



POMPAJ TESİSİ VE MAKİNALARI

-TMB313-

Ders Notu

Prof. Dr. Davut KARAYEL

Akdeniz Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

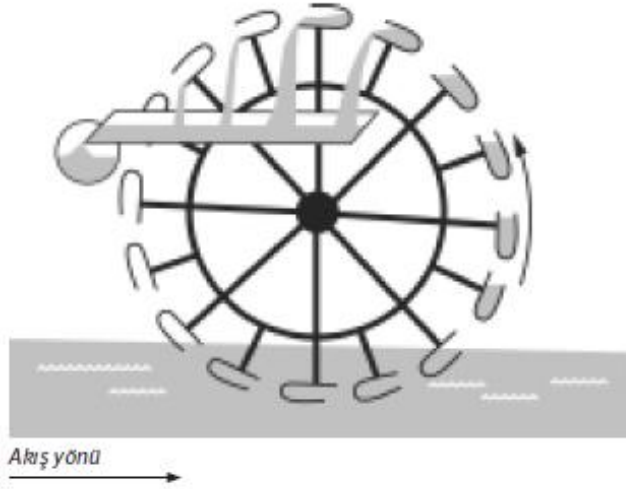
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

2016

Antalya

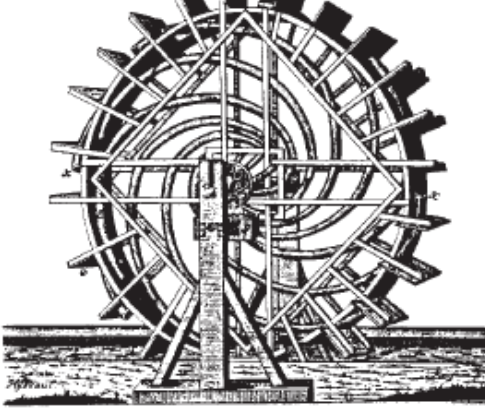
GİRİŞ

Pompaların geçmişini düşündüğümüzde, özellikle ilk zamanlarda insanların suyu daha yüksek seviyelere taşımak için kullandıkları teknikleri hatırlamak gerekmektedir. Bu tekniklerle yerleşim yerlerinin ve kalelerin etrafındaki kanalları doldurmuşlar ve tarım alanlarını sulamışlardır. Su taşımak için kullanılan ilk araç insan eli olmuş ve iki elin bir elden daha çok iş yaptığı anlaşılmıştır. İlk çağlarda önce toprak kaplardan kovalar yapılmış ve bunlarda su değirmeninin keşfinde ilk adımı oluşturmuştur. İnsanoğlu, birden fazla kovayı bir zincire veya tekerleğe asıp, insan veya hayvanların enerjilerinden faydalanarak değirmene hareket verip suyu taşımışlardır. M.Ö 1000 yıllarında yapılan arkeolojik kazılarda hem Çin’de hem de Mısır’da bu çeşit kovalı konveyörlere rastlanmıştır. Aşağıdaki resim bir Çin su değirmeninin rekonstrüksiyonudur. Bu düzenekte toprak kovaların asıldığı bir tekerlek, en üst noktaya geldiğinde suyu bir kanala aktarmaktadır (WILO, 2005).



Çin su değirmeni (WILO, 2005)

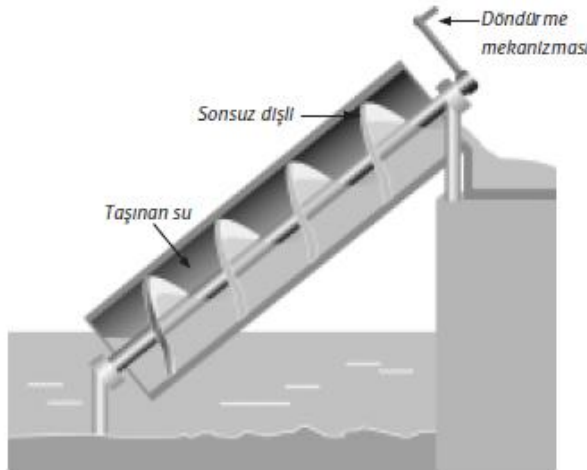
Bu düzeneklerdeki en ustaca gelişme 1724’de Jacob Leupold (1674-1727) tarafından tekerleğe dirsekli borular takılarak yapılmıştır. Tekerleği döndürerek su, en üst noktaya kadar taşınmaktadır. Nehirdeki su akısı güç sağlayıcı olarak kullanılmıştır. Bu tasarımın en dikkat çekici özelliği dirsekli boruların şeklinin günümüz santrifüj pompalarının tasarımlarına olan olağanüstü benzerliğidir.



Jacob Leupold'un su degirmeni (WILO, 2005)

Eski çağların büyük matematikçisi ve bilim adamı Arşimet (M.Ö. 287-212) kendi adı verilen ve borunun içinde bulunan sonsuz dişlinin dönerek suyu kaldırması prensibiyle çalışan bir vida tasarlamıştır. O zamanlar sızdırmazlık elemanları bilinmediğinden, transfer edilmesi istenen suyun bir kısmının geri kaçması önlenememiştir. Arşimet'in bu tasarımında, debiyle vidanın eğimi arasında bir ilişki vardır. Suyun daha yükseğe mi yoksa daha çok miktarda mı taşınması arasında seçim yapılabilir. Vidanın eğimi dikleştikçe debi azalmakta, basma yüksekliği artmaktadır. Debi-basma yüksekliği arasında aynı benzeşimler bulunmaktadır. Çeşitli tarihi kaynaklardan elde edilen bilgiler, Arşimet vidasının 37° ve 45° eğimlerde çalıştığını ve 10 m³/h debi, 2-6 m basma yüksekliği değerlerine kadar hidrolik kapasitelere ulaşabildiğini göstermektedir (WILO, 2005).

Fizik uzmanı Denis Papin 1689 da santrifüj pompayı icat etmiştir ve günümüzde bu tür pompalar tüm dünyada en sık kullanılan pompalardır.

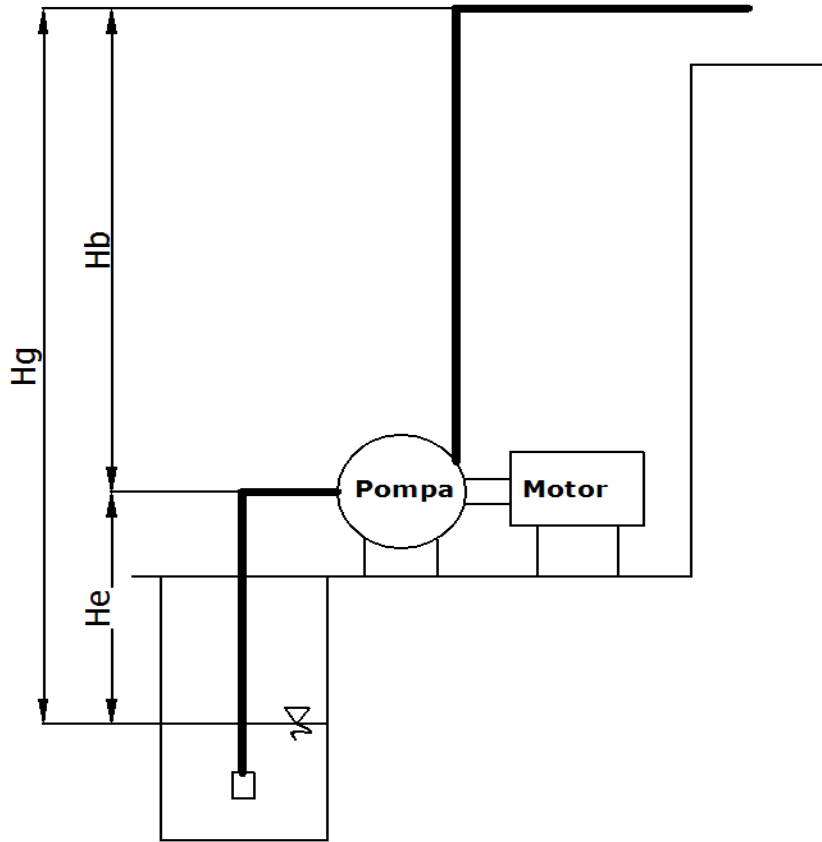


Arşimed vidası (WILO, 2005).

1. POMPAJ TESİSİNİN ÖZELLİKLERİ

Sulama sistemlerinde suyun kaynağından alınarak sulanacak bölgeye iletilmesinde suya kinetik enerji kazandırılması gerekmektedir. Bu amaç için kullanılan aletlerin hepsine birden pompaj tesisi denmektedir. Pompaj tesisinin genel hedefi; sulama suyunun zamanında, yeterli miktarda, en az enerji tüketimi ve en az işletme gideri ile iletmektir. Pompaj tesisinde kullanılan ekipmanlar aşağıda sıralanmaktadır. Sistemin çalışma şeması Şekil 1’de gösterilmektedir.

- a. Pompa (iş makinesi)
- b. Motor (kuvvet kaynağı)
- c. Boru hatları
- d. Yardımcı parçalar



Şekil 1. Bir pompaj tesisinin şematik görünüşü

Şekil 1’de gösterildiği gibi pompa motor tarafından tahrik edilmekte ve suyu kaynağından alıp sisteme göndermektedir. Burada H_e ile ifade edilen emme yüksekliği, H_b ile ifade edilen ise

basma yüksekliğidir. İki yüksekliğin toplamı ise geometrik yüksekliği vermektedir (Hg). Borulardan ve yardımcı parçalardan dolayı oluşan sürtünme kayıpları da eklenerek manometrik yükseklik ile ifade edilen H_m değeri bulunmaktadır. Bütün yükseklik (H) değerleri mSS olarak ifade edilmektedir. Deniz seviyesinde 10.33 mSS 1 atm basınca eşdeğerdir.

Enerjiyi suya kazandıran pompanın, suyu en az manometrik yüksekliğe kadar çıkarabilmesi gerekmektedir. Pompaj tesisinde suyun iletilmesi için genelde santrifüj pompalar kullanılmaktadır. Kuvvet kaynağı olarak benzin, dizel ya da elektrik motorları kullanılmaktadır. Suyun iletilmesinde kullanılan parçalar ise borulardan oluşmaktadır. Metal ya da plastikten oluşan boruların özellikleri ileriki bölümlerde anlatılacaktır. Boruların birbirine bağlanmasında ve dönüşlerde kullanılan yardımcı parçalar da sisteme dahil edilmektedir. Borularda sürtünmeden dolayı oluşan kayıplar da dahil edilerek bulunan manometrik yükseklik değeri pompanın gücünü bulmakta önemli bir parametredir.

Pompa kuvvet kaynağına direk bağlanmışsa kuvvet kaynağı mil gücü pompa giriş gücüne eşit alınabilir. Eğer motor ile pompa arasında bir güç iletim düzeni varsa iletim verimi de göz önüne alınmalıdır. Verilen enerjiye karşı yapılan işin maksimum olabilmesi için toplam tesis veriminin yüksek olması gerekmektedir. Bu değer yüksek olması ise sistemi oluşturan parametre değerlerinin en uygunun seçilmesiyle mümkün olmaktadır.

Bir pompaj tesisindeki kuvvet kaynağı (motor), benzin (otto), diesel yada elektrik motoru olabilmektedir. Bazen de traktör kuyruk mili, kuvvet kaynağı olarak kullanılabilir (Keskin ve Güner, 2007). Pompaj tesisinde bir su kaynağından alınan suyun belirli bir yüksekliğe Q debisi ile iletilmesi için pompanın suya birim zamanda verdiği enerji veya pompanın verdiği güç (N) aşağıdaki hidrolik güç eşitliği ile hesaplanabilir.

$$N = \frac{Q \cdot H_m \cdot \gamma}{75}$$

Burada; N – pompanın motordan çektiği güç (BG), H_m – manometrik yükseklik (mSS), Q – debi (m^3/s), γ – suyun özgül ağırlığı ($1000 \text{ kg}/m^3$).

Yukarıda verilen güç yararlı güç veya çıkış gücü olarak bilinir. Pompalarda enerji değişimi sırasında çeşitli kayıplar oluşacaktır. Bu nedenle pompa miline uygulanacak güç hesaplanırken ileriki bölümlerde anlatılacak olan verim de hesaba katılmalıdır.

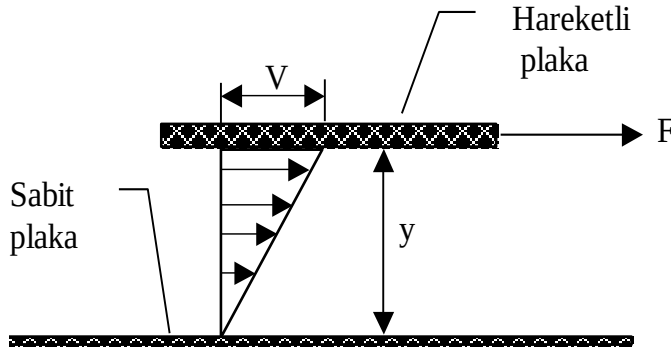
2. SUYUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

2.1. VİSKOZİTE ÖZELLİĞİ

Bir akışkanın kesme kuvvetine karşı gösterdiği mukavemete *viskozite* denir. Sıvı molekülleri birbiri üzerinde kayarken sürtünürler. Bu nedenle sıvıları hareket ettirmek için kuvvet uygulanması gerekir. Mutlak veya dinamik viskozite veya sadece viskozite olarak tanımlanan bu mukavemetin birimi Poise (Po)'dir.

$$1 \text{ Poise} = 1 \text{ dyn S/cm}^2$$

1 Poise, bir sabit plakadan 1 cm uzaklıktaki 1 cm² yüzey alanına sahip bir plakayı 1 cm/s hızla hareket ettirmek için gerekli kuvvettir.



Şekilde görüldüğü gibi aralarında akışkan bulunan iki paralel plakadan üst plaka F kuvveti ile sabit V hızında hareket ettirilirse üst plaka ile temas eden akışkan buna yapışarak V hızı ile hareket ederken sabit plaka ile temas eden akışkanın hızı sıfır olur. F kuvvetini etkileyen etmenler.

- 1) Plaka alanı ($A - \text{cm}^2$)
- 2) Plaka hızı ($V - \text{cm/s}$)
- 3) Sıvının viskozitesi ($\mu - \text{dyn S/cm}^2$)
- 4) Sıvının kalınlığı ($y - \text{cm}$)

$$F = \mu A V / y$$

Kinematik viskozite olarak tanımlanan diğer viskozite katsayısı ise aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\text{Kinematik viskozite } (\nu) = \frac{\text{Mutlak viskozite } (\mu)}{\text{Özgül kütle } (\rho)}$$

Kinematik viskozitenin birimi stoke (st)'dir.

$$1 \text{ st} = 1 \text{ cm}^2 / \text{s}$$

Viskozite ısıya bağlı olarak değişir. Isının artması ile sıvılar daha akışkan olurlar ve dolayısıyla viskoziteleri düşer.

Çizelge 1. Farklı Sıcaklıklarda Suyun Viskozite Değerleri

Sıcaklık (°C)	Dinamik (mutlak) Viskozite (kgf s/m ²)	Kinematik Viskozite (m ² /s)
0	181x10 ⁻⁶	1.79x10 ⁻⁶
4	160x10 ⁻⁶	1.56x10 ⁻⁶
10	134x10 ⁻⁶	1.31x10 ⁻⁶
20	103x10 ⁻⁶	1.01x10 ⁻⁶
30	84x10 ⁻⁶	0.80x10 ⁻⁶
40	67x10 ⁻⁶	0.66x10 ⁻⁶
50	56x10 ⁻⁶	0.56x10 ⁻⁶
60	47x10 ⁻⁶	0.48x10 ⁻⁶
80	37x10 ⁻⁶	0.37x10 ⁻⁶
100	29x10 ⁻⁶	0.29x10 ⁻⁶

2.2. ÖZGÜL AĞIRLIK

Özgül ağırlık (γ), bir cismin birim hacminin ağırlığıdır. Birimi kgf/cm³ veya N/m³ olarak alınabilir. Çizelge 2’de farklı sıcaklıklar için suyun özgül ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı Sıcaklıklarda Suyun Özgül Ağırlığı

Sıcaklık (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Özgül Ağırlık (kgf/m ³)	999.8	1000.0	999.6	998.2	995.6	992.2	988.0	983.2	971.8	958.3

2.3. YOĞUNLUK

Yoğunluk (β), bir cismin kütlesinin standart kabul edilen cismin hacmine oranını gösteren birimsiz bir sayıdır. Standart kabul edilen cisim katılar ve sıvılar için 4°C’deki su, gazlar için ise CO₂ hava veya hidrojenidir. Çizelge 3’de suyun farklı sıcaklıklardaki yoğunluğu verilmiştir.

$$\beta = \frac{\gamma_{cisim}}{\gamma_{s\ tan\ dart}}$$

Çizelge 3. Farklı Sıcaklıklarda Suyun Yoğunluk Değişimi

Sıcaklık (°C)	4	10	16	21	27	32	38	43	50	66
Yoğunluk	1.000	1.000	0.999	0.998	0.997	0.995	0.993	0.991	0.990	0.980

2.4. ÖZGÜL KÜTLE

Özgül kütle (ρ), bir cismin birim hacmindeki kütle miktarıdır. Birimi kg/m^3 veya kg/cm^3 'dür.

$$\text{Özgül kütle } (\rho) = \frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}$$

2.5. BUHAR BASINCI

Buhar basıncı, kapalı bir kap içerisinde buharlaşma sırasında buhar moleküllerinin sıvı yüzeyine yaptığı kısmi basınca denir. Bu basınç ısıya bağlı olup ısıyla doğru orantılı olarak artış gösterir. Kapalı kap içerisinde buhar moleküllerinin bir kısmı sıvaya geri döner. Buharlaşan molekül sayısının sıvıya geri dönen molekül sayısına eşit olduğu denge durumunda oluşan buhar basıncına *Doymuş Buhar Basıncı* denir. Kapalı kapta sıvı üzerindeki basınç doymuş buhar basıncı altına düşerse hızlı buharlaşma olur. Bu durum pompaj tesislerinde *Kavitasyon* olarak tanımlanır. Kavitasyon pompaj tesislerine zarar veren ve pompaj tesislerinin planlanmasında dikkate alınması gereken bir olaydır.

2.6. YÜZEY GERİLİMİ

Bir sıvının içindeki moleküller her yönde çekici kuvvetler etkisi altında olup bu kuvvetlerin vektörel toplamı sıfırdır. Sıvının serbest yüzeyindeki moleküllerde ise, serbest yüzeydeki diğer bir sıvı veya gazın molekülleri ile aralarındaki çekim kuvvetinin farklılığı nedeni ile dengelenmiş kuvvetler oluşur. Bu kuvvetler sıvının serbest yüzeyinde bir gerilim meydana getirir. Bu gerilime *Yüzey Gerilimi* denir. Bir sıvının yüzey gerilimi, yeni bir yüzey birim alanı oluşturmak amacıyla sıvının içinden yüzeye yeterli sayıda molekül getirmek için yapılması gereken iştir (Nm/m^2). Çizelge 4'de hava ile temas eden su için farklı sıcaklıklardaki yüzey gerilimleri verilmiştir.

Çizelge 4. Hava ile Temas Eden Su İçin Farklı Sıcaklıklarda Yüzey Gerilimleri

Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	0	4	10	16	21	27	32	38	50
Yüzey Gerilimi (N/m)	0.0756	0.0750	0.0741	0.0735	0.0725	0.0718	0.0709	0.0699	0.0680

3. POMPALAR

Bir akışkanı istenen basınç ve debide ileten makinelere pompa denilmektedir. Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürür. Sulama sistemlerinde ise akarsu, göl, gölet, dere veya yer altı suyu gibi kaynaklardan alınan suyun istenilen noktaya iletilmesi için gerekli hidrolik enerjinin suya kazandırılması için kullanılırlar.

Pompaların sınıflandırılmasında çok değişik faktörler göz önüne alınabilir. Örneğin kullanım yerine göre (tarımda sulama için kullanılan pompalar, sanayide kullanılan pompalar), malzemelerine göre veya ilettikleri sıvıya göre sınıflandırma yapılabilir. Ancak pompalar çalışma prensibi açısından veya sıvıya verdikleri enerjiye göre iki ana gruba ayrılır. Bunlar;

1) Hacimsel pompalar

2) Rotodinamik pompalar

Hacimsel pompalarda akışkana verilen enerji ve dolayısıyla su akımı kesiklidir. Yüksek basınç sağlamakla birlikte verdikleri sınırlıdır. Rotodinamik pompalarda ise akışkana sürekli olarak enerji verilir ve dolayısıyla su akımı sürekli dir. Önce akışkanın hızı daha sonra da basıncı yükseltilir (Keskin ve Güner, 2007). Yüksek verdi sağlayabilmelerine karşın geliştirdikleri basınç sınırlıdır. Bu bölümde pompaj tesislerinde yaygın olarak kullanılan ve rotodinamik pompalar grubuna giren santrifüj pompalar üzerinde durulacaktır.

3.1. SANTRİFÜJ POMPALAR

Bu pompalar bir gövde içinde belirli bir hızla dönen çark yardımıyla suya enerji kazandırmaktadır. Çark kanatları arasındaki suyu çevreye fırlatır. Bu hareketle suyun artan kinetik enerjisi, gövde içerisinde genişleyen bir kanalda basınç enerjisine dönüşür.

Bu pompalarda, su emme borusundan bir dirsekle çarka aksel yönde girer (Şekil 2). Gövde içinde dönen çark kanatları arasındaki suyu çevreye fırlatır. Suyun kanatlar arasındaki hareketi sırasında basıncın yükseltilmesi için kanatlara özel bir şekil verilmiştir. Suyun basıncını daha da yükseltebilmek için çarkın etrafına, kanat eğimlerine uygun kanatları bulunan difüzör yerleştirilmiştir. Suyun artan kinematik enerjisi gövde içinde genişleyen bir kanalda basınç enerjisine dönüşür. Çark bir mil ile bağlıdır ve bu mil kuvvet kaynağından aldığı hareketi çarka

iletir. Gövdenin çıkış ağız basma borusuna bağlıdır. Çark ile gövde arasındaki sızdırmazlık sızdırmazlık bilezikleri ile sağlanırken milin gövde içerisine girdiği yerdeki sızdırmazlığı sağlamak için salmastradan yararlanılır. Emme borusu ucundaki dip klapesi ve süzgeçten geçerek emme hattına giren su, emme borusundan geçerek çarka ulaşır. Dip klapesi tek yönlü su geçişine izin verir ve pompa durduğunda emme hattındaki suyun boşalmasını önler (Keskin ve Güner 2007).

Santrifüj pompalar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Suyun pompaya giriş ve çıkış yönüne göre;

1.1. Radyal Pompalar; suyun pompaya girişi aksiyal, çıkışı radyaldır.

1.2. Aksiyal Pompalar; suyun pompaya giriş ve çıkışı aksiyaldır.

1.3. Karışık Akışlı Pompalar; suyun girişi aksiyal, çıkışı radyal ve aksiyal doğrultular arasında olur.

2. Suyun çarka giriş sayısına göre;

2.1. Tek Girişli Çarklar; su çarka tek yönden girer.

2.2. Çift Girişli Çarklar; su çarkın her iki tarafından aksiyal yönde girer, radyal veya karışık akışlı olarak çıkar.

3. Ana hareket milinin konumuna göre;

3.1. Yatay milli pompa,

3.2. Düşey milli pompa,

4. Çarkın yapım biçimine göre;

4.1. Açık Çark; çark kanatları ön ve arka taraftan açıktır. Aksiyal, radyal ve karışık akışlı pompaların üçünde de kullanılabilir.

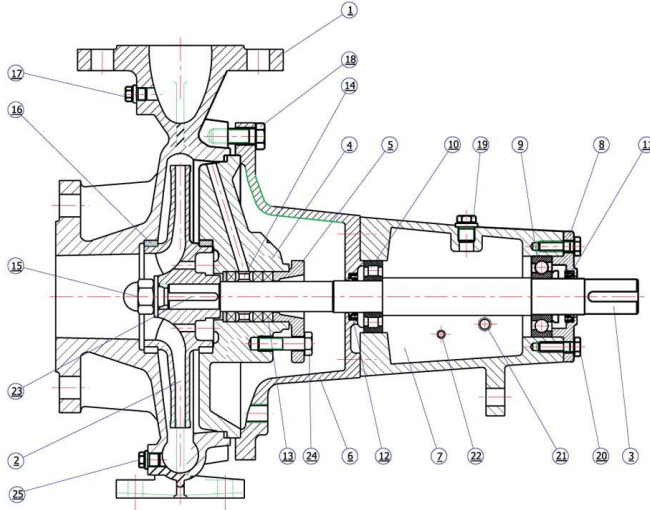
4.2. Kapalı Çark; çarkın ön ve arka tarafı kapalıdır. Sadece radyal pompalarda kullanılır.

4.3. Yarı Açık Çark; çark kanatlarının arka tarafı kapalıdır. Aksiyal pompalarda kullanılmaz.

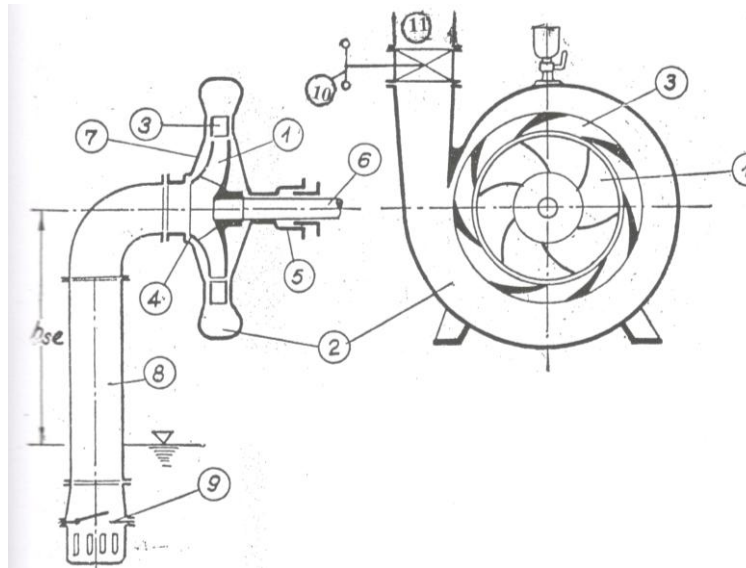
5. Çark sayısına göre;

5.1. Kademesiz Pompa; tek bir çark ile çalışır

5.2. Kademeli Pompa; bir pompa içinde birden fazla çark bulunur.



1	Salyangoz gövdesi	10	Rulman	18	Civata
2	Fan	11	Keçe	19	Kör tapa
3	Pompa mili	12	Keçe	20	Civata
4	Salmastra kutusu	13	Salmastra	21	Yağ göstergesi
5	Salmastra baskısı	14	Soğutma halkası	22	Boşaltma tapası
6	Ara parça	15	Mil somunu	23	Kama
7	Rulman yatağı	16	Aşınma halkası	24	Saplama
8	Rulman kapağı	17	Kör tapa	25	Kör tapa
9	Rulman				

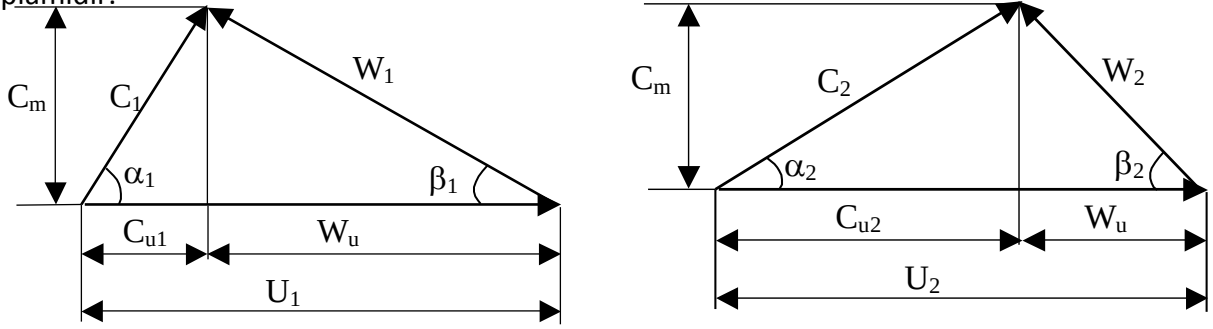


1	Çark	6	Mil
2	Salyangoz	7	Gövde
3	Difüzör	8	Emme borusu
4	Sızdırmazlık bileziği	9	Dip klapesi ve süzgeç
5	Salmastra kutusu	10	Vana
		11	Basma borusu

Şekil 2. Santrifüj pompa kesit görünüşü (Akmisan, 2011; Keskin ve Güner, 2007)

3.1.1. Santrifüj Pompaların Teorik Esasları ve Temel Eşitlikleri

Bir santrifüj pompada suyun pompa içindeki hareketi hız üçgenlerinden yararlanarak incelenir. Hız üçgenleri, hız vektörlerinin meydana getirdiği üçgen diyagramlardır. Çark üzerinde kanatların herhangi bir noktası için çizilebilir. Fakat önemli olan hız üçgenleri suyun çarka giriş ve çıkış noktalarında çizilen üçgenlerdir. Çark kanatları arasındaki suya etki eden üç hız bileşeni vardır. Bunlar incelenen noktanın çevre hızı (U), suyun gövdeye giriş hızı olan mutlak hız (C) ve suyun çarka göre hızı olan bağıl hızdır (W). Mutlak hız çevre hızı ile bağıl hızın vektörel toplamıdır.



Giriş hız üçgeni

Çıkış hız üçgeni

Şekil 3. Hız üçgenleri

Hız üçgenlerinde mutlak hız ile çevre hızı arasındaki açı α , bağıl hız ile çevre hızı arasındaki açı β ile gösterilir. C_u mutlak hızın teğetsel bileşeni, W_u bağıl hızın teğetsel bileşeni ve C_m ise mutlak hızın düşey bileşenidir (Şekil 3).

Bir santrifüj pompada çarkın teorik olarak suya verdiği basınç açısal momentum ile açıklanabilir. Moment kütle ile hızın çarpımına eşittir. Açısal momentum veya kinetik moment ise, dönme hareketi yapan bir kütlenin momentinin dönme eksenine göre alınan momentidir. Kinetik momentin zamana göre değişimi, dönen cisme uygulanan döndürme momenti değerini verir. Teorik olarak sürtünmesi bulunmayan, sonsuz sayıda kanadı bulunan ve kanat kalınlığı sonsuz küçük olan bir çarkın giriş yarı çapı (r_1) ve çıkış yarıçapı (r_2) ise böyle bir çark ile pompanın verdiği enerji açısal momentum ile aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir.

$$M = \frac{dm}{dt} (r_2 \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2 - r_1 \cdot C_1 \cdot \cos \alpha_1)$$

Burada; dm/dt ifadesi çarkın tüm kanatları arasından birim zamanda akan su kütlesini (debi) verir.

Pompanın oluşturduğu teorik basınç enerjisi, sonsuz kanat sayılı çark için $H_{teo \infty}$ olarak gösterilebilir. Güç ifadesi basınç enerjisi dikkate alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P = Q \cdot \gamma \cdot H_{teo \infty}$$

Burada;

$$H_{teo \infty} = \frac{U_2 \cdot C_{U2} - U_1 \cdot C_{U1}}{g}$$

Santrifüj pompalarda suyun çarka girişinde $\alpha_1 = 90^\circ$ ve $C_{U1} = 0$ 'dır. Bunlar göz önüne alındığında teorik basınç değeri Euler eşitliği veya Temel Eşitlik olarak tanımlanan,

$$H_{teo \infty} = \frac{U_2 \cdot C_{U2}}{g}$$

Belirli kanat sayısı için teorik basınç ise;

$$H_{teo} = \eta_k \cdot H_{teo \infty} = \eta_k \cdot (U_2 \cdot C_{U2} / g)$$

Burada; η_k , pompada sınırlı sayıda kanat kullanımı nedeniyle oluşan kayıptır.

Pompalarda güç eşitliği ise suyun özgül ağırlığı (γ), manometrik yükseklik (H_m) ve debi (Q) ve verim (η) dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$N = \frac{H_m \cdot Q \cdot \gamma}{75 \eta}$$

Burada; N – pompanın motordan çektiği güç (BG), H_m – manometrik yükseklik (mSS), Q – debi (m^3/s), γ – suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m^3), η - pompanın toplam verimi

3.1.2. Pompalarda Kayıplar ve Verimler

Bir santrifüj pompada oluşan kayıplar dört kısımda incelenebilir.

- 1) Hareketli ve hareketsiz parçalar arasındaki boşluklardan kaynaklanan sızma kayıpları,
- 2) Hareketli ve hareketsiz parçalar arasındaki mekanik sürtünme kayıpları,
- 3) Pompa çarkı ile gövde arasında kalan su ile çark arasındaki çark sürtünme kayıpları,
- 4) Suyun pompa içerisindeki hareketi ve yön değiştirmesi nedeniyle oluşan hidrolik sürtünme kayıpları.

Yukarıda belirtilen kayıplar nedeniyle santrifüj pompa miline uygulanan güç ile pompanın suya verdiği hidrolik güç eşit değildir. Pompa miline uygulanacak güç hidrolik güç yanında yukarıda belirtilen kayıpları da karşılayacak büyüklükte olmalıdır. Buna göre bir pompa miline uygulanacak fren gücü;

$$fBG = hBG + sBG + mBG + \text{ç}BG + hkBG$$

Burada; fBG – pompa miline uygulanması gereken güç, hBG – hidrolik güç, sBG – sızma kayıpları sonucu yok olan güç (0.03-0.12 fBG), mBG – mekanik sürtünmeler sonucu yok olan güç (0.02-0.08 fBG), çBG – çark sürtünme kayıpları sonucu yok olan güç (0.06-0.15 fBG), hkBG – hidrolik sürtünme kayıpları sonucu yok olan güç (0.01-0.04 fBG).

Pompalarda verim üç kısımda incelenebilir. Bunlar volumetrik, hidrolik ve mekanik verimdir.

Volumetrik Verim

Santrifüj pompalarda çark ile gövde arasındaki ve salmastra kutusundaki mil ile gövde arasındaki boşluktan oluşan sızma kayıpları nedeniyle pompa çarkının sağladığı verdi azalır. Pompa çarkından geçen su ile pompa çıkışından elde edilen su miktarı arasındaki oran volumetrik verim olarak tanımlanır.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + Q_s} \quad \text{veya} \quad \eta_v = \frac{fBG - sBG}{fBG}$$

Burada; Q – pompa çıkışından alınan debi, Q_s – sızma ile kaybolan debi.

Hidrolik Verim

Pompanın geliştirdiği manometrik yükseklik (H_m) ile teorik yükseklik (H_{teo}) arasındaki orandır.

$$\eta_h = \frac{H_m}{H_{teo}} \quad \text{veya} \quad \eta_h = \frac{fBG - hkBG}{fBG}$$

Mekanik Verim

Pompa mili yatakları ile salmastra kutusunda meydana gelen mekanik sürtünmeler ile çark ile su arasındaki sürtünmeler mekanik verim içerisinde düşünülür. Mekanik verim çark tarafından yutulan gücün pompanın yuttuğu güce oranıdır.

$$\eta_m = \frac{fBG - (\zeta BG + mBG)}{fBG}$$

Toplam Verim

Pompanın genel etkinliğini tanımlayan bir terimdir. Pompa miline verilen enerjinin pompa çıkışında elde edilen enerjiye oranıdır.

$$\eta_T = \frac{fBG - (sBG + mBG + \zeta BG + hkBG)}{fBG} \quad \text{veya} \quad \eta_T = \eta_v + \eta_h + \eta_m$$

3.1.3. Karşılaştırma Değerleri

Santrifüj pompalar tanımlanırken basınç, hız ve güç gibi karakteristik değerler kullanılır. Bu karakteristikler çok geniş sınırlar içinde değiştiği için pompa seçiminde ve pompa karşılaştırmalarında güçlükler yaşanabilir. Bu nedenle yapım ve seçimle ilgili çalışmaların daha kolay yapılabilmesi için karşılaştırma değerleri geliştirilmiştir. Bunlar;

- a) Çaplar oranı,
- b) Hız katsayısı
- c) Verdi katsayısı
- d) Özgül hız

Özgül hız dışındaki değerler oransal karşılaştırma değerleridir ve birimsizdir. Böylece bu değerler birim sistemine bağlı olmaksızın kullanılabilir.

Çaplar Oranı

Çarkın iç ve dış çapı arasındaki oranı (D_1/D_2) belirtir. Genellikle radyal pompalarda kaba bir karşılaştırma için kullanılır. Kesin bir karşılaştırma değeri olarak kullanılmaz. Özgül hıza bağlı olarak çaplar oranının alt ve üst sınırları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Özgül Hıza Bağlı Olarak Çaplar Oranının Alt ve Üst Sınırları

Özgül hız	D_1/D_2
40	0.25-0.30
70	0.35-0.42
100	0.44-0.52
130	0.50-0.59
160	0.55-0.65
220	0.67-0.70

Hız Oranı

Çark çevre hızı ile pompanın işletme noktasındaki manometrik yüksekliği arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$K_u = \frac{U_2}{\sqrt{2gH_m}} = \frac{\pi D_2 n}{60 \sqrt{2gH_m}}$$

Burada; K_u – hız katsayısı, U_2 – çark çıkış çevre hızı, H_m – pompanın işletme noktasındaki manometrik yüksekliği, n – çarkın devir sayısı, D_2 – çarkın dış çapı, g – yerçekimi ivmesi

Verdi Oranı

Çark çıkışındaki radyal hız bileşeni (C_{m2}) ile pompanın manometrik yüksekliği arasındaki orandır. Özgül hıza bağlı olarak artar. Yüksek özgül hızlı pompalarda düşük manometrik yüksekliğe yüksek verdi sağlanması nedeniyle özgül hızla birlikte artar.

$$K_{m2} = \frac{C_{m2}}{\sqrt{2gH_m}} \quad C_{m2} = \frac{Q}{b_2(\pi D_2 - z t_2)}$$

Burada; K_{m2} – verdi oranı, C_{m2} – çark çıkışındaki radyal hız bileşeni, H_m – manometrik yükseklik (mSS), g – yerçekimi ivmesi, Q – verdi (m³/s), b_2 – çark çıkış genişliği (m), D_2 – çark dış çapı (m), z – çark kanat sayısı, t_2 – çark kanadının çıkışta teğetsel kalınlığı (m).

Özgöl Hız

Özgöl hız tanımlaması 1915 yılında R. Camerer tarafından su türbinleri için geliştirilmiş ve oransal kıyaslama değerlerinin yeterli olmadığı yerlerde kullanılmıştır. Bu karşılaştırmada çark ölçüleri kullanılmaktadır. Bir santrifüj pompanın özgöl hızı bu santrifüj pompaya hidrolik ve geometrik olarak benzeyen ve optimum çalışma durumunda 1 mSS manometrik yüksekliği 1 m³/s debi ile ileten model pompanın dakikadaki devir sayısıdır.

Buna göre su türbinleri için özgöl hız;

$$n_s = \frac{n\sqrt{N}}{H^{5/4}} \quad \text{Burada} \quad N = \frac{Q \cdot H_m \cdot \gamma}{75} \quad \text{ve H yerine } H_m \text{ yazılırsa;}$$

$$n_s = 3.65 \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} \text{ şeklini alır.}$$

Tek girişli tek kademeli santrifüj pompa için özgöl hız;

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} \quad n_s = 3.65 n_q$$

Çift girişli pompa için;

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q/2}}{H_m^{3/4}}$$

Kademeli pompalar için;

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{(H_m / i)^{3/4}}$$

Burada; n_s - türbin özgöl hızı, n - dönme sayısı (min^{-1}), N - güç (BG), H - düşü yüksekliği (m), H_m - manometrik yükseklik (mSS), Q - verdi (m^3/s), γ - suyun özgöl ağırlığı (kg/m^3), i - kanat sayısı.

Santrifüj pompalarda verim ile özgöl hız arasında yakın bir ilişki vardır. Pompa verimi kayıplarla orantılıdır. Özgöl hız ise kayıplara etkili olan dönme hızı, verdi ve manometrik yükseklik terimlerini içermektedir. Burada verdinin ayrı bir önemi vardır. Yüksek verdili pompalarda, hidrolik kayıplara bağlı güç kaybı fren gücünün oransal olarak daha az bölümünü oluşturur. Yüksek verdili pompalarda enerji dönüşümündeki verim, diğer pompalara kıyasla daha fazladır.

Santrifüj pompalarda en doğru sınıflandırma özgül hıza göre yapılabilir. Bunlar;

	Özgül hız (n_s)
Tam santrifüj pompalar	60-150
Yarı santrifüj ve heliko santrifüj pompalar	150-400
Yarı eksenel	400-700
Eksenel	700-1000

Özgül hız değeri küçük olan pompalar tam radyal akışlı pompalardır. Karışık akışlı pompalarda özgül hız değeri çok geniş sınırlarda değişir. Özgül hızı 150-700 arasındaki değerler karışık akışlı pompaları temsil etmektedir. Karışık akışlı pompalardan özgül hızı kısmen daha az olan tipler heliko santrifüj pompa olarak tanımlanır. Karışık akışlı pompalardan özgül hızı kısmen daha yüksek olanları eksenel akışa daha yakındır bu nedenle yarı eksenel pompalar olarak adlandırılır (Özcan, 2006).

3.1.4. Santrifüj Pompalarda Yükseklikler

Bir pompaj tesisinde yükseklikler pompa eksenine göre tanımlanır. Yükseklikler statik ve dinamik yükseklikler olmak üzere iki bölümde incelenebilir (Şekil 4).

Statik emme yüksekliği (h_{se}), su kaynağındaki suyun üst yüzeyi ile pompa eksenindeki dikey yüksekliktir. Pompa eksenini ile su yüzeyi aynı düzlemde ve pompa su içerisinde ise statik emme yüksekliği söz konusu değildir. Ayrıca su, kaynağından pompaya kadar kendi ağırlığıyla yükseliyorsa yine statik emme yüksekliği sıfırdır.

Statik basma yüksekliği (h_{sb}), pompa eksenini ile suyun çıkarıldığı en üst nokta arasındaki dikey uzaklıktır.

Geometrik yükseklik (H_g), statik emme ve statik basma yüksekliklerinin toplamıdır.

$$H_g = h_{se} + h_{sb}$$

Kinetik emme yüksekliği (h_{ke}), emme hattındaki sürtünme kayıpları nedeniyle oluşan yük kayıplarıdır.

Kinetik basma yüksekliği (h_{sb}), basma hattında oluşan sürtünme kayıpları nedeniyle oluşan yük kayıplarıdır.

Dinamik yükseklikler, statik yüksekliğe boru hattındaki toplam kaybın eklenmesi ile bulunur. Diğer bir deyişle suyun akışı sonucu oluşacak sürtünme kayıplarının statik yükseklik ile toplamı dinamik yükseklikleri oluşturur.

Dinamik emme yüksekliği (h_{de}), statik emme yüksekliği ile emme boru hattındaki yük kayıplarının toplamıdır.

$$h_{de} = h_{se} + h_{ke}$$

Dinamik basma yüksekliği (h_{db}), statik basma yüksekliği ile basma boru hattındaki yük kayıplarının toplamıdır.

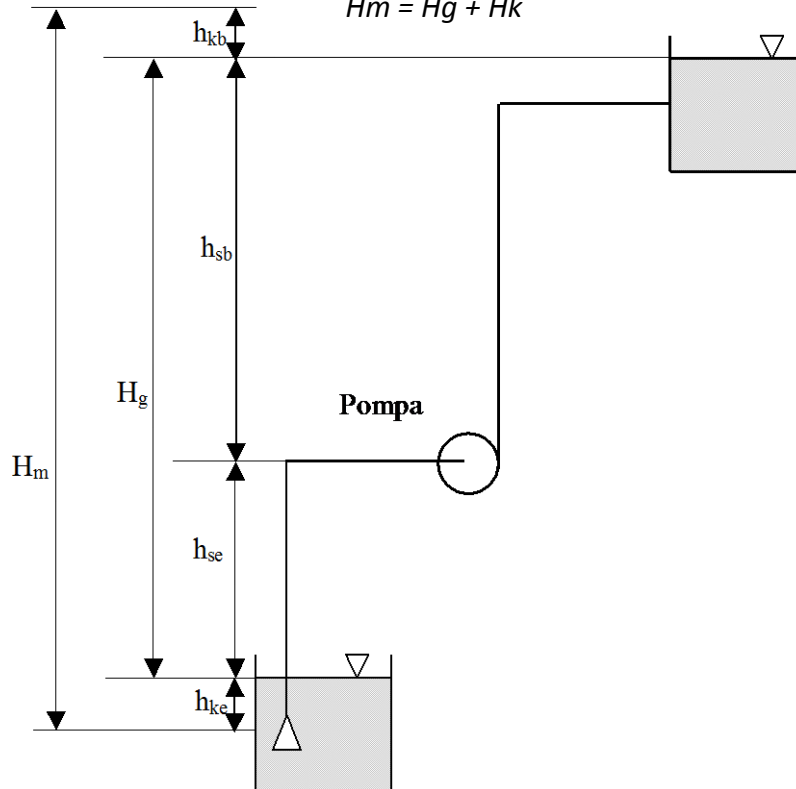
$$h_{db} = h_{sb} + h_{kb}$$

Manometrik yükseklik (H_m), pompaj tesisinde suyun su kaynağından alınıp basma deposuna kadar iletilmesi için gerekli olan enerjidir. Manometrik yükseklik dinamik yüksekliklerin toplamıdır.

$$H_m = h_{de} + h_{db}$$

$$H_m = h_{se} + h_{ke} + h_{sb} + h_{kb}$$

$$H_m = H_g + H_k$$



Şekil 4. Pompaj Tesislerinde Yükseklikler

Giriş Yükü (H_e), pompa girişinde suyun taşıdığı toplam enerjidir. Pompa girişindeki gösterge basıncı ve hız yüksekliğinin toplanması ile bulunur. Gösterge basıncı su düzeyi pompa eksenini altında olduğundan vakum basıncıdır ve negatif işaretlidir.

$$H_e = \frac{-P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = (-h_e) + \frac{v_e^2}{2g} = -(h_{se} + h_{ke})$$

Çıkış Yükü (H_e), pompa çıkışında suyun taşıdığı toplam enerjidir. Pompa çıkışındaki gösterge basıncı ile hız yüksekliğinin toplamı ile bulunur. Gösterge basıncı atmosfer basıncından büyüktür ve pozitif işaretlidir. Gösterge eksenini ile pompa merkezi arasında bir uzaklık varsa (z) okumalar buna göre yapılır.

$$H_b = \frac{P}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2g} + z = h_{sb} + h_{kb}$$

3.1.5. Santrifüj Pompalarda Kavitasyon

Kavitasyon, pompa içerisinde herhangi bir noktada sıvı basıncının, sıvının çalışma sıcaklığındaki doymuş buhar basıncının altına düşmesi sonucu, suda ani buhar kabarcıklarının oluşması ile başlar. Bu buhar kabarcıkları su ile birlikte sürüklenerek basıncın buharlaşma basıncından daha yüksek olduğu bir noktaya kadar ilerler ve orada yoğunlaşırlar. Bu yoğunlaşmanın binde ikisi veya üçü gibi çok kısa bir sürede olur. Bu esnada basınç 300 atmosfere kadar yükselir. Bu şekilde cidarlar bir basınç bombardımanına maruz kalır. Zaman zaman metal parçaların kopmasına ve çark yüzeylerinde oyuklar açılmasına neden olabilen bu etki çark kırılmaları yanında tüm gövdede titreşim oluşturup bağlantıları zorlayabilir. Belirtileri şunlardır;

- a) Pompanın içinde çakıl taşlarının çarpmasını andıran görüntüler ve titreşimler,
- b) Pompa çarkında aşınma,
- c) $H_m - Q$ eğrisinin ani düşmesi

Kavitasyon nedenleri aşağıdaki maddeler ile özetlenebilir.

- a) Statik emme yüksekliğinin fazla olması,
- b) Pompanın kurulduğu bölgedeki yükseklikten dolayı atmosfer basıncının düşük olması,
- c) Su sıcaklığının fazla olması,
- d) Emme hattındaki su hızı artışı.

Çok kademeli pompalarda kavitasyon sadece birinci kademede oluşur. Diğer kademelerde basınç daha yüksek olduğu için kavitasyon oluşmaz. Kavitasyon oluşumunu önlemek için pompa girişinde oluşan toplam emme yükünün, atmosfer basıncından suyun buhar basıncının çıkarılması ile elde edilen yükten daha küçük olması istenir. Pompa girişindeki yükün buharlaşma basıncından ne kadar yüksek olduğunu gösteren yüke Emmedeki Net Pozitif Yük (ENPY) denir. Pompalar kavitasyon kontrolü için bu değer hesaplanmalıdır.

$$ENPY = H_a - (H_e + h_{buh})$$

Kavitasyon şartı olarak aşağıdaki eşitsizlik yazılabilir;

$$\frac{H_a - h_{se} - h_{ke} - h_{buh}}{H_m} > \frac{(v^2 / 2g) + (kw^2 / 2g)}{H_m}$$

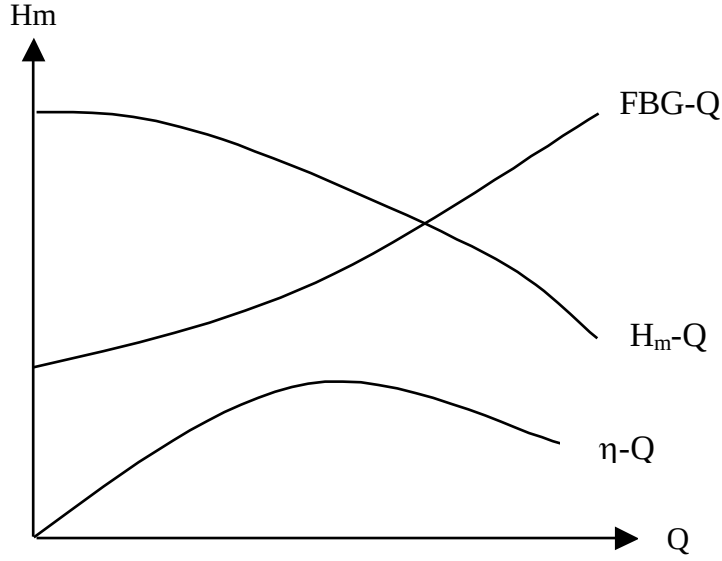
$$\sigma_p > \sigma_k$$

Burada; H_a – atmosfer basıncı, h_{buh} – suyun buhar basıncı, h_{se} – statik emme yükü, h_{ke} – kinetik emme yükü, k – çark tipine bağlı katsayı, H_m – manometrik yükseklik, w – çark içindeki hız.

Bu eşitsizliğin birinci terimi Thoma kavitasyon katsayısı (σ_p) olarak adlandırılmaktadır. İkinci terim ise kanat katsayısıdır (σ_k).

3.1.6. Santrifüj Pompalarda Karakteristik Eğriler

Bir santrifüj pompanın karakteristik eğrisi, verdiye bağlı olarak pompanın manometrik yükseklik (H_m), fren gücü (fBG) ve verim (η) değişimini gösteren eğrilerdir (Şekil 5). Bütün bu değişimler bir grafikte toplanabilir. Bu grafikte apsis ekseninde verdi değerleri, ordinat ekseninde ise üç ayrı skala halinde manometrik yükseklik, fren gücü ve verim değerleri yerleştirilir. Eğrilerin biçimleri birbirinden farklıdır. Basma borusundaki vana kapalı iken verdi sıfırdır. Mıne verilen enerji, basınç enerjisine dönüşmekte ve en yüksek basınç elde edilmektedir. Bu noktada verdi sıfır olduğu için faydalı iş de sıfırdır. Bu nedenle η -Q eğrisi sıfırdan geçer, fBG-Q eğrisi ise belirli bir değerden başlar. Pompanın en yüksek verim noktası işletme noktasıdır. Bu noktadan sonra verim azalmaya başlar. Verim eğrisi radyal pompalarda tepe noktasında daha yatık, aksiyal pompalarda ise daha sivridir.



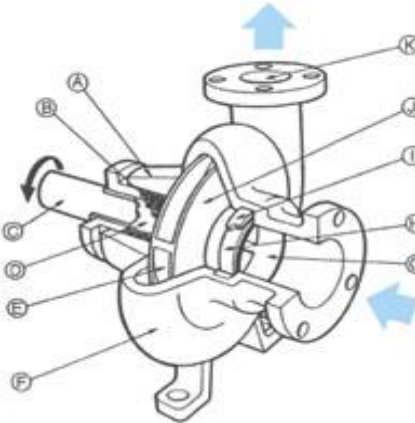
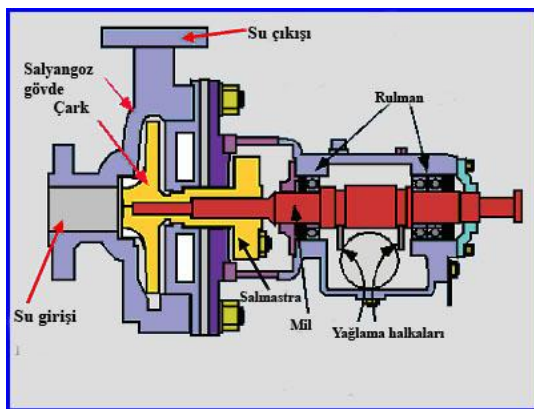
Şekil 5. Pompa Karakteristik Eğrisi

Pompalarda işletme karakteristikleri olan manometrik yükseklik, verdi ve fren gücü değerlerinin pompanın farklı devirlerinde gösterecekleri değişim farklıdır. Bu değişim oranları aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{H_{m1}}{H_{m2}}} = \sqrt[3]{\frac{fBG_1}{fBG_2}}$$

3.1.7. Santrifüj Pompa Parçaları ve Özellikleri

Santrifüj pompaların parçaları sabit ve hareketli parçalar olarak iki ana kısımda incelenebilir. Pompalarda çark ve mil olarak iki hareketli parça bulunur. Sabit parçalar ise giriş ve çıkış ağızları, gövde, yataklar, salmastra kutusu ve çatıdır (Şekil 6).



- A- Salmastra kutusu (Stuffing box)
- B- Salmastra elemanı (Packing)
- C- Mil (Shaft)
- D- Mil burcu (Shaft sleeve)
- E- Kanat (Vane)
- F- Muhafaza (Casing)
- G- Çark gözü (Eye of impeller)
- H- Çark (Impeller)
- I- Segman (Casing wear ring)
- J- Çark (Impeller)
- K- Su çıkışı (Discharge Nozzle)

Şekil 6. Santrifüj pompanın parçaları

Çark

Çark, kanatları arasındaki suyu çevreye fırlatarak kinetik enerji kazandırır. Pompa çarkları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

a) Suyun çarka girişine göre

* Tek girişli

* Çift girişli

b) Hidrolik yarıçapına göre

* Radyal

* Aksiyal

* Karışık akışlı

c) Mekanik yapısına göre

* Açık

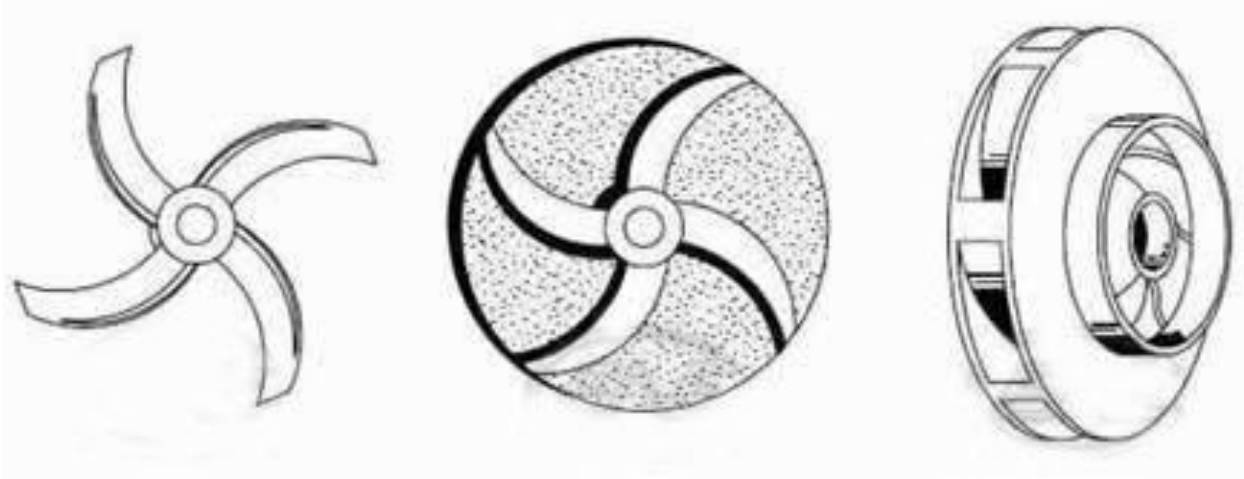
* Yarı açık

* Kapalı

Tek girişli çarkta su, çarka tek taraftan girer. Çift girişli çarkta ise, sırt sırta yerleştirilmiş ve birlikte tek olarak dökülerek şekillendirilmiş iki adet tek taraflı çarktan oluşur. Su çarka aynı anda her iki taraftan girer. Çift girişli çarklarda eksenel itme dengelendiği için daha basit yataklama uygulanabilir (Şekil 7).

Radyal ve karışık akışlı çarklar genellikle kapalı ve yarı açık tipte yapılır, aksiyal çarklar ise açık tiptedir. Radyal pompalarda açık çarklar da kullanılabilir. Yarı açık çarklarda kanatların arka yüzü kapalıdır. Kapalı çarklarda ise kanatların her iki yüzü kapalıdır ve göbekten giren su çarkta kapalı bir kanat içerisinde hareket ederek çarkı terk eder. Kapalı pompa çarklarında sızdırmazlık, sızdırmazlık bilezikleri kullanılarak sağlanır. Açık çarklarda ise çark ile gövde arasındaki eksenel boşluk ayarlanmalıdır. Çark ile gövde arasındaki sızdırmazlık kesin olarak önlenemez, fakat bilezikler bu sızmayı en az düzeye indirir.

Tek girişli pompalarda çarkın ön yüzünde düşük arka yüzünde yüksek basınç oluşur. Bu basınç eksenel itme kuvveti oluşturur. Bu kuvvet çarkı emme tarafına doğru iter ve yataklarda aşırı yük oluşturur. Bunu önlemek için bazen çarkın göbeğinde ön ve arka kısmı birleştiren 2-3 delik bulunur.



Açık



Yarı açık



Kapalı

Şekil 7. Mekanik yapısına göre çark çeşitleri

Gövde

Gövdenin görevi çarktan çıkan suyun kinetik enerjisini basınç enerjisine dönüştürerek suyu basma borusuna iletmektir. Genel olarak santrifüj pompalarda kullanılan gövdeler salyangoz (volüt) ve difüzör şeklindedir. Gövde üzerinde mil yatağı, salmastra kutusu ve sızdırmazlık bileziği bulunur.

Salyangoz gövde, çark tarafından verilen suyu tek bir kanalda toplar ve kinetik enerjisini basınç enerjisine dönüştürür. Santrifüj pompa salyangozunda yayıcının kesit alanı başlangıç noktasından itibaren artarak devam eder 360° döndükten sonra çıkış kesitine açılır.

Difüzörlü gövdeler daha çok kademeli pompalarda kullanılır. Difüzörün görevi üzerindeki genişleyen kanallarla, kinetik enerjiyi basınç enerjisine dönüştürür. Difüzörlü pompanın maksimum verimi her ne kadar salyangoz gövdeye oranla yüksek olsa da maliyetinin yüksek olması nedeniyle tek kademeli pompalarda salyangoz gövde kullanılır.

Salmastra Kutusu

Salmastra kutusu pompa mili ile gövde arasındaki sızdırmazlığı sağlamak için kullanılır. Sızdırmazlık elemanları ve diğer yardımcı elemanlar bir arada bir kutu içerisinde bulunduğu için salmastra kutusu denilmektedir. Pompa ekseninin su düzeyini üstünde olduğu yatay eksenli pompalarda milin gövdeye giriş yerinde vakum basıncı bulunur. Bu durumda salmastra, pompaya hava sızmasını önlemek için kullanılır. Salmastra elemanında az miktarda sızma olmalıdır. Sızan su yağlama ve soğutmayı sağlar. Normal işletme koşullarında salmastra kaçağı dakikada 20-40 damla olmalıdır. Pompa çalışırken kaçak miktarı bu değerleri aşıyorsa, kapak somunları sıkılarak azaltılabilir. Santrifüj pompalarda en çok kullanılan salmastra kutusu tek parça sıkı doldurulmuş salmastradır. Bu düzenlemede emme tarafında bir dayanma faturası vardır. Salmastra elemanları bir kapakla bastırılarak sıkıştırılır. Salmastra elemanları aşındıkça ve kaçak arttıkça bu kapak sıkıştırılarak ayarlama yapılabilir.

Pompa Mili

Kuvvet kaynağından alınan enerji çarka pompa mili tarafından iletilir. Pompa mili üzerinde tork, dönen parçaların ağırlığı, aksiyal ve radyal yükler etkilidir. Büyük yapılı pompalarda, genellikle milin dışına bir kovan takılır. Milin dış yüzeyinde aşınma ve korozyon etkisi ile meydana gelebilecek zararlar bu suretle önlenir.

Pompa mili ile kuvvet kaynağı milinin birbirine bağlanması için kaplinler kullanılır. Monoblok yapılarda kaplin bulunmaz. Kaplinler titreşimsiz olarak güç iletimi yanında ekstenel sapmalarıda giderebilmelidir.

Pompa Yatakları

Pompa yatakları, pompa milini ve çarkları dönme ekseninde tutmak için kullanılır. Yatay eksenli pompalarda radyal, düşey eksenli pompalarda aksiyal yataklar kullanılır. Tek girişli pompalarda çark milin ucuna bağlıdır ve mil tek taraftan bir çift yatakla yataklandırılır. Milin gövdeye girişinde salmastra kutusundan sonra bir düz yatak bulunur. Çift girişli pompalarda pompa mili gövdenin her iki yanında yataklanır. Santrifüj pompalarda en fazla rulman yataklar kullanılır. Rulmanlı yataklar içerisinde ise en fazla kullanılan ise tek sıralı bilyalı, silindirik veya

konik makaralı rulmanlardır. Silindirik makaralı olanlar hem radyal hemde eksenel yük taşıırken, konik makaralı olanlar ağırlıklı olarak eksenel yük taşırlar.

Bağlama Çatısı

Pompa mili ile kuvvet kaynağı arasındaki bağlantıda mil eksenlerinin kaplinle daima çakışık bir şekilde bağlanabilmesi için bağlama çatısı kullanılmalıdır. Kuvvet kaynağı ile pompa bağlama çatısı üzerine rijit olarak bağlanır. Yatay eksenli sulama pompalarında çatı, farklı noktalarda traktörle çalıştırma için tekerlekli yapılıır. Böylece özellikle sulama kanallarından su temini için tesis istenilen yere hareket ettirilebilir.

3.1.8. Pompa Tipleri

Sulama tesislerinde genellikle yatay eksenli kademersiz, kademeli, düşey eksenli ve kendinden emişli santrifüj pompalar kullanılır. Bu bölümde bu pompaların genel özellikleri üzerinde durulacaktır.

Yatay Eksenli Kademesiz Pompalar

Bu pompalar bir adet çark, salyangoz gövde ve yatay pompa milinden oluşur. Genel olarak radyal ve karışık akışlı çarklar kullanılır. Pompa mili çark göbeğinde sone erer. Gövde tek veya çift girişli olarak yapılabilir. Pompa giriş ve çıkış ağızları boru vidalı veya flanşlıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Yatay eksenli kademersiz pompa

Kademeli Pompalar

Tek kademeli bir pompanın geliştirdiği manometrik yüksekliğin yeterli olmadığı pompaj tesislerinde birden çok çarkın aynı mile bağlanmasıyla oluşturulan kademeli pompalar kullanılır. Kademeli pompalarda debi bir çarkın sağlayacağı debiye eşit iken su her bir çarktan geçtikçe basınç enerjisi artar. Böylece birbirine benzer çarklar kullanılarak manometrik yükseklik kademe sayısı kadar arttırılabilir. Her kademe bir çark ve bir difüzör gövdeden oluşur. Bir arktan çıkan ve belirli bir basınç enerjisi kazanan su, diğer çarka bu enerji ile girer ve bu çarkta da yeniden belirli bir basınç enerjisi kazanarak akışına devam eder. Kademeli pompalarda genellikle tek girişli ve radyal veya karışık akışlı çarklar kullanılır.

Bu pompalarda kademe sayısı arttıkça artan basınç nedeniyle alt ve üst bağlantılardaki sızdırmazlık güçleşir. Bu nedenle fazla kademe sayısı için yatay ayrılabilen gövdeler yerine düşey ayrılan gövdeler kullanılır. Fakat eksenel itmenin dengelenmesi ve tamir bakım kolaylığı gibi etkenler nedeniyle az sayıdaki kademelerde yatay ayrılan gövdeler tercih edilir.

Kademeli pompalar yatay eksenli yapılabildiği gibi düşey eksenlide yapılabilir (şekil 9).



Yatay eksenli



Düşey eksenli

şekil 9. Kademeli pompalar

Düşey Eksenli Kademeli Pompalar

Su kaynağının yüzeyden çok derinde, pompanın kurulacağı yerin dar ve su seviyesinin çok değişken olduğu durumlarda genellikle düşey milli pompalar kullanılır. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanları derin kuyu ve dalgıç pompalardır.

Derin kuyu pompaları

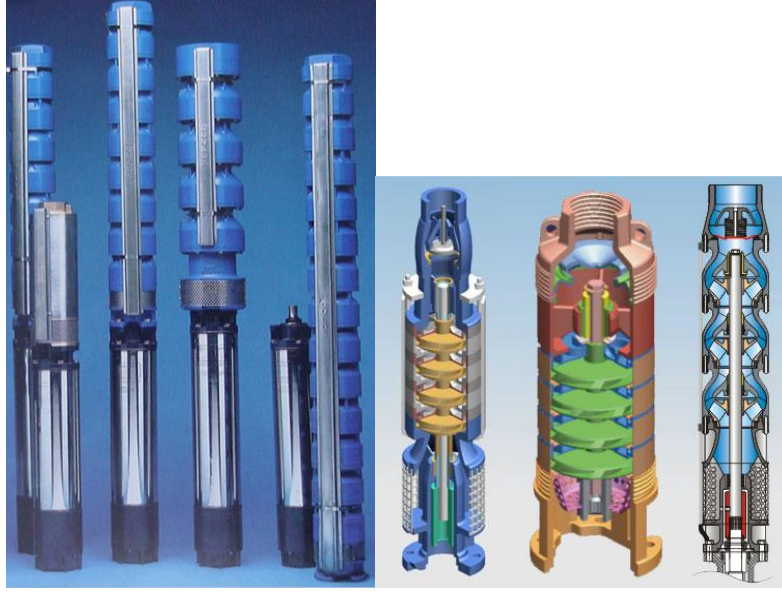
Derin kuyu pompaları sondaj yöntemiyle açılan yer altı su kaynaklarından su temini için kullanılır. Derin kuyu pompalarında pompa kuyu içine indirilir ve suya batık olarak çalışır. Pompaya hareket kuyu dışındaki bir elektrik motoru veya dizel motor tarafından sağlanır. Motor mili bağlık adı verilen bir parça yardımıyla basma borusu içine girer basma borusu içinde yataklanarak pompaya kadar ulaşır. Derin kuyu pompaları kademeli yapılırlar ve difüzör gövde kullanılır.

Pompa verdisi, genel olarak açılan kuyu verdisi ile sınırlıdır. Normal çalışma koşullarının sağlanması için, kuyu verdisi ile pompa verdisi uyumlu olmalıdır. Aksi halde kuyu içinde su seviyesi pompa düzeyinin altına düşer ve pompa su basmaz.

Dalgıç pompalar

Derin kuyu pompalarından farklı olarak, dalgıç pompalarda kuvvet kaynağı olan elektrik motoru da pompa ile birlikte kuyuya indirilir. Bu sayede yer üstünde sadece su çıkış borusu bulunur. Genellikle pompa grubu altında bir süzgeç, süzgeç altında ise elektrik motoru bulunur (Şekil 10). Elektrik motoruna elektrik enerjisi suya karşı dayanıklı bir kablo ile iletilir. Elektrik motorunun suya karşı sızdırmazlığı sağlanmıştır. Motor daima suya batık çalıştığından soğutma motor içinde dolaşan özel yağ ile yapılır.

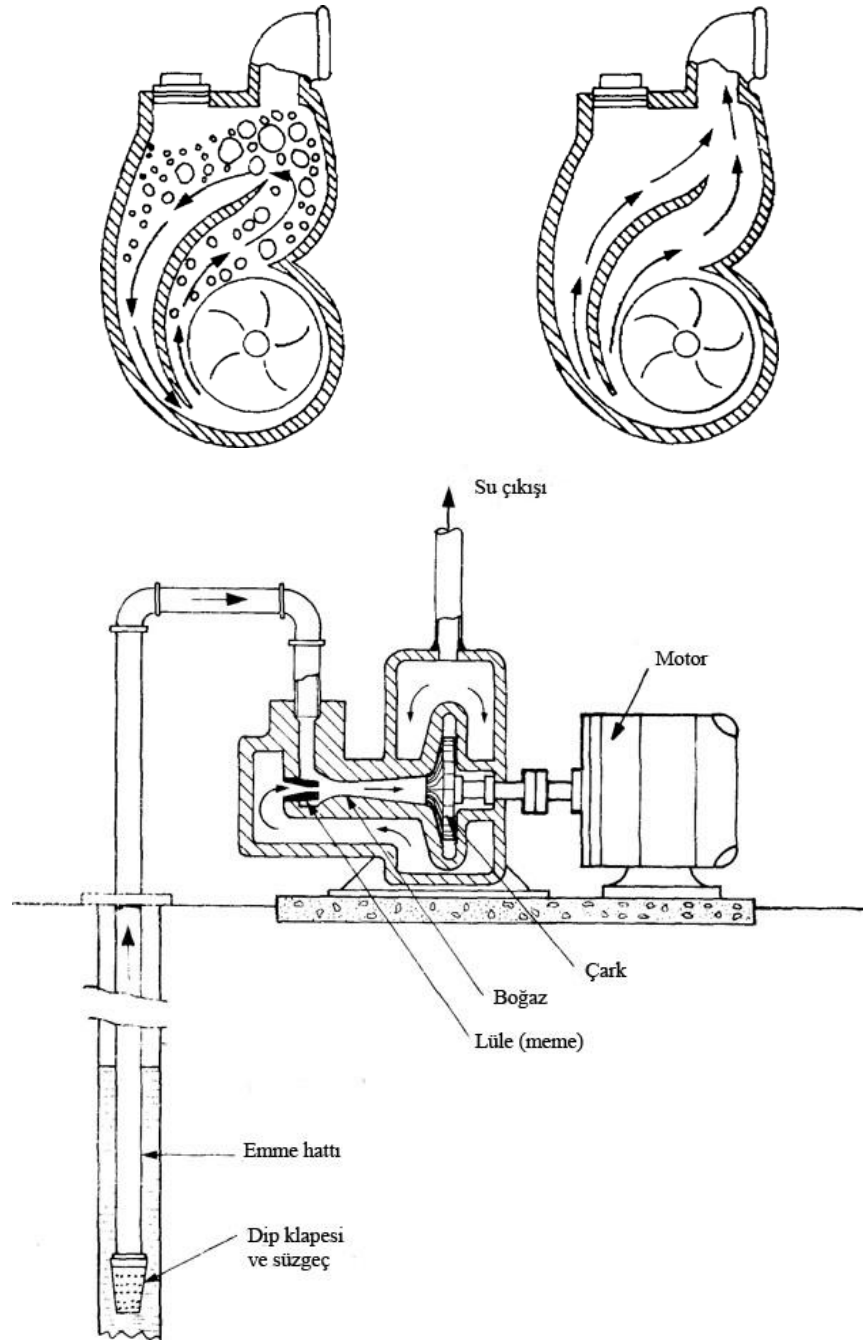
Dalgıç pompalar, derin kuyu pompalarındaki mil ve yataklar olmadığı için aşınma ve bakımın daha az olması, kuyu dışında sadece su çıkış dirseği ile elektrik kumanda panosu bulunmasından dolayı özel binalara ihtiyaç olmaması gibi avantajları nedeniyle daha fazla kullanılır.



Şekil 10. Dalgıç pompalar

Kendinden Emişli Pompalar

Santrifüj pompalar hava ememez, pompanın çalışabilmesi için emme borusu ve pompa gövdesinin su ile dolu olması gerekir. Bu nedenle santrifüj pompalarda emme borusu altında dip klapesi bulunur. Kendinden emişli pompalarda ise pompanın çalışması için emme borusunun su ile dolu olmasına ve dolayısıyla dip klapesine ihtiyaç yoktur. Bu pompalarda gövde içinde bir su cebi bulunur. Emme borusu girişi çark ekseninden yukarıdadır. Bu girişten sonra tek yönlü akışa müsaade eden bir klape bulunur. Klape gövdeye doldurulan suyun geri dönmesini önler. Pompa çarkı hareket edince, su pompa gövdesini kaplayan bir hava ayırma deposu ile çark arasında sirkülasyona başlar. Çarka giren su emme ağzında bir miktar emiş yaratmakta ve bu emiş ile, emme borusundaki hava boşaltılmaktadır. Boşalan hava suya kabarcıklar halinde karışarak hava deposunda sudan ayrılır ve çıkış ağzında dışarı verilir. Havadan ayrılan su tekrar çark göbeğine döner. Böylece emme borusunda hava tamamen boşalınca çarka su girişi başlar ve pompa normal olarak çalışır (Şekil 11).



Şekil 11. Kendinden emişli pompa (FAO, 2011)

Bu pompalar, su düzeyi devamlı olarak değişen su kaynaklarında, özellikle su birikintilerinin tahliyesinde, evsel ve endüstriyel ham kanalizasyon sıvılarının basılmasında, kanalizasyon arıtma tesislerinde, her türlü drenaj ve tahliye işlemlerinde kullanılır. İçinde belli bir büyüklüğe kadar katı partikül bulunduran çamurlu ve atık suların iletimine uygun olarak tasarlanır.

3.2 POMPA GÜCÜNÜN HESABI

Santrifüj pompanın yuttuğu gücün hesabı, verdi (Q), manometrik yükseklik (H_m), suyun özgül ağırlığı (γ) ve verim değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$N = \frac{H_m \cdot Q \cdot \gamma}{75\eta}$$

Burada; N – Pompanın motordan çektiği güç (BG), H_m – manometrik yükseklik (mSS), Q – debi (m³/s), γ – suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m³), η - pompanın toplam verimi

3.3 POMPA MİL ÇAPININ HESABI

Pompa mili, iletilecek moment, mile bağlı olarak dönen parçaların ağırlığı, radyal ve aksiyal yükleri karşılayacak boyutta olmalıdır. Mil kademeli olarak imal edilir ve çap mil ortasında maksimumdur. Bu tip imalat, mil üzerine bağlanan çark, rulmanlı yataklar ve kavrama gibi çeşitli parçaların mil üzerine montajlarını kolaylaştırır (Keskin ve Güner, 2007).

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{16 M_d}{\pi \tau}}$$

Bu eşitlikte döndürme momentinin Md=71620 N/n değeri ve adi mil çeliği için emniyetli kayma gerilmesinin (τ) 120 kp/cm² olarak alınması durumunda;

$$d_m = 14.4 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

d_m – mil çapı (cm), Md - döndürme momenti (kp-cm), N- milin ileteceği güç (BG), n- devir sayısı (min⁻¹), τ- emniyetli kayma gerilmesinin (kp/cm²)

4. POMPAJ TESİLERİNDE KULLANILAN BORULAR VE YARDIMCI PARÇALAR

Bir pompaj tesisinde suyun kaynaktan alınıp depoya kadar iletilmesini sağlayan emme ve basma borularının tümünde *Boru Hatları* denir. Su kaynağı ile pompa girişi arasındaki boru hatlarına emme boru hattı, pompa çıkışı ile suyun iletildiği nokta arasındaki boru hattına ise basma boru hattı denir.

Bir pompaj tesisinde boru çapı belirli verdi için seçilir. Boru hatlarında belirli bir verdi için boru çapı küçük seçilecek olursa birim boru boyu için yatırım giderleri azalır, ancak yük kayıpları artar. Yatırım giderleri sabit giderleri, yük kayıpları ise işletme giderlerini etkilemektedir. Ekonomik boru çapı, bu iki gideri dengeleyen veya diğer bir ifadeyle sabit ve işletme giderlerinin toplamını minimize eden boru çapı olarak tanımlanabilir. Belirli bir verdi için standart çaplarda toplam gider hesaplanarak en az toplam gideri veren çap ekonomik çap olarak seçilebilir. Standart boru çapları ve bu boru çapları için izin verilen debi aralıkları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

		75	100	125	150	175	200	250	300	350
Boru çapı mm		(3")	(4")	(5")	(6")	(7")	(8")	(10")	(12")	(14")
Debi	//s	6-11	12-18	19-25	26-35	36-45	46-60	61-100	101-140	141-200
	m ³ /h	20-40	41-65	66-90	91-126	127-162	163-216	217-360	361-504	505-720

4.1. BORU TİPLERİ

Pompaj tesislerinde kullanılan borular aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Tezer, 1978)

- 1) Döküm demir borular,
- 2) Çelik borular
- 3) Asbesli çimento borular
- 4) Beton borular
- 5) Plastik borular
- 6) Alüminyum borular

4.1.1. Döküm Borular

Döküm borular, kır döküm malzemeden savurma (santrifüj) veya düşey döküm yolu ile kalıplarda şekillendirilir. Savurma döküm şeklinde imal edilen boruların, kumda düşey olarak dökülen borulara kıyasla iç yüzeyleri daha az pürüzlü, dolayısıyla hidrolik dirençleri daha az ve darbelere karşı dayanımları yüksektir. Döküm boruların mekanik dayanımları çelik borulara kıyasla daha az olmakla beraber iç ve dış korozyona daha dayanıklıdır. Döküm borular özellikle yer altı tesisatı gibi bakım ve tamir olanakları kısıtlı olan koşullarda uzun ömürlü olmalarından dolayı tercih edilirler (Tezer, 1978).

Korozyona karşı borunun iç ve dış yüzeyi maden kömürü katranı ile kaplanır. Kaplamada kullanılan katran içerisinde %60-70 zift ve %30-40 ağır yağlar ve antrasen yağlar bulunur (Özcan, 2006).

Kır döküm boruların bağlanmasında muf veya flanşlı bağlantı kullanılır. Flanş cıvata delikleri de dökümden çıkartılabilir. Muflu bağlantıda borunun bir ucu düz, diğer ucu özel yapıda muflu yapılır. Flanş yüzeyleri boru eksenine dik olarak ve talaş kaldırarak işlenmeli ve yüzeye conta yivleri açılmalıdır. Standart boru boyları muflu borularda 2, 3, 4, 5 ve 6 m, flanşlı borularda ise 1, 2, 3 ve 4 m'dir (Tezer, 1978).

Döküm borular TS14 – Kır Döküm Basıncılı Borular (Savurma ve Düşey) ve Boru Özel Parçaları adı altında Türk Standartları Enstitüsü tarafından standartlaştırılmıştır.

4.1.2. Çelik Borular

Çelik borular genellikle dikişli (kaynaklı) veya dikişsiz olarak imal edilmektedir. Dikişli borular, çelik sacların kıvrılarak silindir şekline getirildikten sonra uçlarının kaynakla birleştirilmesi ile yapılır. Dikişsiz borular ise çekme veya presleme yolu ile yapılır. Çelik borular spiral borular dışında korozyona karşı galvanizlenebilir.

Çelik boruların özellikleri TS 301, TS 346, TS 416 ve TS 1997 sayılı Türk Standartları ile belirlenmiştir. Dikişli veya dikişsiz vidalı çelik borular (TS 301) 4 tipe ayrılır.

1) Hafif

2) Orta

3) Ağır

4) Kaliteli

Hafif, orta ve ağır boruların yapımında en az çekme dayanımı 33 kgf/cm^2 olan Fe33 çeliği, dikişsiz kaliteli borularda ise en az Fe37 çeliği kullanılır. Vidalı boruların iki ucuna, özel

Whitworth boru vidası açılmıştır. Boru boyları 4 m ile 8 m arasında değişebilmekle beraber standart boru boyu 6 m'dir. Pompaj tesislerinde orta ve ağır borular daha fazla kullanılır (Tezer 1978).

Spiral kaynaklı çelik borular ise çelik bantların bir silindir üzerine spiral şekilde sarılarak kaynak edilmesi ile yapılır. Bitişme yerlerine eritme veya pres kaynak uygulanır.

4.1.3. Asbestli Çimento Borular

Asbestli çimento borularda çimento olarak yüksek kaliteli portland çimentosu kullanılır. Karışım içine katılan silisyum tozu kurumadan sonra dayanıklı bir bileşim oluşturmaya yardım eder. Asbest ise lifler halinde bulunur ve boruya yüksek kimyasal ve fiziksel dayanım kazandırır.

Bu boruların korozyona dayanıklılığı, yüksek dayanım özelliği ve iç yüzeylerinin az pürüzlü olması sonucu sürtünme dirençlerinin düşük olması nedeniyle son yıllara kadar özellikle su iletiminde geniş uygulama alanı bulmuştur. Ancak son yıllarda asbestin kanser yapıcı özelliği nedeniyle birçok ülkede içme suyu şebekelerinde kullanımı yasaklanmıştır (Özcan, 2006).

Asbestli çimento boruların özellikleri TS 102 sayılı Türk Standardında verilmiştir.

4.1.4. Beton Borular

Beton borular üç tabakadan meydana gelir;

1) *Boru ana kısmını meydana getiren silindirik ana gövde*; bu gövde boru cinsine göre beton, çelik silindirik beton, veya uzunlamasına ön gerilim telli betondan meydana gelir.

2) *Çevresel ön gerilim telleri*; bu teller ana gövde kalıplandıktan sonra çevresine sarılır.

3) *Kabuk*; çevresel ön gerilim telleri yoğun çimento harcı ile kaplanarak kabuğu oluşturur.

Beton boruların çatısı, ön gerilim telleri tarafından meydana getirilir. Boru çelik kalıplarda şekillendirilir. Kalıp düşey durumda tutulur ve vibrasyonla hareket ederken içine beton dökülür. Bu metod yerine şimdi, yatay durumda belirli hızla dönen kalıplar kullanılmaktadır. Yatay kalıplarda beton santrifüj kuvvet etkisiyle sıkıştırılmaktadır. Bu borular metal malzemeden yapılan borulara göre korozyon ve kimyasal etkilere karşı daha dayanıklıdır. Daha uzun ömürlüdür ve birim boy için fiyatları özellikle döküm ve çelik borulardan daha ucuzdur. Beton borular, 200-4500 mm çapında muflu olarak imal edilir. Boruların işletme basıncı, proje şartlarına bağlı olarak 40 kgf/cm²'ye kadar yükselebilir (Tezer, 1978).

4.1.5. Plastik Borular

Plastik malzemeler içinde boru yapımında en fazla kullanılan termoplastik gruptaki polyvinylchloride (PVC) ve polyethylene (PE)'dir. PVC borular sert yapıda, korozyona ve ısıya dayanıklıdır. PE borular ise sıcakta yumuşadıkları için 30°C'ye kadar sıcaklıktaki sıvıların iletilmesinde kullanılır.

PVC plastik boruların yapımında, bileşiminde dolgu ve yumuşatıcı maddeler bulunmayan sert polivinil klorür (PVC) kullanılır. Toz veya pelet halindeki bu madde, eritilerek macun kıvamında akıcı hale getirilir. Dönen bir vidadan geçen bu akışkan, boru kalıbına doğru sıkıştırılır ve kalıptan geçerken boru oluşur. Daha sonra su içerisinden geçirilerek soğutulur. PVC borular özellikle korozyon etkilerine karşı son derece dayanıklıdır. İçinde taşınan suyun koku ve tadında değişiklik oluşturmaz. Doğrudan güneş etkisinde kalan PVC borularda, diğer plastik borulara göre çok daha az fiziksel bozulma görülür. PVC borular ve boru parçaları ile ilgili özellikler TS 201, TS 214 ve TS 1399 sayılı Türk Standartlarında verilmiştir.

Polietilen renksiz termoplastik bir maddedir ve geniş sıcaklık sınırları içerisinde esneklik özelliğini korur. Yapımı sırasında, içine karbon siyahı katılarak iklim koşullarına karşı dayanımı yükseltilebilir. PE borular yüksek sıcaklık ve basınç altında çekme yolu ile yapılır. Uygun sıcaklıkta şekillendirilebilir. Torna, freze gibi tezgahlarda talaş kaldırarak işlenebilir. Genellikle toprak altına döşenir, esnek olma özelliği nedeniyle toprak üstü döşemeye uygun değildir. PE borulara ait özellikler TS 418 sayılı Türk Standardında verilmiştir (Tezer 1978).

4.1.6. Alüminyum Borular

Alüminyum borular, dikişsiz çekme veya dikişli olarak imal edilir. Bütün çekme borularda olduğu gibi alüminyum borularda da iç yüzey pürüzlülüğü sıfıra yakındır. Bu borular özellikle yağmurlama sulama sistemlerinin gelişmesi ile tarımda önem kazanmıştır. Hafif oldukları için tarlada taşınması kolaydır. Darbe ve eğilmeye karşı dayanıklı olmalarına karşın uçları kolayca zedelenir. Bunu önlemek için borunun düz ucu kalınlaştırılır (Tezer, 1978).

Alüminyum sulama borularının birbirine montajında kolay çözülebilen özel kaplinler kullanılır. Bağlama kaplinleri çok çeşitlidir, genel olarak iki sınıfta incelenir.

- 1) Kendinden sızdırmaz (basınçlı)
- 2) Mekanik sızdırmazlık (düzenli)

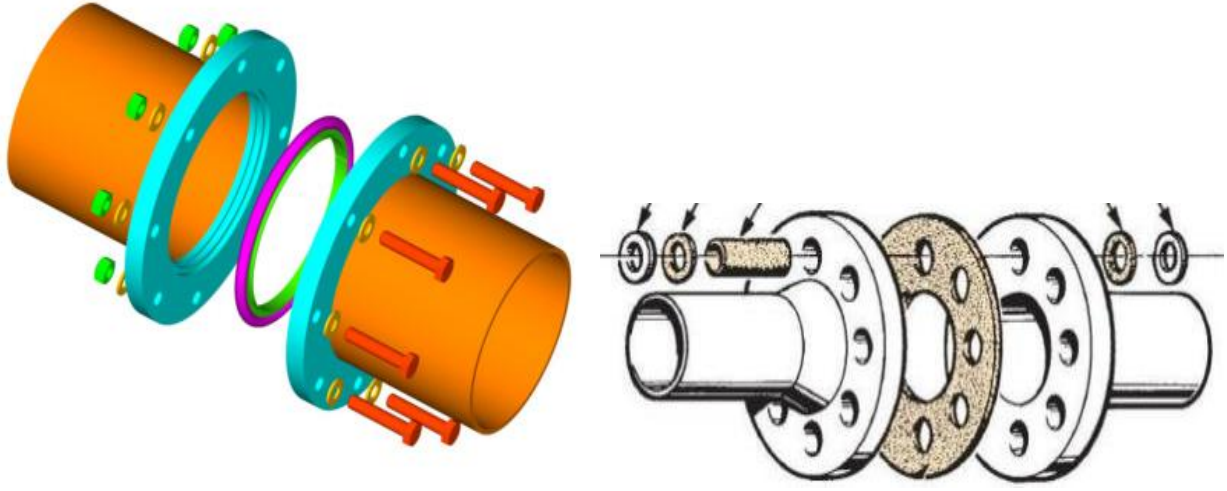
Kendinden sızdırmaz olan sınıfta kendinden kitlemeli ve el ile kitlemeli olarak iki ayrı tip vardır. Kendinden kitlemeli tiplerde sızdırmazlık bir iç yay ve su basıncının birlikte etkisi ile sağlanır. El ile kitlemeli tipte ise kaplinin iki parçası kelepçe, kanca, çeyrek turlu vida, geçme halkası gibi düzenlerle ve el yardımı ile bağlanır. Mekanik sızdırmazlık düzenli kaplinlerde ise bağlantı bir el levyesi veya cıvata ve somunla sağlanır (Tezer, 1978).

4.2. BORU HATTI YARDIMCI PARÇALARI

Boru hatlarında düz boruların dışında su akımını düzenlemek, akımı yönlendirmek, boruları birbirine bağlamak ve boru hattını araziye uydurmak gibi amaçlarla çeşitli yardımcı parçalar kullanılır (Tezer, 1978). Bu bölümde pompaj tesislerinde yaygın olarak kullanılan yardımcı parçalar üzerinde durulacaktır.

4.2.1. Flanşlar

Flanş, üzerinde delikleri bulunan dairesel halka şeklinde bir parçadır. Özellikle çelik boruların birbirine ve vana, dirsek gibi yardımcı parçalara bağlanması için kullanılır. Flanşlı iki eleman arasına halka biçiminde düzlem conta konulur ve flanş deliklerinden civatalara bağlanır (Şekil 12). İki düzgün yüzey arasına sıkışan conta, bağlantıda sızdırmazlığı sağlar. Flanşlı bağlantı tamamen rijit bir bağlantıdır, eksenel sapmalara olanak sağlamaz. Ancak muflu bağlantılara kıyasla boru hatlarında yardımcı parçaların takılıp sökülmesinde kolaylık sağlar. Flanşlar boru hattı parçası ile dökülerek veya ayrı parça halinde kaynakla veya vida ile bağlanarak yapılır (Tezer 1978).

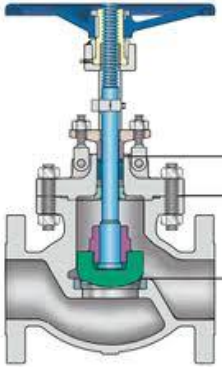


Şekil 12. Flanşlı bağlantı

Pompaj boru hatlarında kullanılacak flanşlara ait yapım özellikleri TS 810, TS 811, TS 813, TS 814 ve TS 816 sayılı Türk standardında verilmiştir.

4.2.2. Vana ve Klapeler

Pompaj tesislerinde suyun verisini ayarlamak ve suyun akışını kesmek için vanalar kullanılır. Suyun hareketini keserek akış denetimi yapan vanalarda, vana açık konumda iken yaratacağı yük kaybının fazla olmaması, kapalı konumda iken ise tam sızdırmazlık sağlaması istenir. Bu amaçla tablalı, sürgülü veya küresel vanalar kullanılır (Şekil 13). Borudan akan suyun verisini ayarlamak için daha çok tablalı veya kelebek tipi vanalar kullanılır. Özellikle hassas ayar için tablalı vanalar gereklidir. Sürgülü vanalar bazı hallerde verdi düzenleyici olarak kullanılabilir. Ancak düzenleme hassas yapılamaz, ayrıca yüksek akım hızlarında kısmi olarak açılan vanada, sürgü ve sürgü yataklarında aşınma meydana gelir ve sürgü yatak içinde titreşim yaparak aşınmayı arttırabilir ve gürültüye neden olur. Sürgülü vanalarda, vana gövdesindeki yatakların içinde boru eksenine dik doğrultuda hareket eden bir sürgü ile kapatma sağlanır (Tezer, 1978).



Kelebek ve tablalı vana



Sürgülü vana



Küresel vana

Şekil 13. Vanalar

Tablalı vanalar daha küçük boru çaplarında kullanılır. Bu vanalarda su geçişi bir tabla ile kapatılarak tam sızdırmazlık sağlanabilir. Su geçişi vana gövdesini ikiye bölen bir perde üzerindedir, tabla bu perde üzerine kapanır. Vana tamamen açık tutulsa bile sürgülü vanalardan farklı olarak yük kaybı geçiş perdesi nedeniyle sürekli.

Küresel vanalar; bir milin ucuna yerleştirilmiş ortasında delik olan bir kürenin delik ekseninde 90° döndürülmesi ve deliğin geçişe açık veya kapalı konuma getirilmesi ile çalışırlar. Tam açık veya tam kapalı olarak çalışmaları tercih edilir. Akışkanın serbest, rahat geçişini sağlarlar. Özellikle iki yollu vanalarda basınç düşümü çok düşüktür. Yersel yük kaybının en düşük olduğu vana tiplerindendir. Kullanımları rahattır ve vananın her iki yönünden de akış mümkündür. Buna karşın hassas akış kontrolü için uygun değildir. Yapıları sebebi ile ağırlıkları fazladır ve anma ölçüsü büyüdükçe fiyatları nispi olarak artmaktadır. Küre ve gövde iç boşluğu arasında ölü hacim söz konusudur. Ani açma-kapamalarda koç darbeleri oluşturabilirler (Akış Kontrol, 2011).

Pompaj tesislerinde basma hattında pompa durduğu zaman suyun geri doğru hareketini önlemek için geri tepme klapesi, emme hattında ise suyun su kaynağına geri boşalmasını önlemek için dip klapesi kullanılır (Şekil 14). Geri tepme ve dip klapeleri tek yönlü akıma müsaade eder. Klapeler, akım yönü değiştiği zaman kendiliğinden kapanır. Basma hattında kullanılan geri tepme klapesi, pompa ile sürgülü vana arasına konulur. Çalışma sırasında herhangi bir nedenle, sürgülü vana kapatılmadan su akımı kesilirse, geri tepme klapesi harekete geçer ve suyun pompa ile emme borusuna doğru geri akışını önler. Basma borusundaki suyun boşalması için klappenin giriş ve çıkış flanşları arasına bir by-pass borusu takılır, bu boru bir tablalı vana ile donatılır. Böylece geri tepme klapesi kapalı iken, tablalı vana açılarak basma hattındaki suyun boşaltılması sağlanabilir.

Emme borusu ucuna takılan dip klapelerinin görevi, emme borusunun daima su ile dolu bulunmasını sağlamaktır. Emme borusuna yabancı maddelerin su ile birlikte girmesini önlemek için dip klapesi bir süzgeç ile donatılır. Süzgeç, klapeler ile birlikte kullanılır. Ve dökümden veya çelik sacdan yapılabilir. Emme borusundaki yük kayıplarının düşük tutulması için süzgeç delikleri alanı daima emme borusu kesit alanının 3 katından fazla olmalıdır.

Klapelerde, akışkanın hareketi ile klapeler kapağı veya sübap yukarı kalkarak akışkanın geçmesine izin verir. Akışın durması veya basıncın azalması durumunda ise sübap veya klapeler kapağı yay basıncı veya suyun geri akışı ile ilk konumuna gelir.



Dip klapesi ve süzgeç



Kelebek klape

Şekil 14. Klapeler

5. POMPAJ TESİSLERİNDE YÜK KAYIPLARI

Bir pompaj tesisinde düz emme ve basma boruları ile bu boruları bağlayan ara parçalar bulunur. Bu nedenle bir pompaj tesisindeki yük kayıpları iki kısımda incelenebilir.

1) Belirli çap ve belirli pürüzlülükteki boru parçasının düz kısmında meydana gelen “Sürtünme Kayıpları”,

2) Hız veya akım yönünde bir değişiklik yaratan dirsek, T parçası, ayara ve kesme vanası gibi boru parçalarının meydana getirdiği “Yersel Yük Kayıpları”.

Sürtünme ve şekil kayıplarının toplamı, “Toplam Kayıp” olarak ifade edildiği gibi “Yük Kaybı” veya “Basınç Kaybı” olarakta ifade edilebilir.

$$H_k = h_k + h_f$$

Burada; H_k – Toplam kayıp, h_k – Sürtünme kayıpları, h_f – Yersel yük kayıpları

5.1. DÜZ BORULARDA YÜK KAYIPLARI

Düz borulardaki yük kayıplarını hesaplamada kullanılabilecek yöntemlerin en önemlileri şunlardır.

- 1) Darcy formülü
- 2) Chezy formülü
- 3) Üslü formüller
- 4) Blair nomogramları

Bu yöntemlerden gerek Darcy gerekse Chezy formülleri teorik temellere dayanmaktadır. Üslü formüller ise deneysel sonuçlara dayanılarak ortaya konmuştur.

5.1.1. Darcy Formülü ile Yük Kaybı Hesabı

Darcy formülü N.P.G. Darcy tarafından 1875 yılında ortaya konmuştur. Bu yöntem günümüzde basitliği ve kullanım kolaylığı nedeniyle geniş çapta kullanılmaktadır. Darcy formülünün genel ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$h_k = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Burada; h_k - yük kaybı (mSS), λ (f) - boru sürtünme katsayısı, L – boru uzunluğu (m), D – boru çapı (m), v - ortalama akışkan hızı (m/s), g – yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²).

Darcy formülünde λ katsayısının hesaplanması için çok çeşitli eşitlikler kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Lang’a Göre Sürtünme Katsayısı Hesabı

$$\lambda = a + \frac{0.0018}{\sqrt{vD}}$$

Burada; a – boru cinsine bağlı katsayı, v – ortalama akışkan hızı (m/s), D – boru çapı (m)

Çizelge 6. Çeşitli Borular İçin a Değerleri

Boru cinsi	(a)
Kaynaklı çelik boru	0.0136
Beton boru	0.0140
Perçinli çelik boru	0.0193

Von Prandtl’a Göre Sürtünme Katsayısı Hesabı

$$\lambda = 0.15 (k/D)^{0.3}$$

Burada; k - boru iç yüzey pürüzlülüğü (döküm borular için $k=0.0015$ m alınabilir), D - boru iç çapı (m).

Von Prandtl aynı zamanda genel Darcy eşitliğini şöyle düzenlemiştir.

$$h_k = L Q^2 A$$

Burada; h_k - yük kaybı (mSS), L – boru uzunluğu (m), A – boru çapına bağlı katsayı, Q - debi (m³/s).

Çizelge 7.Von Prandtl Eşitliği İçin Boru Çaplarına Göre A Katsayıları

D (mm)	A	D (mm)	A	D (mm)	A
80	1160	300	1.07	600	1/ 37.5
100	353	350	1/ 2.15	650	1/ 57.8
125	108	400	1/ 4.38	700	1/ 83.2
150	41.3	450	1/ 8.17	800	1/173
200	8.99	500	1/ 14.3	900	1/322
250	2.75	550	1/ 23.6	1000	1/564

Darcy'e Göre Sürtünme Katsayısı Hesabı

$$\lambda = 0.02 \frac{0.0005}{D}$$

Burada; D – boru çapı (m).

Weisbach'a Göre Sürtünme Katsayısı Hesabı

$$\lambda = 0.01444 \frac{0.00947}{v}$$

Burada; v – ortalama akışkan hızı (m/s).

Bu formülden bazı su hızları için hesaplanan λ katsayıları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 8. Farklı Su Hızları İçin Weisbach Yöntemiyle Hesaplanan Sürtünme Katsayıları

v (m/s)	λ
1.00	0.024
1.20	0.023
1.50	0.022
1.75	0.0215
2.00	0.021
2.50	0.0205
3.00	0.0199

Moody Diyagramı Yöntemi ile Sürtünme Katsayısı Hesabı

Moody adlı bir araştırmacı tarafından (λ veya f) sürtünme katsayısını hesaplamak için bir diyagram geliştirilmiştir. Bu diyagramda, yatay eksenle logaritmik olarak artan Reynold (Re) sayıları ve düşey eksenle ise λ (f) sürtünme katsayısı değerleri yer almaktadır. Diyagram içinde ise ϵ/D (bazı kaynaklarda D/k) değerlerine ait eğriler bulunmaktadır.

Diyagramın kullanımından önce Re sayısı daha sonra boru cinsine ve durumuna bağlı olarak çizelgelerden elde edilen k değerleri yardımıyla ε/D oranı hesaplanmalıdır. Re sayısı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$Re = \frac{V_{ort} D}{\nu}$$

Burada; V_{ort} – ortalama akış hızı (m/s), D – boru iç çapı (m), ν - kinematik viskozite (m^2/s).

Kinematik viskozite(ν), dinamik viskozitenin özgül kütleyle oranıdır.

$$\nu = \mu / \rho$$

Farklı sıcaklıklar için suyun kinematik viskozitesi çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 9. Suyun Farklı Sıcaklıklardaki Kinematik Viskozitesi.

Sıcaklık (°C)	Kinematik viskozite, (m^2/s)	Sıcaklık (°C)	Kinematik viskozite, (m^2/s)
0	$1.79 \cdot 10^{-6}$	40	$0.658 \cdot 10^{-6}$
4	$1.56 \cdot 10^{-6}$	50	$0.557 \cdot 10^{-6}$
10	$1.31 \cdot 10^{-6}$	60	$0.478 \cdot 10^{-6}$
20	$1.01 \cdot 10^{-6}$	80	$0.366 \cdot 10^{-6}$
30	$0.804 \cdot 10^{-6}$	100	$0.295 \cdot 10^{-6}$

Re katsayısı ve ε/D oranı hesaplandıktan sonra, yatay eksen de Re değerleri üzerinden çıkılan dikin ε/D eğrisini kestiği yerden çizilen yatayın, düşey eksen kestiği yerden λ değeri okunmaktadır.

Bazı borular için ε (k) pürüzlülük değerleri;

Cam ve plastik	0.0015-0.007 mm	Beton	0.9-9 mm
Ahşap	0.5 mm	Kauçuk	0.01 mm
Bakır ve prinç	0.0015 mm	Dökme demir	0.26 mm
Galvaniz demir	0.15 mm	Paslanmaz çelik	0.002 mm
Ticari çelik	0.045 mm		

5.1.2. Chezy Formülü ile Yük Kaybı Hesabı

Düz borulardaki yük kaybı için Chezy formülünün genel ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$h_k = \frac{4}{c^2} \frac{L}{D} v^2$$

eşitlikte ortalama hız ($v=1.273 Q/D^2$) değeri yerine konursa;

$$h_k = 6.484 \frac{LQ^2}{c^2 D^5}$$

Burada; h_k - yük kaybı (mSS), L - boru uzunluğu (m), D - boru çapı (m), Q - borudan geçen verim (m^3/s), c – Chezy katsayısı.

Chezy katsayısı (c) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir;

$$c = \frac{100\sqrt{D}}{0.5 + \sqrt{D}}$$

Burada; D – boru çapı (m).

Chezy aynı zamanda Darcy formülündeki sürtünme katsayısı (λ) ile Chezy katsayısı (c) arasındaki ilişkiyi aşağıdaki eşitlikle ifade etmiştir. Bu eşitlikle hesaplanacak sürtünme katsayısı Darcy formülünde kullanılabilir.

$$\lambda = 78.48/c^2$$

5.1.3. Üslü Formüller ile Yük Kaybı Hesabı

Üslü formüller genel bir ifade olarak aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$v = cR^a i^b$$

Burada; v – ortalama hız (m/s), c – katsayı, R – hidrolik yarıçap (m), i – hidrolik gradient (m/m), a ve b – boru cinsine bağlı katsayılar.

Üslü formüllerin genel belirtmesi, ortalama hız için düzenlenmiştir ve c katsayısı ile a ve b üslerinin değerleri boru cinsi için değişmektedir. Üslü formüller sadece 30°C'den daha aşağı sıcaklıklarda temiz su akımları için yük kaybını hesaplamada kullanılır. Üslü formüllerde c , a ve b değerleri için çeşitli araştırmacılar değişik değerler hesaplamışlardır.

Manning Formülü

Manning formülünde $a = 2/3$ ve $b = 1/2$ değerindedir. Buna göre Manning formülü aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$v = cR^{(2/3)}i^{(1/2)}$$

Araştırmacı c katsayısı için ise aşağıdaki eşitliği geliştirmiştir.

$$c = \left(\frac{1}{n}\right)R^{(1/6)}$$

Bu değer genel eşitlikte yerine konursa;

$$v = \frac{1}{n}R^{2/3}i^{1/2}$$

(n – pürüzlülük katsayısı)

Çizelge 10. Manning (n) Pürüzlülük Katsayıları

<u>Boru cinsi</u>	<u>n</u>	<u>Boru cinsi</u>	<u>n</u>
Plastik borular	0.006-0.008	Çelik borular	0.014-0.019
Cilalı asbest borular	0.011-0.013	Toprak künkler	0.020-0.030
Normal asbest borular	0.013-0.017	Beton borular	0.010-0.017
Dökme demir borular	0.013-0.017	Kanalizasyon boruları	0.011-0.012

Manning formülü ile yük kaybı ve Darcy eşitliğinde kullanmak üzere sürtünme katsayısı (λ) hesabı ise aşağıda verilmiştir.

$$h_k = \frac{6.349}{c^2}LD^{-1.33}v^2 \quad \lambda = \frac{124.57}{c^2}D^{-0.33}$$

Burada; h_k - yük kaybı (mSS), L – boru uzunluğu (m), D – boru çapı (m), v - akışkan hızı (m/s), λ - sürtünme katsayısı.

Williams – Hazen Formülü

Williams – Hazen formülü G S Williams ve Allen Hazen isimli iki araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Bu eşitlik;

- 1) Boru çapı, $D > 5$ cm ve
- 2) Akışkan hızı, $v < 3$ m/s olduğu şartlarda geçerlidir.

$$v = c R^{0.63} i^{0.54}$$

Genel ifadesi geliştirilerek yük kaybı (h_k) ve Darcy eşitliğinde kullanmak üzere c katsayısından yararlanarak sürtünme katsayısı (λ) hesabı aşağıda verilmiştir.

$$h_k = \frac{5.038}{c^{1.852}} L D^{-1.166} v^{1.852} \quad \lambda = 98.84 c^{-1.852} D^{-0.166} v^{-0.148}$$

Burada; h_k - yük kaybı (mSS), L – boru uzunluğu (m), D – boru çapı (m), v - akışkan hızı (m/s), λ - sürtünme katsayısı.

Çizelge 11. Willams–Hazen Eşitliği İçin Pürüzlülük Katsayısı (c) Değerleri.

<u>Boru cinsi</u>	<u>c</u>	<u>Boru cinsi</u>	<u>c</u>
Plastik borular	150	Kaynaklı çelik borular	
Yeni asbest borular	140	Yeni	140
Dökme demir borular		Eski	110-130
Yeni	130	Perçinli çelik borular	
10 yıl kullanılmış	110-125	Enine perçinli	130
20 yıl kullanılmış	80-105	Enine ve boyuna perçinli	115
30 yıl kullanılmış	50-90	Bakır, kurşun, pirinç borular	
Sırlı Künk		Düz ve içi cilalı	140
Yeni	114	Eski, paslanmış	80
Eski	97	Hurda	60
		Yeni ve cilalı çimento boru	140
		Beton boru	120

Blair Eşitlikleri

Blair formülleri geniş bir boru çeşidini kapsadığı için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu formüller 1949 yılında İngiliz araştırmacı J S Blair tarafından geliştirilmiştir. Blair boruları 4 sınıfa ayırmış ve katsayı ve üsleri bunlara göre ayrı ayrı belirlemiştir. Boru sınıflandırmasında boruların mutlak pürüzlülük değerleri göz önüne alınmıştır. Boru sınıfları Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge12. Blair’e göre Boru Sınıfları

Boru sınıfı	Boru cinsi
1. Sınıf	Cam, Plastik, Bakır, Kurşun, Alüminyum v.b. malzemeden Çekme Borular
2. Sınıf	Çıplak Çelik ve Yumuşak Demir, Asbestli Çimento, Püskürtme Bitum (asfalt) Astarlı Borular
3. Sınıf	Bitum (asfalt) kaplı çelik ve beton borular
4. Sınıf	Galvanizli Borular ve Döküm Borular

Blair tarafından ortalama yük kaybı ve Darcy eşitliğinde kullanmak üzere sürtünme katsayısını hesaplamak için geliştirilen formüller aşağıdaki gibi yazılabilir.

1. Sınıf borular için;

$$h_k = 1.07 \times 10^{-2} D^{-0.246} V^{-0.246} \quad \lambda = 5.44 \times 10^{-4} LD^{-1.246} V^{1.754}$$

2. Sınıf borular için;

$$h_k = 1.26 \times 10^{-2} D^{-0.243} V^{-0.199} \quad \lambda = 6.40 \times 10^{-4} LD^{-1.243} V^{1.802}$$

3. Sınıf borular için;

$$h_k = 1.31 \times 10^{-2} D^{-0.259} V^{-0.148} \quad \lambda = 6.64 \times 10^{-4} LD^{-1.259} V^{1.852}$$

4. Sınıf borular için;

$$h_k = 1.46 \times 10^{-2} D^{-0.288} V^{-0.148} \quad \lambda = 7.43 \times 10^{-4} LD^{-1.288} V^{1.923}$$

5.1.4. Blair Nomogramları ile Yük Kaybı Hesabı

Üslü formüller ile yapılacak hesaplamalar zaman alıcıdır. Bu nedenle Blair tarafından Çizelge 7’de belirtilen dört sınıf boru için ayrı ayrı nomogramlar geliştirilmiştir (Ek-2). Nomogramları kullanabilmek için öncelikle boru cinsine bağlı olarak boru sınıfı seçilir. Bu sınıfa ait nomogramdan i değerini okumak için akışkan hızı ile boru çapı veya akışkanın debisi değerlerinden herhangi ikisinin bilinmesi yeterlidir.

Akışkan debisi değerinden çizilen yatay doğru ile ilgili çap veya akışkan hızı ekseninin kesişme noktası bulunur. Bu noktadan hidrolik gradiyent (i) değerini bulmak için, kesişme noktasından çizilen düşey doğrunun apsis eksenini kestiği nokta saptanır. Nomogramlarda tüm eksenler logaritmik olarak düzenlendiği için ara değerlerin hesaplamasında bu durum göz önüne alınmalıdır.

Nomogramlardan bulunan hidrolik gradiyent (i) değeri ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak yük kaybı hesaplanır.

$$h_k = i L$$

Burada; h_k – yük kaybı (mSS), i – hidrolik gradiyent (mSS/m), L – boru uzunluğu (m)

5.2. YERSEL YÜK KAYIPLARI

Boru hatlarında dirsek, T parçası, vana gibi şekilli boru parçalarında meydana gelen kayıplar “Şekil Kayıpları” veya “Yersel Yük Kayıpları” olarak isimlendirilir. Şekil kayıpları iki şekilde hesaplanabilir.

- 1) k katsayısı ile hesabı
- 2) Eşdeğer boru boyu cinsinden hesabı

5.2.1. Yersel Yük Kayıplarının k Katsayısı ile Hesabı

Yersel yük kayıp katsayısı boru ara parçaları çeşidine bağlı bir katsayıdır. Boru sisteminde tüm boru parçalarının ayarı ayrı k katsayıları bulunup toplanır ve sistemin toplam kayıp katsayısı Σk elde edilir.

$$h_f = \Sigma k \frac{v^2}{2g}$$

Burada; h_f – Yersel yük kayıpları (mSS), k – kayıp katsayısı, v – hız (m/s), g – yerçekimi ivmesi, (9.81 m/s^2).

Çizelge 13. Vana, Klap ve Süzgeçlerde k Değerleri

Vana, klap, süzgeç tipi	Boru anma çapı (mm)						
	80	100	125	150	175	200	250
Flanşlı tablalı vana	7.0	6.3	6.0	5.8	5.7	5.6	5.5
Boru vidalı tablalı vana	6.0	5.7	-	-	-	-	-
Flanşlı sürgülü vana	0.21	0.16	0.13	0.11	0.09	0.075	0.06
Boru vidalı sürgülü vana	0.14	0.12	-	-	-	-	-
Flanşlı geri tepme klapesi	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Boru vidalı geri tepme klapesi	2.1	2.0	-	-	-	-	-
Dip klapesi	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Sepet tipi süzgeç	1.25	1.05	0.95	0.85	0.80	0.75	0.67

Çizelge 14. Ani Daralmalarda D_1/D_2 Oranına Bağlı Olarak Değerleri

D_1/D_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
K	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.28	0.22	0.15	0.06

Çizelge 15. T Parçalarında k Değerleri

T Parçası Tipi	Boru anma çapı (mm)						
	80	100	125	150	175	200	250
Flanşlı ana hat akımı	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
Flanşlı kol akımı	0.73	0.68	0.65	0.60	0.58	0.56	0.52
Boru vidalı ana hat	0.90	0.90	-	-	-	-	-
Boru vidalı kol akımı	1.20	1.10	-	-	-	-	-

Çizelge 16. Orantılı Genişlemelerde Genişleme Açısına Bağlı Olarak k Değerleri

Genişleme açısı	5°	10°	20°	40°	60°	90°	120°
k	0.14	0.17	0.40	0.90	1.15	1.07	1.00

Çizelge 17. Dirsek ve Bükülmelerde D/R Oranına Göre k Değerleri

D/R	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
k	0.14	0.16	0.20	0.30	0.44	0.66	1.00	1.40	2.00

Çizelge 18. Standart Dirseklerde k Değerleri

Dirsek tipi	Boru anma çapı (mm)						
	80	100	125	150	175	200	250
90° flanşlı normal	0.34	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.25
90° flanşlı deve boynu	0.25	0.22	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14
45° flanşlı deve boynu	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16
90° boru vidalı normal	0.80	0.70	-	-	-	-	-
90° boru vidalı deve boy	0.30	0.23	-	-	-	-	-
45° boru vidalı normal	0.30	0.28	-	-	-	-	-

Çizelge 19. Boru Kollarında k Değerleri

Çap oranı (d/D)	Kol açısı			
	30°	45°	60°	90°
1.00	0.25	0.29	0.035	0.50
0.90	0.20	0.23	0.28	0.40
0.80	0.16	0.18	0.23	0.32
0.70	0.12	0.14	0.17	0.24
0.60	0.09	0.10	0.13	0.18
0.50	0.06	0.07	0.09	0.12
0.40	0.04	0.05	0.06	0.08
0.33	0.03	0.035	0.04	0.06
0.30	0.02	0.023	0.03	0.04
0.25	0.01	0.017	0.02	0.03
	5			
0.20	0.01	0.012	0.015	0.02

0.125	0.00 4	0.005	0.006	0.008
0.10	-	0.003	0.0035	0.005

2.2.2. Yersel Yük Kayıplarının Eşdeğer Boru Boyu Cinsinden Hesabı

Eşdeğer boru boyu şekilli boru parçası ile aynı ölçü ve malzemede ve şekilli boru parçasının belirli bir verdi değeri için oluşturacağı yük kaybına eşit değerde yük kaybı oluşturan düz boru uzunluğudur. Sistemdeki her bir ara parçanın eşdeğer boru boyu çizelgelerden bulunup toplanır. Bu toplam ($\sum L_0$) sistemin eşdeğer boru boyudur. Kayıplar hesaplanırken, Darcy eşitliğinde L düz boru boyu yerine düz ve toplam eşdeğer eşdeğer boru boyu toplamı ($L + L_0$) yazılır.

$$H_k = \lambda \frac{(L + L_0)}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Burada; H_k – Toplam yük kaybı (mSS), L – düz boru uzunluğu (m), L_0 – eşdeğer boru boyu (m), D – boru çapı (m), v – ortalama akışan hızı (m/s), g – yerçekimi ivmesi (9.81 kg/m^2).

Çizelge 20. Bazı Şekilli Boru Parçaları İçin Eşdeğer Boru Boyları

Boru anma çapı (mm)	Standart dirsek 90°	Yarım deve boyu dirsek 90°	Deve boynu dirsek 90°	Standart dirsek 45°	“T” Parçası	Sürgülü vana (açık)	Tablalı vana (açık)	Geri tepme klapesi (açık)
25	0.8	0.7	0.5	0.35	1.7	0.18	8.8	1.0
50	1.6	1.4	1.0	0.70	3.3	0.36	17.3	2.0
80	2.5	2.0	1.6	1.10	5.2	0.52	26.0	6.1
100	3.3	2.8	2.1	1.50	6.7	0.70	33.5	8.2
125	4.3	3.7	2.7	1.90	8.2	0.88	42.6	10.0
150	4.9	4.3	3.3	2.30	10.0	1.10	48.8	12.2
200	6.4	5.5	4.3	3.00	13.2	1.40	67.1	16.2
250	8.0	6.7	5.2	3.90	17.0	1.70	88.4	20.4
300	9.8	7.9	6.1	4.60	20.1	2.00	103.6	24.4

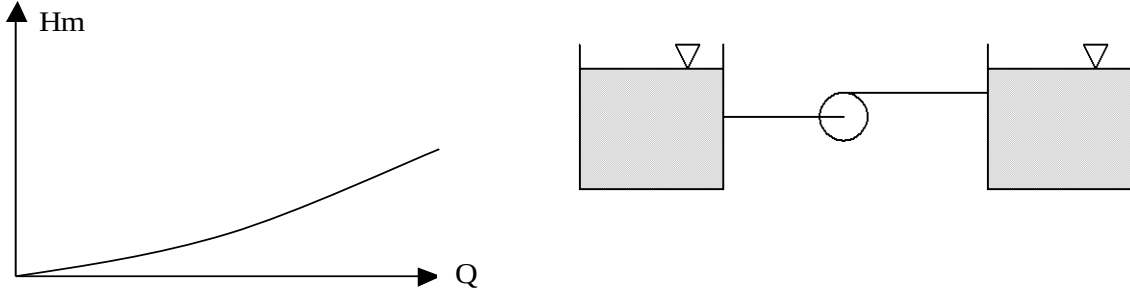
6. POMPAJ BORU HATLARINDA YÜK KAYIP EĞRİLERİ

Bir pompaj tesisi için verdi ile toplam yük kaybı arasındaki ilişkiyi ifade eden eğriye “*Yük Kayıp Eğrisi*” denir. Çizilen diyagramda ordinatta manometrik yükseklik (H_m), apsiste ise verdi (Q) değerleri bulunur. Herhangi bir pompaj tesisinde, tesis yük kayıp eğrisinin çizimi için sabit tesis koşullarında değişik verdi değerleri için yük kayıpları hesaplanır ve her bir verdi değerine karşılık bulunan manometrik yükseklik değerleri ile noktalar işaretlenerek eğri elde edilir.

Tesis yük kayıp eğrisinin çizimi seri ve paralel çalışan boru hatlarında farklıdır. Farklı çalışma koşulları için tesis yük kayıp eğrisinin çizimi aşağıda verilmiştir.

a) Geometrik Yüksekliğin Sıfır Olması

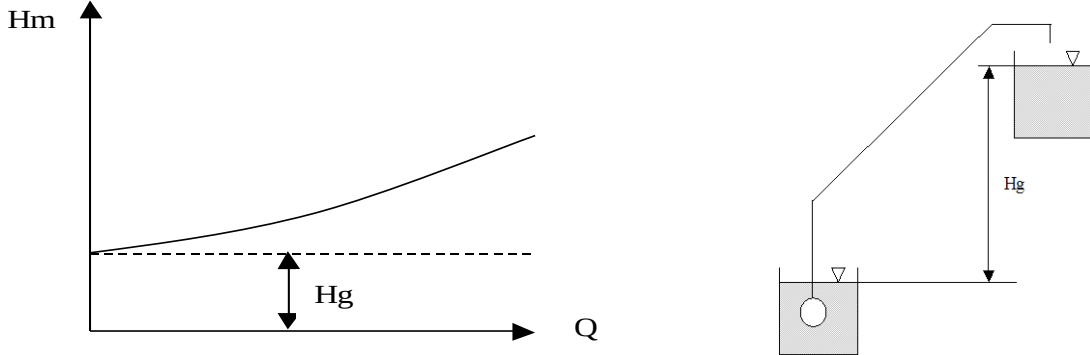
İki depo arasında su ileten pompaya ait yük kayıp eğrisidir. Statik yükseklikler sıfır olduğu için eğri başlangıç noktasından geçer (Şekil 15).



Şekil 15. Geometrik Yüksekliğin Sıfır Olduğu Boru Hattı

b) Basit Boru Hattı

Bu tesis sabit çaplı boru ve bir pompadan oluşmaktadır. Suyun depoya iletilmesi için pompanın öncelikle geometrik yüksekliği (H_g) karşılaması gerekmektedir (Şekil 16)

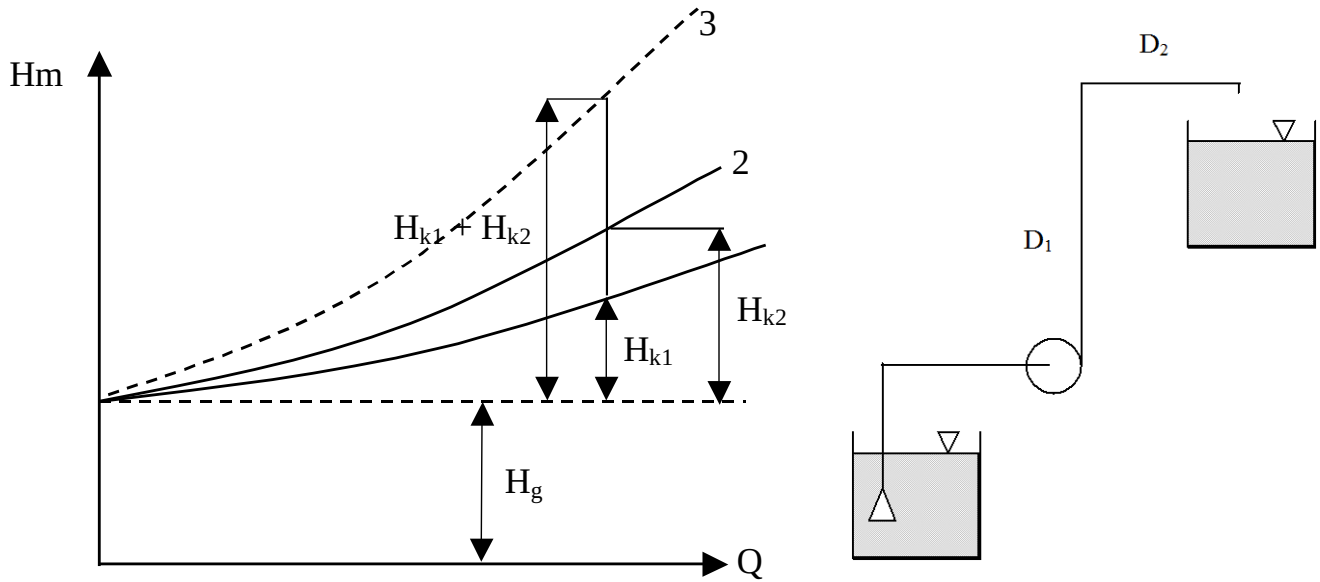


Şekil 16. Basit Boru Hattı

Bu boru hatlarında genellikle manometrik yüksekliğin %90'ını statik basma yüksekliği oluşturmaktadır. Pompa suya batık çalıştığı için emme yüksekliği sıfırdır.

c) Seri Boru Hattı

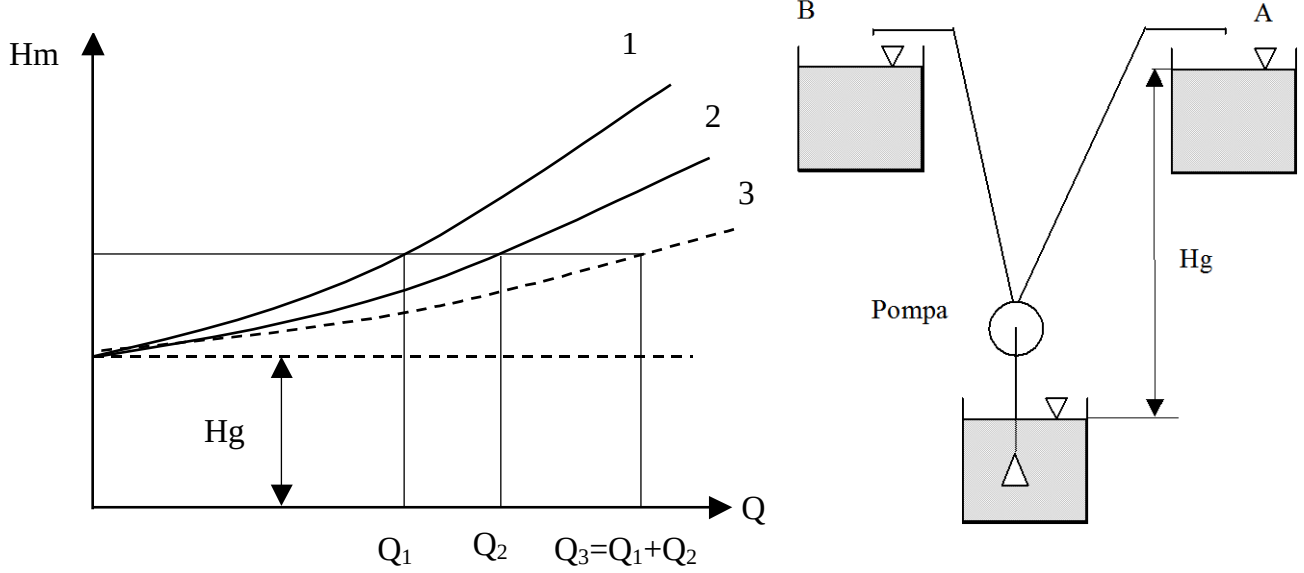
Bir pompaj tesisinde farklı çapta boruların kullanılması sonucu oluşan boru hattı “*Seri Boru*” olarak adlandırılır. Bu durumda tesisin yk kayıp eğrisi belirli verdi değerleri için farklı çaptaki borularda meydana gelen yük kayıplarının toplanması ile elde edilir (şekil 17).



şekil 17. Seri Boru Hattı

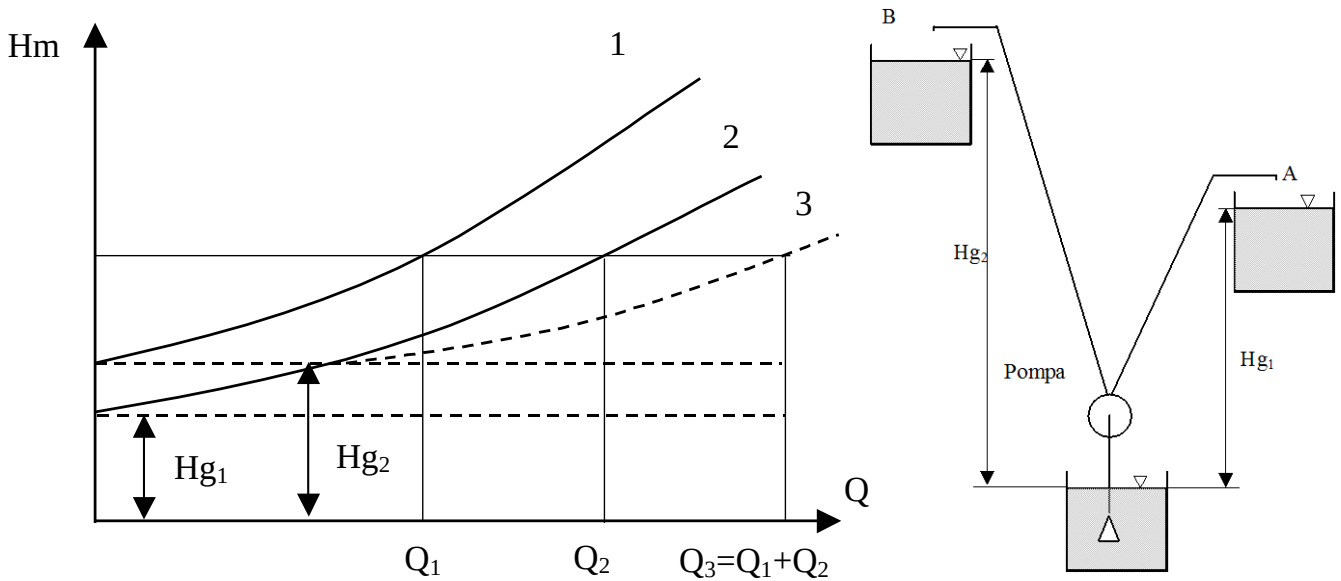
d) Paralel Boru Hattı

Bir pompaj tesisinde tek pompa ile iki ayrı depoya su iletilmesi için oluşturulan boru hattına “*Paralel Boru Hattı*” denir. Su iletilen pompalar eşit yükseklikte olabileceği gibi farklı yüksekliklerde de olabilir.

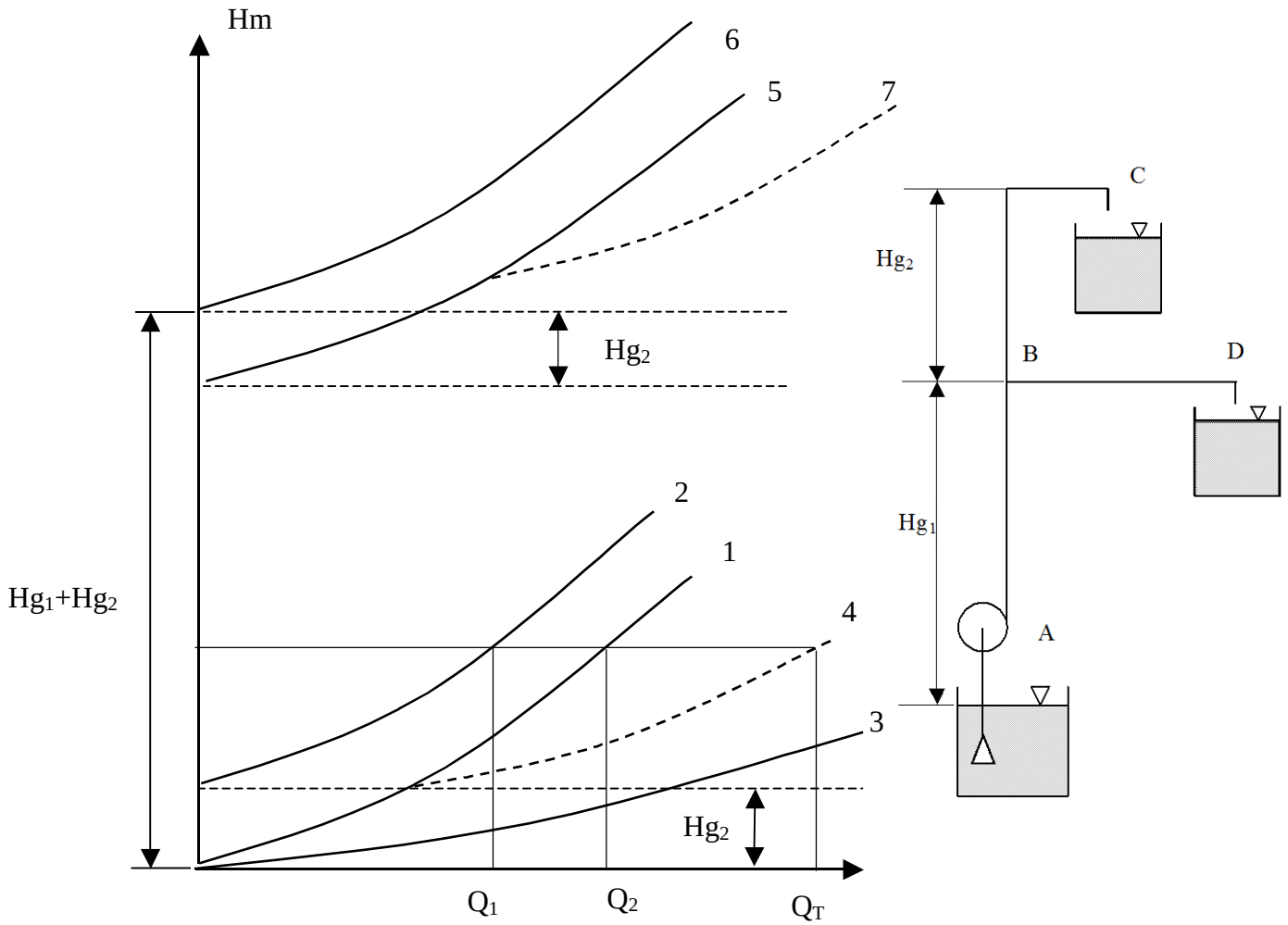


Şekil 18. Paralel Bağlı Boru Hattı (Depolar Eşit Yükseklikte)

Şekil 18 ve 19'da görüldüğü gibi, pompa A ve B noktalarına su basmaktadır. Bu tesisin yük kaybı eğrisini çizmek için önce Pompa-A ve Pompa-B boru hatları için 1 ve 2 eğrileri çizilir. Daha sonra aynı manometrik yükseklik için Q_1 ve Q_2 verdikleri toplanarak tesis yük kaybı eğrisi çizilir.



Şekil 19. Paralel Bağlı Boru Hattı (Depolar Farklı Yükseklikte)



Şekil 21. Farklı Yüksekliklere Su İleten Seri Boru Hattı

Tesisin toplam yük kayıp eğrisini çizmek için önce BD (1), BC (2) ve AB (3) hatlarının yük kayıp eğrileri ayrı ayrı çizilir. Daha sonra BC ve BD hatları paralel olduğu için paralel boru hatlarında olduğu gibi aynı manometrik yükseklik değerleri için verdiler toplanır ve 4 numaralı BCD eğrisi elde edilir. İkinci aşamada grafiğin seçilen üst kısmında BC ve BD boru hatlarının AB boru hattı ile oluşturdukları seri sistemin ABC (6) ve ABD (5) yük kayıp eğrileri çizilir. 4 numaralı BCD eğrisi ile AB hattı ise seri boru olarak toplanır ve sistemin toplam yük kayıp eğrisi (7) elde edilir.

7. POMPA KAREKTERİSTİK EĞRİLERİ

Bir pompanın karakteristik eğrisi, verdiye bağlı olarak pompanın manometrik yükseklik (H_m), fren gücü (fBG) ve verim (η) değişimini gösteren eğrilerdir. Farklı ticari pompalar için karakteristik eğriler Ek 3'de sunulmuştur. Pompaj tesislerinde pompalar manometrik yükseklik (H_m) ve verdi (Q) gereksinimlerine göre farklı şekillerde düzenlenirler. Pompalarda özgül hızın sınırlı olması ve çarkın geometrik ölçülerinin belirli değerler arasında kalması zorunluluğu nedeniyle, çalışma koşullarının gerektirdiği işletme noktalarının elde edilmesi için birden fazla pompanın kullanılması yoluna gidilmektedir. Bir pompanın sağlayacağı manometrik yüksekliğin yetersiz olduğu koşullarda pompalar seri bağlanırken, verdinin yetersiz olduğu koşullarda ise paralel bağlanmaktadır.

Çarkların birden fazla sayıda seri veya paralel olarak düzenlenmesinde ise dört farklı yöntem uygulanmaktadır. Bunlar;

1) *Kademeli Pompalar*; Kademeli pompalarda birden fazla çark bir gövde içine yerleştirilmiştir. Çarklar aynı mil üzerine dizilir ve bir adet motor ile çalıştırılırlar.

2) *Ayrı Motorlu Düzenleme*; Her pompa ayrı bir motora bağlıdır. Genellikle paralel bağlı pompalarda uygulandığı gibi seri bağlı pompalarda da uygulanabilir.

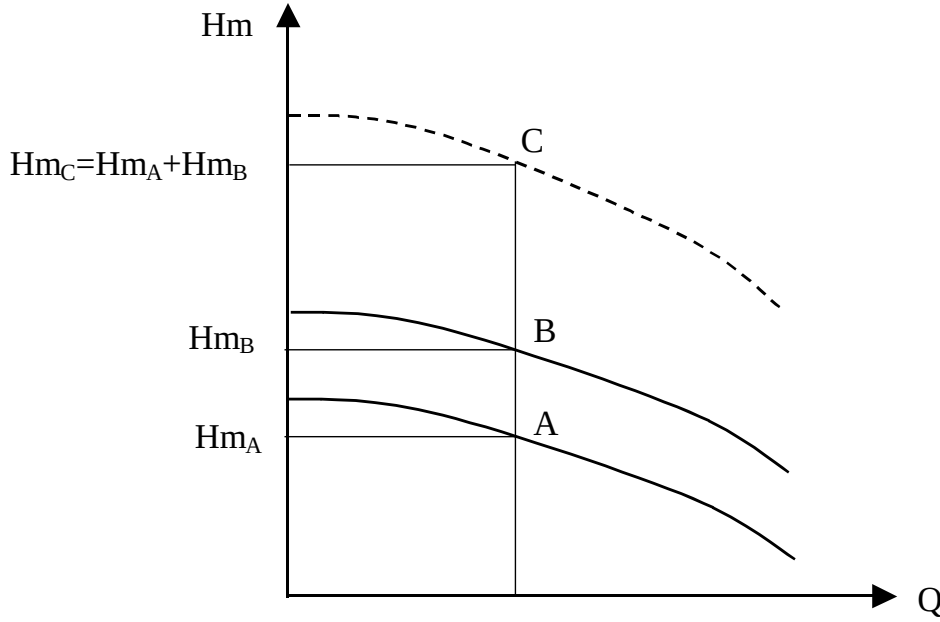
3) *Tek Motorlu Düzenleme*; Bir veya daha fazla sayıda pompanın tek motor ile çalıştırıldığı uygulamadır.

4) *Çoklu Pompaj Tesis*; Bir boru hattı üzerine farklı noktalardan pompaların seri olarak bağlandığı pompaj tesisidir.

7.1. SERİ BAĞLI POMPALAR

Bir pompanın basma hattının diğer pompanın emme hattına gelecek şekilde birden fazla pompanın ard arda bağlanması ile oluşturulacak pompa düzenlemesine seri düzenleme denir. Bu tür düzenlemede, eşit debili pompalar veya çarklar kullanılmalıdır. Pompanın seri bağlanmasında, bileşik karakteristik (H_m -Q) eğrisi belirli bir verdi değeri için manometrik yükseklikler toplanarak bulunur. Şekil 22'de seri çalışma için bileşik karakteristik eğrisinin elde edilişi görülmektedir. Bileşik eğriyi bulmak için belirli bir verdi değerinden dik çıkılır ve bu doğrunun pompa eğrilerini kestiği A ve B noktaları bulunur. Daha sonra her iki pompanın

saptanan verdi için sağladığı manometrik yükseklikler toplanarak C noktası elde edilir. Kademeli pompalarda ise çarklar aynı özellikte olduğu için bir kademe için çizilen karakteristik eğriye ait H_m değerleri kademe sayısı ile çarpılarak bileşik eğri elde edilir.



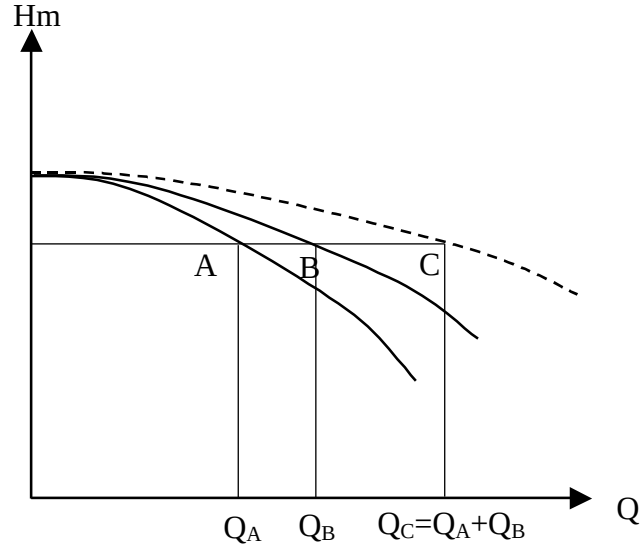
Şekil 22. Seri Bağlı Pompaların Bileşik Karakteristik Eğrisi

7.2. PARALEL BAĞLI POMPALAR

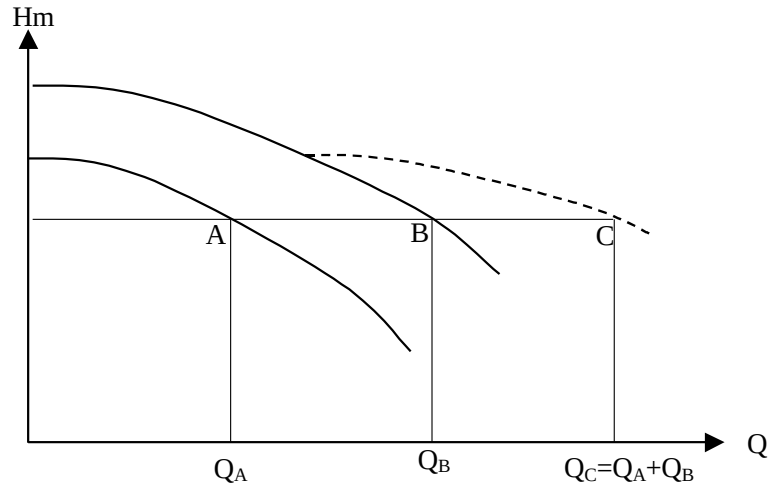
Bir pompaj tesisinde birden fazla pompanın aynı basma hattına bağlanması ile oluşturulan düzenlemeye paralel düzenleme denir. Pompaların basma hatlarının ortak olmasına karşın emme hatları farklıdır. Özellikle su gereksiniminin yılın farklı dönemlerinde değişiklik gösterdiği sulama tesislerinde sıkça görülür.

Paralel bağlı pompaların bileşik karakteristik eğrisinin bulunması için, belirli bir manometrik yükseklik için verdiler toplanır. Şekil 23 (a)'da görüldüğü gibi pompaların maksimum manometrik yükseklikleri aynı olabildiği gibi Şekil 23 (b)'deki gibi farklı olabilir. Fakat pompalar aynı hatta su bastıkları için geliştirecekleri manometrik yükseklikler eşittir.

Bileşik karakteristik eğriyi elde etmek için, belirli bir manometrik yükseklik değerinden yatay bir doğru çizilir. Bu doğrunun pompa karakteristik eğrilerini kestiği A ve B noktalarına ait Q_A ve Q_B verdileri toplanarak Q_C noktası elde edilir. Benzer şekilde farklı manometrik yükseklik değerleri için elde edilecek noktalar birleştirilerek paralel pompaların bileşik karakteristik eğrisi bulunabilir.



(a) Maksimum manometrik yükseklikleri aynı



(b) Maksimum manometrik yükseklikleri farklı

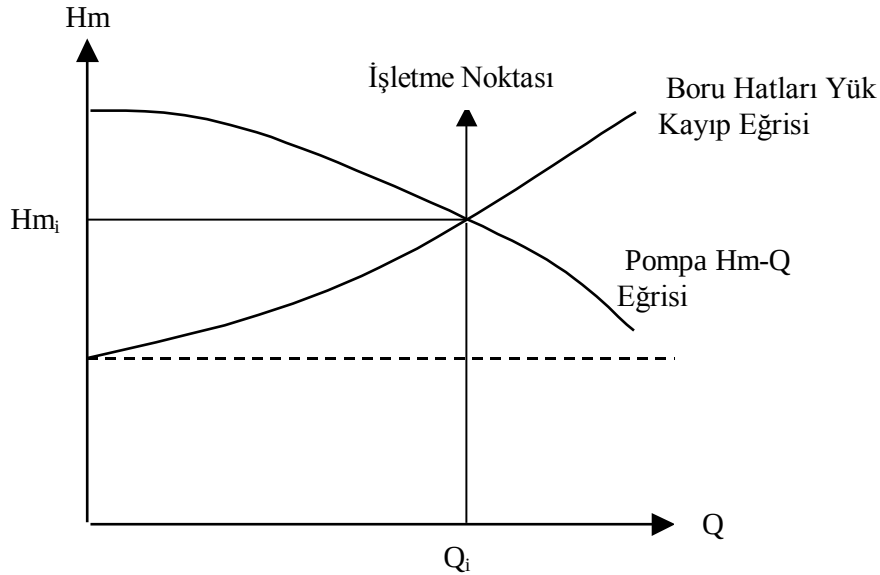
Şekil 23. Paralel Bağlı Pompaların Bileşik Karakteristik Eğrisi

Şekil 23 (b)'de olduğu gibi pompalar farklı manometrik yüksekliğe sahipse, bileşik eğri daha düşük manometrik yüksekliğe sahip pompanın maksimum manometrik yüksekliği düzeyinde başlamalıdır. Çünkü daha düşük manometrik yüksekliğe sahip pompa ancak yüksek manometrik yüksekliğe sahip pompanın eşit manometrik yükseklikte çalıştığı koşullarda sisteme su basabilecektir.

Şayet tamamen aynı özellikteki pompalar paralel olarak bağlanırsa bir pompaya ait karakteristik eğri çizildikten sonra manometrik yükseklikler aynı kalmak koşulu ile grafikten elde edilen verdi değerleri pompa sayısı ile çarpılarak elde edilen noktalar birleştirilerek bileşik karakteristik eğri elde edilir.

7.3. POMPAJ TESİSLERİNDE İŞLETME NOKTASININ BELİRLENMESİ

Bir pompa tesisinde pompa karakteristik eğrisi ile boru hatlarındaki yük kaybı eğrisinin kesiştiği nokta işletme noktasıdır. Bu nokta tesiste boru hatlarının sürtünmelerini yenecek ve geometrik yüksekliği karşılayacak manometrik yüksekliğe karşı oluşacak verdi değerini içerir. Bu nokta pompa seçiminde önemlidir (Şekil 24).

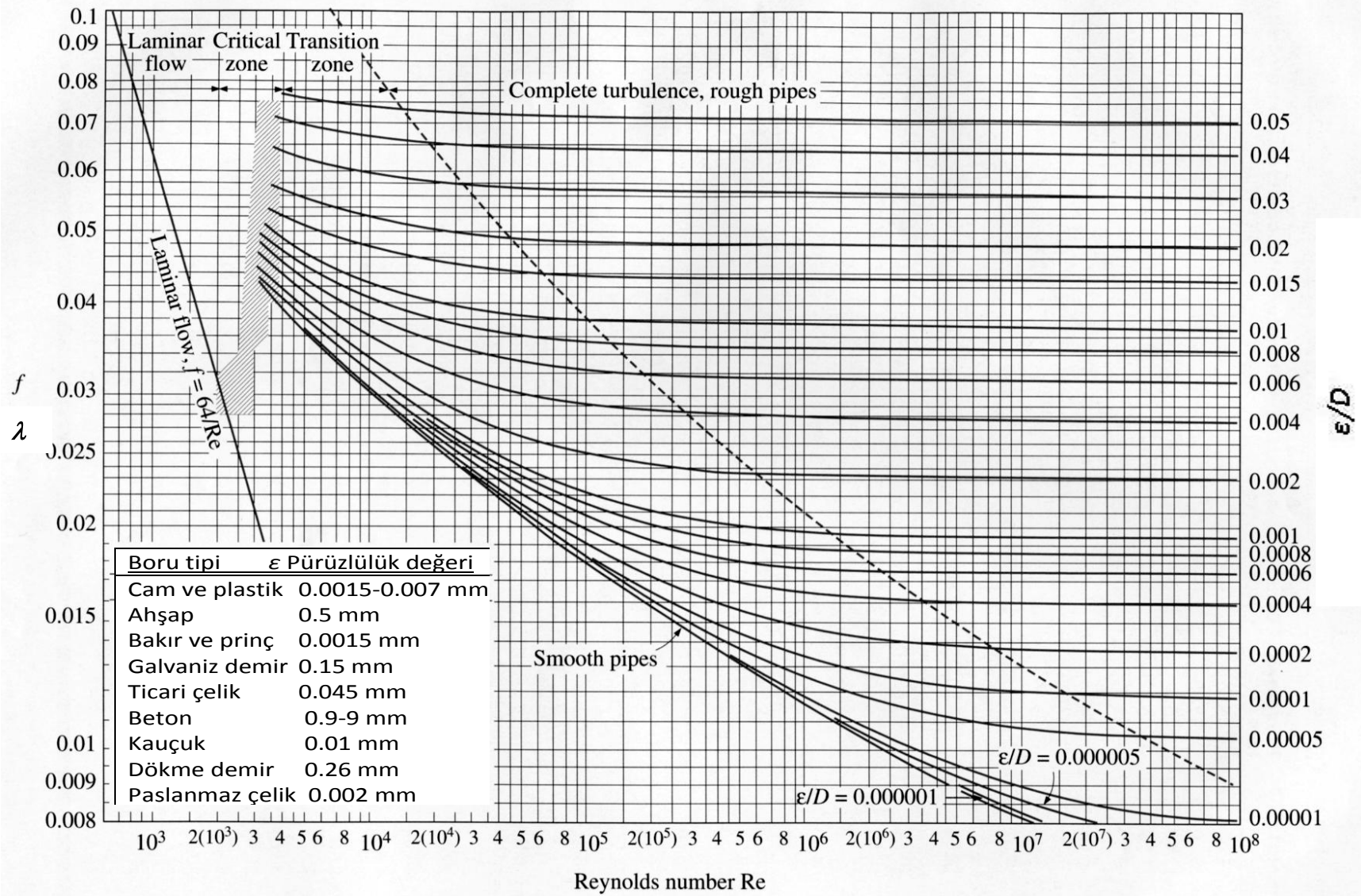


Şekil 24. Bir Pompaj Tesisinde İşletme Noktasının Belirlenmesi

Yararlanılan Kaynaklar

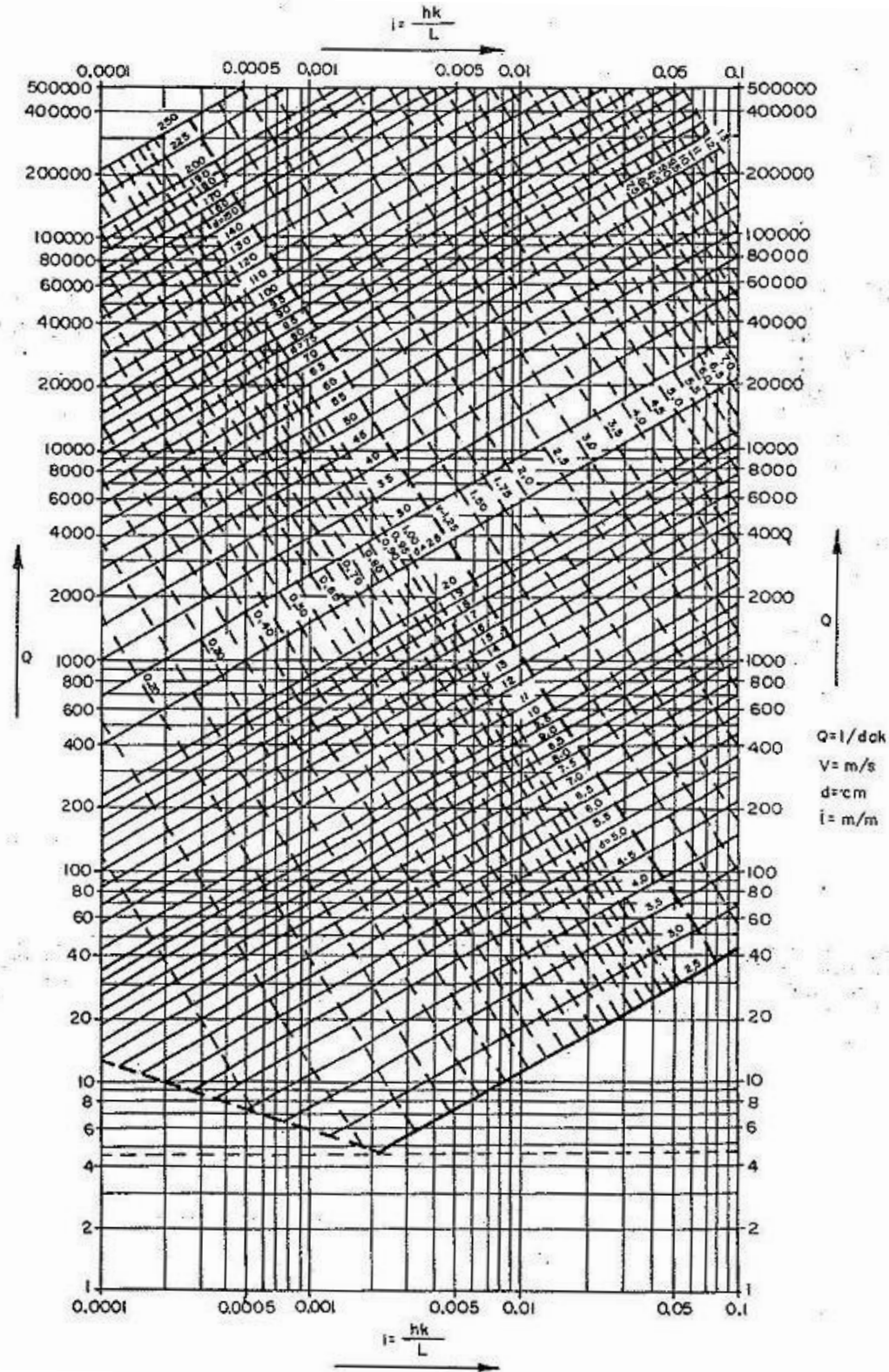
- Akış Kontrol, 2011. Vanalar. <http://www.akiskontrol.com>. Erişim tarihi 28 Aralık 2011.
- Akmisan, 2011. Santrifüj Pompa. <http://www.akmisan.net>. Erişim tarihi 03 Ocak 2012.
- FAO, 2011. General Principles of Water Lifting. <http://www.fao.org>. Erişim tarihi 03 Ocak 2012.
- Keskin, R., Güner, M. 2007. Su Çıkartma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın no: 1552, Ankara.
- Özcan, M.T. 2006. Akışkanlar Mekaniği ve Uygulamaları. Nobel Kitabevi. Adana.
- Tezer, E. 1978. Sulamada Pompaj Tesisleri. Proje Seçim ve İşletme Yöntemleri. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Toprak-Su Genel Müdürlüğü yayınları. Ankara.
- WILO, 2005. Pompa Teknolojisinin Temel Prensipleri. <http://akmyo.kocaeli.edu.tr/Pompaprensipleri.pdf>. Erişim tarihi 02 Ocak 2012.

EK-1. MOODY DİAGRAMI

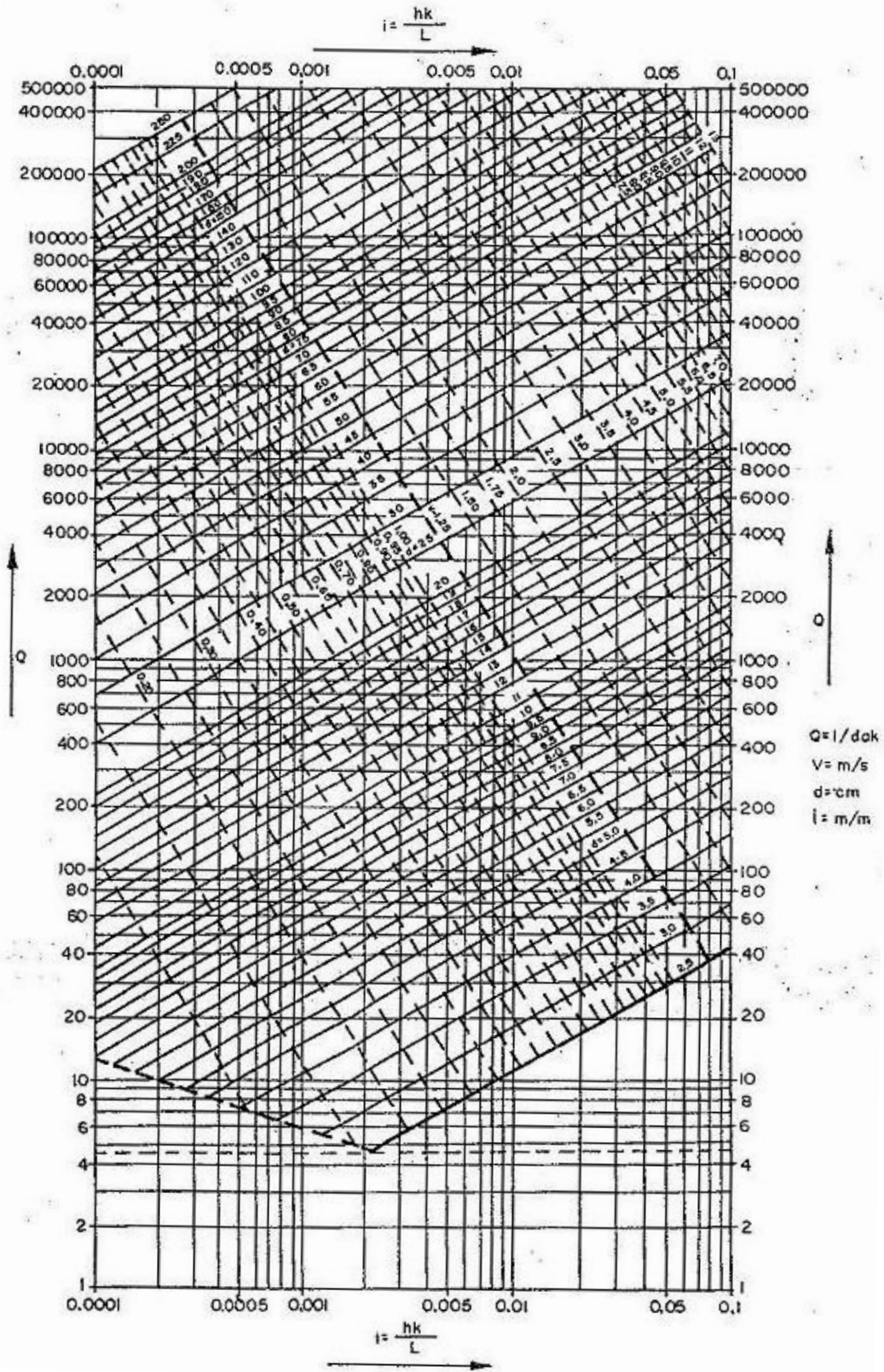


EK-2. BLAIR NOMOGRAMLARI

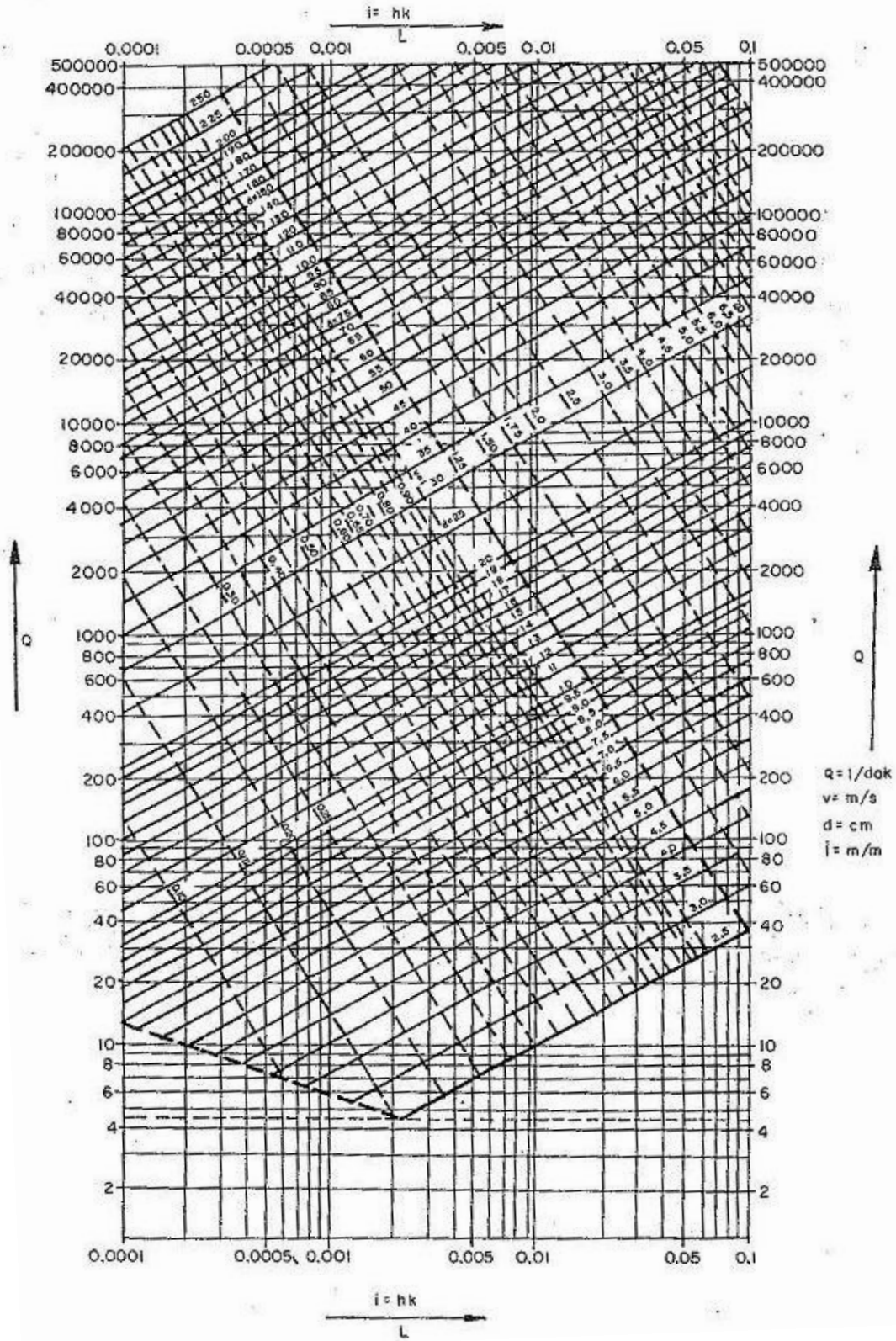
I. Sınıf Borular İçin Blair Nomogramı



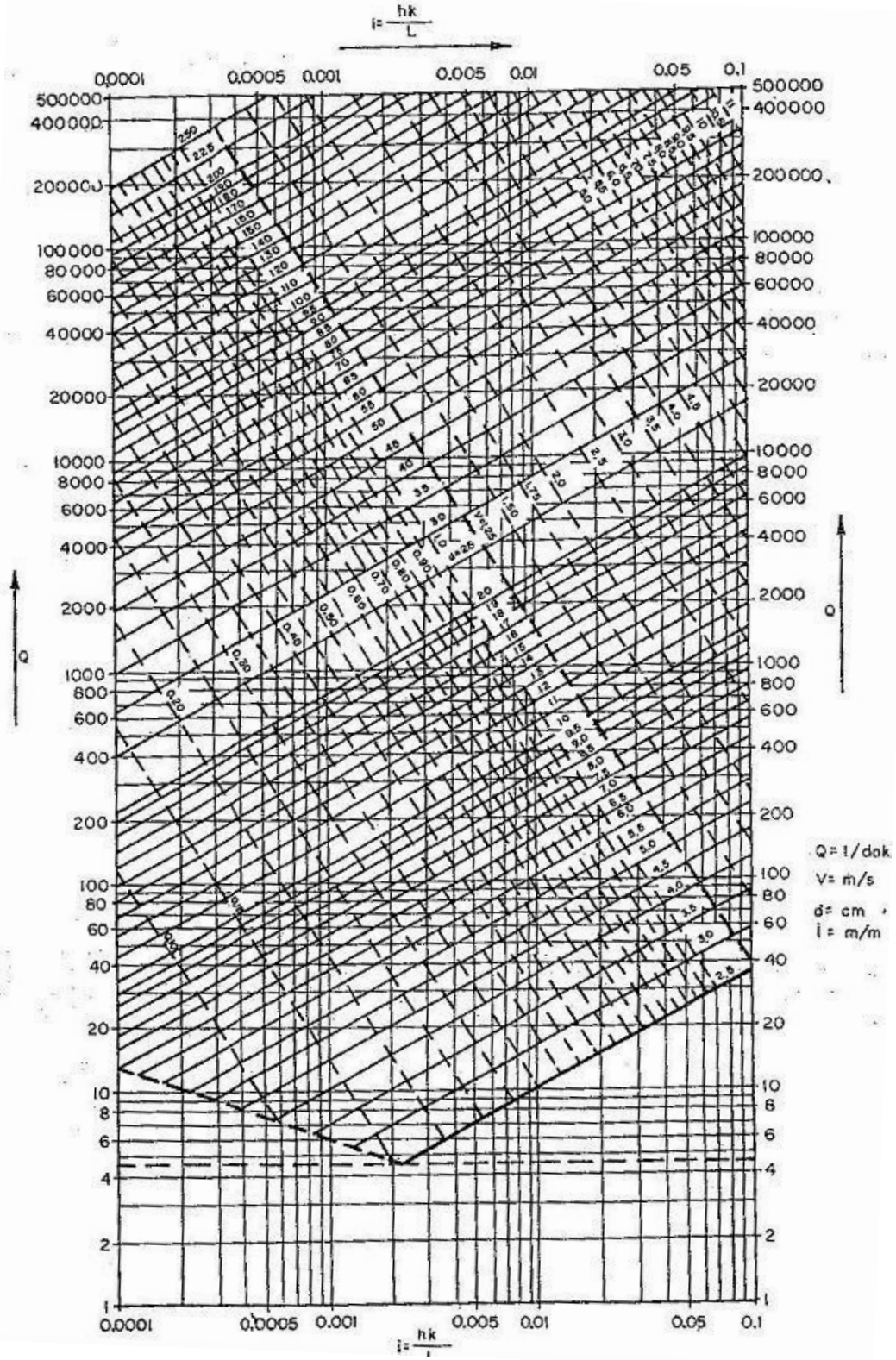
II. Sınıf Borular İçin Blair Nomogramı



III. Sınıf Borular İçin Blair Nomogramı



IV. Sınıf Borular İçin Blair Nomogramı



EK 3

SANTRİFÜJ POMPALARIN İŞLETİLMESİ, BAKIMI VE ARIZALARI

1. SANTRİFÜJ POMPALARIN İŞLETMEYE ALINMASI

a) Tesisat ve pompaların akışkan ile doldurulması: Birkaç istisna dışında hiçbir santrifüj pompa içi su ile doldurulmadan ve içindeki hava tahliye hava tahliye edilmeden çalıştırılmamalıdır. İstisnalar, kendini çalıştıran pompalar ve yüksek kapasiteli düşük basınç ve hızla çalışan pompalardır. Doldurma bu durumda çalıştırma ile aynı zamanda yapılır.

b) Pompa çalıştırmadan önce yapılması gereken son kontroller: Pompa ilk işletmeye alınmadan birkaç kontrol yapılmalıdır. Rulmanlar kerosene ile yıkanmalı ve temizlenmelidir. Üreticinin tavsiye ettiği yağlama ile doldurulmalıdır. Kaplin muhafazası söküldükten sonra, doğru dönme yönü kontrol edilmelidir. Genellikle pompa gövdesi üzerindeki ok doğru dönüş yönünü gösterir. Santrifüj pompanın rotorunu elle döndürmek mümkündür. Eğer herhangi bir zorluk ya da tutma varsa sebebini bulmadan kesinlikle pompa çalıştırılmamalıdır.

c) Çalıştırma: Santrifüj pompanın çalıştırılması için gerekli adımlar pompa tipine ve işletme şekline bağlıdır. Emme ve basma hattındaki vanalar açık tutulur ve basma hattındaki geri tepme klapesi ile pompa içinden ters akış engellenir.

e) Elektrik problemi olan pompaların yeniden çalıştırılması:

Güç kesilmesi sırasında geri tepme klapesi pompanın ters yönde akışına mani ise yeniden akım verilerek çalıştırılabilir. Ayrıca emme hattındaki su seviyesi kontrol edilmelidir.

f) Santrifüj pompaların düşük debilerde işletilmesi:

Pompa üreticileri tarafından pompanın çalışmaması istenen düşük debiler pompa karakteristik eğrilerinde gösterilir. Santrifüj pompaların düşük debilerde çalışması akışkanın ısınmasına neden olur. Motor tahrik gücü ile suya verilen güç arasındaki fark pompa içindeki güç kaybını belirler, rulmanlarda kaybedilenlerin dışındaki güç kayıpları ısıya dönüşür ve pompanın transfer ettiği akışkana aktarılır. Bu ısının pompa konstrüksiyonuna zarar vermesine ve malzemelerin ısı dayanımlarının geçilmesine müsaade edilmemelidir.

2. SANTRİFÜJ POMPALARIN BAKIMININ YAPILMASI

Pompa tiplerindeki değişiklikler, kapasite aralıkları, tasarım farklılıkları, kullanılan malzemelerden dolayı burada belirtilen bilgiler en sık rastlanan ve kullanılan pompalara aittir. Her pompaya servis vermeden önce üreticilerin işletme talimatları kitabını dikkatlice incelememiz gerekir.

a) Pompa çalışmasının günlük gözlenmesi:

İşletmeciler görevleri başında iken saat başı günlük göz atmalar yapmalı ve gözlenen “düzensizlikler” anında rapor edilmelidir. Bunlar pompanın çalışma sesindeki değişiklikler, yataklama sıcaklıklarındaki ani yükselmeler ve pompa sızıntılarıdır. Akış ölçer manometrelerin okunması ve kontrolü saat başı yapılmalıdır. Eğer kaydedici cihazlar varsa, bunların çıktısından kapasite, basınç ve enerji tüketimi irdelenmeli ve müdahale edilip edilmeyeceği kontrol edilmelidir.

b) Pompa çalışmasının altı aylık kontrolü:

Salmastra kutusu parçalarının serbest hareketi altı ayda bir kontrol edilmelidir. Saplama ile somunlar temizlenmeli ve yağlanmalıdır. Conta ve salmastranın değiştirilmesi gerekir mi diye kontrol yapılmalıdır. Pompa mili ve motor milinin düzgün olup olmadığı kontrol edilmelidir. Yağlanan rulmanların yağları akıtılmalı ve yani yağ takviye edilmelidir. Gres yağlı rulmanlar kontrol edilmeli ve yağ miktarının gereken seviyede olup olmadığına bakılmalıdır.

c) Pompa çalışmasının yıllık kontrolü:

Yılda bir defa kapsamlı bir bakım yapılmalıdır. Altı aylık bakıma ilave olarak, rulmanlar çıkartılmalı, temizlenmeli, çatlama ve bozukluklar kontrol edilmelidir. Rulman yatakları dikkatlice temizlenmelidir. Sürtünmeli yataklar çizilmelere ve aşınmalara karşı kontrol edilmelidir. Temizlik ve kontrolden hemen sonra yağ ve gres ile kaplanmalıdır. Salmastra kaldırılmalı ve mil aşınma için kontrol edilmelidir. Millerin düzgünlüğünü kontrol için kaplinler sökülmeli ve milin dikey hareketi kontrol edilmelidir. Orijinal aralıklar %150 aşılması halinde dikey harekette sebebinin araştırılması gerekir. Rulmanların müsaade ettiği oynamalar kontrol edilmelidir. Eğer üreticilerin tavsiye ettiği değerler aşılmışsa sebep araştırılmalı ve düzeltilmelidir.

d) Komple bakım:

Komple bakımın ne zaman yapılması gerektiğini belirlemek güçtür. Bu pompanın işletmesine, malzeme ve konstrüksiyonuna, akışkanına komple bakım vs güç kayıpları ve iş kaybına bakılır. Çok yoğun kullanılan pompalar aylık komple bakım isterken, diğerleri 2-4 yıl veya daha uzun süre için komple bakım isterler. Bir pompayı, komple bakım gerektiren şartlar çıkmadıkça açmamalıdır. Bunlar pompa performansının hissedilir bir şekilde düşmesi, gürültü gelmesi ve motor aşırı yüklenmesi ya da pompanın bilinen geçmiş performansı ve benzer işletimdeki sonuçlarının değişmesidir. Beklenmedik anlarda oluşabilecek bakımlar için yeterli sayıda yedek parça bulundurulmalıdır.

f) Bakım ve tamirlerin kaydının tutulması:

Pompa bakım kartlarına altı aylık ve yıllık bakımların çalışma programları girilmektedir. Dikkat edilmesi gereken tüm hususların kaydı burada olmalıdır. Bu kartlarda ayrıca değiştirilecek ve tamir edilecek parçalara ait yorumların ve gözlemlerin kaydedileceği bir bölüm olmalıdır. Aşınmanın sıklığı ve

uygulanacak tamir metotlarını içeren pek çok durumda aşınan parçaların resimlerinin tamir edilmeden önce çekilmesi gerekir. Her bir pompa için yapılacak tamir ve bakım masraflarının kaydı pompa çalışma saatleri ile birlikte tutulmalıdır. Bu kayıtlar üzerinde yapılacak çalışma malzeme değişikliğin ya da kontstrüksiyon değişikliğinin doğru ekonomik bir karar olup olmadığını açıklayacaktır.

g) Pompanın problem teşhisi:

Pompa işletim problemleri hidrolik veya mekanik yapıda olabilir. İlk kategoride bir pompa akışkanı transfer edemeyebilir, düşük kapasitede transfer edebilir, yetersiz basınç verebilir, çalışmaya başladıktan sonra doldurulan su azalabilir. İkincisinde çok fazla güç tüketilebilir. Salmastra kutusunda veya rulmanlarda mekanik güçlük ikazları verebilir. Titreşim, gürültü veya bazı pompa parçalarının kırılması olabilir.

Her iki kategorinin de birbirine bağlılığı vardır. Örneğin, çalışma aralıklarındaki aşınma bir mekanik problem olarak sınıflandırılabilir ve sonuçta pompanın net kapasitesinde bir düşüşe neden olacaktır ki bir hidrolik problemidir. Bir parça kırılmasına ve titreşime neden olmadan sonuç olarak semptomları ve sebepleri ayrı ayrı sınıflandırmak faydalıdır ve her bir semptom potansiyel sebepleri belirlemelidir.

3. SANTRİFÜJ POMPA ARIZA BELİRTİLERİ VE MUHTEMEL SEBEPLERİ

Pompa su basmamaktadır, sebepleri:

1. Pompa ilk hareketi sağlayamamıştır.
2. Pompa salyangozu veya emme boruları sıvı ile tam olarak dolmamıştır.
3. Emme yüksekliği çok fazladır.
4. Emme basıncı ile sıvının buharlaşma basıncı arasındaki fark çok azdır.
5. Emme borusunda hava cepleri teşekkül etmektedir.
6. Pompa devri düşüktür.
7. Pompa ters yönde çalışmaktadır.
8. Sistemin pompa yüksekliği pompanın çizim basma yüksekliğinden daha fazladır.
9. Fan içinde kanalları tıkayan yabancı bir madde mevcuttur.

Basılan akışkan miktarları yetersizdir, sebepleri:

1. Pompa veya emme boruları sıvı ile tam olarak dolmamaktadır.
2. Emme yüksekliği çok fazladır.
3. Emme basıncı ile buharlaşma basıncı arasındaki fark çok azdır.
4. Sıvı çok fazla gaz veya hava ihtiva etmektedir.
5. Emme borusundan hava cepleri oluşmaktadır.
6. Emme borusuna dışarıdan hava sızmaktadır.

7. Salmastra kutularından pompa içine hava sızmaktadır.
8. Dip klapesi çok küçüktür
9. Dip klapesi tam olarak açılmamaktadır.
10. Pompanın devri düşüktür. (EA)
11. Sistemin toplam yüksekliği pompanın çizim basma yüksekliğinden daha fazladır.
12. Sıvı viskozitesi çizim değerlerinden farklıdır.
13. Çok düşük sıvı miktarları ile çalışmaktadır. Bu şekilde bir çalışma hali için pompaların paralel çalışması uygun değildir.
14. Aşınma bilezikleri eskimiştir.
15. Çarkta hasar vardır.
16. Gövde hava tahliye musluğu bozuktur ve sızıntıya sebep olmaktadır.

4. SANTRİFÜJ POMPA İŞLETMEYE VE BAKIMINDAKİ BAZI KONTROL VE TAMİRLER

a) Gres yağla yağlanan rulman yatakları kontrolü: Günde 24 saat çalışan bir pompa hiç olmazsa 3 ayda bir gres miktarları kontrol edilmeli gerekli ise takviye edilmelidir. Fazla gresin doğuracağı zararın, az gresin getireceği zarardan daha fazla olduğu unutulmamalıdır.

Genel olarak rulman yatak muhafazasının üçte birinden daha fazlasının gres yağıyla doldurulmaması tavsiye olunur. Önemi sebebiyle gres yağının doldurulmasının nasıl yapılacağının kısaca inceleyelim. Yatak gövdesinin alt tarafındaki boşaltma tapası çıkartılır, pompa çalışır vaziyette iken bir miktar gres ilave edilir. Yağın tamamı değiştirilmesi isteniyorsa boşaltma deliğinden yeni yağ geldiği görülünceye kadar gres ilave edilir. Gres çalışma sıcaklığına erişince fazla gresin akması son bulur. O zaman boşaltma tapası tekrar yerine takılır.

Yağlama miktarı hesabı:

$$Gr=Dxbx0.005$$

D =Rulman dış çapı

b =Rulman genişliği

0.005 =Katsayı

gresin yoğunluğu= 0.80 kg/dm^3

b) Salmastra kutusunun bakımı: Genellikle pompa çalıştırmaya başlandığında salmastra kutusu henüz tam olarak sıkılmamış vaziyette olmalıdır. Pompadan veya mevcut ise sızdırmazlık kanalından su mil boyunca akar, salmastra yavaş yavaş sıkılır, sızıntı hemen hemen durmaya yakın hale gelince sıkıya son verilir. Şayet salmastra fazla sıkılmış sızıntı tamamen durmuş ise salmastra malzemesi ısınarak genleşecek

yanacak neticede mili (veya mil gömleğini) aşındıracaktır. Millerde veya mil gömleklerinde salmastra salgısı altına isabet yerlerdeki menevişlenme ve aşınmanın sebebi aşırı sıkılaşmadır.

Eğer yeni salmastra malzemesi eskisini, sıkıştırarak ve sızdırmazlık halkasını oynatarak sızdırmazlık suyunu tıkayacak ise yeni bir salmastra halkası ilave etmekten sakınmak gerekir. Genel olarak eski salmastra malzemesinin tamamen değiştirilmesi tavsiye olunur.

Bu salmastra kutusunun yeniden doldurulması sırasında şu hususlara ve sıraya uyulmalıdır:

1. Eski salmastra malzemelerini çıkarıp, salmastra kutusu temizlenir.
2. Yeni salmastra malzemeleri en, çap, boy ev cins bakımından uygunluğu kontrol edilir.
3. Her salmastra halkası ayrı ayrı yerleştirilir ve salmastra kutusu içinde gidebildiği kadar ileri itilerek dip tarafa tamamen intibak etmesi sağlanır.
4. Her halka ucunun birleşme noktası bir evvelki halkadan 90 veya 180 derece farklı olacak şekilde bir şaşırtmaca ile yerleştirilir.
5. Şayet bu sızdırmazlık halkası (V) ise bunun sızdırmazlık suyu bağlantısı altına girmesi temin edilir. Müteakip salmastra halkalarının bunun yerinden oynatılmamasına itina edilir.
6. Gerekli miktarda salmastra halkası yerleştirildikten sonra salmastra baskı kapağı yerleştirilerek saplama somunları sıkıca sıkıştırılır, sonrada somunlar gevşetilerek kapağa biraz gevşeklik verilir.
7. Yeni konan bir salmastra malzemesinin yerine oturabilmesi için pompa bir iki dakika aralıkla birkaç defa çalıştırılmalıdır. Böylece salmastra kutusunun devamlı çalışması sırasında lüzumsuz bir ısınma yapması önlenmiş olur. Pompa bir buhar türbini ile tahrik ediliyor ise aynı neticeyi sağlamak üzere bir müddet düşük hız ile çalıştırılmalıdır.
8. Salmastra malzemesinin ıslanmasını ve yağlanmasını temin edecek şekilde hafif bir sızıntıya müsaade edilmelidir.
9. Salmastra baskı kapağı sızıntıyı kesecek kadar sıkılmalı, çok fazla sıkılmamalıdır.

c) Pompa gövdesi: Hiç olmazsa tam revizyon devrelerinde, pompa gövdesi ve su kanalları tamamen temizlenmeli ve yeniden boyanmalıdır. Şayet gövde içinde aşınmış ve erozyona maruz kalmış kısımlar mevcut ise bunlar ekseriya kaynak ile (pirinç kaynağı) doldurmak veya pompa gövdesinin imal edilmiş olduğu malzemenin ve eldeki tamir imkanlarının çeşidine göre metal püskürtmek suretiyle düzeltilebilir.

d) Mil gömlekleri: Aşınmış mil gömlekleri çok defa kaynak ile doldurma veya metal püskürtme ve taşlama sureti ile yeniden kullanılabilir. Gömlek yerine takıldıktan sonra mil ile konsantrik olup olmadığını kontrolde fayda vardır. Pompa boyutu, gömlek malzemesinin cinsi ve tamir işlemi için gerekli imkanların çok çeşitli oluşu, yeni bir gömlek kullanılması ile eski gömleğin yüzeylerinin düzeltilmesi hususlarında hangisinin daha ekonomik olabileceğinin hesabı da dikkate alınması gereken faktörlerdir.

e) Kaymalı yataklar: Bir mil ile yatak madeni yüzeyi arasındaki aralığın orijinal aralık değerinin %150'sinden daha fazla olmasına müsaade edilmemelidir. Yatak madenin yeniden dökülmesi sırasında döküm daha ufak çapta bir mile göre yapılır. Sonrada geçerli çap ve aralık verilir. Metal yatak kısmının maden püskürtme sureti ile de yenilenmesi mümkün olur.

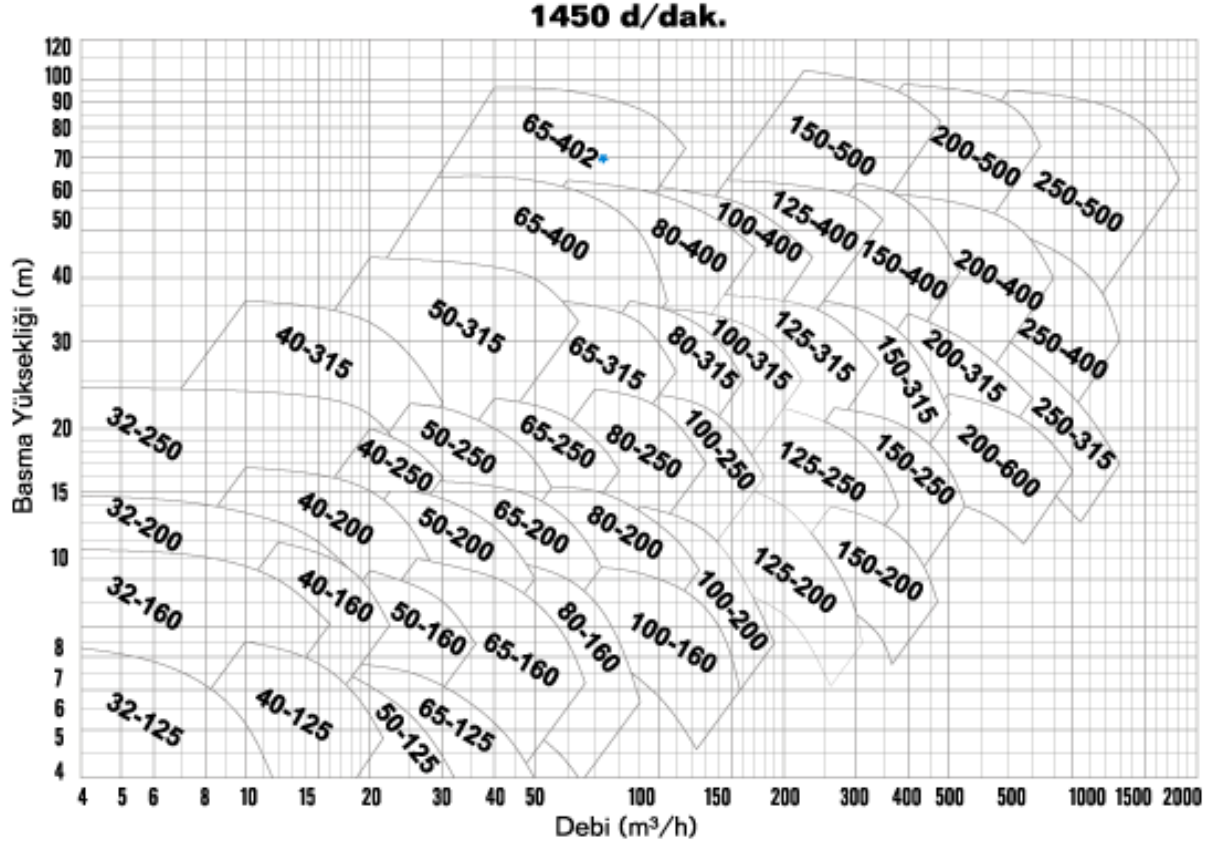
f) Fan ve gövde aşınma bilezikleri (halkaları) toleransları: Aşınma halkalarında bu parçaların değiştirilmesini gerektirmeyen maksimum aralıkların tespiti pompalarda genel olarak çok değişik faktörlere bağlıdır. Ancak bir örnek ve değer vermek gerekirse, su pompaları için mevcut aralığın 0,25 ile 0,40 mm'lik radyal artışı aşınma halkalarının yenilenmesi için ilk ihtar şeklinde kabul edilmelidir.

Kaynak: Uluslararası Enerji ve Tesisat Dergisi, Eylül 1999

<http://www.klimaci.com/>

EK-4
BAZI TİCARİ POMPALARIN KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ
Yatay Milli Tek Kademeli Santrifüj Pompa

Karakteristik Eğrisi



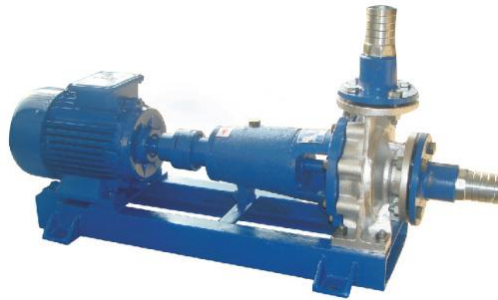
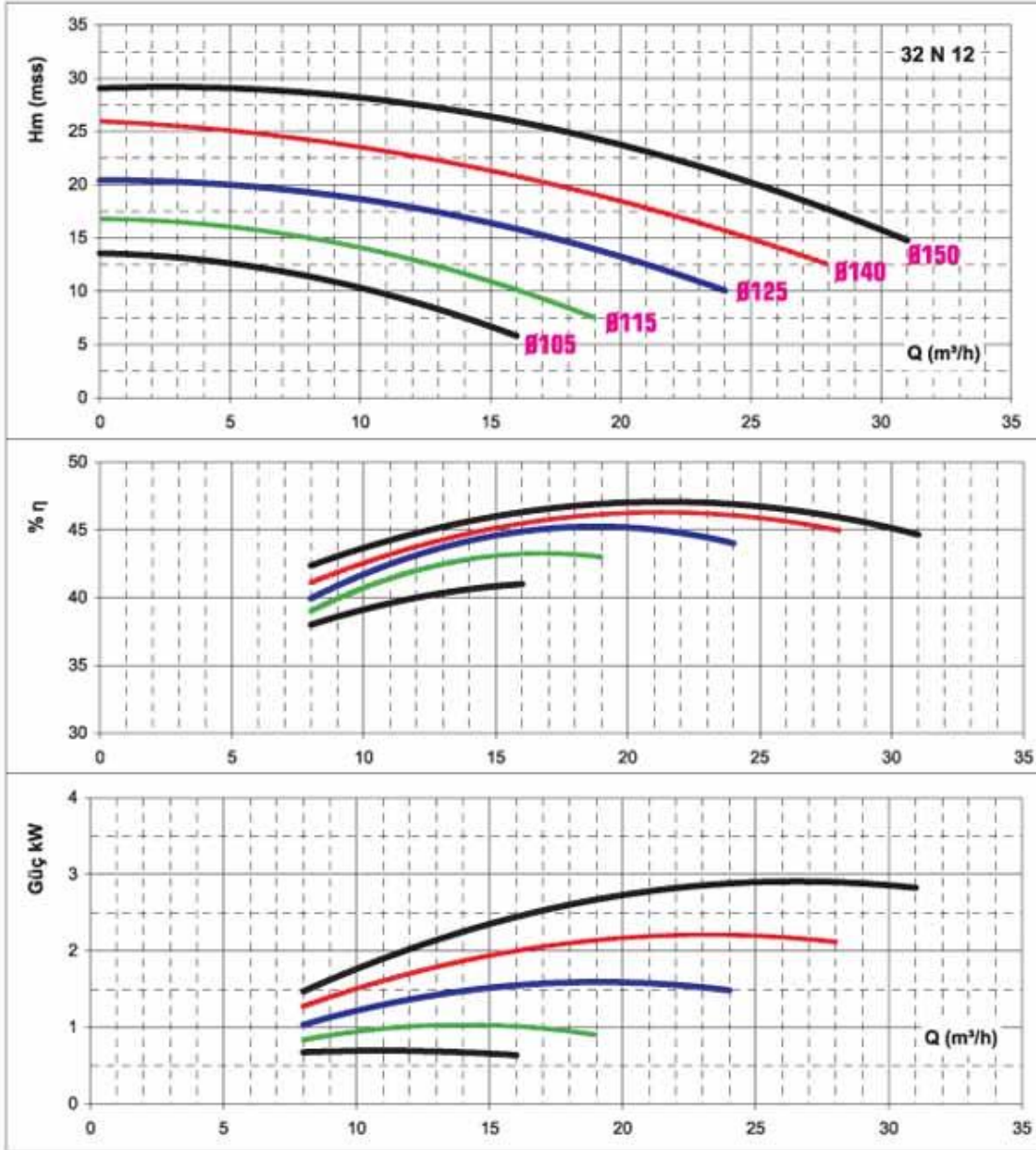
Kesit görünüşü



Kaynak: <http://www.standartpompa.com>

Yatay Milli Tek Kademeli Santrifüj Pompa

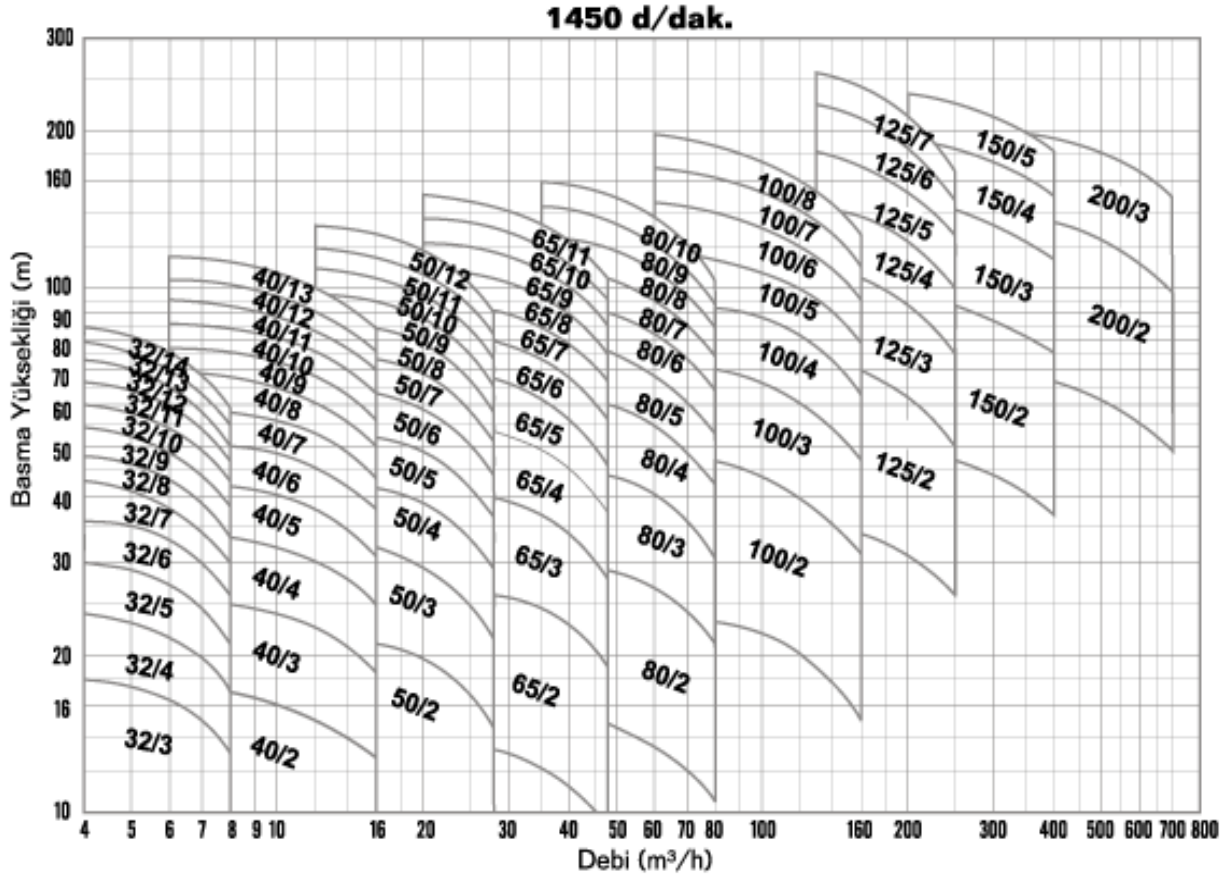
Karakteristik Eğrisi



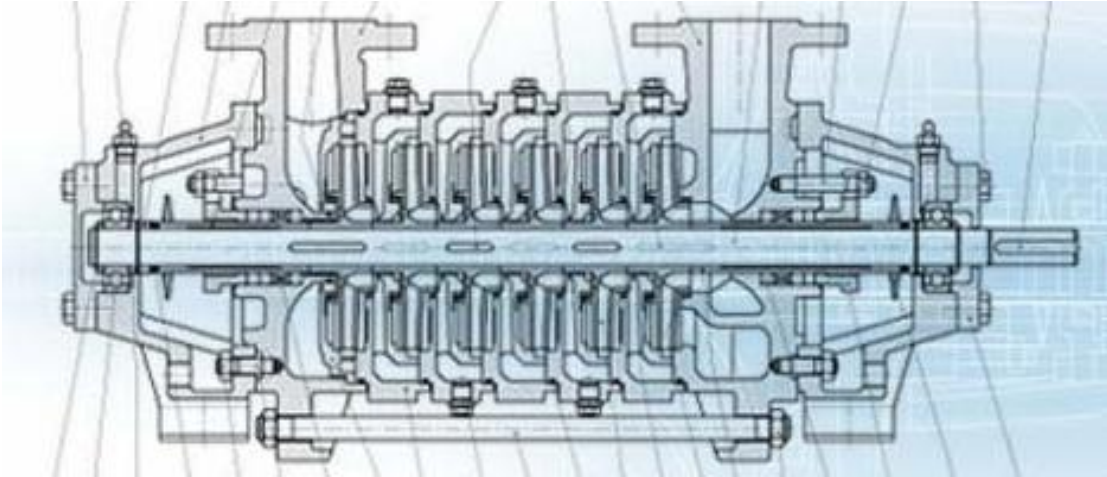
Kaynak: <http://www.akmisan.net>

Yatay Milli Çok Kademeli Santrifüj Pompa

Karakteristik Eğrisi



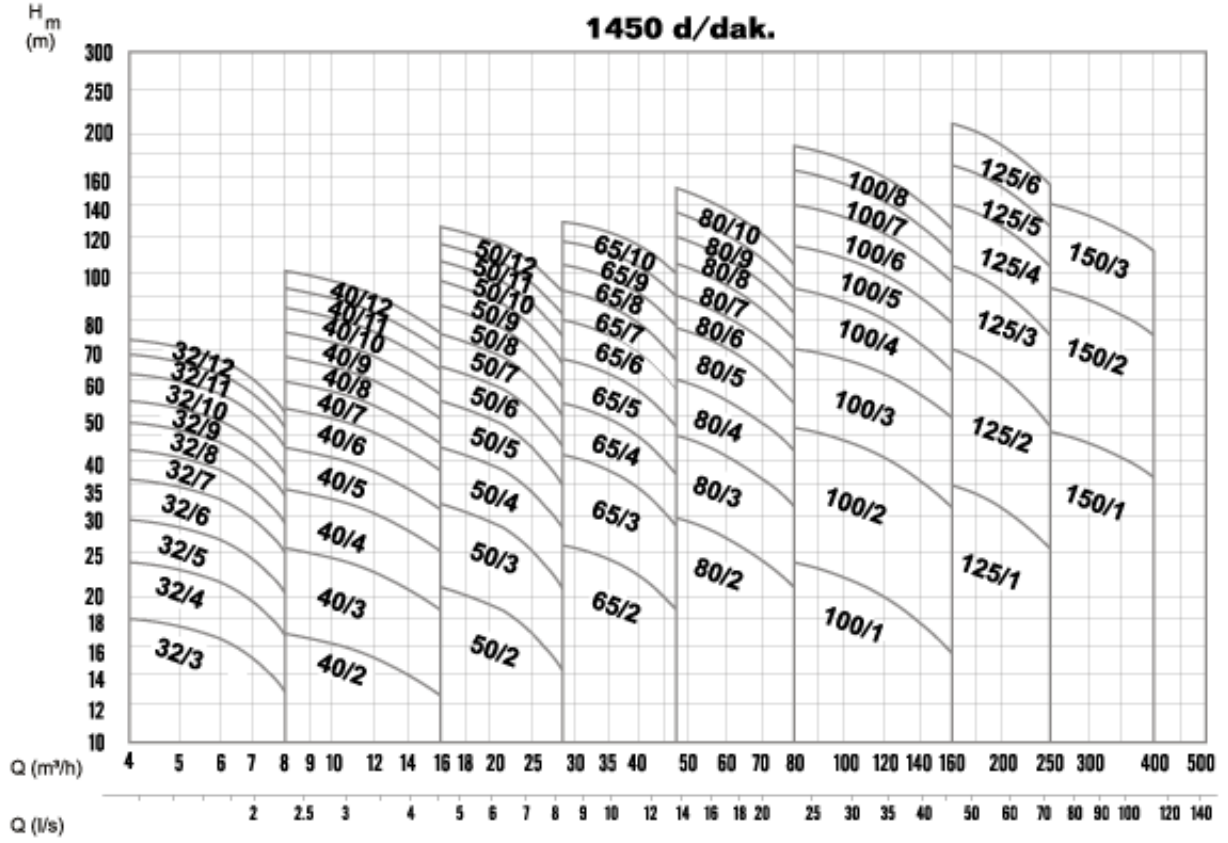
Kesit görünüşü



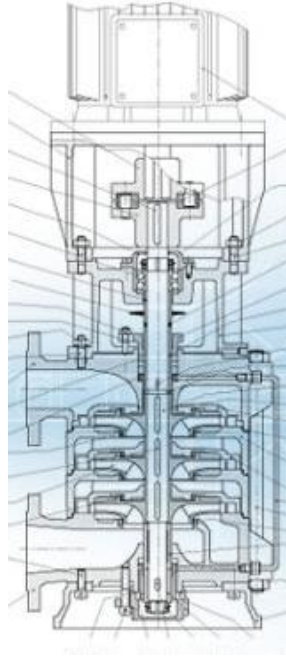
Kaynak: <http://www.standartpompa.com>

Düşey Milli Çok Kademeli Santrifüj Pompa

Karakteristik Eğrisi



Kesit görünüşü



Kaynak: <http://www.standartpompa.com>

EK - 5

ÖRNEK SORULAR

1) Bir pompaj tesisinde 20°C'de su iletilecektir. Tesiste kullanılacak santrifüj pompanın debisi 1800 l/min, su kaynağı ile pompa eksenini arası düşey mesafe 7 m, pompa eksenini ile su iletilen nokta arası düşey mesafe 30 m'dir. Emme hattında düz boru boyu 10 m, basma hattında ise 40 m'dir. Emme hattında dip klapesi, sepet tipi süzgeç, basma hattında ise 1 adet flanşlı geri tepme klapesi, 2 adet 90° flanşlı normal dirsek kullanılmıştır. Tesiste 150 mm çapında yeni durumda kaynaklı ticari çelik boru kullanıldığına göre;

- Tesisin bulunduğu yerde atmosfer basıncı 700 mmHg ise bu tesis yatay eksenli santrifüj pompa kullanımı için uygun mudur?
- Tesisteki toplam yük kayıplarını Darcy formülünü kullanarak hesaplayınız (Sürtünme katsayısı Moody diyagramı kullanılarak hesaplanacaktır).
- Tesisteki toplam yük kayıplarını Blair nomogramlarını kullanarak hesaplayınız ve b şikkındaki sonuç ile karşılaştırınız?
- Bu tesisteki toplam enerji tüketimini ve %75 verim için uygun pompa gücünü hesaplayınız?

2) Bir tarlanın yağmurlama sulama başlıkları ile sulanması için bir pompaj tesisinin planlaması yapılacaktır. Tesisin kurulacağı bölgede atmosfer basıncı 650 mmHg, su kaynağı yüzeyden 7.2 m derinlikte ve tarla pompanın kurulacağı bölgeden 6 m yüksektir. Sulama için toplam 40 adet yağmurlama başlığı kullanılacaktır ve başlıkların çalışması için tesiste 25 atm basınca ihtiyaç duyulmaktadır. Her yağmurlama başlığının debisi 1.5 m³/h'dır. Suyu tarlaya kadar taşımak için 150 mm çapında 150 m uzunluğunda beton borudan oluşan ana boru hattı ile suyu tarlada yağmurlama başlıklarına iletmek için 100 mm çapında 350 m uzunluğunda plastik borulardan oluşan yan boru hatları kullanılacaktır. Ana boru hattı flanşlı T dirsekler kullanılarak 8 yan boruya ayrılır ve her yan borunun başlangıcında birer adet sürgülü vana kullanılırsa;

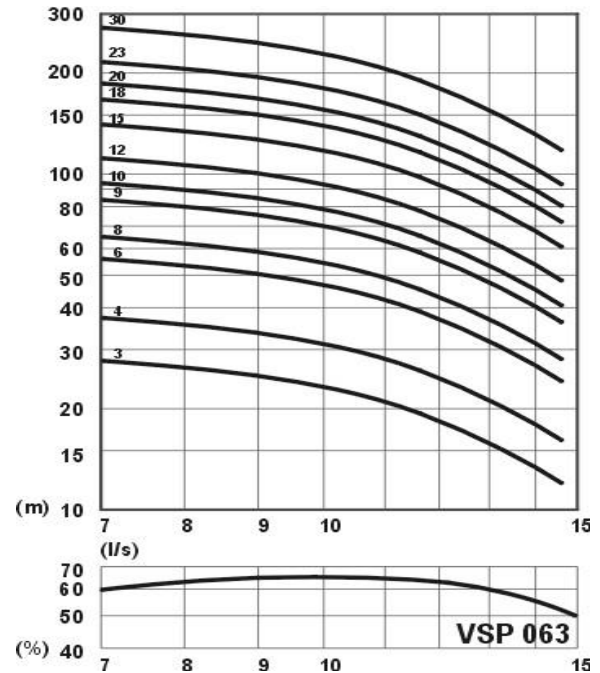
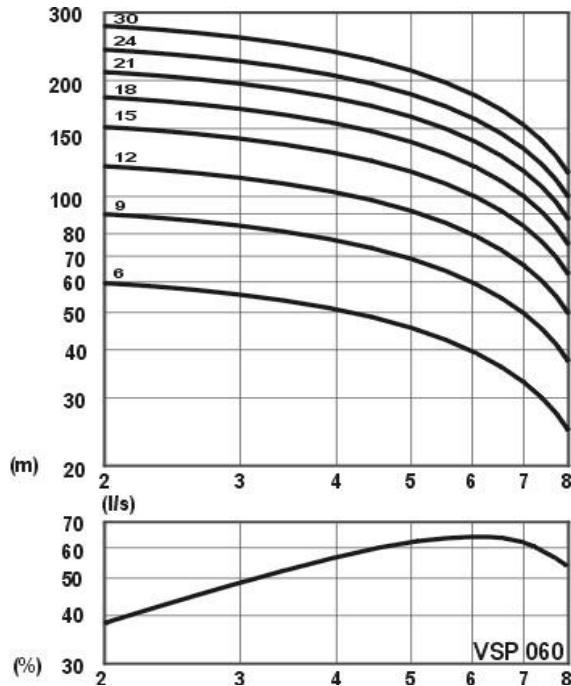
- Tesiste santrifüj pompa kullanılmak istenirse emme koşullarını kontrol ediniz (Santrifüj pompa kullanılması durumunda emme hattında kullanılacak boru uzunluğu 30 m, boru çapı 150 mm'dir.),
- Tesisteki toplam yük kayıplarını ve pompa için gerekli gücü bulunuz.

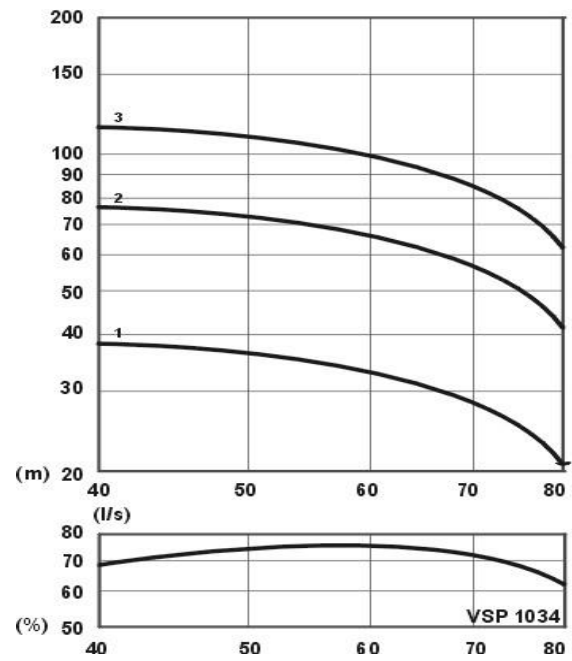
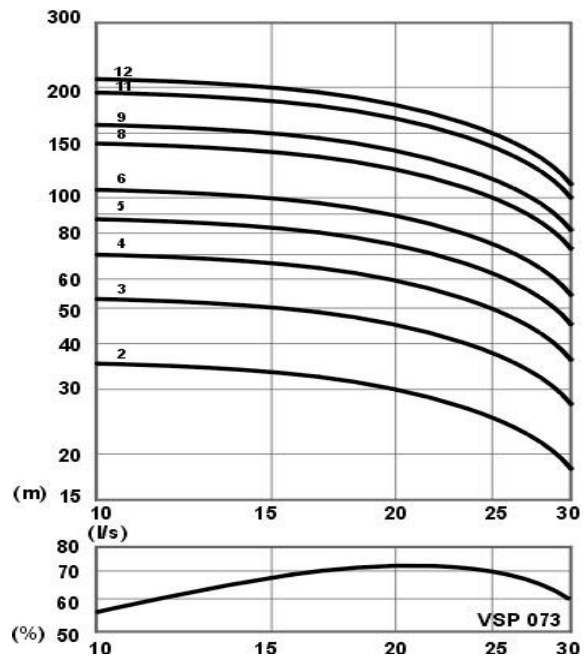
3) Bir pompaj tesisinde 2400 l/dak debi ile su iletilmesi planlanmaktadır. İletilmek istenen suyun ortalama sıcaklığı 30°C'dir. Su kaynağı pompanın kurulacağı yerden 7.5 m derindedir. Pompanın kurulacağı yer ile suyun iletileceği tarla arası düşey mesafe 30 m, emme hattında kullanılacak düz boru uzunluğu 20 m, basma hattında ise 50 m'dir. Tesiste 150 mm çapında plastik boru kullanılacaktır. Emme hattında dip klapesi ve sepet tipi süzgeç, basma hattında ise 1 adet flanşlı sürgülü vana ve 5 adet flanşlı normal dirsek kullanılmıştır.

- Tesisin bulunduğu yerde atmosfer basıncı 0.8 atm ise tesis yatay eksenli santrifüj pompa kullanımı için uygun mudur (Yük kayıplarını Moody diyagramını kullanarak hesaplayınız).
- Tesisteki yük kayıplarını hesaplayıp %75 verim için uygun pompa gücünü belirleyiniz (Yük kayıplarını Blair nomogramlarını kullanarak hesaplayınız).

4) Su kaynağı ile suyun iletileceği nokta arası düşey mesafe 50 m olan bir pompaj tesisinde dalgıç pompa ile saatte 72 m³ su iletilmesi istenmektedir. Tesiste kullanılan düz boru uzunluğu 500 m, boru çapı 200 mm, kullanılan şekilli borular 90° standart dirsek, sürgülü vana ve geri tepme klapesi, boru cinsi döküm boru ise;

- Tesisin karakteristik eğrisini çiziniz.
- Bir firmaya ait alttaki dalgıç pompalardan uygun modeli ve kademe sayısını belirleyiniz ve seçilen model için gerekli elektrik motoru gücünü hesaplayınız.

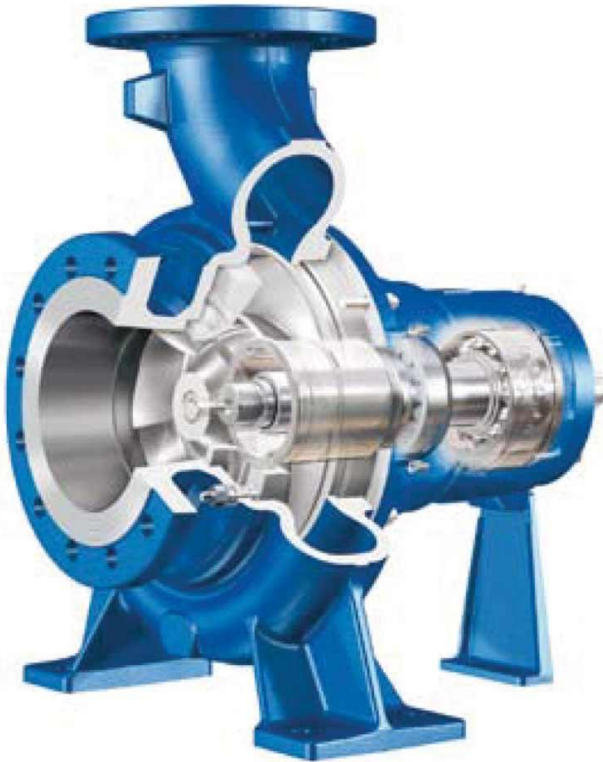
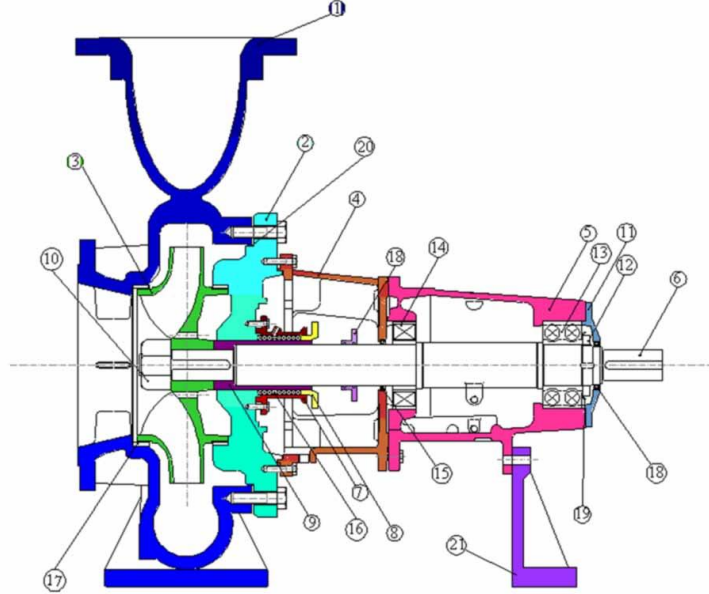




EK 6

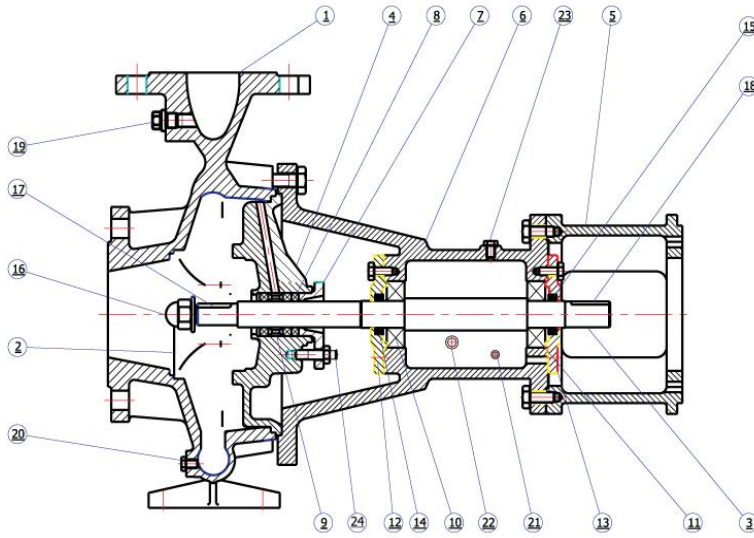
RESİMLER

1. Yatay Milli Santrifüj Pompalar (Salyangoz-volüt gövdeli)



1. POMPA GÖVDESİ (SALYANGOZ)
2. SALMASTRA KUTUSU
3. POMPA FANI
4. ARA PARÇA
5. YATAK TAŞIYICI
6. POMPA MİLİ
7. SALMASTRA YUVASI
8. SALMASTRA BASKI KAPAĞI
9. SALMASTRA BURCU
10. POMPA MİL SOMUNU
11. BİLYA BASKI KAPAĞI
12. RULMAN SOMUNU
13. KAPLIN TARAFI RULMANI
14. FAN TARAFI RULMANI
15. ARAPARÇA YAĞ KEÇESİ
16. FENER HALKASI
17. FAN AŞINMA HALKASI
18. REFLEKTÖR
19. RULMAN SOMUN PULU
20. SALMASTRA KUTUSU O-RİNG İ
21. YATAK ALTLIĞI AYAĞI

1. Yatay Milli Santrifüj Pompalar (Salyangoz-volüt gövdeli)



NO	PARÇA ADI	NO	PARÇA ADI	NO	PARÇA ADI
24	SAPLAMA	16	MİL SOMUNU	8	SALMASTRA
23	KÖR TAPA	15	KEÇE	7	SALMASTRA BASKISI
22	YAĞ GÖSTERGESİ	14	KEÇE	6	RULMAN YATAĞI
21	BOŞALTMA TAPASI	13	RULMAN KAPAĞI	5	ARA PARÇA
20	KÖR TAPA	12	RULMAN KAPAĞI	4	SALMASTRA KUTUSU
19	KÖR TAPA	11	RULMAN	3	POMPA MİLİ
18	KAMA	10	RULMAN	2	ÇARK
17	KAMA	9	SOĞUTMA HALKASI	1	SALYANGOZ GÖVDESİ

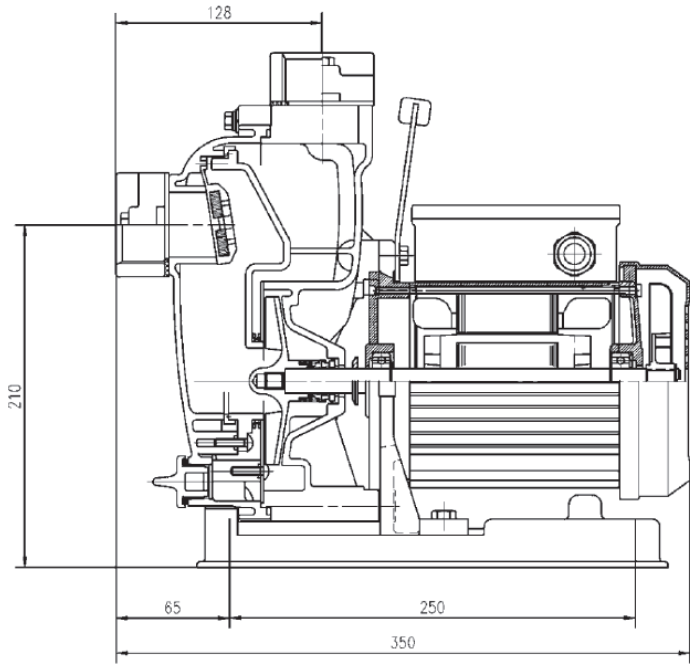
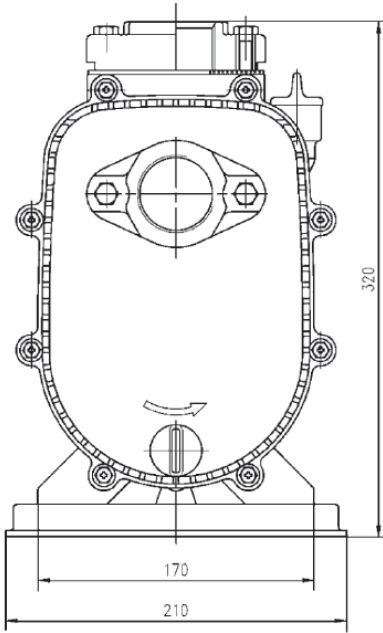
2. Yatay Milli Kademeli Santrifüj Pompalar (Difüzör gövdeli)



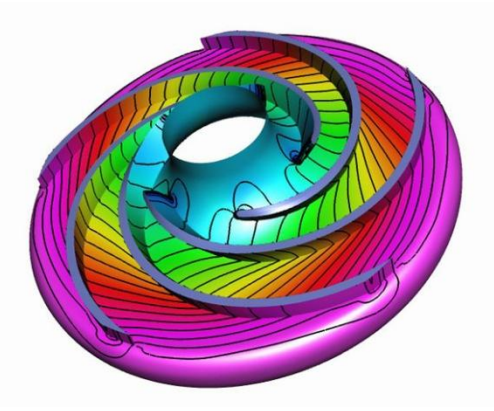
3. Düşey Milli Kademeli Santrifüj Pompalar



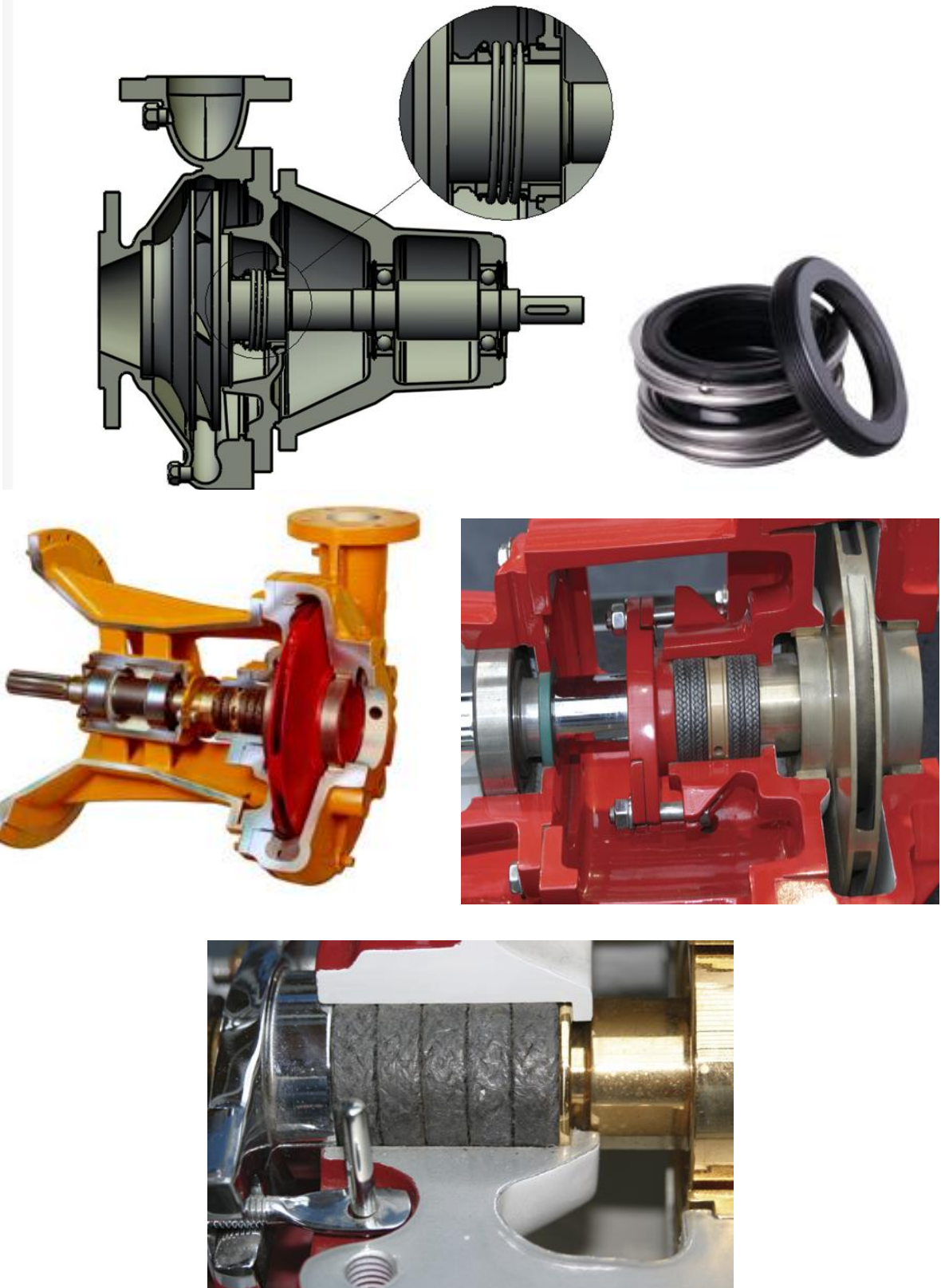
4. Kendinden Emişli Pompalar



5. arklar



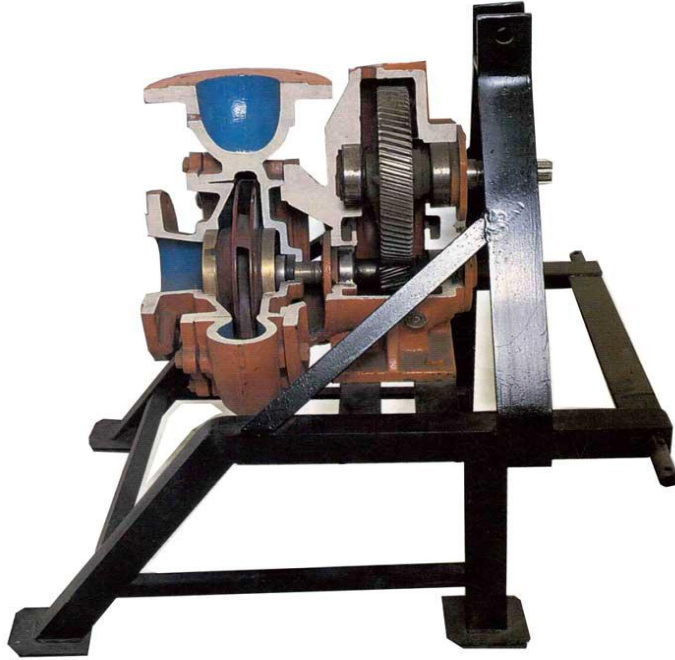
6. Salmastra Kutusu



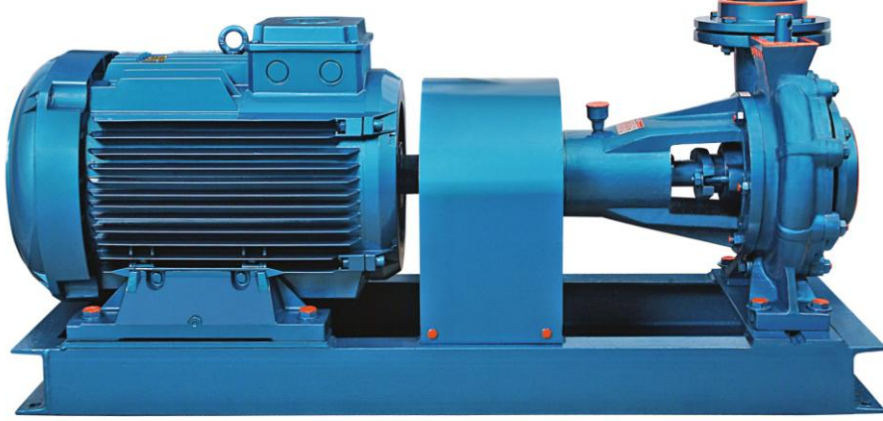
7. Traktör Kuyruk Milinden Tahrik Edilen Santrifüj Pompa



Dişli Kutusu ve Pompa Kesit Resmi



8. Elektrik Motoru Tahrikli Santrifüj Pompa



9. İçten Yanmalı Motor Tahrikli Santrifüj Pompa



10. Rüzgar veya Güneş Enerjisi Gibi Alternatif Enerji Kaynakları Kullanılarak Pompaların Tahrik Edilmesi

