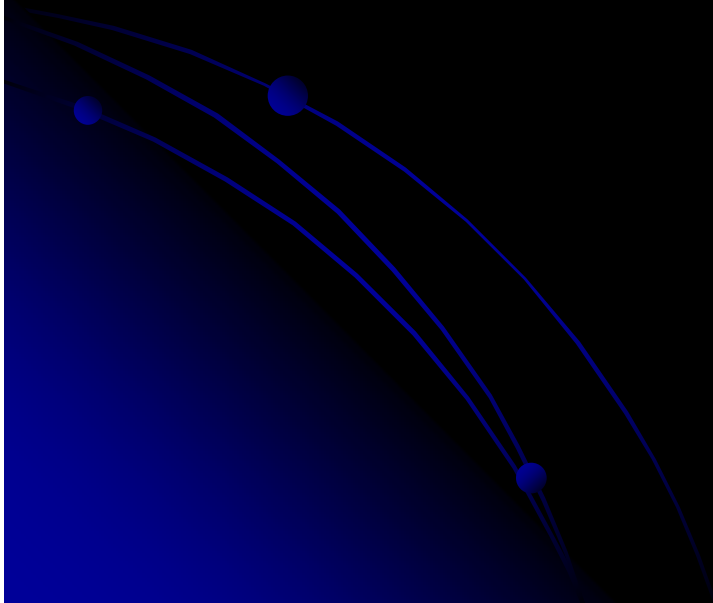


Pumpe

Izmjenjivači topline



Transport fluida – cjevovodi

Dio svakog procesa kemijske, prehrambene industrije ili biotehnologije

PUMPE

Transport fluida (kapljevine):

- na više tlakove i/ili
- na višu geodetsku visinu.

Povijest:

-Traženje tehnoloških rješenja za podizanjem tekućina (posebice vode) na višu razinu

Navodnjavanje polja

Kola - s vrčevima od gline.

-oblik savijenih cijevi.

• Nalikuju na kola današnjih centrifugalnih pumpi.

Arhimedov vijak – princip - danas pužna pumpa – primjer obrada otpadnih voda

*Bring the touch of
yesteryear to
landscaping
or interior
settings*



*available in
green or black*



*available in
green or red*



Atmospheric Pressure or

The Earth Sucks Not

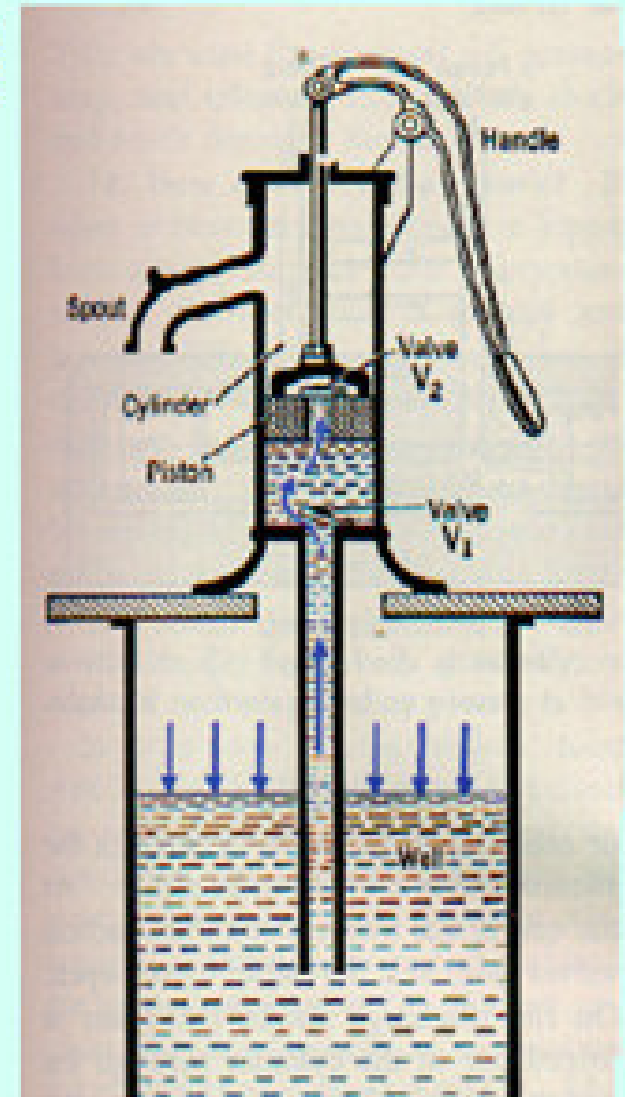
Great Pumps Were
built.

Demos:

Boulder Creek High Pump
Lift Pump


The Great Pump of
Leonardo da Vinci
built for

The Grand Duke of Tuscany...



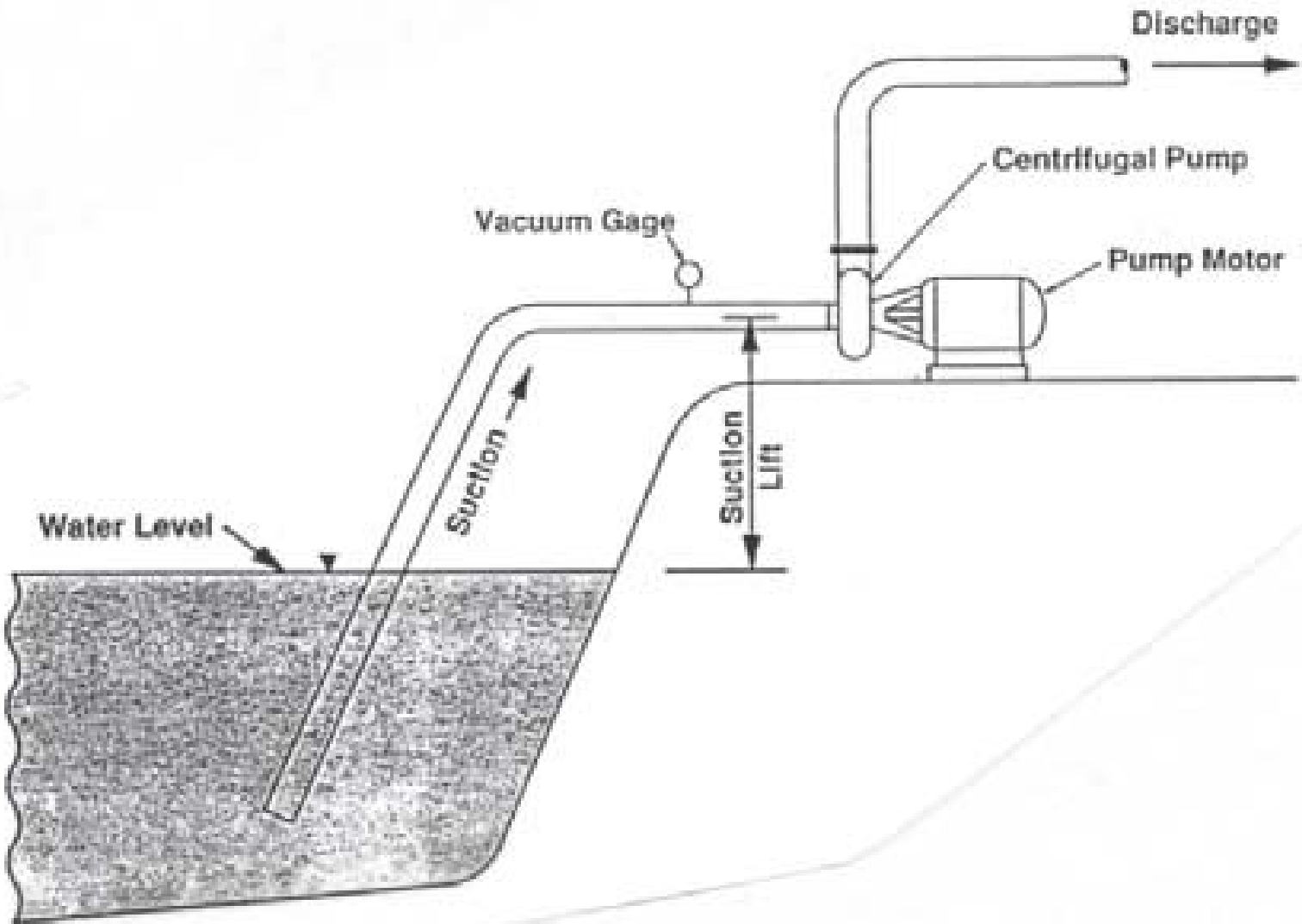
Pumpe su strojevi u kojima se izvana dovedena mehanička energija (rad pogonskog stroja) transformira u energiju radnog fluida.

Za pogon pumpe obično se koriste elektromotori, a u mobilnoj hidraulici i motori s unutarnjim izgaranjem.



Djelovanje pumpe - usisni cijevni vod usisava kapljevину iz donjeg nižeg spremnika
- kroz tlačni vod tlači na visinu gornjeg spremnika.

Uz prevladavanje razlike visina i/ili tlaka između gornjeg i donjeg spremnika (rezervoara).



Princip rada (npr. cilindarske pumpe)
pomicanjem klipa ulijevo obavlja faza usisa
(punjenje cilindra) a pomicanjem klipa udesno faza
tlačenja odnosno pražnjenja cilindra.

Uz otvaranje ventila (usisnog i tlačnog) ovisno o
pojedinoj

slika

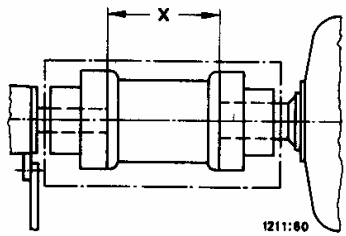
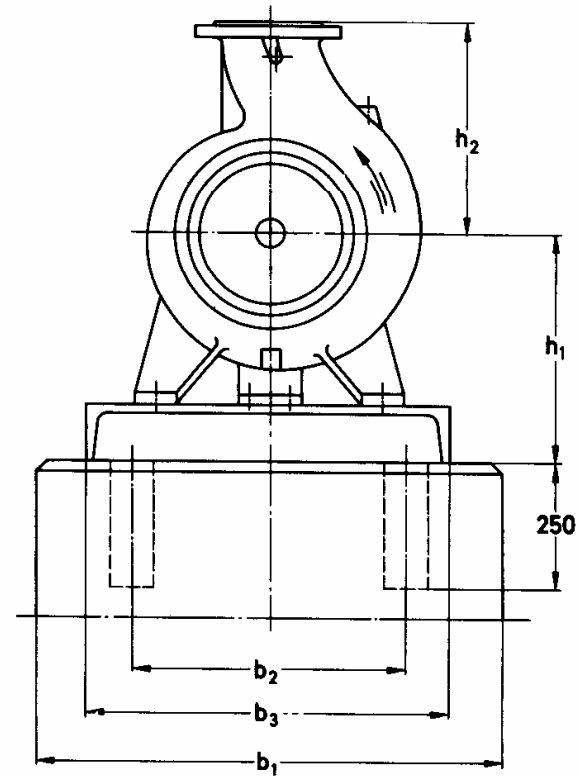
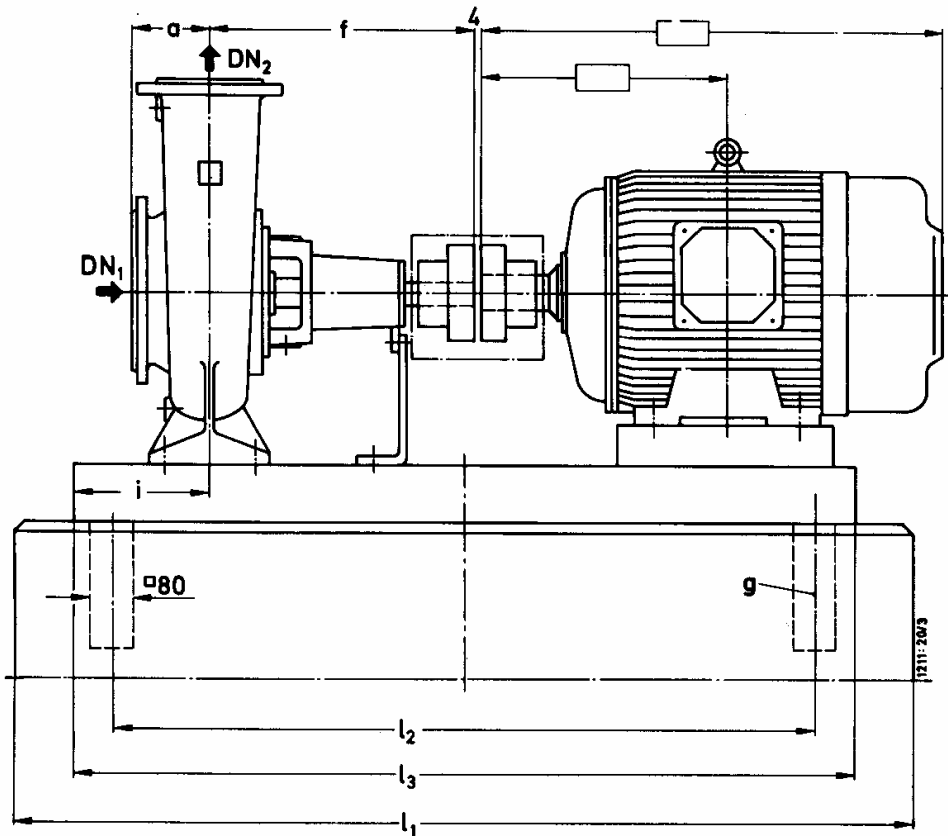


Pumpe – proizvodnja velikih serija,
standardizacija pojedinih tipova
razlog - cijena posljednjih desetak godina
višestruko snižena.

Sličnost izvedbi pumpi različitih proizvođača

Međunarodno dogovorena tzv. «norm – pumpa», --
karakteristika - apsolutna kompatibilnost dijelova,
bez obzira na proizvođača osnovnog sklopa.

Etanorm 32-125.1 – 50-315



mm

Osnovna podjela pumpi

- temelji se na mehanizmu izmjene energije u radnom prostoru pumpe, odnosno mehanizmu pretvorbe mehaničke (pogonske) energije u potencijalnu (tlačnu) energiju.

1. DINAMIČKE mehanizam pretvorbe enrgije počiva na nekom hidrodinamičkom zakonu

• 2. VOLUMENSKE (volumetričke) povećanje tlaka fluida postiže se promjenom volumena radnog prostora.

Dinamičke pumpe:

- Turbo pumpe - pretvorba energije odvija se po zakonu o promjeni količine gibanja (u rotoru predaju snagu fluidu tako sa pokretne lopatice ostvariju silu pritiska na fluid).
- Pumpe na principu posebnih učinaka - mehanizam pretvorbe energije počiva na nekom drugom hidrodinamičkom zakonu

npr: **obodne pumpe** – zakon centrifugalnog ubrzanja u rotirajućem disku, **mlazne pumpe** – zakon turbulentnog mješanja struja fluida, **uzgonske pumpe** – zakon hidrostatskog uzgona, **udarne pumpe** - zakon hidrauličkog udara, **Pitot pumpe** – zakonitost pojave zaustavnog tlaka i t.d.

Volumenske pumpe:

transportiraju fluid (ostvaruju povećanje tlaka i protok) putem smanjenja volumena komora u pumpie dobave

- **povratno translatorne pumpe** (potrebni ventili ili razvodnici) (stapne , membranske)
- **rotorne pumpe** (lamelne, zupčaste vijčane...)(ne trebaju ventile niti razvodnike da bi ostvarile efekt pumpanja.

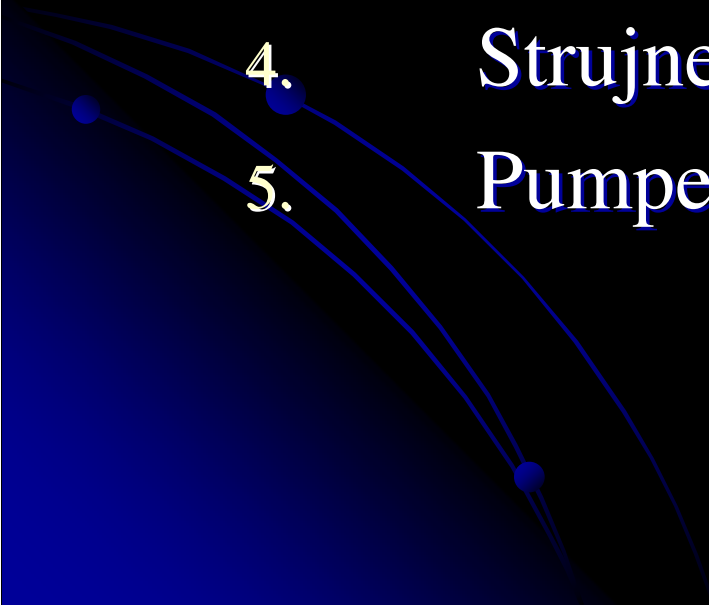
Ventili stapnih pumpi

Rad pumpe ovisi o pravilnom izboru ventila, čija je funkcija da na vrijeme otvara i zatvara prolaz tekućini.

Otvaranje ventila trebalo bi biti u trenutku kada stap polazi iz mrtvog položaja, a zatvaranje u trenutku kada on dođe u mrtvi položaj.

To se ne postiže u potpunosti zbog tromosti ventila i tekućine

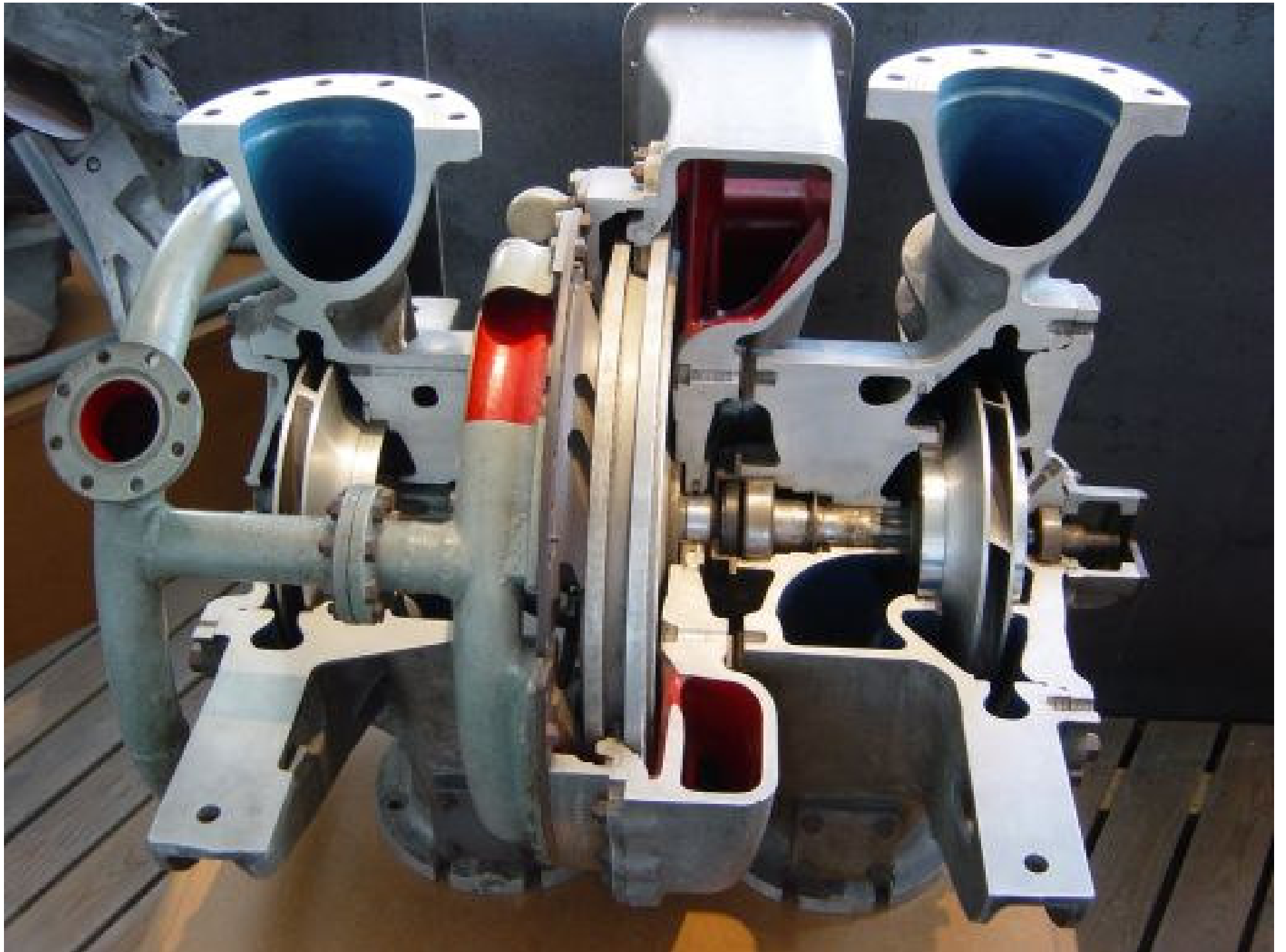
Pumpe u procesnoj industriji (PT, BT, KI)

1. Centrifugalne D
 2. Stapne i klipne V
 3. Rotacione V
 4. Strujne (mlazne) D
 5. Pumpe na stlačeni zrak D
- 

Turbine – Pumpe (sličnosti - razlike)

Energija sadržana uz tekućini kod turbina se predaje rotoru, a kod pumpi mehanička se energija s rotora prenosi na tekućinu povećavajući joj sadržaj energije.

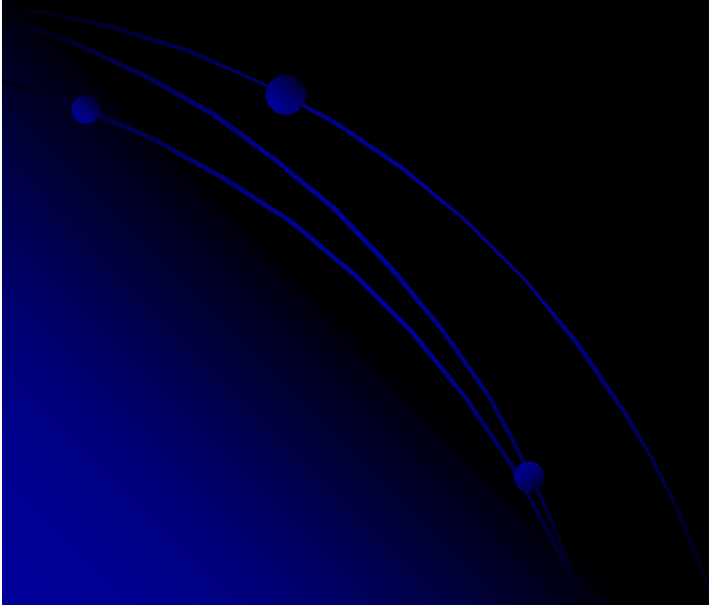
Zbog sličnosti procesa izmjene energije kod turbina i pumpi, pumpe koje sadrže rotore slične turbinskim nazivaju se
TURBOPUMPE



Turbo pumpe

Podjela:

1. Centrifugalne (Radijalne)
2. Poluaksijalne (Dijagonalne)
3. Propelerne (Aksijalne)

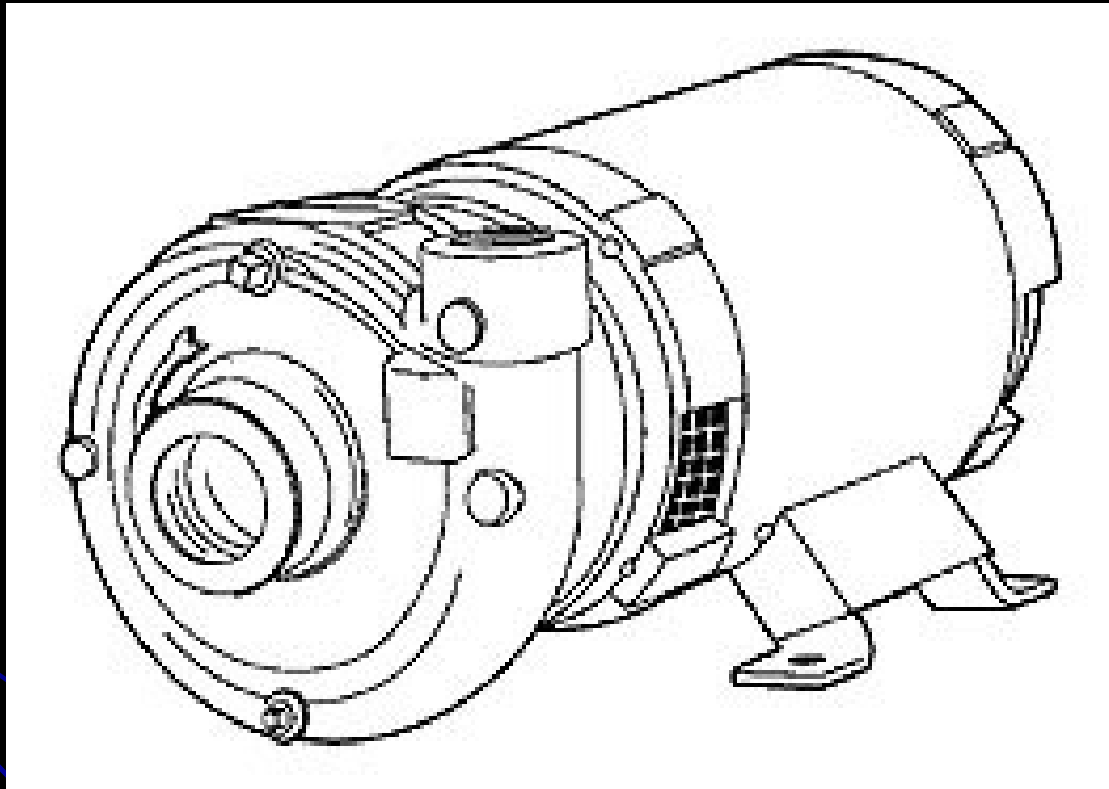


Centrifugalne pumpe

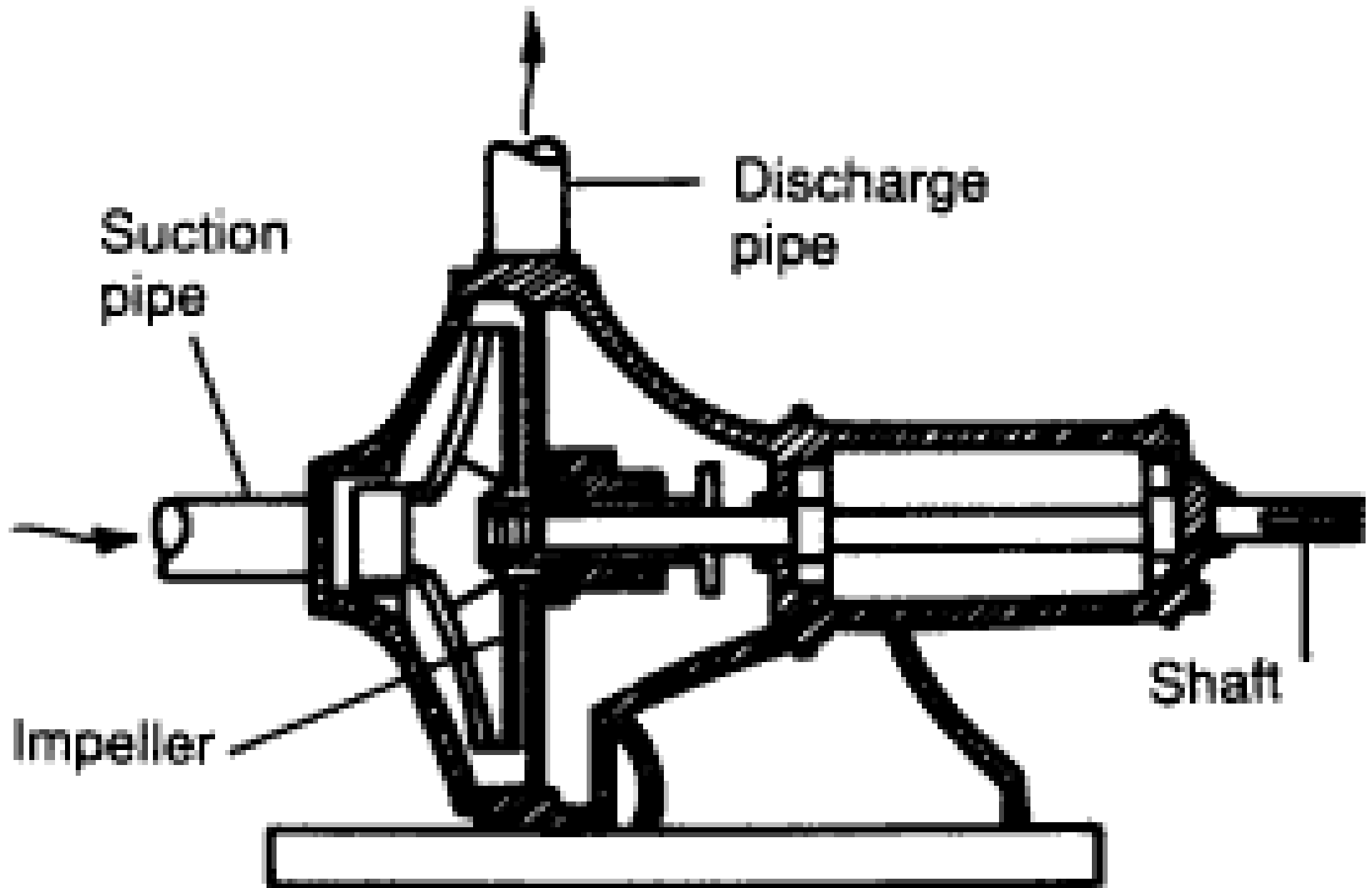
Princip rada:

unutar zatvorenog kućišta spojenog s nasisnim i tlačnim vodom, okreće se radni element pumpe – rotor (kolo).


Tekućina iz nasisnog voda pritječe u sredinu rotora, biva zahvaćena centrifugalnom silom bačena povećanom brzinom prema izlazu.



Kućište, motor, radno kolo
Medij ulazi aksijalno u kolo i radijalno se skreće

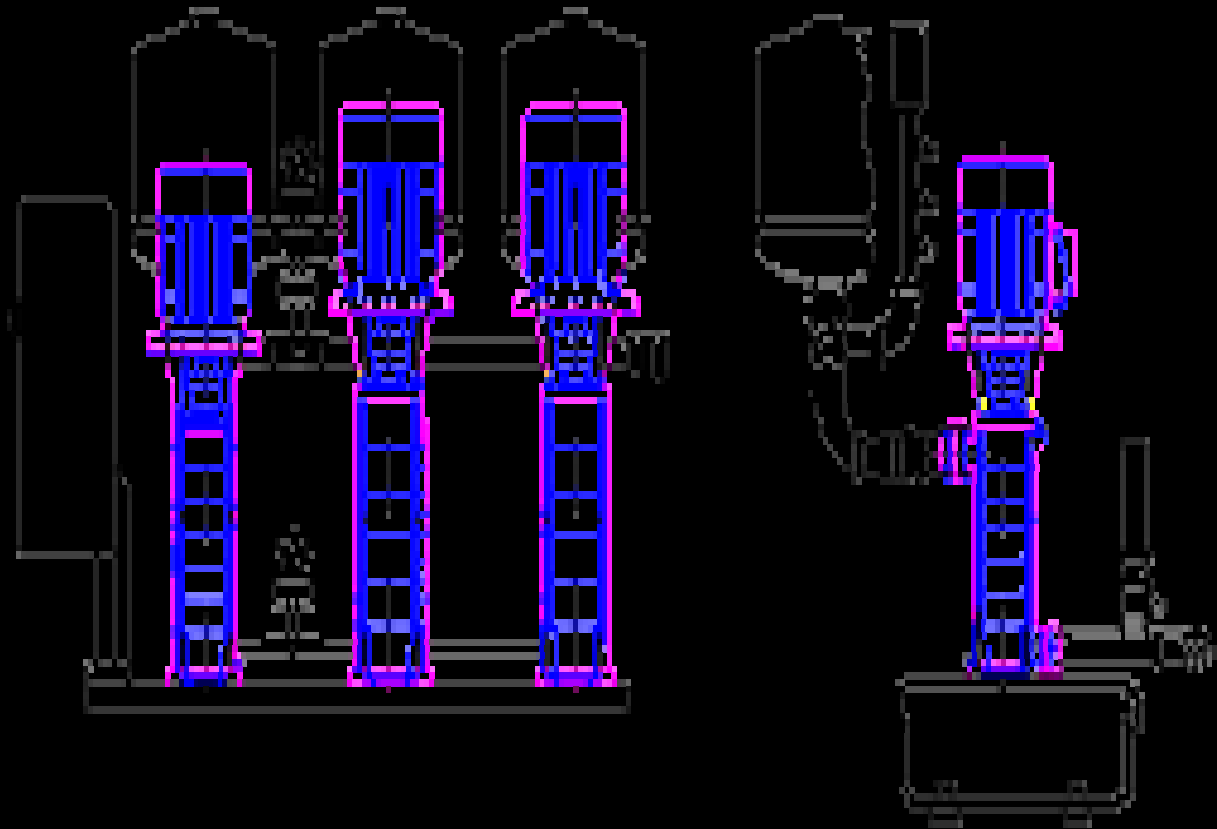
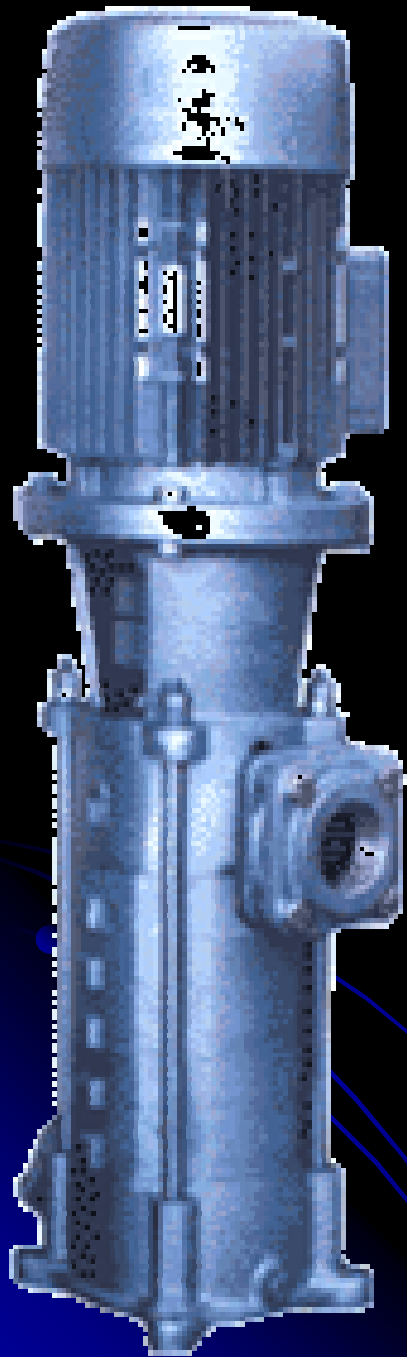


Vrste centrifugalnih pumpi

- Jednosmjerni ulaz tekućine (jednoulazne)
 - Obostrani ulaz tekućine (višeulazne)
 - Jednostupnjevite
 - Višestupnjevite
- 

Poluaksijalne i Aksijalne pumpe

- Rotor ima oblik propelera
- Tekućina struji aksijalno i izlazi radijalno
- Lopatice moraju biti savijene u dva smjera
- Mogu biti i jednostupnjevite i višestupnjevite
- Horizontalne i vertikalne
- Poluaksijalne-rjeđe se susreću u praksi najčešće kao višestepene pumpe bunarskog tipa za dobavu pitke vode
- Aksijalne- veća količina vode uz manju visinu



Višestepena pumpa

**Visoko tlačna pumpa – pr. desalinacija vode –
reverzna osmoza**

Stupanj učinkovitosti – omjer predane i preuzete snage
Označava se s η – (realni sustav, gubici η manji od 1
(100%))

Stupnjevi učinkovitosti razlikuju se obzirom na
veličinu pumpe i konstrukciju.

I unutar karakteristične krivulje pumpi – razlikuje se

(slika)



$\eta = f(\text{visine dobave, protoka, gustoće kapljevine, snage na osovini pumpe})$

Karakteristika pumpe

Stupanj učinkovitosti - crtaju se u zavisnosti o
Krivulja snage protoku

Grafovi za pojedine pumpe

Visina dobave je iskoristivi mehanički rad koji se prenosi na tekućinu koja se transportira.

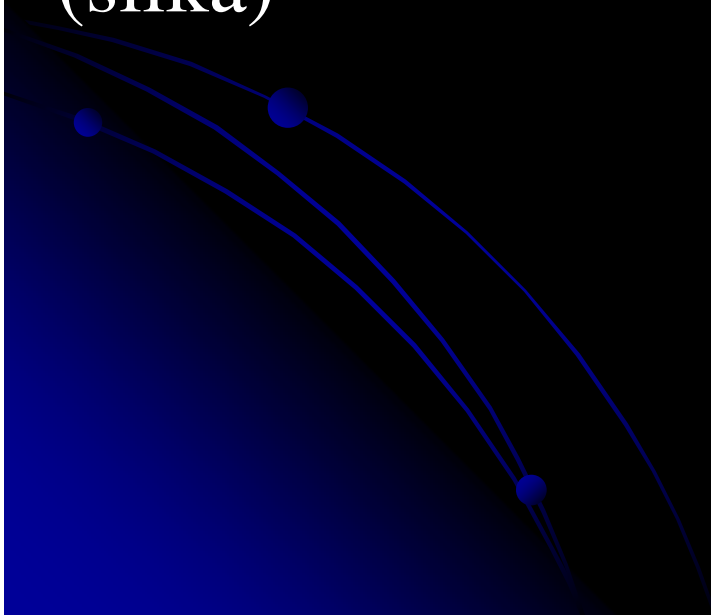
Visina dobave u metrima ili kao tlak
 $10 \text{ m} = 1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$

Karakteristična krivulja postrojenja

Potrebna zbog:

pada tlaka uslijed otpora cijevi (promj., hrapavost, duljina),
viskoznosti medija, temperature, brzine strujanja,
armature.....

(slika)



Najvažnija karakteristika –
NPSH- neto pozitivna visina usisa
(eng. Net positive Suction Head)

Izražava se u metrima stupca kapljevine koja se pumpa i predstavlja razliku tlaka u točki osi pumpe i tlaka para iznad kapljevine na radnoj temperaturi

Najvažnija karakteristika centrifugalnih pumpi

$$p_{NPSH} = \rho \cdot g \cdot h + p_a - p_v - \Delta p \quad (\text{Pa})$$

$$h_{NPSH} = h + \frac{p_a - p_v - \Delta p}{\rho \cdot g} \quad (\text{m})$$

p_a – tlak u posudi iz koje se pumpa

p_v - tlak para iznad kapljevine na radnoj temperaturi

Δp - gubitak tlaka trenjem u usisnom cjevovodu

h – razlika visina razine kapljevine u posudi iz koje se pumpa i osi pumpe

NPSH raspoloživa- funkcija je sustava i geometrije usisnih cjevovoda pumpe

NPSH potrebna – funkcija je oblika rotora i kapaciteta pumpe

Mora biti NPSH raspoloživa $>$ NPSH potrebne

Ako je raspoloživa manja od potrebne NPSH

dolazi do kavitacije

Problemi:

Kavitacija i hidraulički udar

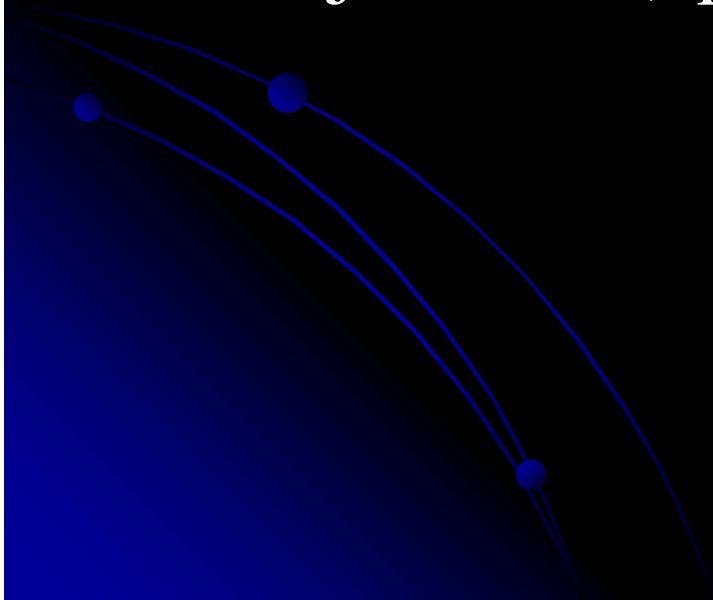
Kavitacija je pojava parne faze unutar kapljevine (isparavanje kapljevine).

Javlja se na mjestu na kojem unutar hidrauličkog sustava tlak padne na razinu tlaka isparavanja (zasićenja) kapljevine.

Kada nakon pojave isparavanja kapljevina dođe u područje viših tlakova, dolazi do implozije parnih mjehurića i time do vrlo intenzivne erozije materijala i brzog trošenja (uništenja) hidrauličkih elemenata. Stoga unutar sustava tlak ne smije nigdje pasti na nivo tlaka isparavanja kapljevine. Tlak isparavanja kapljevine zavisi od vrste i temperature kapljevine

Hidraulički udar

pojava opasno visokog tlaka (tlačni udar) izazvana naglom promjenom količine gibanja tekućine. Javlja se prilikom nagle obustave ili uspostavljanja protoka (npr. naglog zatvaranja ili otvaranja ventila) posebice kod dugih cjevovoda.

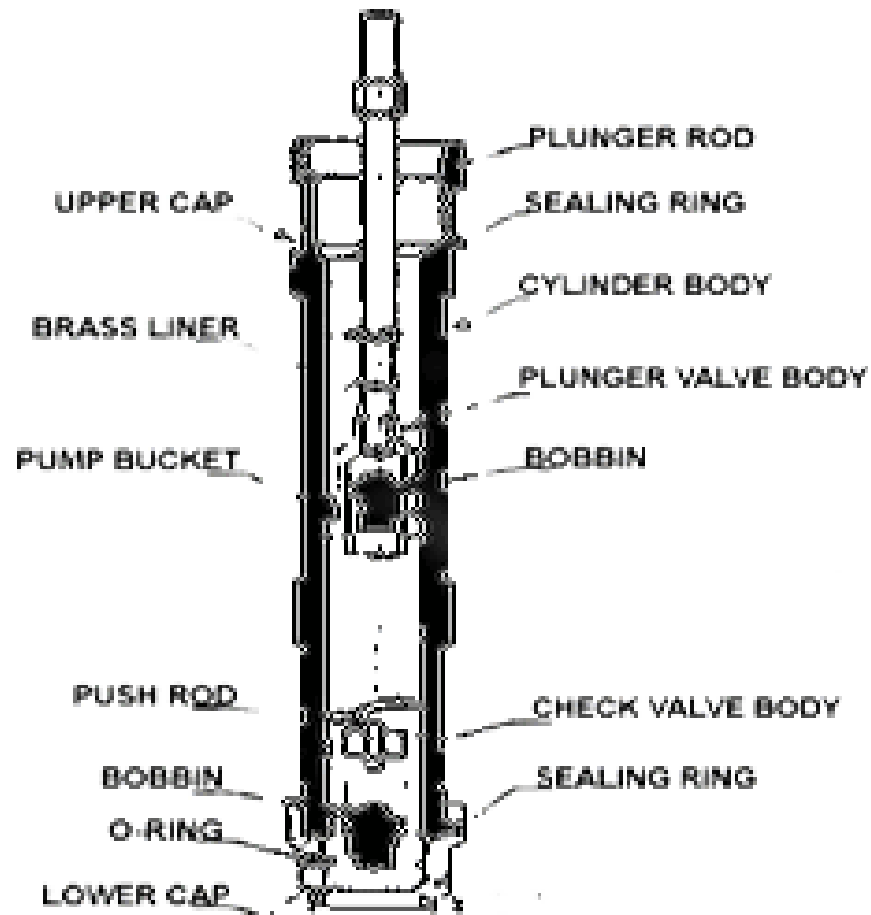


Stapne i klipne pumpe

Sastoje se od:

radnog cilindra u kome se nalazi stap ili klip kao radni element vezan preko ovojnice zamašnjaka,

nasisnog i tlačnog ventila preko ovojnice zamašnjaka koji su s radnim cilindrom spojeni preko usisnog i tlačnog ventila i kroz koji se tekućina transportira iz donjeg u gornji rezervoar.



IM III Deepwell

Podjela stapnih pumpi

Prema mehanizmu za pokretanje klipa

- stapne pumpe s križnom glavom
- stapne pumpe bez križne glave

Prema principu rada pumpe:

- Jednoradne, dvoradne

Mogu biti: jednocilindrične i višecilindrične

Horizontalne i vertikalne.

Ventili stapnih pumpi

Rad pumpe ovisi o pravilnom izboru ventila, čija je funkcija da na vrijeme otvara i zatvara prolaz tekućini.

Otvaranje ventila trebalo bi biti u trenutku kada stap polazi iz mrtvog položaja, a zatvaranje u trenutku kada on dođe u mrtvi položaj.

To se ne postiže u potpunosti zbog tromosti ventila i tekućine .

Ventili stapnih pumpi

Podjela prema obliku:

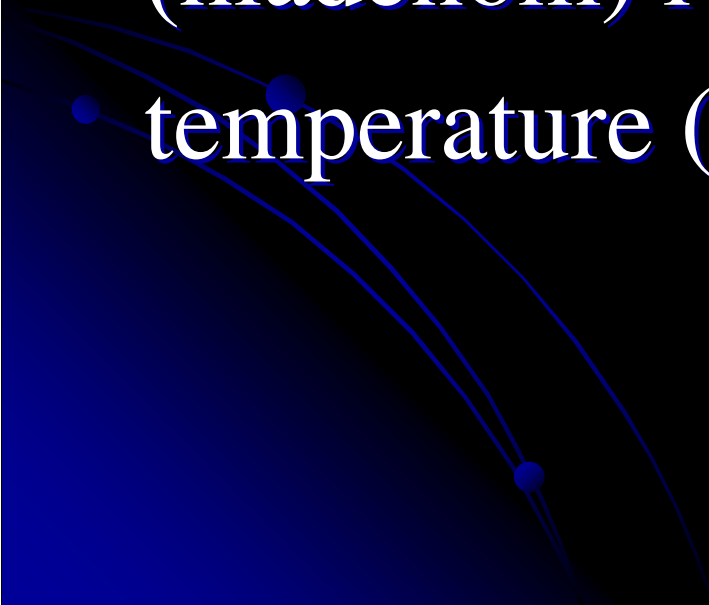
- tanjurasti – kod malih pumpi s velikim brojem okretaja
- prstenasti – kod velikih pumpi zbog njihove velike propusnosti
- kuglasti – za male pumpe i pri malom broju okretaja zbog velike tromosti



Izmjenjivači topline

Izmjenjivači topline

su uređaji u kojima se toplina oduzima mediju više temperature (hlađenom) i predaje mediju niže temperature (grijanom).





Izmjenjivač topline voda, zrak

Prijenos topline

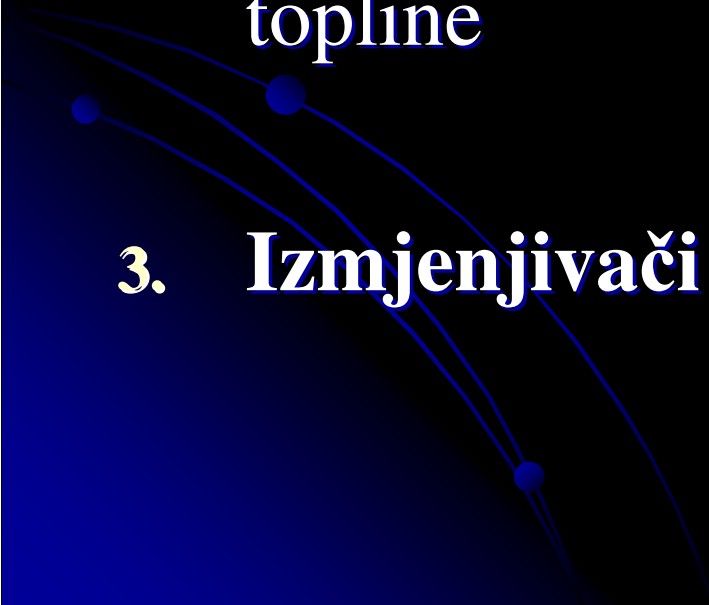
Javlja se u većini uređaja u kem. Preh ind i u biotech

Toplinski tok = f (ukupnog koeficijenta prijenosa topl
Površine prijenosa topline, srednje temp razlike
Toplog i hladnog fluida)

- Srednja logaritamska vrijednost razlike temp:

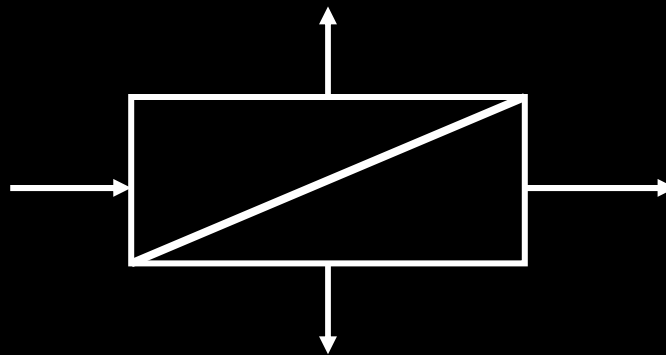
$$\Delta T_m = \frac{(T_{t1} - T_{h1}) - (T_{t2} - T_{h2})}{\ln\left(\frac{T_{t1} - T_{h1}}{T_{t2} - T_{h2}}\right)}$$

PODJELA:

1. **Rekuperatori ili površinski izmjenjivači topline (tehnički izmjenjivači topline)**
 2. **Regeneratori ili akumulacijski izmjenjivači topline**
 3. **Izmjenjivači topline s miješanjem**
- 

Rekuperatori

Uređaji u kojima su struje dvaju medija međusobno razdvojene nekom stjenkom, kroz koju se toplina provodi s jednog na drugi – to su uređaji sa stacionarnom izmjenom topline (izmjena preko čvrste stjenke)

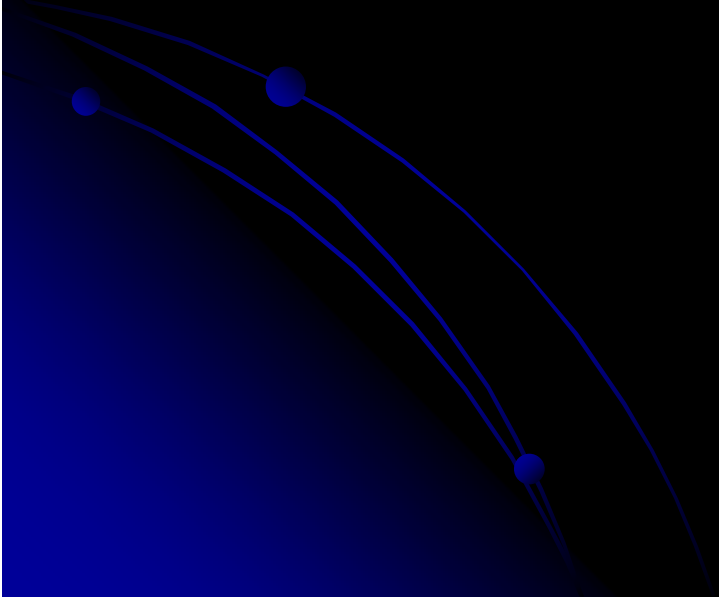


Podjela

Prema međusobnom smjeru strujanja medija, odnosno prema temperaturnom toku duž površine razlikujemo :

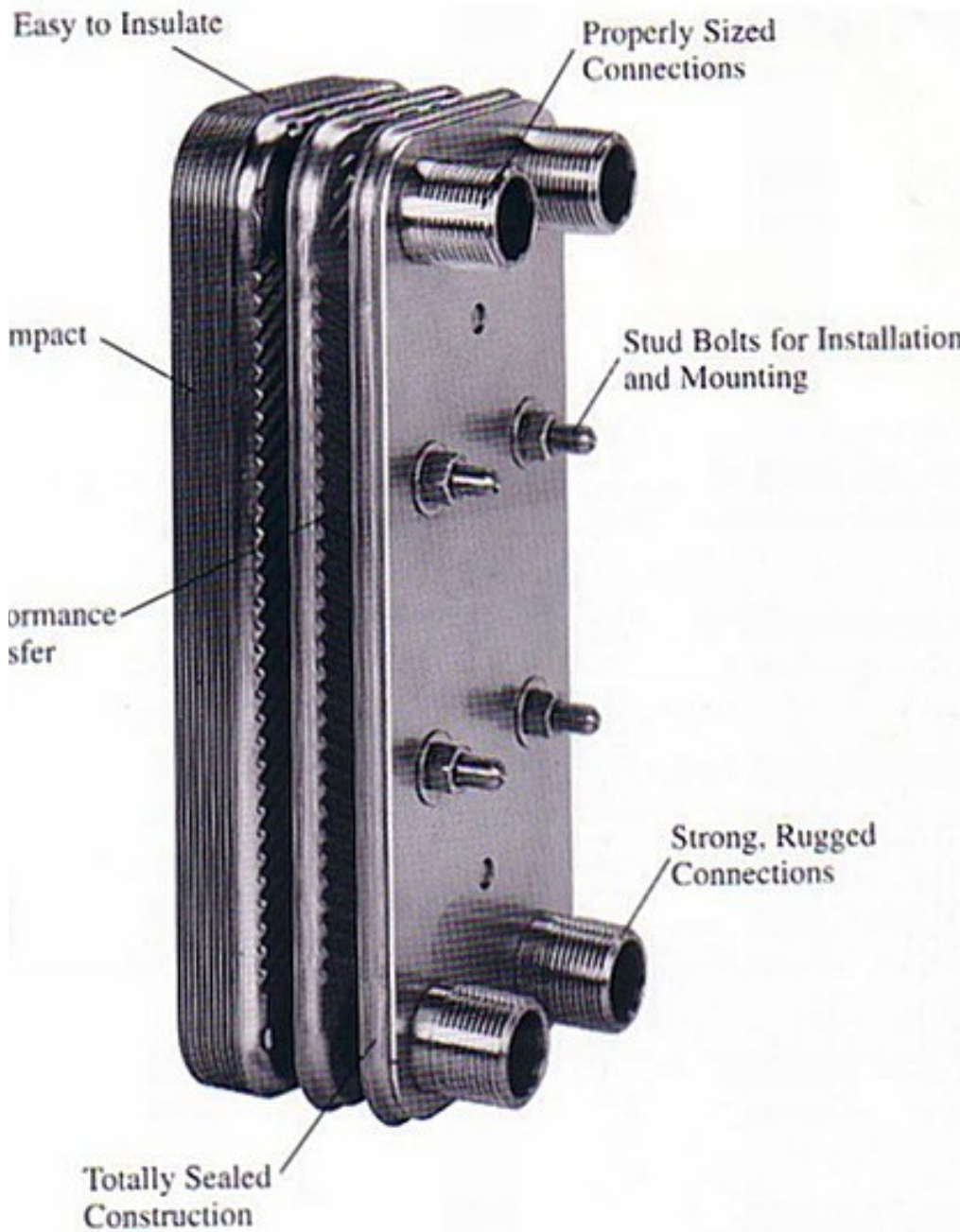
1. **Istosmjerni** – struje obaju medija teku u istom smjeru
2. **Protusmjerni** - tok struja je u suprotnim smjerovima
3. **Unakrsni** – struje se presijecaju pod pravim kutem

4. **Kombinirani i posebne izvedbe**
(unakrsno i istosmjerno ili protusmjerno strujanje)
5. **Kondenzatori i isparivači – jedan ili oba medija imaju konstantnu temperaturu** (za vrijeme isparavanja odnosno kondenzacije)
6. **Nestacionarni – ohlađivanje ili zagrijavanje se odvija s vremenom**





Cijevni izmjenjivač topline



Pločasti izmjenjivač topline

Regeneratori ili akumulacijski izmjenjivači topline

Toplinski aparati građeni od materijala velikih toplinsko akumulacijskih sposobnosti. Medij koji se hladi struji preko površine akumulacijske mase i njoj daje toplinu. Iza toga, preko površina struji medij koji se grije, primajući toplinu od akumulacijske mase. Izmjena topline je nestacionarna.





Izmjenjivači topline s miješanjem

To su posude u kojima se izmjena topline između dva fluida odvija njihovim neposrednim miješanjem. Površina potrebna za izmjenu topline može se točno izračunati. Površina se povećava ugradnjom komadnih elemenata (pregrada, Rašing-prstena, folija) i ugradbom uređaja za raspršivanje (perforirane tave, kaskade, mlaznice)