

Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Bazı Hidrosiklon Filtrelerin Yük Kayıplarının Kestiriminde Kullanılabilecek Bir Matematiksel Modelin Boyutsal Analiz Yöntemiyle Geliştirilmesi

Hüseyin YÜRDEM, Vedat DEMİR, Adnan DEĞİRMENCİOĞLU
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 35100-Bornova/İzmir
huseyin.yurdem@ege.edu.tr

Özet: Çalışmada, ülkemizde imal edilip damla sulama sistemlerinde kullanılan bazı hidrosiklon filtrelerin farklı debilerdeki yük kayıplarını, tasarım farklılıklarına göre tahminleyecek bir modelin boyutsal analiz yöntemiyle geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, giriş ve çıkış anma çapları 2", 2½", 3" ve 4" olan farklı teknik özelliklere sahip 7 adet hidrosiklon filtre kullanılmıştır.

Geliştirilen modelin serbestlik derecesi 86' olup, tahminleme katsayısı %97.64 tür. Geliştirilen model, giriş ve çıkış borusu iç çapı (D) 53-105 mm, silindirik kısmının çapı (D_c) 200-283 mm, silindirik kısmın yüksekliği (L_s) 152-220 mm, konik kısmın taban çapı (D_t) 52-60 mm, konik kısmın yüksekliği (L_k) 275-644 mm olan hidrosiklon filtrelerin yük kayıplarının kestiriminde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Damla sulama, hidrosiklon filtre, yük kaybı, matematik modelleme, boyutsal analiz.

Development of a Mathematical Model Using Dimensional Analysis for Predicting the Head Losses for Different Types of Hydrocyclone Filters Used in Drip Irrigation Systems

Abstract: The objective of this study was to develop a prediction model for head losses in hydrocyclone filters using Dimensional Analysis. For this purpose, seven hydrocyclone filters with 2", 2½", 3" and 4" inlet – outlet rated diameter were used to measure the friction losses at different flow rates in the laboratory. The parameters affecting the variation in head losses in filters were defined as dimensionless terms using Buckingham's pi-theorem.

The model developed in this study accounted for 97.64% of the variation in the data with 86 degrees of the freedom. The results showed that the mathematical model may be used to determine head losses in hydrocyclone filters with an acceptable accuracy if the variables affecting this system are used within the limits defined as inlet – outlet inside diameter of 53-105 mm, diameter of cylindrical part of 200-283 mm, height of cylindrical part of 152-220 mm, bottom diameter of conic part of 52-60 mm, height of conic part of 275-644 mm.

Key words: Drip irrigation, hydrocyclone filter, head loss, mathematical modeling, dimensional analysis

GİRİŞ

Damla sulama sistemleri düşük basınçlarda çalışan, enerji tüketimleri düşük fakat ilk yatırım maliyetleri yüksek olan sistemlerdir. Bu nedenle sistem ömürlerinin mümkün olduğunca uzun tutulması gerekmektedir. Damla sulama sistemin en önemli elemanı olan damlatıcıların ömrü, işlevlerini devam ettirip ettiremediklerine göre belirlenir. Damlatıcıların içinde yer alan su geçiş kanalları, suyun enerjisini azaltıp, çıkış basıncını düşürmek amacıyla çok dar olarak imal edilmekte, bu ise damlatıcıların kısmen

veya tamamen tıkanma riskini artırmaktadır. Lateral üzerindeki damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması eş su dağılımını bozmakta bu da ürün kalitesi ve miktarında kayıplara neden olmaktadır. Bunun yanında bir lateral üzerindeki damlatıcıların tümünün tıkanması ise, damla sulama lateralinin işlevinin sona ermesine neden olmaktadır.

Damlatıcıların tıkanmalarının sebeplerinin başında organik ve inorganik parçacıklar, mikrobiyal kalıntılar ve kimyasal çökeltiler gelmektedir. Tıkanma sonucu

ortaya çıkabilecek sorunlar, filtrasyon ve kimyasal uygulamalar yoluyla azaltılabilmektedir (Gilbert and Ford, 1986; Ravina et al., 1990; Bulancak ve Uz, 2000). Filtrasyon; suda askıda olan katı maddelerin fiziki özelliklerinden yararlanılarak ayrılması olarak tanımlanır (Andin and Alon, 1986; Plastro Gvat, 1989). Damla sulama sisteminde hidrolik esaslara göre seçilmiş en kaliteli damla sulama boruları kullanılsa, montajı birinci sınıf işçilikle yapılsa dahi, filtrasyon ve kimyasal uygulamalar olmadan düzgün çalışmaz ve uzun ömürlü olamazlar (Keller and Bliesner, 1990).

Damla sulama sistemlerinin düzgün çalışmasını sağlamak için değişik filtreler geliştirilmiştir. Bunlar; yoğunluk farkına göre çalışan hidrosiklon filtreler, granül (kum-çakıl) filtreler, elek ve disk filtrelerdir (Douglas and Bruce, 1985; Keller and Bliesner, 1990; Demir ve Uz, 1994). Kullanılacak olan sulama suyunun kalitesine bağlı olarak bu filtrelerden birinin veya birden fazlasının kullanılması gerekebilir.

Damla sulama borularına, katı cisimlerden en iyi şekilde arındırılmış suyun iletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle filtrasyon sisteminin en son elemanı olan disk veya elek filtrelerin temizleme etkinliği ve performansı önemlidir. Bir filtrede ihtiyaç duyulan filtre alanını, süzülmesi düşünülen suyun kirlilik miktarı ve debisi belirlemektedir (Gilbert and Ford, 1986). Ravina et al., (1990) yaptıkları çalışmada filtre performans kriterlerinin belirlenmesinde; filtre temizken oluşan yük kaybı, filtredeki yük kayıp oranları ve temizleme ihtiyacı gösterme zamanı ile filtrelerin temizliği için harcanan zamanın önemli bir yer tuttuğunu bildirmişlerdir. Zeier and Hills (1987), herhangi bir filtrenin temiz durumdaki maksimum yük kaybının 13.7 kPa olması gerektiğini, sulama suyu ile çalışmada ise yük kaybının 44.1 kPa'a ulaşması durumunda filtrenin teknik olarak tıkanmış olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

Bulancak ve ark. (2006) tarafından damla sulama sistemlerinde kullanılan çeşitli filtre ve filtrasyon sistemlerinin açık kanal sularında kullanılmasındaki etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, yerli ve yabancı yapım değişik tip ve prensibe sahip 9 farklı filtre (disk, elek, hidrosiklon, kum seperatörü ve granül filtre) ele alınmış ve herbiri tek tek ve değişik kombinasyonlarda denenmiştir. İki aşamalı yürütülmüş denemelerde filtre ve filtre kombinasyonlarının, temiz su kullanılarak laboratuvar koşullarında çalışma kapasiteleri, debi-yük kaybı

ilişkileri ve nehir suyu kullanılarak filtrasyon etkinlikleri belirlenmiştir. Araştırmada, disk filtrelerin etkinlikleri %54-60, elek filtrelerin ise %61-64 aralığında bulunmuştur. Hidrosiklon ve kum seperatöründe ise sırasıyla %37 ve %36 etkinlik değerleri saptanmıştır. En yüksek etkinlik değeri %81 ile granül filtrede bulunmuştur.

Damla sulama sistemlerinin istenen performansta uzun süre çalışmaları için sistemde yer alan disk veya elek filtrelerin kısa sürede tıkanmalarına engel olmak gerekmektedir. Bu durum uygun filtre seçiminin yanında, filtrasyon sistemi içerisinde, disk ve elek filtrelerden önce yerleştirilen, granül filtreler ile hidrosiklon filtrelerin etkin bir şekilde çalışmalarıyla da sağlanabilmektedir (Soccol and Botrel, 2004).

Damla sulama sistemlerinde suyun istenen şekilde temizlenmesinin yanında bu işlemin enerji gereksinimi açısından değerlendirilmesi de işletme maliyetleri açısından önemlidir. Bilindiği gibi basınçlı bir sulama sisteminde yer alan her parça, özelliğine bağlı olarak yük kaybı meydana getirmektedir. Damla sulama sistemlerinde önemli yük kayıplarının meydana geldiği yerlerden biri de filtrasyon sistemleridir. Enerji tüketimi açısından büyük önem taşıyan yük kaybı, filtre elemanının özelliklerine bağlı olduğu kadar, suyun yönlendirilmesini sağlayan filtre gövdesinin tasarımına da bağlıdır (Yürdem ve Demir, 2003).

Uz ve ark. (1994), temiz su ve iki değişik konsantrasyonda kum-toprak içeren suyla, 2" giriş-çıkış çaplı elek, disk ve hidrosiklon filtrelerde debi-yük kaybı değişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, her bir deneme koşulunda en düşük yük kaybının elek filtrede oluştuğunu; 2.4-12 m³/h debi aralığındaki yük kayıplarını, elek filtrede 0.9-4.0 kPa, disk filtrelerde 0.9-13 kPa ve hidrosiklon filtrede ise 1.66-22 kPa arasında bulmuşlardır.

Yürdem ve Demir (2003), ülkemizde imal edilip damla sulama sistemlerinde kullanılan bazı elek filtrelerde görülen tasarım hatalarının, yük kayıpları üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, 2½" ve 3" giriş ve çıkış çaplı elek filtreler kullanmışlar, giriş ve çıkış borularının gövde üzerine bağlandıkları noktadaki delik alanlarında yapılan hataların ve elek filtre elemanına uygun olmayan gövde çapı seçiminin yük kaybını arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu hatalar nedeniyle yük kaybında, 2½" filtrede %60 ve 3" filtrede %40 artış olduğunu belirlemişlerdir.

Geliştirilen ve yeni geliştirilecek eşitlikler yardımıyla yük kayıplarının hesaplanması, gerek filtrelerin imalatı aşamasında gerekse sulama sisteminin yük kayıplarının tahminlenmesinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde kullanılan ve bazı tasarım farklılıkları bulunan hidrosiklon filtrelerin, farklı debilerdeki yük kayıplarını tahminleyecek bir modelin boyutsal analiz yöntemiyle geliştirilmesi amaçlanmıştır.

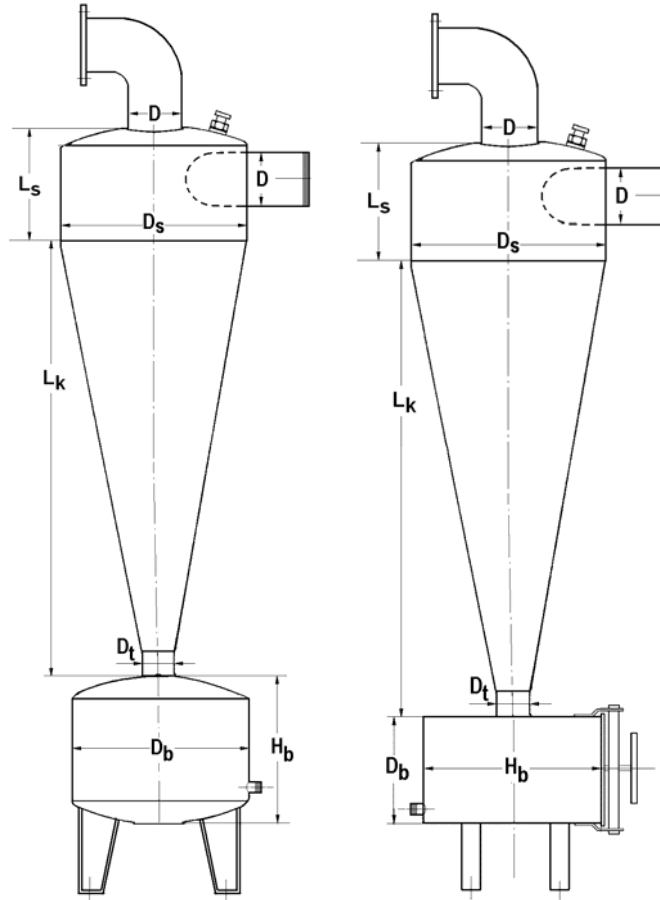
MATERYAL

Denemelerde, farklı teknik özelliklere sahip 7 adet hidrosiklon filtre ele alınmıştır. Denemelerde kullanılan filtrelerin genel görünüşleri ve gövde yapıları Şekil 1'de, teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemelerde kullanılan hidrosiklon filtreler, ayırma ve biriktirme bölümü olmak üzere iki ana kısımdan

oluşmaktadır. Ayırma ve biriktirme bölümleri sac malzemeden yapılmış ve birbirlerine kaynaklı olarak birleştirilmiştir.

Ayırma bölümü, silindirik ve konik şekil verilmiş iki ayrı yapının birbirine kaynaklı olarak birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Suyun hidrosiklon içinde dönü hareketi yapacak şekilde bir akım oluşturması için giriş borusu, silindirik parçaya teğet olarak bağlanmıştır. Hidrosiklonu üst tarafından kapatan parça pres yardımıyla şekillendirilmiş olup ortasına, çıkış borusu yerleştirilmiştir. Eksenel olarak yerleştirilmiş olan çıkış borusunun gövde içinde uzantısı bulunmaktadır. Hidrosiklonun, kontrol birimindeki diğer unsurlara bağlanabilmesi için giriş ve çıkış borularının uçlarında flanş veya manşon bulunmaktadır. Hidrosiklon içinde kalabilecek havayı tahliye etmek amacıyla hidrosiklonun üst tarafına piriç malzemeden imal edilmiş bir hava tahliye supabı monte edilmiştir.



(a) Kapaksız tip biriktirme kaplı

(b) Kapaklı tip biriktirme kaplı

Şekil 1. Denemelerde Kullanılan Hidrosiklon Filtrelerin Genel Görünüşleri ve Gövde Yapıları

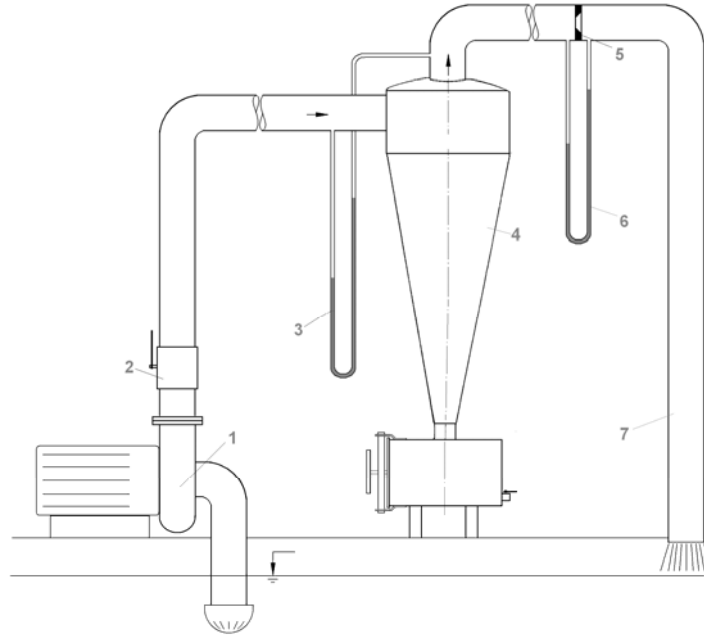
Çizelge 1. Denemelerde Kullanılan Hidrosiklon Filtrelerin Teknik Özellikleri

| Teknik Ölçüler | Hidrosiklon Filtre Tipleri | | | | | | |
|---|----------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|
| | K20 | K25 | K30 | K40 | A25 | A30 | S25 |
| Su giriş – çıkış borusu anma çapı [inch] | 2" | 2½" | 3" | 4" | 2½" | 3" | 2½" |
| Su giriş - çıkış borusu iç çapı (D) [mm] | 53 | 70 | 81 | 105 | 70 | 81 | 70 |
| Silindirik kısmın çapı (D _s) [mm] | 251 | 251 | 251 | 251 | 283 | 283 | 200 |
| Konik kısmın taban çapı (D _t) [mm] | 53 | 55 | 52 | 54 | 60 | 60 | 55 |
| Silindirik kısmın yüksekliği (L _s) [mm] | 216 | 216 | 216 | 216 | 220 | 220 | 152 |
| Konik kısmın yüksekliği (L _k) [mm] | 644 | 644 | 644 | 644 | 650 | 650 | 275 |
| Biriktirme kabı tipi | Kapaksız | Kapaklı | Kapaklı | Kapaksız | Kapaksız | Kapaksız | Kapaklı |
| Biriktirme kabı çapı (D _b) [mm] | 252 | 165 | 165 | 165 | 245 | 245 | 154 |
| Biriktirme kabı uzunluğu (H _b) [mm] | 219 | 245 | 245 | 245 | 225 | 225 | 242 |
| Genel yükseklik (H _g) [mm] | 1320 | 1260 | 1320 | 1320 | 1185 | 1185 | 760 |

Sulama sırasında su içindeki katı tanecikler, büyüklüklerine ve yoğunluk farkına bağlı olarak merkezkaç kuvvetinin etkisiyle ayrılarak biriktirme haznesine geçerler. Denemede kullanılan hidrosiklon filtrelerin biriktirme haznesi iki tiptedir (Şekil 1). Birinci tip biriktirme haznesi, Şekil 1a'da görüldüğü gibi; sacın kıvrılarak kaynatılmasıyla oluşturulan silindirik yapının üzerine ve altına pres yardımıyla özel form verilmiş sacların kaynatılmasıyla meydana getirilmiştir. Biriktirme haznesinin altına, toplanan materyalin boşaltılmasını sağlamak amacıyla 3/4", kaynatılmıştır. İkinci tip biriktirme haznesi ise, bir ucu kaynaklı olarak kapatılmış, diğer ucu ise açılıp kapanabilen bir kapak sistemine sahip silindirik bir yapıdadır (Şekil 1b).

YÖNTEM

Hidrosiklon filtrelerin, farklı debilerdeki yük kaybı değerlerini belirlemek amacıyla E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Pompa Deneme Laboratuvarı'nda bir deneme düzeni oluşturulmuştur (Şekil 2). Deneme düzeninde, santrifüj pompa yardımıyla depodan sağlanan temiz su kullanılmıştır. Hidrosiklon filtreden geçen debi değerleri, pompa çıkış hattına yerleştirilen bir vana yardımıyla ayarlanmış ve orifis yöntemiyle ölçülmüştür. Hidrosiklon filtrelerden geçen her debiye karşılık meydana gelen yük kaybı değerleri, hidrosiklon filtrelerin su giriş ve çıkış ağzlarına yerleştirilen çıkışlara bağlanan cıvalı diferansiyel manometre yardımıyla ölçülmüştür. Ölçülen değerler yardımıyla debi-yük kaybı ilişkileri belirlenmiştir (Şekil 2).



- | | |
|--|--|
| 1. Pompa | 4. Hidrosiklon filtre |
| 2. Debi ayar vanası | 5. Orifis |
| 3. Kayıp yüksekliğin ölçülmesinde kullanılan cıvalı diferansiyel manometre | 6. Debi ölçümünde kullanılan cıvalı diferansiyel manometre |
| | 7. Su iletim boruları |

Şekil 2. Deneme düzeninin genel görünüşü

SÜRTÜNME KAYIPLARININ BOYUTSAL ANALİZİ

Boyutsal analiz, değişik fiziksel sistemlere ilişkin tahminleme modellerinin geliştirilmesinde ve özellikle hidrolik alanında oldukça yaygın kullanım alanı bulan bir araçtır (Langhaar, 1987). Bu yöntemle herhangi bir fiziksel olaya etki ettiği düşünülen değişkenler saptanır ve sonrasında bu değişkenler, fiziksel olarak anlam

ifade eden bir grup boyutsuz terime (Π terimleri) indirgenir. Boyutsal analiz yöntemi kullanılarak yürütülen bu çalışmada, hidrosiklon filtrelerde oluşan yük kaybına etki ettiği düşünülen değişkenler Çizelge 2'de ve bu değişkenler kullanılarak oluşturulan boyutsuz terimler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Hidrosiklon filtrelerde oluşan yük kaybına etki eden değişkenler

| Değişken tipi | Sembol | Değişken | Boyut | Birim |
|---------------|--------|---|-------------|-------------|
| Bağımlı | H_f | Yük kaybı | L | m |
| | V | Giriş borusundaki suyun hızı | LT^{-1} | ms^{-1} |
| | ν | Kinematik viskozite | L^2T^{-1} | m^2s^{-1} |
| | g | Yerçekimi ivmesi | LT^{-2} | ms^{-2} |
| Bağımsız | D | Su giriş-çıkış borusu iç çapı | L | m |
| | D_s | Filtre gövdesinin silindirik kısmının çapı | L | m |
| | D_t | Filtre gövdesinin konik kısmının taban çapı | L | m |
| | L_s | Filtre gövdesinin silindirik kısmının uzunluğu (yüksekliği) | L | m |
| | L_k | Filtre gövdesinin konik kısmının uzunluğu | L | m |

Çizelge 3. Boyutsuz terimler ve fiziksel anlamları

| Boyutsuz terim (Π terimi) | Fiziksel anlamı |
|-----------------------------------|--|
| Π_1 H_f/D | Giriş-çıkış su borusu iç çapının değişimine bağlı yük kaybı |
| Π_2 V^2/gD | Froude sayısı |
| Π_3 VD/v | Reynolds sayısı |
| Π_4 D_t/L_k | Filtre gövdesinin konik kısmının taban çapının, filtre gövdesinin konik kısmının uzunluğuna oranı |
| Π_5 D_s/D_t | Filtre gövdesinin silindirik kısmının çapının, filtre gövdesinin konik kısmının taban çapına oranı |
| Π_6 D/D_s | Giriş-çıkış borusu iç çapının, filtre gövdesinin silindirik kısmının çapına oranı |
| Π_7 L_s/L_k | Filtre gövdesinin silindirik kısmının uzunluğunun, filtre gövdesinin konik kısmının uzunluğuna oranı |

Çizelge 3’de verilen boyutsuz terimler uyarınca filtrelerde meydana gelen sürtünme kaybı fonksiyonel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$H_f/D = f(V^2/gD, VD/v, D/D_s, D_t/L_k, D_s/D_t, L_s/L_k) \quad (1)$$

BULGULAR

Boyutsuz terimler kullanılarak (Çizelge 3) ileriye doğru seçim esasına dayalı olarak yapılan çoklu regresyon analizi sonucunda aşağıda verilen matematiksel model elde edilmiştir.

$$H_f/D = 1.3403 (V^2/gD)^{0.581} (VD/v)^{0.567} (D_t/L_k)^{-2.175} (D_s/D_t)^{-7.53} (D/D_s)^{-1.33} \quad (2)$$

Modelde, kinematik viskozitenin (ν) yerine 20 °C deki değeri olan $1.01 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ve yerçekimi ivmesi (g) için 9.81ms^{-2} alındığında model aşağıdaki formda verilebilir.

$$H_f = 892.5 V^{1.729} D^{-0.344} D_s^{-6.2} D_t^{5.355} L_k^{2.175} \quad (3)$$

Modelde, su hızı (V) yerine $(4Q/\pi D^2)$ alındığında ise model aşağıdaki formu alır:

$$H_f = 1355.2 Q^{1.729} D^{-3.802} D_s^{-6.2} D_t^{5.355} L_k^{2.175} \quad (4)$$

Geliştirilen modelin serbestlik derecesi 86’ olup, modele ilişkin çoklu regresyon analizi sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere

Froude sayısı (V^2/gD) yük kaybı değişiminin %95.28’ini tek başına açıklayabilmektedir. Diğer Π terimleri modele katıldıkça tahminleme katsayısı artmakta ve oluşturulan modelin tahminleme katsayısı %97.64’e kadar yükselmektedir. L_s/L_k boyutsuz terimin dışında öngörülen bütün boyutsuz terimler %95 seviyesinde önemli bulunduğu için modelde yer almıştır.

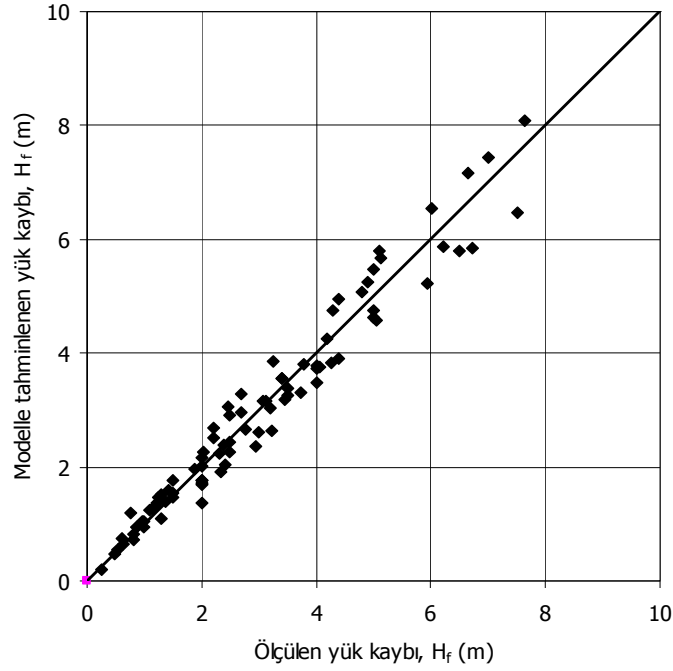
Geliştirilen modelin geçerlilik sınırları aşağıda verilmiştir:

| | | |
|--|---|------------|
| Giriş çıkış borusu iç çapı (D) | : | 53-105 mm |
| Silindirik kısmının çapı (D_s) | : | 200-283 mm |
| Silindirik kısmın yüksekliği (L_s) | : | 152-220 mm |
| Konik kısmın taban çapı (D_t) | : | 52-60 mm |
| Konik kısmın yüksekliği (L_k) | : | 275-644 mm |

Çalışmada ele alınan tüm hidrosiklon filtrelerin farklı debilerde ölçülen tüm yük kaybı (H_f) değerleri ve geliştirilen model yardımıyla bulunan yük kaybı değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, modelle tahmin edilen yük kaybı değerleri, denemelerde ölçülen yük kaybı değerlerine oldukça yakındır.

Çizelge 4. Kesişim katsayısı sıfır alınarak yapılan regresyon analizi sonuçları

| Boyutsuz terimler | Üstel terim | Standart hata | R ² ve değişimi (%) |
|-------------------|-------------|---------------|--------------------------------|
| Log (sabit) | 0.1272 | 0.91440222 | - |
| V^2/gD | 0.581 | 0.117711151 | 95.28 |
| VD/v | 0.567 | 0.236110524 | 95.82 |
| D/D_s | -1.33 | 0.355190279 | 96.32 |
| D_t/L_k | -2.175 | 0.292792825 | 97.23 |
| D_s/D_t | -7.53 | 1.199641896 | 97.64 |

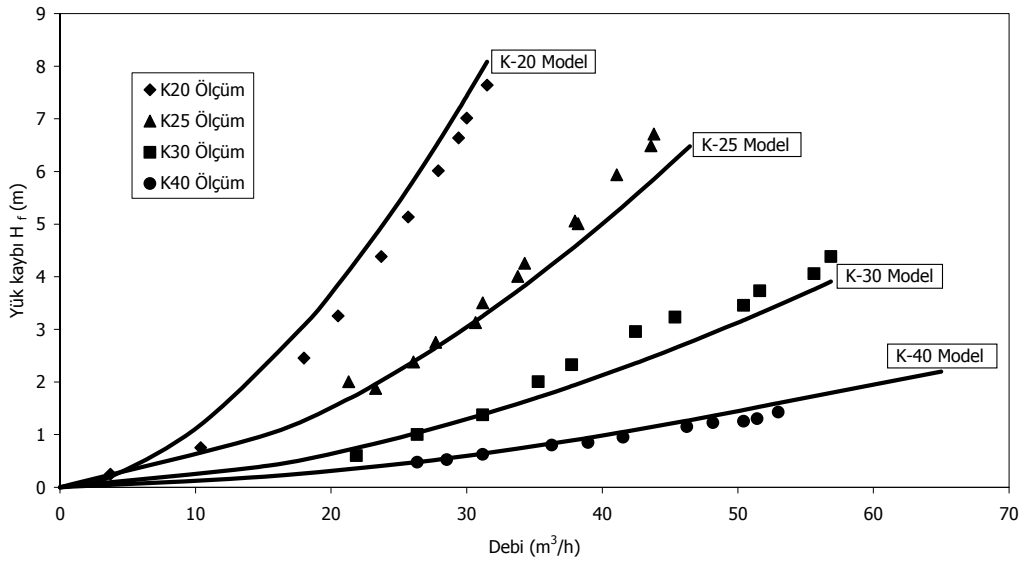


Şekil 3. Ölçülen ve geliştirilen model yardımıyla tahmin edilen yük kaybı (H_f) değerlerinin karşılaştırılması

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Çalışmada ele alınan K tipi hidrosiklon filtrelerin, farklı debilerde ölçülen yük kaybı (H_f) değerleri ve geliştirilen model yardımıyla hesaplanan debi-yük kaybı eğrileri Şekil 4'te örnek olarak verilmiştir.

Görüldüğü gibi K tipi hidrosiklon filtrelerin model yardımıyla hesaplanan debi-yük kaybı eğrileri denemelerde ölçülen yük kaybı değerlerine oldukça yakın çıkmıştır.



Şekil 4. Denemelerde Kullanılan K tipi Hidrosiklon Filtrelerin Ölçüm Sonuçları ile Model Karşılaştırmaları

Hidrosiklon filtrelerin yük kayıp değerlerinin kestiriminde kullanmak amacıyla geliştirilen model, giriş çıkış borusu iç çapı (D) 53-105 mm, silindirik kısmının çapı (D_s) 200-283 mm, silindirik kısmın yüksekliği (L_s) 152-220 mm, konik kısmın taban çapı (D_t) 52-60 mm, konik kısmın yüksekliği (L_k) 275-644

mm olan hidrosiklon filtrelerin yük kaybının kestiriminde kullanılabilir.

Elde edilen bu model, gerek yeni hidrosiklon tasarımlarında ve gerekse de damla sulama sistemlerinin projelemesinde hidrosiklon filtrelerin yük kayıplarının tahminlenmesine olanak sağlayacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Andin, A., G. Alon, 1986. Mechanisms and Process Parameters of Filters Screens. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol:112, No:4, Paper No:21034,Jerusalem,ISRAEL
- Bulancak, S., E. Uz, 2000. Ege Bölgesi Pamuk Tarımında Damla Sulama Sistemlerinin Uygulanabilirliğinde Filtre Seçimi ve Performansı Üzerinde Bir Araştırma, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), İZMİR.
- Bulancak, S., V. Demir, H. Yürdem, E. Uz, 2006. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Çeşitli Filtre ve Filtre Kombinasyonlarının Açık Kanal Sularında Kullanılmasındaki Etkinliklerinin Belirlenmesi. E.Ü.Z.F. Dergisi, 43 (1):85-96, İzmir-Turkey.
- Demir, V., E. Uz, 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Filtreler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:31 Sayı:2-3, S.177-184, İZMİR
- Douglas, A., P.E. Bruce, 1985. Filtration Analysis and Application. Proc. Third Inter'l Drip/Trickle Irrigation in Action, ASAE, Ph:58-68, St.Joseph, Michigan.
- Gilbert, R.G., H.W. Ford, 1986. Operational Principles-Emitter Clogging. (F.S. Nakayama and D.A.Bucks, ed.), Chap.3,pp.142-187. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Keller, J., Bliesner, R.D. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation, USA
- Langhaar, H.L., 1987. Dimensional Analysis and Theory of Models. Robert E. Kreiger Publishing Company. p.166. Malabar, Florida
- Plastro Gvat, 1989. Filtration and Water Treatment Manual for Low Volume Irrigation Systems, ISRAEL
- Ravina, I., Paz, E., Sagy, G., Yechiley, Z., Sofer, Z., Lavy, Z., Marcu, A., 1990. Filtration Requirements for Emitter Clogging Control, Telaviv, ISRAEL
- Soccol, O.J.; T. A. Botrel, 2004, Hydrocyclone For Pre-Filtering Of Irrigation Water, Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), Apr 2004, vol.61, no.2, p.134-140. ISSN 0103-9016v.61, n.2, p.134-140, Mar./Apr. 2004
- Uz, E., V. Demir, M. Eren, 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Filtreler Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, S.572, 581, Antalya
- Yürdem, H., V. Demir, 2003, Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Elek Filtrelerde Görülen Bazı Tasarım Hatalarının Yük Kayıpları Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:40 Sayı:2, S.81-88, İZMİR
- Zeier, K.R., Hills., D.Y., 1987. Trickle Irrigation Screen Filter Performans as Affected by Sand Size and Concentration, Transactions of the ASAE