

Su Ürünlerinde; Kapalı Devre Sistemleri

¹Mehmet Ateş

²Hasan Hüseyin Atar

¹Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 62000, Tunceli

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü 06110, Ankara

Özet

Kapalı devre sistemleri; yem ve balık atıkları sudan uzaklaştırıldıktan ve balıklar için toksik özellikteki zararlı gazların biyolojik arıtma ile zararsız hale getirildikten sonra suyun tekrar kullanımı esasına dayanan kontrolü bir akuakültür sistemidir. Bu sistemler genellikle üç ana filtrasyon kısmından meydana gelir. Bu üniteler; mekanik, kimyasal ve biyolojik filtrasyon bileşenleri ile pompalar ve balık üretim tanklarından oluşur. Kapalı devre sistemleri enerji tüketimi ve işçilik açısından ele alındığında diğer sistemlere göre uzun vadede oldukça ekonomik olduğu gibi çevresel açıdan da geleneksel çiftliklerden oldukça fazla avantajlıdır. Bu kapalı devre sisteminin temeldeki en büyük avantajı su sıcaklığının tam kontrol altında tutulması ve sürekli artılan suyu yeniden kullanmaya ve kültürde oluşan zararlı organizmaları uzaklaştırmaya dayanır. Bu sistemlerin ilk yatırım işletme maliyetleri yüksek olmasına rağmen, az miktarda su ile yıl boyu kontrollü üretimin mümkün olması gibi nedenlerle yetiştiriciler tarafından ilgi duyulan sistemlerdir. Bu çalışmada; farklı kapalı devre sistemlerinin tanıtımının yanında, bu sistemi oluşturan filtrasyonun ana ünitelerinin özellikleri belirtilerek sisteminin avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akuakültür, Kapalı devre sistemleri, Filtrasyon, Ultra viole, Yetiştiricilik

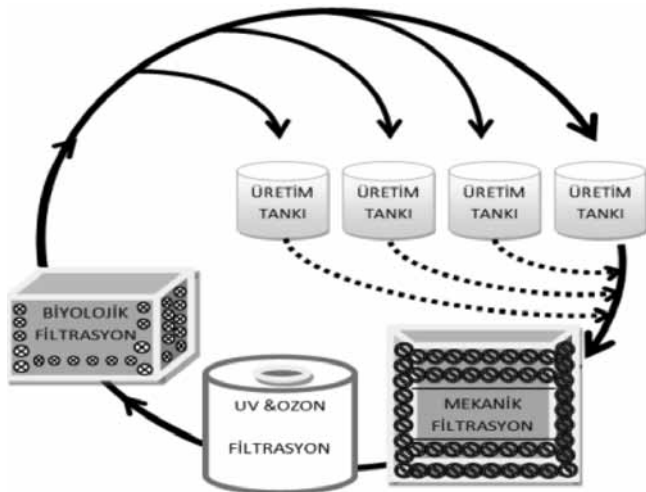
Giriş

Kontrolü su ürünleri yetiştiriciliğinde suyun fiziksel ve kimyasal olarak temizlenip yeniden kullanıldığı, çevre şartlarının

zor ve suyun az olduğu bölgelerde balık üretiminin yapılabilmesini sağlayan kontrollü düzeneklerdir. Yetiştiricilik sisteminde sürekli artılan suyu yeniden kullanmaya ve kültürde oluşan organizmaları uzaklaştırmaya ve bu suya toplam kullanılan su hacminin günlük %10'u kadar taze su ekleyerek kullanan sistemler olarak da tanımlanabilirler (Losordo ve ark., 2001) u sistemin çalışma prensibi yem ve balık atıklarından kirlenmiş ve köpürek gelen su mekanik filtrasyon ile sudaki katı maddelerin filtre edilmesi ve atıklardan dolayı da suda oluşan zararlı gazların biyolojik filtrasyon ünitesinde suda bulunan aerobik bakteriler tarafından parçalanıp ortamdaki uzaklaştırılmasıdır. Daha sonra ultra viole ve ozonlama ünitesinde ise nitrit ve organik maddeleri oksidize etmektedir. Son aşamada ise sistem suyu oksijenlendirilerek balıkların bulunduğu tanklara pompalanır (Şen, 2001). Genellikle kapalı devre akuakültür sistemleri mekanik ve biyolojik filtre bileşenlerini, pompaları ve ana tankları ve sistemde hastalık kontrolünü sağlamak ve su kalitesini arttırmak için ek su arıtım elemanlarını ihtiva eder (Losordo ve ark., 1992; Küçük, 2005). Resirkülasyonlu sistemler kendi içlerinde küçük ekosistemlerdir ve bu nedenle iyi sonuç alabilmek için bilgi ve dikkate gerek duyulmaktadır. Bu sistemler havuz veya tankta bulunan ilgili tüm aşamaları içermelidir. Bu nedenle sınırlı alan ya da hacim kullanılmaktadır ve maksimum kontrol için uygulamalar ünitelere ayrılmıştır.

Ana Filtrasyon Kısımları

Temel amacı sudaki süspansiyon maddeleri ve atıkları süzüp amonyak gibi zararlı gazların ortamdaki uzaklaştırması, organik partiküllerin parçalanması ve sudaki oksijen oranını arttırmak için havalandırılan suyun tekrar kullanılabilir hale getiren bu kapalı devre sistemleri teknolojik ve ekonomik yönden farklılık gösterse de esas olarak üç ana filtrasyondan oluşur (Şekil 1).



Şekil 1. Kapalı devre sistemini oluşturan ana üniteleri

Mekanik filtrasyon

Suda bulunan organik ve inorganik atıkların, genellikle üretim tankı veya havuz dışında çakıl, kum, elyaf, kartuş veya diğer bazı otomatik ve manüel filtre malzemelerinden oluşan sistem vasıtasıyla uzaklaştırılması prensibine dayanır (Masser ve ark., 1999). Mekanik filtrasyonda kullanılan filtreler kapasitelerine göre ve teknolojik gelişmelere göre sınıflandırılabilir.

Kum filtreleri

Bu filtreler polyester ve fiberglasın bobin şeklinde sarılmasıyla meydana getirilen bir gövde, PVC'den yapılmış kolektör kolları ve dağıtıcısı ile basınç ölçer, hava venteli ve fazla suyu ölçen ventilden oluşmaktadır. Filtrasyon çakıl, kum veya zeolit ile sağlanıyor. Kullanım amaçlarına göre farklılık gösterse de genelde filtrasyon hızı $50 \text{ m}^3/\text{sa}/\text{m}^2$ ve debi aralığı ise $8-150 \text{ m}^3/\text{sa}'\text{dır}$. Kum filtreleri basit kapalı devre sistemlerinde suyun askı yükünü elemine etmekte kullanılmaktadır.

Kartuş veya elyaf filtreler

Filtrasyon elyaf veya polipropilen kartuşlarla sağlanır. Kolektör üniteleri ve debiye bağlı üretim sayesinde yüksek debilerde kullanmak mümkündür. Basit mekanizması sayesinde kolay bakım ve temizleme imkanı bulunan bu filtreler üst kapaktan giriş sayesinde, sisteme filtre edilmemiş sıvı geçmesine olanak tanımaz. Filtrasyon aralığı ise $0,22-75 \mu$ arasındadır.

Torba filtreler

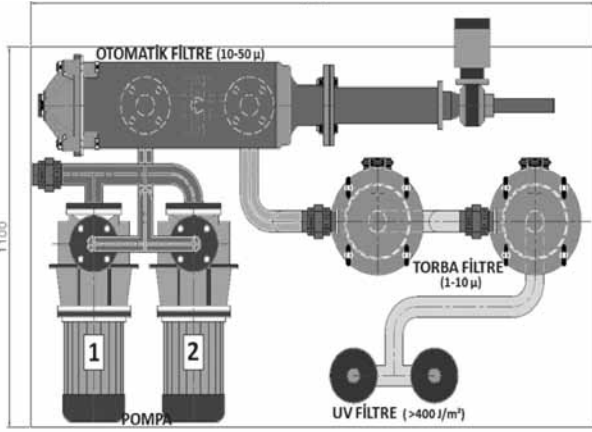
Filtrasyon çeşitli kimyasallara dayanıklı polipropilen torbalarla sağlanır. Kolektör üniteleri sayesinde yüksek debilerde kullanmak mümkündür. Filtrasyon aralığı $1-200 \mu$ olan bu filtreler, kartuş filtreler gibi üst kapaktan girişi sayesinde, sisteme filtre edilmemiş sıvı geçmesine olanak tanımaz.

Tambur filtreler

Basınç, bakım ve sarf malzemesi gerektirmeyen kesintisiz filtrasyonu mümkün kılan ve paslanmaz çelik malzemeden imal edilen filtrelerdir. Filtrasyon aralığı $20-3000 \mu$ ve debi aralığı $1-4500 \text{ m}^3/\text{sa}$ olabilmektedir.

Otomatik ve hassas filtreler

Çok geniş kullanım alanlarına sahip, otomatik, elektrikli, kendi kendini temizleyen filtrelerdir. Bu filtrelerin en önemli özelliği yüksek kapasiteli filtrasyon gereksinimlerinde 2μ hassas bir filtrasyon sağlaması ve rutin değiştirilecek hiç bir parçasının bulunmamasıdır. Filtrasyon aralığı $2-20\mu$ ve debi aralığı ise $15-400 \text{ m}^3/\text{sa}'\text{dır}$. Üretim tanklarında organik kirlilik yükü ile gelen su önce otomatik filtrelerden, daha sonra torba filtrelerden temizlendikten sonra su UV sistemine aktarılır (Şekil 2). Ultraviyole lambalarının etkisindeki su içerisinde bulunan yabancı canlı organizmalardan arındırılır. Su buradan biyolojik üniteye aktarılır.



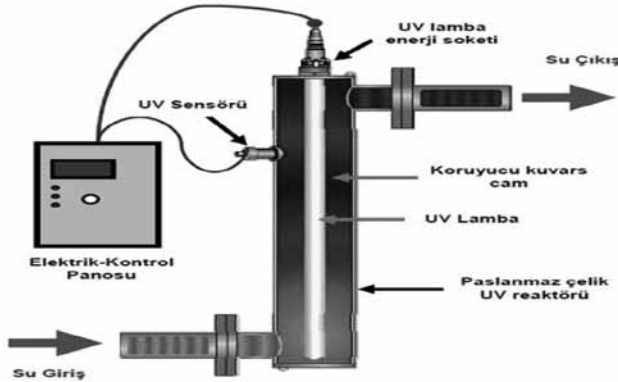
Şekil 2. Pompa, otomatik filtre, torba filtre ve UV bağlantı şeması

Kimyasal filtrasyon

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 ultra viole lambası ya da ozon uygulaması kullanılır (Losordo ve ark., 1992).

Ultra viole (UV) uygulaması

Ultra viole (UV) filtreler su içerisinde virüs, bakteri, mantar, parazit vb. hastalık yapıcı etkenleri ortadan yok etmek için kullanılmaktadır. Kapalı sistemlerde maksimum verim alınmak isteniyorsa ultraviyole filtreler kesinlikle kullanılmalıdır. Yoğun balık yetiştiriciliğinde yumurta ve yumurtadan çıkan larvaların yavru hale gelme süresi üretimin en hassas dönemi olduğundan, kullanılan suyun mikroorganizma içeriğini tamamen yok etmek gerekir. Bunun için 10-390 nm arasında değişen elektromanyetik radyasyon spektrumu olan uzun X ışınları ve kısa dalgalı görülebilir ışıklar kullanılır. Işınlar sudaki mikroorganizmaların doymamış yağ asitlerini parçalar ve yıkıma uğratar. İçerisinde civa bulunan quartz lambalar-

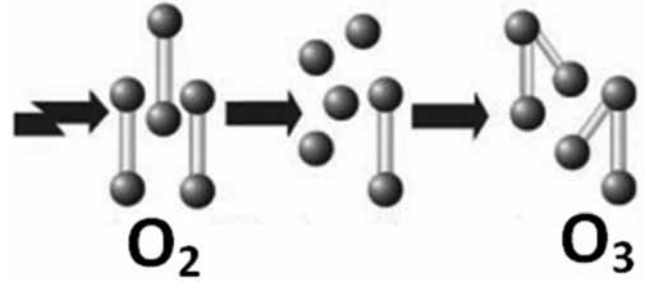


Şekil 3. Ultra viole

dan elektrik akımı geçirilerek UV ışınları elde edilir (Şekil 3). UV ışınları mikroorganizmalar ile temas ettiklerinde, DNA'larına fotooksidasyon yoluyla hasar vermektedir. DNA'sı tahrip olan canlının üreme dahil tüm hücre faaliyetleri durur ve hücre ölümü gerçekleşir (Aydın, 2005).

Ozon (O_3) uygulaması

Kuvvetli bir elektriksel alandan oksijence zengin bir gaz geçirilerek ozon üretimi gerçekleştirilir. Yoğun enerji nedeniyle bazı oksijen (O_2) molekülleri parçalanır ve oluşan oksijen atomları diğer oksijen molekülleriyle birleşerek 3 oksijen atomlu ozon (O_3) molekülünü oluşturur (Şekil 4). Ozon stabil bir gaz olmadığından depolanamaz ve kullanılacağı yerde üretilmelidir. Bu amaçla ozon üretim sistemleri denilen ozon jeneratörleri kullanılır. Ozon güçlü bir oksidasyon ajanıdır ve endüstriyel alanda olduğu gibi tam kontrollü balık üretim sistemlerinde de dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Kapalı devre sistemlerde kullanıldığında dezenfeksiyon etkisinin yanı sıra, nitriti ve organik maddeleri okside ederek suyun kalitesini de artırmaktadır. Canlı organizmalardaki aminoasitlerin, yağ asitleri ve proteinler başta olmak üzere biyokimyasal bileşikler okside etme kabiliyetindedir (Ustaoglu ve Dalkıran, 2005).



Şekil 4. Ozon oluşumu

Ozon gazının faydaları

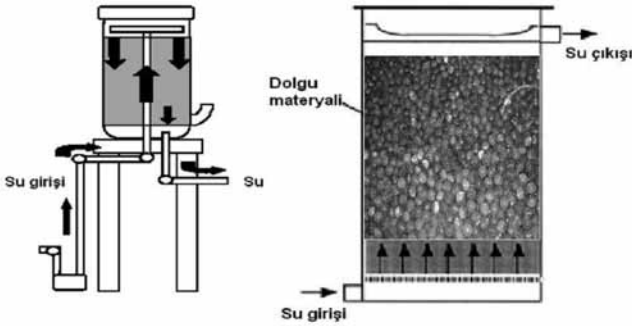
- Suyun kalitesini yükselterek sudaki kötü koku ve bulanıklığı giderir,
- Sularının yosunlanmasının önlenmesinde önemli etkiye sahiptir,
- Balıklarda hızlı büyüme ve gelişme sağlayarak mortalite oranını düşürür,
- Balıklar için zararlı nitrit ve organik karbonları yok eder ve Nitrit'in Nitrat'a oksidasyonu sağlar,
- Suyun dezenfeksiyonunu ve oksijen bakımından zenginleşmesini sağlar.

Biyolojik filtrasyon

Biyolojik filtreler sistemin en önemli bölümünü oluşturur. Filtrelerin temel görevi kullanılmış ve kirlenmiş suda bulunan amonyağı önce nitrite daha sonra nitrate dönüştürerek ortamdan uzaklaşmasını sağlar. Biyolojik filtrasyonda geniş yüzey alanlara sahip değişik plastik, bol gözenekli seramik, sünger vb. malzemelerine yerleşen aerobik ve anaerobik bakteriler, azot zinciri gibi biyolojik dönüşümler gerçekleştirerek suyun biyolojik

olarak arınmasını sağlar. Bu geniş yüzey alanlı malzemeler kullanılarak oluşturulmuş, bakterilere tutunma yüzeyi sağlayan nitrifikasyonun gerçekleştiği bir filtre yatağından oluşur. Suda süspansiyon halinde bulunan, biyolojik filtrede tutunmuş ve filtre yatağında birikmiş bakteriler tarafından nitrojen bileşiklerinin Mineralizasyon, Nitrifikasyon ve Disimilasyonu kapsar. Mineralizasyon ve nitrifikasyon sudaki nitrojen bileşenin kimyasal yapısını değiştirir. Fakat suda etkileyemediği bir kısım nitrojen vardır ki bu da disimilasyon (nitrat solunumu) ile elimine eder. Disimilasyon filtre yatağında yeterli oksijenin olmadığı ortamda meydana gelir (Painter, 1970).

Anaerobik solunum sırasında, disimilasyon bakterileri O_2 'siz ortamda NO_3^- 'den yararlanırlar. Sonra nitrat miktarını az olan diğer formlara oksidasyon sırasına göre dönüştürürlü; Amonyak nitrit, N_2O veya moleküller nitrojen halini alır. Son ürün filtre içindeki bakterilere bağlı olarak değişebilir. Bakteriler sayesinde nitratın gaz nitrojen formuna geçmesine Denitrifikasyon denir. Bu durumda bir miktar nitrojen sudan taşınabilir.



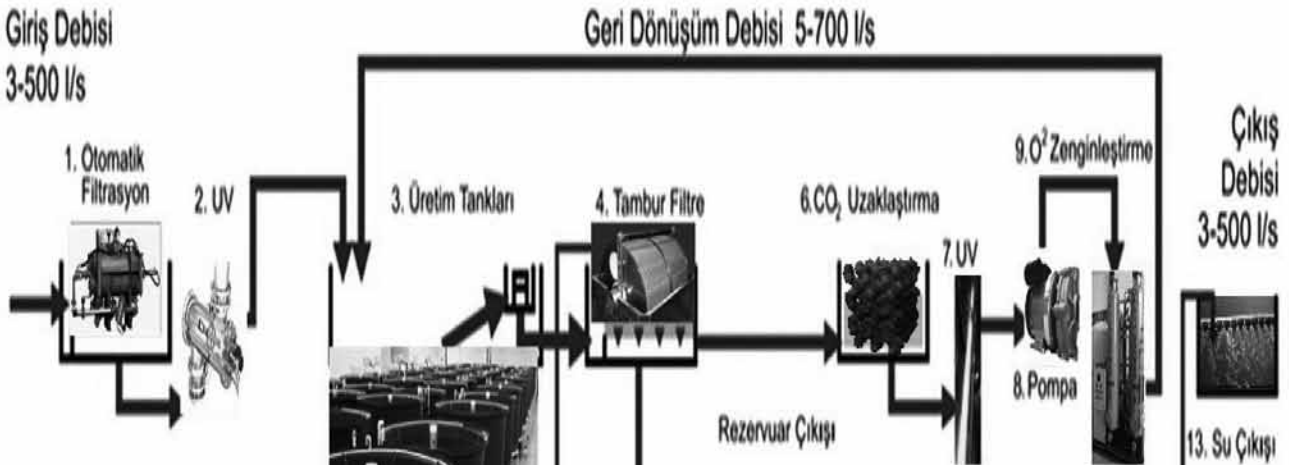
Şekil 5. Damlatmalı ve akışkan yataklı biyolojik filtreler
Kapalı Devre Sistemi Çeşitleri

Bu sistemde üretim tanklarına gelen su otomatik filtrasyon ve UV ışınından geçirildikten sonra kullanılır. Balık ve yem atıklarından dolayı üretim tanklarında kirlenmiş suyu sırasıyla mekanik, kimyasal ve biyolojik filtrasyondan geçirildikten sonra tekrar kullanılabilir hale ge-

tirdikten sonra sisteme verilir (McGee ve Cichra, 2000). Kapalı devre sistemini; geri dönüşümlü sistem (Şeki 6), basit kapalı devre sistemi (Şekil 7), ve tam kapalı devre sistemi (Şekil 8), olarak üç çeşide ayrılır ve sistemleri oluşturan üniteleri sırasıyla özetlemek gerekirse; üretim tankları, atık tutucular, otomatik veya torba filtreler, biyolojik filtreler, karbondioksit uzaklaştırma, ultra viole, ozonlama, oksijence zenginleştirme, ısıtma ve soğutma, denitrifikasyon, protein ayrıştırıcı, ve defosforizasyon işlemleri şeklindedir.

Sistemin avantajları

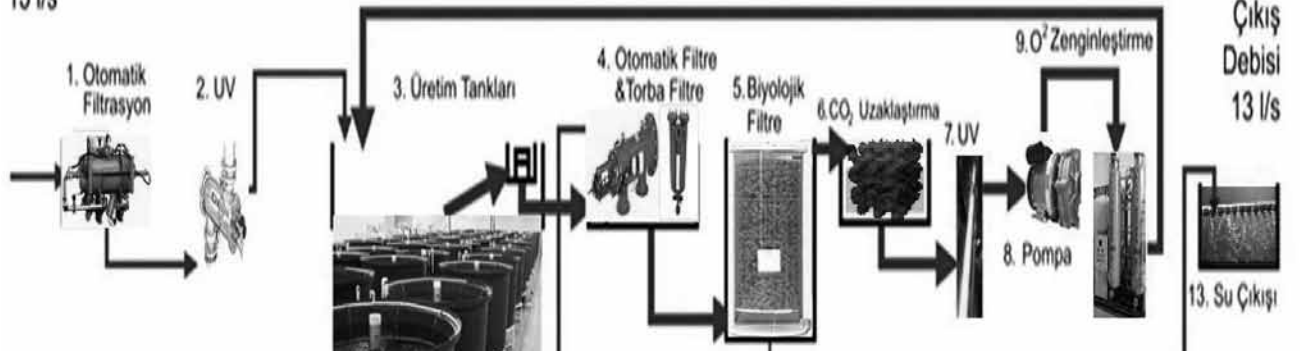
- Büyüme etkileyen tüm parametrelerin kontrol edilebilmesi böylece balık üreticilerinin üretim ve ekonomik performansı daha iyi yönetebilmesi sonucunda %100 kontrollü üretim,
- Üstün su kalitesini elde etme imkanı ve mevcut su kaynaklarından maksimum şekilde yararlanılması,
- Suyun sınırlı olduğu yerlerde üretimin yapılabilmesi sonucunda verimli üretim sistemi,
- Yüksek oranda kirlenmiş su kaynakları için etkili ve zorunlu olması,
- Atık ürünleri yönetme kabiliyeti olduğundan geleneksel akuakültür sistemlerinden daha fazla çevresel sürdürülebilirlik, çevreye dost üretim ve yetiştiricilik sistemini sağlar,
- Birim su hacmi ve birim arazi alanı için maksimum üretimin sağlanabilmesi ve yüksek stoklama imkanı,
- Kapalı devre olmayan akuakültür sistemleriyle karşılaştırıldığında su pompalarının işletme zamanını ve maliyeti ile suyun ısıtma maliyetinde azaltma sağlaması,
- Hastalık kontrolünde yüksek etkinlik sağlaması,
- Düşük işçilik ve yem maliyeti yem dönüşüm oranını iyileştirmesi,
- Küçük ve debilerinden yüksek debilere kadar geniş kapasite aralıklı üretim imkanı sağlar.
- Tam çevresel kontrol sağlaması, çevreye dost üretim ve yetiştiricilik sistemi



Şekil 6. Geri dönüşümlü sistem.

Giriş Debisi
13 l/s

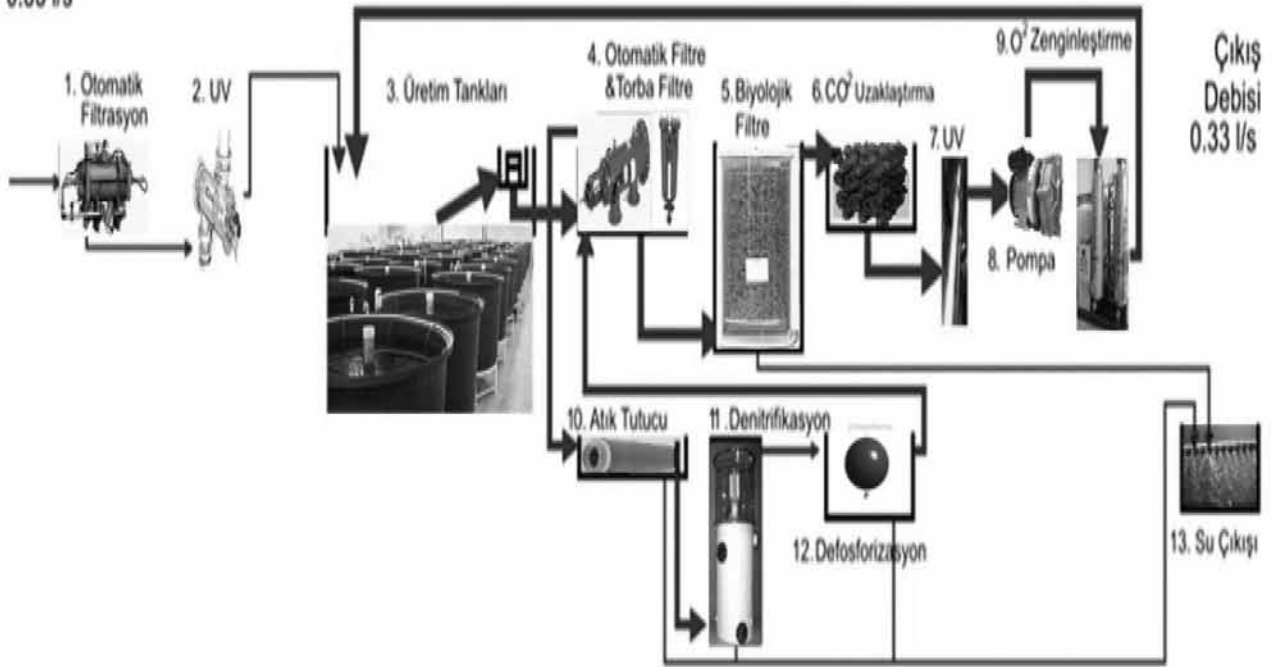
Geri Dönüşüm Debisi 1000 l/s



Şekil 7. Basit kapalı devre sistemi.

Giriş Debisi
0.33 l/s

Geri Dönüşüm Debisi 1000 l/s



Şekil 8. Tam kapalı devre sistemi.

• Havuz temelli sistemlerle karşılaştırıldığında gerekli olan arazinin daha az olması,

• Suyun ısıtma maliyetini azaltması,

Sistemin dezavantajları

• İlk yatırım ve işletme maliyetinin yüksek olması,
• Yüksek teknolojik ekipmanlara gereksinim duyması,
• Suda yaşayan canlıların patojenik organizmaların bulaşmasına daha hassas olması,

• Orta ve düşük ekonomik değeri olan su ürünleri için ekonomik olmaması,

• Düşük taşıma kapasitesi olan kültür sistemleri için uygun olmaması,

• Sınırlı kuluçkahaneler, yüksek yoğunlukta üretim sistemleri ve süs balıkları için uygun olmaması ve ayrıca balık üretim işleri birçok şeyi birlikte bilmeyi ve yönetmeyi gerektirir. Kapalı devre sistemlerinin çalıştırılması aynı şekilde zor olduğu için iyi eğitilmiş elemanlarca yürütülmelidir.

Sonuç

Kapalı devre sistemleri deniz balıklarının larva yetiştiriciliğinde son yıllarda kullanılmasına rağmen ticari anlamda balık yetiştiriciliğinde kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır. Son yıllarda AB uyum yasaları çerçevesinde çevre koruma ve doğal suların kullanımına ilişkin yasa ve yönetmelikler gereği doğal suların kullanımına ilişkin yeni uygulamalar söz konusu olacaktır. Avrupa'da doğal

suların kullanımı ve atık su yönetmelikleri göz önüne alınarak kapalı devre sistemlerde balık yetiştiriciliğinde artış göstermektedir. 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 başlanılmıştır. Sonuç olarak Türkiye’de su ürünleri her zaman gelişen ve değişen bir sektör konumundadır. Bu bakımdan yüksek kapasitedeki kapalı devre sistemlerin ülkemiz şartlarında kurulması ve işletilmesi için gerekli donanımın kullanım imkânlarının araştırılması ve maliyetinin belirlenmesi konusunda çalışmalara başlanmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

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 kıyısız 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

- Aydın, K., 2005. Ultraviyole Işınları İle Suların Dezenfeksiyonu IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 6-9 Mayıs 2009. İstanbul
- Küçük, H., 2005. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kapalı Devre Sistemlerinin Kullanılması. SUMAE Yunus Araştırma Bülteni, 5:1, Trabzon
- 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., 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.
- McGee M., Cichra C., 2000. Principles of Water Recirculation and Filtration in Aquaculture. FA-12, Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida. USA
- Painter, H.A., 1970. A review of literature on inorganic nitrogen metabolism in microorganisms Water Research Volume 4, Issue 6:393-450
- Şen, S., 2001. Kapalı Devre Sistemlerinde Levrek Balığı (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) Larvası yetiştiriciliğinin Su Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisan Tezi. Danışman Atay, D., Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Ustaoglu, S., Dalkıran, G., 2005. Akuakültürde Kapalı Devre Sistemlerin Kullanımı. Ulusal Su Günleri 28-30 Eylül 2005, Trabzon