

KUM-ÇAKIL FİLTRELERDE POMZANIN KULLANILABİLİRLİĞİ

Üstün ŞAHİN Ömer ANAPALI Abdurrahman HANAY
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.

ÖZET : Kum-çakıl filtreler damla sulama sistemin önemli bir elemanıdır. Bu filtrelerin çeşitli koşullarda sediment içeren suları temizleme yeteneğinin artırılması yolları aranmalıdır. İşte bu çerçevede filtre materyali olarak pomzanın kullanılabilirliğinin araştırılması yoluna gidilmiştir. Pomza biri geleneksel olmak üzere iki farklı tabaka düzeninde denenmiştir. 1000 ppm yoğunluğunda, 90 mikrondan küçük çaptaki sediment içeren su filtreye uygulanmıştır. Uygulama debisi 300 L/h olarak seçilmiştir. Geleneksel kum-çakıl filtrenin tıkanma süresi esas alındığında, değiştirilmiş tabaka düzenlemeli pomzada çıkan sedimentin, geleneksel kum-çakıldan az olduğu belirlenmiştir. Çıkan sediment miktarı pomzada, kum-çakıla göre % 74,51 daha az olmuştur. Geleneksel kum-çakıl filtrenin tıkanma süresinde çıkan sediment miktarının pomzada çıktığı süreye göre analiz yapıldığında da, pomzanın yaklaşık % 38 daha fazla kullanım süresi sağladığı saptanmıştır.

USEABILITY OF PUMICE IN SAND-GRAVEL FILTERS

SUMMARY : Sand-gravel filters are important tools of drip irrigation system. Studies should be conducted on how the increase capability of these filters in filtration of sedimented water. For this purpose, useability of pumice as filter material was investigated. Pumice was tested in two different layers. Water, of which sediment density was 1000 ppm with a maximum particle size of 90 μ , was applied to the filter material, with a rate of 300 L/h. Sediment derived from differentiated layered pumice was less than that of conventional sand-gravel filter material, at the clogging time of conventional sand-gravel filter. Amount of sediment derived from pumice was 74,51 % less. As a result, pumice had long-life (38 % more than conventional filter) in use of filtering.

GİRİŞ

Filtrasyon sudaki kolloid ve süspansiyon maddelerin tutulması için suyun filtrelerden geçirilmesi işlemidir (Okuroğlu,1998). Damla sulamada, sulamanın sürekliliği ve üniformitesi açısından sulama suyunun uygun bir şekilde filtre edilmesi gereklidir. Çünkü damla homojenliğini etkileyen önemli faktörlerin başında tıkanma gelmektedir (Solomon, 1985). Damlatıcılar, su geçiş bölgelerinin küçük olması nedeniyle, sulama suyunda bulunan çeşitli mineral, organik, kimyasal maddeler ile mikrobiyolojik faaliyetler sonucu tıkanabilmektedir (James, 1988). Zamanla damlatıcı su geçiş yolunda kimyasal tortu veya kil, silt birikimi sonucunda meydana gelen tıkanma lateral boyunca homojen su dağılımının bozulmasına neden olur. Yine ince kumun da su hızının azaldığı kısımlarda çökelp tıkanmalar oluşturması söz konusudur (Madanoğlu, 1983). Tıkanmaya en çok kum parçacıkları ve organik gelişim neden olurken (Korukçu, 1975), en önemli tıkanma etmeni olarak fiziksel tıkanmadan bahsedilmektedir (Kapar ve ark., 1997). Süspansiyon katı madde miktarı 50 mg/L' den düşük olan sular az tıkanma zararı yaratırken, 50-100 mg/L arasında olan sular orta, 100 mg/L' den fazla olan sular ise şiddetli tıkanma sorunu yaratabilmektedirler (Howell ve ark., 1983).

Tıkanmış bir damlatıcının anında tespiti güç olup, tekrar çalışır duruma getirilmesi de bakım maliyetini artırmaktadır. Yine tıkanmalar yüksek ilk yatırım maliyetine sahip bu sistemlere olan güvenin azalmasına, bu yöntemden vazgeçilerek başka yöntemlere yönelmesine de zemin hazırlamaktadır. Bu nedenle suyun filtrasyonu sistemin işlerliği yanında sürdürülebilirliği açısından da gereklidir.

Sisteme girmesine izin verilebilir parçacık büyüklüğü damlatıcı yapısına bağlıdır. Sulama suyundaki parçacık büyüklüğünün damlatıcının su geçiş kesitinden çok daha küçük olması öngörülmektedir (Madanoğlu, 1983). Ancak akış kesitinden daha küçük parçacıkların lateral ve damlatıcılarda, düşük akış hızından dolayı, birikmesi söz konusudur (Tüzel ve Anaç, 1991; Kanber, 1997). Bu nedenle filtre ünitesinin damlatıcı akış yolundan daha küçük parçacıkları da gidermesi istenir (Howell ve ark., 1983). Kılcal borulu damla sulama sistemlerinde kullanılacak filtre sistemi kılcal boruların çaplarının 1/4' ünden daha büyük partikülleri filtre edebilecek kapasitede olmalıdır (Aküzüm ve Girgin, 1988). Kum filtreler için filtrenin su geçirme kapasitesi ve temizlenmesindeki zorluklar dikkate alındığında kum malzemesinin damlatıcı akış kesit alanının 1/6-1/7' sinden daha büyük partiküllerin tutulmasını sağlayacak büyüklükte olması bazı araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991; Kanber, 1997).

Sulama sularının filtrasyonunda değişik filtreler kullanılabilir. Bunlar arasında kum filtreler, elek filtreler, disk filtreler, kum ayırıcılar ve basınçsız kum filtreler sayılabilir (Ross, 1990; Tüzel ve Anaç, 1991; Demir ve Uz, 1994). Bu filtrelerden kum filtreler pahalı değildir ve kolay işletilirler (Howell ve ark., 1983; James, 1988). Kum filtreler alg, balçık, silt ve kil gibi ince organik ve inorganik parçacıkları gidermek için kullanılır (Ross, 1990). Kum filtreler gerek yüzey gerekse yeraltı suyunda asılı bulunan kum ve özellikle organik maddelerin tutulmasında çok etkili olup, çok ince katı maddeler ile bakterilerin tutulmasında etkili değildir (James, 1988; Tüzel ve Anaç, 1991; Kanber, 1997). Kum veya çakıl filtreler 1-10 μ arasındaki çapa sahip partikülleri ayırmada etkili değildir. Bu sınırlar içindeki partikülleri ayırma etkinlikleri % 15' den daha azdır. 10 μ 'dan daha büyük çaptaki partikülleri ayırmada etkinliği ise % 50' den daha fazladır (Anon., 1989). Genel olarak filtre materyalinin inceltmesi durumunda ve düşük akış hızlarında filtreden geçen partiküller azaltılabilir (Peavy ve ark., 1985; James, 1988).

İdeal bir filtre; yeterli bir çıkış debisi sağlayacak büyüklükte olmalı, minimum yük kaybıyla maksimum katı madde tutmalı ve en az su miktarıyla kolaylıkla temizlenebilmelidir (McGhee, 1991).

Kum filtrelerin dezavantajları boyutlarının büyük, ağırlıklarının fazla ve fazla basınç kaybına neden olmalarıdır. Filtrelerde yük kaybını etkileyen iki ana faktörden birincisi filtreden geçen su miktarı, diğeri de suyun içerdiği çökelti oranıdır (Uz ve ark., 1994). Çakıl ve kum filtrelerin gözenekleri tutulan parçacıklar tarafından tıkanığında neden oldukları basınç kaybı artar ve debi azalır. Bu nedenle anılan filtrelerin düzenli olarak geriye yıkama yoluyla yıkanması gerekir. Bu işlemle filtre tarafından tutulan parçacıkların tamamını yıkamak mümkün olmayabilir. Dolayısıyla filtre ortamındaki materyalin belirli aralıklarla değiştirilmesi gerekir (Yazar ve Tekinel, 1989).

Kum filtrelerde süzme işlemi sırasında kirletici maddelerin filtre yatağındaki birikimi derinlik ile logaritmik olarak azalırken, zamanla lineer olarak artmaktadır (Eroğlu, 1991).

Gözenekli ortamın geçirgenliğine ortamı oluşturan taneciklerin büyüklükleri, derecelenme durumları, şekilleri ve istiflenme biçimleri etki eder. Zira bu dört özellik akışkanın içerisinde akacağı gözeneklerin genişliklerini ve birbirleriyle bağlantı durumlarını etkiler. Özellikle su iletimi söz konusu olduğunda kaba gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı olması durumunda geçirgenlik değerleri artmaktadır (Gemalmaz, 1989).

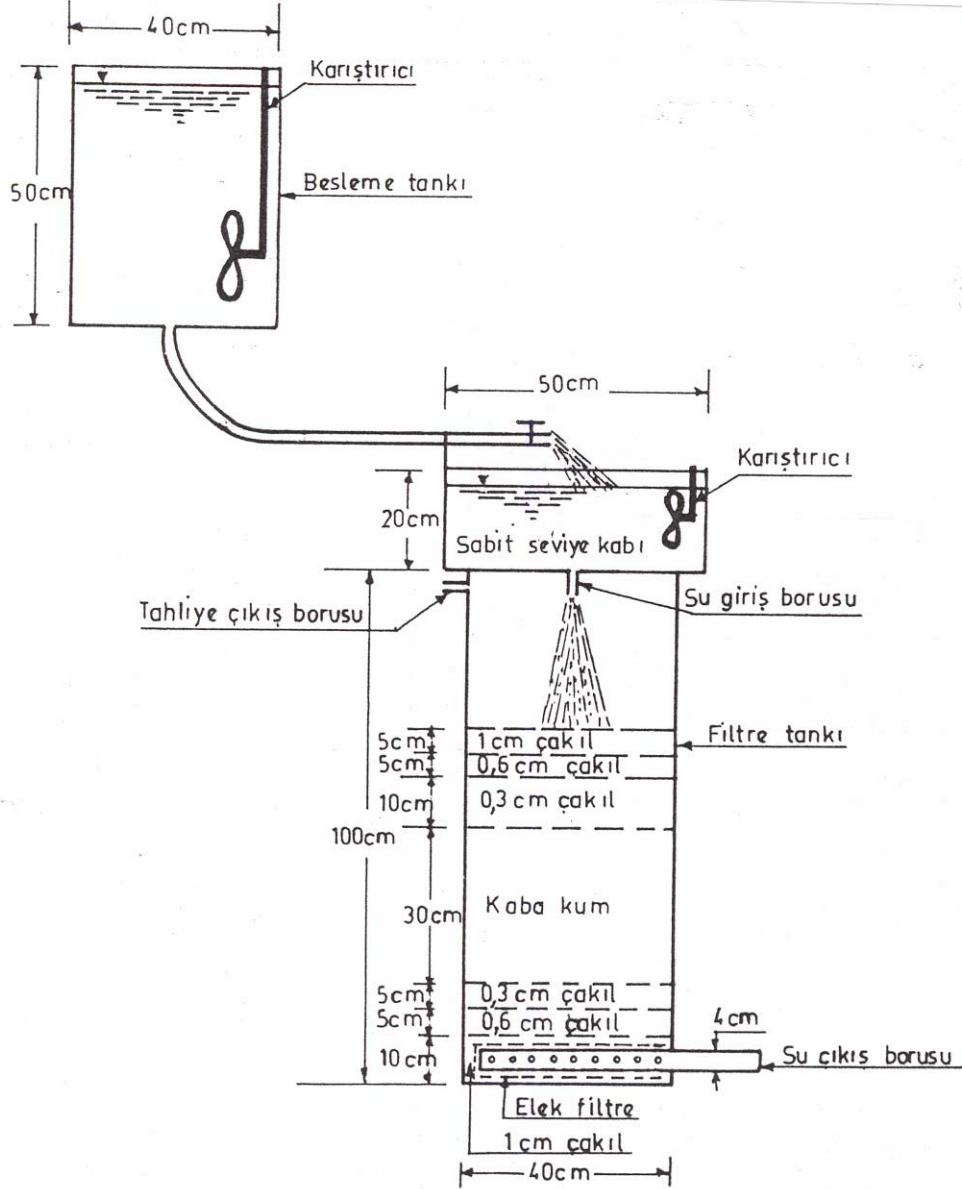
Tarım sektöründe doğal halde bir hidrokültür hammaddesi olarak kullanılan pomza, çevre sağlığı açısından kalıcı ve zehirli etkisi olmayan, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı, hafif, gözenekli, gözenek hacmi % 85'lere kadar çıkabilen bir materyaldir (Gündüz ve ark., 1998). Drenaj ve hızlı kılcal akış sağlayan gözenek miktarının oldukça fazla olduğu bu materyalin hidrolik iletkenlikleri yeterli düzeydedir (Şahin ve ark., 1997). Filtre sanayinde, özellikle şehir sularının arıtımında da (Güngör ve Tombul, 1997) kullanılan pomza materyali yönünden Türkiye önemli bir potansiyele sahiptir (Tuncer, 1997). Endüstriyel atık sularının biyolojik arıtımında mikroorganizma tutucu (İlhan ve ark., 1997) ve yine su arıtımında fosfat iyonu içeren organik bileşiklerin giderimi amacıyla (Onar ve ark., 1997) kullanılabilmesinin tespit edildiği bu materyalin fiziksel askı maddelerine karşı etkinliğinin ne ölçüde olduğunun belirlenmesi de önemlidir. Çünkü hafif yapıda ve kolay işlenebilen özellikte olan bu materyalin temin edilmesi kolay ve ucuzdur. Bu nedenle kum filtrelerde kum yerine pomzanın filtre materyali olarak denemesi düşünülmüştür. Amaçlanan hedef ise daha uzun süreli kullanımla daha az sediment çıkışının sağlanabileceği filtre düzenlemesine ulaşmaktır.

MATERYAL VE METOT

Filtre denemesi için kullanılan ve Şekil 1'de gösterilen düzenek; deneme materyalinin bulunduğu daire kesitli filtre tankı, filtre tankının üzerine yerleştirilen sabit seviye kabı, sabit seviye kabını besleme tankı ve gerekli diğer birimlerden oluşturulmuştur.

Kullanılan su içme suyu şebekesinden sağlanmıştır. Howell ve ark. (1983) tarafından sediment içeren suların tıkanma oluşturabilen sınırları dikkate alınarak ve deneme süresini makul sürede tutabilmek amacıyla denemede sedimentin yoğunluğu 1000 mg/L' ye ayarlanmıştır. Karıştırılan materyalin tane boyutu ise 0,09 mm'den küçük seçilmiştir. Çünkü bu boyut çok ince kum, silt ve kili kapsamaktadır (Howell ve ark., 1983). Bu şekilde hazırlanan sedimentli su filtre malzemesi üzerine orta noktadan serbest akış halinde uygulanmıştır. Düşük hızda filtreleme yeteneğinin tespiti için ilk aşamada uygulama debisi 300 L/h olarak seçilmiştir. Filtre materyalinin deneme tankına yerleştirilmesinde Güngör ve Yıldırım' da (1989) belirtilen kum-çakıl filtre tankındaki boyutlar dikkate alınmıştır. Buna göre filtre materyalleri eleklerden elenerek derecelendirilmiş ve filtre tankına yerleştirilmeden önce şebeke suyu ile yıkanarak temizlenmişlerdir. Kum-çakıl ve pomzada bu şekilde geleneksel düzenlemeye göre denemeler yapıldıktan sonra, pomza için ön denemeler yapılarak uygulanabilir bulunan başka tabaka düzenlenmesine gidilerek ikinci kez de değiştirilmiş tabaka düzenlemesi için denemeler yapılmıştır. Geleneksel ve değiştirilmiş tabaka düzenlemelerinde kum-çakıl için su girişinden su çıkışına doğru filtre içerisindeki tabakaların dağılımları Tablo 1' de verilmiştir. Pomzada da bu tabloda yer alan tabakalar ve kalınlıkları aynı şekilde kullanılmıştır. Yalnız pomzanın kullanıldığı durumda, bu materyalin hacim

ağırlığının genellikle 1 g/cm^3 'ten küçük olmasından dolayı (Gündüz ve ark., 1998), en üst tabakanın üzerine filtre materyalini yukarıya geçirmeyecek göz açıklığına sahip bir de elek yerleştirilmiştir.



Şekil 1. Filtre Deneme Düzenegi.

Figure 1. Experimental Design for Filtration.

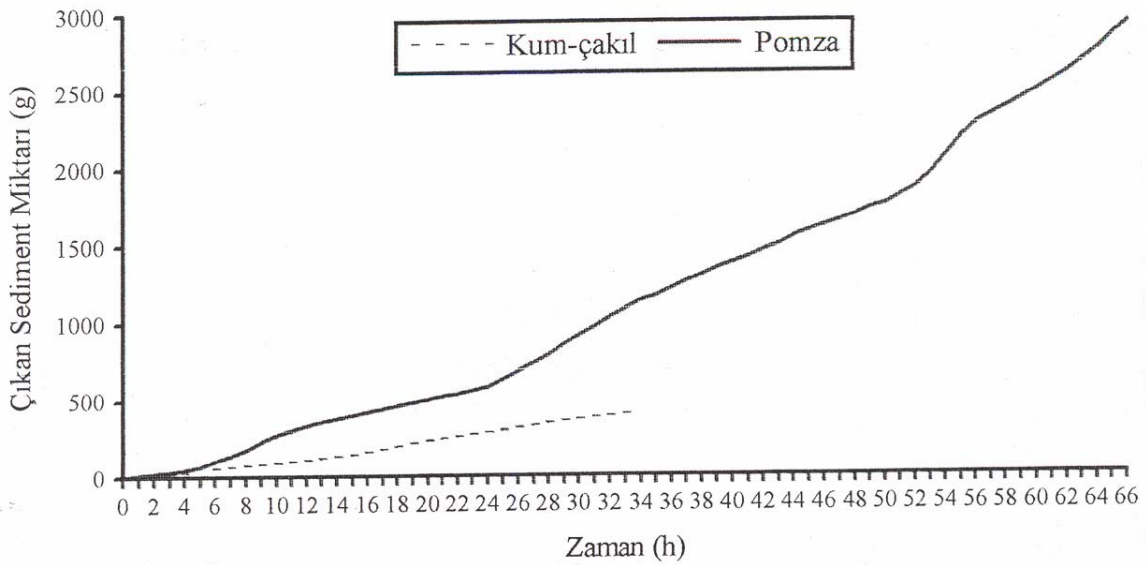
Denemeler günde aralıksız 8 saat süreyle yürütülmüştür. Deneme materyali çıkış noktasında her 10 dakikada bir debi ve sediment ölçümü yapılmıştır. 1 litre hacimdeki kabın dolma süresi kullanılarak debi, 5 litre hacmindeki kabta toplanan sedimentten hareketle de çıkan sediment miktarları belirlenmiştir. Sedimentin belirlenmesinde alınan örnekler 1 gün süreyle bekletilerek sedimentin çökmesi sağlanmış, daha sonra kabın içerisindeki su tabanda biriken materyalle karıştırılmadan uzaklaştırılmış ve kabın altında biriken materyal darası alınmış alüminyum kablara pisetle yıkanarak aktarıldıktan sonra etüvde $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurularak çıkan sediment miktarı saptanmıştır. Her bir konudaki denemeler üç tekrürlü olarak yürütülmüştür. Denemeler, çıkan debi miktarı azalışı belirginleşinceye kadar sürdürülmüştür.

Tablo 1. Filtre Tankında Tabakaların Dağılımı.
Table 1. Distribution of Layers in Filter Tank.

Geleneksel Düzenlemede Tabakalar ve Kalınlıkları		Değiştirilmiş Düzenlemede Tabakalar ve Kalınlıkları	
1 cm çakıl	5 cm	0,6 cm çakıl	5 cm
0,6 cm çakıl	5 cm	0,3 cm çakıl	5 cm
0,3 cm çakıl	10 cm	Kaba kum	50 cm
Kaba kum	30 cm	0,3 cm çakıl	5 cm
0,3 cm çakıl	5 cm	0,6 cm çakıl	10 cm
0,6 cm çakıl	5 cm		
1 cm çakıl	10 cm		

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yürütülen denemeler sonucu, filtre çıkış debisinin azalmaya başladığı ana kadar, çıkan toplam sediment miktarları ile zaman arasındaki ilişkiler geleneksel tabakalı durum için Şekil 2’de, değiştirilmiş tabaka düzenlemesi için de Şekil 3’de verilmiştir. Söz konusu grafikler üç tekrerrüt ortalamasından hareketle çizilmiştir.

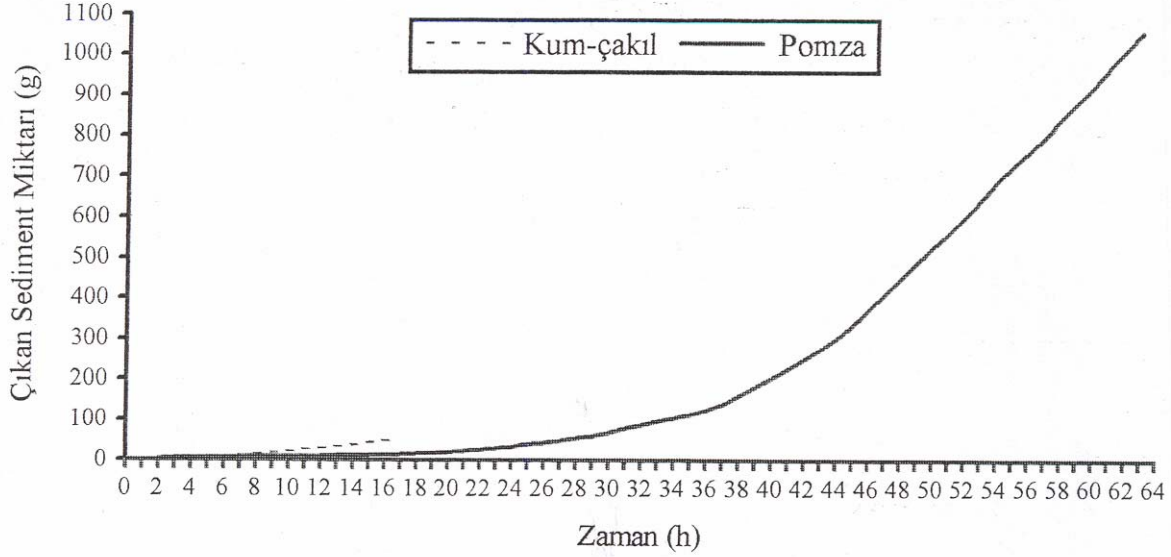


Şekil 2. Geleneksel Tabaka Düzenlemesinde Sediment Çıkış Eğrileri
Figure 2. Graphs of Sediment Outlet in Conventional Layered Filter.

Geleneksel tabaka düzenlenmesinde kum-çakıl filtre 34 saatte, pomza ise 66 saatte tıkanmış ve çıkan sediment miktarı pomzada kum-çakıldan daha fazla olmuştur (Şekil 2). Tıkanma sürelerine göre çıkan sediment miktarı toplamı kum-çakılda 407,73 g, pomzada 2921,76 g olarak belirlenmiştir. Kum-çakılda pomzaya göre 7,17 kat daha az sediment çıkmıştır. Pomzanın tıkanma süresinin kum-çakılın yaklaşık 2 katı olduğu göz önüne alınsa dahi çıkan sedimentin yine pomzada daha fazla olduğu görülmektedir. Kum-çakılın tıkanma süresi dikkate alınarak pomzada çıkan sedimente bakıldığında da pomzada fazlalık yine devam etmektedir (Şekil 2). Filtrelerin çıkış debisinin azalmaya başladığı noktada giren-çıkan sediment miktarlarının yüzdelere bakıldığında ise, kum-çakılda giren sedimentin % 4’ünün, pomzada ise % 14,76’sının çıkmış olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu oran da pomzada kum-çakıla göre 3,69 kat daha fazladır.

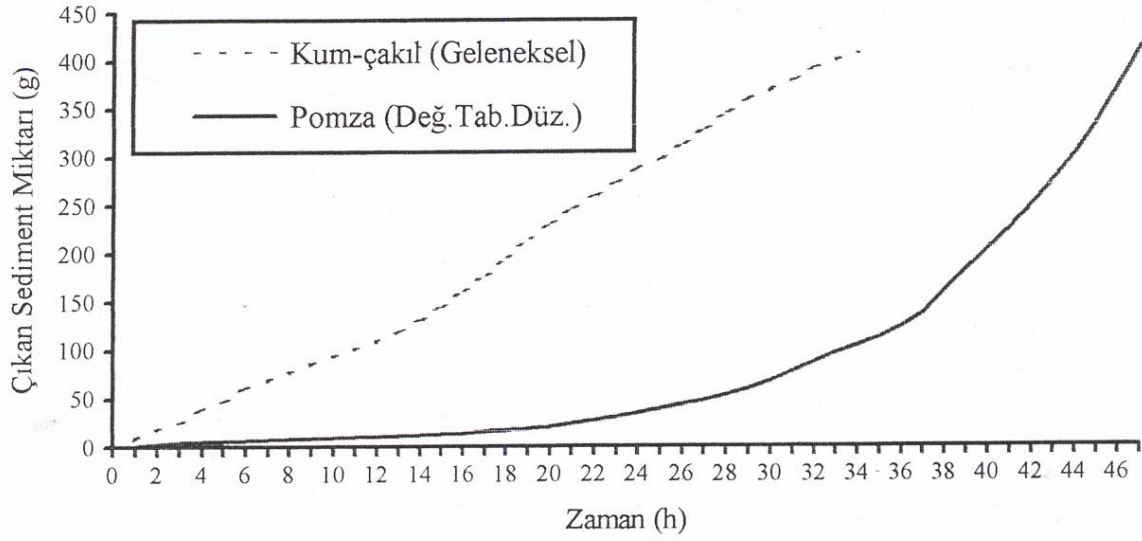
Değiştirilmiş tabaka düzenlemesi durumunda ise kum-çakıl 17 saatte, pomza 63 saatte tıkanmış ve çıkan toplam sediment pomzada kum-çakıldan daha fazla olmuştur (Şekil 3). Tıkanma sürelerine göre çıkan sediment miktarı kum-çakılda 51,99 g, pomzada 1053,81 g olarak belirlenmiştir. Bu durumda kum-çakılda pomzaya göre 20,27 kat daha az sediment çıkışı olmuştur. Filtrelerin çıkış debisinin azalmaya başladığı noktada giren-çıkan

sediment miktarlarının yüzdelere bakıldığında ise, kum-çakılda giren sedimentin % 1,02'sinin, pomzada ise % 5,58'inin çıkmış olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu oran da pomzada kum-çakıla göre 5,47 kat daha fazladır. Ancak kum-çakıl filtrenin tıkanma zamanında pomzada çıkan sedimente bakıldığında ise % 70,92 daha az sediment çıkışı olduğu hatta aynı sediment çıkışının esas alınması durumunda da pomzada kum-çakıla göre % 65 civarında daha fazla sürenin geçtiği görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Değiştirilmiş Tabaka Düzenlemesinde Sediment Çıkış Eğrileri
Figure 3. Graphs of Sediment Outlet in Differentiated Layered Filter.

Şekil 2 ve 3'deki grafikler bir arada değerlendirildiğinde ise, geleneksel tabakalı kum-çakıl filtrenin değiştirilmiş tabakalı kum-çakıl filtrenin iki katı sürede tıkanacağı, fakat tıkanma sürelerine göre çıkan sedimentin geleneksel tabakalıda 7,84 kat daha fazla olduğu, pomzada ise tıkanma süreleri arasında belirgin bir farkın olmadığı, çıkan sedimentin ise geleneksel düzenlemeli pomzada 2,77 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Kum-çakıl filtre materyalinin inceltmesiyle daha az sediment çıkışının elde edilmesi olumlu ise de daha sık temizlenme gereğinin olması ve tıkanmalarla birlikte yük kaybı oluşumların sıkça yaşanabilmesi gibi nedenlerle bunun kullanılabilir olmadığı söylenebilir (Yazar ve Tekinel, 1989; Tüzel ve Anaç, 1991). Bu durumda geleneksel tabakalı kum-çakıl filtrenin kullanılmasıyla çıkan sediment miktarından kaçış olamayacağına göre tıkanma olmadan bu çıkan sediment miktarına daha uzun bir sürede ulaşılmasını sağlayabilen pomza materyali kullanılabilir. Bu sonucu değiştirilmiş tabaka düzenlemeli pomza sağlamaktadır. Şekil 4'de değiştirilmiş tabaka düzenlemeli pomzanın geleneksel kum-çakıl filtrenin tıkanma süresinde çıkan sedimente eşit miktarda sediment çıkardığı zamana kadar olan değişimleri verilmiştir. Anılan şekilde kum-çakılın tıkanma süresinde çıkardığı sedimenti, pomzanın yaklaşık 47 saatte çıkardığı bir başka ifadeyle pomzanın kum-çakıla göre yaklaşık % 38 daha fazla süreli kullanım olanağı sağladığı görülmektedir. Kum-çakılın tıkanma süresine göre analiz yapıldığında ise pomzada çıkan sedimentin kum-çakıldan % 74,51 daha az olduğu görülmektedir. Pomzada bu avantajlı durum, inceltelen tabakada akış hızının yavaşlatılarak porozitesi yüksek olan bu ortamda daha fazla sedimentin depolanmasıyla açıklanabilir (Gemalmaz, 1989; Şahin ve ark., 1997; Gündüz ve ark., 1998).



Şekil 4. Geleneksel Kum-Çakıl İle Değiştirilmiş Tabaka Düzenlemeli Pomzada Sediment Çıkış Eğrileri
Figure 4. Graphs of Sediment Outlet in Conventional Layered Sand-Gravel Filter and Differentiated Layered Pumice Filter.

Sonuç olarak denilebilir ki, tabakaları yeniden düzenlenmiş yani geleneksel kum-çakıl filtreye göre daha ince filtre materyaline sahip pomza; sediment çıkışını azaltması veya filtre temizlenme süresini uzatması açısından geleneksel kum-çakıl filtreye göre daha kullanılabilir bulunmuştur. Bu durum hem sistemde yük kayıplarının azaltılmasını sağlamakta, hem de sık sık filtre temizleme zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca pomzanın yıkanarak yeniden kullanılması da söz konusudur. Bulunan sonuçlar bu denemede ele alınan konular bazında önemlidir. Bu nedenle daha genel sonuçlar için, damla sulamanın işletilme basınçları, daha büyük akış miktarları, farklı sediment konsantrasyonları, farklı sediment büyüklükleri, farklı filtre tabaka kombinasyonları kullanılarak denemelerin tekrarlanıp optimum filtre düzenlemeleri yoluna gidilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aküzüm, T. ve N.B. Girgin, 1988. Kılcal Borulu Damla Sulama Sistemlerinin Sera ve Fidanlıklarda Kullanım Olanakları. Ankara Üniv., Ziraat Fak., Yayın No:1099, 1-11.
- Anonymous, 1989. Filtration and Water Treatment Manual for Low-Volume Irrigation Systems. Plastro Gvat-Plastic Pipes and Accessories. Irrigation Systems, 30050 Kibbutz Gvat, Israel.
- Demir, V. ve E. Uz., 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Filtreler. Ege Üniv., Ziraat Fak., Dergisi, 31(2-3):177-184.
- Eroğlu, V., 1991. Su Tasfiyesi (3.Baskı). İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı:1439, 175-248.
- Gemalmaz, E., 1989. Gözenekli Ortam Hidrolojisi (Lisansüstü Ders Notları). Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Kültürteknik Bölümü, Erzurum, 24-25.
- Gündüz, L., A. Sarışık, B. Tozaçan, M. Davraz, İ. Uğur ve O. Çankıran, 1998. Pomza Teknolojisi (Pomza Karakterizasyonu) (Cilt I). Bims Yapı Elemanları A.Ş., Süleyman Demirel Üniv., Müh., Mim., Fak., Isparta, 285s.
- Güngör, Y. ve O. Yıldırım, 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniv., Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1155: 335-368.
- Güngör, N. ve M. Tombul, 1997. Pomzanın Kullanım Alanı İle İlgili Özellikleri ve Mevzuatın Pomza Madenciliğine Etkisi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 19-24.
- Howell, T.A., D.S. Stevenson, F.K. Aljibury, H.M. Gitlin, I.P. Wu, A.W. Warrick ve P.A.C. Raats, 1983. Design and Operation of Trickle (Drip) Systems. Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed., M.E. Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085, 663-718.
- İlhan, S., M. Nurbaşı, S. Emekçi ve H. Özdağ, 1997. Pomzanın Biyoteknolojide Adsorbant Olarak Kullanımı. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 39-46.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons. New York, 260-299.
- Kanber, R., 1997. Sulama. Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Ders Kitapları Yayın No: 52, 458-467.
- Kapar, A., İ. Yaşa, M.E. İrget ve S. Anaç, 1997. Ege Bölgesinde Sulama Sulamının Damla Sulama Yönünden Değerlendirilmesi. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran, Kirazlıyayla-Bursa, 481-488.
- Korukçu, A., 1975. Damla Sulaması ve Projelenmesi. Damla Sulama I. Teknik Toplantısı, 26 Haziran- 2 Temmuz, Ankara.
- Madanoğlu, F.K., 1983. Damla Sulama. Topraksu Araştırma Ana Projesi No:432, Ankara.
- McGhee, T.J., 1991. Water Supply and Sewerage. Chapter 10: Filtration of Water. McGraw-Hill, Inc., New York, 203-228.
- Okuroğlu, M., 1998. İçme ve Kullanma Suyu Sağlanması. Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Ders Yayınları No: 202, 207-210.
- Onar, A.N., N. Balkaya, ve B. Öztürk, 1997. Pomza Taşının Su Arıtım Teknolojisinde Kullanımı. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 31-38.

- Peavy, H.S., D.R. Rowe ve G. Tchobanoglous, 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company, New York, 165-182.
- Ross, D.S., 1990. Water Treatment For Microirrigation. Filtration and Chemical Treatment. The University of Maryland, College Park, MD 20742, Facts 171, 1-10.
- Solomon, K.H., 1985. Global Uniformity of Trickle Irrigation Systems. Transactions of the ASAE, 28(4): 1151-1158.
- Şahin, Ü., A. Hanay ve Ö. Anapalı, 1997. Seralarda Topraksız Kültürde Pomzanın Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 133-139.
- Tuncer, G., 1997. Dünya Pomza Rezervleri ve Üretiminde Türkiye'nin Yeri ve Önemi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 1-12.
- Tüzel, İ.H. ve S. Anaç, 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 28(1): 239-254.
- Uz, E., V. Demir ve M. Eren, 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Filtreler Üzerinde Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül, Antalya, 572-581.
- Yazar, A. ve O. Tekinel, 1989. Modern Sulama Sistemlerinin Karşılaştırılması. Çukurova Üniv., Ziraat Fak., Dergisi, 4(4): 11-21.