süs havuzunu doldurma, ek boru tesisatı ile bahçe sulama, tuvalet rezervuarlarında kullanım, suyun kalitesi için yapılan dikkatli kontroller ve arıtma ile çamaşır makinaları ile duş ve banyolarda kullanım işlemleri gerçekleşmektedir Yağmur suyu bina dışında; bahçe sulama, araç yıkama ve süs havuzlarını doldurma, bina içerisinde ise çamaşır makinaları ve tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır.

Konutlarda, kullanma suyu miktarı evsel kullanım miktarının % 78'ini oluşturmaktadır. Bu oranın % 59'u konut dışında bahçe sulamasında, % 19'luk kısmı ise konut içerisinde kullanılmaktadır. Konut içerisinde tesisat maliyeti, yağmur suyunun konut dışında kullanılmasını daha uygun duruma getirmektedir. Bu nedenle yağmur suyunun basit bir şekilde toplanılarak bahçe sulamasında kullanılması daha yaygındır (Şahin, 2011). Çatı yüzeyinden toplanan yağmur suyu oluklardaki filtreden geçerek yağmur suyu deposunda toplanmaktadır. Yağmur suyu buradan dalgıç pompa ile depo dışına, bahçeye verilmektedir. (Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. Yağmur suyunun bahçe sulamasında kullanılması

4.1.2. Yağmur suyunun bina içerisinde kullanılması

Yağmur suyu konutlarda kullanım suyu olarak kimyasal dezenfeksiyondan geçmeden tuvalet rezervuarlarında ve çamaşır makinalarında kullanılabilmektedir.

Ancak toplanılan yağmur suyu istenilen kalitede değil ise çamaşır makinasında kullanımı renk ve koku gibi sebeplerden ötürü istenmeyen sorunlara yol açabilmektedir.

Konut içerisinde;

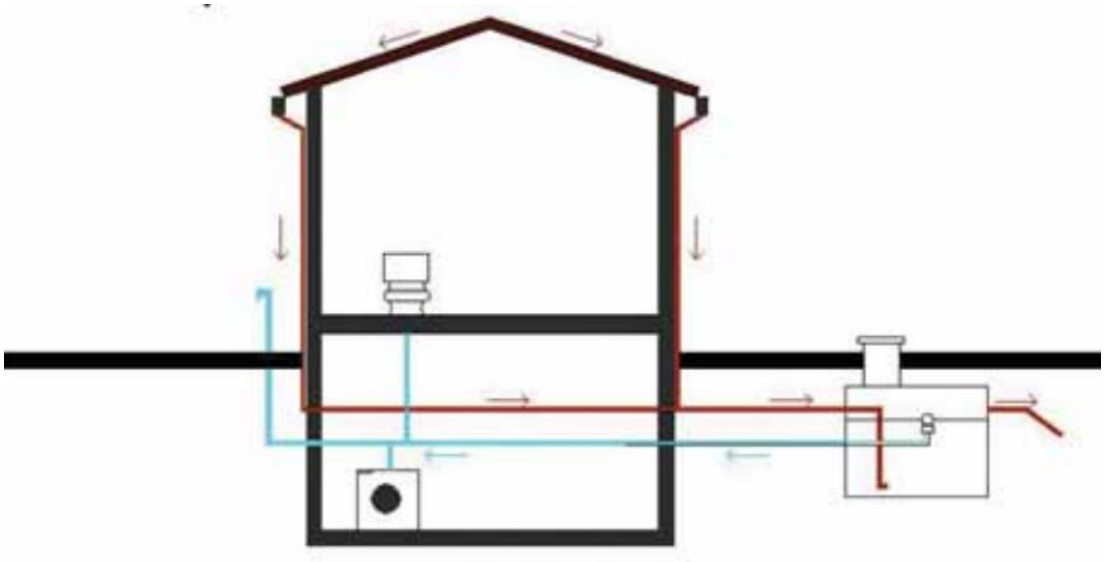
• Yağmur suyu döşeminin kullanıldığı sistemler (tek döşem),

• Şebeke döşeminin yağmur suyu döşemini beslediği sistemler,

• Yağmur suyu döşemi ile şebeke döşeminin birbirinden bağımsız olarak kullanıldığı sistemler (çift döşem) şeklinde farklı uygulama seçenekleri bulunmaktadır.

• Yağmur suyu döşeminin kullanıldığı sistemler (tek döşem):

Konut içerisinde basit bir yağmur suyu toplama sisteminde, çatıdan toplanan yağmur suyu, büyük parçaları tutan filtreden geçirildikten sonra yağmur suyu deposuna gelmektedir. Yağmur suyu deposundan ise çamaşır makinası ya da tuvalet rezervuarı gibi konut içerisinde ihtiyaç duyulan alanlara pompalanmaktadır (Şekil 4.2.). Bu sistemde sistemin ilk kurulum maliyeti dışında toplanılan yağmur suyuna ücret ödenmemektedir. Ancak yağmur suyunun az olduğu dönemlerde ya da yağmur suyu toplama sisteminde herhangi bir sorun çıktığında binada oluşacak su kesintisi bu sistemin dezavantajıdır (Şahin, 2011).



Şekil 4.2. Yağmur suyu döşeminin kullanıldığı tek döşeme

4.1.3. Binalarda yağmur suyunun kullanılmasına ilişkin Dünya'daki ve Türkiye'deki yasalar, yönetmelikler, teşvikler

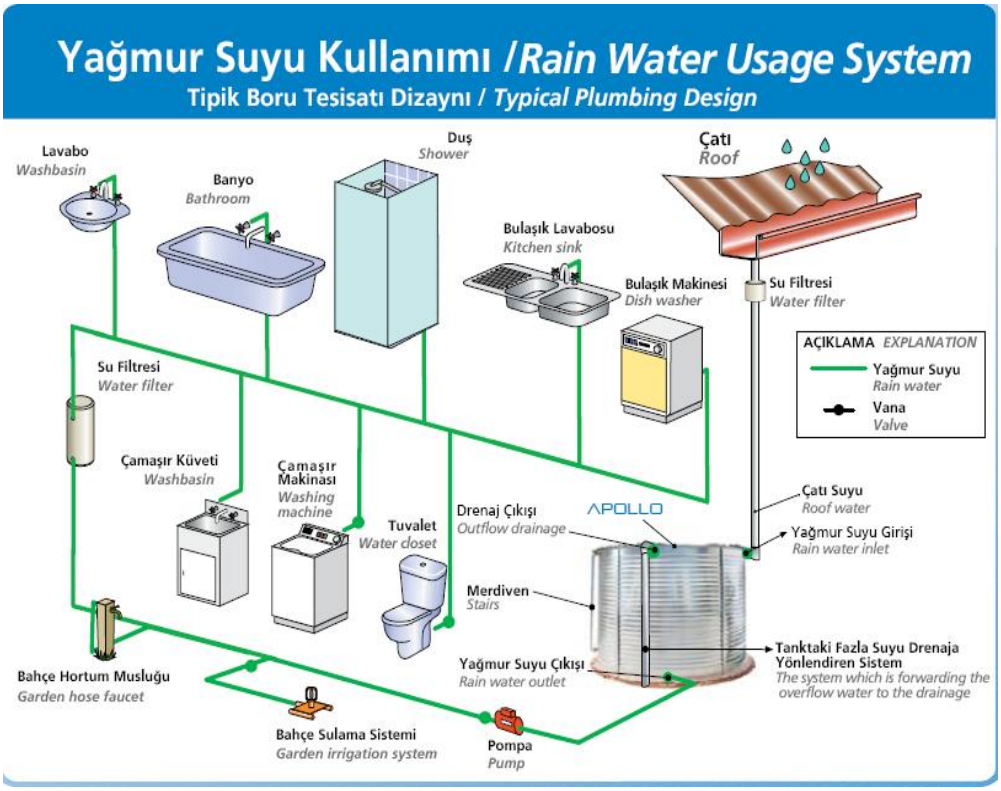
Binalarda suyun korunumu konusunda, ülkemize oranla daha fazla suya sahip olan Avrupa Ülkeleri'nde uzun zaman önce önlemler alınmaya ve yeni teknolojiler geliştirilmeye başlanmıştır. "Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri" ve bu sertifikaya sahip binaların her geçen gün artması da bunun en somut örneğidir. Su tüketiminin azaltılması konusunda gelişen teknolojiler ile birlikte her ülke, yönetmelik, standart ya da bilimsel nitelikteki kılavuzlar ile bu teknolojilerin kullanım şeklini belirlemiş ve kullanımının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Çizelge 4.2.'de Farklı ülkelerde, yağmur suyu kullanımına ilişkin esaslar standart, yönetmelik ya da ajanslar tarafından belirlenen kılavuzlarda farklı şekillerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Yağmur suyu kullanımına yönelik yasa ve yönetmelikler

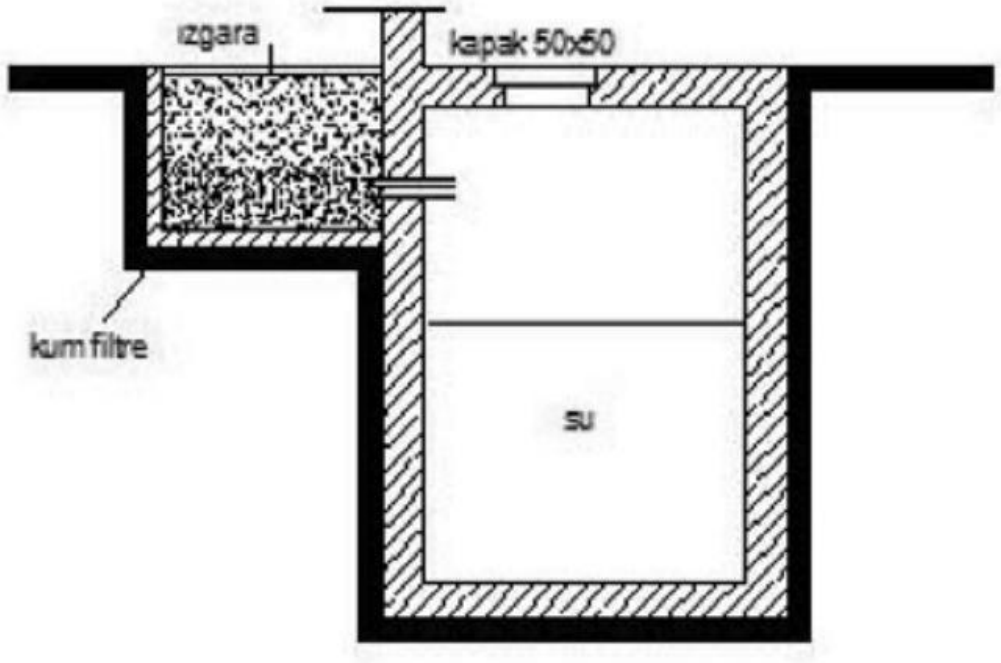
	YASA VE YONETMELIK	TEŞVIK
AVUSTRALYA	Sydney ve New South Wales'te BASIX (Building And Sustainability Indim) bina yönetmeliğine göre yağmur suyu deposunun konut dışında ya da konut içerisinde (tuvalet veya çamaşır makinaları) Kullanılarak su tüketiminin azaltılması gerekmektedir.	"National Rainwater and Greywater Initiati ve programı kapsamında Ocak 2009' dan itibaren her aileye, evlerinde kullanacağı yağmur suyu deposu ya da gri su arıtması için 500 dolara varan devlet teşviki sağlamaktadır.Teşvikler;2,000-3,999 litrelik yağmur tankları için 400 dolar, 4,000 litre ya da daha büyük tanklar için 500 dolar, kalıcı olarak kurulan gri su arıtma sistemleri için 500 dolardır. Queens Land'da konutlarda yağmur suyu sisteminin kurulumuna Hükümet tarafından 1,500 dolara kadar indirim yapılmaktadır.
A.B.D.	Illinols: Illinois Plumbing License Law tarafından 1 Ocak 2010 Tarihinden itibaren yağmur suyu Toplama ve dağıtım sistemine İlişkin minimum standartlar (SB 2549) yasa ile zorunlu hale getirilmiştir.Yağmur suyunun toplanması ve Kullanılması konusunda belirlenmiş olan henüz çok fazla yasa ya da yönetmelik bulunmamakla birlikte farklı Eyaletlerin belirlemiş oldukları farklı yasalar bulunmaktadır.	1970'lerden itibaren kullanılmaya başlanılan bu sistemler için geliştirilen teşvikler henüz kısıtlı olmakla birlikte, her eyaletin beklediği farklı finansal teşvikler bulunmaktadır.Texas: 1993'ten itibaren yağmur suyu sistemi kullanılan binalarda endüstriyel ve ticari tesislerde emlak kredisi yardımı yapılmakta olup, 2001 yılında yağmur suyu kullanılan binalarda vergi indirimleri yapılmıştır.Kamu binalarında ya da kar amacı gütmeyen kuruluşlarda kurulum için 5,000 dolarlık bölümünü karşılamaktadır. Austin Ticari Teşvik Programı ticari uygulamalar için 40,000 dolara kadar indirim yapabilmektedir. Virginia eyaletinde sistem maliyetinin yarısını geçmemek şartıyla 2,000 dolara kadar vergi indirimi kapılabilmektedir.
ALMANYA	Yağmur suyu toplama sistemleri konusunda "DIN 1989" pekçok ülkede bu konuda oluşturulan standartlara öncülük etmiştir. Bu standart yağmur suyuna ilişkin, planlama, tesisat, uygulama ve bakım, yağmur suyu filtreleme, yağmur suyu rezervuarları ve ek bileşenleri konularını ele almaktadır.	Su fiyatlarının yüksek olması nedeniyle konutlarda ve çalışma alanlarında 1,5 milyonun üzerinde yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur. Sistemin kurulduğu bölgeye göre 1,200 euroya kadar indirim yapılmaktadır.
İNGILTERE	Yağmur suyu kullanımı konusunda "BS-8515: 2009 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri, Uygulama Standardı" çıkartılmıştır. Bu standart, Ingiltere'de, yağmur suyunun kullanım suyuna eklenmesine ilişkin tasarım, tesisat ve bakımı hakkında bilgi vermektedir.	Sistemin uygulandığı ilk yıl %100 vergi indirimi sağlanmaktadır (U.K.)
JAPONYA	30,000 m^2'den daha büyük binalarda gri su arıtma sistemleri ya da yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılması Japonya Bayındırlık Bakanlığı tarafından yasa ile zorunluluk haline getirilmiştir.	
HİNDİSTAN	Yeni Delhi'de 100 m^2'den büyük çatı alanına sahip tüm yeni binalarda ve 1000 m^2'den büyük inşaat alanına sahip yeni binalarda, Gujarat'da tüm resmi binalarda, Indore'da 250 m^2 inşaat alanına sahip tüm yeni binalarda,Hyderebad'da 300 m^2 üzerinde alana sahip tüm yeni binalarda, Chennai'de 3 katlı tüm yeni binalarda, Mumbai'de 1.000 m^2 parsel alanına sahip tüm binalarda Rajasthan'da 500 m^2'den daha büyük parsel alanına sahip altyapısı bulunan şehirsel alanlarda, yağmur suyu kullanılması kanunen zorunlu hale getirilmiştir.	

Yağmur sularını geri kullanarak ülkemize teknolojik, ekonomik, iş gücü ve birçok kurulacak sistemden fayda ve tasarruf sağlayacaktır. Şekil 4.3.'de yağmur

sularının nasıl ön arıtmadan geçirilerek sisteme faydalı bir hale getirileceği ve Şekil 4.4.'de ise sonrasından nerede toplanacağı ifade edilmektedir.



Şekil 4.3. Yağmur suyu arıtma şeması



Şekil 4.4. Yağmur sularının filtreden geçirilerek sarnıçta toplanması

4.1.4. Biovitor teknolojisi

Biovitor tank içi montajlı bir arıtma sistemidir. Aşağıdaki Şekil 4.5.'den de görülebileceği gibi; arıtma kartuşunun içine dökülen su, arıtıldıktan sonra birleşik kaplar prensibi ile kartuşun içinde bulunduğu sarnıca arıtılmış suyu transfer eder. Kartuşun içindeki volkanik doğal taşlar filtrasyon işleminin can damarıdır.



Şekil 4.5. Biovitor teknolojisi

Biovitor teknolojisi ile çatı alanı 6500 m^2'ye kadar olan uygulamalar bir adet kartuş ile yapılabilmektedir.

4.1.5. Rainsafe aktif karbon filtrasyon teknolojisi

Rainsafe Aktif Karbon Filtrasyon teknolojisi paket olarak tedarik edilen sistemler ile yağmur suyundan içilebilir su kademesine ulaşabilecek derecede arıtma sonuçları sağlar.

Aktif Karbon Filtrasyon sistemleri, su içinde bulunması muhtemel renk, tat, koku, organik madde, kanserojen olarak bilinen kloraminler, klorlu organik maddeler ve serbest klorun, adsorpsiyon yöntemi ile sudan uzaklaştırılmasını sağlayan

proseslerdir. Bilindiği gibi organik bileşiklerin çoğu toksiktir. Organik moleküller çok büyük bir yüzey alanına sahip olan aktif karbon parçacıkları tarafından tamamıyla tutulur.

Aktif Karbon sisteminin belirli bir çalışma süresinden sonra ters yıkama işlemine girmesi gerekir. Sistem bu durumda otomatik olarak kendini geri yıkama işlemine alır. Geri yıkama işlemi yüksek debideki suyun, normal işletmedeki su akış yönünün aksi istikametinde akarak, filtre mineralini yıkması ve minerallerin su ile temas eden yüzeylerini değiştirerek adsorpsiyon kabiliyetini arttırmasıdır. Sistem daha önce belirlenmiş ve programlanmış zamanda hiçbir insan müdahalesi olmadan otomatik geri yıkama işlemine girer.

Aktif karbon kömürümsü ancak çok geniş yüzey alanına (1000-1500 m^2/g) sahip bir malzemedir. Aktif karbon filtrenin verimliğini, filtre yatağında kullanılan aktif karbonun özellikleri ve suyun filtrasyon hızının doğru seçilmiş olması belirler. Aktif karbon sistemlerde, suyun arıtılması esnasında filtrasyon mekanizmasını yanında absorpsiyon mekanizması da işlem yapmaktadır. Bu sebeple aktif karbon filtreler fizikokimyasal artıma yapan sistemlerdir.

Aktif karbon ile ilgili dikkat edilmesi gereken bir diğer konu, mineral yatağının bakteri üremesi için uygun ortam oluşturabilmesidir. Çünkü aktif karbon organik maddeyi bünyesinde biriktirir ve eğer suda bakteri varsa bakteri bu organik maddeyi besin olarak kullanarak üreyebilir. Bu gibi durumlarda bakteri kaçağı oluşumu mümkündür. Bu sebepler aktif karbonun daha öncesinde ve sonrasında suyun dezenfekte edilmesi önemlidir. Şekil 4.6.'da ise Rainsafe aktif karbon filtrasyon teknolojisin genel görünümü görülmektedir.

Aktif Karbon Filtrasyon Sisteminin Özellikleri

- Korozyona dayanıklı FRP (fiber sarımı) gövde
- 3 farklı granül boyutunda malzeme içeriği
- Basınç kaybı 0,3bar
- Borulama PVC

- Alt dağıtım yapısı ahtapot difizör.

Aktif Karbon Filtrasyon Sisteminin Avantajları

- Operatör gereksinimi duymadan işletme kolaylığı
- Düşük işletme maliyeti
- Düşük enerji maliyeti



Şekil 4.6. Rainsafe Aktif Karbon Filtrasyon Teknolojisi

Rainsafe sistemleri tek başlarına efektif sonuç vermemektedirler. Tavsiye edilen Rainsafe sistemlerinden önce yağmur suyunun toplandığı sarnıca, uygun bir yağmur suyu ön filtrasyon sistemi monte edilmesidir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada atıksu arıtımı tanıtılmış olup sulamada kullanımı incelenmiş, arıtılmış suyun sulama suyu olarak kullanılabilmesi için gerekli sulama suyu kalite standartları verilmiştir. Gerekli sulama suyu kriterleri sağlanabiliyorsa standartlar ve yönetmelikler kapsamında arıtılmış su ağaç sulamasında kullanılabilir. Su kaynaklarının hızla azaldığı günümüzde, arıtma sistemleri çıkış suları Su Kalite Kontrol Yönetmeliği standartlarını sağlamalıdır.

Arıtılmış ve dezenfekte edilmiş su sulama suyu kriterlerine uyduğu sürece sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca yoktur, yine de bu suyun insan temasının az olduğu bitkilerin sulanmasında (örnek meyve ağaçları) kullanılması daha uygundur.

Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki tüm binalarda kullanılan suyun miktarı, tamamıyla tüketicinin alışkanlıklarına ve yaşadığı ortama bağlı olarak farklılık gösterir. Birliklerimizde; eğitim, harekât, radar gibi nüfus yoğunluğunun farklılık gösterdiği yerlerde ise tüketim oranları farklılık gösterir. Genel olarak ihtiyaç duyulan su miktarı ortalama 129 (L/kişi/gün)'dür. Gri su arıtılarak bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, temizlik gibi kısımlarda kullanılacağından, tüketilen suyun yaklaşık % 50 'si gri su sisteminden sağlanacaktır.

Yurtdışında arıtılmış suyun akiferi besleyerek akiferden çekilen suyun sulamada kullanılması yaygın bir yöntemdir. Türkiye'de ise yer altı suyunun kirlenmeye sebep olabileceği düşüncesi ile suni olarak arıtılmış suyla beslenmesi 1960'da kabul edilen Yer altı Suyu Kanunu'na göre yasaktır ancak belli bir yerde atıksu arıtma tesisi yapılacaksa ve ileri derecede arıtılmış ve dezenfekte edilmiş suyun bir alıcı ortamı yoksa (dere, göl vs.) DSİ'den özel izin alınarak arıtılmış su açık araziye verilerek yeraltına sızdırılabilir.

KAYNAKLAR

DIN 19650, 2005. Aktif Çevre ve Yenilenebilir Enerji Teknolojileri. Ankara, s.100

GREENLİFE, 2014. Greenlife İnş.Taah. Metal San.ve Tic.Ltd.Şti.. İzmir, 10: 29-58.

İNOVASYON VE TEKNOLOJİ MERKEZİ, 2010. Inovasyon ve Teknoloji Merkezi Leed Yesil Bina Sistemi Basaksehir Mekanik Sunumu. İstanbul, s.29.

KARAHAN, A., 2010. 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Seminer bildirisi. Ankara, s.49.

KİTİŞ, M., 2011. İleri Atıksu Arıtma ve Atıksuların Tekrar Kullanılması Ders Notu. s.29-87.

MİLLER, G.W. 2006. Integrated Concepts in Water Reuse: Managing Global Water Needs. Desalination, 187 (2006), 65-75.

NOBEL, 2013. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. Ankara, 6 (1): 58-62.

NOLDE, 2001. Grey water Recycling Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation. Bullermann, s.80-120.

SKKY-TUT, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği. Ankara, Sayı 20748.

ŞAHİN, İ., 2011. Tesisat Mühendisliği " Binalarda Yağmur Suyu Kullanılması". Ankara, Sayı.125s.21-32.

U.S. EPA, 1995. U.S. Environmental Protection Agency.Manual of İndividual Water Supply Systems. U.S. EPA, Washington, DC.

USBR, 2003. U.S. Bureau of Reclamation (USBR).Southern California Water Recycling Projects Initiative Phase II. CA, USA.

YSHK, 1960. Yeraltı Suları Hakkında Kanun. Ankara, Sayı 10688.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : MUHAMMED YASİN ABİK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ANTAKYA 19.10.1989
Telefon : 05071488184
e-mail : yasin.abik@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Antakya Lisesi HATAY/Antakya	2008
Üniversite	:Harran Üni.Müh.Fak.Çevre Mühendisliği Bölümü Merkez/Şanlıurfa	2012
Yüksek Lisans	:Harran Üni.Fen Bil.Ens.Çevre Müh. Anabilim Dalı Merkez/Şanlıurfa	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-Halen	Hava Kuvvetleri Komutanlığı	MÜHENDİS SUBAY

UZMANLIK ALANI: Proje koordinatörü, İş sağlığı ve güvenliği Uzmanı
YABANCI DİLLER: İngilizce