

# AKUAKÜLTÜRDE KAPALI DEVRE SİSTEMLERİN KULLANIMI

SERAP USTAOĞLU<sup>1</sup> GÖRKEM DALKIRAN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi, 57000 Sinop  
e-posta: [ustaoglu@omu.edu.tr](mailto:ustaoglu@omu.edu.tr)

## ÖZET

Geleneksel akuakültür sistemleri olan havuz ve kafeslerde balık yetiştiriciliğinde çok miktarda suya gereksinim vardır. Kapalı devre sistemler ya da resirküle sistemler, havuz ve kafeslerde balık yetiştiriciliğine bir alternatif oluşturmaktadır. Kapalı devre sistemlerde suyun artırılması ve tekrar kullanımı ile aynı miktarda ürün, havuz yetiştiriciliğinde gereken suyun yalnızca küçük bir bölümü ile elde edilebilir. Kapalı devre sistemlerde yetiştiricilikte genellikle tanklar kullanıldığından alan gereksinimi de daha azdır. Kapalı devre sistemlerin az su ve az alan gereksinimi dışında, su sıcaklığı ve su kalitesinin kontrol edilebilirliği ve olumsuz hava şartlarından bağımsız olma gibi diğer bazı avantajları da vardır. Bu sistemler henüz pahalı yatırım gerektirmelerine rağmen, az miktarda su ile yıl boyu üretimin mümkün olması gibi nedenlerle yetiştiriciler tarafından ilgi duyulan sistemlerdir.

**Anahtar kelimeler:** akuakültür, kapalı devre sistemler

# AKUAKÜLTÜRDE KAPALI DEVRE SİSTEMLERİN KULLANIMI

## ABSTRACT:

Traditional aquaculture production in ponds and cages requires the availability of large quantities of water. Recirculating aquaculture production systems may offer an alternative to pond and cages aquaculture technology. Through water treatment and reuse, recirculating systems utilize a fraction of the water required by ponds to produce similar yields. Because recirculating systems usually utilize tanks for aquaculture production, substantially less land is required. There are also other advantages out of low water and land requirements in using recirculating aquaculture systems, which are the ability to control water temperature and water quality, and independence from adverse weather conditions. Although these technologies are yet costly, due to year-round production with extremely little water usage are attracted the interest of prospective aquaculturists.

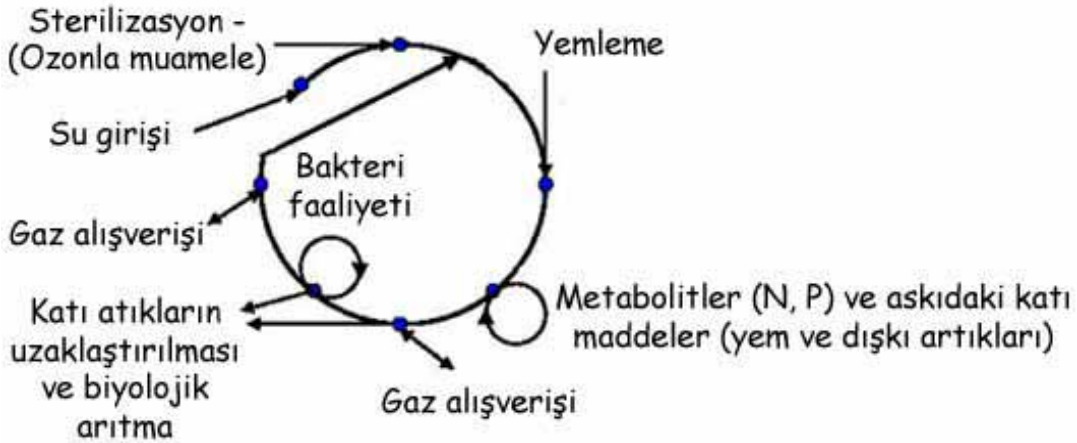
**Keywords:** aquaculture, recirculating systems

## GİRİŞ

Havuzlarda ve kafeslerde entansif balık yetiştiriciliği sırasında dışkı ve balık yemi artıkları başta olmak üzere önemli miktarda katı ve çözünmüş atık oluşmakta ve bu atıklar doğal ortama karışmaktadır (Chen ve ark., 1999; Pagand ve ark., 2000). Bu bakımdan akuakültürün çevresel etkileri son yıllarda dünya çapında tartışılmaktadır. Önemli bir endüstri kolu haline gelmiş olan akuakültürün uzun vadeli sürdürülebilirliği bakımından çevresel etkilerinin minimuma indirilmesi son derece önemlidir. Geleneksel balık yetiştiriciliği sırasında ortaya çıkan katı (yem artıkları ve dışkı) ve çözünmüş maddelerin (fosfor, azot) doğal sulara verilmeden önce toplanması ya da su ortamından uzaklaştırılması, yoğun su sirkülasyonu ile atıkların hızla alıcı ortama karışması nedeniyle oldukça zor bir işlemdir. Azot ve fosfor, balık yetiştiriciliği sırasında ortaya çıkan ve sucul ortamda ötrofikasyona neden olan başlıca çözünmüş maddelerdir (Cho ve Bureau, 2001; Barak ve ark., 2003). Hem su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı hem de geleneksel yetiştiricilik sistemlerinden doğal ortama karışan atık miktarının kontrolü bakımından kapalı devre sistemlere olan ilgi gittikçe artmaktadır (Tango ve Gagnon, 2003).

Kapalı devre sistem ya da resirkülasyon sistemi; dışkı ve yem artıkları uzaklaştırıldıktan ve balıklar için toksik özellikteki amonyak, biyolojik arıtma ile zararsız hale dönüştürüldükten sonra suyun tekrar kullanımı esasına dayanan bir akuakültür sistemidir. Ayrıca su, yetiştiricilik tanklarına dönmeden önce kalite ve kimyasal yapı bakımından oksijence zenginleştirme, karbondioksitin uçurulması, ozonla ve/veya UV ile muamele gibi bazı işlemlere de tabi tutulur (Şekil 1) (Ebeling ve ark., 1995; Losordo ve ark., 1999; Anonim, 2005a).

Kapalı devre sistemlerde balık yetiştiriciliği 30 yılı aşkın bir süredir yapılmakta olup (Masser ve ark., 1999), özellikle son yıllarda akuakültürün çevre üzerine baskısını azaltma bakımından tercih edilen bir yetiştiricilik sistemi haline gelmiştir (Pagand ve ark., 2000). Arazi ve su ihtiyacının az olması yanısıra su parametrelerinin tam kontrolü sayesinde yıl boyu üretim imkanının olması bu sistemi avantajlı kılan yönleridir (Masser ve ark., 1999). Kapalı devre sistemler, en yoğun balık yetiştiriciliğinin yapıldığı sistemler olup özellikle su kaynaklarının yetersiz veya uygun olmadığı şartlarda



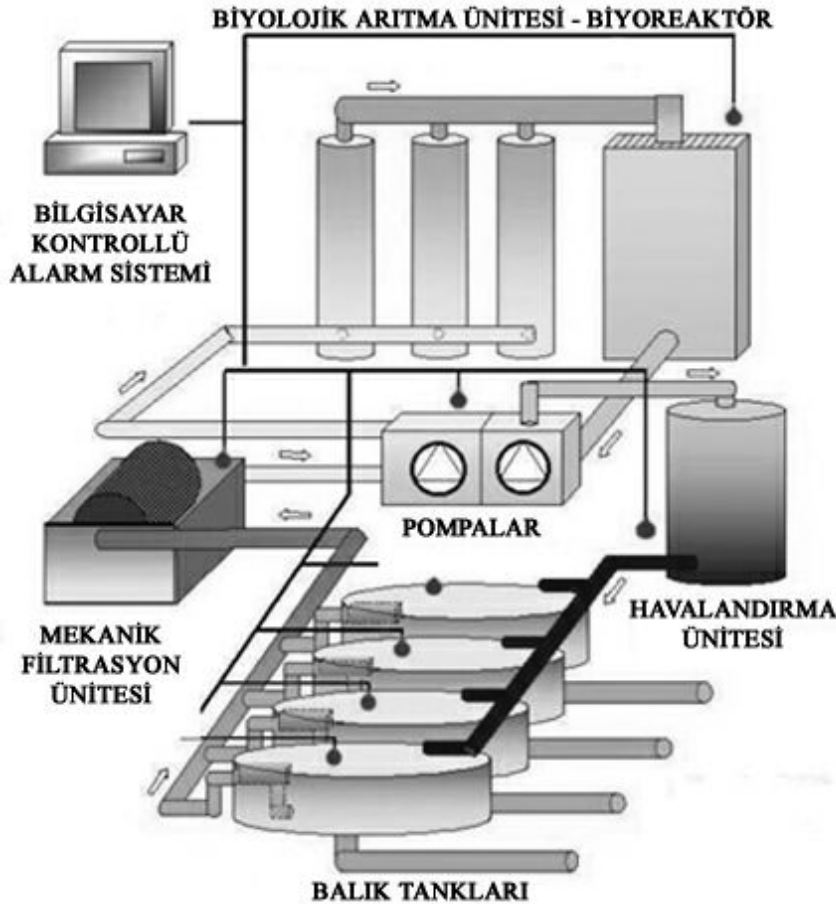
Şekil 1. Kapalı devre sistem döngüsü (Anonim, 2005b)

tercih edilmektedir. Hem yüksek yoğunlukta balık yetiştiriciliğine imkan tanınması hem de akuakültürün çevresel etkilerinin minimuma indirilmesi gibi avantajlardan dolayı son yıllarda önem kazanmıştır (Kim ve diğ., 2000). Tam kapalı ya da yarı kapalı prensiple çalışan sistemlerden tam kapalı sistemlerde mevcut suyun % 90'ı hatta tamamı arıtılarak tekrar kullanılabilir (Stickney, 1993).

Kapalı devre sistemler teknik ve işleyiş prensibi bakımından kompleks sistemler olup kuruluş aşamasında oldukça pahalı bir yatırım gerektirmektedir. Yetersiz işletme şartlarında sistemde teknik aksaklıklar, su kalitesinde bozulma, balıklarda stres ve hastalık gibi olumsuz durumlar ortaya çıkabilir. Bu yüzden kapalı devre sistemlerde oldukça yüksek

bilgi birikimi ve uzman desteğine ihtiyaç vardır (Masser ve ark., 1999).

Kapalı devre sistemlerde genellikle iyi yem değerlendirme ve büyüme için yüksek su sıcaklığı gerektiren levrek, kalkan, mersin balığı, yılan balığı, yayın, tilapya ve akvaryum balıkları yetiştirilmektedir (Helfrich ve Libey, 2005; Anonim, 2005c).



Şekil 2. Kapalı devre sistem şeması (Anonim, 2005d, modifiye edilmiş)

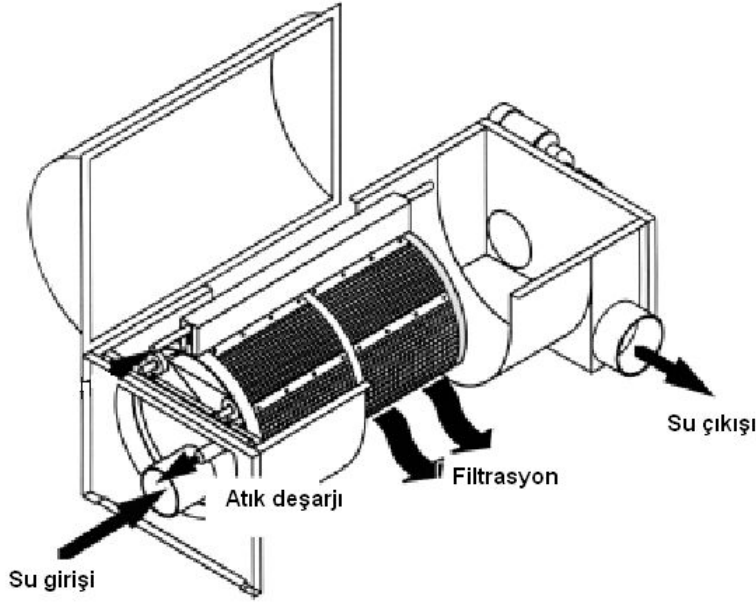
## 2. Kapalı Devre Sistem Donanımı

Akuakültürde kullanılan kapalı devre sistem donanımı başlıca, dışkı ve yem artıkları gibi katı atıkların uzaklaştırılması için mekanik filtrasyon ünitesi, biyolojik arıtma için biyoreaktör, organik partiküllerin parçalanması için ozonla muamele ünitesi, havalandırma ve karbondioksit

uzaklaştırma ünitesi, oksijen enjeksiyon ünitesi, ultraviyole ünitesi ve balıkların bulunduğu tanklardan oluşur (Şekil 2) (Losordo ve ark., 1999; Losordo ve ark., 2001).

## 2.1. Mekanik Filtrasyon Ünitesi

Balık dışkıları ve yem artıkları gibi kaba katı atıkların uzaklaştırılması, kapalı devre sistemlerdeki önemli aşamalardan ilkidir. Sistemde biriktiği takdirde ilave oksijen tüketimine ve amonyak oluşumuna neden olan katı atıkların hızla uzaklaştırılması, biyolojik filtrenin randımanlı çalışması bakımından da önem taşır (Masser ve ark., 1999; Losordo ve ark., 1999). Mekanik filtrasyon amacıyla çeşitli tipte elek ve filtreler kullanılabilir. Bunlar arasında tambur elekler, disk elekler, seperatör filtreler, kum filtreleri ve aktif karbon filtreleri sayılabilir. Kapalı devre yetiştiricilik sistemlerinde en çok kullanılan tambur elekler olup bu eleklerde katı atık içeren su, optimum elemanın gerçekleşeceği şekilde içten akışlı olarak tambura verilir (Şekil 3). Tambur elekte bulunan deliklerden geçerek katı maddeden arındırılmış su, daha sonra altta bulunan deşarj bölümüne geçerek buradan deşarj edilir. Ağırlık merkezi prensibine göre tamburun iç bölümünde toplanan katı maddeler tamburun dönme etkisiyle ilerleyerek katı madde deşarj bölümüne kendiliğinden dökülür. Tambur üzerinde kalan katı maddeler temiz suyun püskürtülmesi ile temizlenir.

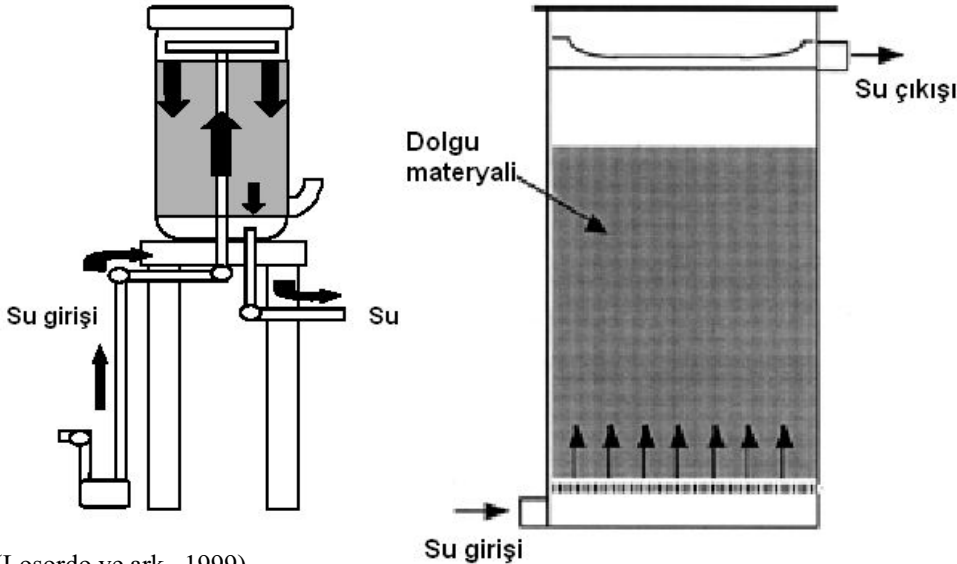


Şekil 3. Tambur elek (filtre) (Losordo ve ark., 1999)

Kaba katı atıkların uzaklaştırılmasına rağmen su, protein ve yağ moleküllerinden oluşan bir miktar organik atık içermektedir. Bunların uzaklaştırılması için flotasyon (yüzdürme) işlemi uygulanır. Flotasyon, sudaki gerek sıvı gerek katı maddelerin yüzdürülerek su yüzeyinde toplanması ve sıyrılması sağlayan işlemdir. Flotasyon işlemi sıvı ortama verilen gaz (genellikle hava) kabarcıklarının, yüzdürülecek tanelere tutunarak bunları yukarıya doğru birlikte hareket ettirmeleri şeklinde gerçekleşir. Yüzeyde toplanan köpük halindeki yüzdürülmüş maddeler bir yüzey sıyrma tertibatı ile toplanarak uzaklaştırılır (Anonim, 2005e).

## 2.2. Biyolojik Filtrasyon Ünitesi (Biyoreaktör)

Kapalı devre sistemlerdeki en kritik süreçlerden biri biyolojik arıtma sürecidir. Balık metabolizması ve yenmeyen yemlerden kaynaklanan ve balıklar için toksik özellikle olan amonyağın biyofiltrasyon ünitesinde hızlı bir şekilde

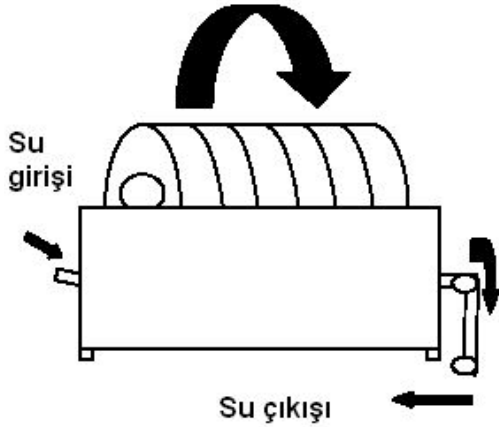


zararsız hale dönüştürülmesi gereklidir (Kim ve ark., 2000). Biyofiltrasyon ünitesinde kullanılan çeşitli filtre tipleri (damlatmalı filtre, akışkan yataklı filtre, biyodisk) olmasına rağmen çoğunlukla, içinde bakterilerin tutunmasını sağlayan yüzey artırıcı sentetik materyaller (dolgu materyali) bulunan

Şekil 4. Damlatmalı filtre (Hall, 1999) Şekil 5. Akışkan yataklı filtre

(Losordo ve ark., 1999)

damlatmalı veya akışkan yataklı filtreler kullanılır (Şekil 4, 5 ve 6).



Şekil 6. Biyodisk (Hall, 1999)

toplam amonyak nitrojeninin büyük kısmı iyonize formda bulunurken, pH 8,0 olduğunda büyük kısmı iyonize olmamış formdadır. Yetiştiricilik suyundaki iyonize olmamış amonyak nitrojeni miktarı 0,05 mg/l'yi aşmamalıdır (Ebeling ve ark., 1995; Losordo ve ark., 2001). 0,07 mg/l  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu balıklarda yavaş büyümeye ve doku tahribatına neden olabilir (Masser ve ark., 1999).

Amonyak, bakteri kolonileri (*Nitrosomonas* ve *Nitrobacter*) tarafından *nitritasyon* sürecinde önce nitrit ( $\text{NO}_2$ ) sonra nitrate ( $\text{NO}_3$ ) dönüştürülür. Amonyak azotunun oksidasyonu sonucu oluşan nitrit azotu balıklar için toksiktir ve kanda oksijen tutulum kapasitesini düşürür. Biyolojik filtrasyonun temel elemanı olan *Nitrosomonas* grubu bakteriler, biyoreaktör içindeki dolgu materyallerine, tank duvarlarına, boru ve vanalara yerleşirler ve nitritasyon süreci sırasında amonyak azotunu enerji sağlamada kullanırlar. Nitritasyon sürecinin yan ürünü olarak nitrit azotu oluşur. Nitrit azotu balıklar için amonyak azotu kadar toksik olmasa da sudan uzaklaştırılması gereklidir. Nitrit azotunun sudaki konsantrasyonu 0,5 mg/l'tyi geçmemelidir. Yüksek konsantrasyonlardaki nitrit azotu, hemoglobine birleşerek methemoglobini oluşturur ve methemoglobin oksijeni bağlama ve taşıma özelliğinde olmadığından balıklarda solunum problemlerine yol açar. Bioreaktörlerde *Nitrosomonas* grubu bakteriler dışında *Nitrobacter* grubu bakteriler de bulunur. Bunlar nitrit azotunu enerji kaynağı olarak kullanırlar ve nitritasyon sürecinin son ürünü olan nitrate dönüştürürler (Ebeling ve ark., 1995; Losordo ve ark., 1998).

#### Denitrifikasyon:

Nitritasyon sürecinin son ürünü olan nitrat ( $\text{NO}_3$ ), amonyak ve nitrite göre daha az toksiktir. Kapalı devre sistemlerde nitrat seviyesi çok yükselmekle birlikte balıklar 100-200 mg/l'lik konsantrasyonlara tolerans gösterebilir. Ancak yüksek konsantrasyonlara ulaştığında, balığın sağlığına etki eden aşırı alg çoğalmalarına neden olabilir. Nitrat azotu hem sistemdeki günlük su değişimi ve filtrelerin geri yıkaması sırasında hem de denitrifikasyon süreciyle ortamdaki uzaklaştırılabilir. Sistemdeki suyun günlük olarak % 5-10 oranında değişimi, nitrat konsantrasyonunun dengelenmesinde yeterlidir. Denitrifikasyon ise, anaerobik bakterilerin oksijensiz ortamdaki metabolik aktivitesi sırasında, nitrat azotunun azot gazına ( $\text{N}_2$ ) dönüştürülmesi şeklinde gerçekleşir. Denitrifikasyon sonucu oluşan azot gazı, sistemdeki su hareketi ve havalandırma ile kolayca havaya geçebilir (Ebeling ve ark., 1995; Losordo ve ark., 1998).

#### 2.3. Havalandırma (Oksijenasyon ve Karbondioksitin Uzaklaştırılması)

Kapalı devre sistemlerde çözülmüş oksijen konsantrasyonu hem balıklar hem de biyofiltrasyon ünitesindeki bakterilerin aktivitesi için önemlidir. Suda çözülmüş oksijen en az % 60 doymuşlukta ve minimum 6 mg/l konsantrasyonda olmalıdır. 2 mg/l çözülmüş oksijen, biyofiltrasyon ünitesindeki bakteriler için alt sınırdır (Masser ve ark., 1999; Losordo ve ark., 1999).

Havalandırma, atmosferdeki oksijenin suya geçişinin sağlanması şeklinde ifade edilebilir. Suya saf oksijen ilavesi ise oksijenasyon şeklinde tanımlanabilir. Havalandırma, kompresör ve hava taşı kullanılarak balık tanklarında yapılabileceği gibi, su tanklara iletilmeden önce de yapılabilir. Balık tanklarında yapılan havalandırma çoğu zaman yetersiz kalabileceğinden, suyun tanklara verilmeden önce havalandırılması ya da oksijen zenginleştirilmesi daha uygundur. Özellikle çok yoğun yetiştiricilik şartlarında suya saf oksijen ilavesi de gerekebilir. Oksijenasyon genellikle on-site oksijenlendirme ünitesinde yapılır (Losordo ve ark., 1992).

Reaktöre dışarıdan ekilen ve dolgu materyali üzerine yerleşen mikroorganizmaların faaliyeti sonucu amonyak, biyolojik olarak nitrate yükseltgenir. Dolgu materyali çok yüksek spesifik yüzey alanına sahiptir ve mikroorganizmalar dolgu materyalinin yüzeyine tutunurlar. Böylece filtre edilmeleri veya uzaklaşmaları önlenir (Hall, 1999; Losordo ve ark., 2001).

#### Nitrifikasyon:

Balıktaki protein metabolizmasının başlıca azotlu ürünü olan amonyak, solungaçlardan gaz şeklinde suya geçer. Asıl kimyasal formülü  $\text{NH}_3$  olup hidrojen iyonları ile bağ yapabilme özelliği sayesinde genelde suda  $\text{NH}_4^+$  iyonu olarak bulunur. Toplam amonyak nitrojeni (TAN), amonyağın iyonize olmamış hali ile ( $\text{NH}_3$ ) iyonize halinin ( $\text{NH}_4^+$ ) toplamıdır. Balıklar için amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), iyonize olmamış amonyağa ( $\text{NH}_3$ ) göre daha az toksiktir. İyonize olmamış amonyağın ( $\text{NH}_3$ ) sudaki konsantrasyonu, pH ve su sıcaklığı ile bağlantılıdır. pH 7,0 iken

Kapalı devre sistemlerde balıkların solunumu ve bakteri faaliyeti sonucu açığa çıkan karbondioksit, suda yeterince doymuş oksijenin varlığında toksik olmayıp, sudan fiziksel ve kimyasal metotlarla uzaklaştırılabilir. Genellikle havalandırma ve oksijen zenginleştirme sırasında sudaki karbondioksit de uçurulmuş olur. Kapalı devre sistemdeki karbondioksit miktarı balıklarda iyi büyümenin sağlanabilmesi bakımından 20 mg/l'den yüksek olmamalıdır (Masser ve ark., 1999).

#### **2.4. Dezenfeksiyon Ünitesi**

Kapalı devre sistemlerdeki yüksek stok yoğunluğu dolayısıyla hastalık riski oldukça yüksektir. Hastalıkların tedavisinde kimyasal maddelerin kullanımı, biyofiltrasyon ünitesindeki bakterilerin ölümüne neden olabileceğinden uygun değildir. Bu yüzden sistemde kullanılan suyun sürekli dezenfeksiyonu sayesinde hastalıkların kontrolü hedeflenir. Kapalı devre sistemlerde suyun dezenfeksiyonu için ultraviyole lambası ya da ozon kullanılır (Losordo ve ark., 1992).

**Ultraviyole ile Dezenfeksiyon:** Ultraviyole lambasıyla dezenfeksiyon sırasında bakteri, virüs, parazit ve bunların yumurtaları etkisiz hale gelir. Ortalama 254 nm'lik dalga boyunda mikroorganizmaların DNA ve RNA yapıları bozularak etkisiz hale getirilir. UV ile dezenfeksiyonun randımanını suyun bulanıklığı, akış hızı ve mikroorganizmaların büyüklüğü etkiler (Yanong, 2005) Bu yöntemin en önemli dezavantajı, sudaki bulanıklık nedeniyle UV lambasının etkisinin azalmasıdır. Bu bakımdan kapalı devre sistemde su, UV ünitesine gelmeden önce mutlaka askıdaki katı maddelerden arındırılmış olmalıdır. Diğer taraftan UV lambasının etkinliği zamanla azaldığından rutin olarak değiştirilmesi gereklidir. Bu da maliyeti etkileyen bir uygulamadır (Losordo ve ark., 1992).

**Ozonla Dezenfeksiyon:** Ozon (O<sub>3</sub>), güçlü bir oksidasyon ajanıdır ve endüstriyel alanda olduğu gibi akuakültür alanında da dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Kapalı devre sistemlerde kullanıldığında dezenfeksiyon etkisinin yanı sıra, nitriti ve organik maddeleri okside ederek suyun kalitesini de artırmaktadır (Summerfelt ve ark., 1997). Güçlü bir dezenfektan olması nedeniyle balık hastalıklarının önlenmesindeki gücü yanında oksijen üretimindeki performansı da yüksektir. Ozon kullanımının dezavantajı pahalı olmasıdır. Diğer taraftan gerekenden fazla kullanıldığında zararlı etkisi olabileceğinden dozu çok iyi ayarlanmalıdır. Canlı organizmalardaki aminoasitler, yağ asitleri ve proteinler başta olmak üzere biyokimyasal bileşikler okside etme kabiliyetindedir. Balıklarda solungaç lamellerindeki epitel örtüyü tahrip etmekte ve ölüm görülmesi bile enfeksiyonlara karşı hassasiyeti artırmaktadır. Balıklar için ölümcül ozon konsantrasyonu balık büyüklüğüne bağlı olmakla birlikte 0,01 mg/l civarındadır (Atamanalp, 2002).

#### **2.5. Bilgisayar Kontrollü Alarm Sistemi**

Kapalı devre sistem elemanlarının kompleks yapısı ve ünitelerin birbiriyle bağlantılı olması nedeniyle 24 saat kontrol altında tutulması gereklidir. Bu yüzden işletmede meydana gelecek herhangi bir aksaklıkta hızlı müdahale edebilmek için sistemden sorumlu kişinin telefonuna mesaj gönderen bir alarm sistemi kullanılması şarttır (Ebeling ve ark., 1995).

### **3. Kapalı Devre Sistemlerin Avantajları**

#### **3.1. Düşük Su Gereksinimi**

Optimal şekilde kurulan ve işletilen kapalı devre sistemler, sadece buharlaşma ve filtre temizliğinde kayba uğrayan suyu (% 5-10) karşılayacak şekilde günlük minimum su girişi gerektirirler. Bu bakımdan kapalı devre sistemler yeraltı suyu kıt olan bölgelere kurulabilir ya da sistemde klorlanmamış şehir suyu kullanılabilir. Gerekli su miktarı bakımından değerlendirildiğinde, kapalı devre sistemler su temini kolay olduğundan şehirlere yakın bölgelere kurulabilir. Bu durum pazar açısından da avantajlıdır. Kapalı devre sistemlerde yetiştiricilik havuz yetiştiriciliği ile karşılaştırıldığında aynı miktarda balık % 90 oranında daha az su kullanılarak elde edilebilmektedir (Tetzlaff ve Heidinger 1990; Ebeling ve ark., 1995).

#### **3.2. Az Alan Gereksinimi**

Kapalı devre sistemler havuz işletmelerine göre daha küçük araziler üzerine inşa edilebilmekte olup toprak yapısı da önemli rol oynamamaktadır. Diğer taraftan kapalı devre sistemlerde, oksijen ilavesiyle balıkların oksijen ihtiyacı optimum karşılanabildiğinden ve metabolik atıklar bertaraf edilebildiğinden, az alanda stok yoğunluğu maksimum seviyede tutulabilir (Ebeling ve ark., 1995).

#### **3.3. Su Sıcaklığının Kontrol Edilebilirliği**

Kapalı devre sistemlerin en önemli avantajlarından biri su sıcaklığının kontrol edilebilirliğidir. Bu durum özellikle soğuk iklimlerde ılık su balığı yetiştiriciliğinde büyük avantaj sağlamaktadır. Su sıcaklığı, yetiştirilen balık türünün optimum yem değerlendirme ve büyümesi için gerekli seviyede sabit tutulabilmektedir. Bir kez ısıtılan suyu az miktarda taze su ilavesiyle sabit sıcaklıkta tutmak daha kolay olduğundan enerji ihtiyacı azalmaktadır. Sabit su sıcaklığı sayesinde balıkların pazar ağırlığına daha kısa sürede ulaşması mümkün olmaktadır (Tetzlaff ve Heidinger 1990; Ebeling ve ark. 1995).

#### **3.4. İklim Koşullarından Bağımsız Üretim İmkani**

Kapalı devre sistemlerde balıkların kapalı ortamlarda kontrollü çevresel şartlarda yetiştirilmesi, iklim şartlarından bağımsız hareket imkanı tanımaktadır. Yağmur, kar, buzlanma, fırtına, sel, aşırı sıcak ya da aşırı soğuk hava

şartlarından tamamen bağımsız üretim yapılabilmektedir. Bu da ürünün istenilen zamanda pazara sunulmasında avantaj sağlamaktadır (Ebeling ve ark., 1995).

### 3.5. Su Kalitesinin Kontrol Edilebilirliği

Kapalı devre sistemlerde su parametreleri istenildiği şekilde ayarlanabildiğinden tam kontrollü üretim yapılabilmektedir. Örneğin doymuş oksijenin optimum seviyede tutulması hem yem değerlendirme ve büyüme bakımından avantaj sağlamak hem de balıklarda stresi önleyerek hastalıklara karşı dirençli olmalarını sağlamaktadır. Diğer taraftan kapalı devre sistemdeki balıkların herhangi bir çevresel kirleticiden etkilenme riski de daha düşüktür (Tetzlaff ve Heidinger 1990; Ebeling ve ark., 1995).

### 4. Kapalı Devre Sistemlerin Dezavantajları

Kapalı devre sistemlerinin avantajları yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır:

1. Yatırım ve işletme masraflarının yüksek olması
2. Sistemi düzenli bir şekilde işletecek uzman kişilerin gerekli olması

## SONUÇ

Kapalı devre sistemler günümüzde çipura, levrek gibi nispeten yüksek su sıcaklığı gerektiren birçok balık türünün larval yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Diğer taraftan soğuk iklim kuşağında bulunan ülkelerde (Almanya, Danimarka, Hollanda) iyi büyüme ve yem değerlendirme için yüksek su sıcaklığı gerektiren levrek, kalkan, mersin balığı, tilapia gibi balık türlerinin yetiştiriciliğinde de kullanılmaktadır. İklim şartlarının yanı sıra su kaynaklarının yetersiz veya kullanımının kısıtlı olduğu ülkelerde de kapalı devre sistemler tercih edilen yetiştiricilik sistemleridir. Almanya'da 2001 yılında kurulmuş olan ve Avrupa'daki en büyük kapalı devre sistemlerden biri olan ECOMARES adlı işletme, 100 t/yıl kalkan balığı üretim kapasitesi ile kurulmuştur (Ek 1).

Ülkemizde ise kapalı devre sistemler çipura, levrek gibi balıkların larva yetiştiriciliğinde kullanılmasına rağmen ticari anlamda balık yetiştiriciliğinde kullanımı henüz bulunmamaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ve içsular bakımından zengin bir ülke olarak günümüze kadar kapalı devre sistemlerde yetiştiricilik uygulamalarına gerek duyulmamıştır. Oysa son zamanlarda AB uyum yasaları çerçevesinde çevre koruma ve doğal suların kullanımına ilişkin yasa ve yönetmelikler gereği doğal suların kullanımına ilişkin yeni uygulamalar söz konusu olacaktır. Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde kıyasal alanda kafeslerde çipura ve levrek yetiştiriciliği yapan işletmeler, çeşitli platformlarda turizmcilerle karşı karşıya gelmekte ve kafes yetiştiriciliği çevresel etkilerinden dolayı tartışma konusu olmaktadır. Avrupa'da doğal suların kullanımı ve atık su yönetmelikleri göz önüne alınarak kapalı devre sistemlerde balık yetiştiriciliğine yönelme devam etmektedir. Bu uygulamaların yakın gelecekte Türkiye için de zorunlu olarak söz konusu olacağı düşünüldüğünde kapalı devre sistemlerin ülkemizde de kullanımının yaygınlaşacağı düşünülebilir. Henüz pahalı yatırımlar olduğundan kullanımı sınırlı olan bu sistemler, özellikle son zamanlarda ilgi duyulmaya başlanılan kalkan ve mersin balığı gibi, iyi büyüme ve yem değerlendirme için 20°C'nin üzerindeki su sıcaklığı gerektiren balıkların özellikle Karadeniz Bölgesi şartlarında yetiştiriciliği için gerekli olan sistemlerdir. Bu bakımdan yüksek kapasitedeki kapalı devre sistemlerin ülkemiz şartlarında kurulması ve işletilmesi için gerekli donanımın kullanım imkanlarının araştırılması ve maliyetinin belirlenmesi konusunda çalışmalara başlanmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2005a. Recirculating Systems. (<http://www.americulture.com/Recirc.htm>) (26 Temmuz 2005)
- Anonim, 2005b. Stoffflüsse im marinen Aquakultursystem. <http://www.ma-tec-netz.de/forendoc/aquakultur-dokumentation.pdf> (26 Temmuz 2005)
- Anonim, 2005c. Fischproduktion im Gebaeude. <http://www.infofarm.de/datenbank/medien/51/Aquatecon%20Konzept.pdf> (26 Temmuz 2005)
- Anonim, 2005d. (Fischtechnik-Kreislaufanlagen III. [http://www.fischtechnik-gmbh.de/crs\\_d2.htm](http://www.fischtechnik-gmbh.de/crs_d2.htm) (28 Temmuz 2005)
- Anonim 2005e. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği teknik usuller tebliği. [http://www.geocities.com/shartavi/su\\_kirlilik.htm](http://www.geocities.com/shartavi/su_kirlilik.htm) (27 Temmuz 2005)
- Atamanalp, M., 2002. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Resirkülasyon Sistemlerinin Kullanılması. Türktarım, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, Sayı:14821-25.
- Barak, Y., Cytryn, E., Gelfand, I., Krom, M., van Rijn, J., 2003. Phosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 220: 313–326.
- Cho, C.Y., Bureau, D.G., 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, 32: 349-360.
- Chen, Y.S., Beveridge, M.C.M., Telfer, T.C., 1999. Settling rate characteristics and nutrient content of the faeces of Atlantic salmon *Salmo salar* L., and the implications for modelling of solid waste dispersion. *Aquaculture Research*, 30: 395-398.
- Ebeling, J., Jensen, G., Losordo, T., Masser, M., McMullen, J., Pfeiffer, L., Rakocy, J., Sette, M., 1995. Model Aquaculture Recirculation System (MARS)- Engineering and Operations Manual, Ed: W. Wade Miller, National Council for Agricultural Education, Alexandria, Virginia: 16 pp.

- Hall, G. A., 1999. A comparative analysis of three biofilter types treating wastewater produced in recirculating aquaculture systems, Thesis of Master of Science, Blacksburg, Virginia: 60 pp.
- Helfrich ve Libey, 2005. Fish Farming in Recirculating Aquaculture Systems (RAS). (<http://www.fw.vt.edu/fisheries/extension/fishfarming/RecirculateAquaSys.html>,27.7.2005)
- Kim, S.K., Kong, I., Lee, B.H., Kang, L., Lee, M.G., Suh, K.H., 2000. Removal of ammonium-N from a recirculation aquacultural system using an immobilized nitrifier. *Aquacultural Engineering* 21: 139-150.
- Losordo, T.M., Rakocy, J.E., Masser, M.P., 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-Component Options. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No: 453:11 pp.
- Losordo, T.M., Masser, M.P., Rakocy, J.E., 1998. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-An Overview of Critical Considerations. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No: 451:6 pp.
- Losordo, T.M., Masser, M.P., Rakocy, J.E., 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-A Review of Component Options. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No: 453:12 pp.
- Losordo, T.M., Masser, M.P., Rakocy, J.E., 2001. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-An Overview of Critical Considerations. *World Aquaculture* 32, No 1:18-31.
- Masser, M.P., Rakocy, J., Losordo, T.M., 1999. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems-Management of Recirculating Systems. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication No. 452: 12 pp.
- Pagand, P., Blancheton, J.P., Lemoalle, J., Casellas, C., 2000. The use of high rate algal ponds for the treatment of marine effluent from a recirculating fish rearing system. *Aquaculture Research* 31: 729-736.
- Stickney R.R., 1993. Principles of Aquaculture. New York, NY: John Wiley and Sons, Inc.
- Summerfelt, S.T., Hankins, J.A., Weber, A.L., Durant, M.D., 1997. Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system. II. Effects of microscreen filtration and water quality. *Aquaculture* 158, 57-67.
- Tango, M. S., Gagnon, G.A., 2003. Impact of ozonation on water quality in marine recirculation systems. *Aquacultural Engineering* 29: 125-137.
- Tetzlaff, B. L., Heidinger, R.C., 1990. Basic Principles of Biofiltration and System Design. SIUC Fisheries Bulletin No. 9 (<http://131.230.57.1/fishweb/bull9a.htm> (28 Temmuz 2005).
- Yanong, R.P.E., 2005. Fish Health Management Considerations in Recirculating Aquaculture Systems - Part 2: Pathogens. <http://edis.ifas.ufl.edu/FA100> (28 Temmuz 2005)

Ek 1:



Şekil 7. Örnek kapalı devre sistem (Büsum-Almanya'da 100 t/yıl kalkan balığı üretim kapasiteli işletme- Ecomares GmbH & Co.KG)

Tesisin Özellikleri: Kuruluş yılı: 2001, Kuruluş maliyeti: 4 milyon DM (2001 yılı rakamı)

2400 m<sup>2</sup> kapalı alanda toplam 44 havuz, Her biri 50 t/yıl kapasiteli 2 üretim modülü, 600 m<sup>3</sup> toplam su hacmi, Her tankta saatte 2 kez su değişimi, Günde 60 m<sup>3</sup> lük toplam su değişimi.