

# Zupčaste pumpe i motori

---

**Mikelić, Marino**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:795526>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-25**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**uniri** DIGITALNA  
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**MARINO MIKELIĆ**

**ZUPČASTE PUMPE I MOTORI**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**ZUPČASTE PUMPE I MOTORI  
GEARS PUMPS AND MOTORS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Brodska hidraulika i pneumatika

Mentor/komentor: Rikard Miculinić

Student/studentica: Marino Mikelić

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112076443

**Rijeka, travanj 2022.**

Student/studentica: MARINO MIKELIĆ  
Studijski program: PREDDIPLOMSKI STUDIJ - BRODOSTROJARSTVO  
JMBAG: 0112076443

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

ZUPČASTE PUMPE I MOTORI  
(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

PROF. MR. SC. RIKARD MIKULINIĆ  
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom \_\_\_\_\_

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_  
(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

(potpis) Mikelić Marino

Ime i prezime studenta/studentice

MARINO MIKELIĆ

Student/studentica: MARINO MIKELIĆ  
Studijski program: PREDDIPLOMSKI STUDIJ - BRODOSTROJARSTVO  
JMBAG: 011 2076443

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor

(potpis) Mikelić Marino

### SAŽETAK

Završni rad obrađuje hidrauličke strojeve odnosno zupčaste pumpe s unutarnjim ozubljenjem i motore koje se koriste u hidrauličkim sustavima. Osnovna podjela hidrauličkih pumpi navedena je u tablici konstrukcijske podjele te su prikazani simboli hidrauličkih pumpi. Temeljito je opisana konstrukcija zupčaste pumpe s unutrašnjim ozubljenjem, princip rada, sastavni dijelovi i njihove funkcije kao i dijagram veličina zupčastih pumpi u Bosh izvedbi. Također je navedena Duo pumpa kod koje dva zupčanika imaju različit pomak za razliku od uobičajene zupčaste pumpe s unutrašnjim ozubljenjem. Kao hidraulički motori s unutrašnjim ozubljenjem su navedeni motori s jednim smjerom vrtnje i motori s dva smjera vrtnje te je opisan georotor motor.

### SUMMARY

The final work deals with hydraulic machines, i.e. gear pumps with internal gearing and motors used in hydraulic systems. The basic division of hydraulic pumps is listed in the structural division table and the symbols of hydraulic pumps are shown. The construction of the gear pump with internal gearing, the principle of operation, the components and their functions, as well as the diagram of the sizes of the gear pumps in the Bosch version are thoroughly described. Also listed is the Duo pump, where the two gears have different offsets, unlike the usual gear pump with internal gearing. As hydraulic motors with internal gearing, motors with one direction of rotation and motors with two directions of rotation are listed, and a georotor motor is described.

## Tablica sadržaja

1 HIDRAULIKA.....	5
1.1 Pumpe i motori hidrauličkog sustava.....	5
1.2 Konstrukcijska podjela pumpi.....	8
2. PUMPE I MOTORI SA VANJSKIM I UNUTARNJIM OZUBLJENJEM -.....	10
2.1. Konstruktivne izvedbe zupčastih hidrauličkih strojeva.....	11
2.2 Karakteristike zupčastih pumpi i motora.....	14
2.3. Princip rada zupčastih pumpi sa vanjskim ozubljenjem.....	15
2.3.1. Aksijalno brtvljenje.....	16
2.3.2. Radijalno brtvljenje.....	17
2.3.3. Ispuštanje ulja iz međusobno zahvaćenih zupčanika.....	18
2.3.4. Međusobno povezane zupčaste pumpe.....	20
2.3.5. Ventili zupčaste pumpe.....	21
2.3.6. Duo pumpa.....	22
2.3.7. Dijagram veličina zupčastih pumpa.....	23
2.8. OSNOVNI TIPOVI MOTORA SA UNUTARNJIM OZUBLJENJEM.....	25
2.8.1. Motori s stalnim smjerom vrtnje.....	25
2.8.2. Reverzibilni motori.....	25
2.8.3. Karakteristike dobave i tlaka motora sa unutrašnjim ozubljenjem.....	28
3 GEROTOR MOTORI – motori sa unutrašnjim ozubljenjem.....	29
4 ZAKLJUČAK.....	32
5 Popis slika.....	33
6 Popis tablica.....	33
7 Literatura.....	34

# 1 HIDRAULIKA

Hidraulika se primjenjuje kod prijenosa energije i signala naročito zbog svojih prednosti. U strojarstvu hidraulika uključuje široko područje pojmova vezanih za hidrauliku viskoznih fluida koji se primjenjuju kod hidrauličkog prijenosa snage. Hidraulički prijenos snage predstavlja određeni tehnički sistem u kojem se energija prenosi na određenu udaljenost s mogućnošću reguliranja brzine i protoka fluida. Hidraulički prijenos snage se može odvijati hidrodinamički gdje se princip rada bazira na promjeni energije gibanja fluida, takvi se strojevi nazivaju dinamičkim strojevima te hidrostatički gdje radnju obavljaju strojevi koji konverzaciju energije obavljaju potiskivanjem fluida promjenom volumena u kojem se taj fluid nalazi pa se takvi strojevi nazivaju volumetrijskim strojevima.

## 1.1 Pumpe i motori hidrauličkog sustava

Funkcija pumpi i motora u hidrauličkom sustavu je, baš kao i hidrauličkih cilindara, transformacija mehaničke energije u hidrauličku energiju i obratno.

Hidraulička pumpa preuzima hidraulički fluid iz tanka i šalje ga u hidraulički sustav pri čemu predaje mehaničku energiju fluidu koji se koristi za prijenos hidrauličke energije. Hidraulički fluid u svom procesu transporta energije koristi elemente za upravljanje tlakom i protokom kako bi se regulirali svi parametri prijenosa snage. U konačnici izvršni elementi, cilindri i hidraulički motori obavljaju rad te se fluid po predaji enegije vraća u tank.





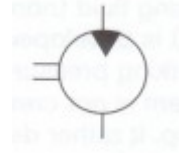
Motor hidrauličkog sustava pretvara hidrauličku energiju generiranu od hidrauličke pumpe u mehaničku energiju rotacijskog kretanja. Brzina okretaja hidrauličkog motora ovisi protoku fluida dok okretni moment ovisi o radnom tlaku. Brojne zupčaste pumpe kao i klipno aksijalna pumpa se mogu koristiti kao hidraulički motor bez ikakve izmjene u konstrukciji ali da bi se povećala njihova učinkovitost uvode se određene modifikacije u njihove konstrukcije. Izvedba klipno radijalnih pumpi se isključivo koriste kao pumpe dok se izvedba georotor motora isključivo koristi kao motor.

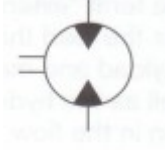

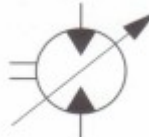
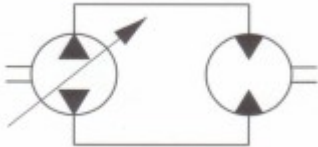


Klasifikacija hidrauličkih motora i pumpi se dijele na:

- jednosmjerni ili dvosmjerni hidraulički motori
- hidraulički motor s fiksnim ili promjenjivim obujmom koji može povećati frekvenciju rotacije bez vanjskog mjenjača
  - brzohodni motori s 1000 - 4000 o/min
  - sporohodni motori s 50 – 500 o/min s većim momentom ( neki motori se mogu koristiti bez vanjskog mjenjača)
- hidrostatički pogoni, kombinacija hidrauličkih pumpi i motora koji rade u reverzibilnom području od 4 različita načina pogona

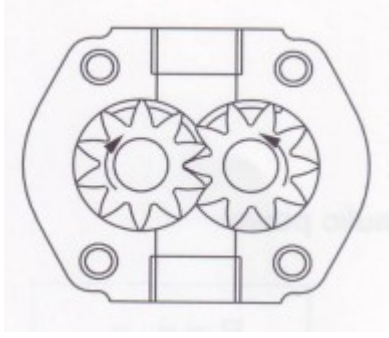
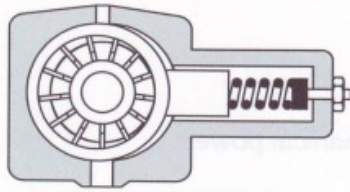

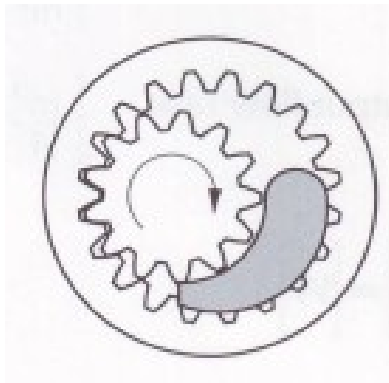
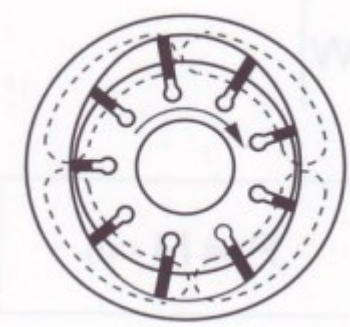
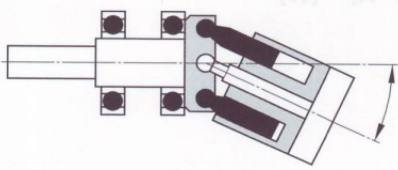
Simboli

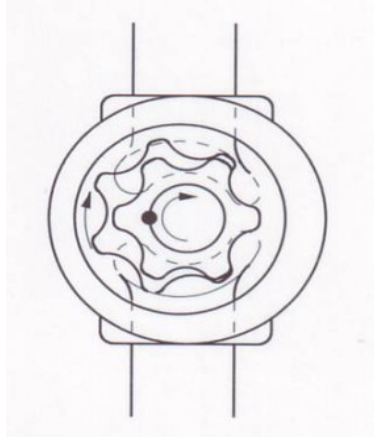
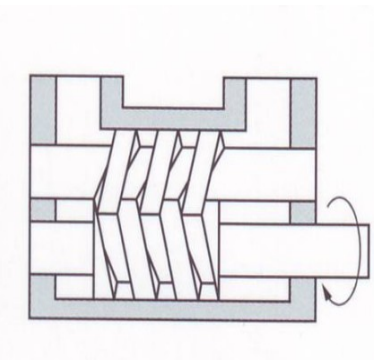
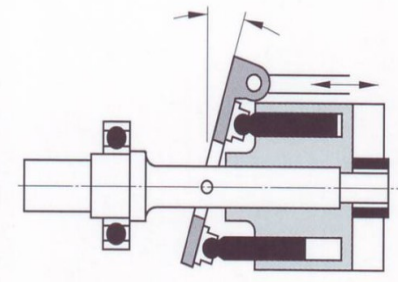
Naziv / Name		Simbol
Hidraulička pumpa sa konstantnom dobavom (Hydraulic pump with fixed displacement volume)	Sa jednim smjerom dobave (with one flow direction)	
	Sa dva smjera dobave (with two flow direction)	
Hidraulička pumpa sa promjenjivom dobavom (Hydraulic pump with variable displacement volume)	Sa jednim smjerom dobave (with one flow direction)	
	Sa dva smjera dobave (with two flow direction)	
Hidraulički motor sa konstantnom dobavom (Hydraulic motor with fixed displacement)	Sa jednim smjerom dobave (with one flow direction)	

displacement volume)	Sa dva smjera dobave (with two flow direction)	
Hidraulička motor sa promjenjivom dobavom (Hydraulic motor with variable displacement volume)	Sa jednim smjerom dobave (with one flow direction)	
	Sa dva smjera dobave (with two flow direction)	
Hidrostatski prijenosnik	Dvosmjernan (reversible)	

Tablica 1. Simboli hidrauličkih pumpi i motora [1]

1.2 Konstruktivna podjela pumpi

Hidraulička pumpa sa konstantnom dobavom			Hidraulička pumpa sa promjenjivom dobavom					
Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka
1	2	3	1	1	1	2	3	2
								
Pumpa sa vanjskim ozubljenjem			Krilna pumpa			Radijalna klipna pumpa		
Hidraulička pumpa sa konstantnom dobavom						Hidraulička pumpa sa promjenjivom dobavom		
Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka
2	2	1	2	1	1		3	
								
Pumpa s unutrašnjim ozubljenjem			Krilna pumpa			Aksijalna klipna pumpa		

Hidraulička pumpa sa konstantnom dobavom						Hidraulička pumpa sa promjenjivom dobavom		
Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka	Cijena	Tlak	Buka
2		1	3	2	1	3	3	3
								
Pumpa sa zupčastim vijencem			Vijčana pumpa			Aksijalna klipna pumpa s nagibnom pločom		

Tablica 2. Konstrukcijska podjela hidrauličnih pumpi [1]

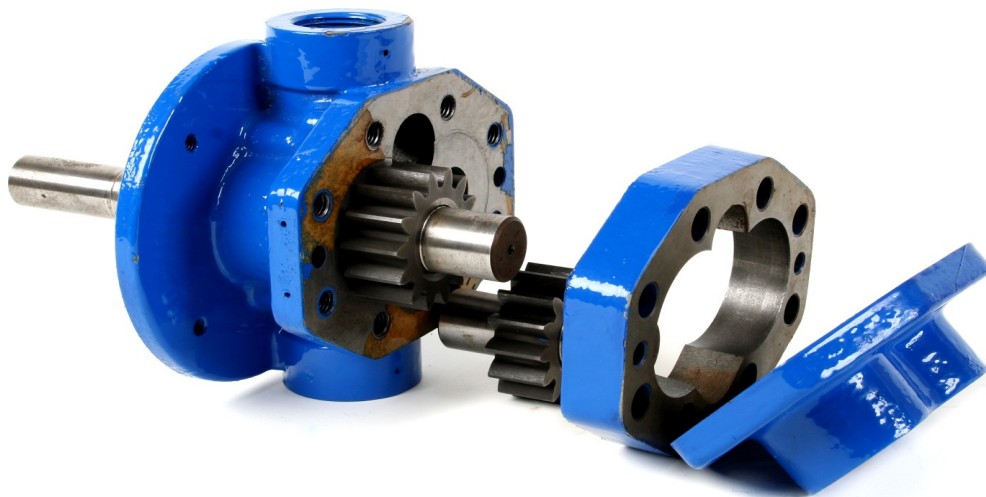
Na gornjoj tablici prikazani su osnovni tipovi hidrauličkih pumpi u ovisnosti cijene, tlaka i buke. Iz gornjih podataka može se zaključiti da su karakteristike zupčaste pumpe (u usporedbi sa ostalim pumpama) niska cijena, srednje razine tlakova i relativno viska razina buke.

## 2. PUMPE I MOTORI SA VANJSKIM I UNUTARNJIM OZUBLJENJEM -

Zupčaste pumpe i motori su jednostavne i povoljne konstrukcije te su pogodne za veliko - serijsku proizvodnju. Koriste se u hidrauličkim sustavima te kao uljne pumpe pri nižim tlakovima a kao visokotlačne imamo izvedbu i pumpi i motora gdje se tlakovi kreću od 15-28 MPa.

Zbog svoje konstrukcije mogu djelovati kao pumpe i motori te su u bilo kojoj izvedbi samousisne te imaju konstantnu dobavu.

Razlikujemo tri osnovne izvedbe a to su zupčasta pumpa s **vanjskim ozubljenjem** i **unutarnjim ozubljenjem** (sa srpastim uloškom i sa zupčastim vijencem – georotor motor).



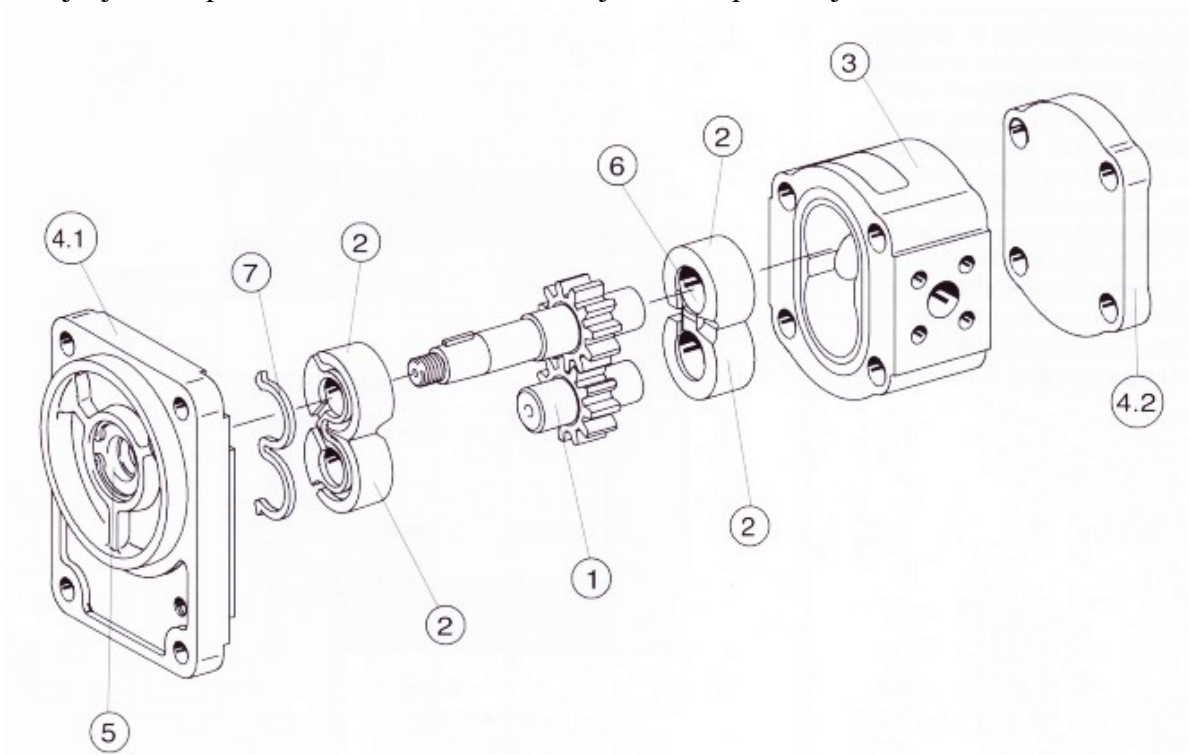
Slika 1. Zupčasta pumpa s vanjskim ozubljenjem [7]

## 2.1. Konstruktivne izvedbe zupčastih hidrauličkih strojeva

**Zupčasta pumpe/motori s vanjskim ozubljenjem** (Bosch izvedba) se sastoji od pogonskog i gonjenog zupčanika (1) u međusobnom zahvatu, a koji su smješteni u četiri ležajna bloka (2) s aksijalnom rebrastom brtvom (7) i kućištem (3) s prednjim i stražnjim poklopcem (4.1) (4.3).

Ulazno vratilo se nalazi na ležaju pričvršćenom na prednjem poklopcu te je zabrtvljeno brtvenim prstenom a silu ležaja preuzimaju teflonske košuljice (6). Sastavni dijelovi su dizajnirani za visoke tlakove i velike brzine vrtnje te su dobre kvalitete i pri niskim frekvencijama rotacije.

U pravilu imaju kućište od zavarenog čelika ili aluminijskog kalupa dok su vratila i zupčanici izrađeni od čelika. Navedeni materijali im jamče postojanost, visoke performanse i dugi vijek trajanja kao i pouzdanost u radu u raznim uvjetima eksploatacije.



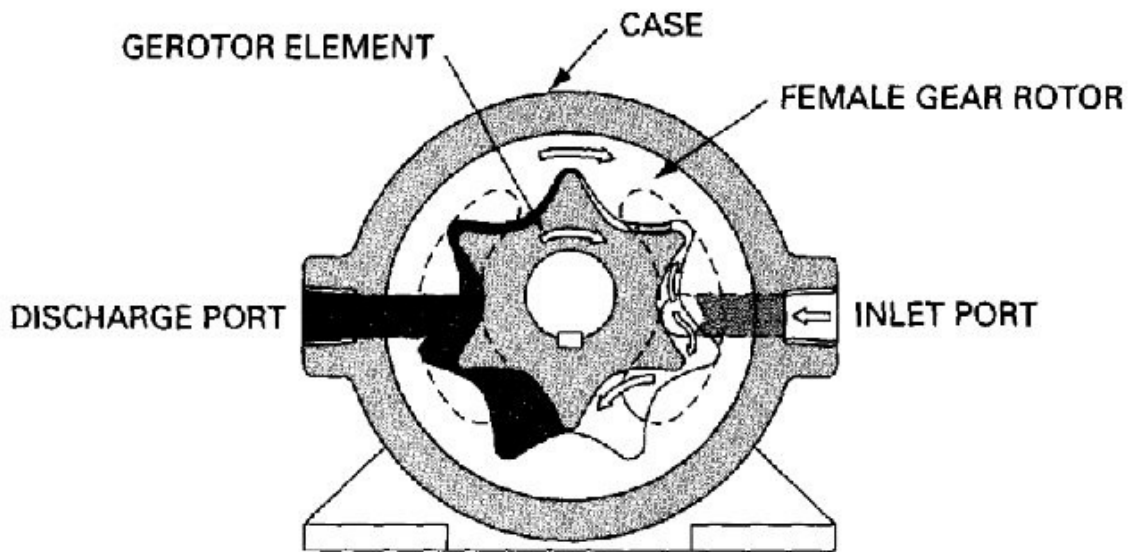
Slika 2. Sastavni dijelovi zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem (Bosch izvedba) [1]

**Zupčaste pumpe/motori sa srpastim uloškom** – pumpe i motori sa srpastim uloškom odnosno s unutrašnjim ozubljenjem se sastoje od manjeg pogonskog zupčanika koji je izrađen sa dva ili više zubaca manje od većeg zupčanika s unutrašnjim ozubljenjem kojeg pogoni . Između manjeg i većeg zupčanika se nalazi razdjelnik u obliku polumjeseca kojemu je funkcija odvajanje usisne i tlačne strane te služi kao brtvljenje. Ovakva izvedba pumpe/motora omogućava ravnomjerniji protok, kvalitetnije brtvljenje i bolje karakteristike usisa te ima značajan tiši rad. Naime ovakve izvedbe su skuplje pa se i manje upotrebljavaju za razliku od izvedbe pumpi/motora s vanjskim ozubljenjem.



Slika 3. Operacijski ciklus zupčaste pumpe/motora s unutarnjim ozubljenjem [7]

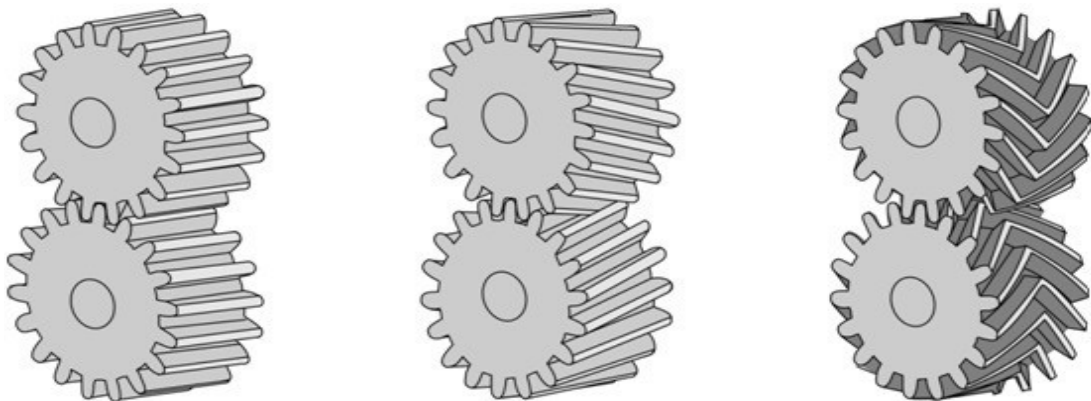
**Zupčaste pumpe/motori s zupčastim vijencem** – ovakva izvedba pumpe/motora također ima manji pogonski zupčanik i zupčasti vijenac koji ima samo jedan zub više od pogonskog što znači da nije potrebno ugrađivanje polumjeseca za odvajanje usisne i tlačne strane te ju takva konstrukcija čini jeftinijom i jednostavnijom od izvedbe pumpe/motora s unutrašnjim ozubljenjem. Ovaj model ima ravnomjeran protok, tiši rad te se u zatvorenim hidrauličkim sustavima koristi kao napojna pumpa. Razlikujemo dvije različite izvedbe ovakvih pumpa/motora a to su orbit model gdje manji zupčanik izvodi planetarno gibanje i georotor model koji ima fiksiran ekscentritet. Georotor izvedba motora/pumpe je prikazana na str.



Slika 4. Zupčasta pumpa/motor s zupčastim vijencem [5]

U hidrauličkom sustavu se najčešće susreće zupčasta pumpa/motor s **ravnim zupcima** kod koje se prijenos snage vrši samo preko jednog zuba s pogonskog na gonjeni zupčanik. Takva izvedba zubaca ima visoku primjenu zbog ekonomičnosti u proizvodnji.

Kod industrijskih pumpi iz takve je varijacije nastala izvedba zupčanika sa **kosim zupcima** i **dvostruko nakrivljenim zupcima** koji se koriste za rad s krutim materijalima kao što je asfalt.



Slika 5. Parovi zupčanika s okomitim , kosim i dvostruko nakrivljenim zupcima [5]



2.2 Karakteristike zupčastih pumpi i motora

Vrsta zupčaste pumpe/motora	Opskrba i mjesta primjene	Volumen istiskivanja cm <sup>3</sup>	Nazivni i maksimalni tlak MPa	Brzina vrtnje o/min	Ukupni stupanj djelovanja	Jačina buke dBA
Zupčasta pumpa/motor s vanjskim ozubljenjem	Ravnomjerna dobava Transportna sredstva, automobilski motori, alatni i građevinski strojevi	1,2...250 do 280	6,3...16 17,5	500...3500	0.8...0.91	≤87
Zupčasta pumpa/motor s srpastim uloškom	Niska bučnost i ravnomjerna dobava Stacionirana postrojenja, alatni i strojevi za plastiku	4...250	16...20 25	500...3500	0.8...0.91	≤87
Zupčasta pumpa/motor s zupčastim vijencem	Ravnomjerna dobava i rad Dozirna pumpa i srednjeokretni motori za mobilnu hidrauliku	63...500	20 25	25...1000	0.75...0.85	81...85

Tablica 3. Karakteristike zupčastih pumpi i motora [2]

U gornjoj tablici su nam prikazane karakteristike zupčastih pumpi i motora koji se najčešće koriste u hidrauličkim sustavima.

### 2.3. Princip rada zupčastih pumpi sa vanjskim ozubljenjem

Radna tekućina nalazi se između zupčanika pumpi i potiskuje se duž unutrašnjosti kućišta pumpe od ulaznog dijela koji predstavlja usis pumpe (plava boja) do izlaznog dijela koji predstavlja tlačni dio (crvena boja). Smjer vrtnje zupčanika određuje usisnu i tlačnu stranu te broj i veličina međuzublja kao i brzina vrtnje određuju volumen fluida koji se potiskuje. Vrtnjom pogonskog zupčanika pogoni se i gonjeni zupčanik između kojih se nalazi fluid koji se transportira prema tlačnoj strani. Dok se na usisnoj strani stvara podtlak na tlačnoj strani dolazi do povećanja tlaka počevši od međuzublja usisnog dijela do tlačnog dijela.

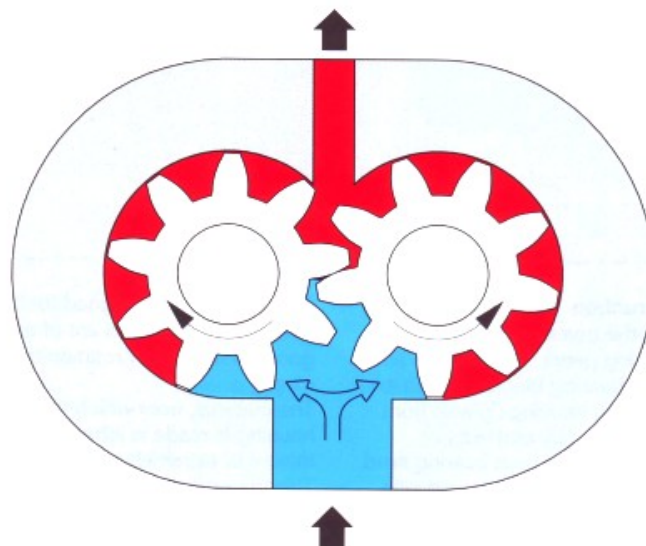
Formula za izračunavanje volumena istisnine:

$$V = b \cdot \pi \cdot a ( dk - a )$$

b - širina zupčanika

dk – krug vrha

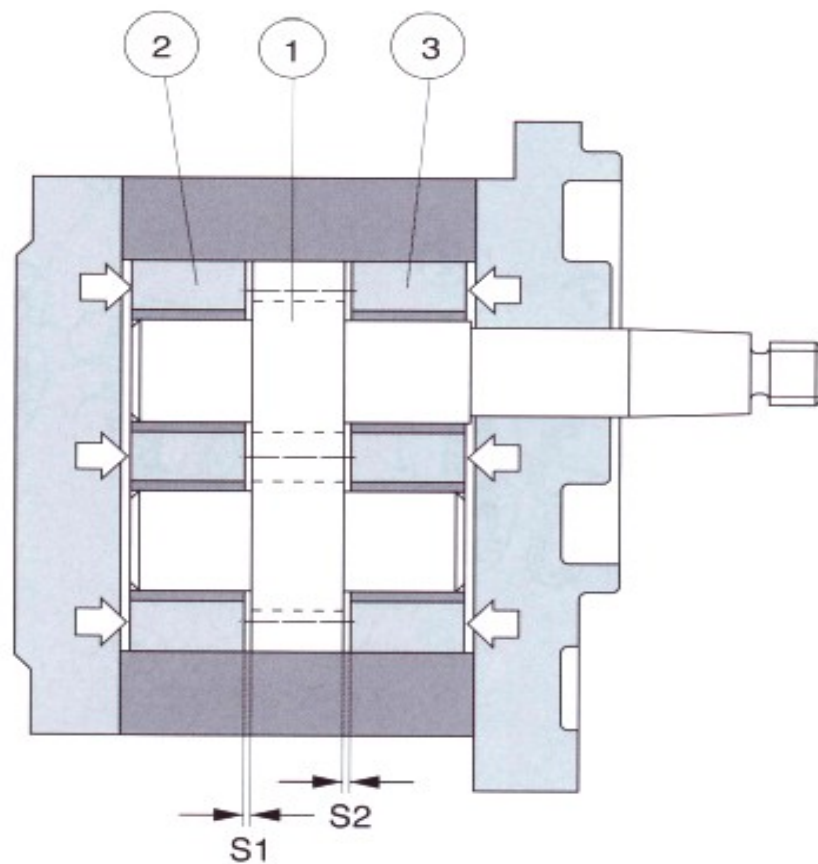
a – udaljenost između centra zupčanika



Slika 6. Prikaz cirkulacije fluida kod zupčastu pumpu [1]

### 2.3.1. Aksijalno brtvljenje

**Aksijalno brtvljenje** – brtvljenje između aksijalnih zazora S1 i S2 koji se nalaze između košuljica i zupčanika ovisi o tlaku jer su sa vanjske strane košuljica ležaja povezane s radnim tlakom, stvarajući tako određenu silu pritiska. Na košuljice unutar ograničenog raspona određenog posebno oblikovanim brtvenim prstenom djeluje tlak te iz tog razloga sile pritiska utječu na područje visokog tlaka u komorama zubaca. Brtveni i potporni prsten su smješteni u kanalima košuljice ležaja.

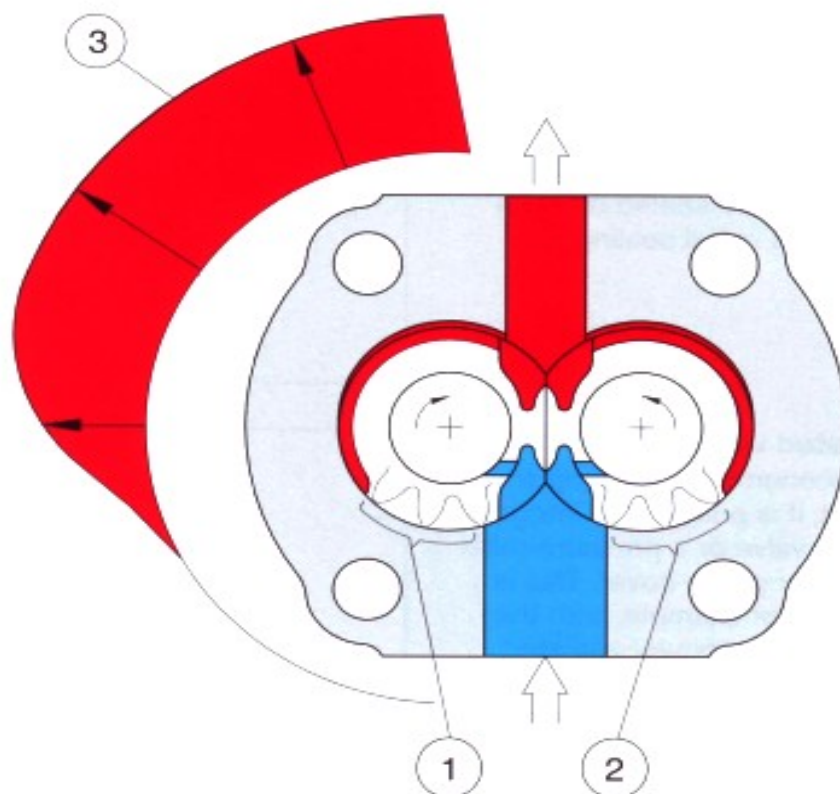


Slika 7. Prikaz aksijalnog brtvljenja [1]

### 2.3.2. Radijalno brtvljenje

**Radijalno brtvljenje** – predstavlja brtvljenje po obodu zupčanika odnosno vrha radijusa zupčanika koje također ovisi o tlaku. Na obode zupčanika djeluje sila zajedno sa čahurama ležajeva, prema usisnoj i donjoj strani. Na usisnoj strani zupčanici spajaju unutarnje stijenke kućišta i stvara se brtvena zona (1) i (2). Nakon proizvodnje prilikom razrađivanja sklopljenih elementa između vrhova zubaca i unutarnje stijenke kućišta stvara se vrlo uzak razmak.

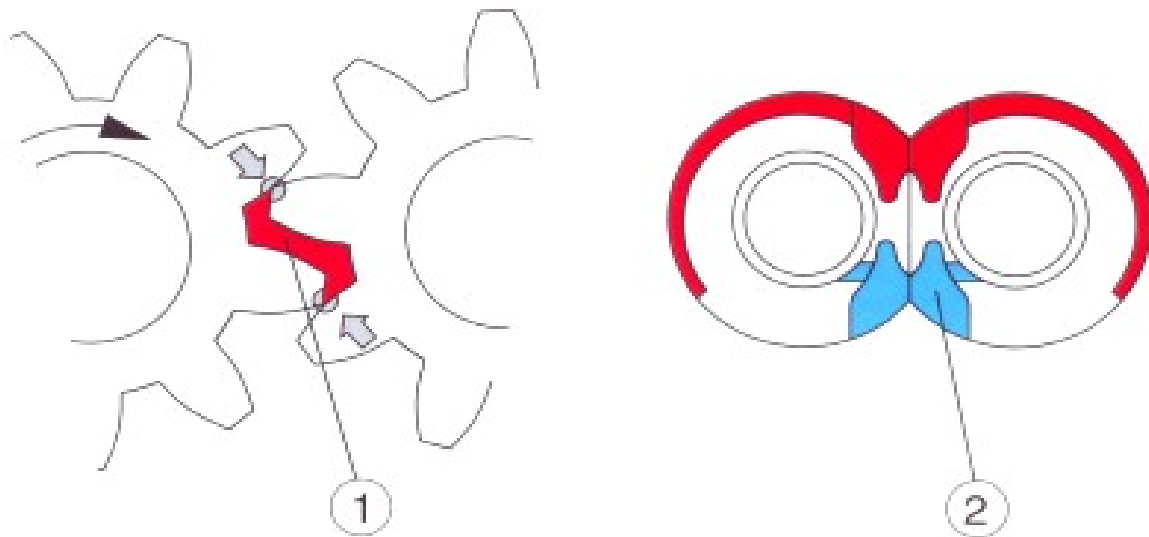
Napomena: ukoliko se želi promijeniti smjer vrtnje postupkom da se pokrovna ploča okrene za 180 stupnjeva te se zupčanici zamjene a usisna i tlačna strana ostanu iste tada se postiže suprotan smjer vrtnje (mogućnost obavljanja navedenog postupka na novim pumpama uz prisutno iskustva i posebnog alata za ugradnju). Tlak oko oboda prikazan je crvenom linijom na prikazanoj slici (3).



Slika 8. Prikaz radijalnog brtvljenja [1]

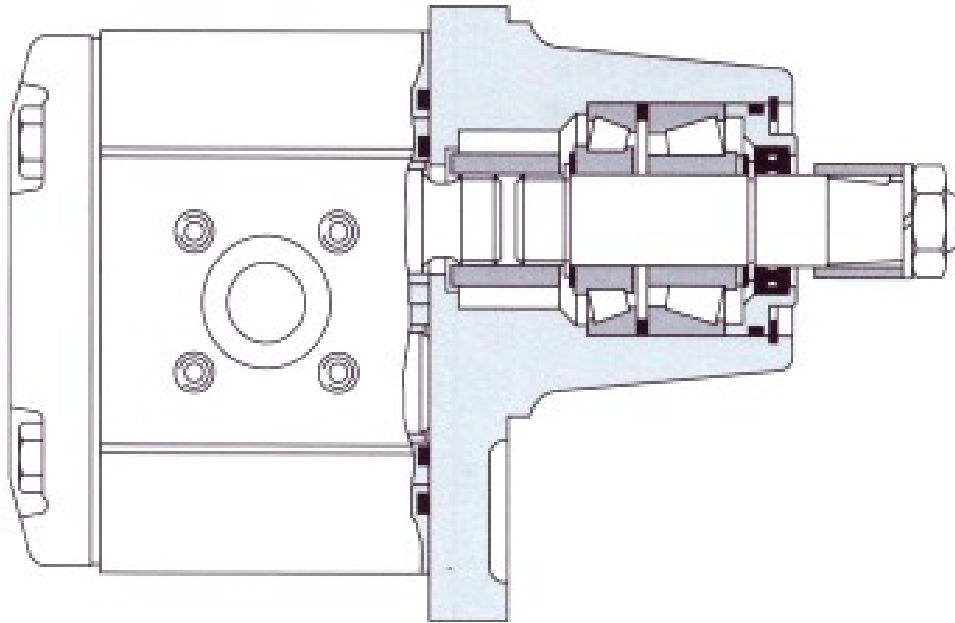
### 2.3.3. Ispuštanje ulja iz međusobno zahvaćenih zupčanika

**Ispuštanje ulja iz međusobno zahvaćenih zubaca zupčanika** - kada su zubi zupčanika u međusobnom zahvatu između njih se nalazi ulje (1) koje tokom okretanja mijenja volumen i nastaje kompresija zatvorenog ulja. Prilikom navedene kompresije dolazi do skokova tlaka i buke koji se smanjuju tako da se izrađuju prorezi na čahurama ležaja koji dio ulja ispuštaju u usisnu komoru te tako smanjuje tlak.



Slika 9. Međusobno zahvaćeni zubi zupčanika i fluida [1]

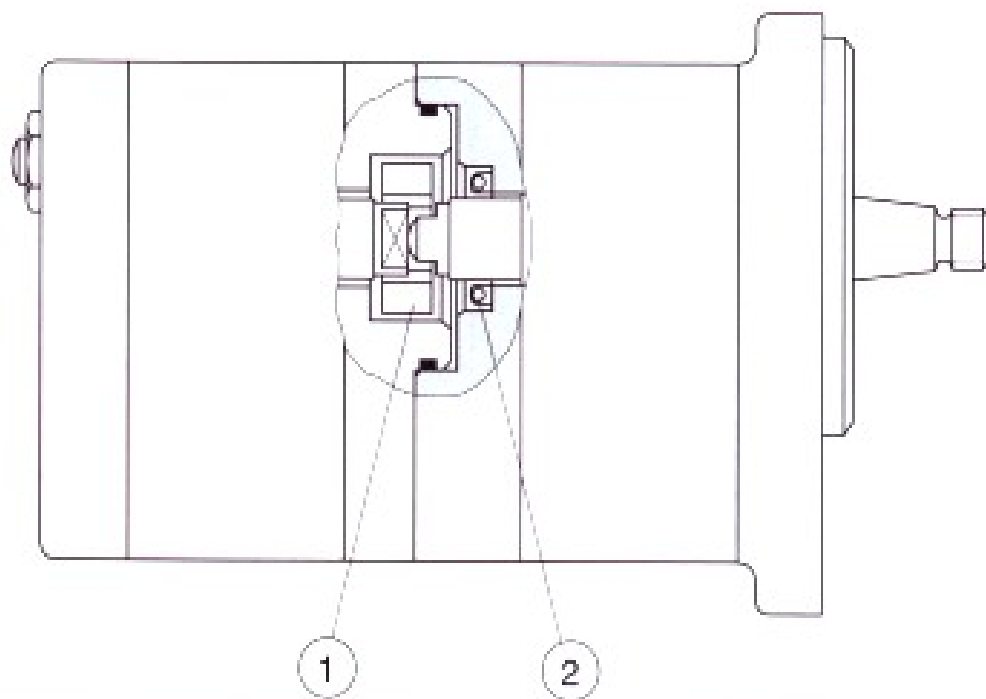
**Prednji ležaj** - ukoliko je pumpa pogonjena pomoću klinastog remena u pumpi se upotrebljuju posebni prednji ležajevi kako bi se apsorbirale velike radijalne sile. Na osovini pumpe je ugrađena klinasta spojka ili čahura koja je u zahvatu sa remenicom kako bi vrtnja pumpe bila ostvarena.



Slika 10. Shematski prikaz položaja prednjeg ležaja [1]

### 2.3.4. Međusobno povezane zupčaste pumpe

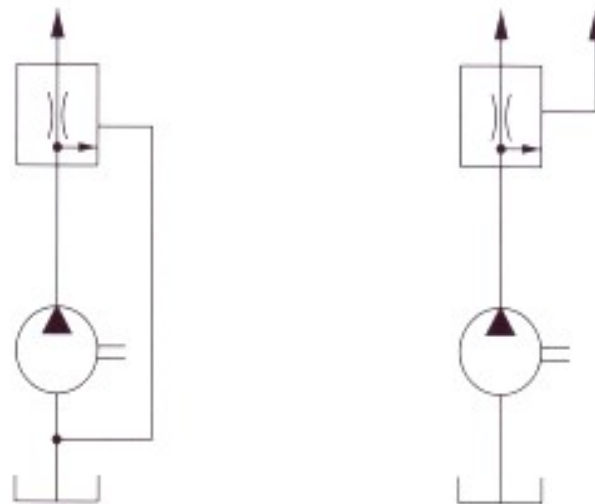
**Međusobno povezane zupčaste pumpe** - postoji mogućnost spajanja više zupčastih pumpi u seriju na način da se pogonska osovina prve pumpe međusobno povezuje s osovinama druge pumpe spajanjem pomoću spojke koja zahvaća spojne kanale. Svaki pojedinačni stupanj pumpe se brtvi radijalnim brtvljenjem.



Slika 11. Shematski prikaz međusobno povezanih osovina zupčaste pumpe [1]

### 2.3.5. Ventili zupčaste pumpe

**Ventili zupčaste pumpe** - ugrađeni ventili služe za regulaciju protoka odnosno ventil za smanjenje tlaka koji djeluje na poklopac zupčaste pumpe, to najčešće susrećemo kod servo sustava upravljanja s uljem pod tlakom. Pomoću tih ventila omogućen je konstantni volumetrijski protok bez obzira na brzinu vrtnje pumpe te se također ušteđuje raspored cjevovoda.

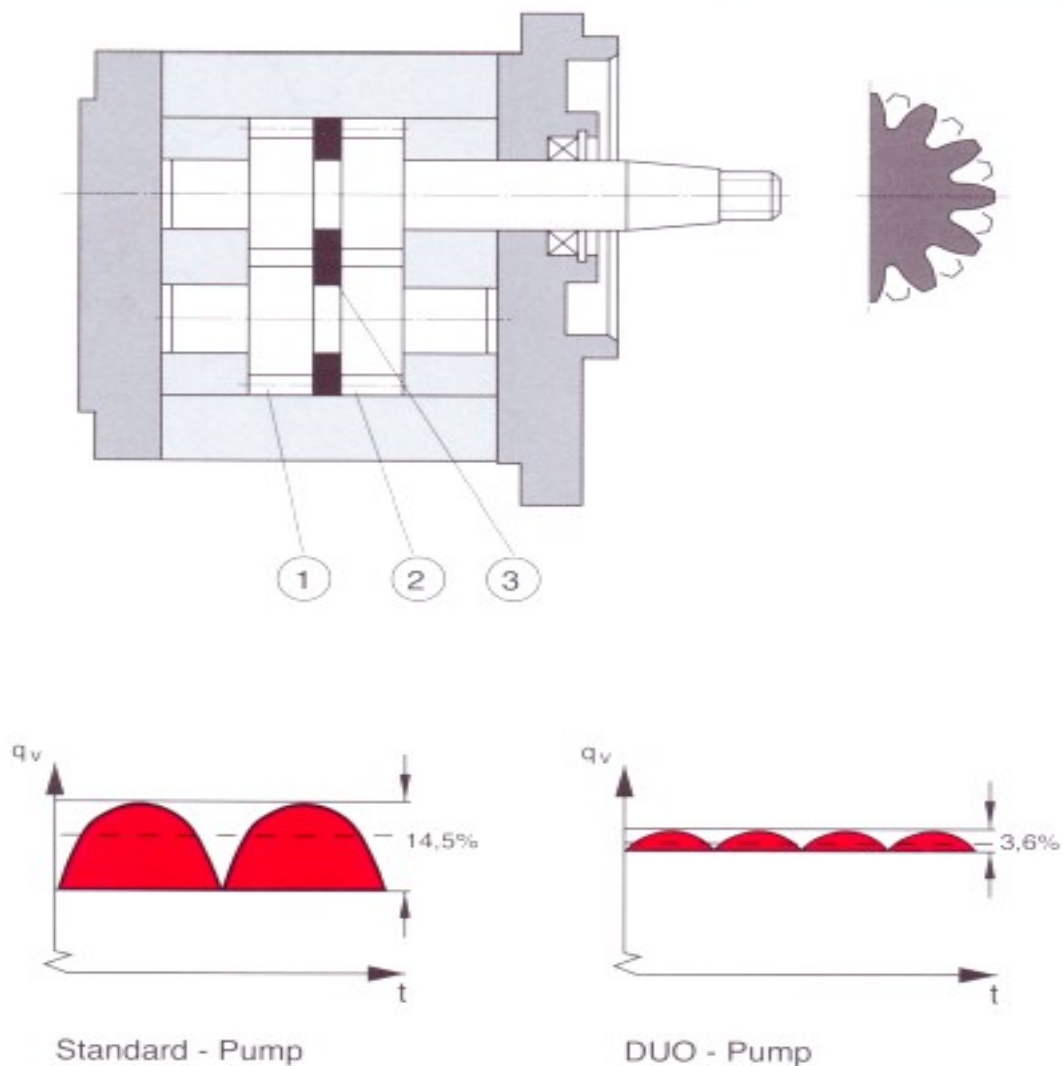


Slika 12. Simbol ventila povezanog na usisni vod i ventil ispuštanja [1]



### 2.3.6. Duo pumpa

**DUO pumpa** - duo pumpa se temelji na 2 para zupčanika (1) i (2) koja su međusobno pomaknuta za pola koraka, na taj se način dobiva zupčasta pumpa manjih zvučnih karakteristika odnosno održivo ekonomsko rješenje poboljšanih zvučnih i protočnih pulsacija također su dva para zupčanika odvojena intermedijerom (3). Rezultat se dobiva učinkom dviju pojedinačnih pumpi kojima je usisni i tlačni priključak zajednički, a u odnosu na druge pumpe pulsiranje protoka isporuke iz zasebne pumpe pomaknuto je za pola perioda. Na ovaj način se dobiva amplituda pulsiranja koja je znatno smanjena (između 14,5 % i 3,6%) te je značajno poboljšana razina buke ali prisutan nedostatak je udvostručenje frekvencije.



Slika 13. DUO pumpa i dijagram pulsacija standardne i duo pumpe [1]

### 2.3.7. Dijagram veličina zupčastih pumpa

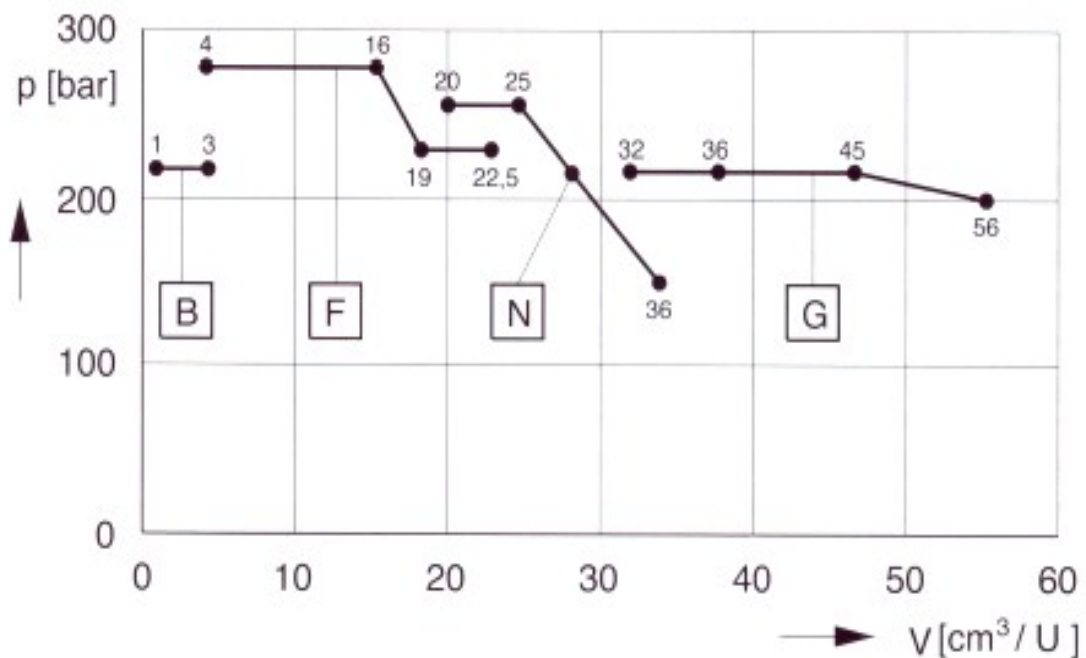
#### Dijagram veličina zupčastih pumpi u Bosch izvedbi

Dijagram se odnosi na zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem u Bosch izvedbi koje su dostupne u B, F, N i G verziji s različitim širinama zupčanika unutar kućišta.

Ove pumpe dolaze u sljedećim verzijama :

- standardna verzija ; B (1...3 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- verzija visokih performansi ; B ( 1...3 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- F ( 4... 22.5 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- N ( 20...36 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- G (32...56 cm<sup>3</sup>/okretaju)

U Bosch izvedbi su nam dostupne tihe i ultra- tihe verzije zupčastih pumpi koje nisu pod modelom B, N, F i G



Tablica 4. Dijagram veličina zupčastih pumpi [1]

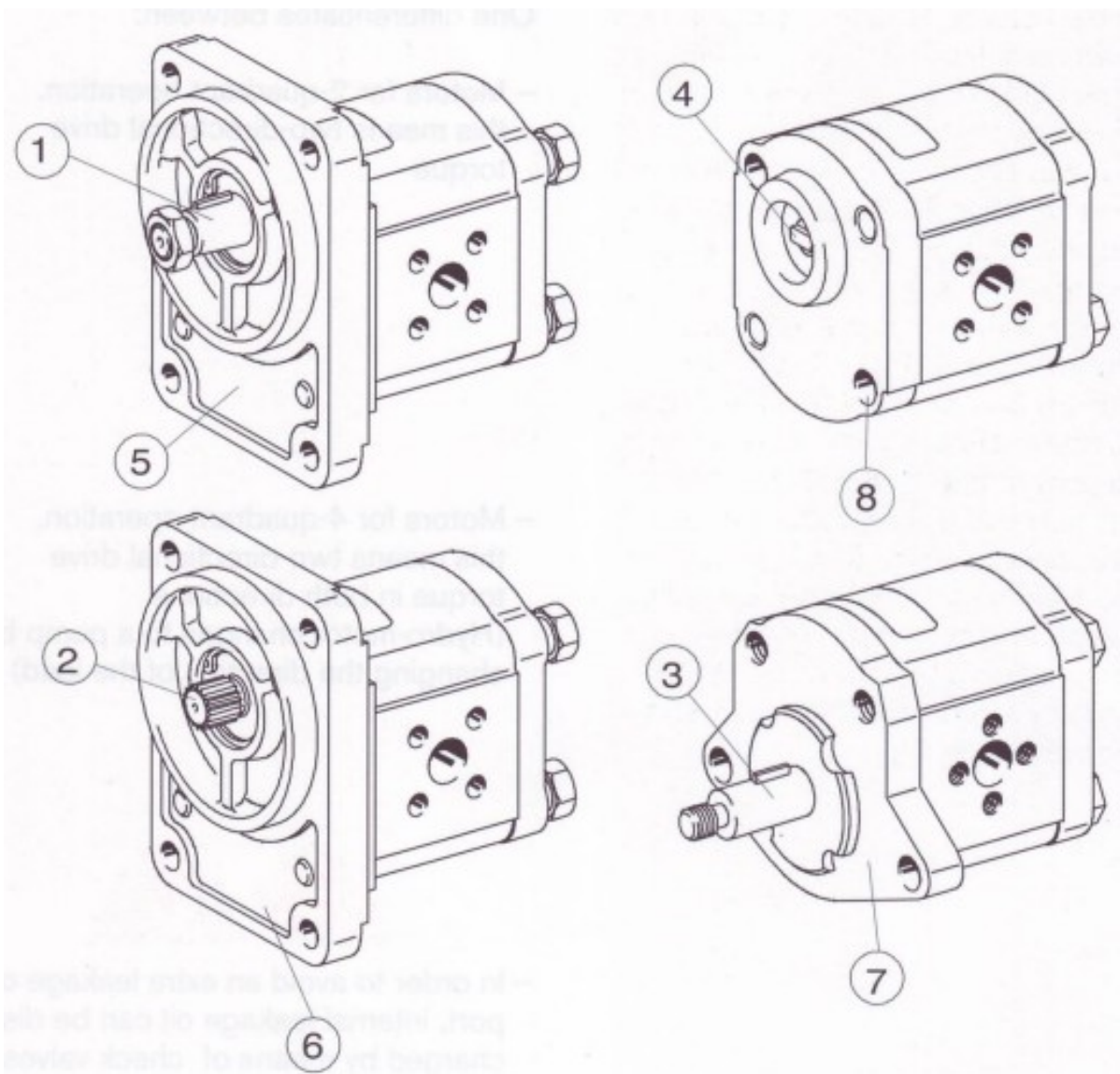
**Dostupne verzije** - prisutne su više verzija koje se temelje na kombinaciji različitih pogonskih osovina i prirubnica :

Pogonske osovine :

- 1) Stožac 1.5
- 2) Spojni utora
- 3) Cilindrični
- 4) Kandžasta spojka

Pričvršćene prirubnice :

- 5) Prirubnica A
- 6) Prirubnica B
- 7) Prirubnica SAE
- 8) Za montažu na prirubnicu s udubljenim vijcima



Slika 14. Dostupne verzije s različitim pogonskim osovinama i prirubnicama [1]

## 2.8. OSNOVNI TIPOVI MOTORA SA UNUTARNJIM OZUBLJENJEM

### 2.8.1. Motori s stalnim smjerom vrtnje

U teoriji u zupčastoj pumpi je moguće zamijeniti način potiskivanja tako da se u pumpu dovodi ulje pod tlakom, čime se može proizvesti rotacijsko gibanje na osovini koja vodi iz kućišta iz jednog od zupčanika.

U stvarnosti to nije moguće jer postoji niz postupaka koji se moraju uzeti u obzir kako bi se ostvario rad pumpe kao motora. Konstrukcijski su zupčaste pumpe simetričnog dizajna te se usisna i tlačna strana u pravilu ne mogu mijenjati što znači da reverzibilni rad nije moguć ukoliko visokotlačna strana ostaje ista pa nije moguć rad pumpe kao motora.

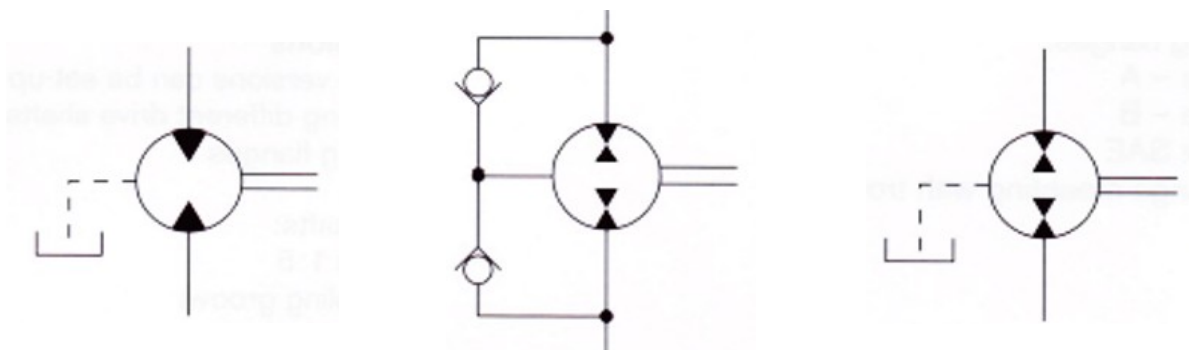
Isto tako način rotacije pumpe je suprotan rotaciji motora te da bi dobili veći stupanj iskoristivosti potrebno je provesti drugačiji način uhodavanja motora. Ulje koje curi ispušta se u niskotlačnu stranu a tlačno opterećenje povratne točke je ograničeno brtvom vratila.

Zaključak je taj da se jedinice ne mogu proizvoljno mijenjati s pumpe na rad motora ili obrnuto.

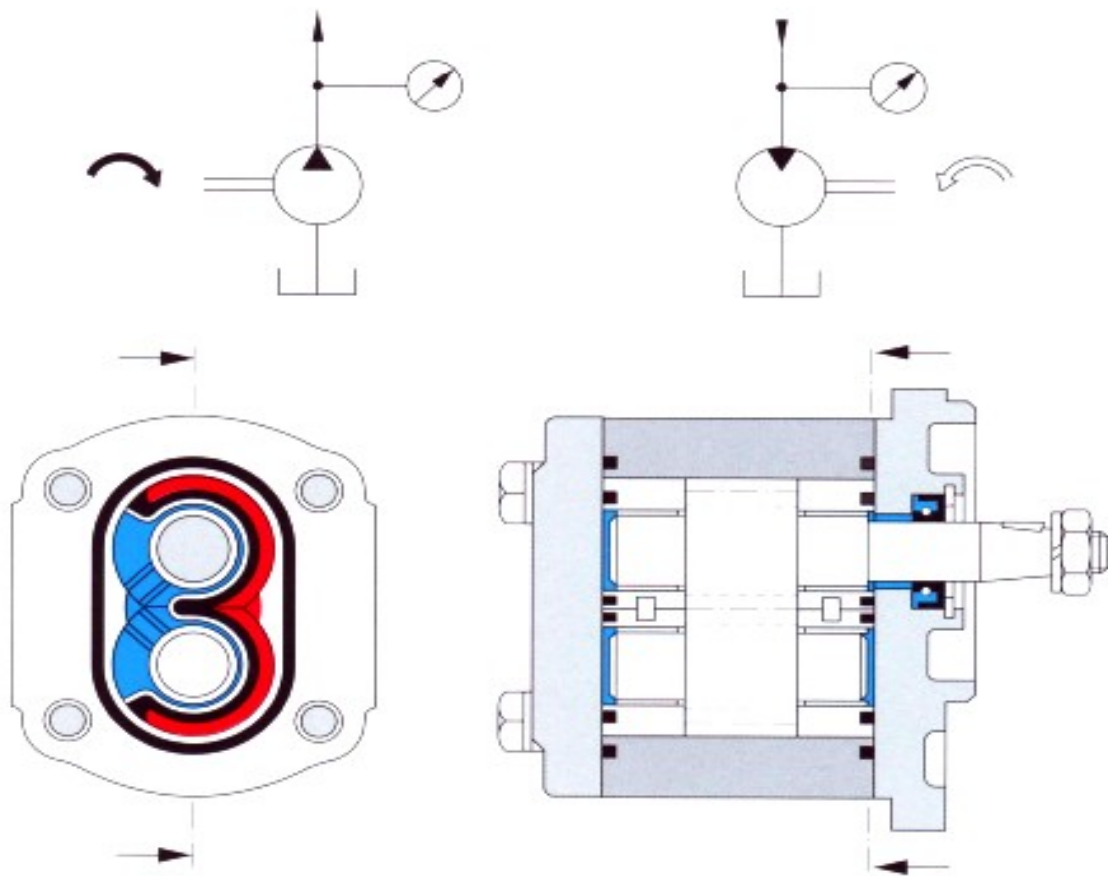
### 2.8.2. Reverzibilni motori

**Reverzibilni motori** - ove motore razlikujemo kao :

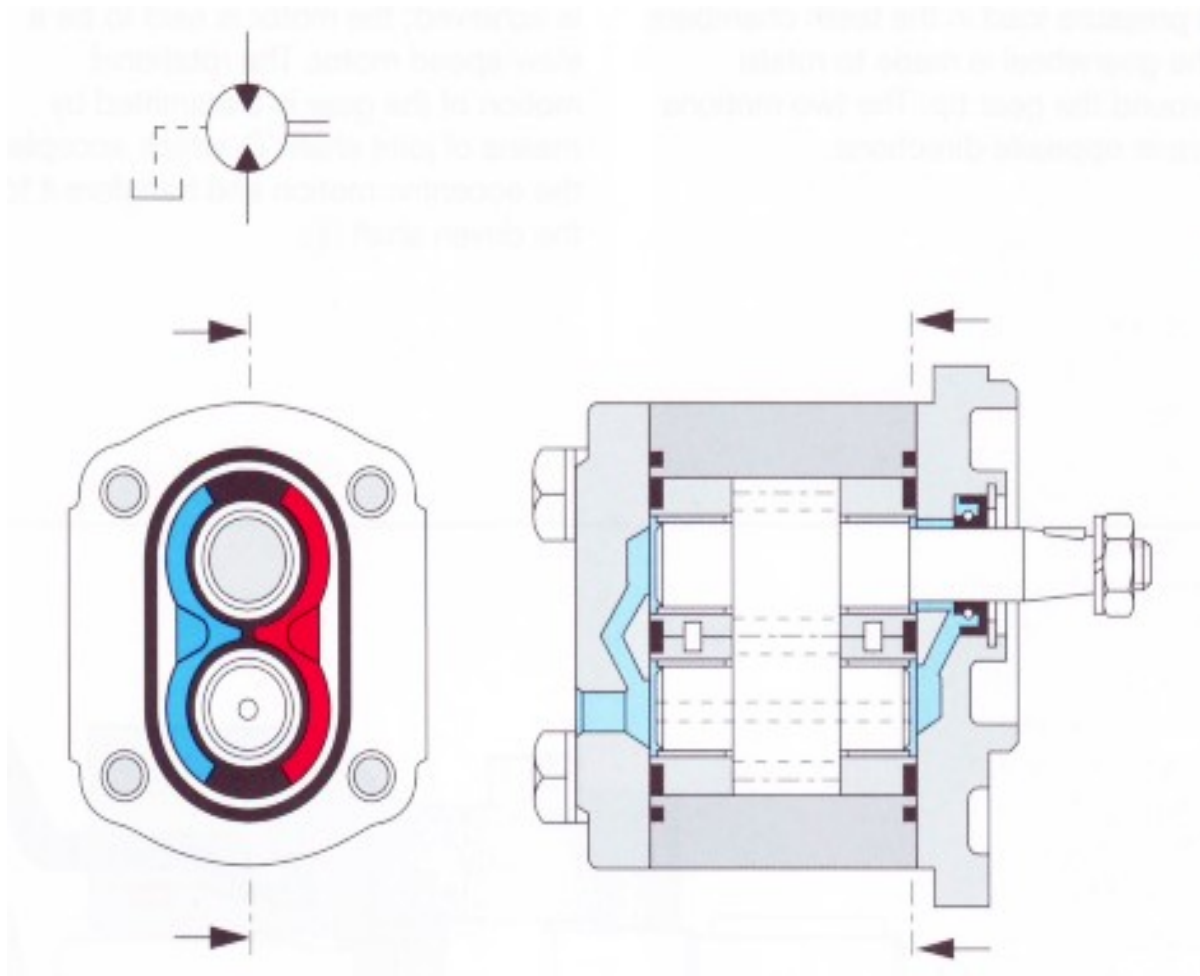
- motori s dvosmjernim pogonskim momentom (2 kvadrantni)
- motori s dvosmjernim pogonskim momentom u oba smjera (4 kvadrantni ) - promjenom smjera opterećenja hidromotor prelazi u režim rada pumpe.



Slika 15. Simboli dvo-kvadrantnog , četiri-kvadrantnog motora i hidromotora



Slika 16. Shematski prikaz motora s jednim smjerom vrtnje [1]



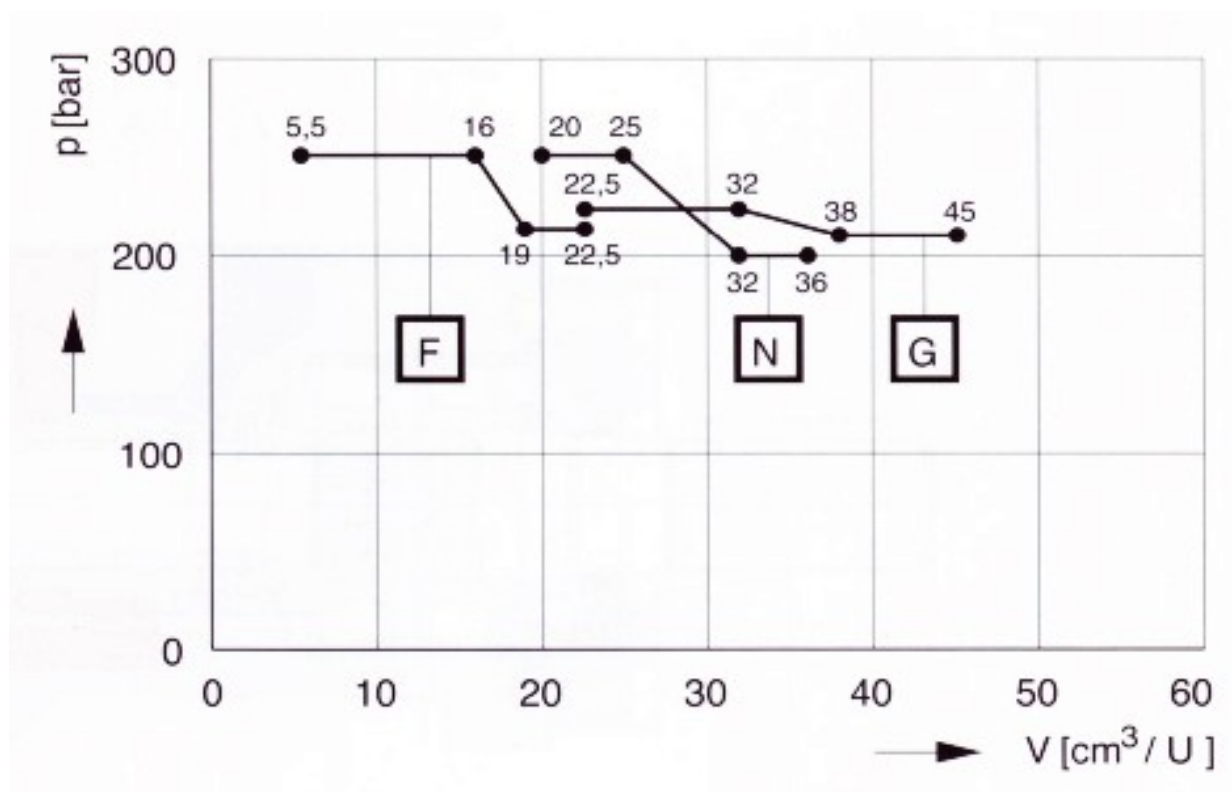
Slika 17. Shematski prikaz dvosmjernog motora [1]

**Dvosmjerni motori** za razliku od jednosmjernih imaju asimetričan dizajn, čepovi se zajedno s odgovarajućom ležajnom čahurom pritišću jedan na drugi u veličini kućišta a o tome ovisi djelotvorni smjer visokog tlaka. Kao radijalne brtve formiraju se brtvena područja što također ovisi o smjeru vrtnje, a simetrično oblikovani brtveni prstenovi formiraju brtvljenje aksijalnog rasporeda područja pritiska. Na poklopcu kućišta ugrađen je priključak za istjecanje ulja iz čahura ležaja a na vratilu (koji se ne koristi kao izvor snage) su izrađeni provrti za spajanje dvaju zupčanika.

### 2.8.3. Karakteristike dobave i tlaka motora sa unutarnjim ozubljenjem

Dijagram nam prikazuje dostupne veličine motora s unutarnjim ozubljenjem u Bosch izvedbi koji su dostupni u F, N, i G izvedbi.

- verzija F ( 5.5...22.5 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- verzija N ( 20...36 cm<sup>3</sup>/okretaju)
- verzija G ( 22.5...45 cm<sup>3</sup>/okretaju)



Tablica 5. Dijagram veličina zupčastih motora [1]

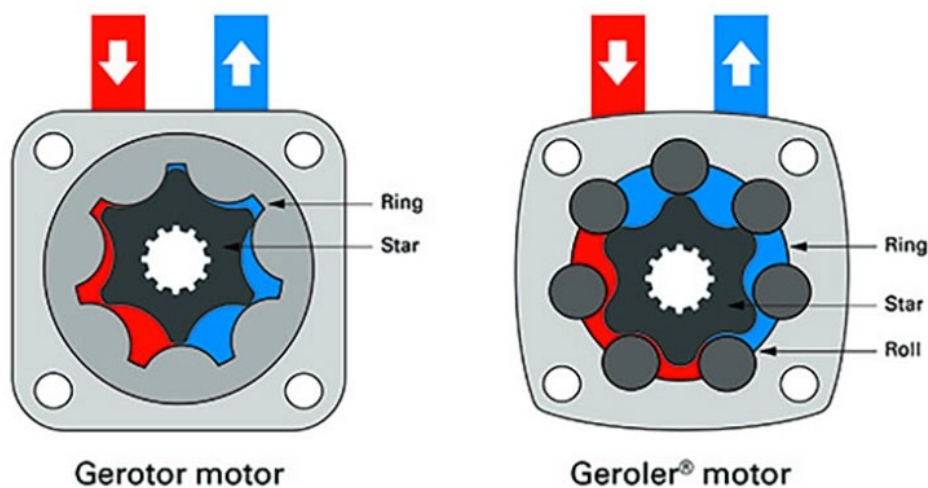
Na dijagramu su prisutni tipovi motora koji su definirani prema radnom tlaku i dobavi. Svi prikazani motori spadaju u visoko performansne hidrauličke strojeve. Visoka točnost izrade i kvalitetni materijali dovode do nižih volumetrijskih gubitaka kako u visokotlačnom području tako i u manje zahtjevnim uvjetima rada.

### 3 GEROTOR MOTORI – motori sa unutrašnjim ozubljenjem

Motori s gerotorskim dizajnom su malih dimenzija, kompaktnije veličine i obično se koriste za lake uvjete rada i primjene niskog tlaka. Unutar ove vrste dizajna motora, sklop rotora sastoji se od nepokretnog prstena koji se naziva stator i pokretnog, planetarnog zupčanika, rotora. Stator je strojno izrađen i nalazi se u metalnom kućište u koje se ugrađuje rotor, zupčanik u obliku zvijezde, a njegova stijenka se koristi za formiranje komora za pomicanje motora. Kako ulje ulazi u sklop rotora unutar dizajna gerotora, prolazeći kroz zone tlaka od visokog do niskog, ono tjera rotor da se okreće unutar statora.

Rotor i stator krećući se jedan po drugom mogu dovesti do ubrzanog trošenja tijekom vremena, zbog čega za srednje/teške i visokotlačne primjene koje zahtijevaju robusniju opciju koristi dizajn gerotora s valjcima.

Dizajn valjkastog gerotora funkcioniра isto kao i dizajn klasičnog gerotora jer ulje prisiljava rotor da se okreće unutar statora pretvarajući snagu tekućine u snagu rotacije kao okretni moment; međutim, postoji jedna glavna razlika unutar sklopa rotora. Umjesto korištenja stijenke statora, dizajn valjkastog gerotora uključuje valjkasta pera za formiranje komora za pomicanje. Valjkasta pera eliminiraju praznine koje se nalaze unutar dizajna gerotora. Motori s dizajnom valjkastog gerotora su robusniji, izgrađeni da bolje podnose habanje i tradicionalno traju dulje i rade bolje; međutim, skuplji su.

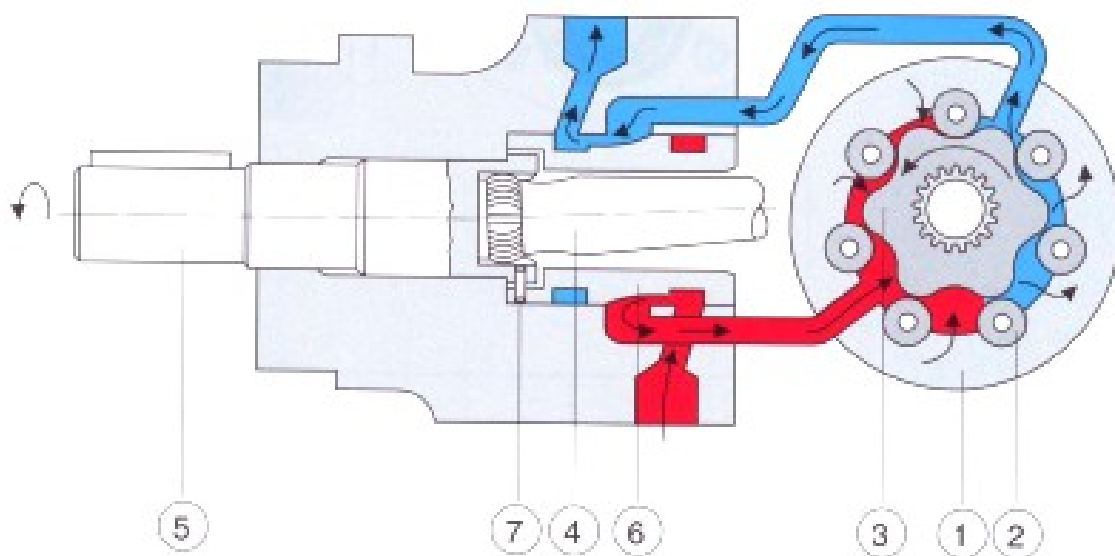


Slika 18. Prikaz dvija osnovna tipa gerotor motora [5]

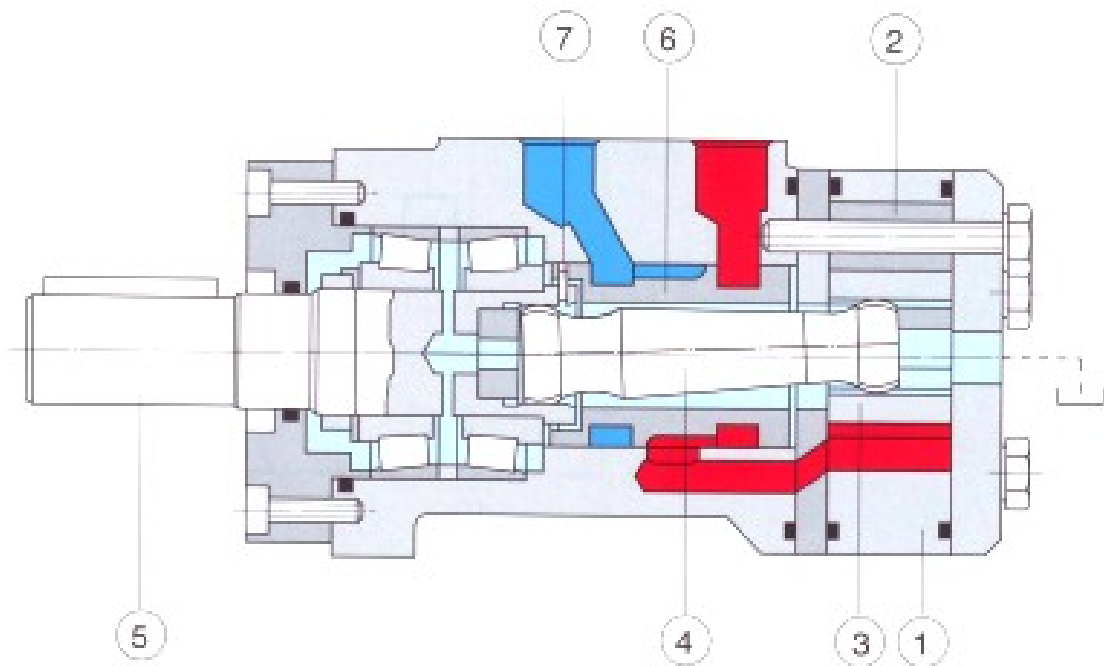


Princip rada i sastavni dijelovi BOSCH xxx motora

Sastavni dio motora se sastoji od prstena koji je čvrsto stegnut te služi za pomicanje (1) sa 7 valjka (2) unutar otklonjivog zupčanika (3) sa šest vanjskih zuba. Pomoću tlačnog opterećenja koje primjenjujemo u zupčastim komorama zupčanik se okreće oko vrha zupčanika te su prisutna dva kretanja u suprotnom smjeru. Omjer zuba je 7:6 a prijenos 6:1 što znači da pri svakom okretu osovine svaka komora je pri pritiskom i rasterećenjem 6 puta. Zglobno vratilo (4) postiže okretno gibanje zupčanika te se ekscentrično rotira i prenosi rotaciju na gonjeno vratilo (5). Upravljački uređaj postavljen na upravljačku čahuru (6) kontrolira usisni i povratni tok. Upravljačka čahura se vodi klinom (7) od pogonske osovine te dva povratna ventila smještena u kućištu motora skupljaju ulje koje je iscurilo.



Slika 19. Shematski prikaz georotor motora A[1]



Slika 20. Shematski prikaz georotor motora B [1]

## 4 ZAKLJUČAK

Zupčaste pumpe su hidraulički strojevi koji pretvaraju mehanički rad u energiju tlaka tekućine dok su zupčasti motori hidraulički strojevi koji troše mehanički rad.

Zupčaste pumpe i motori se razlikuju po protoku, pritisku, grupama, načinu brtvljenja .

U doticaju su s fluidima visoke razine čistoće što znači da najčešće rade s uljem kao medijem, jednostavne su konstrukcije i cijena im je pristupačna te imaju vrlo široku primjenu u hidrauličkim sustavima. Radi svojih dobrih karakteristika imaju široku primjenu u brodstrojarstvu, mogu se koristiti u sustavima koji ne zahtijevaju veliki tlak kao sustav podmazivanja dizel motora ali i sustavima gdje su nam potrebni veliki tlakovi kao što su teretna vitla, kormilarski upravljačka jedinica i sl. Spadaju u grupu volumetrijskih strojeva čiji se volumen zasniva na površini između međusobno zahvaćenih zubaca odnosno o veličini i broju zubaca te brzini vrtnje zupčanika.

Zupčaste pumpe i motore odlikuje kompaktnost, pouzdanost, trajnost, postizanje velikih snaga i momenta i sl.

## 5 Popis slika

Slika 1.	Zupčasta pumpa s vanjskim ozubljenjem [7]	Str.9
Slika 2.	Sastavni dijelovi zupčaste pumpe s vanjskim ozubljenjem (Bosch izvedba) [1]	Str .10
Slika 3.	Operacijski ciklus zupčaste pumpe/motora s unutarnjim ozubljenjem [7]	Str. 11
Slika 4.	Zupčasta pumpa/motor s zupčastim vijencem [7]	Str. 12
Slika 5.	Parovi zupčanika s okomitim , kosim i dvostruko nakrivljenim zupcima [7]	Str. 12
Slika 6.	Prikaz cirkulacije fluida kod zupčastu pumpu [1]	Str. 17
Slika 7.	Prikaz aksijalnog brtvljenja [1]	Str. 18
Slika 8.	Prikaz radijalnog brtvljenja [1]	Str. 19
Slika 9.	Međusobno zahvaćeni zubi zupčanika i fluida [1]	Str. 20
Slika 10.	Shematski prikaz položaja prednjeg ležaja [1]	Str. 21
Slika 11.	Shematski prikaz međusobno povezanih osovin zupčaste pumpe [1]	Str. 22
Slika 12.	Simbol ventila povezanog na usisni vod i ventil ispuštanja [1]	Str. 23
Slika 13.	DUO pumpa i dijagram pulsacija standardne i duo pumpe [1]	Str. 24
Slika 14.	Dostupne verzije s različitim pogonskim osovinama i prirubnicama [1]	Str. 26
Slika 15.	Shematski prikaz motora s jednim smjerom vrtnje [1]	Str. 27
Slika 16.	Simboli dvo-kvadrantnog , četiri-kvadrantnog motora i hidromotora [1]	Str. 28
Slika 17.	Shematski prikaz dvosmjernog motora [1]	Str. 29
Slika 18.	Prikaz dvija osnovna tipa gerotor motora [7]	Str. 31
Slika 19.	Shematski prikaz georotor motora A [1]	Str.32
Slika 20.	Shematski prikaz georotor motora B [1]	Str.33

## 6 Popis tablica

Tablica 1.	Simboli hidrauličkih pumpi i motora [1]	Str. 8-9
Tablica 2.	Konstruktivna podjela hidrauličnih pumpi [1]	Str. 11
Tablica 3.	Karakteristike zupčastih pumpi i motora [2]	Str. 16
Tablica 4.	Dijagram veličina zupčastih pumpi [1]	Str. 25
Tablica 5.	Dijagram veličina zupčastih motora [1]	Str. 30

## 7 Literatura

- [1] - Bosh Automatonn : hydraulics theory and aplication 1998.
- [2] - Anton Šestan : Uljna hidraulika i pneumatika 2003.
- [3]- Joško Petrić : hidraulika i pneumatika 1.dio – Sveučilište u Zagrebu 2012.
- [4] - Velmir Ozretić : Brodski pomoćni strojevi i uređaji – Split 1996.
- [5] - <https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/mobile-hydraulics/pumps/external-gear-pumps/azpb>
- [6] - <https://www.pressoil.it/share/download/013104600-1615823321bosch-rexroth-azpb-valvola-valve-re10088.pdf>
- [7] – google search- zupčaste pume (slike) [7]