

6. POMPAJ TESİSLERİNDE SEÇİM VE İŞLETME

6.1. Pompa Seçimi

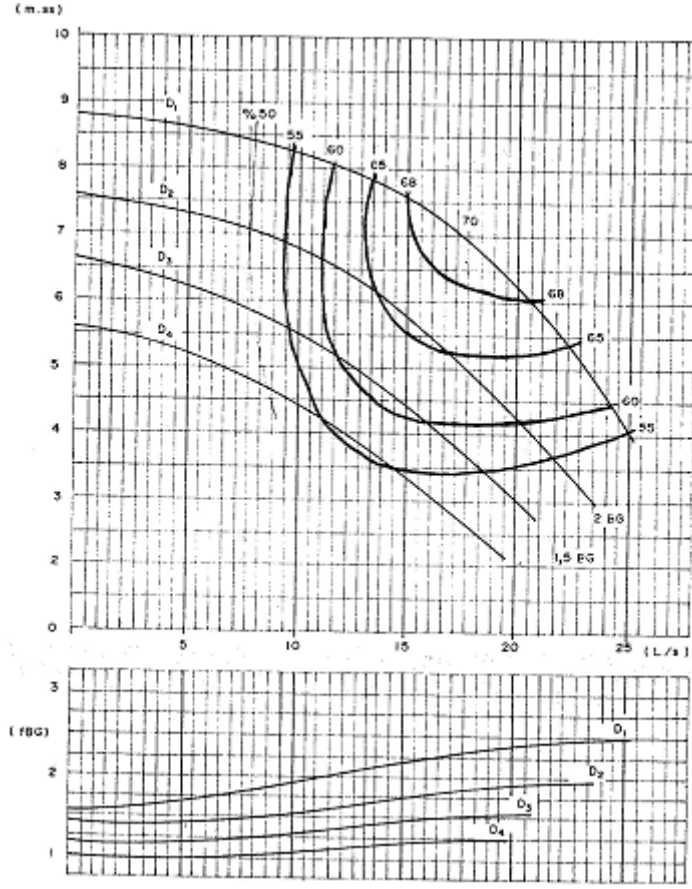
Sulama pompaj tesisinde koşullara uygun pompa seçimi, proje mühendisinin çoğu kez sorunlarla karşılaştığı bir konudur. Santrifüj pompaların çok değişik tiplerde yapılması proje mühendisini değişik seçeneklerle karşı karşıya bırakmaktadır. Bu seçenekler arasında en uygununa karar vermek teknik ve ekonomik yönden yapılacak olan inceleme ve değerlendirmelere bağlı olmaktadır.

Bir sulama pompaj tesisine en uygun pompa seçiminin yapılmasında şu noktalar göz önüne alınmalıdır.

- Pompanın toplam verimi ve karakteristik eğrileri,
- Yıllık toplam giderler,
- Verdi,
- Manometrik yükseklik,
- Emme koşulları,
- Tesisin çalışma şekli,
- Tesisin durumu,
- Tesisin yeri
- Kuvvet kaynağı.

6.2. Pompa Seçim Eğrileri ve Çizelgesi

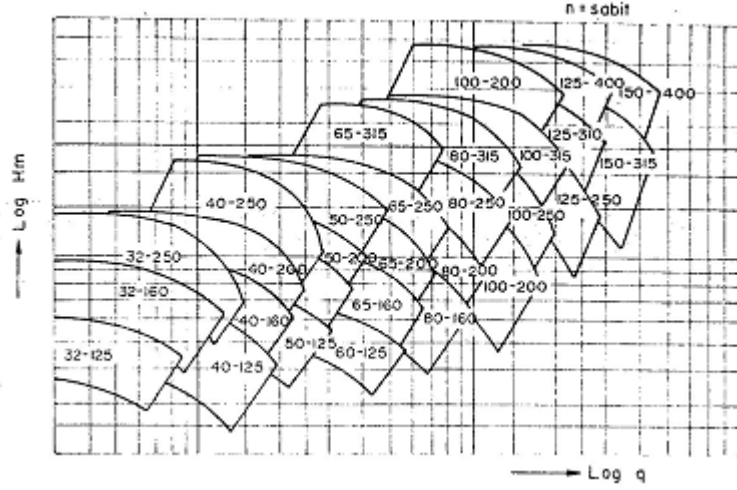
Santrifüj pompa karakteristiklerinden yararlanarak, tesise pompa seçiminde kullanılabilen, pompa seçim eğrileri çizilir. Şekil 6.1'de $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ devir sayısında D_1 , D_2 , D_3 ve D_4 çark çapları için güç, manometrik yükseklik, verim değerleri verdiye bağlı olarak verilmiştir.



Şekil 6.1. Çark çapına bağlı pompa karakteristik eğrileri (Tezer 1978)

Pompa maksimum % 70 verim değerinde çalışmaktadır. Verim değişimi, (H_m-Q) eğrileri üzerinde eşdeğer verim noktalarını birleştiren eğrilerle gösterilmiştir. Her pompa için elde edilen bu eğriler birleştirilerek şekil 6.2'de görülen pompa seçim eğrileri çizilir. Pompa seçim eğrilerinin çiziminde, her pompa için çizilen eğri üzerinde belirli verim değeri için sınır çizgileri saptanır. Bu sınır için maksimum verim değerinin % 5 değişimi kabul edilebilir. Daha sonra bu eğriler apsiste verdi, ordinatta ise manometrik yükseklik bulunan logaritmik yatay ve düşey eksenlere yerleştirilir.

Logaritmik eksenler sayesinde parabolik eğriler belirli eğimli doğrular haline dönüşmekte ve seçim eğrisi daha kolay düzenlenebilmektedir. Böylece yapımcı tarafından imal edilen pompaların seçimi tek bir grafikten kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu amaçla tesis koşulları için verdi ve manometrik yükseklik değerlerinin bilinmesi yeterli olur. Bu değerler bilindiğinde grafik üzerinde apsis ve ordinattan çizilen doğruların kesim noktasının hangi pompanın işletme bölgesine rastladığı saptanır. Her pompa için farklı kodlar kullanılabilir. Daha sonra bu pompaya ait çizilmiş karakteristik eğrilerden işletme noktası ayrıntılı olarak incelenebilir.



Şekil 6.2. Pompa seçim eğrileri (Tezer 1978)

Pompa seçimi amacı ile çizelge 6.1'de görülen çizelgeler de düzenlenebilir. Çizelgede gösterilen A40-4,3/7 kodunda (A40) pompanın anma adını, (4,3) kW olarak fren gücünü ve (7) de 20°C'deki dinamik emme yüksekliğini göstermektedir.

Pompaj tesislerinde pompa seçiminde işletme noktasının saptanması oldukça önemlidir. Tesis karakteristik eğrileri belirli olan bir tesiste çalışacak olan santrifüj pompanın işletme noktası (IN) pompanın (H_m -Q) eğrisi ile tesis yük kaybı eğrisinin kesim noktasıdır. Bu noktanın saptanması için tesis yük kaybı eğrisi ile pompanın (H_m -Q) eğrisi aynı ölçekle bir milimetrik kağıda çizilir ve kesim noktası bulunur. Şekil 6.3.a'da tesis yük kaybı eğrisi ile pompanın (H_m -Q) eğrisinin durumu görülmektedir. İki eğrinin kesim noktası işletme noktasıdır.

Çizelge 6.1. Örnek pompa seçim çizelgesi (Tezer 1978)

Hm(m)	Q (m ³ /h)					
	4	6	8	10	12	15
4	A11 0.1/4	A11 0.15/3.5	A11 0.15/2.5	A14 0.2/3.5	A14 0.2/3.0	A14 0.26/2.5
8	A12 0.27/6.5	A12 0.2/6.5	A12 0.32/5.7	A13 0.4/6.0	A13 0.5/4.5	A15 0.53/6.0
12	A13 0.4/7.5	A13 0.48/7.5	A13 0.48/7.5	A17 0.8/7.5	A17 0.6/7.5	A17 0.8/7.5
16	A19 0.74/7.0	A19 0.8/7.0	A20 0.9/7.0	A20 1.0/7.0	A21 1.2/7.0	A21 1.3/6.5
20	A20 0.9/7.4	A20 1.0/7.4	A21 1.1/7.4	A21 1.2/7.4	A21 1.3/7.4	A21 1.5/7.2

A11:Anma adı
0.1: Fren gücü (kW)
4.0:20 °C için dinamik emme yüksekliği (m)

Buna göre pompa tesiste (Q_i) verdisini (H_{mi}) manometrik yüksekliğine iletmektedir. İşletme noktasındaki verdi bilindiğinden, (f_{BG} - Q) ve (η - Q) eğrileri yardımı ile pompanın fren gücü ve verim değerleri de saptanabilir. İşletme noktası tesis yük kaybı eğrisi veya pompanın (H_m - Q) eğrisinin durumuna göre değişebilir.

Şekil 6.3.b'de, bir santrifüj pompada işletme hızına bağlı olarak işletme noktasının durumu görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi işletme hızının ($n_1...n_3$) arasında değişmesi sonucu işletme noktası yer değiştirmektedir. İşletme hızı arttıkça işletme noktası daha yüksek verdi ve manometrik yükseklik değerlerine doğru hareket etmektedir.

Şekil 6.3.c'de ise, tesis yük kaybı eğrisindeki değişmelerin etkisi görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi (H_m - Q) eğrisinin sabit kalmasına karşın tesis yük kaybı eğrisi boru hattı üzerinde bulunan bir vanayla yapılan ayar sonucu değiştirilebilmektedir. Vana kapatıldıkça yük kaybı eğrisi dikleşir ve işletme noktası artan kayıp nedeniyle düşük verdiye doğru kayar.

6.3. Kuvvet Kaynakları ve Özellikleri

Sulama pompaj tesislerinde, pompanın çalışması için gerekli olan enerji kuvvet kaynağından sağlanır. Bu amaçla kuvvet kaynağı olarak genellikle içten yanmalı motorlar (Diesel ve benzin motorları) ile elektrik motorları kullanılır. Pompanın tahrik edilmesinde kuvvet kaynağı pompaya bir kaplinle direkt bağlanabildiği gibi, pompa ile kuvvet kaynağı arasında güç iletim düzeni (dişli kutusu, kayış-kasnak) kullanılarak da yapılabilir.

Sulama pompaj tesisine güç kaynağı seçimi yapılırken üç temel hususun göz önüne alınması gerekir. Bu hususlar;

- Güç,
- İşletme hızı,
- Dönme yönüdür.

6.3.1. Elektrik motorları

Elektrik motorları elektrik enerjisinin elverişli bulunduğu koşullarda çeşitli yönlerden üstünlüğü olması nedeni ile pompaj tesislerinde en çok kullanılan motor tipidir. Elektrik motorları benzin ve dizel motorlarına oranla bazı üstünlüklere sahiptir. Bunlar şöyle sıralanabilir (Tezer 1978).

- Çalışma ömürleri uzun ve amortisman oranları düşüktür.
- Tamir bakım gereksinimleri ve buna bağlı olarak giderleri daha azdır.
- Otomatik denetim düzenlerine bağlanabilirler.
- Verimleri daha yüksektir ve enerji giderleri azdır.
- Yapısı basit ve işletilmesi kolaydır.
- Sabit hızlar nedeni ile doğrudan bağlantı için uygundur.
- Yakıt depolamasına gerek duymazlar.

Bunlara karşılık elektrik motorlarının bazı sakıncalı yönleri vardır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- İşletme hızları sabittir, bu nedenle pompada verdi düzenlemesine olanak sağlamazlar.
- Elektrik motorları mobil olarak kullanılamazlar, çalışma yerinde elektrik enerjisinin bulunması gerekir,
- Elektrik enerjisinde kesilmeler, tesisin durmasına yol açar. Bu, özellikle kritik sulama dönemlerinde önemlidir.
- Elektrik enerjisinin taşınması için gerekli yatırım giderleri, yerleşim merkezlerinden uzakta kurulan tesislerde çoğu kez önemli boyutlara ulaşabilir.

6.3.2. İçten yanmalı motorlar

İçten yanmalı motorlar benzin ve Diesel yakıtı ile çalışan motorlardır. Elektrik enerjisinin bulunmadığı koşullarda bu motorlar, pompaların çalıştırılmasında kuvvet kaynağını oluştururlar. İçten yanmalı motorlar pompaj tesislerinde sabit hız ve sabit yük koşulunda çalışır. Diesel motorları benzin motorlarına kıyasla daha üstündür. Diesel motorları daha uzun ömürlüdür, ayrıca tüketilen birim yakıt için daha fazla yararlı enerji sağlarlar. Diğer bir

deyişle özgöl yakıt tüketimi daha azdır. Buna karşın, satın alma bedelleri yüksek ve tamir-bakım giderleri daha fazladır. Buna rağmen 20 BG'den büyük ve yılda

6.3.3. Güç gereksiniminin hesaplanması ve motor seçimi

Bir santrifüj pompada pompa milinde gerekli olan güç veya fren gücü, pompanın işletme koşullarında gerekli olan veridiyi, su kaynağından sulama yapılacak tarlaya iletmeye yeterli olmalıdır. Pompa milindeki güç;

$$fBG = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H_m}{75 \cdot \eta_p}$$

Pompanın fren gücü belirlendikten sonra gerekli olan motor gücü belirli bir yaklaşımla saptanabilir.

Elektrik motorlarında isim plakasında belirtilen güç, motor milinde elde edilebilecek maksimum güçü belirtir. Daha önce açıklandığı gibi elektrik motoru bu gücün % 85 ile yüklendiğinde, en yüksek motor verimi elde edilir. Buna göre doğrudan bağlamada elektrik motoru anma gücü aşağıdaki eşitlikle saptanabilir.

$$aBG = 1,15 \cdot fBG$$

İçten yanmalı motorlarda ise motor siparişine esas olmak üzere belirli bir hızda verebileceği maksimum güç belirtilir. Bu güç, motor standart deneyleri ile belirlenir. Bu tip motorlarda belirli bir hızda maksimum gücün sürekli % 80 ile yüklenme koşulu göz önüne alınarak motor gücü saptanabilir. Burada yükselti ve çevre sıcaklığına göre gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Doğrudan bağlama için içten yanmalı motorun anma gücü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$aBG = 1,2 \cdot k \cdot fBG$$

Burada (k) değeri yüzde olarak yükselti ve sıcaklık için gerekli düzeltmeleri belirtmektedir.

Pompa motor işletme hızlarının birbirine uygun olmadığı hallerde veya tesisin bulunduğu yerdeki koşullar gereği doğrudan bağlantı kullanılamaz. Bu durumda güç iletim düzenleri kullanılır. Güç iletim düzenlerinde meydana gelecek güç kayıpları motor gücü hesaplanmasında göz önüne alınmalıdır. Güç iletim verimi (η_i) değişik düzenler için aşağıdaki değerleri alabilmektedir.

Düz kayış için	: $\eta_i =$ % 90
V-kayışı için	: $\eta_i =$ % 95
Dişli için	: $\eta_i =$ % 95

Buna göre pompa ile motor arasında güç iletim düzeni kullanıldığında gerekli olan motor güçlerinin ise elektrik motoru için;

$$aBG = 1,15 \cdot \left(\frac{fBG}{\eta_i} \right)$$

İçten yanmalı motorlar için;

$$aBG = 1,2.k.\left(\frac{fBG}{\eta_i}\right)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanması gerekir.

Pompaj tesisi için motor siparişi verilirken içten yanmalı motorların seçiminde çalışma hızı, deniz düzeyinden yükseklik ve hangi sıcaklıkta çalışacağı konulmalıdır (Tezer 1978).

6.4. Pompaj Tesislerinin Ekonomisi

6.4.1. Pompaj tesislerinde gider hesapları

6.4.1.1. Sabit giderler

Sabit giderler tesis elemanlarından pompa, motor ve kullanılıyorsa iletim düzeni için yapılan yatırım bedeli üzerinden hesaplanır. Sabit giderler, tesisin yıllık çalışma süresine bağlı değildir. Bu giderler toplam giderler içinde önemli bir paya sahiptir. Yıl içinde iletilen suyun miktarı arttıkça, birim su için sabit gider payı azalır.

Sabit giderler; yatırımın amortismanı ve faiz giderleri ile belirlenir. Buna göre yıllık sabit gider;

$$YSG = SAB.SGK$$

olur. Burada:

YSG : Yıllık sabit gider (TL/yıl),

SAB : Yatırım bedeli (TL),

SGK : Sabit gider katsayısı (1/yıl) dır.

Sabit gider katsayısı, yatırımın yıllık amortisman ve faiz giderlerini bulmak için kullanılan bir katsayıdır. Bu katsayı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$SGK = \frac{f}{1 - \frac{1}{(1+f)^n}}$$

Burada:

f : Yıllık faiz oranı (%),

n : Tesis elemanlarının kullanma ömrü (yıl) dır.

Amortisman ömürle ilgilidir. Pompaj tesisinde kullanılan elemanlara ait ömür değerleri çizelge 6.2'de verilmiştir. Yıllık faiz oranı ve ömürlere bağlı olarak tesisteki sabit giderler;

$$YSG = YSG_{p+m+i}$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Eşitlikte p, m ve i indisleri sırasıyla pompa, motor ve güç iletim düzenini göstermektedir.

6.4.1.2. İşletme giderleri

İşletme giderleri, değişen giderler olarak da bilinir. İşletme giderleri tesisin çalışma süresi ile ilgilidir. Diğer deyişle tesisin çalışması için yapılacak harcamalar işletme giderlerini oluşturur.

İşletme giderleri enerji, yağ, tamir ve bakım giderleri ile makinist giderlerinden oluşur.

6.4.1.2.1. Enerji gideri

Enerji giderleri bazı ön kabullenmeler yapılarak hesaplanır. Enerji gideri kullanılan kuvvet kaynağının tipine bağlıdır. Pompa ile güç kaynağı arasında güç iletim düzeni varsa bunun verimi de hesaplamalarda göz önüne alınmalıdır.

Elektrik motoru için enerji giderinin hesaplanmasında; motorun şebekeden çekeceği güç motorun verimi ile ilgilidir. Genellikle projelermeler için elektrik motoru verimi % 85 alınabilir. Buna göre şebekeden çekilecek güç;

$$a_{BG} = \frac{f_{BG}}{\eta_m} = \frac{h_{BG}}{\eta_p \cdot \eta_m} \text{ olur.}$$

Elektrik enerjisi kW-h birimi ile değerlendirildiğinden çekilen güç kW olarak yazılırsa;

$$a_{kW} = \frac{h_{BG}}{\eta_p \cdot \eta_m} \cdot 0,736 \text{ olur.}$$

Eğer sistemde bir güç iletim düzeni kullanılıyorsa bu durumda şebekeden çekilen güç;

$$a_{kW} = \frac{h_{BG}}{\eta_p \eta_m \eta_t} \cdot 0,736 \text{ olur.}$$

Güç bilindiğine göre elektrik motorları için enerji gideri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$YEG_e = a_{kW} \cdot T \cdot P_e$$

Formüllerde:

- YEG_e : Yıllık enerji gideri (TL/yıl),
hBG : Hidrolik güç (BG),
η_p : Pompa verimi (%),
η_m : Motor verimi (%),
η_t : Güç iletim düzeni verimi (%),
T : Yıllık çalışma süresi (h/yıl),
P_e : Elektrik enerjisi bedeli (TL/kW-h) dır.

İçten yanmalı motorlarda enerji gideri yakıt gideri olarak ortaya çıkar. Benzin veya Diesel motoru ile çalışmada yakıt gideri motorun özgül yakıt tüketimine göre hesaplanabilir. Motor ile pompa doğrudan bağlı ise motor gücü mBG= 1,2 fBG'dir. İletim düzeni kullanılıyorsa bu durumda motor gücü;

$$mBG = 1,2 \cdot \frac{fBG}{\eta_t} \text{ olur.}$$

Buna göre benzin ve Diesel motorlarında yakıt gideri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$YYG_{b,d} = mBG \cdot G \cdot \frac{1}{\gamma_y} \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot P_y$$

Hesaplamalar için motorlarda özgül yakıt tüketimi; Diesel motorlar için 200 g/mBG-h, benzin motorları için ise 300 g/mBG-h alınabilir. Yakıt özgül ağırlığı Diesel yakıtı için 0,86 g/cm³ ve benzin için 0,74 g/cm³ alınabilir (Tezer 1978).

6.4.1.2.2. Yağ gideri

Yağ tüketimi hBG-h olarak ifade edilir. Buna göre yağ giderleri için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$YYaG = hBG \cdot S \cdot T \cdot P_{yağ}$$

6.4.1.2.3. Tamir ve bakım giderleri

Tamir, bakım ve yedek parça gideri, bir yıl içinde tesisin bakım ve yenilenmesi için gerekli işlere yapılan harcamaları gösterir. İşletme giderleri arasında tamir ve bakım giderleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$YBG = t \cdot SAB$$

Burada:

- YBG : Yıllık tamir bakım gideri (TL/yıl),
t : Tamir bakım yüzdesi (%/yıl),
SAB : Satın alma bedeli (TL) dir.

olarak alınabilir.

6.4.1.2.4. Makinist gideri

Makinist gideri yıllık olarak hesaplanır ve YMG (TL/yıl) olarak gösterilir. Yukarıda ayrı ayrı hesaplanan işletme giderleri;

$$YIG = YYG + YYaG + YBG + YMG \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

6.4.1.3. Pompaj tesisi toplam gideri

Pompaj tesisinin yıllık toplam gideri, bir yıl içindeki sabit ve işletme giderlerinin toplamıdır. Buna göre toplam giderler;

$$YTG = YSG_{p+m+i} + YIG \text{ olur.}$$

Toplam gider genellikle bir ton su için gider şeklinde ifade edilir ve böylece seçenekler arasında kıyaslama kolaylaşır. Pompanın verdisi Q(L/s) ise yıllık iletilen su miktarı;

$Q_{top} = 3,6.Q.T.$ (ton/yıl) olur. Buna göre 1 ton su için gider aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Tezer 1978).

$$G_{1ton} = \frac{YTG}{Q_{top}} = \frac{YTG}{3,6.Q.T}$$

