

# Proračun snage brodskog priteznog vitla

---

**Slavica, Niko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:169057>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-22**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Brodostrojarški odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij Brodostrojarstva i tehnologije pomorskog prometa  
(jednopedmetni -redoviti)



**Niko Slavica**

**Proračun snage brodskog priteznog vitla**

**Završni rad**

Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Brodostrojarski odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij brodostrojarsstva i tehnologije pomorskog prometa  
(jednopedmetni -redoviti)

Proračun snage broskog priteznog vitla

Završni rad

Student/ica:

**Niko Slavica**

Mentor/ica:

Doc. dr .sc. Igor Poljak

Komentor/ica:

Izv. Prof. dr. sc. Jelena Čulin

Zadar, 2023.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Niko Slavica**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Proračun snage brodskog priteznog vitla** rezultat mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mogega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mogega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 22. rujna 2023.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Brodska pritezna vitla .....	2
2.1. Opis i svrha brodskih priteznih vitla .....	2
2.2. Dijelovi brodskog priteznog vitla.....	3
3. Princip rada hidrauličnog vitla i opis dijelova .....	6
3.1 Osnovni dijelovi hidrauličkog sistema vitla.....	7
3.2 Opis dijelova hidrauličnog sistema .....	8
3.2.1 Klipna pumpa .....	10
3.2.2 Hidraulični motori .....	10
3.2.3 Hidraulični ventili .....	13
3.2.4 Filtri .....	16
3.2.5 Kočnica hidrauličnog vitla .....	18
4. Proračun zadatka.....	20
4.1 Sile koje djeluju na pritezno vitlo .....	21
5. Zaključak .....	25
Literatura i izvori .....	26
Popis slika.....	27
Sažetak .....	28
Summary:.....	29

## 1. Uvod

Cilj ovog završnog rada jest riješiti zadani problem izračuna snage brodskog priteznog vitla uz zadane uvjete. Uz rješavanje zadatka daje se uvid u dijelove, princip rada i regulaciju hidrauličnog brodskog priteznog vitla.

Završni rad sastoji se od pet dijelova dok je prvi dio uvod.

U drugom dijelu opisana je funkcija priteznog vitla, podjela i različiti pogoni koji se koriste, a prikazane su dvije najčešće izvedbe brodskih priteznih vitla te se imenuju glavne komponente na slici i opisuje se njihova funkcija.

Treći dio obuhvaća princip rada hidrauličnog vitla i hidrauličnih sistema općenito te opis dijelova. Obrađene su osnove o tlakovima i pojavama vezanim uz tlakove u praksi te konstrukcijska rješenja koja se koriste za rješavanje problema u radu spomenutih sustava. Nabrojani su i opisani dijelovi za prijenos, regulaciju i čišćenje radnog medija.

Četvrti dio čini izračun problemskog zadatka u koracima od rastavljanja sila, momenata i izračuna snage za različite slučajeve promjene brzine vrtnje. Prikazano je i linerarno povećanje snage pri promjeni brzine vrtnje priteznog vitla.

Peti dio je zaključak u kojem se daje osvrt na tematiku rada i eksploataciju priteznog vitla na brodu.

## **2. Brodska pritezna vitla**

Vitlo je u osnovi definirano kao uređaj kojim se uže ili lanac namata na horizontalni ili vertikalni bubanj, pogonski užetnik ili lančano kolo te pri tom nešto povlači. Brodska pritezna vitla služe za podizanje sidra, pritezanje broda uz obalu ili premještanje težine, [1].

### **2.1. Opis i svrha brodskih priteznih vitla**

Brodska pritezna vitla uglavnom se upotrebljavaju za vrijeme manevriranja da privuku brod ka obali ili drugom brodu, sidrenje te tegljenje tereta ili drugih plovila. Koriste se na način da se jedan kraj užeta veže za obalu, a drugi kraj se omota oko bubnja priteznog vitla koji svojom rotacijom namata uže i primiče brod u željenom smjeru, [1]. Pritezna vitla, u skladu s raznovrsnim uvjetima i zahtjevima, mogu se klasificirati prema različitim parametrima. Parametri uključuju vrstu upravljanja automatsko ili ručno zatezanje. Automatsko pritezno vitlo automatski povlači uže kad napetost užeta padne ispod određene unaprijed postavljene vrijednosti, isto tako, popušta uže ako napetost premaši unaprijed postavljenu vrijednost kako ne bi došlo do pucanja užeta. Ručno vitlo uvijek zahtijeva osobu koja će rukovati kontrolama. Ostali parametri odnose se na vrstu pogona; dizel, hidraulički, električni ili pneumatski, te na smještaj vratila koje može biti horizontalno ili vertikalno, [1]. Na današnjim brodovima je uglavnom i dalje ručno zatezanje, dok je na novijima automatsko. Pogon je najčešće hidraulički ili električni. Razumijevanje ovih raznolikih karakteristika od ključne je važnosti za pravilno rukovanje i izračun snage brodskih priteznih vitla. Konkretno, u ovom radu fokusira se na hidraulička pritezna vitla.

## 2.2. Dijelovi brodskog priteznog vitla

Brodsko pritezno vitlo se sastoji od slijedećih osnovnih dijelova: motor, reduktor, bubanj, kočnica i spojka.

Motor je glavni dio vitla koji pretvara kinetičku i potencijalnu (tlak) energiju fluida u mehanički rad. Motor generira potreban moment za vuču i otpuštanje užadi.

Reduktor je uređaj koji omogućuje pretvorbu brzine vrtnje na pogonskom vratilu i momenta na izlaznom vratilu. Najčešće je to viša brzina vrtnje na ulaznom vratilu s nižim momentom koji se preko sklopa zupčanika pretvara u nižu brzinu vrtnje i veći moment na izlaznom vratilu.

Bubanj je cilindrični dio s relativno glatkom površinom na koji se namata užad. Na vitlima se najčešće nalaze dva ili više bubnja. Jedan pritezni bubanj i jedan pomoćni ili jedan skladišni bubanj, jedan pritezni i jedan pomoćni.

Kočnica sprječava gibanje bubanja na koji se osigurava uže kada je brod vezan, a ukoliko sila na užetu naraste više od dozvoljenog kočnica mora popustiti kako ne bi došlo do pucanja užeta i ugrožavanja ljudi u okolini. Sila popuštanja kočnice periodično se provjerava i po potrebi namješta, najčešće je to 70-80% maksimalne sile koju uže može izdržati. Ovisno o modelu, mogu se koristiti elektromagnetske, hidrauličke ili mehaničke kočnice.

Spojka omogućuje ručno uključivanje i isključivanje različitih bubnjeva po potrebi ovisno o izvedbi priteznog vitla. Najčešće korištena je izvrstiva kandžasta spojka koja se sastoji od dvije nazubljene kružne ploče koje naliježu jedna na drugu i tako se uklinjuju zupcima.





Slika 1. Dijelovi brodskog priteznog vitla [3]

Na slici 1. vidi se takozvani nepodijeljeni bubanj vitla, gdje se uže skladišti na istom bubnju kojem se i priteže i osigurava. Ovo je jednostavnija i jeftinija verzija od vitla s više bubnjeva jer se uže skladišti i priteže na istom bubnju pa prilikom korištenja za pritezanje mora se izvući cijelo uže te držati po strani vitla.

Pritezanje prilikom držanja više slojeva užeta na bubnju se izbjegava jer može doći da zaplitanja među slojevima i blokiranju užeta, a također sila na kojoj kočnica popušta je manja kako se moment povećava zbog veće poluge s više slojeva.[2]

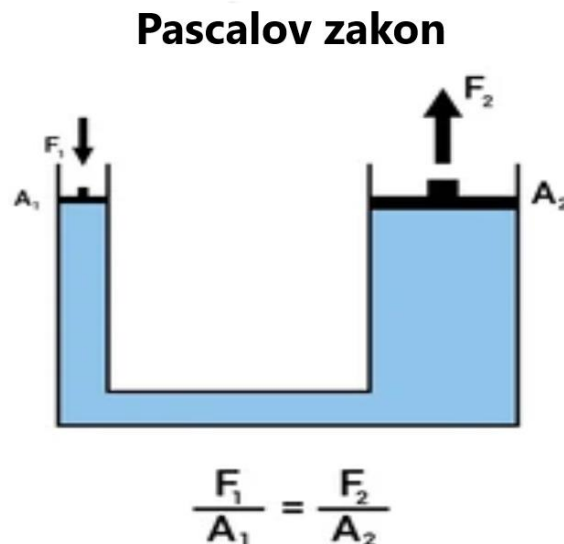


Slika 2. Podijeljeno pritezno vitlo s više bubnjeva [4]

Na slici 2. vidi se vitlo s podijeljenim bubnjevima gdje se jedan bubanj koristi za skladištenje, jedan za pritezanje i osiguravanje i jedan pomoćni bubanj. Prednost ove izvedbe je što se olakšava operacija s vitlom gdje se koristi samo jedan sloj užeta na priteznom bubnju na kojem se uža i osigurava tokom stajanja broda u luci. Ova izvedba se je počela koristiti zbog problema oštećenja užadi i zaplitanja kod nepodijeljenog bubnja te manjoj količini užadi po palubi.[2]

### 3. Princip rada hidrauličnog vitla i opis dijelova

Princip rada hidrauličnog vitla zasniva se na temeljnom zakonu hidrostatike odnosno Pascalovom zakonu koji kaže da u tekućini koja se nalazi u zatvorenoj posudi tlak se jednako širi na sve strane, to jest čestice tekućine prenose tlak jednako u svim pravcima.

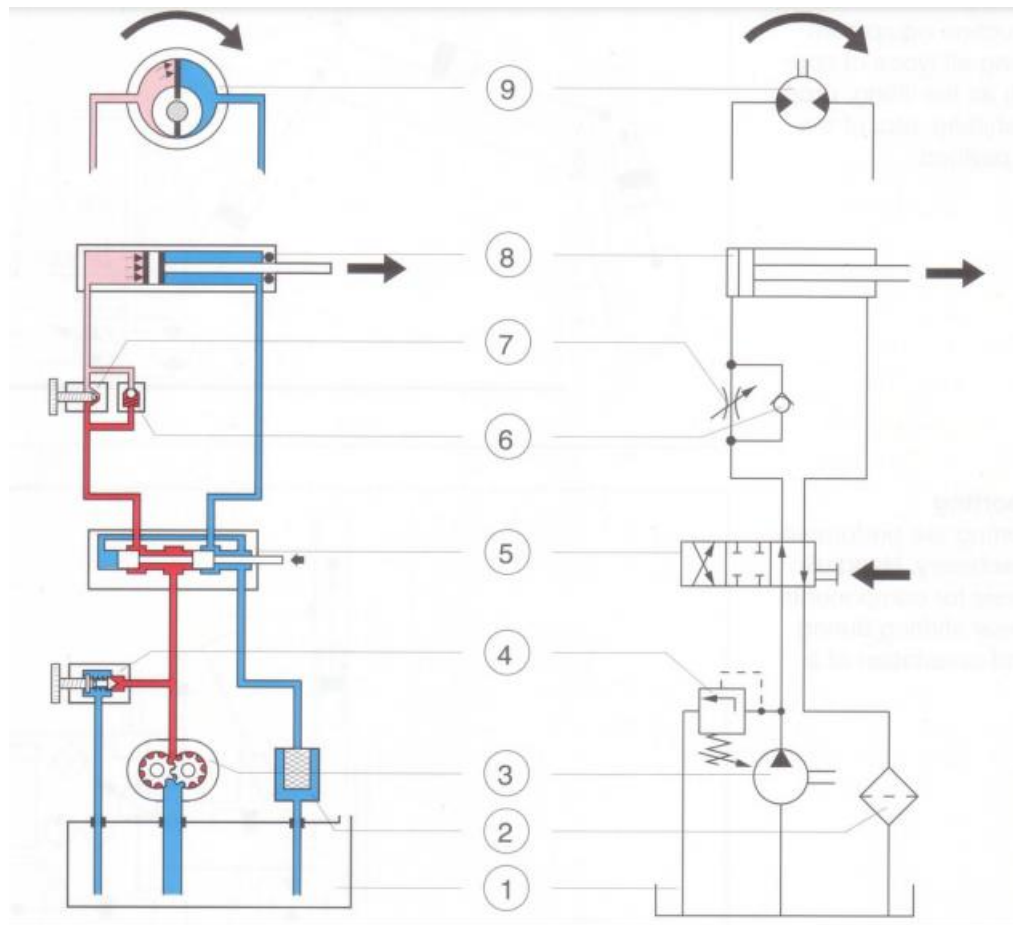


Slika 3. Pascalov zakon-hidraulična preša [5]

Na slici 3. je prikazan Pascalov zakon u primjeni za hidrauličnu prešu gdje se prikazuje pomak i stvaranja veće sile primjenom relativno male sile.

Tlak u manjem cilindru nastaje prilikom gibanja manjeg klipa, koji se pomiče npr. ručno preko poluge ili motorom. Tlak proizveden u malome cilindru prenosi se u veliki cilindar, gdje djeluje na veliki klip. Tlak u oba cilindra je jednak, ali zbog različitih promjera klipa sile na klipu i brzine pomaka su različite. Sila koja podiže veliki klip onoliko je puta veća od sile kojom manji klip pritišće tekućinu koliko je površina presjeka velikog klipa veća od površine presjeka manjeg klipa. Brzine pomicanja klipova obrnuto su proporcionalne površinama klipova, odnosno hod velikoga klipa onoliko je puta manji od hoda manjeg klipa koliki je omjer površine presjeka klipova.

### 3.1 Osnovni dijelovi hidrauličkog sistema vitla



Slika 4. Dijelovi hidrauličkog sistema vitla [6]

Na slici 4. je prikazan osnovni hidraulički sistem vitla sa sljedećim dijelovima:

1. Spremnik ulja
2. Filter
3. Pumpa
4. Ventil za regulaciju tlaka
5. Razvodni ventil
6. Nepovratni ventil
7. Ventil za regulaciju protoka
8. Hidromotor

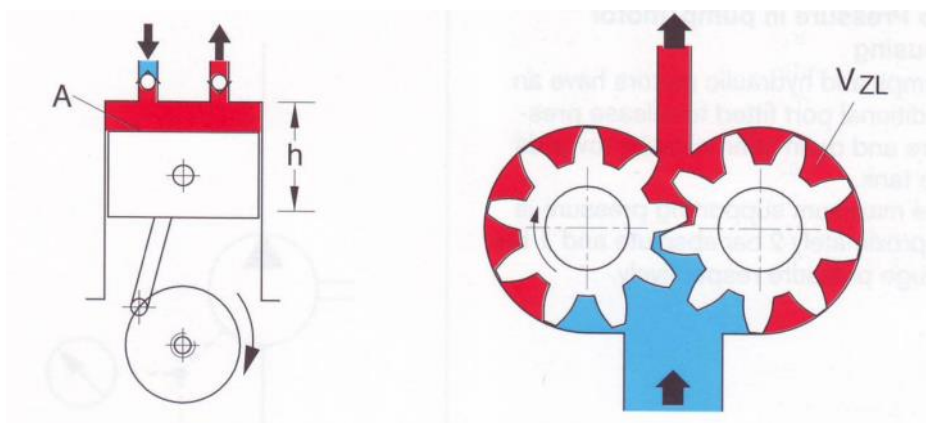
Struktura i rad hidrauličkog sustava uključuje pretvorbu energije, prijenos energije i upravljanje energijom. Početno, mehanička energija napaja sustav, a zatim se transformira u hidrauličku energiju. Ona se prenosi, kontrolira i konačno pretvara natrag u mehaničku energiju, [6]. To je izvedeno hidrauličkim komponentama postavljenim u definirani slijed kako

bi se ostvarila željena funkcija. Na lijevom dijelu slike 4. prikazani su dijelovi po funkciji sa slikom, a na desnom dijelu su prikazani dijelovi shematski sa standardnim simbolima.

Hidraulična pumpa (3) crpi ulje iz spremnika (1) te mu podiže razinu energije-tlaka na razinu određenu za dimenzionirani sustav, a nakon pumpe ventil za regulaciju tlaka (4) ograničava porast tlaka preko unaprijed određenih vrijednosti. Ulje pod tlakom putuje cijevovodom do regulacijskog ventila (5) koji služi za promjenu smjera ulja u sustavu te smjera okretanja ili gibanja krajnjeg elementa (motora ili cilindra). Nepovratni ventil (6) ograničava tok ulja u željenom smjeru, a ventil za regulaciju protoka (7) služi za podešavanje brzine rada cilindra ili motora. Cilindar ili motor (8/9) su krajnji izvršiooci rada za koji je sistem napravljen, u kojima se hidraulična energija pretvara ponovno u mehaničku energiju, pravocrtnog gibanja u slučaju cilindra ili momenta u slučaju motora.

### 3.2 Opis dijelova hidrauličnog sistema

Hidraulična pumpa je uređaj koji pretvara mehaničku energiju u energiju fluida (tlak i protok medija), a pogonjena je motorom (elektro ili dizel). Pumpa na ulaznoj cijevi stvara podtlak te usisava medij i svojim pogonjenim dijelovima (klip, zupčanik) tlači medij u sistem. Zbog potrebe za velikim tlakovima u hidrauličkim sustavima uvijek se upotrebljavaju volumenske pumpe (klipna, zupčasta, vijčana). Njihova dobava je proporcionalna umnošku radnog volumena pumpe i broja okretaja.



Slika 5. Dobava pumpe [5]

Na slici 5. je prikazana dobava pumpe pri jednom okretaju. Na lijevoj strani je klipna pumpa za koju vrijedi:

$$V = A \cdot h \quad (1)$$

Gdje je:

$V$ - volumen zapremine pumpe [ $m^3$ ],

$A$ - Površina klipa [ $m^2$ ],

$h$ - hod klipa [m].

Na desnoj strani je zupčasta pumpa i njen izraz:

$$V \approx V_{ZL} \cdot Z \cdot n \quad (2)$$

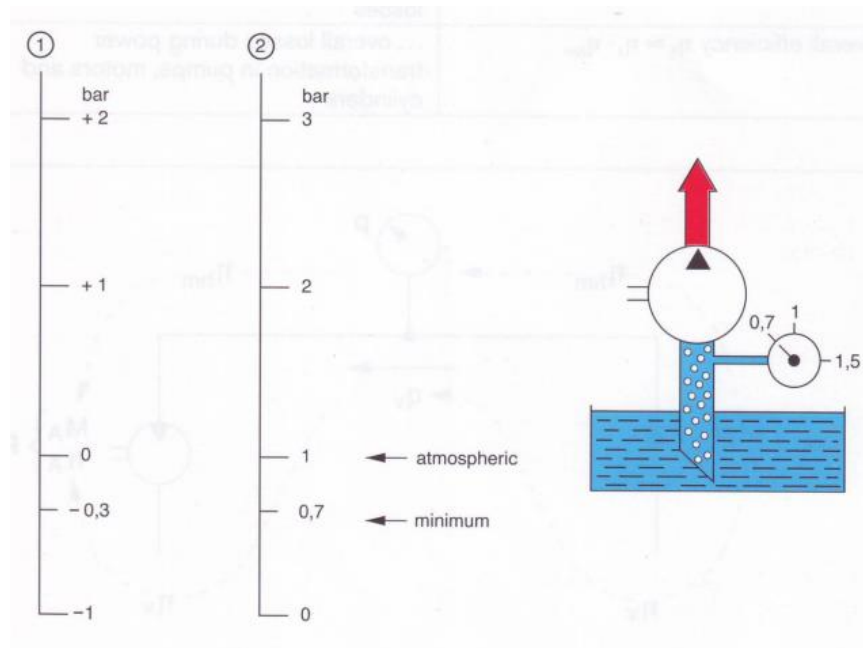
$V$ - približan volumen zapremine pumpe [ $m^3$ ],

$V_{ZL}$ -volumen među zupcima [ $m^3$ ],

$Z$  - broj zubaca.

$n$ -broj zupčanika

Podtlak koji pumpa proizvodi ovisi o visini na kojoj se nalazi spremnik iz kojega pumpa usisava. Ako se spremnik nalazi iznad pumpe ona radi pri pozitivnom tlaku. Podtlak na usisu može nastati i zbog otpora elemenata protoku medija (filtri, koljena, cijevi itd.). Tlak se može izraziti u relativnom (broj 1 na slici 6.) i apsolutnom (broj 2 na slici 6.). Minimalni preporučeni apsolutni usisni tlak za hidraulične pumpe je 0.7-0.8 bar, [6].



Slika 6. Vrste tlakova [6]

Ukoliko tlak padne više od neke vrijednosti može doći do pojave kavitacije. Do toga dolazi jer tekućina pri nižem tlaku isparava i pri nižoj temperaturi te se događa da na usisu pumpe nastaju mjehurići pare koji dolaskom u tlačni dio pumpe gdje je područje višeg tlaka ponovno prelazu u tekuće stanje.

### **3.2.1 Klipna pumpa**

Klipne pumpe se uvelike koriste u hidraulici zbog njihove sposobnosti da proizvedu vrlo visoke tlakove. Kako bi se postigla kontinuirana dobava koriste se u izvedbama s više klipova (3-9). U cilju da bi se postigao efikasan rad vrši se regulacija protoka samom konstrukcijom i promjenom efektivnog volumena pumpe zajedno s regulacijskim ventilima za održavanje tlaka na zadanoj vrijednosti.

U odnosu na položaj klipova razlikuju se:

- klipne aksijalne pumpe
- klipne radijalne pumpe

Ove dvije izvedbe pumpi imaju istu namjenu dok su prisutne neke manje razlike u karakteristikama. Odabir između navedenih ovisi o potrebama određene primjene i sustava.

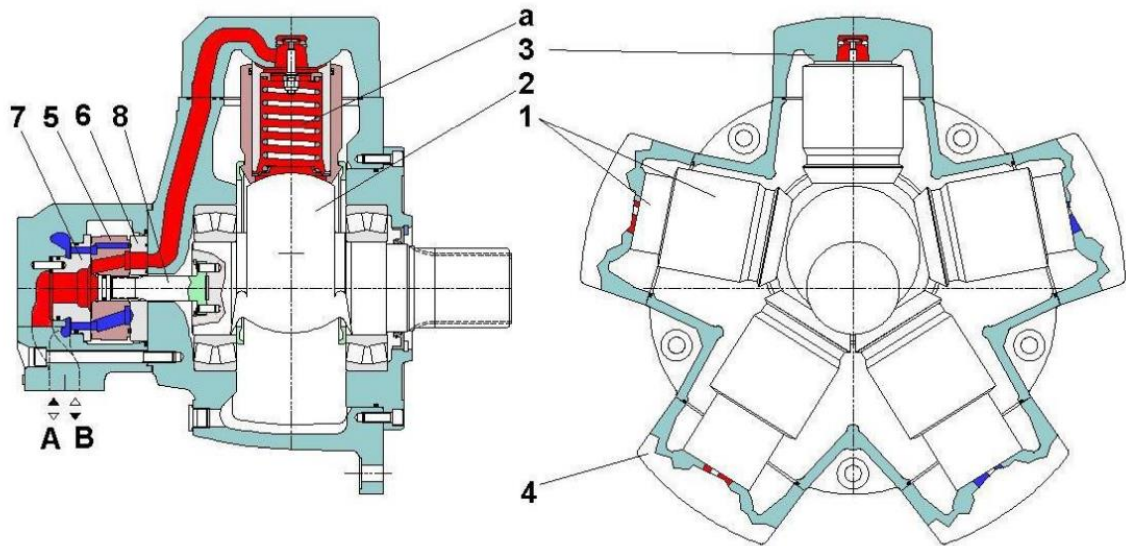
### **3.2.2 Hidraulični motori**

Hidraulični motor je uređaj koji pretvara hidrauličnu energiju proizvedenu od pumpe u mehaničku energiju odnosno moment. Konstrukcijski su gotovo jednaki pumpama te se pumpe mogu i koristiti kao motori ako se promjeni tok fluida međutim neke preinake se koriste kod motora kako bi se postigla veća iskoristivost.

Brzina rotacije motora ovisi o protoku ulja, a moment o tlaku ulja kojeg se dovodi u motor. Postoji više izvedbi hidromotora za različite primjene: jednosmjerni ili dvosmjerni, motori s fiksnom zapreminom i s varijabilnom zapreminom (može se mijenjati brzina vrtnje bez reduktora), motori za visoke i niske brzine vrtnje i četverokvadratni pogoni pumpe i motora, [6]. Četverokvadratni pogoni su najfleksibilniji od svih mogućnosti s neograničenim stupnjem regulacije. To je kombinacija motora i pumpe gdje je moguće mijenjati ulogu iz motora u



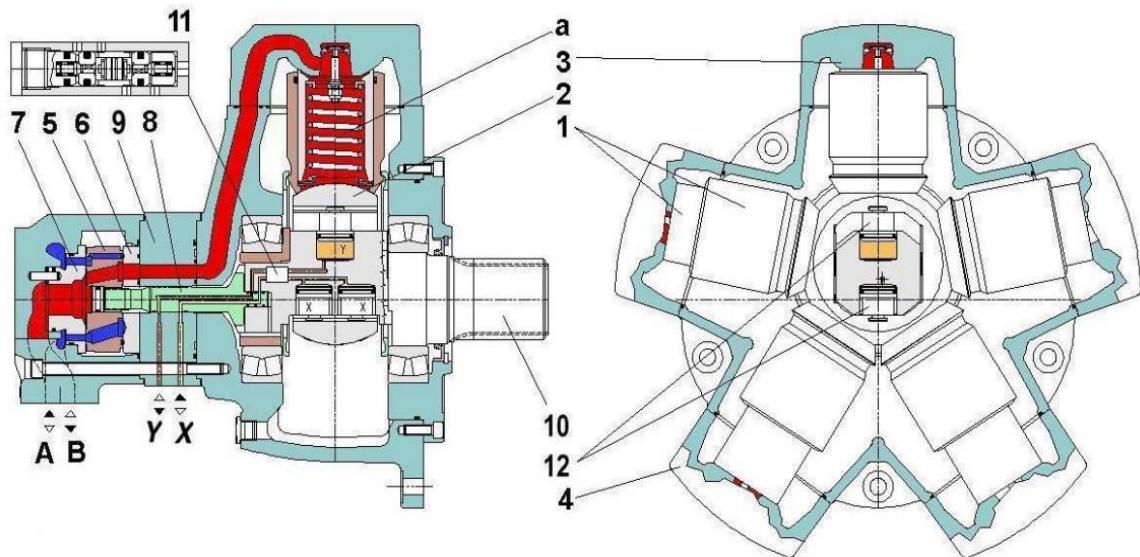
pumpu i obrnuto, I i II kvadrant predstavljaju promjenu smjera toka medija kroz pumpu, a time i motor dok III i IV kvadrant promjenu uloge motora u pumpu i promjenu smjera toka medija kroz iste.



Slika 7. Radijalni hidromotor fiksne zapremine [7]

Na slici 7. prikazan je radijalni hidromotor fiksne zapremine proizvođača Parker Calzoni tipa MR. Motor se sastoji od teleskopskih cilindara s klipovima (1) na koje djeluje vratilo s brijegom (2). Cilindre učvršćuju sferne kape (3) i poklopci cilindara (4). Sila se prenosi na vratilo bez klipnjača, papuča ili osovinica što smanjuje trenje i povećava učinkovitost. Sila tlačenja djeluje potpuno okomito na vratilo te prema tome nema bočnih sila na klipove i cilindre te je time i trošenje ujednačeno, a ne ovalno. Razvodni uređaj za dovod i odvod medija je rotirajući ventil (5) koji se okreće među fiksnim pločama (6,7), a pokreće ga vratilo (8) koje je spojeno na glavno pogonsko vratilo, [7].





Slika 8. Radijalni hidromotor varijabilne dobave [7]

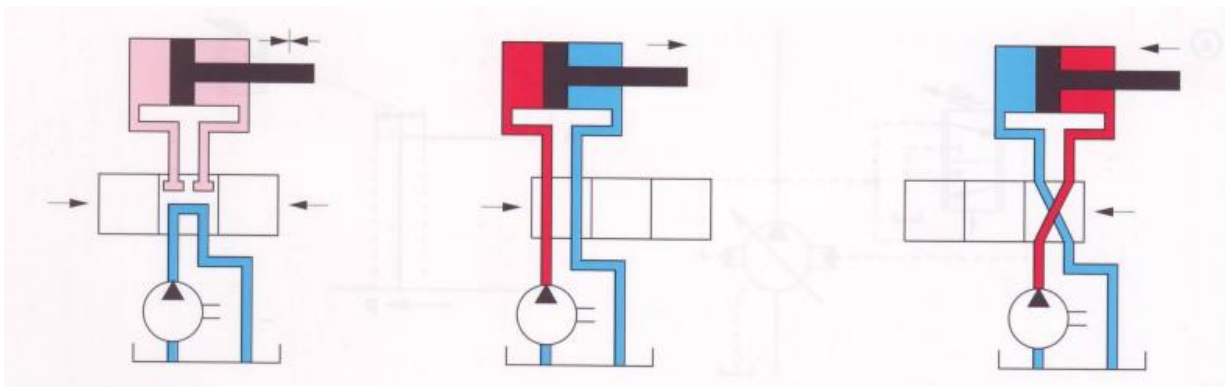
Na slici 8. vidi se kompleksnija inačica radijalnog motora koji ima varijabilnu dobavu. Konstrukcija je slična stin da je brijeg glavnog vratila (10) pomičan radijalno te se mijenja ekscentar. Vratilo (8) je u ovom slučaju izvedeno s kanalima za ulje koje se dovodi preko rotirajućeg bloka (9) i nepovratnog ventila (11) koji je u vratilu, tako da se mijenja pomak cilindara za promjenu zapremine motora (12).

### 3.2.3 Hidraulični ventili

Ventili se u hidraulici koriste za mijenjanje smjera toka fluida, regulaciju tlaka, protoka te nepovratnu funkciju.

Razvodni ventili omogućuju vršavanje više funkcija s uređajima kao što je promjena smjera rotacije hidromotora, pokretanje i zaustavljanje više sklopova s brzom izmjenom. Mogu se koristiti u puno izvedbi ovisno o svrsi i sklopu za koji su namijenjeni.

Označavaju se sa standardiziranim simbolima koji točno prikazuju broj priključaka i mogućnosti položaja.

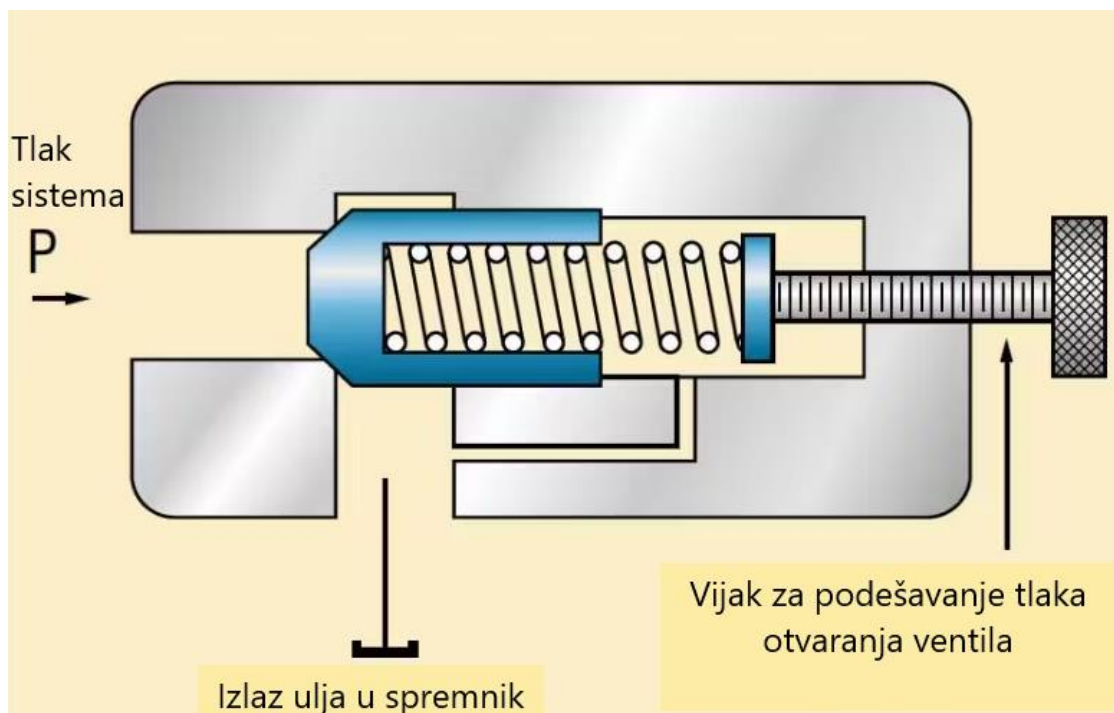


Slika 9. Princip razvodnih ventila [6]

Ventili za regulaciju tlaka imaju zadatak ograničiti maksimalni tlak u sistemu ili dijelu sistema kako bi zaštitili njegove dijelove od pucanja.

Razlikuju se dvije glavne vrste: sigurnosno rasteretni ventili i reducir ventili.

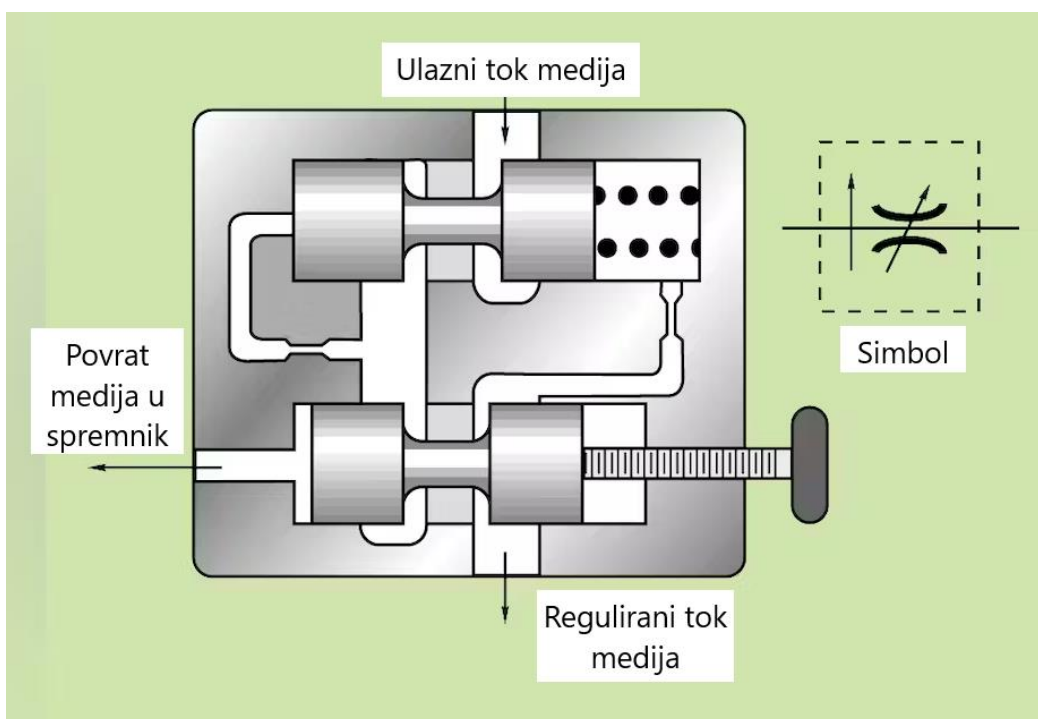
Sigurnosno rasteretni ventil (Slika 10.) ograničava maksimalni tlak u cijelom sustavu i regulira tlak na ulaznoj strani ventila te ga rasterećuje u spremnik ulja. Tlak sistema djeluje na element ventila koji drži opruga, kada tlak prijeđe silu opruge ventil se otvara i snižava tlak na dopuštenu vrijednost.



Slika 10. Shematski prikaz sigurnosno rasteretnog ventila [8]

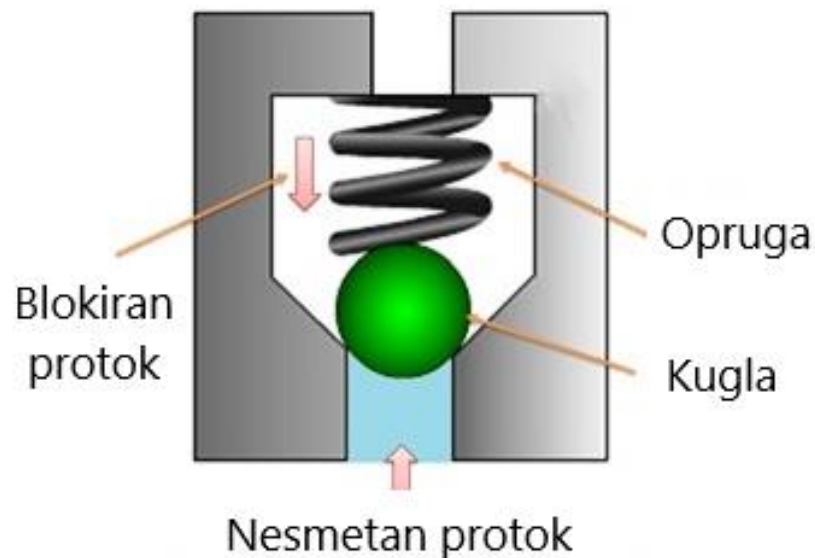
Reguliranje protoka u dijelovima sustava se postiže i fiksnim elementima kao što je prigušnica, ali najčešće je poželjno da je moguće postići različite vrijednosti protoka kako bi to bila promjenjiva regulacija.

Ventili za regulaciju protoka (Slika 11.) sastoji se od igličastog ventila koji prigušuje protok na izlazu iz ventila ovisno o njegovom odvrtnju. Protok se regulira kako bi se mijenjala brzina vrtnje hidromotora ili brzina pomicanja hidrauličkog cilindra. Prigušivanjem se kinetička energija zbog trenja pretvara u toplinsku energiju. Ventili se u praksi izvedu i s kompenzatorima tlaka kako bi se pad tlaka održao u cijelom području regulacije (pad na izlazu od oko 8 bar), [6].



Slika 11. Ventil za regulaciju protoka uz kompenzaciju tlaka [9]

Nepovratni se ventili (Slika 12.) upotrebljavaju za blokiranje prolaza mediju u jednom smjeru, a za nesmetan prolaz u drugom smjeru. Konstrukcijski su to uvijek ventili sa sjedištem kuglaste, tanjuraste ili konusne izvedbe. Element je napet relativno slabom oprugom. U hidraulici se koriste npr. za; sprječavanje povratnog toka prema pumpi, paralelno s ventilom za regulaciju protoka, paralelno na liniji s filtrom (kod začepljivanja filtra propušta nepovratni ventil), [6].



Slika 12. Shematski prikaz nepovratnog ventila [10]

### 3.2.4 Filtri

U hidrauličnim sistemima postiže se veliki protok medija kroz jako male dosjede pri vrlo visokim tlakovima. Zbog takvih osobina sistema dolazi do osjetljivosti na nečistoće te upravo to je i najčešći razlog kvarova i otkazivanja u hidraulici,[6]. Filtri imaju za svrhu smanjiti broj i koncentraciju nečistoća na razinu koja neće uzrokovati probleme i preuranjeno trošenje dijelova. Nečistoće su čestice hrđe i metala koji nastaje abrazivskim djelovanjem u ležajima, površini zupčanika i klipovima pumpi.

Velike čestice (veće od 50  $\mu\text{m}$ ) u sistemu obično uzrokuju kvarove vrlo brzo nakon pokretanja i kraćeg rada dok male čestice (manje od 10  $\mu\text{m}$ ) povećavaju trošenje i postepeno dovodu do kraćeg radnog vijeka. [6]

Odabir finoće filtra ovisi o njegovom položaju i određenom sistemu. Filtri se mogu postaviti na usisu, tlačnoj strani ili na povratu.

Na usisu se postavlja grubi žičani filter kako bi spriječio prolaz većih nečistoća u pumpu, fini filtri se ne postavljaju kako ne bi uzrokovali pad tlaka i kavitaciju. Na tlačnoj strani se filtri rijetko postavljaju jer je takva izvedba skupa zbog visokog tlaka. Filteri na povratnom vodu su najčešća izvedba jer cijela količina ulja prolazi kroz njih i relativno su jeftini zbog nižeg tlaka koji djeluje u tom dijelu sustava.

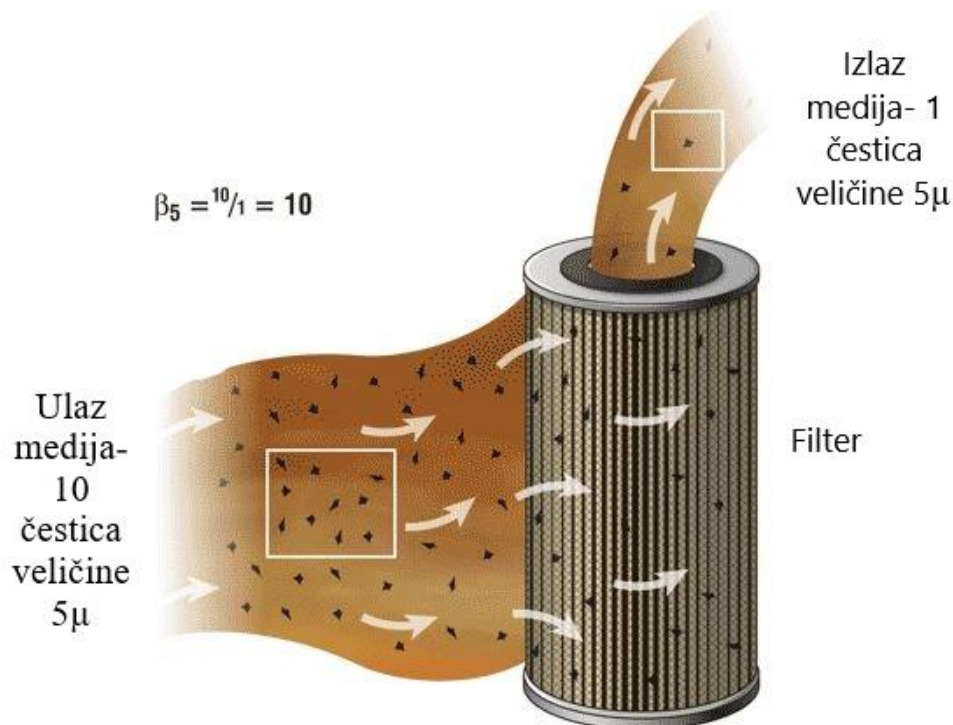
Efikasnost filtracije se određuje formulom:

$$B_x = \frac{\text{Ulazni broj čestica većih od } x \text{ mikrona}}{\text{Izlazni broj čestica većih od } x \text{ mikrona}} \quad (3)$$

Gdje je:

$B_x$  – efikasnost filtracije po broju čestica  $x$  mikrona [ $n$ ].

Na slici 13. je prikazan filter s efikasnošću  $B_5 = 10$  što znači da od 10 čestica veličine veće od  $5\mu$  jedna će proći kroz filter.



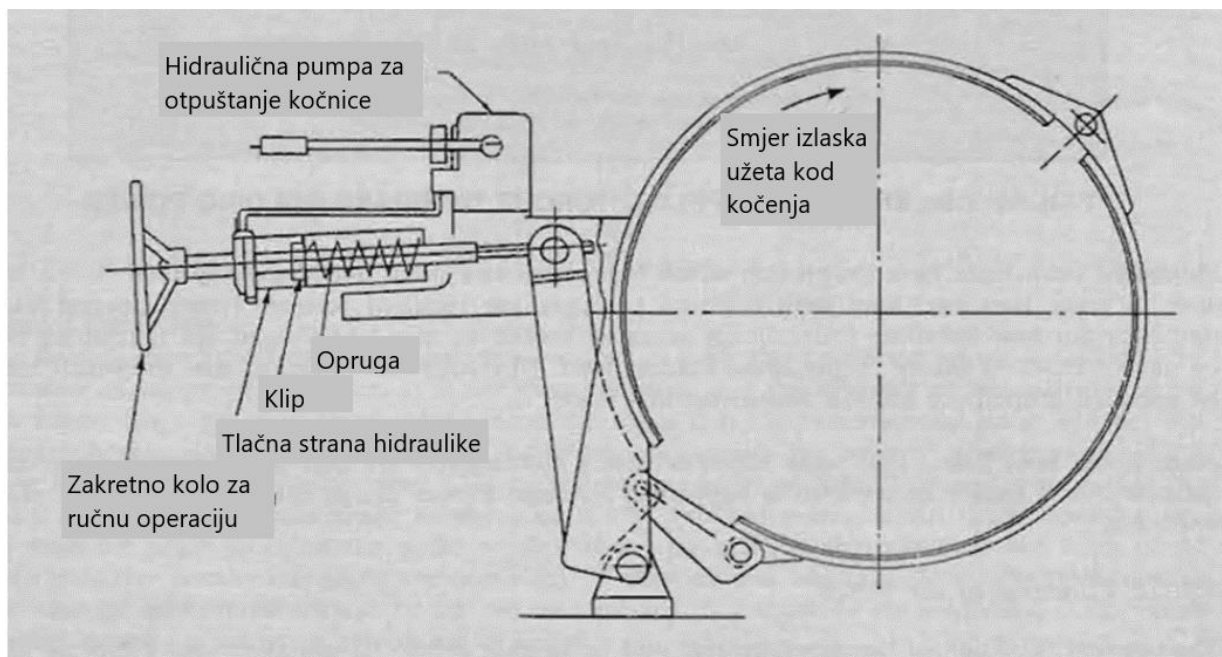
Slika 13. Princip filtracije [11]

### 3.2.5 Kočnica hidrauličnog vitla

Kočnica je dio vitla koji osigurava bubanj i uže vezano na kopno, a također što je najvažnije, ukoliko dođe do sile više od dozvoljene kočnica treba popuštati kako ne bi došlo do pucanja užeta. Idealno kočnica treba popustiti samo onoliko da bi se sila vratila na dopuštenu razinu, a to je ispod 60-80% MBL - *minimum breaking load* što je najveća dopuštena sila za operativne uvjete zadana od strane proizvođača na kojoj uže može puknuti ukoliko joj bude izloženo.

Na priteznom bubnju koji osigurava uže tokom stajanja u luci se ostavlja samo jedan sloj užeta kako bi sila popuštanja bila što točnija jer povećavanjem slojeva krak poluge se mijenja pa kočnica popusti na manjoj sili užeta, npr. ako je MBL namješten na 80% ukoliko se postavi tri sloja kočnica će popustiti na 65%, [2].

Najčešće korištena kočnica je takozvana pojasna kočnica s dvije kočione obloge.



Slika 14. Pojasna kočnica s hidraulikom [2]

Na slici 14. je prikazana pojasna kočnica s hidrauličkim djelovanjem i oprugom. Ova vrsta kočnice je u čestoj primjeni zbog prednosti i jednostavnosti korištenja. Ovdje je prikazano

djelovanje hidraulike s ručicom, međutim kod hidrauličkih priteznih vitla to je upareno s ručicom za kontrolu vitla tako da čim se vitlo zaustavi kočnica se uključuje, a kada se vitlo pokrene kočnica se isključuje.

Opruga se koristi iz razloga kako bi kompenzirala silu kod istežanja užeta jer prilikom korištenja obične pojasne kočnice kada se ona početno zategne do kraja prilikom istežanja užeta ona se ponovno može dotezati jer je sila na kočnicu smanjena zbog istežanja. Problem može nastati ukoliko se kočnica ide dotezati zbog vanjskih uvjeta, a uže pukne prije nego kočnica popusti. Rješenje za ovaj problem je opruga koja drži uvijek jednaku silu na kočnicu pa kompenzira istežanje užeta.

Ručica za zatezanje kočnice se obično ne koristi, a služi ukoliko dođe do problema s hidraulikom ili prilikom kalibracije kočnice.

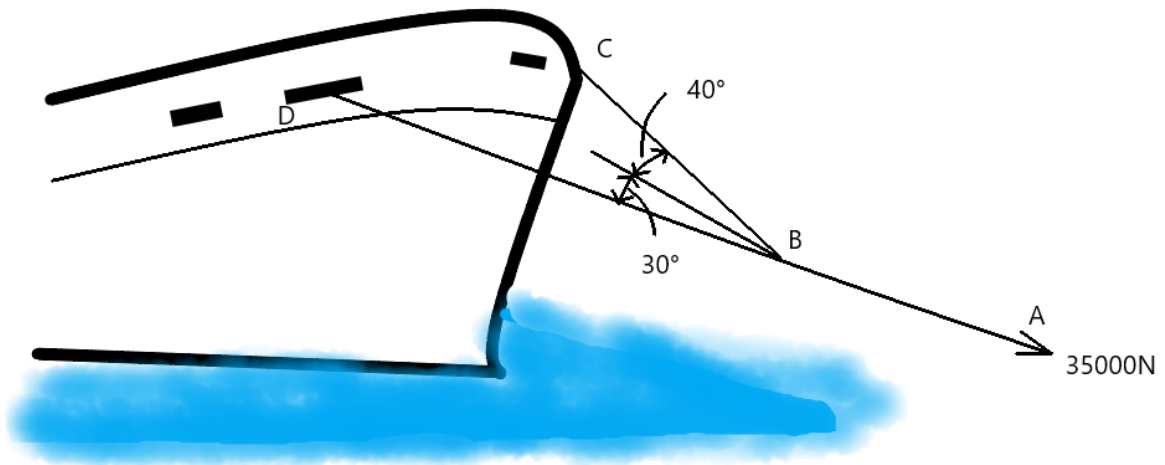
Probleme s držanjem kočnice može izazvati i promjena trenja bilo na bubnju zbog potrošenosti ili na oblogama kočnica uslijed vlage ili nečistoća i promjene atmosferskih uvjeta (kiše i sl.) Manja promjena u koeficijentu trenja izazvati će veću promjenu u sili držanja kočnice, [2].

Kočnica je konstruirana kako bi držala silu samo u jednom smjeru pa se tako mora voditi računa od početka operacije u kojem smjeru se namata uže.

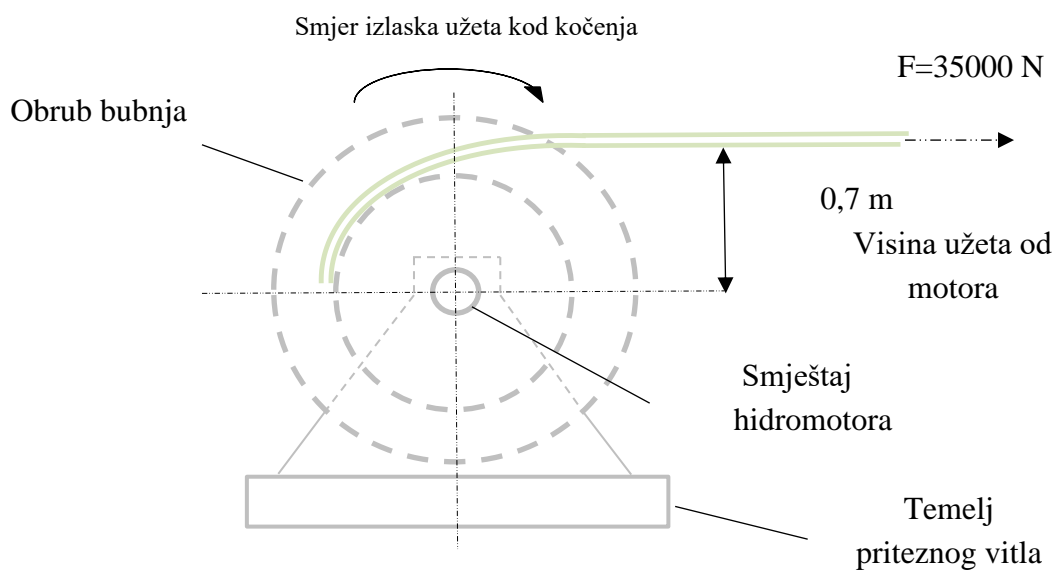


## 4. Proračun zadatka

U ovom dijelu rada diskutira se problemski zadatak i njegovo rješenje. Zadatak je prikazan na slici.



Slika 15. Sile koje djeluju na brod

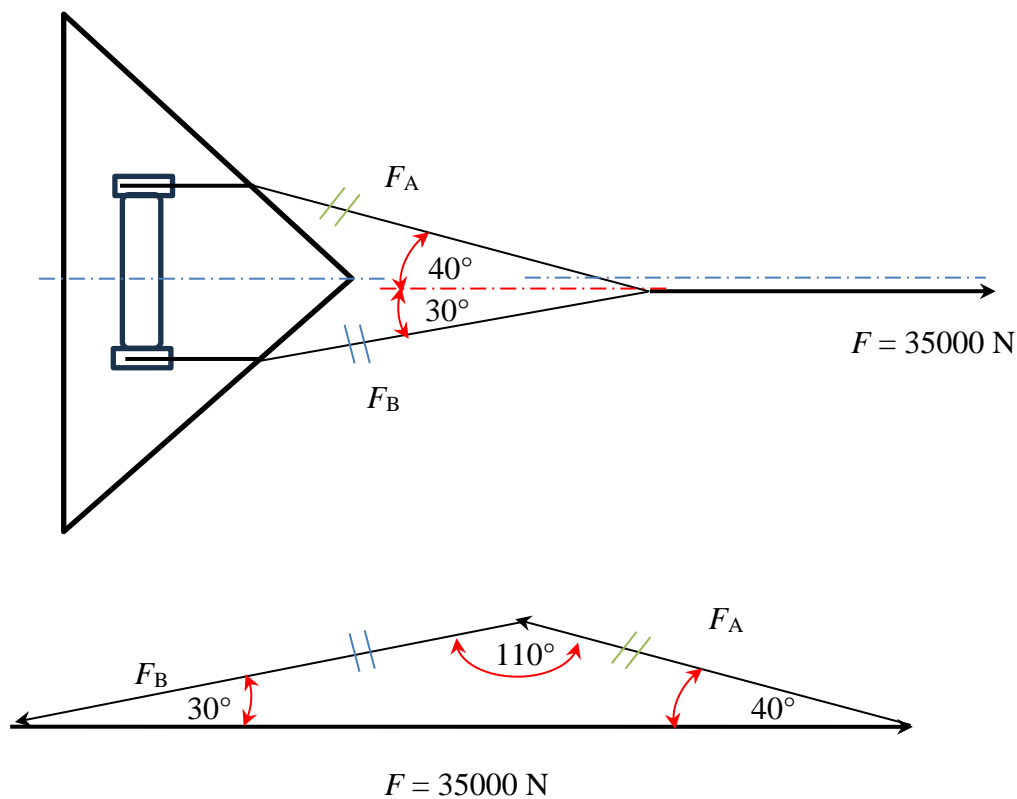


Slika 16. Sile koje djeluju na brod

Zadatak: Vučni privjesak AB izložen je sili 35000 N tegljača. Odrediti silu u svakoj od uzdi, BC i BD, ako se brod kreće naprijed stalnom brzinom. Kada se odredi sila na svakoj komponenti užeta potrebno je odrediti silu kočenja hidrauličkog motora koja je suprotnog intenziteta od vučne sile. Kada se odredi sila, odrediti snagu hidrauličkog motora da održava pomak užeta u smjeru tegljača od 0,1 do 3 min<sup>-1</sup>, pri promjeni brzini vrtnje od 0,5 min<sup>-1</sup>.

#### 4.1 Sile koje djeluju na pritezno vitlo

Rastavljanje sile užeta na komponente vektora  $F$ , prema Slici 17.



Slika 17. Rastavljanje vektora

Iz trokuta sila vrijedi

$$\frac{F_A}{\sin 30} = \frac{F}{\sin 110} \quad (4)$$

$$F_A = \frac{F \cdot \sin 30}{\sin 110} = \frac{35000 \cdot \sin 30}{\sin 110} = 18623 \text{ [N]}$$

$$\frac{F_B}{\sin 40} = \frac{F}{\sin 110} \quad (5)$$

$$F_B = \frac{F \cdot \sin 40}{\sin 110} = \frac{35000 \cdot \sin 40}{\sin 110} = 23941 \text{ [N]}$$

Potrebna snaga zatezanja bubnja na strani sile  $F_A$  i  $F_B$  pri varijaciji brzini vrtnje bubnja od 0,1 do 3  $\text{min}^{-1}$ , uz promjenu brzine za 0,5  $\text{min}^{-1}$ .

Snaga

$$P = M \cdot \omega \text{ [W]} \quad (6)$$

Gdje je:

$M$  – moment [Nm],

$\omega$  – kutna brzina [ $\text{min}^{-1}$ ].

Moment

$$M = F \cdot r \text{ [Nm]} \quad (7)$$

Gdje je:

$F$  – sila [N],

$r$  – krak [m].

Kutna brzina

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (8)$$

Gdje je:

$n$  – brzina vrtnje [ $\text{min}^{-1}$ ].

Supstitucija 6 do 9 daje slijedeći izraz.

$$P = M \cdot \omega = F \cdot r \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (9)$$

Snaga na hidrauličkom motoru na strani  $F_A$  pri promjeni brzine vrtnje motora od 0,1 do 3  $\text{min}^{-1}$ .

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,1}{60} = 0,137 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,5}{60} = 0,682 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1}{60} = 1,37 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{60} = 2,05 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2}{60} = 2,73 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2,5}{60} = 3,41 \text{ [kW]}$$

$$P_A = 18623 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 3}{60} = 4,1 \text{ [kW]}$$

Snaga na hidrauličkom motoru na strani  $F_B$  pri promjeni brzine vrtnje motora od 0,1 do 3  $\text{min}^{-1}$ .

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,1}{60} = 0,175 \text{ [kW]}$$

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 0,5}{60} = 0,877 \text{ [kW]}$$

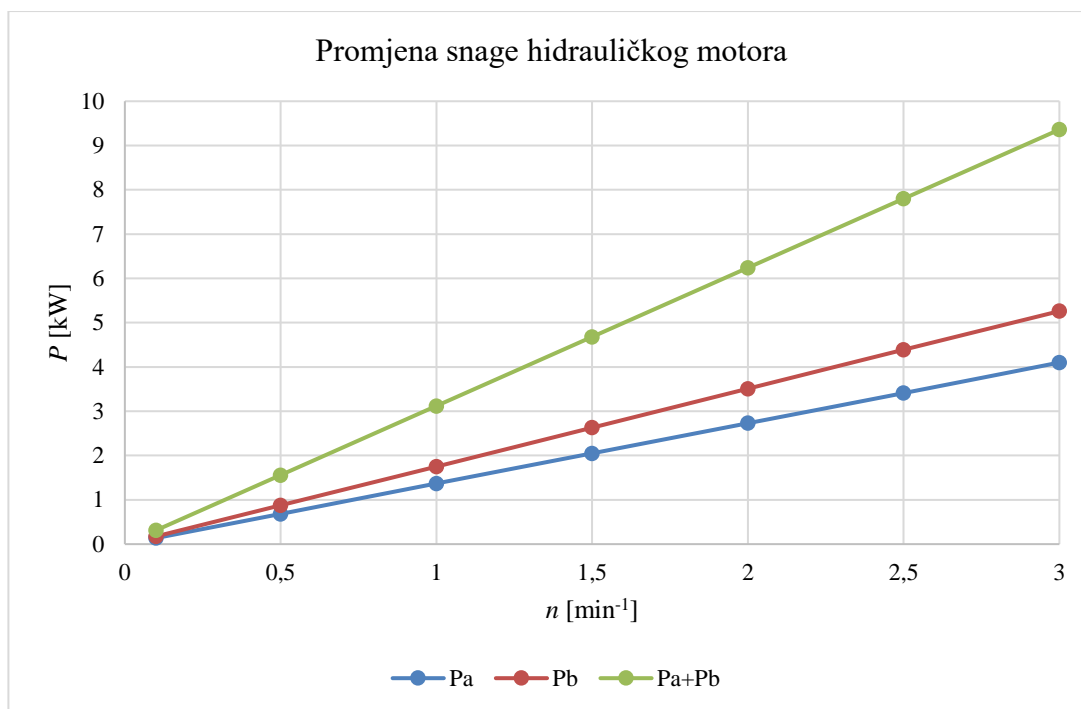
$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1}{60} = 1,75 \text{ [kW]}$$

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1,5}{60} = 2,63 \text{ [kW]}$$

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2}{60} = 3,51 \text{ [kW]}$$

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2,5}{60} = 4,39 \text{ [kW]}$$

$$P_B = 23941 \cdot 0,7 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 3}{60} = 5,26 \text{ [kW]}$$



Slika 18. Promjena snage na hidrauličkim motorima vitla

Na slici 18. vidi se grafički prikaz rezultata zadatka odnosno snage hidrauličkog motora za različite brzine vrtnje. Može se uočiti kako s porastom brzine vrtnje hidrauličkog motora pod opterećenjem snaga linearno raste pa tako kod hidrauličkog motora na strani  $F_A$  pri brzini od  $0,1 \text{ min}^{-1}$  potrebna snaga je samo  $0,137 \text{ kW}$  dok kod  $3 \text{ min}^{-1}$  je  $4,1 \text{ kW}$ .

Na grafikonu je također prikazan zbroj snaga motora strane  $F_A$  i  $F_B$  gdje je vidljivo da ukoliko se zbroju te dvije snage to i dalje nisu neke velike vrijednosti da bi konstrukcijska izvedba hidrauličkog motora bila problematična pa se u praksi to rješava jeftinijim i manje kompleksnim rješenjem da jedan hidraulički motor pogoni pritezno vitlo s dva bubnja te je moguće izvrstivim spojka uključivati pogon jednog, drugog ili oba bubnja po odabiru. Iz odlomka 3.2 je poznato da svaki hidromotor s mogućom promjenom brzine vrtnje mora imati još i neku vrstu regulacije protoka.

Uzimajući u obzir spomenute stavke razumljivo je da se u praksi postavljaju pritezna vitla s dva bubnja i jednim hidrauličkim motorom uz dvije izvrstive kandžaste spojke. Ovom izvedbom se umjesto dva hidromotora postavlja samo jedan uz dvije kandžaste spojke kod kojih gotovo da i nema održavanja.

## 5. Zaključak

U ovom završnom radu se osvrnulo na tehnologiju i princip rada hidrauličkog priteznog vitla. Moderni brodovi su sve većih kapaciteta i nosivosti pa razmjerno s tim i sile koje ih pomiču i zadržavaju su veće nego u prošlosti.

Glavni princip rada priteznog vitla relativno je jednostavan i nije se puno mijenjao od sredine 20. stoljeća, ali uređaji za lakše rukovanje i sigurnost su se uvelike promijenili. Uređaji za sigurnost kao što je kočnica morali su biti poboljšani uslijed povećanja sila i komplikacija koje su pritom nastale.

U zadatku se može vidjeti da je za izračun potrebno poznavanje vektorskih veličina, te odnosi sila, momenata i njihovih promjena u zadanim uvjetima za sve režime rada. Kroz proračun se vidi kako za jako male brzine vrtnje su potrebne i vrlo male snage hidrauličkih motora za nadvladavanje velikih sila međutim brzina tokom operacija vezivanja i tegljenja broda nije nimalo zanemariva stavka.

U brodarskoj industriji je uvijek naglasak na jednostavnost izvedbe zbog manjeg održavanja i cijene pa inženjeri zamjenjuju kompleksne i skuplje uređaje s jednostavnijima kada je to moguće.

## Literatura i izvori

- [1] Brodski pomoćni strojevi i uređaji, Velimir Ozretić, Riječka tiskara, 1978.
- [2] ] Mooring equipment Guidelines, OCIMF, Second edition, 1997
- [3] <https://fountom.com/products/winch/hydraulic-mooring-winch>
- [4] <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/mooring-winch>
- [5] <https://www.shutterstock.com/image-vector/pascals-principle-law-vector-illustration-2084525092>
- [6] Hydraulics. Theory and Applications, Werner Gotz, Robert Bosch GmbH 1998.
- [7] Installation and maintenance manual for hydraulic motors type MR,MRD,MRV,MRT, Calzoni Parker,2006
- [8] <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/hydraulic-valves/article/21884995/engineering-essentials-pressurecontrol-valves>
- [9] <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/hydraulicvalves/article/21887947/flowcontrol-valves-regulate-speed>
- [10] <https://www.hkdivedi.com/2016/02/working-principle-of-check-valve-and.html>
- [11] <https://www.filsonfilters.com/return-line-filter>

## Popis slika

Slika 1. Dijelovi brodskog priteznog vitla

Slika 2. Podijeljeno pritezno vitlo s više bubnjeva

Slika 3. Pascalov zakon-hidraulična preša

Slika 4. Dijelovi hidrauličkog sistema vitla

Slika 5. Dobava pumpe

Slika 6. Vrste tlakova

Slika 7. Radijalni hidromotor fiksne zapremine

Slika 8. Radijalni hidromotor varijabilne dobave

Slika 9. Princip razvodnih ventila

Slika 10. Shematski prikaz sigurnosno rasteretnog ventila

Slika 11. Ventil za regulaciju protoka uz kompenzaciju tlaka

Slika 12. Shematski prikaz nepovratnog ventila

Slika 13. Princip filtracije

Slika 14. Pojasna kočnica s hidraulikom

Slika 15. Sile koje djeluju na brod

Slika 16. Sile koje djeluju na brod

Slika 17. Rastavljanje vektora

Slika 18. Promjena snage na hidrauličkim motorima vitla



## **Sažetak:**

Pritezna vitla su bitan dio brodske opreme jer se koriste za vezivanje broda te osiguravanje u broda u luci. Hidraulična pritezna vitla su vrlo čest odabir na brodovima zbog njihove robusnosti, mogućnosti regulacije i karakteristika.

U ovom radu su prikazani i opisani dijelovi broskog vitla te pojedinačni dijelovi hidrauličkog sistema. Kroz zadatak se uočava da je brzina vrtnje vitla uz silu pritezanja glavni faktor za određivanje potrebne snage te se osvrće na praktične izvedbe, tehnološka rješenja i zahtjeve vitla pri radu u brodarskoj industriji.

**Ključne riječi:** pritezno vitlo, hidraulični sistem, hidraulična pumpa, hidraulični motor, snaga, brzina vrtnje.

## **Summary:**

### **Mooring winch power calculation**

Mooring winches are an important part of a ship's fittings because they are used for mooring operations and securing the ship in port. Hydraulic mooring winches are often the choice on ships because of their rigidness and capabilities for regulation.

In this work of study parts of mooring winches are shown and described along with the individual parts of the hydraulic system. Through the mathematical task it is observed that the speed of the winch beside force of tension is the main factor for finding the power of the hydraulic motor. Practical and tehnological solutions with requirements during operation in the ship industry were discussed.

**Key words:** mooring winch, hydraulic system, hydraulic pump, hydraulic motor, power, rotational speed.