



Yapay Sulak Alanların Soğuk İklim Şartlarında Kullanılabilirliği

İlker ANGIN^{1*}

Talip TUNÇ¹

Üstün ŞAHİN¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ERZURUM

*Sorumlu Yazar
iangin@atauni.edu.tr

Özet

İyi nitelikli yer altı ve/veya yerüstü su kaynaklarının yeterli olmadığı durumlarda, seçeneysel su kaynakları arayışlarına gidilmesi tarımsal sulama için kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Söz konusu seçeneysel su kaynaklarından birisi de arıtma işlemlerinden geçirilmiş atık sulardır. Ancak arıtma yöntemlerinin çok pahalı olması, fazla enerjiye ve teknik personele ihtiyaç duyulması çoğunlukla atık suların arıtılmadan kullanımını ortaya çıkarmıştır. Söz konusu pahalı teknikler ve prosesler yerine doğadaki mevcut biyolojik sistemlerin kullanılabilirliği bir alternatif olarak düşünülebilir. Bu sistemlerden maliyeti en düşük ve çevre dostu olan arıtma şekli doğal arıtma olup, doğal arıtma sistemleri içerisinde en fazla kullanılan yapay sulak alanlardır. Yapay sulak alanların soğuk iklim şartlarında kullanılabilirliğini etkileyen en önemli kriterler sıcaklık, vejetasyon süresi, kar kalınlığı ve donma derinliğidir. Bu çalışma, yapay sulak alanların soğuk iklim şartlarına göre uyarlanmasını ve bununla ilgili örnek bir projeyi kapsamaktadır.

Anahtar sözcükler: Atık su, arıtma, yapay sulak alanlar, soğuk iklim

Usage of Artificial Wetlands in Cold Climatic Conditions

Abstract

Search of optional water resources for irrigation is an unavoidable fact in case of inadequate good quality of surface and/or ground water. One of these resources is treated wastewater. However, due to expense of treatment methods and need for energy and technical personal assistance, wastewater is generally directly used without any treatment processes. Instead of such expensive techniques and processes, biological systems found in nature can be used as an alternative. Among these systems the most inexpensive and environmentally friendly is natural treatment. The most used natural treatment system is artificial wetlands. The most important design criteria's for wetlands constructed in cold climate conditions are temperature, length of growing season, snow depth and depth of freeze.

This study involves modification of artificial wetlands for cold climatic conditions and a sample project for a cold climate.

Keywords: Wastewater, treatment, artificial wetlands, cold climate

GİRİŞ

Su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımı özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde en önemli sorunlardan birisi olarak ortaya çıkmaktadır. Hızlı nüfus artışı, yaşam biçimindeki değişimler, teknolojik gelişmeler ve küresel ısınma suya olan ihtiyacı daha da artırmaktadır. Günümüzde her 5 insandan biri temiz suya ulaşamamaktadır ve her gün 30.000 kişi susuzluktan ve/veya buna bağlı olan faktörlerden dolayı ölmektedir. Dünya Bankası tarafından yapılan bir çalışmada 2015 yılında dünya nüfusunun yaklaşık olarak %40'ının yeterli su kaynaklarına sahip olamayacağı bildirilmiştir [1].

İyi nitelikli suyun gün geçtikçe azalması ve dünya nüfusunun giderek artması su kaynaklarının optimum bir şekilde kullanılmasına ve ek su kaynaklarının arayışına gidilmesine yol açmıştır. Mevcut durumda ülkemizde kullanılan su potansiyelinin %75'ini toplam sulanabilir tarım arazilerimizin % 60'ında kullandığımız gerçeği göz önüne aldığında, ek su kaynaklarının arayışına gidilmesi

mecburi hale gelmiştir. İyi nitelikli yer altı ve yerüstü su kaynaklarının yeterli olmadığı durumlarda, seçeneysel su kaynakları arayışlarına gidilmesi tarımsal sulama için kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Söz konusu seçeneysel su kaynaklarından birisi de arıtma işlemlerinden geçirilmiş atık sulardır. Atık suların sulamada kullanımı ile elde edilebilecek olan yararlar şu şekilde sıralanabilir [2, 3, 4];

- Su kaynaklarının kısıtlı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarım yapılarak tarımla uğraşan insanların hayat standartları geliştirilebilir,

- Atık suların planlı bir şekilde kullanılmasıyla doğal su kaynaklarının kirlenmesi ve bunların halk sağlığını tehdit eder duruma gelmesi önenebilir ve

- İçerisinde bulundurduğu organik madde, nitrojen (N), fosfor (P), potasyum (K), mikro elementler ve diğer besin elementlerinden dolayı toplam ticari gübre ihtiyacı azaltılabilir, böylece ek bir girdiye olan ihtiyaç azaltılmış olur.

Sulamada kullanılacak atık sular; bitkiler üzerinde toksik etki yapmayan, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ters yönde etkilemeyen, insan sağlığına etki yapmayan ve toplum tarafından kabul edilebilir özelliklerde olmalıdır. Sulama amaçlı kullanılacak atık suların değerlendirilmesinde doğal sulama suyu sınıflamaları esas alınmaktadır.

Atık suların sulama amaçlı kullanımında *kısıtsız* ve *kısıtlı sulama* olmak üzere iki yaklaşım mevcuttur. *Kısıtlı sulama yaklaşımında* düşük kalitedeki sulama suyu belirli alanlara ve belirli bitkilere uygulanmaktadır. *Kısıtlı sulama yaklaşımı* sadece bitki ile ilişkili olmayıp, aynı zamanda toprağın yapısına, sulanan alanın su kaynağı ile olan ilişkisine ve uygulanacak gübre konsantrasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak bu yaklaşım sulanacak alanın yapısının ve bitki deseninin iyi bilindiği alanlarda kullanılabilir. *Kısıtsız sulama yaklaşımı* ise, bitki-toprak ve su ekosisteminde, çiftçilerde ve tüketicilerde herhangi bir yan etki göstermeyen yüksek kalitedeki sulama suyunun tüm bitki çeşitlerinde ve toprak yapılarında sulama suyu olarak kullanımını ifade etmektedir [5].

Atık suların sulama amaçlı kullanımında hangi yaklaşımdan yararlanılırsa yararlanılsın atık suların mutlaka arıtılmaları gerekmektedir. Arıtılmamış atık suların sulama amaçlı kullanımı gerek bitki-toprak ve su ekosisteminde gerekse de kullanıcılarda istenmeyen sonuçlara neden olacaktır. Ancak arıtma yöntemlerinin çok pahalı olması, fazla enerjiye ve teknik personele ihtiyaç duyulması çoğunlukla atık suların arıtılmadan kullanımını ortaya çıkarmıştır. Söz konusu pahalı teknikler ve prosesler yerine doğadaki mevcut biyolojik sistemlerin kullanılabilirliği bir alternatif olarak düşünülebilir. Bu sistemlerden maliyeti en düşük ve çevre dostu olan arıtma şekli doğal arıtma olup, doğal arıtma sistemleri içerisinde en fazla kullanılan yapay sulak alanlardır.

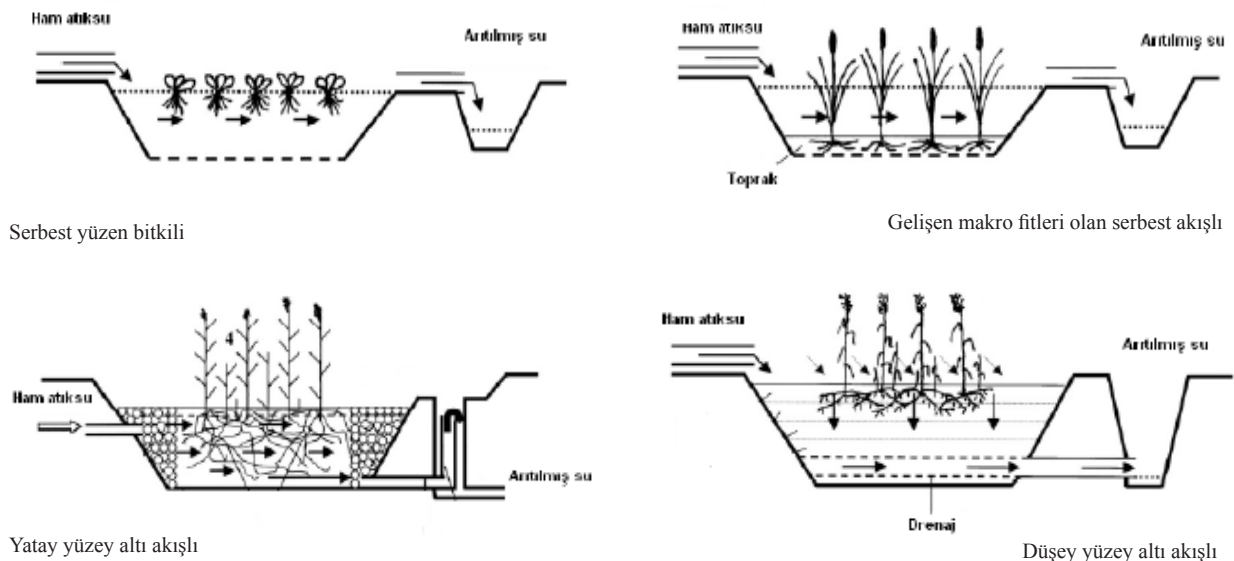
Yapay sulak alanlar; mikroorganizmalar, hayvanlar, bitkiler ve sucül ortamı çevreleyen ekolojik sistemden oluşan kompleks bütünleşmiş sistemler olarak tanımlanabilir [6]. Yapay sulak alanlarda arıtımı sağlayan temel mekanizmalar fizikokimyasal ve mikrobiyolojik tabanlıdır [7]. Yapay sulak alanlar ile evsel atık suların birincil ve ikincil kademe arıtmaları gerçekleştirilebilir. Farklı bitki, dolgu malzemesi ve akış şekline sahip yapay sulak alanlar ile yapılan evsel atık su arıtımında genel olarak %80-99 BOİ, KOİ ve bakteri, %92-95 askıda katı madde (AKM), %30-80 toplam azot (N) ve %20-70 toplam fosfor (P) giderimi elde edilmektedir. Söz konusu bu değerler tarımsal sulama yönünden değerlendirildiğinde yapay sulak alanların sulama amaçlı kullanımının oldukça cazip olduğu karşımıza çıkmaktadır.

Yapay Sulak Alanların Planlanması

Yapay sulak alanlar; mikroorganizmalar, hayvanlar, bitkiler ve sucül ortamı çevreleyen ekolojik sistemden oluşan kompleks bütünleşmiş sistemler olarak tanımlanabilir [6]. Yapay sulak alanlar ile evsel atık suların birincil ve ikincil kademe arıtmaları gerçekleştirilebilir. Arıtımı sağlayan mekanizmalar temel olarak, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik tabanlıdır. Yapay sulak alanların diğer arıtma sistemlerine göre avantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilir [8];

- Yapay sulak alanların maliyeti diğer arıtma sistemlerine göre oldukça ucuzdur,
- İşletme ve bakım masrafları yok denecek kadar azdır,
- Debideki değişim kolaylıkla tolere edilebilir ve
- Çamur üretimi oldukça azdır.

Yapay sulak alanların planlanmasında her bir alanın birbirinden farklı ve düzenlemesinin o alana özgü olduğu gerçeği göz önüne alınmalıdır. Düzenleme arıtılacak atık suyun niteliğine ve niceliğine, istenilen arıtma seviyesine



Şekil 1. Yapay sulak alanların yapım şekilleri

(arıtılmış atık su kalitesine), alanın iklim şartlarına, kullanılacak bitki türlerine, akış hidroliğine ve ekonomik giderlere göre farklılıklar göstermektedir. Genel olarak yapay sulak alanların planlanmasında doğal sulak alanlar model olarak alınmalıdır. Yapay sulak alanların şekilleri alanın topografyasına, jeolojisine ve arazi varlığına göre değişiklik göstermektedir.

Yapay sulak alanlar serbest yüzen bitkili, gelişen makro fitleri olan serbest akışlı, yatay yüzey altı akışlı ve düşey yüzey altı akışlı olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Şekil 1) [9].

Yapay sulak alanlardaki fizikokimyasal ve biyolojik prosesler çoğunlukla rizosfer bölgesinde gerçekleşmektedir. Rizosfer içerisinde farklı bölgeler değişik kimyasal olayların meydana gelmesini sağlayarak kirlilik maddelerinin hızlı bir biçimde parçalanmasını sağlarlar. Söz konusu özelliklerden dolayı bitki seçimi oldukça önemlidir.

Yapay sulak alanlarda bitki topluluklarının görevi, akımı yönlendirmenin yanı sıra mikrobiyal büyüme için uygun bir tutunma bölgesi oluşturmaktır. Bitkiler, sızdırmayı azaltmalarının yanı sıra substratların stabilizasyonunu da sağlarlar. Bitkiler, kök bölgesindeki oksijen varlığında besinleri alırlar ve mikroorganizmalar da oksijen varlığında (aerobik koşullarda) organik maddeleri parçalarlar. Bu sayede arıtma işlemi gerçekleşmiş olur. Yapay sulak alanlarda kullanılacak bitkiler ve arıtma prosesindeki fonksiyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

Buna karşın yapay sulak alanların kullanımına ilişkin birtakım sınırlamalar bulunmaktadır. Söz konusu bu kısıtlamalar aşağıdaki şekilde özetlenebilir [9];

- Klasik atık su arıtma sistemlerinden daha büyük alanlar gerektirirler,
- Klasik arıtmalara göre daha düşük bir performans istikrarı mevcuttur. Arıtım verimliliği aşırı yağış ve kuraklık gibi çevresel koşulların değişimine bağlı olarak mevsimlere göre değişiklik gösterebilir,
- Biyolojik bileşenler amonyak ve pestisit gibi toksik kimyasallara karşı duyarlıdır,
- Kirleticilerin artışı ya da su akışındaki ani dalgalanmalar performansı etkileyebilir,
- Tamamen kuruma karşısında direnç gösteremezler ve
- Sulak alanların uzun dönemli performansı hakkında çok fazla bilgi bulunmamakta dolayısıyla optimum tasarımı ile ilgili herhangi bir fikir birliği de bulunmamaktadır.

Yapay Sulak Alanların Soğuk İklim Şartlarına Göre Planlanması

Yapay sulak alanların soğuk iklim şartlarında performansını artırmak için birtakım modifikasyonların yapılması gerekmektedir [10]. Söz konusu bu değişiklikler ile karlı ve donlu bölgelerde sistem performansı arzu edilebilir oranlarda artırılabilir.

Çizelge 1. Yapay sulak alanlarda kullanılacak bitkiler ve arıtma prosesindeki fonksiyonları [6].

Bitki Türü	Genel Karakteristikleri	Arıtma Prosesindeki Önemi ve Fonksiyonları	Örnekleri
Yüzen yabancı otlar	Su yüzeyinde ya da içerisinde özgürce yüzen yabancı otlardır.	Besinlerin alımını gerçekleştirirler ve alg gelişmesini geciktirirler.	İri su mercimeği Yüzen eğrelti otu
Sualtı ve Yüzen yabancı otlar	Yaprakları ile üreme organlarının tümü ya da büyük bir bölümü, su yüzeyi üzerinde bulunan, ancak kökleri ile taban toprağına tutunmuş olarak yaşayan yabancı otlardır.	Mikrobiyal tutunma için yapı sağlarlar ve gün boyunca suya oksijen bırakırlar.	Su kestanesi Kurbağa otu
Sualtı yabancı otları	Gelişme organlarının hepsi su yüzeyi altında bulunan, kökleri ya da kök benzeri organları ile taban toprağına tutunmuş olarak yaşayan, üreme organları çoğu kez su yüzeyi üzerine çıkabilen yabancı otlardır.	Mikrobiyal tutunma için yapı sağlarlar ve gün boyunca suya oksijen bırakırlar.	Su yıldızı Dikensiz tülküyruğu Su menekşesi Söğüt otu
Gelişen sucullar	Kökleri dipte otsu bitkilerdir.	Artırılmış flokülasyon ile sedimentasyonu sağlarlar. Aynı zamanda gölgeleme ile alg gelişmesini geciktirirler.	Su kamışı Saz
Çalılık ve fundalıklar	6 m'den kısa, odunsu yapıya sahip bitkilerdir.	Tanımlanmamıştır.	Çalılık Çoban püskülü
Ağaçlar	6 m'den uzun, odunsu yapıya sahip bitkilerdir.	Tanımlanmamıştır.	Akça ağaç Söğüt

a) Boru hattının düzenlenmesi: Boru hattını donma derinliğinin altına döşemek, boru hattının eğimini artırmak (>%1), boru hattının çapını artırmak, boru hattını kum veya çakıl ile kaplamak, boruları su altına döşememek ve izolasyon yapmak olarak sıralanabilir.

b) Ön arıtım yapmak: Yükleme havuzu inşa ederek ön arıtım yapmak.

c) Arıtım: Arıtım hacmini minimum %25'te tutmak, donma oluşumunu engellemek için depolama yapısı inşa etmek, sirkülasyonu artırmak, çıkış hattını havuzun en dibine yerleştirmek ve daha fazla havuz kullanmak olarak sıralanabilir.

d) Yalıtım: Donma sorunu olan bölgelerde yapay sulak alan teknolojilerinin adaptasyonunda bazı yalıtım

stratejilerinin geliştirilmesi gerekir. Yalıtımın etkili olması için, yalıtım materyali, sulak alan sisteminin ayrılmaz bir parçası olarak dizayn edilmeli ve yalıtım alanında üniform olarak dağıtılmalıdır. Yapay sulak alanlar için etkili bir yalıtım katmanı dizaynı için, ısı transferi ana unsurlarının, sulak alanların soğuk koşullara nasıl cevap vereceğinin, yalıtım materyalinin sulak alan performansı üzerine etkisinin ve yalıtım katmanına ne tür bitkilerin uygun olduğunun bilinmesi gerekir.

Suda yaşayan canlılarda ve bitki sistemlerinde kış şartları için enerji dengesi aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir[14]:

$$E_{kayıp} = G + (U_i - U_o)$$

Eşitlikte;

$E_{kayıp}$: Atmosfere olan enerji kayıpları (MJ/m²/d) ,

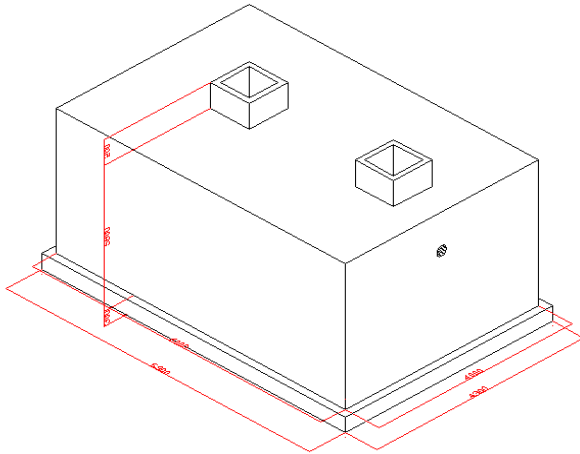
G : Zeminden ısı iletimi (MJ/m²/d) ,

U_i : Su ile giren enerji (MJ/m²/d),

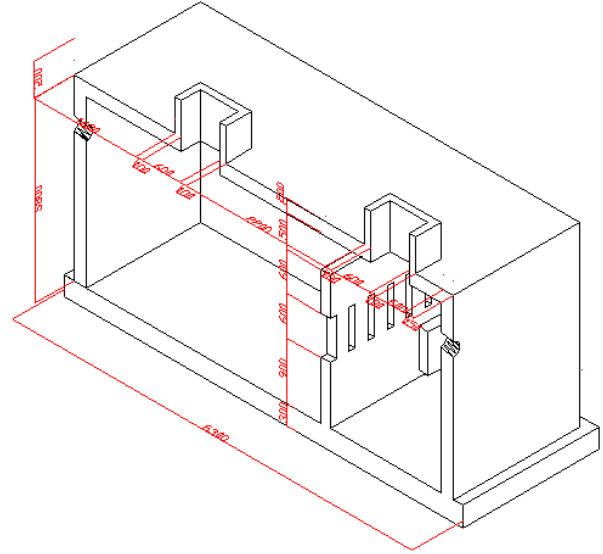
U_o : Su ile çıkan enerjidir (MJ/m²/d).

Başarılı bir soğuk iklim sulak alan dizaynında, giren enerjinin ($G + (U_i - U_o)$), kayıp enerjiyi dengeleyebilmesi için $E_{kayıp}$ değerinin azaltılması gerekir. $E_{kayıp}$ değerini minimuma indirecek temel dizayn stratejileri aşağıda verilmiştir [14]:

- Açık sulardan kaçınmak. Bu ısı yayımı ve evapotranspirasyondan meydana gelecek ısı kayıplarını en aza indirir.
- Yüzeyde buz oluşumuna güvenmemek. Buz çok zayıf bir yalıtıktır ve buz (0.19 MJ/m/d/°C) sıvı sudan (0.05 MJ/m/d/°C) neredeyse 4 kat daha büyük bir ısıl iletkenliğe sahiptir. Buz, buharlaşma kayıplarını yok etmek için faydalıdır ve bir hava boşluğu veya bir kar örtüsü ile birlikte ısıl direnci azaltmak için kullanılabilir. Ancak belirgin bir kar örtüsü olmaksızın, buz tarafından sağlanan yalıtım değerleri sınırlı olacaktır.
- Yüzey altı ve düşey akışlı sulak alan sistemleri kullanmak.
- Sistem yalıtımını yapmak. Yapay sulak alanların üst yüzeylerine daha büyük ısıl dirençli katman yerleştirmek.



Şekil 2. Fosseptik perspektif görünüşü



Şekil 3. Fosseptik kesit perspektif görünüşü

Yukarıda belirtilen değişikliklerin yapılması ile karlı ve donlu bölgelerde sistem performansı arzu edilebilir oranlarda artırılabilir ve sistemde herhangi bir problem yaşanmayabilir.

Örnek Proje

Sistem tasarımı debisi : 200 L/gün kişi

(İller Bankası verilerinden alınmıştır.)

Kişi sayısı : 500 Kişi

Bitki sayısı : 1 m²'ye en az 4 bitki

Hesaplanan debi kanalizasyon sisteminden eşit debilerde inşa edilecek 500 kişilik 2 gözlü ve sızdırmaz fosseptik yapısına alınacaktır. Fosseptik yapıları arıtma sisteminin birinci ayağını oluşturacaktır. 2 gözlü olarak inşa edilecek betonarme yapıların katı madde tutma ve buna bağlı olarak BOİ giderme verimlerinden istifade edilecektir.

Fosseptik yapısının yapımından sonra hazne yatakları açılacaktır. Hazne yatakları trapez kesitte olacaktır. Hazne giriş ve çıkış kısımlarında, atık suyun cazibeli akısına olanak verecek şekilde kot farkı oluşturulacaktır. Açılan yapay sulak alan haznelerinde, sızdırmazlığın sağlanması için plastik örtülerden faydalanılacaktır.

Sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan plastik örtü üzerine orta irilikte (10 - 12 mm) çakıl serilecektir. Çakıl derinliği girişte 35 cm ve çıkışta 55 cm olacak şekilde uygulanacaktır.

Boyut Hesabı

Kişi başı gerekli debi : 200L/Gün. Kişi

Toplam Debi : $Q_{Toplam} = 0,2 \times 500 \times 0,7$

$$Q_{Toplam} = 70 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

Fosseptik BOİ giderimi %35 kabul edilmektedir [11]. Erzurum ili kanalizasyon suyunun BOİ₅ değeri 825 mg/L'dir. Buna göre;

BOİ Giriş Değeri: $BOİ_{Giriş} = 825 \times 0,65 = 536,25 \text{ mg/L}$

Sulak alan BOİ değerine göre boyutlandırılacak olursa; $BOİ_{Giriş} = 536,25 \text{ mg/L}$

Öngörülen $BOİ_{Çıkış} = 50 \text{ mg/L}$

$$Q_{Toplam} = 70 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Minimum Atık Su Sıcaklığı: 6°C [12]

Taban Eğimi (S): 0,005

Havuz giriş derinliği (d): 0,70 m

Projede kullanılacak tipik ortam karakteristikleri:

α (Porozite)= 0,32 [13]

k_s (Hidrolik iletkenlik)= $1000 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$ [13]

K_{20} (20°C ' de oran sabiti)= $1,104 \text{ gün}^{-1}$

Minimum sıcaklık için K_T değeri:

$$K_T = K_{20} \times 1,06^{(T_{\min} - 20)} \rightarrow K_T = 1,104 \times 1,06^{(6 - 20)} \rightarrow K_T = 0,49$$
 [13]

Boşluklar arasında alıkonma süresi (t'):

$$t' = \frac{-\ln\left(\frac{BOİ_{Çıkış}}{BOİ_{Giriş}}\right)}{K_T} \rightarrow t' = \frac{-\ln\left(\frac{50}{536,25}\right)}{0,49} \rightarrow t' = 4,84 \text{ gün}$$
 [12]

Kesit alan (A):

$$A = \frac{Q_{Toplam}}{k_s \times S} \rightarrow A = \frac{70}{1000 \times 0,005} \rightarrow A = 14 \text{ m}^2$$
 [12]

Havuz Genişliği (W):

$$W = \frac{A}{d} \rightarrow W = \frac{14}{0,7} \rightarrow W = 20 \text{ m}$$
 [12]

Havuz Uzunluğu (L):

$$L = \frac{t' \times Q_{Toplam}}{W \times d \times \alpha} \rightarrow L = \frac{4,84 \times 70}{20 \times 0,7 \times 0,32} \rightarrow L = 20 \text{ m}$$
 [12]

Gerekli Yüzey Alan (A_s):

$$A_s = W \times L \rightarrow A_s = 20 \times 76 \rightarrow A_s = 1520 \text{ m}^2$$
 [12]

Hidrolik Yükleme Kontrolü:

Havuz uzunluğu 80 m ve havuz genişliği 20 m olarak kabul edildiğinde;

$$L_w = \frac{Q_{Toplam}}{W \times L} \rightarrow L_w = \frac{70}{20 \times 80} \rightarrow L_w = 0,044 \text{ olduğundan uygun}$$

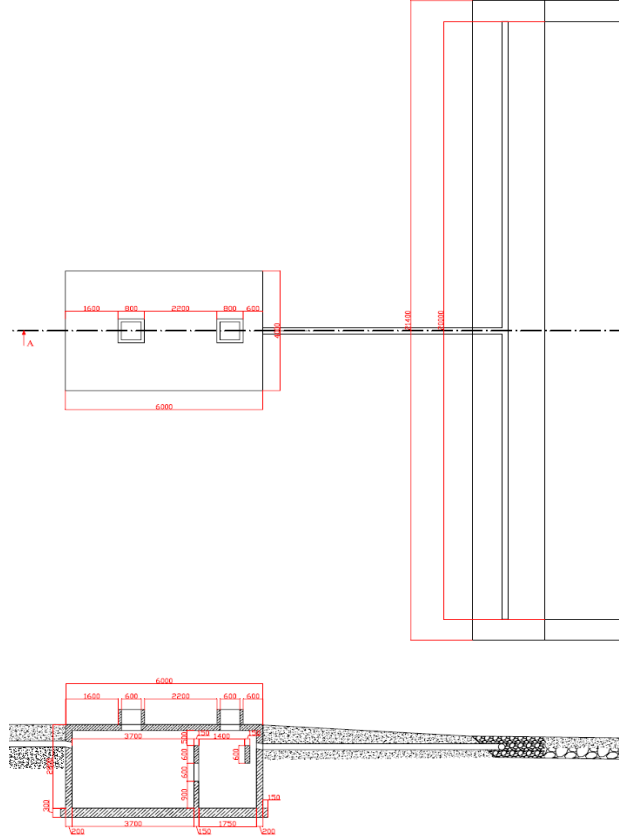
$$0,015 < L_w < 0,050$$
 [12]

Tasarım Boyutlandırma Kontrolü:

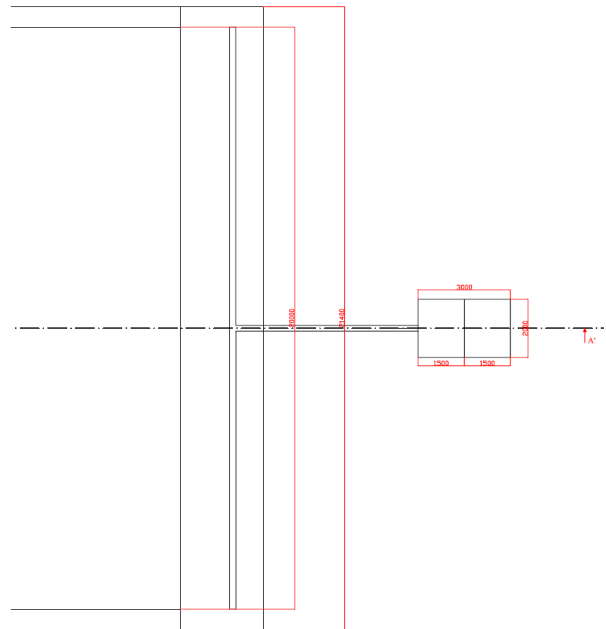
$$t' = \frac{L \times W \times d \times \alpha}{Q_{Toplam}} \rightarrow t' = \frac{80 \times 20 \times 0,70 \times 0,32}{70} \rightarrow t' = 5,12 \text{ gün}$$
 [12]

$$BOİ_{Çıkış} = \frac{BOİ_{Giriş}}{e^{(t' \times K_T)}} \rightarrow BOİ_{Çıkış} = \frac{536,25}{e^{(5,12 \times 0,49)}} \rightarrow BOİ_{Çıkış} = 43,64 < 50$$

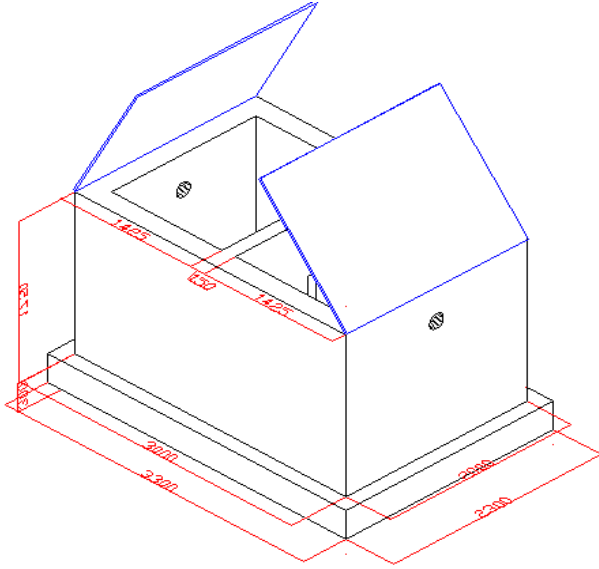
olduğundan uygun [12]



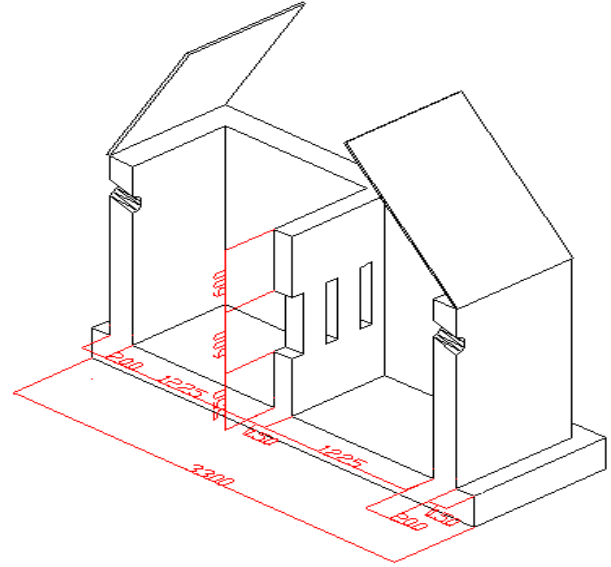
Şekil 4. Yapay sulak alan giriş yapısı taban planı ve kesit kısmı görünüşü



Şekil 5. Yapay sulak alan çıkış yapısı taban planı ve kesit kısmı görünüşü



Şekil 6. Su toplama yapısı perspektif görünüşü



Şekil 7. Su toplama yapısı kesit perspektif görünüşü

SONUÇ

Arıtılmamış atık suların sulama amaçlı kullanımı gerek bitki-toprak ve su ekosisteminde gerekse de kullanıcılarda istenmeyen sonuçlara neden olmaktadır. Bu nedenle atık suların mutlaka arıtılmaları gerekmektedir. Klasik arıtma yöntemlerine bir alternatif olan yapay sulak alanlar ile evsel atık suların birincil ve ikincil kademe arıtmaları gerçekleştirilebilir. Ancak yapay sulak alanların planlanmasında her bir alanın birbirinden farklı ve düzenlenmesinin o alana özgü olduğu gerçeği göz önüne alınmalıdır. Düzenlenme arıtılacak atık suyun niteliğine ve niceliğine, istenilen arıtma seviyesine (arıtılmış atık su kalitesine), alanın iklim şartlarına, kullanılacak bitki türlerine, akış hidroliğine ve ekonomik giderlere göre farklılıklar göstermektedir. Bu kriterlerin göz önüne alınması ile her iklim şartına uygun yapay sulak alan inşası gerçekleştirilebilir, böylece ekonomik gücü yeterince fazla olmayan alanlarda arıtım gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] The World Bank. 2008. Global Monitoring Report. Millenium Development Goals and the Environment. Washington DC. 250 p.
- [2] Bouwer H, Idelovitch E. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Journal of Irrigation and Drainage. 113(4): 516-535.
- [3] Witt VM, Reiff FM. 1991. Environmental health conditions and cholera vulnerability in Latin America and The Caribbean. J. of Public Health Policy. 12(4): 450-463.
- [4] Kumbur H, Gündoğdu E. 1998. Evsel atık sularının tarımsal amaçlı değerlendirilmesi. I. Atık Su Sempozyumu, 22 - 24 Haziran 1998, Kayseri, s: 160-166.
- [5] Yağanoğlu AV, Angın İ. 2002. Atık suların sulama amaçlı kullanımı. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu. MKÜ Ziraat Fak., 18-20 Eylül 2002, Antakya-HATAY.
- [6] Çiftçi H, Kaplan SŞ, Köseoğlu H, Karakaya E, Kitiş M. 2007. Yapay sulak alanlarda atık su arıtımı ve ekolojik yaşam. Erciyes Üni. Fen Bilimleri Enst. Dergisi. 23 (1-2): 149-160.
- [7] Akten M, Akten S. 2008. Kentsel atık su yönetimi ve atık suların yeniden kazanımında yapay sulak alanların çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 20-22 Mart 2008, Ankara, s: 483-492.
- [8] Eremektar G, Tanık A, Arslan İ, Gürel M, Övez S, Orhon D. 2005. Türkiye’de Doğal Arıtma Uygulamaları ve Projeleri. Atık Suların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı, 9-10 Haziran 2005, İstanbul.
- [9] İçemer G. 2010. Özel tür toplulukları “Sulak Alanlar” (Basılmamış Ders Notları). Akdeniz Üni. Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Böl., Antalya. http://www1.akdeniz.edu.tr/muhfak/cevre/gti_dersnot/SULAK%20ALANLAR.pdf.
- [10] Anonymous. 2010. Stormwater Practices for Cold Climates (<http://www.stormwatercenter.net>). Erişim tarihi: Eylül 2010.
- [11] Uslu O, Adem Ö, Hikmet T. 1994. Su ve Atık Su Arıtımında Çökeltme, Yüzdürme ve Mekanik Filtrasyon. DEÜ Müh. Fak. Yay. İzmir.
- [12] Metcalf and Eddy. 1991. Environmental Engineering - Natural Treatment System. Mc Graw Hill, New York.
- [13] Anonymous 1993. Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) Washington.
- [14] Wallace, S. 2000. Constructed Wetlands in Cold Climates. Class notes prepared for Engineering Aspects of Treatment Wetlands, taught by Dr. Timothy Werner, Johns Hopkins University, Spring 2000.