

## ALABALIK TESİSİ SUYUNUN KAPİLER SERAMİK FİLTRELER İLE SÜZÜLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Osman ŞAN<sup>1</sup>, Cem ÖZGÜR<sup>1</sup>, Kazim UYSAL<sup>2</sup>, Muhterem KOÇ<sup>3</sup>,  
Tuba ERGÜLER<sup>1</sup>, Ali İMARETLİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, Kütahya, osmansan@dumlupinar.edu.tr  
cozgur@dumlupinar.edu.tr, tuba\_erguler@hotmail.com.tr, imaretli@hotmail.com.tr

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya, kuysal@mail.dumlupinar.edu.tr

<sup>3</sup>Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksekokulu, Turgutlu,muhteremkoc\_@hotmail.com.tr

*Geliş Tarihi:21.02.2011*

*Kabul Tarihi:08.03.2011*

### ÖZET

Alabalık kuluçkahanelerinde kullanılan suların bulanıklığı yumurta ve larva zayıfına sebep olmaktadır. Üretim tesislerinde kullanılan sular büyük oranda yüzey suları olup içerisinde mikronaltı boyutta partiküller vardır. Kil minerallerinden oluşan bu ince partiküller suyun filtre edilmesinde konvansiyonel filtrelerin gözeneklerine girerek süzme hızını düşürmektedirler. Bu tür suların süzülmesinde kapiler filtreler avantajlı görünmektedir. Özellikle cam gözenekli olarak üretilen kapiler filtrelerin ters su akışı yöntemi ile daha kolay temizlendikleri, dolayısıyla alabalık tesisi suyunun süzülmesinde potansiyel ürün olabilecekleri düşünülmektedir. Süzülecek partiküllerin özelliklerine uygun filtre türü seçimi yapıldıktan sonra, yüksek süzme kapasitesi sağlayacak filtre gözenek boyutunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Kütahya-Domaniç bölgesinde bulunan bir alabalık tesisi suyunun kapiler filtreler ile süzülmesi araştırılmış olup dört farklı gözenek boyutunda filtre test edilmiştir. Buradaki alabalık tesisi suyu kuvars, albit, kaolen, ve muskovit gibi katı partiküllerden oluşmuş ve % 28 miktarı mikron altı boyutlardadır. Test filtreleri gözenek boyut aralıkları 0.4-10 µm, 0.2-4 µm, 0.15-1.5 µm ve 0.04-2 µm olarak hazırlanmıştır. Deney sonuçları 0.2 µm'den küçük gözeneklerin ince boyutlu kil taneleri ile tıkanıldığını göstermektedir. Diğer yandan iri gözenekli filtreler gözeneklerine partiküller dolarak tıkanmakta, ancak geri yıkama ile önemli oranda temizlenebilmektedirler. Süzme basıncı 5 bar olarak uygulanan süzme işlemlerinde her 5 dakikada bir geri yıkama ile filtrenin temizlenmesi sağlanmış ve gözenek boyut aralığı 0.2-4 µm olan filtre ile 18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> saat kapasite elde edilmiştir. Süzme işlemi sonrasında kazanılan suyun bulanıklık değeri 0.2 NTU gibi oldukça düşük düzeyde olup suyun olabilecek en iyi içme suyu kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Kapiler seramik filtrelerin alabalık yetiştiriciliğinde özellikle de kuluçkahanelerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Seramik filtre, Filtrasyon, Alabalık tesisi

## INVESTIGATION OF FILTERABILITY OF WATER IN TROUT AQUACULTURE FACILITIES USING CAPILLARY CERAMIC FILTERS

### ABSTRACT

Turbid water used in trout hatcheries cause lost too much fish roe and fry. Generally, the water used in the trout aquaculture facilities is surface water and contain submicron particles. The particles are generally clay type and purification of the water by filtration is not easy; the fine particles clogged the filter pores and decreased the filtering capacity. The capillary filter is shown to be advantageously for filtration of such water. Recently, the capillary filters fabricated as glassy pore wall microstructure and those are high potential to use where the filters have smooth surface and thus easily cleaned by back flushing. It is the fact that the high capacity filtration also required the correct selection of filter pore size with respect to filtered particles. In this study, the filterability of water of trout aquaculture facilities in the district of Domaniç-Kütahya was investigated using varied pore size of glassy pore wall capillary filters. The water contained quartz, albite, kaolin and muscovite particles where 28% weight percent of particles being submicron sizes. The pore size intervals of the test filters were prepared as 0.4-10 µm, 0.2-4 µm, 0.15-1.5 µm and 0.04-2 µm. The experimental results indicates that the filter pore sizes being finer than 0.2 µm in size was clogged by the finer particles and produced irreversible fouling. On the other hand,

the large pore sizes of filter was sufficiently where the fine particles filled into the filter pores and increased the filtration resistance but the clogging was significantly removed by buckflushing. The high filterability could be obtained using the capillary filter had the pore size interval between 0.2 to 4 µm. The filter provided 18 m<sup>3</sup> of filtrate per m<sup>2</sup> of the filter area through the filtration conducted at 5 minute intervals at 5 bar pressure for one hour proceeds. High clarity of filtered water was obtained where the turbidity was of 0.2 nephelometric turbidity units (NTU). The clearness of filtered water was higher than most of the drinking water. It is expected that the capillary ceramic filters can be applied in trout aquaculture, especially in the hatcheries.

**Key Words:** *Ceramic filter, Filtration, Trout aquaculture facilities*

## 1. GİRİŞ

Alabalık üretim tesislerinde kullanılan suyun bulanıklılığı önemli bir sorundur. Özellikle yağmurlu havalarda kuluçkahanelerde kullanılmak zorunda kalınan killi ve çamurlu sular önemli kayıplara neden olmaktadır. Bu kayıplar şu şekilde sıralanabilir: (i) balık yumurtalarının döllenmesini engeller, inkübasyon (kuluçka) süresinde yumurtaların üzerinde birikerek yumurtaları boğar, embriyonun ölümüne neden olur, (ii) balıkların görmelerini engeller, dolayısıyla beslenme problemleri ortaya çıkar, (iii) fizyolojik olarak solungaçları kaplar ve aşındırır, (iv) balıklarda strese sebep olur, balıkların hastalıklara karşı dirençlerini azaltır [1, 2]. Bununla birlikte, alabalık tesislerinde kullanılan suların hangi berraklıkta olması gerektiği konusunda ise tam bir fikir birliği yoktur. Entansif kültürde (yoğun üretimin yapıldığı üretim tesislerinde) su bulanıklığının 20 NTU altında olması gerektiği belirtilmektedir. Özellikle kapalı devre sistemlerde 20 NTU'nun üzerinde bulanık su kullanımının ultraviyole ışığı ile dezenfeksiyon işlemlerini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir [2]. Suyun bulanıklılığı ile ilgili yapılan araştırmalarda 200 NTU'lük değer için balıklar için öldürücü doz olduğu bildirilmiştir [3, 4].

İşletmelerde sulardaki kil miktarını azaltmaya yönelik bazı işlemler uygulanmaktadır. Bunlardan biri dinlendirme havuzlarında bulanıklığa sebep olan partiküllerin çökmesini beklemektir. Küçük partiküllerin çökeltilmesi uzun zaman gerektirdiğinden ve çökeltme havuzları işletmelerde oldukça fazla yer kapladığından etkin bir uygulama olarak gözükmemektedir. Kum filtreleri ile bu işlemin kısmen başarılması mümkündür. Ancak kum filtrelerinin tam bir süzme sağlamadığı, özellikle kil gibi ince partiküllerin süzülmesinin mümkün olmadığı bilinmektedir [5]. Bu konuda en etkili süzme tekniği mikrofiltrasyon olarak gözükmektedir.

Ülkemizde mikrofiltrasyon kaynak sularının şişelenmesi amacıyla yapılmaktadır. Burada filtre ve süzme tesisinin işletmeciliği önemli bir maliyet olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, son zamanlarda seramik filtre sistemlerinde sağlanan gelişmeler, özellikle kapiler yapıli seramik filtreler bu maliyeti önemli oranda azaltmıştır [6, 7].

Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak kapiler filtrelerin kuluçkahane suyunun süzülmesinde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında farklı gözenek boyutlarında kapiler filtreler üretilmiş olup, bu filtreler ile Kütahya-Domaniç bölgesinde bulunan bir alabalık tesisi suyunun süzülebilirliği araştırılmıştır. Günümüzde halk sağlığının korunması kapsamında ekolojik tarım gündemdedir ve alabalıkların hasta olmadan (ilaç verilmeden) yetiştirilmesi noktasında havuz sularının temizliği büyük önem taşımaktadır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

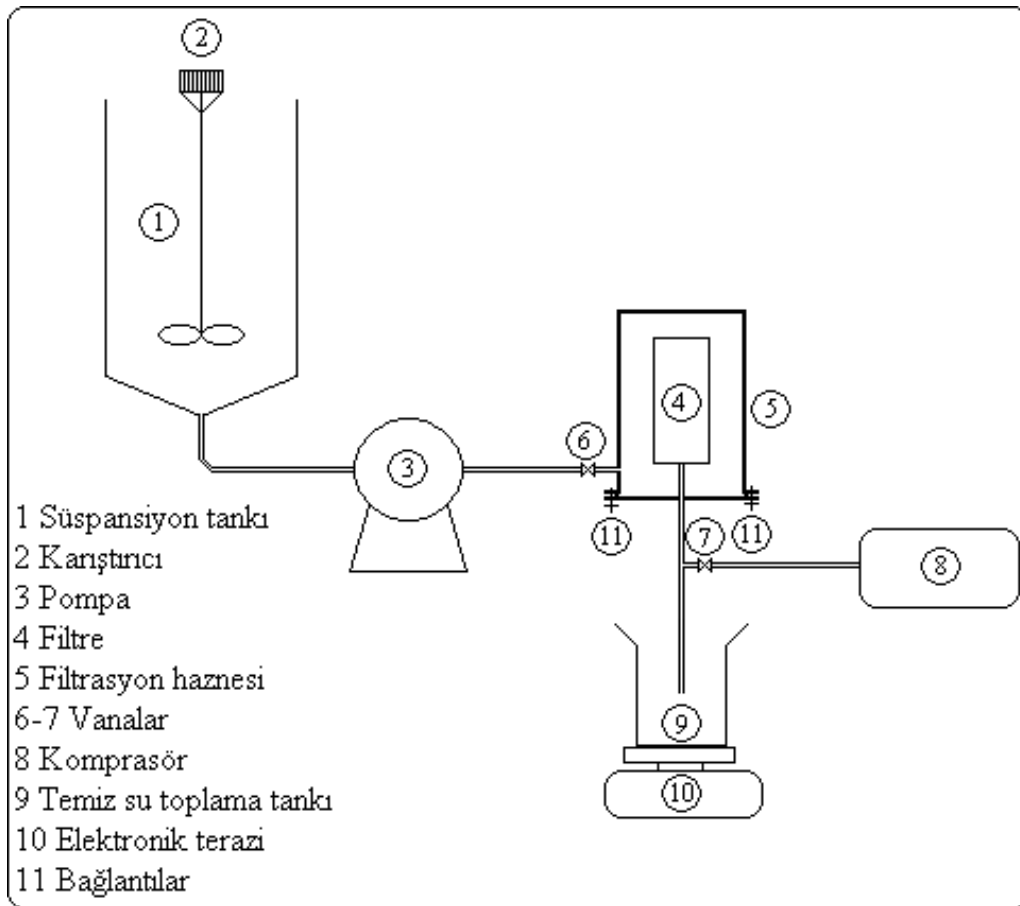
### 2.1. Kapiler Filtrelerin Hazırlanması

Filtreler kuvars, kurşun borosilikat frit ve klinoptilolit türü doğal zeolit karışımlarından üretilmiş olup kompozisyonları şu şekildedir: %86.86 SiO<sub>2</sub>, %3.47 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %5.28 PbO, %1.54 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0.28 Na<sub>2</sub>O, %0.71 MgO, %1.11 CaO ve %0.11 K<sub>2</sub>O. Bu karışımlardan aynı zamanda farklı boyut aralıklarında granül tozlar hazırlanarak filtrelerin altlıkları üretilmiştir. Granüller şu boyut aralıklarındadır: 500-1000 µm; 250-500 µm ve 125-250 µm. Silindirik şekilli olarak üretilen filtreler tabakalı yapıdadır ve bu yapı tek bir döküm süreci ile sağlanmıştır.

Granül altlıkların üzerinde ince öğütülmüş tozlar kaplı olup, bu iki tabaka arasında granül ve tozlardan oluşan bir ara tabaka bulunmaktadır. Filtrelerin üretiminde yeni geliştirilen bir döküm tekniği kullanılmakta olup, bu yöntem ile üç tabakalı filtre tek bir döküm süreciyle şekillendirilebilmektedir [6, 7]. Burada yalnızca çok ince gözenekli filtrenin oluşturulmasında ayrı bir kaplama işlemi uygulanmış olup, ince boyutlara öğütülmüş kurşun borosilikat partikülleri filtrasyon tekniği ile iri gözenekli filtre yüzeyine kaplanmaktadır [3]. Bu çalışma kapsamında dört farklı gözenek boyutunda filtreler üretilmiş olup, bunların gözenek boyut aralıkları şu şekildedir: 0.4-10  $\mu\text{m}$ , 0.2-4  $\mu\text{m}$ , 0.15-1.5  $\mu\text{m}$  ve 0.04-2  $\mu\text{m}$ .

## 2.2. Filtrasyon İşlemleri

Tesis suyunun filtrasyonu 5 bar sabit basınç altında ve 20 dakika süre ile yapılmıştır. Bu süre içerisinde elde edilen süzüntü miktarları ve süzüntülerin bulanıklılık değerleri ölçülmüştür. Daha sonra filtreler geri yıkama (filtreye tersten temiz su ve hava verilmiştir) ile temizlenmiş ve periyodik filtrasyon işlemine kullanılmıştır. Periyodik filtrasyon 5 dakika aralıklarla yapılmış ve her defasında filtre geri yıkama ile temizlenmiştir. Filtrelerin geri yıkanmasında uygulanan basınç 1 bar olarak uygulanmıştır. Deney seti karıştırma tankı, pompa, filtrasyon ünitesi ve geri yıkama için filtrasyon sistemi çıkışına yerleştirilmiş bir kompresör ve elde edilen süzüntünün ölçüldüğü elektronik teraziden oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Filtrasyon deney düzeneği.

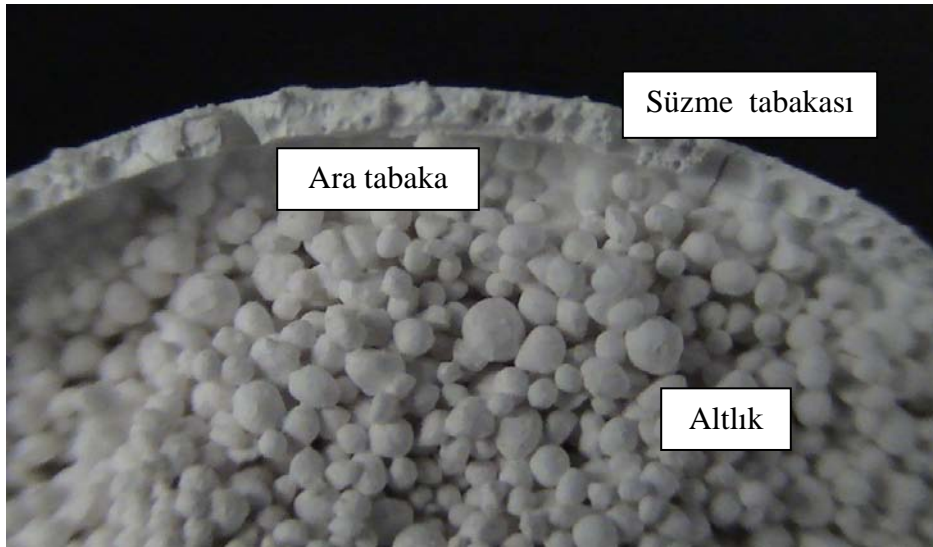
### 2.3. Karakterizasyon

Alabalık tesisi suyunda bulunan katı partiküllerin tane boyutları (Malvern Zeta-Sizer Nano ZS cihazı) ve bu katı partiküllerin nelerden oluştuğu (Rigaku Miniflex powder diffractometer) saptanmıştır. Üretilen filtrelerin süzme tabakası gözenek boyutları Hg-porozimetresi (Quantachrome Poremaster) ile bulunmuştur. Filtrasyon deneylerinde süzme süresine bağlı olarak süzülen su miktarı ve bu süzüntünün bulanıklılık değerleri (Merck Turbiquant 1500 T) ölçülmüştür.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Filtre Mikroyapısı

Üretilen kapiler filtreler tabakalı olup, tipik yapısı Şekil 2’de görülmektedir [7]. Silindirik şekilli olan filtrelerin ortası granüllerden, dış yüzeyi ise ince partiküllerden oluşmuştur. Bu iki tabaka arasında yer alan ara tabaka ise granüllerden oluşmuştur, ancak burada granüllerin arasındaki boşluklar ince partiküller ile dolmuş durumdadır. Ara tabaka granül altlıklının mekanik kararlılığını arttırmakta ve aynı zamanda yüksek gözenekli bir altlığa ince boyutlu partiküllerin kaplanabilmesini sağlamaktadır. Bu yapısı ile filtre su filtrasyonlarında düşük süzme dirençlidir ve yüksek süzme kapasitesi sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılacak kapiler filtreler gözenek boyutlarına göre şu şekilde isimlendirilmiştir: (i) iri gözenekli filtre, (ii) orta gözenek boyutlu filtre, (iii) ince gözenekli filtre ve (iv) çok ince gözenekli filtre.



Şekil 2. Kapiler filtrelerin yapısı [2].

Filtrelerin üretiminde kullanılan toz ve granüllerin tane boyutları ile üretilen süzme tabakalarının gözenek boyut aralıkları Tablo 1’de verilmiştir. Üretilen filtrelerde kullanılan toz boyutu ile granül boyutu arasında bir ilişki bulunmaktadır. İri boyutlu toz kullanılan filtrelerde granül boyutu büyüktür. Toz boyutu inceldikçe granül boyutları da düşmektedir. Bu şekilde bir tasarım ile üç tabakalı yapı döküm yoluyla tek bir süreçte üretilmektedir.

**Tablo 1.** Filtrelerin üretilmelerinde kullanılan tozların ve granüllerin tane boyutları ve buradan elde edilen filtrelerin süzme tabakalarının gözenek boyutları.

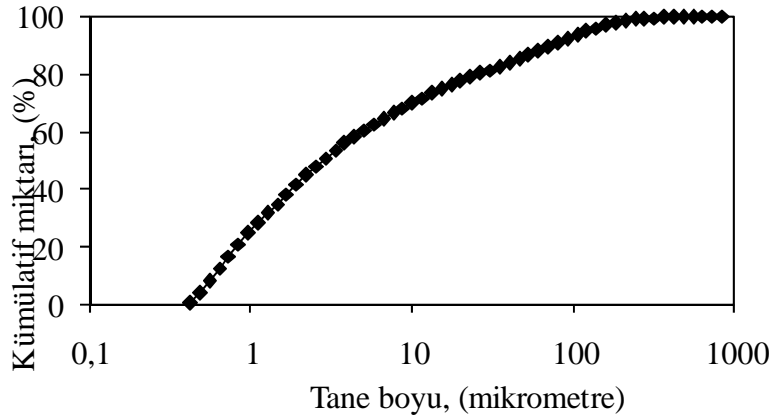
Filtre adı	Filtre hammaddeleri		Süzme tabakası	
	Toz boyutu, ( $\mu\text{m}$ )	Granül boyutu, ( $\mu\text{m}$ )	Gözenek boyut aralığı, ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama gözenek boyutu, ( $\mu\text{m}$ )
İri gözenekli filtre	$\delta_{50} = 2.05$	500-1000	0.4-10	2.28
Orta gözenekli filtre	$\delta_{50} = 0.98$	250-500	0.2-4.0	0.95
İnce gözenekli filtre	$\delta_{50} = 0.65$	125-250	0.15-1.5	0.38
Çok ince gözenekli filtre*	-	-	0.04-2.0	0.26

\*iri gözenekli filtre yüzeyinin çok ince boyutlu partiküller ile kaplanmasıyla elde edilmiştir.

### 3.1. Alabalık tesis suyu özellikleri

Kütahya-Domaniç bölgesinde bulunan bir alabalık tesisi suyunun içerisindeki kil ve kum karışımı katı partiküllerin tane boyutları Şekil 3'de görülmektedir. Buradaki partiküllerin %95 miktarı 275  $\mu\text{m}$  boyutu altında olduğu görülmektedir, mikronaltı boyutlarda ki partiküllerin toplam içerisindeki oranı ise %28. Tesis besleme suyunun büyük miktarı iri boyutlu partiküllerden oluşuyor olsa da burada ki mikronaltı partiküllerin filtrasyon sürecinde süzme kapasitesini önemli oranda etkileyeceği düşünülmektedir.

Alabalık tesisi suyundaki katı partiküllerin faz analizleri XRD ile araştırılmış olup, sonuçlar Şekil 4'de görülmektedir. Tesis suyu, kil mineralleri (kaolen ve muskovit) ve kum (kuvars ve albit) karışımından meydana gelmektedir. Buradaki ince boyutlu malzemelerin kil mineralleri olduğu kolayca söylenebilir. Bu minerallerin filtrasyon işlemlerinde filtre gözeneklerini tıkama konusunda oldukça etkili oldukları bilinmektedir [8]. Ayrıca, kaolen ve mika gibi tabakalı yapıda olan kil mineralleri süzme işlemlerinde büyük oranda filtreyi tıkamaktadır ve süzülerek ortamdan ayrılmaları mümkün olmamaktadır. Daha önce mikronaltı boyutlu kil minerallerinin filtrasyonunda başarı ile kullanılan kapiler filtrelerin burada da belirli oranda başarı sağlayacakları tahmin edilmektedir.



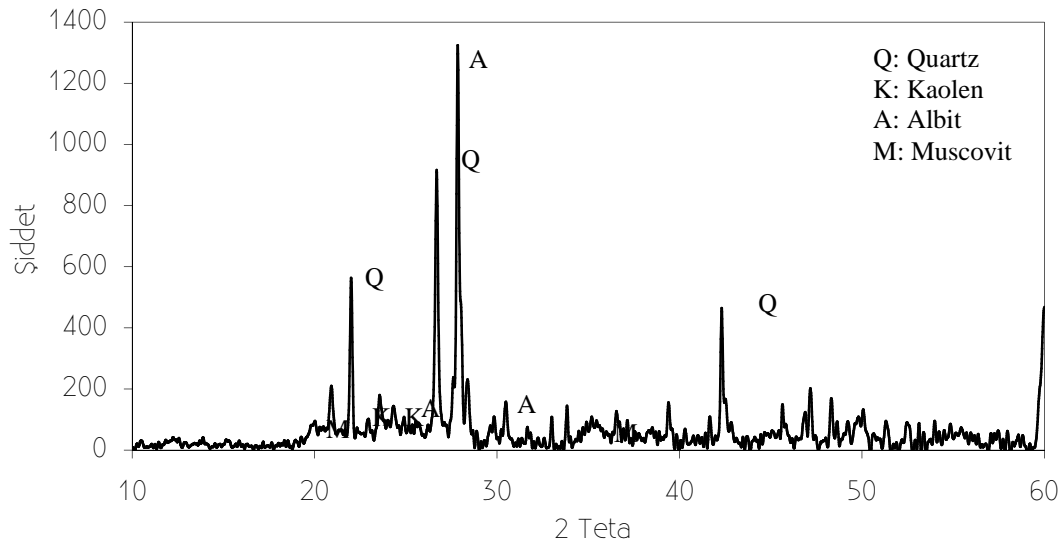
Şekil 3. Alabalık tesis besleme suyu tane boyutu.

### 3.3. Filtrasyon sonuçları

Tablo 2'de alabalık tesisi suyunun süzülmesinde farklı gözenek çaplı kapiler filtreler ile elde edilen temiz su kapasiteleri görülmektedir. Burada süzme işlemi 5 dakika ve 20 dakika olarak yapılmıştır. Kısa ve uzun süreli yapılan bu filtrasyon işlemlerinde, iri ve orta gözenekli filtreler ile süzmenin ince gözenekli filtreler göre daha yüksek kapasitede süzüntü sağladığını göstermektedir. Süzme işlemi uzun süreli yapılmak durumunda

kalındığında kısa aralıklarla filtrasyon işlemine ara vererek geri yıkama yapılması süzme kapasitesini arttırmada etkili işlem olmaktadır. Dolayısıyla filtrasyon işlemlerine her 5 dakikada bir geri yıkama yapılarak devam edilmiştir.

Şekil 5’de her süzme aralığında elde edilen süzüntü miktarları çevrim sayısına göre grafik olarak gösterilmiştir. Burada filtrelerin ilk altı çevrimde sürekli kapasite kaybettikleri ve bundan sonra sabit sayılabilecek bir kapasiteye ulaştıkları görülmektedir. Çok ince gözenekli filtre ile başlangıçtan itibaren sürekli sabit kapasitede süzüntü elde edilmesi filtrenin başlangıç aşamasında tıkandığı ve dolayısıyla yeterli süzme kapasitesi sağlamadığı şeklinde yorumlanmaktadır. Diğer filtrelerin geri yıkama suyu ile temizlenemeyen kalıcı bir tıkanıklığa ancak belirli bir çevrim ile ulaştıkları ve bundan sonra sabit kapasitede süzme sağladıkları ve özellikle iri ve orta gözenek boyutundaki filtrelerin bu süreçte dikkate değer bir miktarda süzme kapasitesi sağladıkları görülmektedir. Filtrelerin sabit süzme kapasiteleri ilk 5 dakikada sağladıkları süzüntü miktarları ile karşılaştırılmış ve filtrelerdeki kapasite kayıpları hesaplanmıştır (Tablo 1). Filtrelerin %74’e varan miktarlarda kapasite kayıplarına uğradıkları görülmektedir.

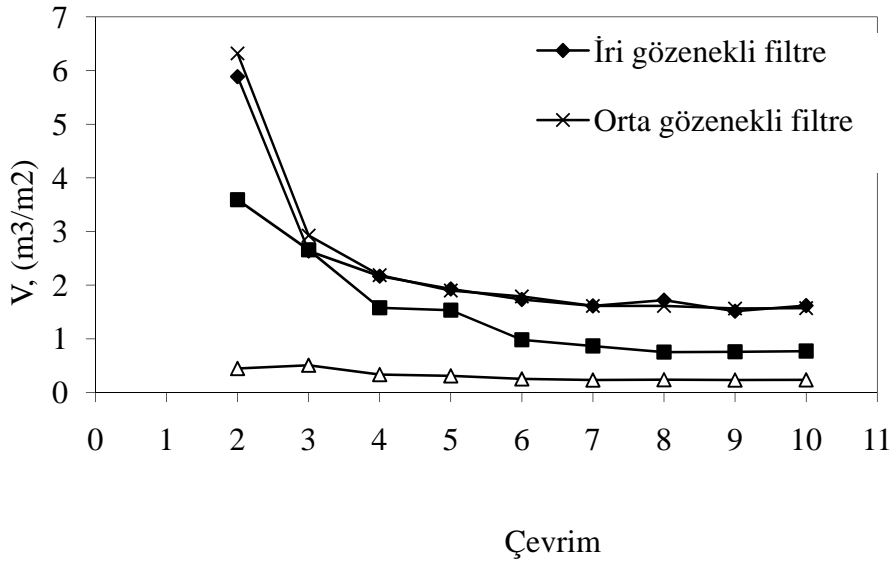


Şekil 4. Alabalık tesisi besleme suyundaki katı partiküllerinin XRD analizi.

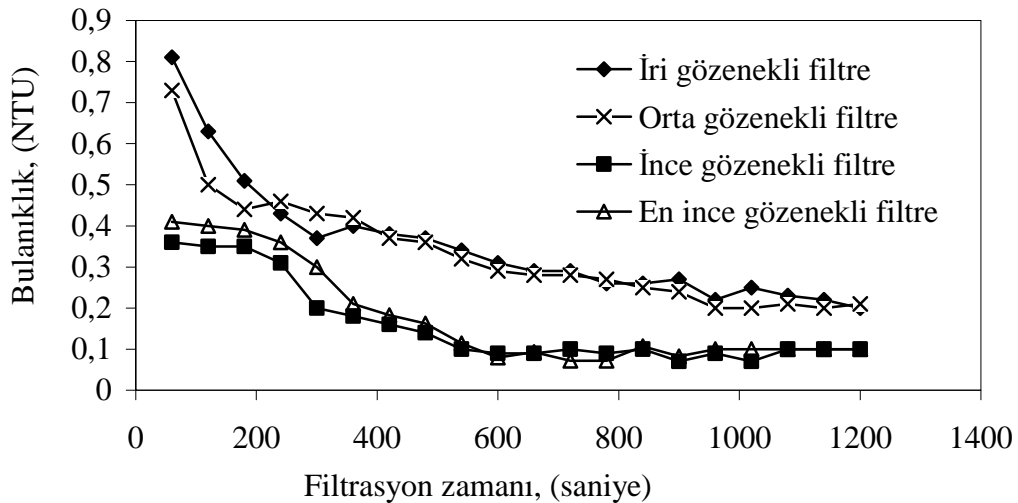
Tablo 2. Farklı gözenek boyutlarında kapiler filtreler ile elde edilen süzme kapasiteleri.

Filtre adı	Süzme süresi 5- dakika olduğunda elde edilen temiz su miktarı $m^3/m^2$ (a)	Süzme süresi 20- dakika olduğunda elde edilen temiz su miktarı $m^3/m^2$	Her 5- dakikada bir geri yıkama ile filtreler temizlenerek elde edilen sabit süzüntü miktarı $m^3/m^2$ (b)	Filtrenin süzme kapasitesi kaybı (%) [(a-b)/a]x100
İri gözenekli filtre	6.093	10.466	1.7	72.09
Orta gözenekli filtre	6.537	11.877	1.7	73.99
İnce gözenekli filtre	3.850	4.899	1.3	66.23
Çok ince gözenekli filtre	0.592	1.275	0.25	57.77

Filtrasyon işleminde süzme kapasitesi kadar süzülen suyun ne oranda temizlendiği de önem taşımaktadır. Farklı gözenek çaplı filtreler ile sağlanan temiz suların bulanıklık değerleri süzme işlemi süresince belirli aralıklarda belirlenmiş olup sonuçlar Şekil 6'da görülmektedir. Burada ince gözenekli filtrelerin orta ve iri gözenekli filtrelerden daha yüksek berraklıkta süzüntü sağladıkları görülmektedir. Ancak, elde edilen suların bulanıklık değerleri incelendiğinde iri gözenekli filtre ile filtrasyonun başlangıç aşamasında 0.8 NTU altında süzüntü elde edilmiştir. Bu değer ilerleyen filtrasyon süzercinde 0.2 NTU gibi son derece düşük değerlere ulaşmaktadır. Dolayısıyla burada süzüntü berraklığı yönüyle daha ince gözenekli bir filtrenin seçilmesi gibi bir zorunluluk görülmemektedir.



Şekil 5. Tesis suyunun periyodik filtrasyonunda farklı gözenek çaplı kapiler filtrelerin süzme kapasiteleri.



Şekil 6. Tesis suyunun farklı gözenek boyutlu filtreler ile süzülmesinde elde edilen süzüntünün zamana göre bulanıklık değerleri.

#### 4. SONUÇLAR

Yüksek hidrofilik yüzey özelliğine sahip kapiler filtreler sağladıkları yüksek süzme kapasiteleri ve kolay temizlenebilme özellikleri ile günümüzde ki kullanımları cevher zenginleştirme sonrası işlemlerden [8] atık su filtrasyonuna kadar [9] geniş bir alanı kapsamıştır. Bu çalışmada kullanılan cam gözenekli kapiler filtreler, alabalık tesisi suyunun filtre edilebilirliği için özel olarak üretilmiştir. Tesis suyu içerisinde bulunan katı partiküllerin ağırlıkça %28 kadarı bir mikron boyutu altında olup bunlar süzülmesi zor kil mineralleridir. Tesis suyunun filtrasyonu 5 dakikalık periyotlarla 5 bar basınç altında farklı gözenek çaplarında olan filtreler (0.4-10 µm, 0.2-4 µm, 0.15-1.5 µm ve 0.04-2 µm) ile yapılmıştır. Filtreler her periyot sonunda 1 bar basınç altında geri yıkama ile temizlenmektedirler. İri ve orta gözenek çaplı filtreler yüksek süzme kapasitesi sağlamışlardır. Burada filtrelerin geri yıkama ile temizlenme süreleri (10 saniye) ve filtreyi temizlemek için harcanan süzüntü miktarı 0.2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> olduğu dikkate alındığında bir metre karelik filtre alanından toplam 1 saatlik süzme sürecinde 18 m<sup>3</sup> temiz su elde edilmektedir. Süzülen suyun berraklığı günümüzde kullanılan damacana içme suyu berraklığındadır (0.2 NTU). Süzüntü kalitesi ve süzme performansı birlikte değerlendirildiğinde alabalık tesislerinin kuluçkahanelerinde kullanılmak üzere kapiler filtrelerin potansiyel ürün oldukları düşünülmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] G.A. Wedemeyer. "Physiology of Fish in Intensive Culture Systems", International Thompson Publishing, ISBN 0-412-07801-5 (1996).
- [2] K.R. David, L. D. Tracie, W. Erica and P.S. Joshua, "Effects of turbidity on the ability of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, to feed on limnetic and benthic prey in laboratory tanks". New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 37, 45-52 (2003).
- [3] M.Z.L. Göksu. "Su kirliliği", Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, ISBN: 975-8561-24-3, 232 (2003).
- [4] J.R.E. Jones. "Fish and river pollution", Butterworth & Co. Ltd., ISBN:628.515:597, London (1964).
- [5] F. Compere, G. Porel and Frederick Delay, "Transport and retention of clay particles in saturated porous media. Influence of ionic strength and pore velocity", Journal of Contaminant Hydrology, 49, 1-21 (2001).
- [6] C. Özgür and O. Şan, "Slip cast forming of multilayer ceramic filter by fine particles migration", Ceramic International, 34, 1935-1939 (2008).
- [7] C. Özgür and O. Şan, "Fabrication of multilayer glassy ceramic filters by fine particle migration during slip casting", Ceramics International 36, 699-705 (2010).
- [8] O. Şan and C. Özgür, "Fabrication of glassy ceramic membrane filters for filtration of spring water with clogging phenomena", J. Membrane Sci. 305 1-2, 169-175 (2007).
- [9] Anonymous, "Larox to supply ceramic filters to three operations", Mining Engineering, 58, 3, 36 (2006).
- [10] O. Binkle, G. Braun, K. Gabriele and R. Nonninger, "Small-scale sewage plant tests ceramic flat membranes", Water & Wastewater International, 20 7, 42-43 (2005).