

POLYPROPYLENE ESASLI BORU ve FİTTİNGSLERDE ENERJİ KAYIPLARININ ARAŞTIRILMASI

Y. Doç. Dr. İbrahim GENTEZ

1949 yılında İstanbul'da doğdu. İstanbul Teknik Üniversitesinden 1972 yılında Makina Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. 1973 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi (İ.D.M.M. Akademisi) Makina Mühendisliği Bölümü'ne asistan olarak girdi. 1984'de Yardımcı Doçent oldu. Halen, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Akışkanlar Mekaniği Bilim Dalında görevini sürdürmektedir.

Arş. Gör. Ertan YOLDAŞ

1969 yılında İstanbul'da doğdu. Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1991 yılında mezun oldu. Aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı Akışkanlar Mekaniği Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.

ÖZET

Günümüzde, teknolojik gelişmenin paralelinde enerji üretimi kadar tüketimi de büyük ilgi ve öneme sahiptir. Bu nedenle, Tesisat Mühendisliğinde, sistemde kullanılacak elemanların seçimi gelişigüzel değerlendirilecek bir konu değildir.

Bu çalışmada, kullanımı gün geçtikçe yaygın hale gelen copolymer bir malzeme olan polypropylene esaslı boru ve fittingslerde meydana gelen enerji kayıpları deneysel olarak araştırma konusu yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda, piyasada mevcut ve test edilebilirliği bulunabilen düz boru, vana ve fittingsler (dirsek, nipel, manşon, rekor, kavis, redüksiyon ve TE geçiş elemanları) için akım yönü de göz önüne alınmak suretiyle; belirlenen basınç düşümleri yardımıyla, kayıp katsayıları hesaplanmış ve tablolar halinde sunulmuştur.

GİRİŞ:

Bilindiği gibi, paslanabilen malzemeden mamul borulardan akışta, malzeme yüzey pürüzlülük mertebesinin artması basınç düşüşünü arttıracaktır. Bu nedenle, hidrolik pürüzsüz malzemeden mamul borular enerji kaybı bakımından daha avantajlıdır. Dolayısıyla, bu gün yüzey pürüzlülüğüne haiz ve paslanabilen malzemeden mamul boruların kullanım alanlarının çakıştığı uygulamalarda kullanılabilen plastik esaslı malzemeden mamul ve piyasada kalitelerini (ki; henüz Türk Standardı tesis edilmemiştir.) daha ziyade renklerle özetleyen borularda yüzey pürüzlülüğünün yok denecek kadar az olması enerji kaybı bakımından bu tür boruların önemini arttırmakta ve bu boruları ilgi çekici kılmaktadır.

Ancak, tesiste bu tür bir borunun kullanılması arzu ediliyor ise, sistemde kullanılacak ve yerel (lokal) enerji kaybına neden olacak tüm elemanların (vana, süzgeç, fittingsler) enerji kayıp katsayılarının da biliniyor olması gerekir. Zira akışkan ortam naklinin söz konusu olduğu bir sistemin proje aşamasındaki hesaplamalarında, enerji kayıplarının doğru olarak belirlenmesi oldukça büyük bir önem taşır. Bu nedenle tesiste kullanılacak söz konusu elemanların kayıp katsayıları, konu ile ilgili yabancı kaynaklardan alınmış değerler olmayıp, imalatçısı firma tarafından yapılan (veya yaptırılan) deneysel araştırmalar sonucu belirlenmiş ve kullanıcıya sunulmuş güvenilir değerler olmalıdır.

Yukarıda belirtilen amaca uygun olarak, teknik ve fizyolojik özellikleri imalatçı firma katalogunda belirtilmiş, kısaca PP-RC TİP-3 olarak tanımlanan polypropylene esaslı boru ile test edilebilirliği bulunabilen düz boru ve fittingslerde enerji kayıplarının araştırılması konu edilmiştir.

KURAMSAL İNCELEME

Akışkan ortam naklinin söz konusu olduğu bir sistemde meydana gelebilecek enerji kayıpları, düz boru (Sürekli veya üniversal) enerji kaybı ve yerel (lokal) enerji kayıpları olarak genelde iki kısımda yorumlanır.

Düz Boru Enerji Kaybı:

L uzunluğunda ve D hidrolik çapında düz bir boru içerisinde tam gelişmiş akış eyleminde, akışkan ortamın birim ağırlığı için düz boru enerji kaybı,

$$H_k = \frac{\lambda L V^2}{D 2g} \text{ formunda ifade edilir.....(1)}$$

Burada; λ : sözkonusu boru için enerji (yük) kayıp katsayısı olup Darcy tarafından tanımlanmış boyutsuz bir büyüklüktür. Fanning tarafından önerilen C_f sayısı ile aralarındaki ilişki $\lambda = 4 C_f$ 'dir. Türbülanslı rejimde akışın Reynolds sayısı ($Re = V.D/\nu$) ve borunun bağlı pürüzlülük mertebesi ($\epsilon = k/D$) ile değişim arzeden λ , $\lambda = f(Re, \epsilon)$ olup (1) no'lu bağıntıdan

$$\lambda = \frac{2gH_k D}{LV^2} \text{ olarak yazılır.....(2)}$$

Yerel Enerji Kaybı:

Bu türden bir enerji kaybı; kayıp doğuran elemanın ed. ile ortam hareketi bir kesiti arasındaki akışkan

$$H_k = \frac{\lambda L V^2}{D 2g} \text{ formunda ifade edilir.....(1)}$$

Burada; λ : sözkonusu boru için enerji (yük) kayıp katsayısı olup Darcy tarafından tanımlanmış boyutsuz bir büyüklüktür. Fanning tarafından önerilen C_f sayısı ile aralarındaki ilişki $\lambda = 4 C_f$ 'dir. Türbülanslı rejimde akışın Reynolds sayısı ($Re = V.D/v$) ve borunun bağıl pürüzlülük mertebesi ($\epsilon = k/D$) ile değişim arzeden λ , $\lambda = f(Re, \epsilon)$ olup (1) no'lu bağıntıdan

$$\lambda = \frac{2gH_k D}{LV^2} \text{ olarak yazılır.....(2)}$$

Yerel Enerji Kaybı:

Bu türden bir enerji kaybı; kayıp doğuran elemanın adı ile anılan boyutsuz bir katsayı yardımı ile akışkan ortamın birim ağırlığı için:

$$H_k = K_e \frac{V^2}{2g} \text{ formunda ifade edilir.....(3)}$$

Burada, K_e : enerji kaybına neden olan elemanın kayıp katsayısı, V : kayıp doğuran elemanın çıkış kesitinde akımın ortalama hızı, g : yer çekimi ivmesi olup. H_k : enerji kaybıdır. Şekil..1'de görüldüğü gibi, yatay düzenlenmiş bir elemandan sıvı türden γ özgül ağırlığındaki akışkanın geçmesi durumunda; elemanın giriş (1) ve çıkış (2) akış kesitlerinin farklı olması halinde, genelleştirilmiş Bernouilli denklemi ifadesinden:

$$H_k = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{p_1 - p_2}{\gamma} \text{ elde edilir.....(4)}$$

Statik basınçların farkı, $p_1 - p_2 = \Delta p$ basınç düşüşü olup;

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \Delta h \cdot \gamma \text{ olur(5)}$$

Süreklilik denklemi gereğince, akımın debisi;

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \text{(6)}$$

olduğundan, herhangi bir yersel enerji kaybı doğuran eleman için kayıp katsayısını veren ifade,

$$K_e = \frac{\pi^2 g \Delta h D_2^4}{8Q^2} + \frac{D_1^4}{D_2^4} - 1 \text{ olarak yazılır.....(7)}$$

Burada Q ; akımın debisini D_1 ve D_2 ; giriş ve çıkış kesitlerinin hidrolik çap değerlerini ve Δh ise; sözkonusu elemanın girişi ve çıkışındaki statik basınç prizlerinde oluşan seviye farkını ifade etmektedir.

Eğer elemanın giriş ve çıkış akış kesitleri aynı yani $D_1 = D_2 = D$ ise; yersel enerji kayıp katsayısını veren ifade,

$$K_e = \frac{\pi^2 g \Delta h D^4}{8Q^2} \text{ olur.....(8)}$$

DENEYSEL ÇALIŞMA:

Deney setinin şeması Şekil, l'de gösterilmiştir. Sistem bir pompa tarafından beslenmekte ve kapalı devre olarak çalışmaktadır. Teste tabi tutulan elemanlar, yatay düzlemde sisteme monte edilmekte ve kayıp doğuran elemanın giriş ve çıkışı arasında meydana gelecek statik basınç farkı piyezometrik panelde okunan seviyeler yardımıyla tespit edilmektedir. Deney esnasında sistemin debisi tesisat çıkışına yerleştirilen bir vana ile ayarlanmakta ve sistemden geçen akışkan miktarının değeri tartı mekanizmasıyla $W= 1.0, 1.83$ ve 7.5 (kg kütle veya) litre hacmindeki suyun birikmesi için geçen zaman Δt (s), kronometreden okunarak $Q=(W/\Delta t)10^{-3}$ 'den m^3/s olarak hesaplanmaktadır. $17^\circ C$ de su ile gerçekleştirilen deneysel çalışmada; boru malzemesi yüzey pürüzlülük mertebesi MITUTOYO SURFTEST - III cihazı ile $k= 0,4. 10^{-3}$ mm olarak belirlenen $\phi 25$ 'lik boruda, bağıl (izafi) pürüzlülük mertebesi $\epsilon=2,395.105$ olmaktadır. Bu durumda; sabit bir ϵ değerine haiz düz bir boruda $HK=\Delta p/\gamma$ olup, farklı akış debilerinde $L= 310$ mm'lik boru uzunluğu için ölçülen değerler yardımıyla (1) no'lu bağıntıdan hesaplanan γ değerleri Tablo, l'de özetlenmiştir. Yersel enerji kaybına neden olan elemanların K kayıp katsayısı değerleri ise; test edebilme imkanı bulabildiğimiz elemanlar için kuramsal inceleme kısmında verilen (7) veya (8) no'lu bağıntılarda $g=9.81$ m/s², $\gamma=1$ kp/lit ve hidrolik çap değerleri ölçülen gerçek değerler ($\phi 20$ için 13.4 mm, $\phi 25$ için 16.7 mm $\phi 32$ için 21 mm...) kullanılarak yapılan en az 5 ölçümden uygun görülen 3 tanesi göz önüne alınmak suretiyle elde edilen ölçüm değerleri yardımıyla ilgili bağıntıdan hesaplanarak Tablo. 2,3..4.....48 ve 49'da özetlenmiş ve her bir elemana ait ortalama kayıp katsayısı değeri belirlenmiştir.

SONUÇ DEĞERLENDİRME:

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, test edilen $\epsilon= 2,395.10^5$ mertebesinde bağıl pürüzlülük değerine haiz borudan akışta, belirlenen akış durumlarında; $Re_1= 4789.06$ için $\gamma_1 = 0.0385$, $Re_2= 5880.59$ için $\gamma_2 = 0.0341$, $Re_3= 5993.85$ için $\gamma_3 = 0.0328$ ve $Re_4= 5806.69$ için $\gamma_4 = 0.0349$ bulunmuştur. Diğer taraftan Deneysel Hidromekanik'te; hidrolik pürüzsüz borulardan türbülanslı akışta, Blasius tarafından önerilen bağıntı ($\gamma_1 = 0.0316/Re^{0.25}$) gereği belirlenen reynolds sayıları için γ , değerleri sırasıyla $\gamma_1 = 0.03798$, $\gamma_2 = 0.03608$, $\gamma_3 = 0.03591$, ve $\gamma_4 = 0.03619$ olmaktadır ki, bu durum; söz konusu borunun hidrolik pürüzsüz olarak alınabileceğini göstermektedir. Dikkat edilecek olur ise; arlan boru hidrolik çapı ile borunun izafi pürüzlülüğü giderek küçülecektir ki, bu da; borunun hidrolik pürüzsüz varsayımını gerçeğe yaklaştıracaktır. Bu nedenle, bu tür borular için, Blasius formülünün kullanılması suretiyle, düz boru kayıp katsayısı belirlenebilir. Test edebilme imkanı bulabildiğimiz yersel enerji kaybına neden olan her bir eleman için ilgili tablolarda verilmiş bulunan ve ortalama değer olarak belirlenen K kayıp katsayısı değerleri imalatçı firmanın, üretiminde enerji kaybına verdiği önemi vurgulayan bir kriterdir. Bir diğer ifadeyle, yersel enerji kaybı (basınç düşüşü) o nisbette az olacaktır. Her ne kadar, herhangi bir elemanda enerji kayıplarını yok etmek mümkün değilse de asgariye indirmek mümkündür. Bu ise, söz konusu elemanın K değerinin minimum değere haiz olması ile sağlanır. Bu nedenle, bu tür bir elemanda akım çizgilerinin mümkün olabildiğince az bozulmasına sebebiyet verecek dizaynın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Genelde, bu çalışmada da olduğu gibi, yersel enerji kaybı doğuran elemanlar için verilen K değerleri, düzgün akım çizgilerinin elemanda bozulması sonucu meydana gelen basınç düşülen sonucu belirlenmiştir.

Bu sebeple, akım çizgilerinin bozulmasına neden olacak bir elemandan geçen akışkan ortamın akım çizgilerinin bozulmasına neden olacak bir elemandan geçen akışkan ortamın akım çizgileri düzeldikten sonra (ki bunun için gerekli olan mesafe, boru hidrolik çapının minimum altı katı kadar olması öngörülmektedir.) bir diğer yersel kayıp doğuracak elemana girmesine izin verilmelidir. Aksi taktirde, akım doğrultusunda ikinci sırada yer alan eleman için verilen K değeri gerçeği yansıtmayacaktır. Böyle bir durumda, söz konusu elemanda meydana gelecek enerji kaybı, olması gerekenden daha fazla olacaktır. Bir diğer ifadeyle, bozulmuş akım hatlarının düzelmeden tekrar bozulması enerji kaybını arttıracaktır.

Yukarıda yapılan açıklama doğrultusunda, bu çalışmada elde edilen K değerlerinde dikkat çekici bir husus olarak ortaya çıkan sonuç, tesiste birlikte kullanılması söz konusu olan elemanların belirlenen enerji kayıp katsayısı değeri, akım doğrultusunda yerleştirilmeleri durumuna göre değişmektedir.

Bu durum Tablo. 14-15, Tablo.16-17, Tablo. 18-19. Tablo. 20-21, Tablo. 22-23, Tablo. 24-25, Tablo. 26-.27, Tablo.28-29 ve Tablo. 30-31 kıyaslandığında açıkça görülmektedir.

Böylece, sistemde meydana gelecek toplam enerji kaybını minimuma indirmek için, tesisin montajı esnasında, akım doğrultusunda daha küçük K kayıp katsayısına haiz konumun tercih edilmesi gerekecektir. Ayrıca giriş ve çıkış çaplarının akım doğrultusuna göre değiştiği eleman kombinasyonlarında da kayıp katsayılarının değişliği Tablo. 32-33, Tablo.34-35, Tablo. 36-37, Tablo. 38-39 ve Tablo. 40-41'den izlenebilmektedir ki, bu tür birleşmelerde, enerji kaybı bakımından avantajlı konum; ön görülen kayıp bakımından çıkış akış keskindeki akımın ortalama hızına göre kuramsal inceleme kısmında verilen (3) no'lu bağıntı yardımıyla belirlenebilir.

Sonuç olarak; hidrolik pürüzsüz varsayılacak malzeme yüzeyine haiz olmaları nedeniyle düz boru enerji kaybı bakımından avantajlı olan bu tür

boruların, yersel enerji kaybı açısından da iyileştirilmesi ilgili üretici firmaların imalatta alacakları tedbirler ile mümkün olabilecektir.

Tablo.1: Düz boru enerji kayıp katsayısı λ 'nın hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	λ
4.0	1.0	13.13	0.0349
3.0	1.0	15.92	0.0385
4.0	1.0	12.97	0.0341
4.0	1.0	12.72	0.0328

Tabla.2: VANA, ($\phi 25$),(tam açık konumda) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
100.0	1.0	16.56	25.810
101.0	1.0	16.75	26.673
130.0	1.0	14.28	24.970

Ortalama kayıp katsayısı K=25.818

Tablo.3: KÜRESEL VANA, ($\phi 25$),(tam açık konumda) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
6.0	1.0	12.93	0.943
4.0	1.0	16.56	1.032
4.0	1.0	16.75	1.056

Ortalama kayıp katsayısı K=1.010

Tablo.4: REKOR, ($\phi 25$),(iki tarafı kaynaklı) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
0.5	1.0	16.56	0.129
0.5	1.0	14.89	0.104
0.5	1.0	17.06	0.137

Ortalama kayıp katsayısı K=0.123

Tablo.5: KAVIS, ($\phi 25$), kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
11.0	1.0	12.93	1.729
10.0	1.0	12.93	1.574
9.0	1.0	13.53	1.550

Ortalama kayıp katsayısı K=1.618

Tablo.6: DİRSEK, ($\phi 25$),(90°) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
8.0	1.0	16.75	2.118
10.0	1.0	14.89	2.087
14.0	1.0	12.75	2.145

Ortalama kayıp katsayısı K=2.116

Tablo.7: MANŞON, ($\phi 25$), kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
8.0	7.5	72.72	0.708
10.0	7.5	56.00	0.525
18.0	7.5	45.25	0.617

Ortalama kayıp katsayısı K=0.616

Tablo.8: REDÜKSİYON, ($\phi 20 \Rightarrow \phi 25$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
4.0	7.5	89.00	1.945
10.0	7.5	60.93	2.034
13.0	7.5	51.66	1.993

Ortalama kayıp katsayısı K=1.991

Tablo.9: REDÜKSİYON, ($\phi 25 \Rightarrow \phi 32$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
3.0	7.5	83.00	0.6356
6.0	7.5	55.70	0.7215
11.0	7.5	42.75	0.6592

Ortalama kayıp katsayısı K=0.6721

Tablo.10: REDÜKSİYON, ($\phi 20 \Rightarrow \phi 32$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nin hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
37.0	7.5	71.84	13.022
70.0	7.5	51.28	12.734
95.0	7.5	43.15	12.433

Ortalama kayıp katsayısı K=12.729

Tablo.6: DİRSEK,($\phi 25$),(90°) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K	
8.0	1.0	16.75	2.118	Ortalama kayıp katsayısı K=2.116
10.0	1.0	14.89	2.087	
14.0	1.0	12.75	2.145	

Tablo.7: MANŞON,($\phi 25$), kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

8.0	7.5	72.72	0.708	Ortalama kayıp katsayısı K=0.616
10.0	7.5	56.00	0.525	
18.0	7.5	45.25	0.617	

Tablo.8: REDÜKSİYON,($\phi 20 \Rightarrow \phi 25$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

4.0	7.5	89.00	1.945	Ortalama kayıp katsayısı K=1.991
10.0	7.5	60.93	2.034	
13.0	7.5	51.66	1.993	

Tablo.9: REDÜKSİYON,($\phi 25 \Rightarrow \phi 32$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

3.0	7.5	83.00	0.6356	Ortalama kayıp katsayısı K=0.6721
6.0	7.5	55.70	0.7215	
11.0	7.5	42.75	0.6592	

Tablo.10: REDÜKSİYON,($\phi 20 \Rightarrow \phi 32$), (genişleme elemanı) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

37.0	7.5	71.84	13.022	Ortalama kayıp katsayısı K=12.729
70.0	7.5	51.28	12.734	
95.0	7.5	43.15	12.433	

Tablo.11: REDÜKSİYON,($\phi 25 \Rightarrow \phi 20$), (daralma elemanı) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

23.0	7.5	90.81	0.730	Ortalama kayıp katsayısı K=0.801
56.0	7.5	59.37	0.784	
97.0	7.5	46.81	0.889	

Tablo.12: REDÜKSİYON,($\phi 32 \Rightarrow \phi 25$), (daralma elemanı) kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

10.0	7.5	71.84	0.264	Ortalama kayıp katsayısı K= 0.220
20.0	7.5	51.28	0.280	
23.0	7.5	43.15	0.117	

Tablo.13: REDÜKSİYON,($\phi 32 \Rightarrow \phi 20$), (daralma elemanı) için kayıp katsayısı K'nın hesaplanan değerleri

48.0	7.5	83.00	1.459	Ortalama kayıp katsayısı K=1.394
104.0	7.5	55.70	1.404	
170.0	7.5	42.75	1.321	

Tablo.14: Akım doğrultusunda, NİPEL(yuvarlak-dış dişli) ($\phi 32 \cdot 1''$)+NİPEL (altköşe) ($\phi 32$) için K'nın hesaplanan değerleri

2.0	7.5	71.84	0.432	Ortalama kayıp katsayısı K=0.534
5.0	7.5	51.28	0.550	
8.0	7.5	43.15	0.306	

Tablo.15: Akım doğrultusunda, NİPEL (altköşe-iç dişli) ($\phi 32 \cdot 1''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 32$) için K'nın hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K	
2.0	7.5	83.00	0.576	Ortalama kayıp katsayısı K=0.421
3.0	7.5	55.70	0.389	
4.0	7.5	42.75	0.306	

Tablo.16: Akım doğrultusunda,

Tablo.15: Akım doğrultusunda, NİPEL (altkõşe-iç dişli) ($\phi 32-1''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 32$) için K'nın hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
2.0	7.5	83.00	0.576
3.0	7.5	55.70	0.389
4.0	7.5	42.75	0.306

Ortalama kayıp katsayısı K=0.421

Tablo.16: Akım doğrultusunda, NİPEL(yuvarlak-iç dişli) ($\phi 32-1''$)+NİPEL (altkõşe) ($\phi 32$) için K'nın hesaplanan değerleri

5.0	7.5	71.84	1.079
10.0	7.5	51.28	1.100
15.0	7.5	43.15	1.169

Ortalama kayıp katsayısı K=1.115

Tablo.17: Akım doğrultusunda, DİRSEK (dış dişli) ($\phi 32-1''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 32$) için K'nın hesaplanan değerleri

5.0	7.5	83.00	1.441
12.0	7.5	55.70	1.558
19.0	7.5	42.75	1.453

Ortalama kayıp katsayısı K=1.484

Tablo.18: Akım doğrultusunda, NİPEL(yuvarlak-iç dişli) ($\phi 20-1/2''$)+DİRSEK ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

15.0	1.83	46.63	3.800
30.0	1.83	29.50	3.042
70.0	1.83	20.06	3.282

Ortalama kayıp katsayısı K=3.375

Tablo.19: Akım doğrultusunda, DİRSEK (dış dişli) ($\phi 20-1/2''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

12.0	1.83	47.07	3.110
45.0	1.83	23.88	2.990
75.0	1.83	18.37	2.912

Ortalama kayıp katsayısı K=3.004

Tablo.20: Akım doğrultusunda, NİPEL(yuvarlak-dış dişli) ($\phi 20-1/2''$)+DİRSEK ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

13.0	1.83	45.28	3.110
38.0	1.83	25.72	2.929
70.0	1.83	19.34	3.050

Ortalama kayıp katsayısı K=3.029

Tablo.21: Akım doğrultusunda, DİRSEK (iç dişli) ($\phi 20-1/2''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

15.0	1.83	38.18	2.540
38.0	1.83	24.56	2.670
55.0	1.83	18.44	2.179

Ortalama kayıp katsayısı K=2.463

Tablo.22: Akım doğrultusunda, NİPEL(yuvarlak-iç dişli) ($\phi 20-3/4''$)+DİRSEK ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

7.0	1.83	47.07	1.789
30.0	1.83	23.88	1.990
45.0	1.83	18.37	1.770

Ortalama kayıp katsayısı K=1.849

Tablo.23: Akım doğrultusunda, DİRSEK (dış dişli) ($\phi 20-3/4''$) + NİPEL (yuvarlak) ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
15.0	1.83	35.40	2.190
29.0	1.83	23.34	1.840
42.0	1.83	19.18	1.800

Ortalama kayıp katsayısı K=1.943

Tablo.24: Akım doğrultusunda,

NİPEL (yuvarlak-iç dişli) ($\phi 20-1/2''$)+DİRSEK (iç dişli) ($\phi 20$) için K'nın hesaplanan değerleri

**Tablo.23: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ20-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
15.0	1.83	35.40	2.190
29.0	1.83	23.34	1.840
42.0	1.83	19.18	1.800

Ortalama kayıp katsayısı K=1.943

**Tablo.24: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-dış dişli) (φ20-1/2")+SIVAALTI BATARYA BAĞLANTISI (φ20) kullanılıyor ise;**

15.0	1.83	43.47	3.300
45.0	1.83	25.03	3.280
80.0	1.83	19.22	3.440

Ortalama kayıp katsayısı K=3.340

**Tablo.25: Akım doğrultusunda,
SIVAALTI BATARYA BAĞLANTISI (φ20-1/2) + NİPEL(yuvarlak) (φ20) kullanılıyor ise;**

14.0	1.83	46.63	3.547
33.0	1.83	29.50	3.346
75.0	1.83	20.06	3.516

Ortalama kayıp katsayısı K=3.469

**Tablo.26: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-İç dişli) (φ25-1/2")+DİRSEK (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

100.0	1.83	14.60	5.992
140.0	1.83	11.75	5.433
175.0	1.83	10.25	5.168

Ortalama kayıp katsayısı K=5.531

**Tablo.27: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ25-1/2") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

130.0	1.83	13.65	6.808
180.0	1.83	11.44	6.622
230.0	1.83	10.34	6.912

Ortalama kayıp katsayısı K=6.780

**Tablo.28: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-dış dişli) (φ25-1/2")+DİRSEK (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

30.0	1.83	19.75	3.289
70.0	1.83	12.44	3.045
105.0	1.83	10.31	3.137

Ortalama kayıp katsayısı K=3.157

**Tablo.29: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (iç dişli) (φ25-1/2") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

40.0	1.83	18.59	3.885
80.0	1.83	13.50	4.098
120.0	1.83	11.28	4.292

Ortalama kayıp katsayısı K=4.091

**Tablo.30: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-iç dişli) (φ25-3/4")+DİRSEK (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

50.0	1.83	14.60	2.996
75.0	1.83	11.75	2.910
90.0	1.83	10.25	2.657

Ortalama kayıp katsayısı K=2.854

**Tablo.31: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ25-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
60.0	1.83	13.65	3.147
85.0	1.83	11.44	3.127
100.0	1.83	10.34	3.005

Ortalama kayıp katsayısı K=3.091

Tablo.32: Akım doğrultusunda,

**Tablo.31: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ25-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
60.0	1.83	13.65	3.147
85.0	1.83	11.44	3.127
100.0	1.83	10.34	3.005

Ortalama kayıp katsayısı K=3.091

**Tablo.32: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-dış dişli) (φ32-1")+NİPEL (altköşe) (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
26.0	7.5	89.00	0.594
58.0	7.5	60.93	0.659
75.0	7.5	51.66	0.554

Ortalama kayıp katsayısı K= 0.602

**Tablo.33: Akım doğrultusunda,
NİPEL (altköşe-iç dişli) (φ20-1") + NİPEL (yuvarlak) (φ32) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
1.0	7.5	90.81	4.686
2.0	7.5	59.37	5.327
3.0	7.5	46.81	5.307

Ortalama kayıp katsayısı K=5.106

**Tablo.34: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-dış dişli) (φ32-1")+NİPEL (altköşe) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
30.0	7.5	72.72	2.055
65.0	7.5	48.88	1.998
85.0	7.5	42.16	1.928

Ortalama kayıp katsayısı K=1.993

**Tablo.35: Akım doğrultusunda,
NİPEL (altköşe-iç dişli) (φ25-1") + NİPEL (yuvarlak) (φ32) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
15.0	7.5	83.16	5.841
34.0	7.5	56.00	5.962
53.0	7.5	45.25	6.041

Ortalama kayıp katsayısı K=5.948

**Tablo.36: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-iç dişli) (φ25-3/4")+NİPEL (altköşe) (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
45.0	7.5	71.84	1.026
69.0	7.5	51.28	0.673
95.0	7.5	43.15	0.642

Ortalama kayıp katsayısı K=0.657

**Tablo.37: Akım doğrultusunda,
NİPEL (altköşe-dış dişli) (φ20-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
5.0	7.5	83.00	1.988
6.0	7.5	55.70	1.724
10.0	7.5	42.75	1.718

Ortalama kayıp katsayısı K=1.721

**Tablo.38: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-iç dişli) (φ25-3/4")+DİRSEK (φ32) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
6.0	1.83	16.25	2.613
11.0	1.83	13.06	2.819
20.0	1.83	10.47	3.041

Ortalama kayıp katsayısı K= 2.824

**Tablo.39: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ32-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
30.0	1.83	15.21	4.427
48.0	1.83	11.69	4.862
50.0	1.83	10.38	5.287

Ortalama kayıp katsayısı K=4.858

**Tablo.39: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (dış dişli) (φ32-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
30.0	1.83	15.21	4.427
48.0	1.83	11.69	4.862
50.0	1.83	10.38	5.287

Ortalama kayıp katsayısı K=4.858

**Tablo.40: Akım doğrultusunda,
NİPEL(yuvarlak-dış dişli) (φ25-3/4")+DİRSEK (φ32) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
18.0	1.83	15.21	4.427
35.0	1.83	11.69	4.862
50.0	1.83	10.38	5.287

Ortalama kayıp katsayısı K=4.858

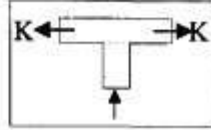
**Tablo.41: Akım doğrultusunda,
DİRSEK (iç dişli) (φ32-3/4") + NİPEL (yuvarlak) (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
37.0	1.83	16.25	2.146
50.0	1.83	13.06	1.797
70.0	1.83	10.47	1.556

Ortalama kayıp katsayısı K=1.833

**Tablo.42: Ayrılma durumunda,
TE (iç dişli) (φ20-1/2"-φ20)+NİPEL (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

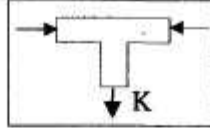
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
13.0	7.5	135.00	12.642
21.0	7.5	104.81	11.583
37.0	7.5	80.00	12.076



Ortalama kayıp katsayısı K=12.100

**Tablo.43: Birleşme durumunda,
TE (iç dişli) (φ20-1/2"-φ20) + NİPEL (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

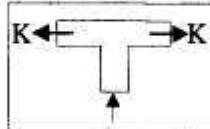
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
10.0	7.5	227.00	3.574
30.0	7.5	120.00	2.996
48.0	7.5	90.00	2.697



Ortalama kayıp katsayısı K=3.089

**Tablo.44: Ayrılma durumunda,
TE (iç dişli) (φ20-3/4"-φ20)+NİPEL (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

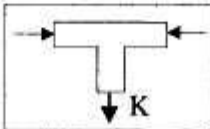
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
18.0	1.83	25.09	5.940
25.0	1.83	23.97	6.095
40.0	1.83	17.63	5.794



Ortalama kayıp katsayısı K=5.942

**Tablo.45: Birleşme durumunda,
TE (iç dişli) (φ20-3/4"-φ20)+NİPEL (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

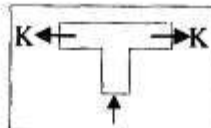
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
55.0	7.5	15.08	3.120
70.0	7.5	50.00	2.928
90.0	7.5	47.00	3.327



Ortalama kayıp katsayısı K=3.123

**Tablo.46: Ayrılma durumunda,
TE (dış dişli) (φ20-1/2"-φ20)+NİPEL (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

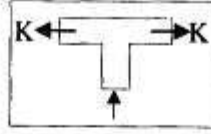
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
6.0	7.5	227.00	8.579
23.0	7.5	120.00	9.190
45.0	7.5	90.00	10.114



Ortalama kayıp katsayısı K=9.204

**Tablo.46: Ayrılma durumunda,
TE (dış dişli) (φ20-1/2"-φ20)+NİPEL (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

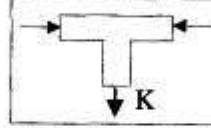
Δh (mmH ₂ O)	W(lt)	Δt (sn)	K
6.0	7.5	227.00	8.579
23.0	7.5	120.00	9.190
45.0	7.5	90.00	10.114



Ortalama kayıp katsayısı K=9.294

**Tablo.47: Birleşme durumunda,
TE (dış dişli) (φ20-1/2"-φ20)+NİPEL (φ20) için K'nın hesaplanan değerleri**

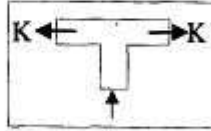
25.0	7.5	135.00	1.643
38.0	7.5	104.81	1.600
68.0	7.5	80.00	1.643



Ortalama kayıp katsayısı K=1.621

**Tablo.48: Ayrılma durumunda,
TE (iç dişli) (φ25-1/2"-φ25)+NİPEL (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

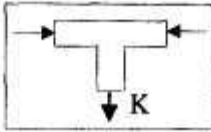
30.0	1.83	19.47	9.800
60.0	1.83	13.28	9.914
90.0	1.83	10.31	9.561



Ortalama kayıp katsayısı K=9.758

**Tablo.49: Birleşme durumunda,
TE (iç dişli) (φ25-1/2"-φ25)+NİPEL (φ25) için K'nın hesaplanan değerleri**

23.0	1.83	19.47	3.196
60.0	1.83	13.28	2.974
90.0	1.83	10.31	2.68



Ortalama kayıp katsayısı K=2.953

$$P_{1000} = 10 \cdot \left(\frac{1000}{1500} \right)^3 \cdot \frac{1}{\eta}$$

ilişkisiyle belli değerde bir güç tüketiminde bulunur. η sembolü 1000 (dev/dak) lık dönme hızına ilişkin POMPA VERİM KATSAYISI'ni göstermektedir.

$\eta = 0,65$

Sayısal değeriyle, tüketilen güç için,

$$P_{1000} = 10 \cdot \left(\frac{1000}{1500} \right)^3 \cdot \frac{1}{0,65} = 4,558 \text{ [KW]}$$

verisi elde edilmektedir. Bu pompa 500 (dev/dak) lık bir hızla dönme devinimi yaparsa, tüketilen güç için bu kez,

$$P_{500} = 10 \cdot \left(\frac{500}{1500} \right) \cdot \frac{1}{\eta_{500}} = 10 \cdot \left(\frac{500}{1500} \right)^3 \cdot \frac{1}{0,3}$$

$$P_{500} = 1,234 \text{ [KW]}$$

