

2.3.1. Pompalar

Öteki sanayi kesimlerinde olduğu gibi, gıda sanayinde de çeşitli işlem aşamalarında, akışkanların iletiminde pompalar kullanılır. Örneğin; işlemlerde gerekli su, buhar, elde edilen sıvı ürünler (meyva suyu) çok yönlü olarak iletilirler. Bunun dışında, pompalardan değişik oranlı karışımların elde edilmesi için dozaj uyarlayıcı olarak da yararlanılır.

Pompa, genel olarak, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren mekanik bir iş makinesidir. İletilecek sıvıya verilen enerji ile sıvının iletim hattındaki kayıpları yenilerek, istenilen noktaya iletilmesi sağlanır. Bu nedenle, iletim sistemine ve iletilecek akışkanın özelliklerine göre, en uygun pompanın seçilmesi ve karakteristiklerinin bilinmesi önemlidir.

Gıda sanayinde kullanılan pompalar özel yapıya sahiptirler. Örneğin; hareketli ve sabit parçalar arasında yalıtım vardır. Pompa elemanları kolayca sökülüp temizlenebilir. Tüm elemanlar paslanmaz çelik yada yapay malzemedan korozyona dayanıklı şekilde yapılır.

Pompa tarafından iletilen akışkanın birim ağırlığı başına verilen enerji

(kg.m /kg), birim olarak uzunluk birimi (m) ile belirtilebilir. Başka bir deyişle, bu uzunluk değeri pompanın iletim yüksekliğine H (m) denktir. Öte yandan, iletim tesisinde, öngörülen bir Q debideki akışkanın istenilen noktaya iletilebilmesi için, tesis kayıplarını da içeren toplam manometrik yükseklik saptanmalıdır.

Toplam manometrik yükseklik (H_m), dinamik emme yüksekliği ile dinamik basma yüksekliğinin toplamıdır. Dinamik emme yükseldiği; statik emme yükseldiği (faydalı emme yüksekliği) ile emme borusundaki kayıpları (H_{ek}) içerir. Statik emme yüksekliği ise, pompa eksenini ile emilen akışkanın üst yüzeyi arasındaki (düşey) yüksekliktir. Öte yandan, dinamik basma yüksekliği, statik basma yükseldiği ile basma borusundaki kayıpları (H_{bk}) içerir. Statik basma yüksekliği de, pompa eksenini ile akışkanın iletildiği en yüksek seviye arasındaki düşey yüksekliktir.

Hidrolik iletim tesisindeki toplam kayıplar; (H_{TK}) düz boru içindeki sürtünme kayıpları, akış hızı ve doğrultusunun değiştiği dirsek, vana vb. elemanlardaki kayıplar ile bağlantı elemanlarındaki kayıpların toplamından oluşur. Su ve su benzeri akışkanların iletilmesinde oluşan düz borulardaki sürtünme kayıpları şu eşitlikten yararlanarak bulunur (DARCY-WEISBACH):

$$H_{kd} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Eşitlikte;

H_{kd} : Sürtünme kaybı, m,

λ : Boru malzemesine ve çapına bağlı sürtünme katsayısı,

L : Düz boru boyu. m,

D : Boru iç çapı, m,

V : Akışkanın ortalama hızı, m/s ve

g : Yerçekim ivmesidir, m/s².

Düz borulardaki sürtünme kayıpları şekil 2.21'deki nomogramdan da okunabilir.

λ sürtünme katsayısı, akış şekline (Re sayısına) bağlı olarak farklı değerlerdedir. Laminar akış şeklinde şu eşitlikten hesaplanır:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Akış şekli turbüent olduğunda, Re sayısının büyüklüğüne göre, λ sürtünme katsayısının hesaplanacağı eşitlikler şöyledir:

$$Re < 80\ 000 \dots \lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \text{ (BLASIUS)}$$

$$Re > 80\ 000 \dots \lambda = 0,0054 + \frac{0,396}{Re^{0,3}} \text{ (HERMANN)}$$

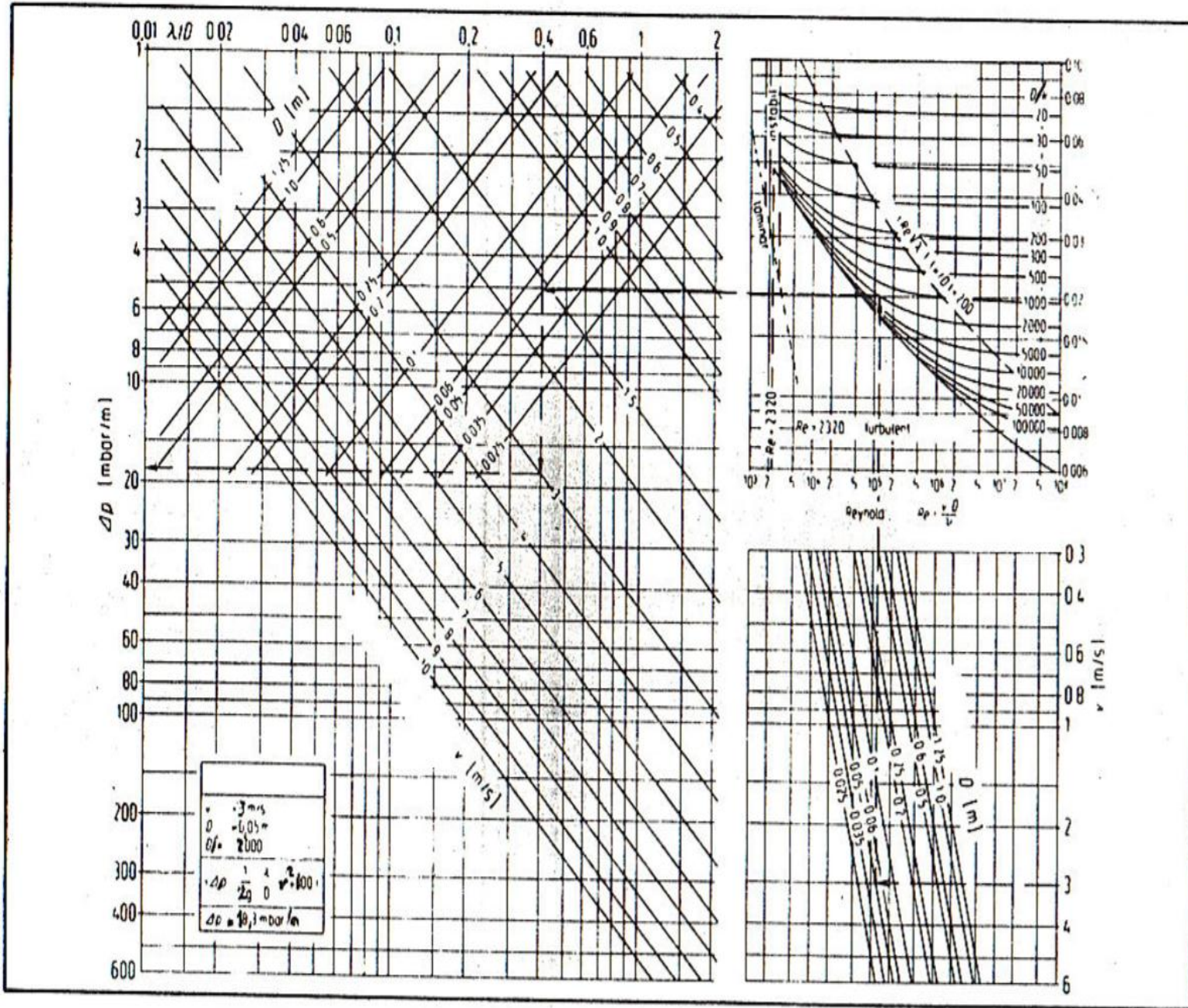
Şekil 2.22'de Re sayısına bağlı olarak düz ve pürüzlü yüzeye sahip borulardaki sürtünme katsayıları (λ) grafik olarak verilmiştir.

Sürtünme kayıpları eşitliğinde akış hızı yerine, debi cinsinden değeri yerine konursa, eşitlik;

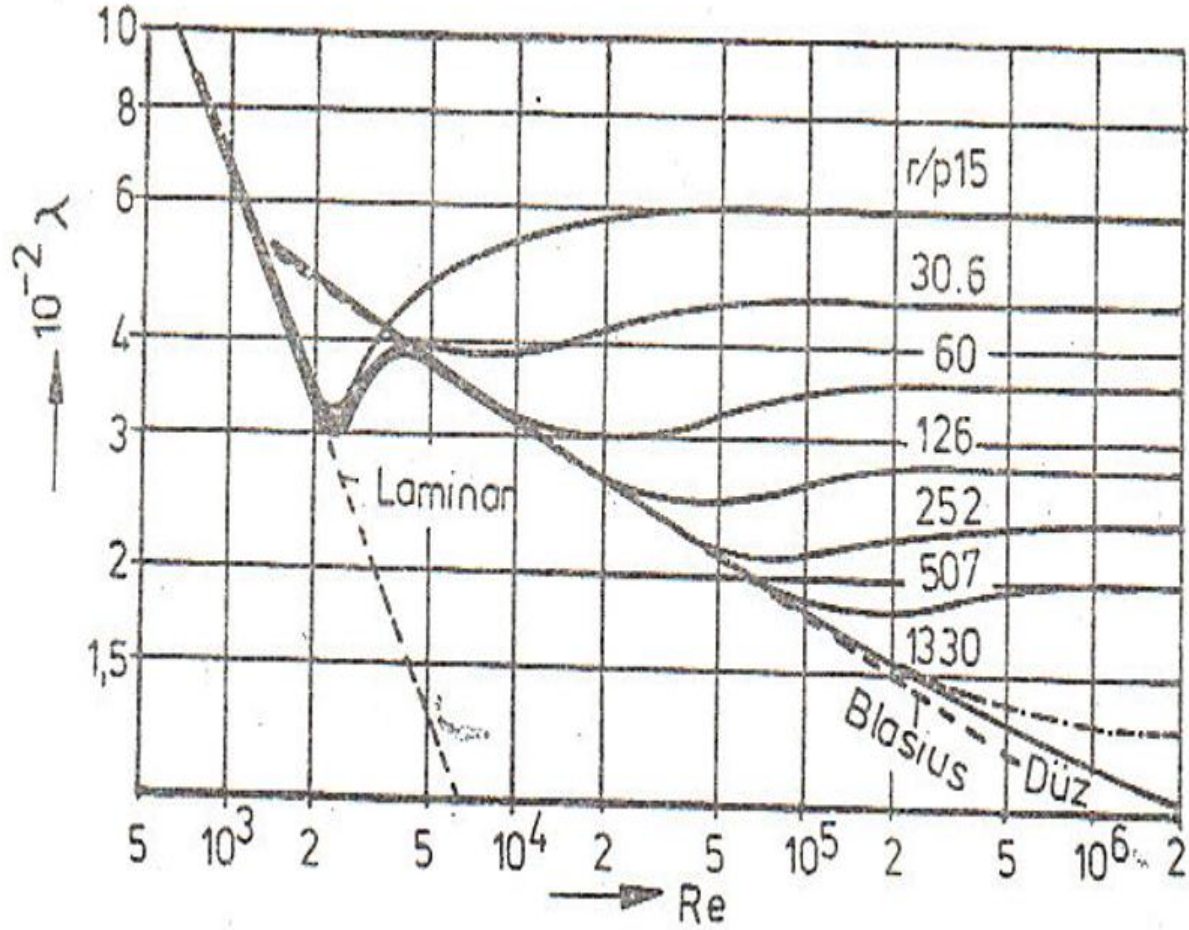
$$H_{kd} = \lambda \cdot L \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot g} \cdot \frac{Q^2}{D^5} \text{ 'olur.}$$

Buna göre, sürtünme kaybı, debinin karesiyle doğru orantılı artarken, boru çapının beşinci dereceden üssü ile ters orantılı değişmektedir. Yani, aynı debide, boru çapının çok az değişmesi ile sürtünme kayıplarında büyük değişme olmaktadır. Örneğin; boru çapı % 5 küçüldüğünde sürtünme kaybının % 30 daha fazla olmaktadır. Bu nedenle, iletim tesisinde kullanılacak boru çaplarının, en az kayıp oluşturacak şekilde seçilmesine özen gösterilmelidir, öte yandan, gıda sanayinde kullanılacak boru malzemesi, iletilen akışkanı kirletmemeli ve doğal özelliklerini bozmamalıdır.

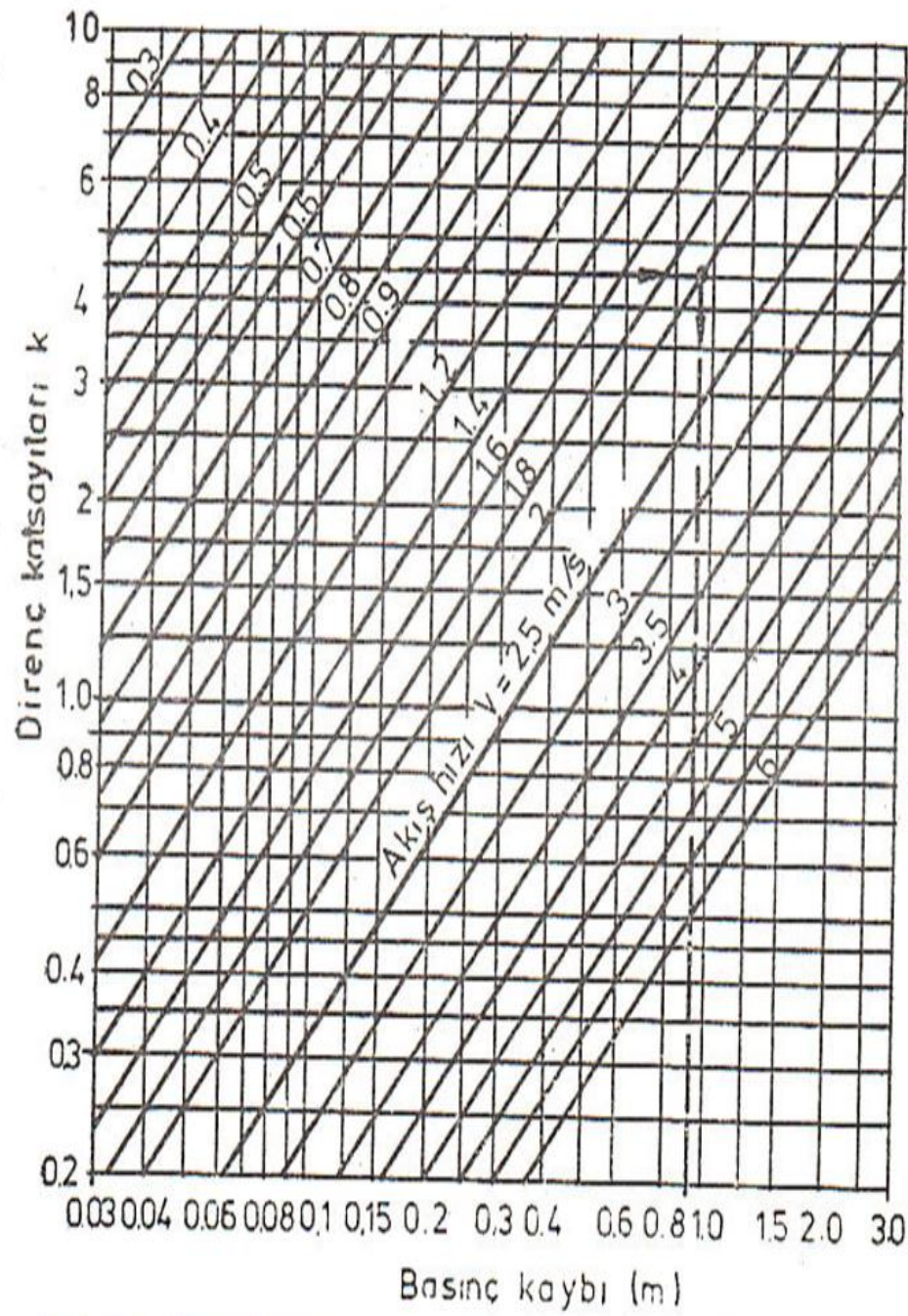
Akış hızı ve doğrultusunun değiştiği dirsek, vana vb. armatürlerdeki basınç kayıpları (form, armatür kayıplar) genel olarak şu eşitlikten bulunabilir:



Şekil 2.21. Düz borulardaki hidrolik sürtünme kayıplarının bulunmasında kullanılan nomogram.



Şekil 2.22. Re sayısına göre λ sürtünme katsayısı.



Şekil 2.23. Direnc katsayısına ve akış hızına bağlı armatür basınç kayıpları.

$$H_{kf} = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Burada yukardakiler dışında, k, form katsayısı olup çeşitli şekildeki armatürlere ilişkin (yaklaşık) değerleri cetvel 2.4'de verilmiştir.'

Ayrıca, form katsayısına ve akış hızına bağlı armatür kayıpları şekil 2.23'deki diyagramdan doğrudan okunabilir.

Cetvel 2.4. Çeşitli elemanlarda söz konusu olan form katsayıları (k).

Şekil	k
Köşeli ve yuvarlak girişlerde	0,5
90° dirsek	1,2
60° dirsek	0,6
45° dirsek	0,4
T parçası	1,2
Sürgülü vana	0,2
Dip klapesi ve süzgeç	2,5
Geri tepme klapesi	1,0

Armatür kayıplarının hesaplanmasında; şekil kayıpları yarımında, ek olarak oluşan kayıpların hesaplanmasını basitleştirmek için bunlar, eşdeğer düz boru boyu değerlerine dönüştürülerek belirtilirler. Eşdeğer düz boru boyu değeri, armatürdeki basınç düşmesine karşı gelecek uzunluktaki düz boru boyunun direnci kadardır. Eşdeğer düz boru boyu aşağıdaki eşitlikten bulunabilir. Ayrıca, çeşitli armatürlere ilişkin, armatür kayıplarının eşdeğer düz boru boyu değerleri cetvel 2.5’de verilmiştir.

Cetvel 2.5. Bazı Armatürler için eşdeğer düz boru boyu değerleri Leşd (m).

Boru iç çapı D (mm)	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600
Serbest vana	1,2	1,5	1,8	2,2	2,9	3,7	5,4	7,3	9,2	11	14	18	22,4
Eğimli vana	4,1	5,5	6,8	8,5	10	11	13	15	16	17	18	20	22
Köşeli vana	7,2	10	13	17	23	31	49	70	95	121	148	207	276
Sürgülü Vana	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	1,9	2,9	4,2	5,6	7,2	8,9	13	17,4
Geri tepme klapesi	2,3	3,4	4,5	6,4	8,9	12	18	26	34	43	54	77	105
Dip klapesi ve süzgeç	5,9	8,0	10	13	16	19	26	32	39	45	52	65	79
90° dirsek (R = 3 D)	2,4	3,4	4,5	6,3	8,9	12	18	26	34	43	53	74	97
T parçası (çıkış)	2,5	3,3	4,0	4,8	5,7	6,8	10	15	21	29	38	60	83
T parçası (giriş)	3,2	4,0	4,9	6,0	7,3	9,0	13	19	26	36	46	69	94

$$L_{eşd} = k_a \cdot \frac{D}{\lambda} \text{ (m)}$$

Toplam armatür kayıplarının hesaplanmasında ise; armatürün geometrik şekil kaybına, toplam eşdeğer düz boru boyu değeri eklenir. Yani;

$$H_{kf} = L_{geo} + \Sigma L_{eşd}$$

Kesit daralması, ya da genişlemesi sonunda oluşan basınç kayıpları da şekil kayıpları olarak adlandırılabilir. Bunlara ilişkin şekil katsayıları (k) ve akış hızına göre şekil kayıpları da hesaplanabilir (şekil 2.23).

Toplam manometrik yükseklik ise, daha önce de belirtildiği gibi toplam geodezik yükseklik ile bireysel kayıpların toplamına eşittir. Yani;

$$H_m = H_{geod} + \Sigma H_k ; H_m = H_{geod} + \left(\lambda \cdot \frac{L}{D} + \Sigma k \right) \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Yüksek viskoziteli akışkanların iletiminde de, su için kullanılan eşitliklerden yararlanılabilir. Ancak, bu durumlarda akışkanın kinematik viskozitesine ve Re sayısına bağlı bir sürtünme katsayısının (λ_a) eşitliğe girmesi gerekir. Buna göre düz borulardaki kayıp için geçerli eşitlik;

$$H_{kda} = \lambda_a \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho \text{ olur.}$$

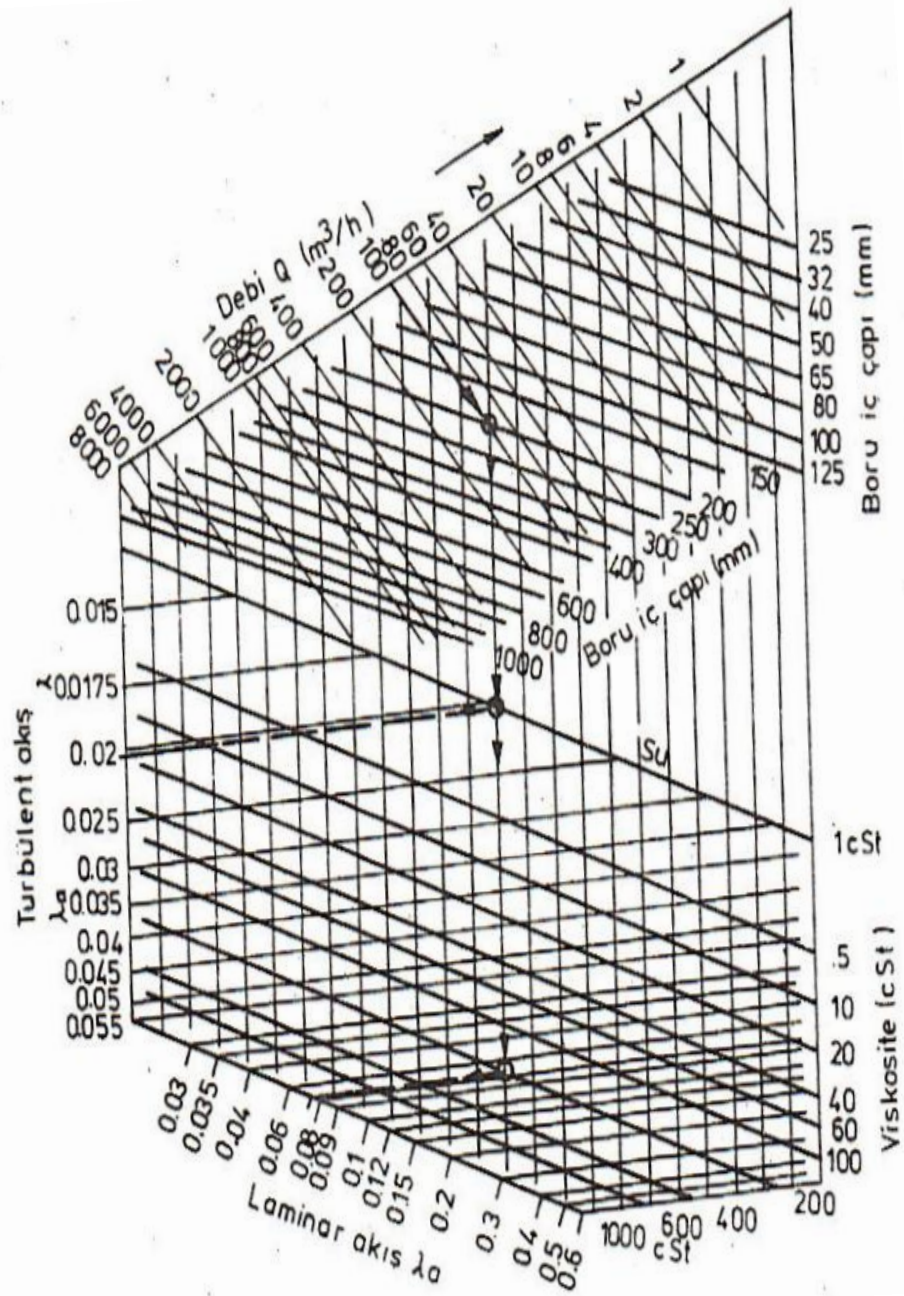
Borulardaki sürtünme katsayıları ile sürtünme kayıpları orantılı olup,

$$\frac{H_{kda}}{H_{kd}} = \frac{\lambda_a}{\lambda} ; H_{kda} = \frac{\lambda_a}{\lambda} \cdot H_{kd} \text{ yazılabilir.}$$

Yüksek viskoziteli sıvıların iletimindeki kayıpların bulunması için, ilkin, verilen koşullarda su için H_{kd} kayıpları bulunur. Daha sonra şekil 2.24'deki diyagramdan λ_a ve λ değerleri saptanarak, yukardaki eşitliğe göre H_{kda} değeri hesaplanır.

Pompa milinde gereksinilen güç; debiye, toplam manometrik yüksekliğe, iletilen akışkanın yoğunluğuna ve pompa tesir derecesine bağlıdır. Genel olarak, pompanın güç gereksinimi şu eşitlikten bulunur:

$$N = \frac{Q \cdot H_m \cdot \rho}{367 \cdot \eta}$$



Şekil 2.24. Yüksek viskoziteli sıvıların iletimdeki λ_s sürtünme katsayılarının bulunmasında yararlanılan diyagram.

Eşitlikte;

N : Pompa milinde gereksinilen güç, kW,

Q : Debi, m^3/h ,

H_m : Toplam manometrik yükseklik, m.

ρ : İletilen akışkanın yoğunluğu, kg/m^3 ve

η : Pompa tesir derecesidir.

Pompa tesir derecesi ise, hidrolik (η_h) ve mekanik (η_m) tesir derecelerini içerir. Yani, $\eta = \eta_h \cdot \eta_m$ dir. Santrifüj pompalarda; mekanik tesir derecesi $\eta_m = 0,88 \dots 0,98$, hidrolik tesir derecesi $\eta_h = 0,62 \dots 0,92$ ve toplam tesir derecesi de $\eta = 0,40 \dots 0,55$ arasındadır. Pistonlu pompalarda ise; mekanik tesir derecesi $\eta_m = 0,88 \dots 0,97$, hidrolik tesir derecesi $\eta_h = 0,85 \dots 0,98$ ve toplam tesir derecesi $\eta = 0,75 \dots 0,95$ arasındadır. Ne var ki, bu değerler su için geçerli olup, büyük viskoziteli akışkanların iletiminde tesir dereceleri küçülür.

Pompayı tahrik edecek motorun gücü (N_m) ise şu eşitliğe göre bulunur:

$$N_m = \beta \cdot N$$

Burada; β : güç rezerv katsayısı olup motor gücüne göre değerleri şöyledir:

N (kW)	β
1	2 ... 1,5
1 ... 5	1,5 ... 1,2
5 ... 50	1,2 ... 1,15
> 50	1,1

Pompanın birim zamanda ilettiği akışkan miktarı, debi, pompa tipine göre farklıdır. Tek etkili pistonlu pompalarda debi şu eşitlikten bulunur:

$$Q_p = F \cdot s \cdot n \cdot \eta_v \cdot 60$$

Burada;

Q_p : Pompanın debisi, m^3/h ,

F : Piston kesit alanı, m^2 ,

s : Strok, m,

n : Devir sayısı, d/dak ve

η_v : Volumetrik tesir derecesidir, (0,95 ... 0,98).

Çift etkili pistonlu pompalarda, pistonun her iki yüzünde çalıştığı için, debinin hesaplanmasında piston kesit alanı yerine $(2F - f)$ değeri konur. Burada, f piston kolu kesit alanıdır.

Dişli pompanın debisi ise şu eşitliğe göre bulunabilir:

$$Q_d = 60 \cdot 2 q \cdot z \cdot n \cdot \eta_v$$

Eşitlikte;

q : İki diş arasındaki hacim, m^3 ,

z : Diş sayısı,

n : Dişli pompa devir sayısı, d/dak ve

η_v : Volumetrik tesir derecesidir, 0,75 ... 0,85.

Sikloid kavramalı tamburlu pompanın debisi;

$$Q_t = 0,0691 \cdot d^3 \cdot n \cdot \eta_v$$

Burada;

d : Tambur çapı, m ve

n : Tambur devir sayısıdır, d/dak.

Santrifüj pompalarda debi, pompa yapışma bağı olarak, manometrik yükseklik ve devir sayısına göre değişir. Bu nedenle debinin bulunmasında, pompa tanıtım eğrilerinden yararlanılır, öte yandan; devir • sayısı, debi, manometrik yükseklik ve güç gereksinimi arasında aşağıdaki ilişkiler vardır.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_{m1}}{H_{m2}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \cdot \frac{\eta_1}{\eta_2}$$

Gıda sanayinde kullanılan pompalar üç grupta toplanabilir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1- Volumetrik pompalar

A) Alternatif (git-gel) hareketli volumetrik pompalar.

- 1) Pistonlu pompalar (şekil 2.25. B)
- 2) Plancerli pompalar (şekil 2.25.A)
- 3) Membranlı pompalar (şekil 2.25.C)

B) Döner hareketli volumetrik pompalar

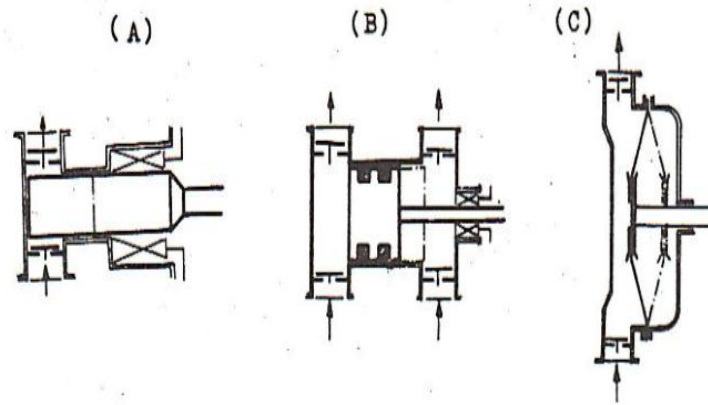
- 2.26) 1)Dişli pompalar (a. içten dişli, b. dıştan dişli) (şekil 2.26)
- 2)Masuralı pompalar (şekil 2.27)
- 3)Döner pistonlu pompalar (şekil 2.28)
- 4)Paletli pompalar (şekil 2.29)
- 5)Salyangoz pompa, helezon dişli pompalar (şekil 2.30)
- 6)Eksantrik salyangoz pompalar (şekil 2.31)

2- Santrifüj pompalar (şekil 2.32)

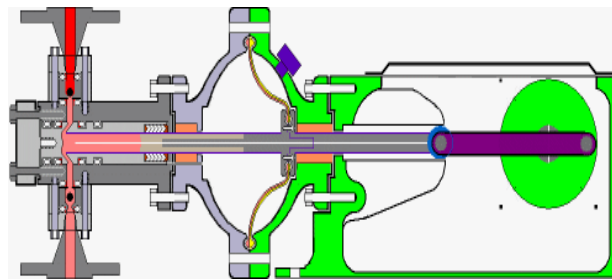
- A- Aksiyal akışlı santrifüj pompalar
- B- Radyal akışlı santrifüj pompalar
- C- Karma tip santrifüj pompalar

3- Hüzmeli tip pompalar (şekil 2.33)

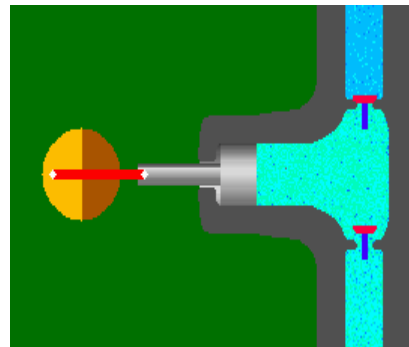
- A- Gaz hüzmeli pompalar
- B- Sıvı hüzmeli pompalar



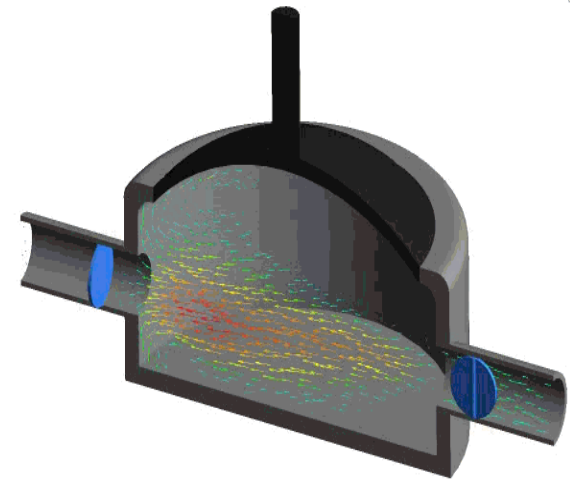
Şekil 2.25. Alternatif hareketli volumetrik pompalar (A: Plancerli, B: Pistonlu, C: Membranlı).



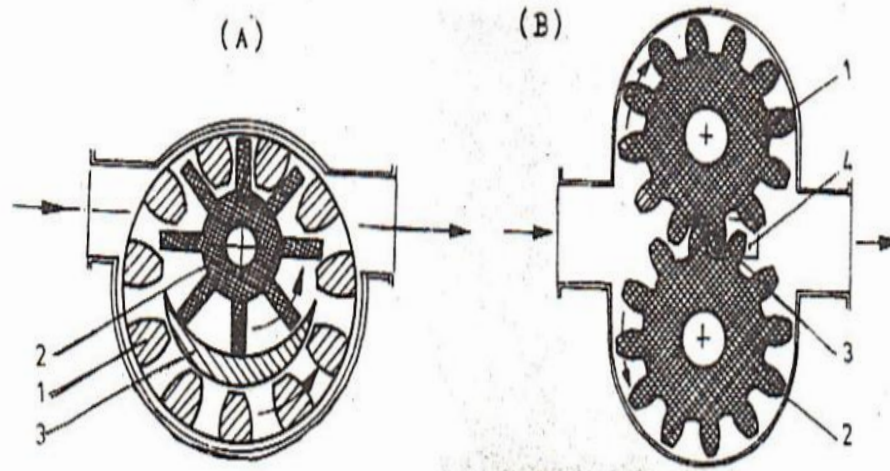
A



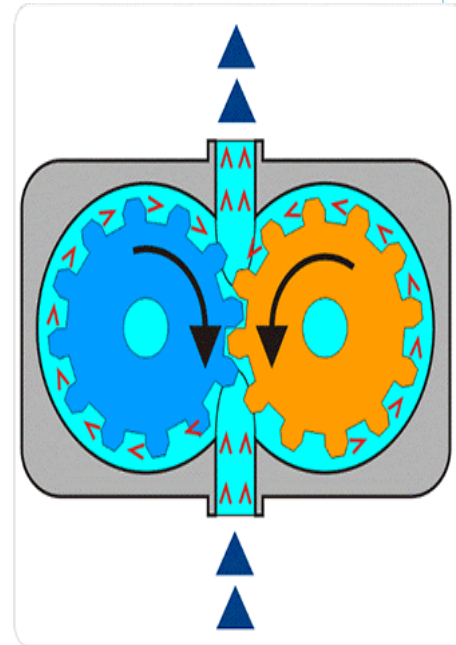
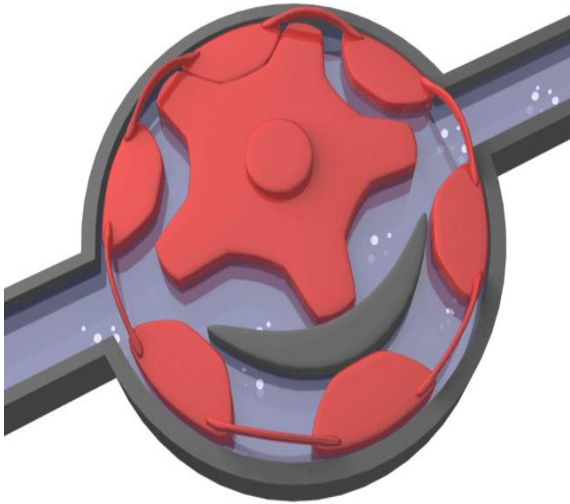
B

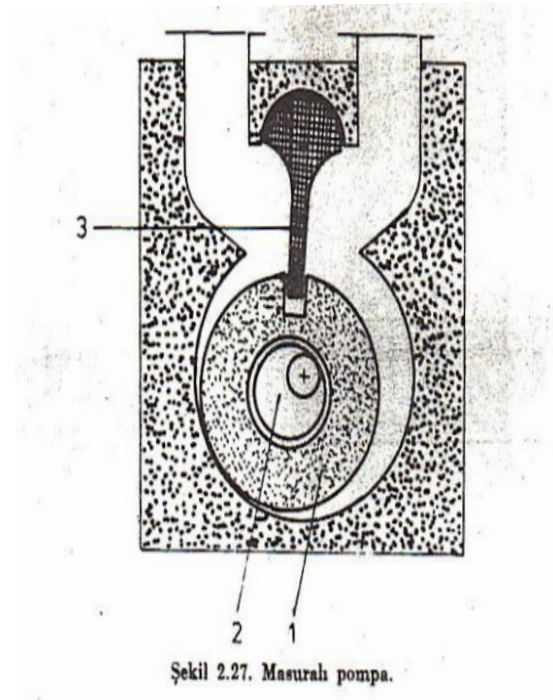
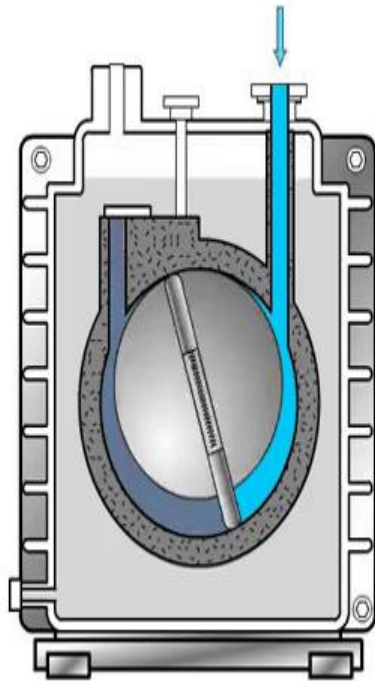


C

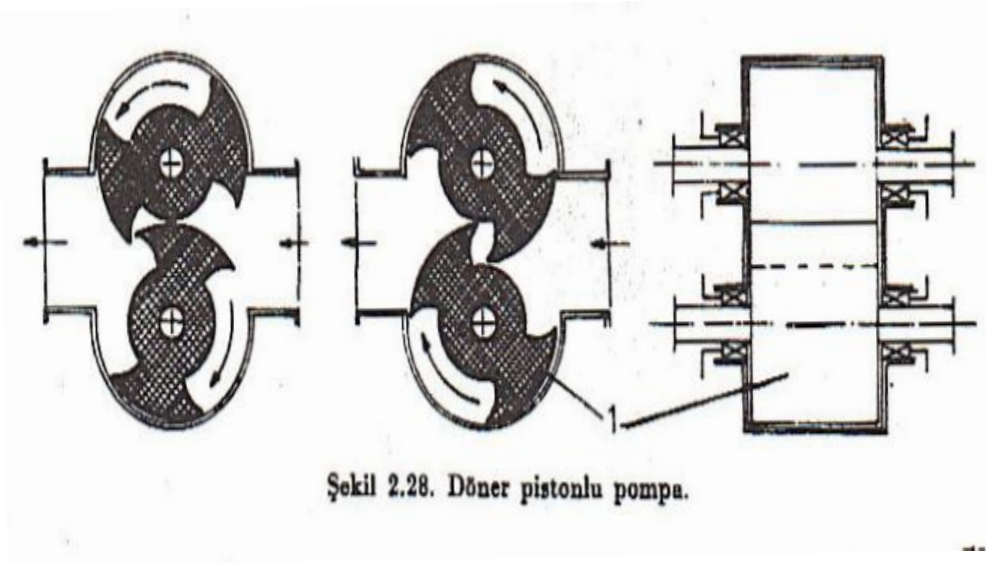


Şekil 2.26. Dişli pompalar (A: İçten dişli ve B: Dıştan dişli).

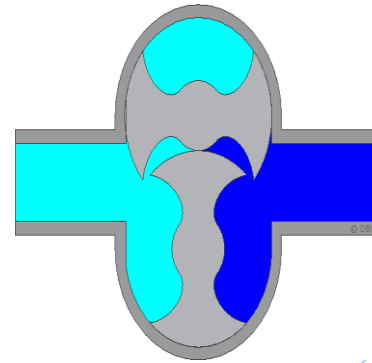
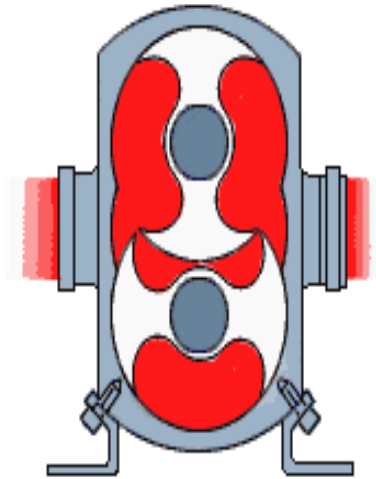
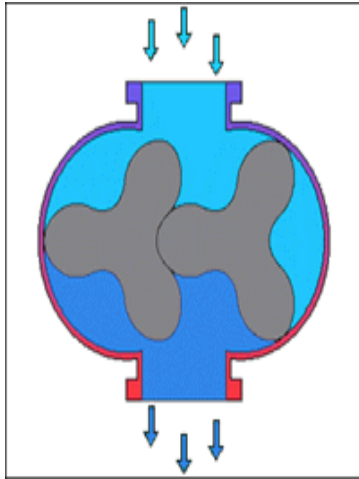




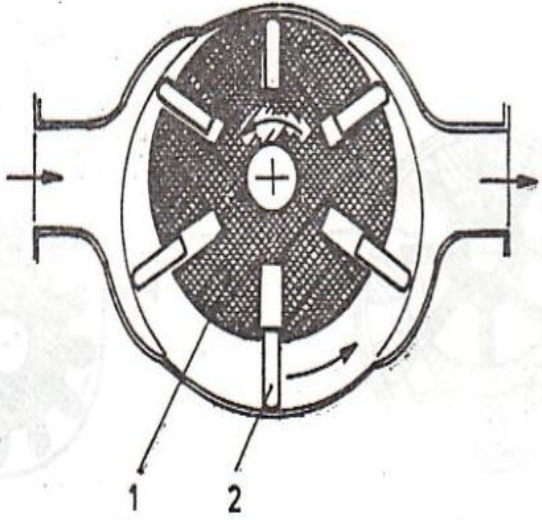
<https://gfyca.com/gifs/search/vacuum+pump>



Şekil 2.28. Döner pistonlu pompa.



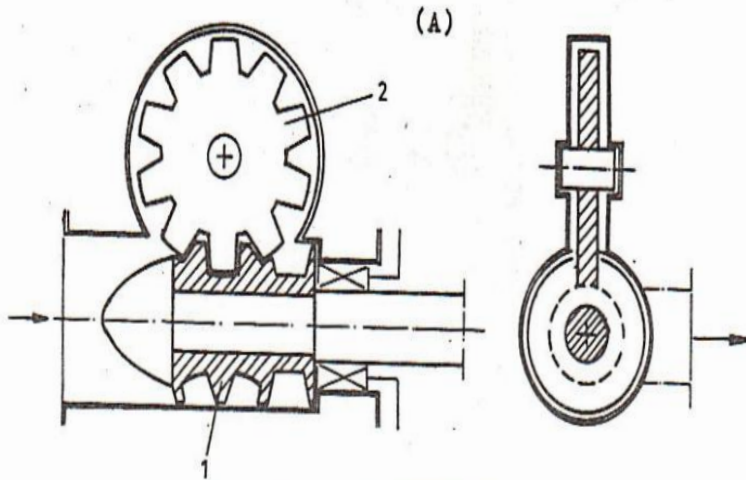
<http://www.allflow-pumpen.de/eng/index.html>



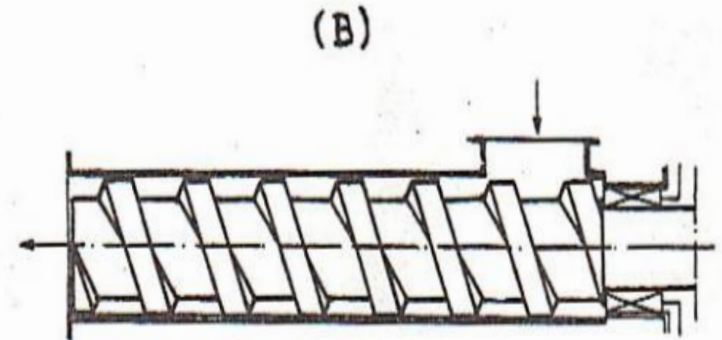
Şekil 2.29. Paletli pompa.



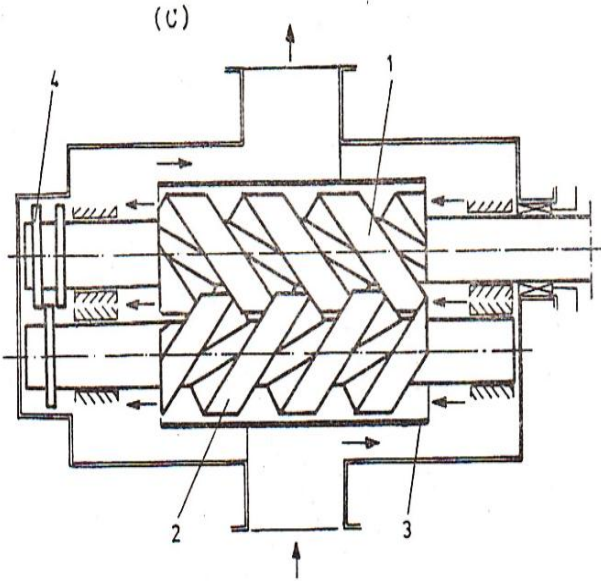
<http://bestanimations.com/Science/Gears/Gears4.html>



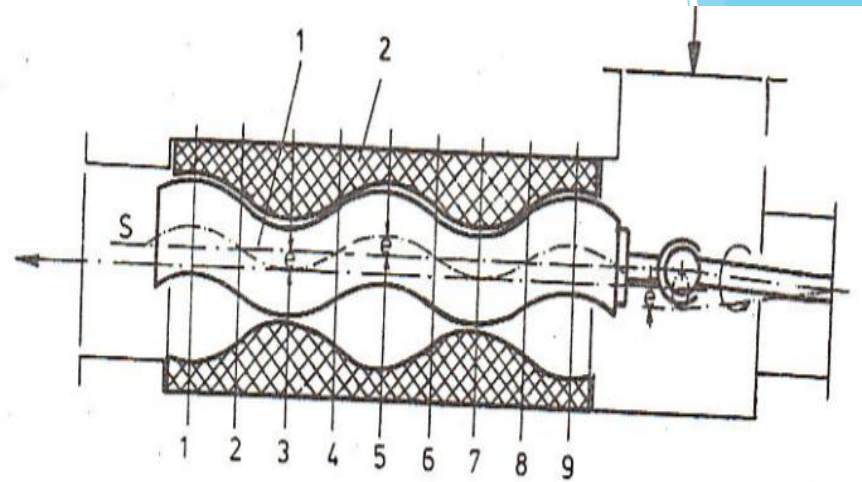
Şekil 2.30. A: Salyangoz pompa.



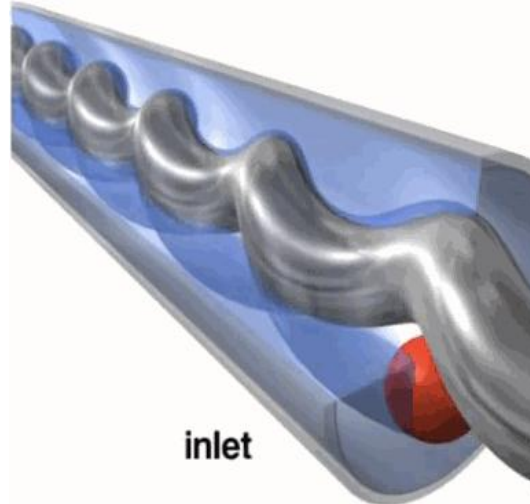
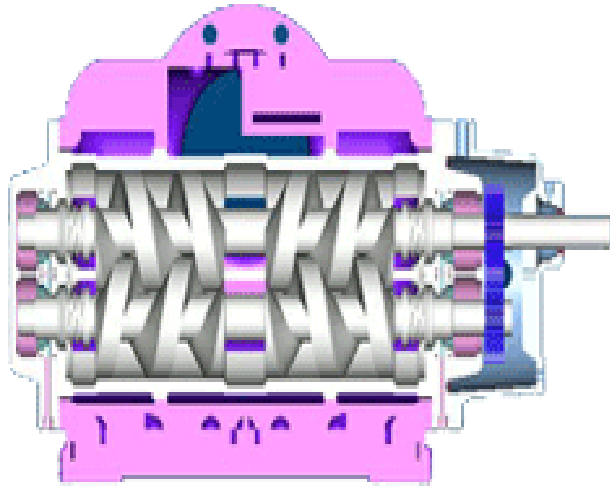
Şekil 2.30. B: Bir helezon dişli pompa,

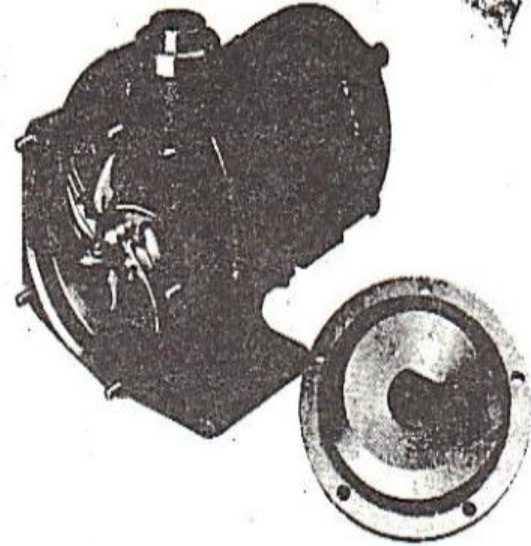
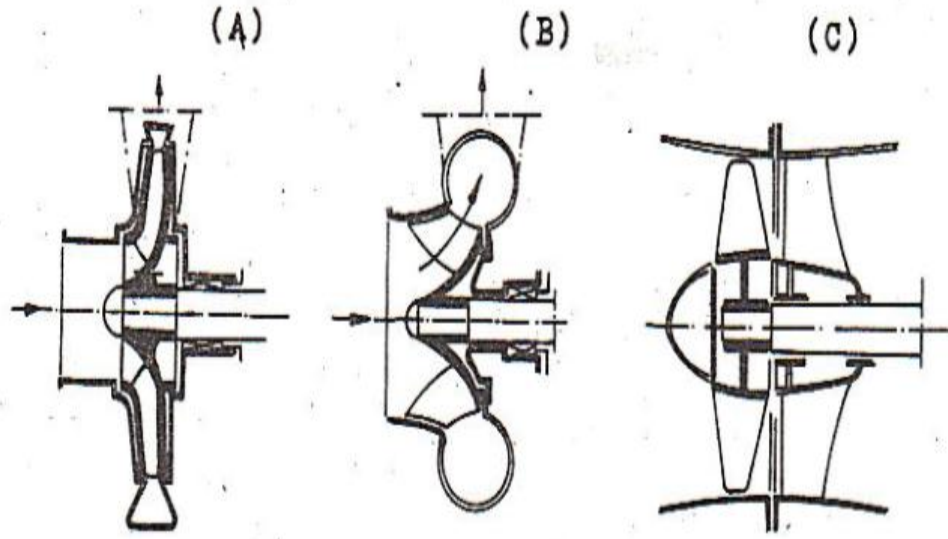


Şekil 2.30, C: Çift helizon dişli pompa.

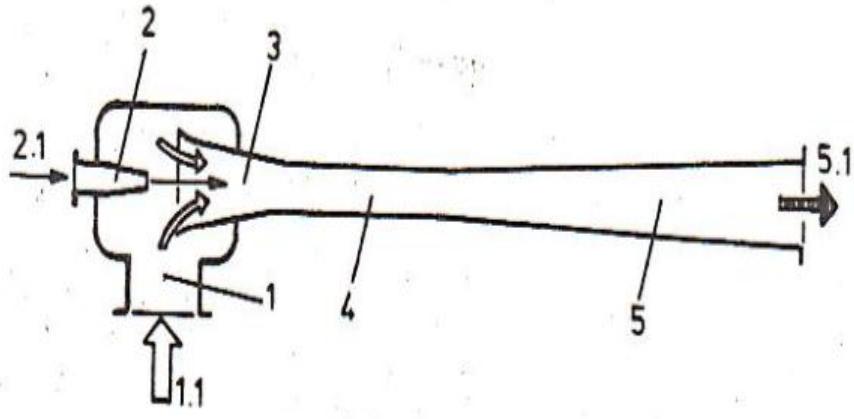


Şekil 2.31. Eksantrik salyangoz pompa.





Şekil 2.32. Santrifüj pompalar (A: Radyal akışlı, B: Karma akışlı, C: Aksiyal akışlı).



Şekil 2.33. Hüzmeli tip pompa.