

**POMPAJ SULAMA TESİSİ ENERJİ KAYIPLARININ HESAPLANMASINDA
KULLANILAN BAZI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

Sedat ÇALIŞIR¹

Nevzat ÖRNEK²

Mustafa KONAK³

ÖZET

Bu çalışmada, sistem geometrisi bilinen bir pompaj sulama tesisinde plastik ve çelik boruların farklı çap ve debileri için enerji kayıpları Darcy, Blair ve Williams-Hazen yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda plastik borular için Darcy (Y1) , çelik borular için de Williams-Hazen (Y3) yöntemi önerilebilir.

*A comparative study for some of the methods used In the headloss calculations of
pumping irrigation plants*

ABSTRACT

In this study, for the pump irrigation plant of known system geometry, three common headloss determination methods, Darcy, Blair and Williams-Hazen equations were applied for PVC and steel pipes of different diameters at several flow rates. Calculated results were analysed as comparing them with eachother. As a result of this comparison, it is determined that Darcy (Y1) method can be proposed for PVC pipes, whereas Williams-Hazen (Y3) method can be proposed for steel pipes.

GİRİŞ

Sulama suyunun kaynaktan alınarak tarlaya iletilmesinde kullanılan mekanik araç ve gereçlerin tamamı pompaj sulama tesisi olarak tanımlanmaktadır. Pompaj sulama tesisinin projelenmesinde amaç, sulanacak bitkinin ihtiyaç duyduğu sulama suyunu; zamanında, yeterli miktarda ve en az enerji tüketimi ile sağlamaktır. Bir pompaj tesisinin projelenmesi için öncelikle yapılması gereken işlem boru hatlarının (sistem geometrisinin) planlanmasıdır. Daha sonra sırasıyla pompa ve motor seçimi, pompaj elemanlarının yerleştirilmesi, işletilmesi ve bakımı gibi önemli mühendislik faaliyetlerini içermektedir.

Pompaj tesisi boru hatlarının planlanmasında, başlıca teknik ve ekonomik etkenler göz önünde bulundurulmaktadır. Teknik etkenler tesisin, kurulduğu koşullarda var olan ve proje mühendislerinin üzerinde müdahalesinin söz konusu olamadığı, ancak projelirmede kısıtlayıcı olan faktörlerdir. Ekonomik etkenler ise projelirmede uygulanan yaklaşımlara göre değişebilmektedir.

Su iletiminin söz konusu olduğu tüm sistemlerde enerji kayıplarının varlığı kaçınılmazdır. Pratikte bu enerji kayıplarının tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmamaktadır. Fakat optimum boru çapı, boru uzunluğu ve cinsi ; uygun armatür sayı ve özelliklerinin saptanması ile enerji kayıpları en aza indirilebilmektedir (1). Pompaj mühendisi, sistem geometrisini saptadıktan sonra, bu sistemden farklı debiler için ihtiyaç duyulan toplam enerjiyi ve bunun içindeki kayıp enerji oranının ne kadar olduğunu gösteren sistem eğrisini ortaya koymaktadır. Sistemin toplam enerji gereksinimine etki eden faktörler şu şekilde ifade edilmektedir (2).

$$H_m = H_g + H_k + P_d/\gamma \quad (1)$$

$$H_k = h_k + h_f \quad (2)$$

$$h_k = f (D, L, v^2/2 * g, \lambda) \quad (3)$$

$$h_f = f (n, \xi, v^2/2 * g) = \xi * [v^2/(2 * g)] \quad (4)$$

$$\lambda = f(k, Re, D) \quad (5)$$

$$Re = f(D, v, \nu) \quad (6)$$

Günümüzde pompaj tesislerinin toplam enerji kaybı hesaplanmasında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar arasında seçim yapabilmek oldukça güçtür. Bu seçim proje mühendisinin deneyim ve alışkanlıklarına bağlı olarak değişebilmektedir. Ülkemizde yaygın olarak Darcy, Blair ve Williams-Hazen yöntemleri kullanılmaktadır(2,3,4).

¹ Yrd.Doç.Dr., Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 42031 KONYA

² Zir.Y.Müh., Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, 42031 KONYA

³ Doç.Dr., Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 42031 KONYA

Darcy yönteminin genel ifadesi şu şekilde belirtilmektedir(2).

$$H_k = h_k + h_f = \left\{ \lambda \cdot L_{eş} \cdot \left[\frac{v^2}{(2 \cdot g)} \right] \right\} / D = 0.051 \cdot \lambda \cdot L_{eş} \cdot Q^2 / D^5 \quad (7)$$

$$L_{eş} = L + L_o = L + k \cdot D / \lambda \quad (8)$$

$$L_o = k \cdot D / \lambda \quad (9)$$

Darcy yöntemi Paris şehri su şebekesinde mühendis olarak çalışan N.P.G. Darcy tarafından 1875 yılında ortaya konulmuştur. Bu yöntem basitliği ve kullanım kolaylığı nedeniyle önceleri çok kullanılmakla birlikte, formülde yer alan ve Darcy tarafından saptanan λ değerleri yeterli görülmemiştir. Bunun üzerine Lang, Von Prandtl, Weisbach, Chezy gibi araştırmacılar λ sürtünme katsayısı üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Ancak, λ için verilen eşitlikler belli koşullarda geçerli olabilmekte yani bunların bir kısmında ya sadece boru çapı veya ortalama hız yada boru cinsi göz önünde tutulmuştur. λ 'nın özellikle türbülanslı akım koşullarında hesaplanması son derece karışık hal almaktadır. Bu amaçla Von Prandtl, Von Karman, Nikuradse, Colebrook ve White tarafından yapılan çalışmalar 1940 yıllarında Moody tarafından birleştirilerek bir diyagram haline getirilmiştir. Böylece, bu yöntem daha faydalı olarak kabul edilmektedir. Moody diyagramında, Re sayısının 3000 den büyük değerlerine ait türbülanslı akım bölgesinin tam pürüzlü bölgeye geçişi temsil eden sınır eğrisi ile hidrolikçe düzgün akım eğrisi arasında kalan bölgede Colebrook ve White eşitliğine uyan eğriler değişik k/D değerleri için verilmektedir(2).

Pompaj sulama tesislerinde de Re sayısının genellikle 10000 değerinin üzerinde bulunması nedeniyle bu yöntemin gerçeği daha iyi temsil edeceği düşünülebilir. Ancak, yöntemin proje mühendisliği bakımından, boru cinsleri için verilen k mutlak pürüzlülük değerlerinin çok geniş aralıkta değişmesi, Moody diyagramındaki okuma hataları ve hesaplamaların uzun zaman alması önemli bir sorun olmaktadır. Birçok kaynağa göre plastik borular için mutlak pürüzlülük değeri 0 - 0.015 mm; dikişli çelik boruların yeni durumda 0.05 mm ve eski durumda ise 0.1 mm arasında alınabileceği ifade edilmektedir(2,4). λ sürtünme katsayısı değeri aşağıda verilen Colebrook ve White formülü ile hesaplanmaktadır.

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \cdot \log_{10} [2.51/(Re \cdot \sqrt{\lambda}) + k/(3.71 \cdot D)] \quad (10)$$

Formülün kullanılmasındaki zorluk eşitliğin her iki tarafında da λ değerinin bulunmasıdır. Bu eşitliğin çözümünde Newton-Raphson ve False-Position yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen bilgisayar çözümlerinden yararlanılmaktadır (5).

Williams-Hazen yöntemi, G.S.Williams ve Allen Hazen adlı iki araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. ABD ve ülkemizde içme suyu ve pompaj tesisi projelendirmelerinde kullanılmaktadır. Bu yöntem düz ve toplam eşdeğer boru uzunlukları için enerji kayıpları metrik sistemde şu denklem ile ifade edilmektedir.

$$H_k = 5.038 \cdot C^{(-1.852)} \cdot D^{(-1.166)} \cdot v^{(1.852)} \cdot L_{eş} \quad (11)$$

Bu yöntemde enerji kaybı ; pompaj tesislerinde kullanılan boruların cinsi ve durumuna göre geniş aralıkta değişen (C) katsayısına bağlıdır. Ayrıca, bu yöntem 50 mm den daha büyük boru çapı ve 3 m/s den daha küçük su iletim hızları için geçerli olacağı koşulu da pompaj sulama tesislerinde uygulama alanı bulmasında etkili olmaktadır. Bu eşitlikte bulunan C katsayısı plastik borular için sadece 150 değeri verilirken, yeni durumdaki dikişli çelik borular için 140, aynı cins fakat eski çelik borular için de 110-130 arasında alınabileceği belirtilmektedir(3,4).

Blair yöntemi, 1949 yılında İngiliz araştırmacısı J.S. Blair tarafından yayınlanmıştır. Blair, boruları dört sınıf altında toplamıştır. Boruların sınıflandırılmasında mutlak pürüzlülük esas alınmıştır. Blair bu dört sınıf boru için enerji kayıplarını, boru çapı,ortalama su hızı ve boru uzunluğunun fonksiyonu olarak hem üslü eşitlikler hem de diyagramlar halinde düzenlemiştir. Blair yönteminde sadece boru cinsinin seçilerek hesaplama yapılması proje mühendisliği açısından kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, hem üslü denklemleri yardımıyla bilgisayar ortamında çözümü hızlı ve kolay hem de iki eksen çifti şeklinde düzenlenen diyagram ile bilinen iki parametreden bilinmeyen diğer iki parametreye ulaşılabilir. Bu parametreler hız, çap, debi ve borunun hidrolik eğim değerleridir (2).

Pompaj mühendisliğinde, pompaj tesislerinin proje safhasındaki hesaplamalarında öngörülen debilerde meydana gelecek enerji kaybının doğru olarak belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada sistemin enerji kayıplarının hesaplanmasında yukarıda açıklanan ve günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden hangisi tercih edilmelidir? ve bu yöntemlerden herhangi birinin

tercih edilmesi durumunda ortaya ne gibi sonuçlar çıkabilir? sorusunun yanıtı, farklı boru çapı ve cinsi için analizi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada, tarımsal sulamalarda yaygın kullanım alanı bulan ekonomik standart çapları 100, 150, ve 200 mm olan yeni durumdaki plastik (PVC) ve dikişli çelik borular materyal olarak seçilmiştir.

Pompaj tesislerinde enerji kayıplarını olumsuz yönde etkilediği için su hızı en fazla 3 m/s ile sınırlandırılmaktadır (6). Sistem eğrisinin oluşturulabilmesi için hız değerleri 1.5, 2 ve 2.5 m/s olarak belirlenmiş ve bu hız değerlerine karşılık gelen debi değerleri ile Hk enerji kaybı 100 m toplam eşdeğer boru uzunluğu için yukarıda belirlenen plastik ve çelik borularda her standart boru çapı için aşağıdaki üç yöntemle göre hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden bilgisayar ortamında sistem karakteristik eğrileri çizilerek, bu eğrilerin en büyük determinasyon katsayısını veren modeldeki regresyon denklemlerinin a ve b katsayıları ortaya konmuş ve yöntemler farklı boru cinsi ve çapları için karşılaştırılmıştır.

Darcy yöntemi (Y1):

Mutlak pürüzlülük katsayısı, plastik borularda 0 mm, çelik borularda da 0.05 mm değerleri esas alınarak enerji kayıpları hesaplanmıştır. Colebrook ve White eşitliğindeki λ sürtünme katsayısının çözümünde Newton-Raphson ve False - Position yöntemlerinden yararlanılmıştır (5).

$$H_k = \lambda * [v^2 / (2 * g)] * (1/D) * L_{eş} \quad (12)$$

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 * \log_{10} [2.51 / (Re * \sqrt{\lambda}) + k / (3.71 * D)] \quad (13)$$

$$Re = D * v / \nu \quad (14)$$

Blair yöntemi (Y2) :

Bu yöntemde enerji kayıpları Blair sınıflamasında yer alan plastik ve çelik borular için aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (2).

$$\text{Plastik borular için : } H_k = 5.428 * 10^{-4} * D^{-1.246} * v^{1.754} * L_{eş} \quad (15)$$

$$\text{Çelik borular için : } H_k = 6.400 * 10^{-4} * D^{-1.243} * v^{1.802} * L_{eş} \quad (16)$$

Williams-Hazen Yöntemi (Y3) :

Bu yöntemde C katsayısı plastik borular için 150, çelik borular için 140 olarak kabul edilmiştir (3).

$$H_k = 5.038 * C^{(-1.852)} * D^{(-1.166)} * v^{(1.852)} * L_{eş} \quad (17)$$

Üç yöntemin hesaplanmasında yaygın bir kullanım alanı olan Microsoft Excel programı ve Visual Basic Macro Dili kullanılmıştır. Değerler ve hesaplar bir birlerine bağlanmış olup, her hangi bir değer değişikliğinde yeni değerler ve yeni grafiklerin otomatik olarak oluşması sağlanmıştır. Bu sayede program diğer programlara bağımsız hale getirilerek kullanım oranı artırılmıştır. Program <http://alaeddin.cc.selcuk.edu.tr/nevzat/makale> bölümünden alınabilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen enerji kayıpları Çizelge 1 de, bu verilere göre üç yöntemin farklı çaplardaki Hk-Q ilişkisini gösteren üssel regresyon denklemlerinin ($H_k = a * Q^b$) a ve b katsayıları da Çizelge 2'de verilmiştir. Yöntemlerde kullanılan eşitlikler üssel formda olduğundan, tüm kombinasyonlarda determinasyon katsayısının en büyük değerleri üssel regresyon modelinde hesaplanmıştır. Exponansiyel, logaritmik ve doğrusal regresyon modellerindeki R^2 değerleri 1 den daha küçük bulunmuştur.

Çizelge 2 de verilen $H_k = a * Q^b$ denkleminin, a katsayısı eğrinin başlangıç noktasını, b katsayısı da eğrinin eğimini ifade etmektedir. Bir başka ifade ile b katsayısı büyüdükçe ,eğrinin daha dik bir karakteristik gösterdiği ifade edilebilir.

150 mm çapındaki plastik ve çelik borular için, farklı yöntemlerdeki Hk-Q eğrileri Şekil 1 de bu grafiklerin 1.5, 2 ve 2.5 m/s hızlarda hesaplanan enerji kayıplarının yöntemlere göre yüzde değişimleri de, Çizelge 3 de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; en küçük enerji kaybının plastik borularda Y1 (Şekil 1a), çelik borularda (Şekil 1b) ise Y3 yöntemleri ile elde edildiği görülmektedir. Y2 yöntemi ile her iki boru cinsi için de yüksek enerji kaybı elde edilmiştir. Çizelge 3'ün incelenmesinde plastik borularda 1.5 m/s hız için Y1 yöntemi ile elde edilen enerji kaybının, Y2 yönteminden elde edilen enerji kaybına göre %45 daha az olduğu söylenebilir. Benzer şekilde aynı hız için enerji kaybı Y1, Y3 den ve Y3 de Y2 den %29 daha küçük olduğu görülmektedir. Y1 ile Y2 yöntemleri arasındaki %45 oranındaki enerji kaybı farkı artan hızlarda kısmen azalmaktadır. Y1 ve Y3

yöntemleri arasındaki hıza bağlı enerji kaybı farkı görülmemiştir. Y2 ile Y3 yöntemleri arasındaki enerji kaybı farklarında artan hızlar için nispeten azalma göstermiştir.

Benzer şekilde çelik borulardan elde edilen enerji kaybı eğrileri arasındaki farkların yöntemlere göre değişim gösterdiği görülmektedir (Şekil 1b). Çelik borulardaki enerji kaybı yüzde değişimleri farklı yöntemler için de irdelenebilir (Çizelge 3).

Farklı yöntemlere göre, 2 m/s sabit iletim hızındaki boru çapı ile enerji kayıpları arasındaki değişimler Şekil 2 ve Çizelge 4'de, plastik ve çelik borular için verilmiştir. Sabit iletim hızı ve artan boru çaplarında enerji kayıplarının azaldığı, süreklilik denklemi gereği bilinen bir gerçektir. Değişim oranları grafiksel ve sayısal olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Farklı Yöntemlere Göre Hesaplanmış Boru Cinsi ve Çaplarına Bağlı Olarak Enerji Kayıp Değerleri

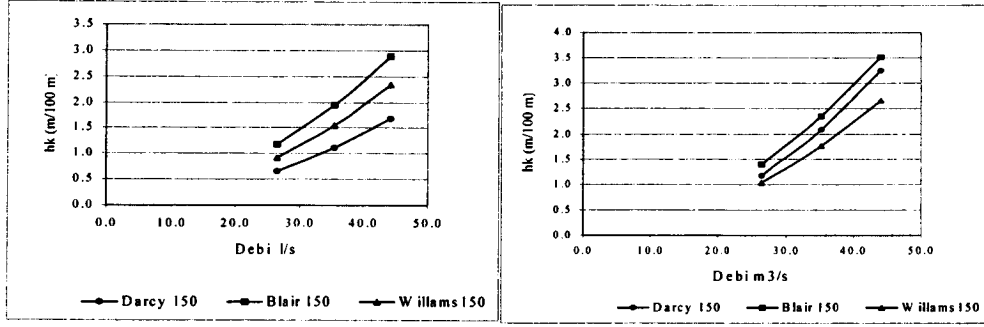
Boru Cinsi	Yöntem	Hız m/s	Boru çapı mm		
			100	150	200
Plastik	Y1	1.5	1.034	0.649	0.467
		2	1.761	1.106	0.796
		2.5	2.633	1.673	1.204
	Y2	1.5	1.948	1.175	0.821
		2	3.226	1.946	1.360
		2.5	4.771	2.879	2.012
	Y3	1.5	1.460	0.910	0.650
		2	2.487	1.550	1.108
		2.5	3.759	2.343	1.670
Çelik	Y1	1.5	1.925	1.174	0.829
		2	3.419	2.085	1.471
		2.5	5.336	3.253	2.297
	Y2	1.5	2.325	1.405	0.982
		2	3.905	2.359	1.650
		2.5	5.838	3.527	2.467
	Y3	1.5	1.658	1.034	0.739
		2	2.825	1.761	1.259
		2.5	4.271	2.662	1.903

Çizelge 2. Üssel Regresyon Modeline Göre Debiye Bağlı 100m Toplam Eşdeğer Boru Uzunluğundaki Toplam Enerji Kaybı Denklemlerine Ait a ve b Katsayılar

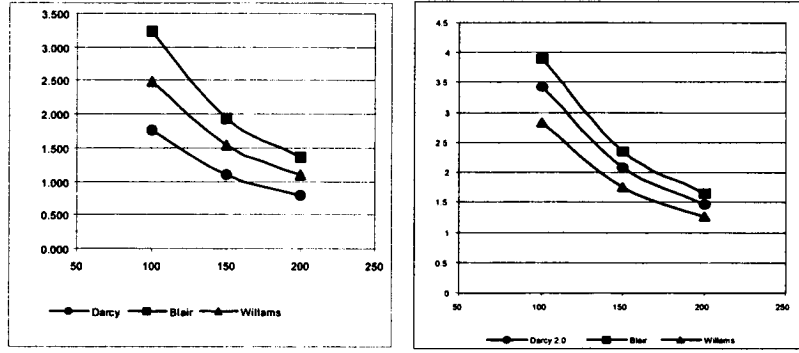
Yöntem	Boru cinsi D mm	Plastik borular		Çelik borular	
		a	b	a	b
Y1	100	0.0108	1.851	0.0140	1.9954
	150	0.0015	1.854	0.0017	1.9949
	200	0.0004	1.855	0.0004	1.9945
Y2	100	0.2580	1.754	0.0273	1.8020
	150	0.0037	1.754	0.0038	1.8020
	200	0.0010	1.754	0.0009	1.8020
Y3	100	0.1520	1.852	0.0172	1.8520
	150	0.0021	1.852	0.0024	1.8520
	200	0.0005	1.852	0.0006	1.8520

Çizelge 3. 150 mm çaplı plastik ve çelik borularda yöntemler arasındaki enerji kayıpları yüzde değişimleri (%)

Boru cinsi	Hız (m/s)	$[(Hk_{Y1}-Hk_{Y2})/Hk_{Y2}]*100$	$[(Hk_{Y1}-Hk_{Y3})/Hk_{Y3}]*100$	$[(Hk_{Y2}-Hk_{Y3})/Hk_{Y3}]*100$
Plastik boru	1.5	-45	-29	29
	2.0	-43	-29	26
	2.5	-42	-29	23
Çelik boru	1.5	-16	14	36
	2.0	-12	18	34
	2.5	-8	22	32



a) Plastik Boru
b) Çelik Boru
Şekil 1. 150 mm çapındaki plastik ve çelik borular için farklı yöntemlerdeki Hk - Q değişimleri
a) Plastik Boru
b) Çelik Boru



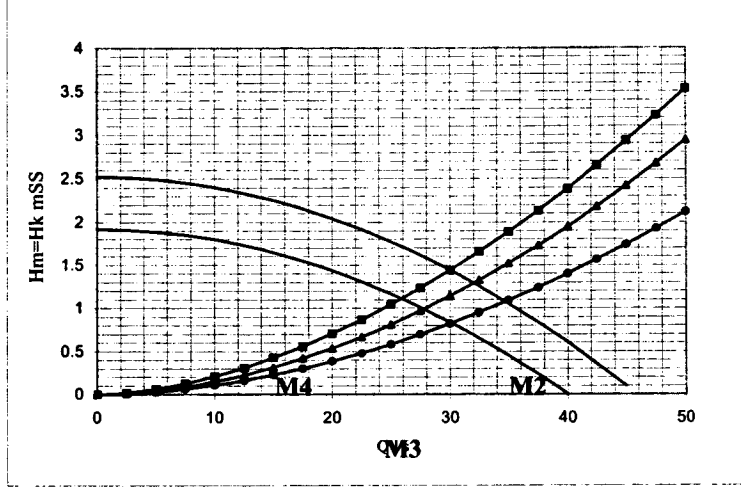
Şekil 2. 2m/sn iletim hızındaki boru çapı ile enerji kayıpları arasındaki ilişki

Çizelge 4. 2 m/s Sabit Hızda Plastik ve Çelik Borularda Yöntemler Arasındaki Enerji Kayıpları Yüzde Değişimleri (%)

Boru cinci	Çap m	$[(Hk_{Y1}-Hk_{Y2})/Hk_{Y2}]*100$	$[(Hk_{Y1}-Hk_{Y3})/Hk_{Y3}]*100$	$[(Hk_{Y2}-Hk_{Y3})/Hk_{Y3}]*100$
Plastik boru	100	-45	-29	30
	150	-43	-29	26
	200	-41	-28	23
Çelik boru	100	-12	21	38
	150	-12	18	34
	200	-11	17	31

Şekil 1a'da verilen enerji kaybı eğrileri (manometrik yüksekliğin tamamı enerji kayıplarından meydana gelmektedir) ile 30 l/s debi veren pompaya ait Hm-Q eğrisi çakıştırılarak, Y2 yöntemi için M1 işletme noktası tespit edilmiştir (Şekil 3). Ancak gerçek işletme noktasının M1'in dışında bir yerde olması beklenebilir. Gerçek işletme noktasının M2 de olduğu kabul edildiğinde, öngörülen debi %16.6 artarken, Hm'de %28.5 oranında azaldığı görülmektedir. Bu değişime hem pompa karakteristik eğrilerinin yatık veya dik oluşu hem de toplam enerji kayıplarının manometrik yükseklik içindeki payı etkili olmaktadır. Karakteristikleri dik olan pompanın seçilmesi durumunda küçük debi değişimleri karşısında büyük Hm değişimi ortaya çıkacaktır (7). İşletme noktasının değişmesiyle artan debiye paralel olarak radyal tip pompalar için gücün de artacağı söylenebilir. Güç artışından dolayı ortaya çıkabilecek olumsuzlukları önleyebilmek için debinin ayar vanası ile orijinal değerine getirilmesi gerekecektir. Bu durumda %28.5 oranında enerji kaybı oluşmaktadır. Bu yüzden, yöntem farklılıklarından kaynaklanan enerji kayıplarını en aza indirebilmek için yatık karakterli pompanın seçimi daha uygun olacaktır. Ayrıca, debinin vanalama yoluyla değil de devir sayısının düşürülmesi ile azaltılması enerji tutumluluğu açısından daha olumlu olduğu belirtilmektedir (8,9). Bunun dışında,

Hm içerisindeki toplam enerji kayıplarının oranı ne kadar büyük olursa işletme noktasının değişimi sonucunda ortaya çıkacak enerji kayıpları oranının da o ölçüde yüksek olacağı söylenebilir.



Şekil 3. Yöntemlere göre işletme noktasının değişimi

Eğer başlangıçta pompa seçimi, enerji kayıpları Y1 yöntemine göre hesaplanan sistem eğrisi esas alınarak yapılmış olsaydı, öngörülen işletme noktası M3 de ,gerçek işletme noktası ise büyük olasılıkla M3' ün solunda ve en fazla M4 noktasına kadar kayabilecekti. Bu durumda pompanın, debisi %13.3 oranında azaldığı ve Hm'in de %37.5 oranında arttığı görülmektedir (Şekil 3). İşletme noktasının bu yöndeki değişiminden güç tüketimi bakımından, radyal tip pompalar olumlu , eksenel tip pompalar ise olumsuz etkilenebilecek ve kavitasyon sorunu olan pompalarda daha uygun bir sonuç elde edilecektir (7). Fakat , öngörülen debiyi elde edebilmek için, sistem eğrisine değil, pompa karakteristiğine müdahale edilmesi gerekmektedir. Bu pratikte devir sayısının yükseltilmesi yoluyla sağlanmaktadır. Ancak, bu durumda devir sayısındaki değişimin, pompa karakteristikleri ve Reynolds sayısının verim üzerindeki etkisi göz önünde tutulmalıdır (9).

SONUÇ

Sonuç olarak, Blair (Y2) yöntemi boru sınıflandırılmasında, k mutlak pürüzlülük aralığının üst limitleri esas alındığını ve bu yüzden de diğer yöntemlere göre tüm kombinasyonlarda daha büyük enerji kaybı hesaplandığı görülmüştür.

Proje mühendisleri plastik borular için pompaj tesisi enerji kayıplarını hesaplarken küçük enerji kaybı elde edildiğinden Darcy yöntemini (Y1), çelik borular için ise Williams-Hazen (Y3) yöntemini tercih etmeleri enerji tutumluluğu bakımından avantaj sağlayabileceği söylenebilir. Ayrıca, uygulamada pompa seçimi için gerekli veriler için alınan emniyet faktörlerinin yüksek tutulması, gerçek işletme noktasının, optimum çalışma aralığının dışına çıkılma olasılığı da bu sayede azaltılmış olacaktır.

Önceden sağlıklı olarak belirlenemeyen verilerden dolayı gerçek işletme noktası öngörülen işletme noktasından sapabilir. Bu nedenle, pompaların yeni çalışma koşullarına uydurulmasında yöntem farklılıklarından kaynaklanabilecek değişimler de göz önünde bulundurulması gerektiği söylenebilir. Gerçek işletme noktasındaki değişikliğin etkisini azaltmak için tesise seçilecek pompanın Hm-Q eğrisinin yatık karakteristiğe sahip olması enerji tutumluluğu bakımından faydalı olabilecektir.

Y1 yönteminde yer alan λ 'nın Moody diyagramından okunması yerine, Colebrook ve White eşitliği kullanılarak bilgisayar ortamında enerji kaybı hesaplanmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

SİMGELER

C	Boru cinsi ve durumuna bağlı katsayı	-	D	Ekonomik boru çapı	m
Hm	Toplam enerji gereksinimi	mSS	Hg	Geometrik yükseklik	m
Hk	Toplam enerji kaybı	mSS	hk	Borunun düz kısmında oluşan enerji kayıpları	
mSS					

hf	Boru parçalarında oluşan enerji kayıpları	mSS	k	Mutlak pürüzlülük	mm
L	Düz boru uzunluğu		m	L_0 Eşdeğer boru uzunluğu	
m					
$L_{eş}$	Toplam eşdeğer boru uzunluğu	m	n	Boru parçaları sayısı	adet
$v^2/2*g$	Hız enerjisi	mSS	λ	Sürtünme katsayısı	-
ξ	Boru parçaları cinsine bağlı katsayı	-	u	Kinematik viskozite 12 °C deki su için $1.24*10^{-6}$	
Q	Debi	m^3/s	Pd	Emme ve basma noktaları arasındaki basınç farkı	mSS
γ	Akışkanın özgül ağırlığı	daN/dm^3	R^2	Determinasyon katsayısı	-

KAYNAKLAR

- 1) Gentez, A.İ. ve Yoldaş, E., 1996, Polipropilen Esaslı Boru ve Fittinglerde Yük kayıplarının İncelenmesi. 2. Pompa Kongresi s.167-173. İstanbul.
- 2) Tezer, E., 1978, Sulamada Pompaj Tesisleri (Proje, Seçim ve İşletme Yöntemleri) 1. Temel Bilgiler. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Toprak-Su kartografya Müdürlüğü. Ankara
- 3) Ayyıldız, M., 1989, Hidrolik, A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları:1106, Ankara.
- 4) Karassik, İ.J., Krutzsch, W.C., Fraser, W.H. and Messina, J.P., 1976, Pump Handbook. McGraw-Hill Book Company, New York.
- 5) Aladağ, N., 1983, Paslanabilen Borulardan Akışta Cidar Pürüzlülüğü Etkisinin İncelenmesi., Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Mühendisliği Lisans Tezi. İstanbul.
- 6) Uz, E., 1976, Pompaj Tekniği ve Yağmurlama, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi İzmir
- 7) Atabek, B., 1996, Pompa Seçimi İçin Alternatif Veriler. 2. Pompa Kongresi s.16-23. İstanbul.
- 8) Ertöz, Ö., 1996, Yer altı Suları Pompaj Ekonomisi ve Pompa Seçimine Etki Eden Faktörler. 2. Pompa Kongresi s.24-33. İstanbul.
- 9) Polat, M. ve Canbazoglu, S., 1996. Optimum Pompa Seçimi ve Yeni Çalışma Koşullarına Uydurulması, 2. Pompa Kongresi s.34-45. İstanbul.