

Problems and Suggestion in the Use of Constructed Wetland Treatment Systems for the Treatment of Domestic Wastewater

Eyüp Sabri Yigit, Birol Kayranli*

Gazi University, Graduate Scholl of Natural and Applied Science, Department of Environmental Science, Ankara, 06500, Turkey

*Received Date: Feb 20, 2022

*Revised Date: Mar 11, 2022

*Accepted Date: Mar 14, 2022

*Published Online: Mar 24, 2022

Abstract

Sustainable wastewater management practise should be related to low capital cost and low energy consumption, and low mechanical technology requirements. For the treatment of domestic wastewater, it is of great importance to develop appropriate technologies that are simple, have no complex equipment, have economic value and can be used with outputs, and have low initial investment and operating costs. Therefore, wetlands can be technical alternatives to other treatment systems, especially for small communities, due to low costs, low maintenance and easy to operate. Constructed Wetland has been described as low water depth, vegetation and the use of soils, mimic those found in natural wetland ecosystems. Wastewater treatment take places in the system with various biological chemical and physical processes involving plants, sunlight water, microorganisms and soil. The existing constructed wetlands treatment systems in our country cannot be operated efficiently or are not in working condition due to various problems made during the projecting, construction and operation phases. As a general solution to the problems encountered in constructed wetlands treatment systems, a detailed and careful project design phase, a construction phase carried out in accordance with the project file, and the operation phase where the necessary analyzes, observations and improvements are carried out will prevent the emergence of many problems. This paper focuses on describing the constructed wetlands, advantage and disadvantages, design and operation problems and design approach for wastewaters.

Keywords

Constructed wetland, Wastewater, Treatment, Design and operation problems

*Corresponding Author: Birol Kayranli, bkayranli@gazi.edu.tr,  [0000-0002-3344-0219](https://orcid.org/0000-0002-3344-0219)

Yapay Sulak Alan Atık Su Arıtma Sistemlerin Evsel Atık Suların Arıtılmasında Kullanılmasında Karşılaşılan Sorunlar ve Öneriler

Eyüp Sabri Yiğit, Birol Kayranlı*

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı, Ankara, 06500, Türkiye

*Gönderi Tarihi: 20 Şub 2022

*Düzeltilme Tarihi: 11 Mar 2022

*Kabul Tarihi: 14 Mar 2022

*Çevrimiçi Yayın Tarihi: 24 Mar 2022

Özet

Sürdürülebilir atık su yönetimi uygulaması, düşük sermaye maliyeti ve düşük enerji tüketimi ve düşük mekanik teknoloji gereksinimleri ile ilgili olmalıdır. Evsel atık suların arıtılması için basit, ekipmanı kompleks olmayan, çıktıları ekonomik değere sahip ve kullanılabilen, ilk yatırım ve işletme maliyeti düşük olan uygun teknolojilerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, sulak alan, düşük ilk yatırım maliyeti, düşük bakım ve işletme kolaylığı nedeniyle, özellikle küçük topluluklar için geleneksel arıtma sistemlerine verimli teknik alternatifler olabilir. Yapay sulak alan, sığ su derinliği, ortaya çıkan bitki örtüsü ve doğal sulak alan ekosistemlerinde bulunanları taklit eden yerinde toprak kullanımı olarak tanımlanmıştır. Atık su arıtımı bitkiler, mikroorganizmalar, su, toprak ve güneş ışığını içeren çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle sistemde yer alır. Sulak alanlarda büyük bekletme süreleri arıtma verimini artırmaktadır. Ülkemizde mevcut yapay sulak alan arıtma sistemleri projelendirme, inşaat, işletme sırasında yapılan çeşitli hatalar sebebi ile etkin bir şekilde işletilememekte ya da çalışır durumda değildir. Yapay sulak alan tesislerinde karşılaşılan problemlerin genel çözümü olarak detaylı ve dikkatli bir projelendirme aşaması, proje dosyasına uyularak gerçekleştirilen bir inşaat aşaması ve gerekli analizlerin, gözlemlerin ve iyileştirmelerin yapıldığı işletme aşaması birçok sorunun ortaya çıkmasını önleyecektir. Bu makale, atık sular için yapay sulak alanlar, avantaj ve dezavantajları, tasarım ve işletme problemlerinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Yapay sulak alan, Atık su, Arıtma, Tasarım ve işletme sorunları

*Sorumlu Yazar: Birol Kayranlı, bkayranli@gazi.edu.tr, [id 0000-0002-3344-0219](https://orcid.org/0000-0002-3344-0219)

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı, değişen üretim/tüketim alışkanlığı ile artan atık su deşarjlarından kaynaklanan çevre kirliliğinin azaltılması, doğal kaynakların korunması ihtiyacı ve atık su arıtımında verimli teknolojilerin geliştirilmesi konusunu gündeme getirmiştir.

Sürdürülebilir atık su yönetimi, düşük yatırım maliyeti, enerji tüketimi ve teknoloji gereksinimleri ile ilgili olmalıdır. Bu nedenle, sulak alan, düşük maliyetleri nedeniyle özellikle küçük yerleşimler için geleneksel atık su arıtma sistemlerine göre verimli teknik alternatiflerdir [1].

Son yıllarda, evsel atık su arıtımı için genellikle pahalı ve karmaşık atık su arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerde atık su arıtma tesisinin sürdürülebilirliğini sağlayabilecek insan gücü, işletme, bakım-onarım ve yedek ekipman maliyetini karşılayacak kaynak bulunmamakta veya çok zor bulunmaktadır. Bu yüzden evsel atık suların arıtılması için basit, ekipmanı kompleks olmayan, çıktıları ekonomik değere sahip ve kullanılabilen, ilk yatırım ve işletme maliyeti düşük olan uygun teknolojilerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir [2].

Sulak alan atık su arıtma tesislerinin kullanımı, son yıllarda, hızla önem kazanmaya başlamış ve dünyanın birçok ülkesinde farklı türde atık suların arıtılmasında başarılı uygulamaları bulunmaktadır. 1980'li yıllardan sonra sulak alanlar evsel atık suların arıtılmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [3]. Sulak alan atık su arıtma tesislerinin arıtma verimleri, sulak alanın tasarımı ve türüne, iklime, bitki çeşidine ve mikrobiyal yapı gibi birçok faktöre bağlıdır [4].

Sulak alan arıtma tesislerinde, karbon giderimi çeşitli süreçler yardımı ile gerçekleşir. Bunlar, aerobik tabakada solumun ve anaerobik tabakada gerçekleşen fermantasyon, metanojenesis ve sülfat, demir, nitrat indirgenmesi olarak sıralanabilir. Sulak alanlarda organik karbon, çeşitli proses neticesinde son ürün olarak karbondioksite, metana dönüştürülür veya bitki bünyesinde, sulak alan toprağında depo edilirler. Sulak alan arıtma sistemlerinde azot ise önce aerobik ve anaerobik şartlarda amonyağa dönüştürülür. Amonyak, aerobik şartlarda önce nitrite daha sonra ise nitrata dönüştürülür. Bu prosesler, aerobik ortamda ya da sulak alan bitki köklerinin olduğu oksitlenmiş tabakada gerçekleşir [3, 5, 6]. Bu makalenin amacı, yapay sulak alan atık su arıtma sistemleri, avantajları, dezavantajları ile projelendirme ve işletme sırasındaki sorunlar ve çözüm önerilerinin değerlendirilmesidir.

2. DOĞAL ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ

Doğal ortamda mikroorganizmalar, toprak, bitkiler ve atmosfer bileşenlerinin etkisi ile biyolojik kimyasal ve fiziksel prosesleri meydana getirmektedir. Doğal arıtım sistemleri bu proseslerin avantajlarını kullanarak atık su arıtımı gerçekleştirir. Bu sistemler köy ve belde ölçekli yerleşim yerleri, ticarethane ve üretim tesisleri atık suları için oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Bu tür sistemler, arıtım sürecini gerçekleştirmek için dışarıdan bir enerji kullanımı gereksinimi olmayan ekolojik ve ekonomik öneme sahip arıtma sistemleridir [7, 8].

Atık su arıtımında kullanılan sistemler;

- Doğal sulak alanlar,
- Yeraltına sızdırma,
- Stabilizasyon havuzları,
- Arazide arıtma,
- Yapay sulak alanlar olarak sınıflandırılırlar.

Doğal arıtım sistemlerde ayrı tanklarda dışarıdan enerji girişi sonucu verimleri artırılmış sistemlerin tersine doğal hızlarda ve tek bir ekosistemde aynı zamanda meydana gelirler. Dolayısıyla geniş alan ihtiyaçları ve yer altı suyunu kirletme sakıncaları bulunmaktadır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için daha kontrollü şartlara sahip yapay sulak alanlar geliştirilmiştir [5].

2.1 Yapay Sulak Alan Arıtma Sistemlerinin Giderim Mekanizmaları

Doğal sistemlerde fotosentez, fotooksidasyon ve bitki alımının yanı sıra çökeltme, filtrasyon, oksijen transferi, adsorpsiyon/absorpsiyon, iyon değiştirme, kimyasal redüksiyon, oksidasyon ve çökeltme, biyolojik ayrışma gibi mekanik veya bitkili arıtma sistemlerinin çoğunu kapsamaktadır [9, 10].

Yapay sulak alanlarda giderimi gerçekleştiren temel kirleticiler;

- AKM
- BOI₅
- Organik karbon
- Azot
- Fosfor
- Patojenler ve
- Ağır metaller olarak sıralanabilir.

Tablo 1’de kirletici parametrelerin giderimin de gerçekleşen bazı mekanizmalar verilmiştir.

Tablo 1. Kirletici giderim mekanizmaları [11, 12].

Kirletici	Giderim mekanizması
Organik madde (BOİ ₅)	Biyolojik bozunma, sedimentasyon, mikrobiyal alım
AKM	Sedimentasyon, filtrasyon
Azot	Sedimentasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, mikrobiyal alım, volatilizasyon
Fosfor	Sedimentasyon, filtrasyon, adsorpsiyon, Bitkisel ve mikrobiyal alım
Patojen	Doğal ölüm, sedimentasyon, filtrasyon, UV bozunması, adsorpsiyon
Ağır metaller	Sedimentasyon, adsorpsiyon, bitkisel alım

2.2 Yapay Sulak Alan Arıtma Sistemlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Yapay sulak alanların avantajları dezavantajlarına göre daha üstün gelmektedir.

Avantajları;

- İnşası diğer arıtma sistemlerine göre daha ucuz olması,
- Bakım ve işletme masrafları oldukça düşük olması,
- İşletme ve bakımı periyodik yapıldığından dolayı sürekli işgücünden ziyade periyodik işgücü kullanımına olanak sağlaması.
- Atık suyun akışındaki değişiklikleri tolere edebilir olması.
- Arıtılmış suyun yeniden kullanılabilme olanağının olması,
- Yapay sulak alan yerel türlere doğal ortam sağlaması,
- Peyzaja uygun olarak inşa edilebilmesi ve estetik görünüm sağlaması,
- Su kalitesini iyileştirmesi ve canlılar için doğal ortam oluşturması,
- Yapay sulak alanlar arazinin müsait ve şartların elverişli olduğu yerlerde ekonomik olması,
- Kamu yararı açısından çevreye duyarlı sistemlerdir [13-15].

Dezavantajları;

- Klasik atık su arıtma sistemlerine göre daha geniş alanlar gereksinimi olması,
- Performansı klasik arıtma sistemlerine göre daha az istikrarlı olması,
- Arıtma verimlerinin mevsimsel ve çevresel değişimlerden daha fazla etkilenmesi,
- Kirletici konsantrasyonundaki veya debideki dalgalanmalar arıtma etkinliğini geçici olarak azaltabilmesi,
- Arıtımda kullanılan sucul bitkilerin her sene ekimi yapılmasıdır [13-15].

2.3. Ülkemizdeki Yapay Sulak Alan Arıtma Sistemleri

Ülkemizde, TÜBİTAK tarafından evsel atık suların yapay sulak alanlarla arıtılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 2003 yılında köy ve belde yerleşimler için yapay sulak alan arıtma sistemleri projesi başlatılmıştır. Daha sonra bu projeyi İl Özel İdareleri devralmıştır.

Ülkemizde hâlihazırda kullanımda olan yapay sulak alanlardan bazıları;

- Ankara- Haymana-Dikilitaş Köyü Yapay Sulak Alan Tesisi
- Ankara- Kazan- Orhaniye Yapay Sulak Alan Tesisi

- Şanlıurfa–Viranşehir Yapay Sulak Alan Tesisi
- Mersin–Toroslar- Musalı Köyü Yapay Sulak Alan Tesisi
- İstanbul- Paşaköy Arıtma Tesisi İçinde İnşa Edilmiş Yapay Sulak Alan Tesisi
- İzmir-Torbalı-Korucuk ve Çakırbeyli Köyleri Yapay Sulak Alan Tesisleri
- Manisa-Akhisar-Sakarkaya Köyü Yapay Sulak Alan Tesisi
- Manisa-Saruhanlı-Yeni Osmaniye Köyü Yapay Sulak Alan Tesisi
- Konya- Meram- Karaağaç ve Kızılören Yapay Sulak Alan Tesisleri
- Aksaray-Yenikent Yapay Sulak Alan Tesisi
- Isparta–Eğridir–Ağılıköy Yapay Sulak Alan Tesisi
- Kazımkarabekir (Karaman) Yapay Sulak Alan Arıtma Tesisi

Ülkemizde mevcut bu sistemler projelendirme, inşaat, işletme aşamalarında yapılan çeşitli hatalar sebebi ile etkin bir şekilde işletilememekte ya da çalışır durumda değildir.

3. YAPAY SULAK ALAN ARITMA SİTEMLERİ SORUNLAR ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yapay sulak alan arıtma tesislerinde genellikle benzer sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu sorunlar proje aşamasında, inşaat aşamasında ve işletme aşamasında olmak üzere üç grupta sınıflandırılabilir.

3.1 Proje Aşamasında

Hatalı nüfus-debi hesaplamaları ve öngörülen atık su karakterizasyonundaki hatalar

Projelendirme aşamasında yapılan nüfus-debi-atık su karakterizasyonu hataları nedeni ile yapay sulak alan inşa edilecek arazinin çok büyük veya küçük seçilmesi, istenilen arıtma verimine ulaşamaması gibi sorunlara neden olmaktadır. Çeşitli nüfus tahmin metodlarını doğru şekilde uygulayarak ve atık su analizlerini yaparak doğru sonuçlara ulaşılabilir.

Himaye çitinin ve servis yolunun düşünülmemesi

Yapay sulak alan tesisi projelendirilmesinde himaye çitinin projelendirilmemesi nedeni ile yapay sulak alanın bir süre sonra yerel hayvanların otlama alanı dönüşmesi ve giriş çıkışların kontrol edilmemesi gibi sorunlar gözlenmektedir. Bu sorunların önüne geçebilmek için yeterli özelliklere sahip himaye çiti projelendirilme ve uygulanmalıdır.

Yanlış bitki örtüsü seçilmesi ve kök sayısının yanlış hesaplanması

Yapay sulak alan bitki örtüsü seçiminde yerel iklim, toprağı, diğer bitki ve hayvan türlerine adapte olabilecek ve çabuk yetişebilecek yerel ve yöresel bitki türleri seçilmelidir[16].

Makaleye özgü projelendirilen yatay yüzey altı akışlı yapay sulak alan atık su arıtma tesisi sayısal veriler Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Yatay yüzey altı akışlı yapay sulak alan atıksu arıtma tesisi.

Parametre	Birim	Değer
Atık debisi	m ³ /gün	480
Nüfus	kişi	3000
Giriş BOİ Konsantrasyonu	mg/l	175
Çıkış BOİ Konsantrasyonu	mg/l	35
Yatak Eğimi	%	1
Kullanılan Bitki Türü	-	Saz Otu(<i>Phragmites australis</i>)
Yatak Sayısı	adet	5
Yatağın Alan Başı Su Yüksekliği	m	0.4
Yatağın Alan Sonu Su Yüksekliği	m	1.1
Yatak Uzunluğu	m	70
Yatak Genişliği	m	48
Yatağın Yerleşim Alanı	m ²	3360
Yatağın En Kesit Alanı	m ²	19.2
Dolgu Malzemesi	-	Çakıllı Kum
Atık Su Alıkonma Süresi	gün	4.9

3.2 İnşaat Aşamasında

Giriş-çıkış borularının ve yatak medya malzemesinin uygun seçilmemesi nedeniyle meydana gelen tıkanmalar

Giriş çıkış yapılarının tıkanmasına katı maddeler neden olabilir. Giriş yapısının tıkanmaması için, tasarım ve inşa aşamasında dağıtımı homojen yapacak ve kolay tıkanmayacak çapı büyük malzeme kullanılmalıdır. Ayrıca, tıkanma olmaması için, sulak alan öncesi, ızgara, çökeltim veya fosseptik tankları inşa edilmelidir.

Bitki örtüsünün uygun sayıda ve uygun zamanda (mevsimde) ekiminin gerçekleştirilmemesi

Yapay sulak alan projelerinin yüklenici firmalar tarafından inşaatı dolayısı ile proje teslim tarihlerinden kaynaklanan uygun olmayan zamanlarda ekim yapılması, ekimi gerçekleştirilen bitki örtüsünün yok olmasına neden olmaktadır. Proje esnasında ve teslim tarihi konusunda bitkilerin özellikleri dikkate alınmalıdır.

Projenin raporunda belirtilen esaslara inşaat aşamasında uyulmaması

Proje müellifi tarafından hazırlanan projelendirme esas ve kriterlere uyularak tesisin inşası yapılmalıdır [16].

3.3 İşletme Aşamasında

İşletme personeli düşünülmemesi ve sistemin bakımlarının-kontrollerinin yapılmaması

Şekil 1’de görülebildiği gibi düzenli bakımı yapılmayan bir tesis de göllenme meydana gelebilmektedir. Yapay sulak alan tesislerinin de diğer atık su arıtma tesisleri gibi hassas ve devamlı takibi gerekmektedir. Bu tesisler için bakım onarım tabloları oluşturulmalı ve uzman personeller görevlendirerek işletmenin takibi sağlanmalıdır.

Bitki hasadının yapılmaması ve ölü bölgelere yeniden ekim gerçekleştirilmemesi

Yapay sulak alan kurulacak bölgenin iklim şartlarına uygun bitki seçimi yapılmalı ve bu bitkilerin tıkanmalara sebebiyet vermeyecek şekilde belli sıklıklarda hasadının yapılmalı ve ölü bölgelere yeni bitki ekimi yapılması gereklidir.

Fosseptiklerin ve manuel ızgaraların temizlenmemesi

Şekil 2’de görülebildiği gibi düzenli kontrollü ve temizlenmesi yapılmayan giriş ünitelerinde tıkanmalar meydana gelebilmektedir. Yapay sulak alan öncesindeki fosseptik ve ızgaralar dolma sıklığına göre belirlenen aralıklarda aksatılmadan temizlenmeli böylelikle sonradan gelen ekipmanlarda oluşan tıkanmanın önüne geçilmelidir.

Bitki örtüsünün yok olması

İşletme aşamasında bakımı yapılmayan bir tesiste ekimi yapılan bitki yerine baskın ve yabancı türler alabilmektedir (Şekil 3). Su seviyesinin ayarlanamaması ve yabancı otların baskınlığı bitki örtüsünün yok olmasına sebep olabilecek unsurlardandır. Bitki yönetiminde ilk amaç yapay sulak alan içerisindeki bitki grubunun devamlılığını sağlamaktır. Bitki örtüsünün devamlılığı için, su seviyesinin optimum seviyede tutulması, organik yükün azaltılması, insektisit kullanımı ve yeniden bitki ekimi yapılması uygulanabilir.



Şekil 1. Filtre Malzemesi Tıkanıklığından Kaynaklanan Göllenme Gözlenen YSA [17]

Koku oluşumu

Kötü kokunun kaynağı, genellikle, aşırı BOİ ve amonyak yüklemeleri ile meydana gelen anaerobik koşullarla alakalıdır. Koku, tasarıma esaslarına uyulan ve düzgün işletilen yapay sulak alanlarda nadiren sorun oluştururlar. Atık su yatağındaki kokunun önlenmesi için yapay sulak alan yatağında düzgün bir şekilde dağılması sağlanmalıdır[16].

Yapay sulak alanların işletme aşamasında karşılaşılan problemlere ait görüntüler Şekil 1 ve Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 2. Fosseptik veya Baca Tıkanıklığı Gözlenen YSA [17]



Şekil 3 Bitki Ekimi Yapılmamış, Bitki Hasadı Yapılmamış YSA [17]

Her sorunun ayrı spesifik bir çözümü bulunmakla beraber, yapay sulak alan tesislerinde karşılaşılan problemlerin genel çözümü olarak detaylı ve dikkatli bir projelendirme aşaması, proje dosyasına uyularak gerçekleştirilen bir inşaat aşaması ve gerekli analizlerin, gözlemlerin ve iyileştirmelerin yapıldığı işletme aşaması birçok sorunun ortaya çıkmasına engel ve çözüm olacaktır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapay sulak alan atık su arıtma tesislerinde etkin bir şekilde nitrojen ve karbon giderim verimi elde edilirken, fosfor giderimi değişkenlik göstermektedir. Sulak alanlarda büyük bekletme süreleri arıtma verimini artırmaktadır. Beton veya plastik gibi yapay bir geçirimsiz tabaka

olmaksızın kullanılabilir, ancak yeraltı su sızmalarını ve kirlenmesini önlemek için büyük alanlara gereksinim vardır. Yapay sulak alan atık su arıtma sistemlerinin projelendirilmesi, inşaat ve işletme aşamasında gerekli hassasiyet gösterildiği takdirde, evsel atık suların arıtılmasında uygun bir arıtma alternatifidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, özellikle küçük yerleşim yerleri için uygun bir teknolojidir.

KAYNAKLAR

- [1] A.O Babatunde, Y.Q. Zhao, M. O'Neill, B. O'Sullivan, *Environmental International*, 34:1 (2008) 116-126.
- [2] B. Kayranli, M. Scholz, A. Mustafa, O. Hofmann, R. Harrington, *Water, Air & Soil Pollution* 210:4 (2010) 435-451.
- [3] E.J. Dunne, N. Culleton, G. O'Donovan, G. Harrington, A.E. Olsen, *Ecological Engineering* 24:3 (2005) 221-234.
- [4] P. Weishampel, R. Kolka, J.Y. King, *Ecol Managem* 257 (2009) 747-754.
- [5] S. Ayaz, N. Fındık, C. Kınacı, B. Tunçsiper, E. Güneş, (2011) *Yapay Sulak Alanlar El Kitabı* (TÜBİTAK, MAM Çevre Enstitüsü, Gebze) p.1-107
- [6] Y. Dong, B. Kayranli, M. Scholz, R. Harrington, *Water and Environment Journal* 27:4 (2013) 439-452.
- [7] J. Vymazal, *Science of the Total Environment* 380:1-3 (2007) 48–65.
- [8] B. Kayranli, M. Scholz, A. Mustafa, A. Hedmark, *Wetlands* 30:1 (2010) 111-124.
- [9] W.J. Mitsch, J.G. Gosselink, *Wetlands*, 4th edition. (Wiley, New York, 2007).
- [10] J. Stern, Y. Wang, B. Gu, *J. Applied Geochemistry* 22:9 (2007) 1936-1948.
- [11] J. Li, Y. Wen, Q. Zhou, Z. Xingjie, X. Li, S. Yang, T. Lin, *Bioresource Technology* 99:11 (2008) 4990-4996.
- [12] H. Haberl, K.H. Erb, F. Krausmann, H. Adensam, N. Schulz, *Land Use Policy* 20:1 (2003) 21-39.
- [13] USEPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet: Free Water Surface Wetlands*, EPA 832-F-00-024. EPA Office of Water, Washington D.C., USA
- [14] USEPA, (2002). *Onsite wastewater treatment systems manual*, Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
- [15] USEPA, USDA, NRCS (Natural Resources Conservation Service), (1995). *Handbook of constructed wetlands, A guide to creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coalmine drainage, storm water in the Mid-Atlantic Region*, Washington, D.C., USA.
- [16] *Atıksu Arıtma Tesisi Tesis Sorumlusu Eğitimi Dökümanları*, (2021) (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara,)
- [17] USEPA (2000). *Guiding Principles for Constructed Wetland Treatment*. United States Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans and Watersheds, EPA 843-B-00-003, Washington, D.C., USA.