

Sadržaj

Rezime	1
Abstract	1
1.0 Uvod	2
1.1 Uloga hidraličnih komponenti	2
1.2 Konstrukcija tovarnog prostora kiper sanduka	3
1.3 Hidraulični sistem	4
2.0 Pumpe	5
2.1 Izvod iz teorije pumpi	5
2.2 Zupčaste pumpe	7
2.3 Zupčaste pumpe u kiperskim instalacijama	9
2.4 Klipno-aksijalne pumpe – uvod.....	12
2.5 Klipno-aksijalna pumpa sa nagnutom pločom	12
2.6 Klipno aksijalne pumpe sa nagnutom pločom u kiperskim instalacijama	15
2.7 Klipno-aksijalna pumpa sa nagnutim cilindarskim blokom	17
2.8 Klipno aksijalne pumpe sa kosim blokom u kiperskim instalacijama	19
2.9 Parametri za odabir odgovarajuće pumpe	22
3.0 Izvod snage – PTO (Power Take-Off)	23
3.1 Uvod u izvode snage	23
3.2 Parametri za odabir odgovarajućeg izvoda snage	26
4.0 Elektro-hidraulični agregat	31
4.1 Uvod u elektro-hidraulične agregate	31
4.2 Parametri za odabir odgovarajućeg elektro-hidrauličnog agregata	34
4.3 Prednosti i mane elektro-hidrauličnih agregata	37
5.0 Razvodni ventili – razvodnici	38
5.1 Uvodne napomene o razvodnim ventilima	38
5.2 Osnovne funkcije klipnih razvodnika	41
5.3 Način aktiviranja klipnih razvodnika	43
5.4 Razvodni ventili u kiperskim instalacijama – kip ventili	46
6.0 Hidrocilindri	54
6.1 Uvod u hidrocilindre i izvod iz teorije	54
6.2 Teleskopski hidrocilindri	57
6.3 Kriterijum potrebne sile cilindra	61
6.4 Kriterijum dimenzijske analize cilindra	62
7.0 Sistem za razvod	64
7.1 Rezervoari	64
7.2 Savitljivi cevovodi	65
8.0 Primer projektnog modela	66
9.0 Zaključak	72
10.0 Literatura	73

Rezime

U ovom završnom radu je opisana upotreba hidrauličnih komponenti u proizvodnji kiperskih sanduka, koji se montiraju na kamione za prevoz i istovar rastresitog materijala. Prvo poglavlje čini uvod u koncept konstrukcije i hidrauličnih instalacija. U poglavljima 2, 3, 4, 5, 6 i 7 su objašnjeni principi rada i načini za odabir hidrauličnih komponenti koje sačinjavaju instalaciju sistema. Poglavlje 8 predstavlja primer projektnog modela kiper sanduka. Poslednja poglavlja ovog završnog rada čine zaključak i korišćena literatura.

Ključne reči:

Hidraulične komponente, pumpa, izvod snage, hidrocilindar, razvodnik, kiper.

Abstract

This diploma thesis describes usage of hydraulic components in production of truck tipper bodies. First chapter is introduction to the principle of design and hydraulic system. Chapters 2, 3, 4, 5, 6 and 7 and explain basic principles of functionality and methods for choosing appropriate hydraulic component. Chapter 8 shows example in design and engineering for specific model of tipper body. Last chapters describe summary of this diploma thesis and used literature.

Keywords:

Hydraulic components, pump, power take-off, hydrocylinder, tipper valve, tipper.

1.0 Uvod

1.1 Uloga hidraličnih komponenti

Svakodnevni razvoj svetske privrede ne bi bio moguć bez oslanjanja na transportna sredstva kojim se roba, repromaterijal i energenti prevoze sa raznih destinacija do odredišta. Da bi sve ovo funkcionisalo na najbolji način mnoga od tih transportnih sredstava koriste, ili hidraulične komponente, ili sisteme zasnovane na osnovnim zakonima hidraulike. Jedan od takvih uređaja, koji vrši funkciju prevoza i istovara rastresitog materijala, jeste kiperski sanduk, kao sastavni deo kamiona za obavljanje transportne delatnosti. Operacija istovara materijala iz tovarnog prostora se obavlja upotrebom hidrauličnog sistema koji rotira-podiže kiper sanduk čime se usled sile gravitacije primorava materijal da napusti tovarni prostor.



Slika 1.0 Izgled kiper sanduka na kamionu [13]

Kiper sanduk, kao uređaj, može se sagledati kroz dve celine:

- tovarni prostor i
- hidraulični sistem.

1.2 Tovarni prostor kiper sanduka

Tovarni prostor kiper sanduka čine sledeći podsklopovi (slika 1.1):

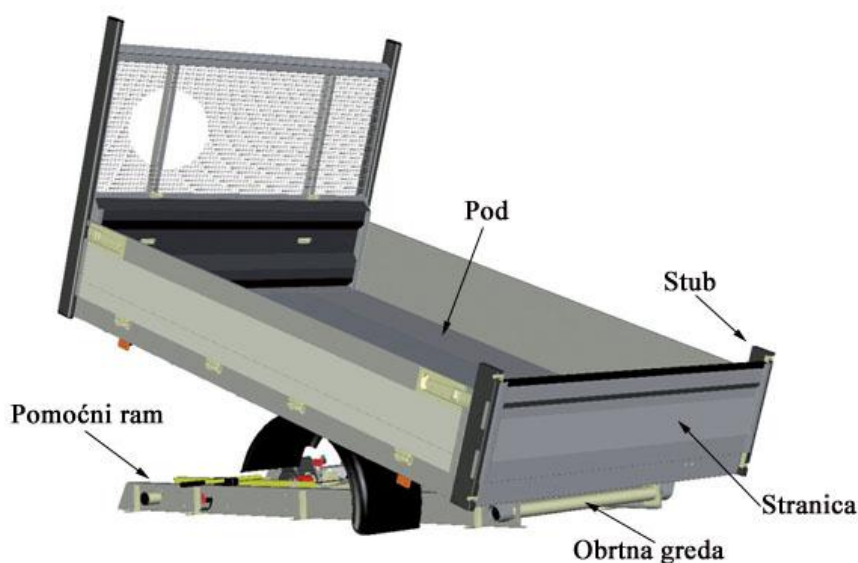
- pomoćni ram,
- pod sanduka,
- stranice i
- mehanizam za bravljenje.

Pomoćni ram se sastoji od čeličnih uzdužnih nosača (naslonjenih i fiksiranih na kamionsku šasiju), nosača hidrocilindra i prednje i zadnje poprečne grede, u čije krajeve su ugrađene kugle oko kojih sanduk rotira.

Pod sanduka je sastavljen od čelične noseće konstrukcije prekrivene toplo valjanim čeličnim limovima različitih debljina (2, 3, 4 mm, shodno nosivosti). Sa donje strane poda sanduka, u uglovima, postavljene su oslone tačke u obliku šolja, preko kojih je pod sanduka oslonjen na kugle pomoćnog rama. Konstrukcija šolja omogućava ubacivanje klinova koji vrše zabravljivanje sistema kugle-šolja. Ubacivanjem klinova u željene položaje, pod sanduka zauzima jedan od tri moguća istovarna položaja (levo bočno kipovanje, desno bočno kipovanje i kipovanje unazad).

Stranice mogu biti aluminijumske ili čelične, u raznim visinama, čime se definiše maksimalna zapremina tereta koji se prevozi. Bočne i zadnja stranica su pokretne, dok je prednja stranica uvek fiksna. Otvaranje stranica može biti u donjoj ili gornjoj zoni, tj. pomoću sistema šarki u podu sanduka, ili pomoću klinova.

Mehanizam za bravljenje je sastavljen od ugaonih stubova sa integrisanim bravama čijim dejstvom se vrši zabravljivanje i odbravljivanje stranica.

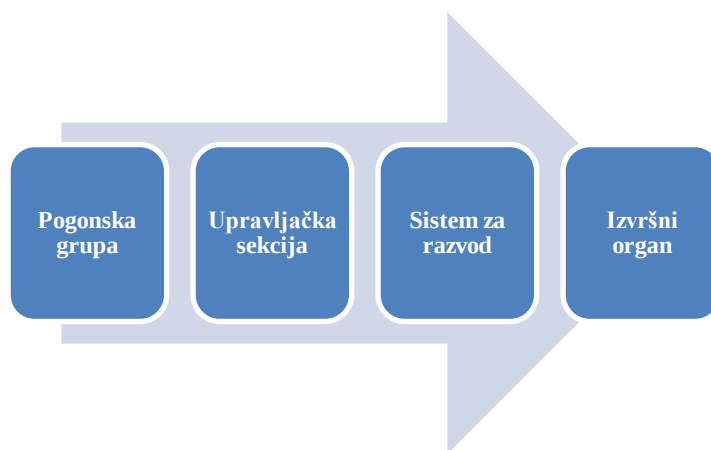


Slika 1.1 Konstrukcija tovarnog prostora kiper sanduka

1.3 Hidraulični sistem kiper sanduka

Uloga hidrauličnog sistema je da obezbedi podizanje i spuštanje tovarnog sanduka u kojem se nalazi materijal, koji se prevozi do određene destinacije i koji je neophodno istovariti iz tovarnog prostora. U sklopu hidrauličnog sistema se nalaze sledeće komponente:

- **pogonska grupa** koju čini **pumpa** pogonjena, ili **izvodom snage** (eng. power take off, skraćeni naziv PTO) ili **elektromotorom** (koji je integrisan zajedno sa pumpom u tzv. **elektrohidraulični agregat**, eng. power pack),
- **upravljačka sekcija** koju čini razvodnik i kabinska kontrola kipovanja,
- **sistem za razvod** koga čine rezervoar i savitljivi cevovodi visokog pritiska i
- **izvršni organ** koga čini teleskopski hidrocilindar.



Slika 1.2 Blok dijagram hidrauličnog sistema kiper sanduka

2.0 Pumpe

2.1 Izvod iz teorije pumpi

Pumpe su uređaji čija je funkcija prebacivanje radne tečnosti (fluida) iz područja nižeg u područje višeg pritiska, a razliku u pritiscima savlađuju dodajući energiju sistemu. Radni fluid koji pumpa transportuje i predaje mu energiju se koristi za pokretanje izvršnog organa, a u ovom slučaju je to pokretanje cilindra koji podiže sanduk i teret zajedno sa njim.

U tehnici hidraulike postoje mnogi tipovi pumpi čija podela se može izvršiti u zavisnosti od konstrukcije, načina funkcionisanja i namene. Ovaj rad će se bazirati na 2 osnovna tipa koja se koriste za kipersku instalaciju. U pitanju su zupčaste i klipno-aksijalne pumpe. U daljem razmatranju opisać će se način funkcionisanja, karakteristike i parametri koji figuriraju u odabiru najoptimalnijeg rešenja.

Za pogon pumpe neophodan je pokretač i od njega polazi podela kiperske hidraulične instalacije na 2 tipa koja se odvojeno razmatraju. Pokretač može biti:

- **izvod snage** u formi mehaničke spojnice, koja u sprezi sa zupčanicima menjača prenosi mehaničku energiju pumpi koja se na njega montira (ovaj tip pokretača se najčešće koristi za pogon zupčaste ili klipno-aksijalne pumpe) i
- **elektromotor** koji se pokreće električnom energijom iz baterije samog vozila (ovaj tip pokretača se najčešće koristi za pogon zupčaste pumpe).

Problematika pogona pumpi biće odvojeno razmatrana kroz detaljni opis komponenti koje se koriste u te svrhe u narednom poglavlju. U modernoj inženjerskoj praksi preovlađuju dva standarda, **UNI (DIN)** i **ISO** standard, kojima se definiše raspored rupa na priрубnici za sprezanje pumpe i izvoda snage (slika 2.0).



STANDARD UNI (DIN)



STANDARD ISO

Slika 2.0 Standardi za raspored rupa na priрубnici pumpe

Zupčaste i klipno-aksijalne pumpe spadaju u zapreminske hidraulične mašine, koje prevode mehaničku energiju pokretačkog uređaja u hidrauličnu energiju radnog fluida, periodičnom promenom radne zapremine. U toku radnog ciklusa dolazi do stvaranja potpritiska i nadpritiska u delovima radne komore usled smanjivanja i povećavanja radne zapremine pumpe. Elementi koji učestvuju u promeni zapremine pumpe mogu izvoditi rotaciono ili translatorno kretanje, pa shodno tome i postoji klasifikacija po tom kriterijumu [1].

Radna zapremina zapreminskih pumpi može biti konstantna ili promenljiva. Kod konstantne radne zapremine imamo stalni protok pumpe na izlazu za određeni broj obrtaja pokretača, dok je kod varijabilnih zapremina promenljiva, pa sam tim i protok pumpe.

Zapreminski protok pumpe se određuje na osnovu izraza:

$$\dot{V}_t = q \cdot n \quad \dots 1$$

gde su:

$\dot{V}_t$ [m³/s] – teorijski zapreminski protok pumpe, u katalogima proizvođača se obično daje kao $Q \left[\frac{1}{\text{min}} \right]$,

q [m³/o] – specifični protok pumpe po jednom obrtaju, u katalogima proizvođača se obično daje kao $c \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{o}} \right]$ i

n [o/s] – broj obrtaja rotora pumpe (pogonskog vratila).

Specifični protok hidraulične pumpe, q [m³/o], odgovara zapremini radne tečnosti koju zahvati pumpa pri punom obrtu pogonskog vratila. Vrlo često se daje kao karakteristična veličina u katalogima proizvođača i služi za odabir odgovarajuće pumpe.

Stvarni protok hidraulične pumpe $\dot{V}_p$ manji je od teorijskog $\dot{V}_t$ jer se deo zapremine zahvaćene tečnosti nepovratno izgubi u pumpi prilikom curenja radnog fluida, pa se zbog toga uvodi korekcija zapreminskim stepenom korisnosti η_v :

$$\dot{V}_p = \dot{V}_t \cdot \eta_v \quad \dots 2$$

Pored zapreminskog stepena korisnosti i curenja fluida, treba napomenuti da postoji još i mehanički stepen korisnosti η_m koji reprezentuje gubitke nastale usled savladavanja otpora trenja koje nastaje kretanjem elemenata sistema pumpe.

Ukupan stepen korisnosti bi se mogao izraziti kao proizvod zapreminskog i mehaničkog stepena korisnosti:

$$\eta_p = \eta_v \cdot \eta_m \quad \dots 3$$

Teorijska snaga P_t hidraulične pumpe je proizvod:

$$P_t = \dot{V}_t \cdot p \text{ [W] } \dots\dots 4$$

gde je: p [Pa] – vrednost pritiska u pumpi.

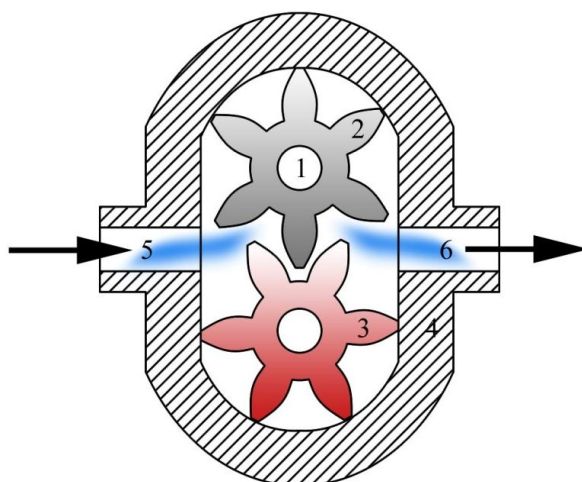
Korisna snaga P_p na izlazu iz hidraulične pumpe je:

$$P_p = \frac{P_t}{\eta_p} \dots\dots 5$$

U zavisnosti od broja smerova proticanja radnog fluida pumpe mogu biti *jednosmernog* i *dvosmernog dejstva*. Kod pumpi jednosmernog dejstva vrlo je bitno obratiti pažnju prilikom montaže da se pravilno upari pumpa sa pokretačem, jer razlike u smerovima obrtanja mogu dovesti do havarije i pokretača i pume. Proizvođači uvek naglašavaju smer obrtanja i pogonskog uređaja i pumpe (levohodne, desnohodne).

2.2 Zupčaste pumpe

Zupčaste pumpe (slika 2.1) su veoma rasprostranjeni tip pumpe koji se koristi u inženjerskoj hidraulici. Princip rada se bazira na sprezanju zupčanika koji vrše funkciju radnih elemenata unutar komore pumpe. U zavisnosti kako se vrši sprezanje, postoje zupčaste pumpe sa spoljašnjim (uglavnom se koriste u kiperskoj instalaciji) i unutrašnjim sprezanjem. U paru zupčanika koji su u kontaktu, razlikuju se pogonski i gonjeni zupčanik koji su uglavnom istih dimenzija. Pogonski se nalazi na pogonskom vratilu koje dobija snagu od pokretača (putem izvoda snage ili elektromotora). Obrt pogonskog zupčanika uslovljava i obrt gonjenog, jer se nalaze u spregnutom stanju, pa na taj način njihovim kretanjem dolazi do naizmenične promene radne zapremini unutar komore pumpe tako što se radni fluid transportuje u međuzublju zupčanika iz oblasti usisnog dela komore u oblast potisnog. Na taj način se u usisnom delu stvara potpritisak, koji omogućava dotok novog radnog fluida pod dejstvom atmosferskog pritiska, a sa druge strane komore nadpritisak koji obezbeđuje odvod ka daljoj instalaciji.



Slika 2.1 Šematski prikaz zupčaste pumpe sa spoljašnjim sprezanjem
 1 – pogonsko vratilo, 2 – pogonski zupčanik, 3 – gonjeni zupčanik, 4 – kućište,
 5 – usisno grlo, 6 – potisno grlo

Gubici snage u zupčastoj pumpi su rezultat gubitaka usled hidrauličkih i mehaničkih gubitaka definisanih mehaničkim stepenom korisnosti ($\eta_m = 0,75-0,85$) i zapreminskih (volumetrijskih) gubitaka usled isticanja (curenja) tečnosti iz komore visokog u komoru niskog pritiska definisanih zapreminskim stepenom korisnosti ($\eta_v = 0,80-0,92$).

Do isticanja tečnosti iz prostora višeg u prostor nižeg pritiska dolazi zbog prisutnih zazor na čeonim (između površine zuba i kućišta) i bočnim stranama (između bokova zuba i strana kućišta). Kod oštećenih zuba koji su usled habanja izgubili prvobitni profil, kao i kod pumpi kod kojih je izvršena pogrešna montaža zupčanika ili ležaja, do proticanja tečnosti može doći i na mestu zahvata zupčanika po liniji dodira zuba.

Proticanje kroz čeonu zazor iznosi 75% do 80% od ukupnog proticanja, pa taj zazor treba dovesti na minimalnu vrednost. U praksi se postižu vrednosti od 0,02 mm do 0,03 mm. Vrednost minimalnog radijalnog zazor se određuje na osnovu moguće veličine zazoru u ležištima, odstupanja njihovih osa od centralne ose, kao i od veličine ekscentriciteta položaja zupčanika.

Kod malih i srednjih obimnih brzina temena zubaca (3-5 m/s), zapreminski gubici su isključivo gubici do kojih dolazi usled isticanja. Ukoliko se obimna brzina poveća na preko 6 m/s, pritisak tečnosti u međuzublju može znatno da se smanji, što može da izazove izdvajanje vazduha i para tečnosti zbog čega se punjenje u međuzublju pogoršava, ili potpuno prekida. Gubici nastali na ovaj način se nazivaju volumetrijsko-kavitacioni. Da bi se povećala efikasnost punjenja međuzublja i smanjio uticaj volumetrijsko-kavitacionih gubitaka, ograničavaju se obimne brzine temena zubaca.

Najopterećeniji deo zupčaste pumpe su ležajevi (kotrljajni ili klizni). Opterećeni su delovanjem radijalne sile pritiska fluida na zupčanike i delovanjem mehaničke sile, koja je prouzrokovana reakcijom na obrtni moment. Ukoliko pumpa radi u režimima sa velikim opterećenjima, koje karakteriše relativno veliki porast pritiska radne tečnosti u pumpi, zbog

velike razlike pritisaka na izlazu i ulazu pumpe, moguće je blokiranje tečnosti u međuzublja zupčanika. To izaziva povećanje temperature blokirane tečnosti, dodatno dinamičko opterećenje zubaca, vratila i ležajeva, što može dovesti do razaranja površina tih elemenata usled zamora materijala. Sem toga, iz blokirane tečnosti po izlasku u ulaznu komoru, u prostor nižeg pritiska, se izdvajaju gasovi i pare - tečnost kavitira. Ovo dovodi do smanjenja protoka i pogoršanja kvaliteta radne tečnosti. Jedan od načina smanjenja kompresije u međuzublju je odvođenje zatvorene radne tečnosti kroz izbušene radijalne otvore u međuzublju i osne otvore u vratilu

Zupčaste pumpe sa spoljnim ozubljenjem se proizvode se za pritiske do 200 bar i protoke do 250 l/min, a ređe i za protoke do 500 l/min. Rade sa brojevima obrtaja od 500 do 3000 o/min.

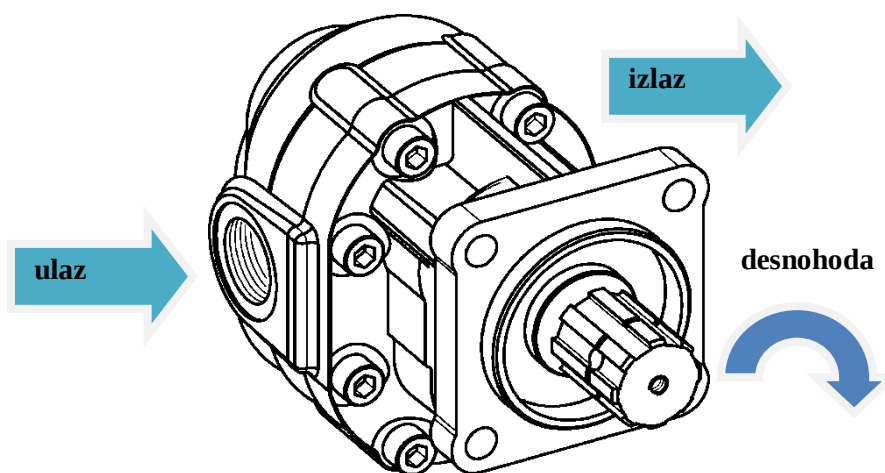
Pored jednostavne konstrukcije i niske cene ove pumpe karakteriše: lako održavanje, pouzdanost u radu, mali gabariti i težina i mala su osetljivost na nečistoće u radnom fluidu.

Osnovni nedostaci zupčastih pumpi sa spoljašnjim sprežanjem su: relativno niski radni pritisci, nemogućnost zapreminske regulacije protoka, visok stepen neravnomernosti protoka, nagli pad stepena korisnosti pri porastu temperature radne tečnosti i relativno jak šum kod visokih pritisaka i velikog broja obrtaja. Smanjenje šuma i pulzacija protoka se može ostvariti korišćenjem zupčanika sa kosim zupcima. Međutim pri radu sa zupčanicima sa kosim zupcima se mora voditi računa o aksijalnim silama koje dodatno opterećuju konstrukciju. Najprostije rešenje problema šuma je potapanje pumpe u radnu tečnost - ugradnja pumpe u rezervoar.

Zupčaste pumpe sa spoljašnjim sprežanjem imaju široku primenu u industriji, a najbolji dokaz toga je i upotreba istih u sklopu kiperskih instalacija.

2.3 Zupčaste pumpe u kiperskim instalacijama

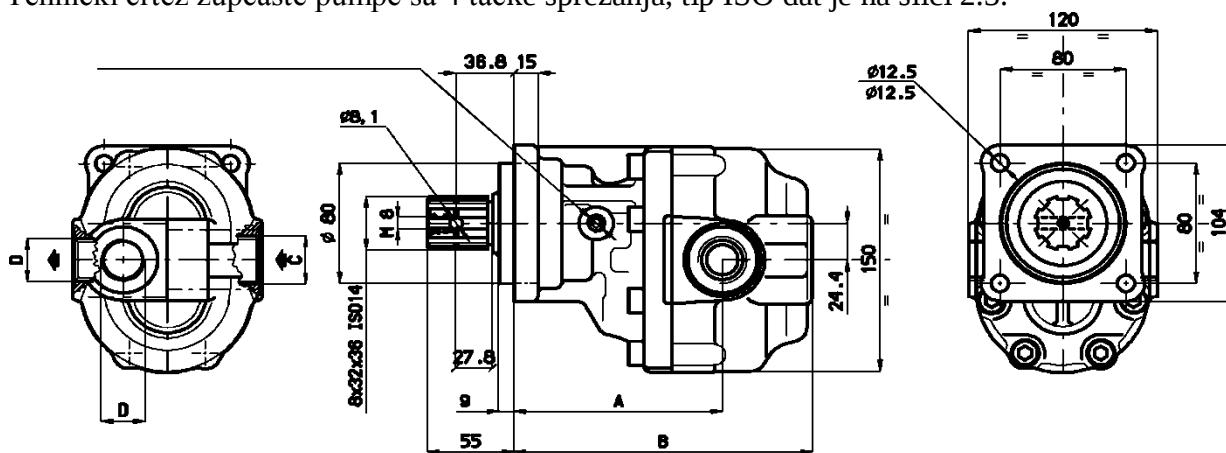
Kao što je ranije bilo reči o pogonu pumpi, treba napomenuti da se za kiperske instalacije koriste mnogi tipovi zupčastih pumpi, ali ta klasifikacija se bazira na sistemu stezanja i uparivanja sa mehaničkim izvodom snage koji prenosi snagu sa menjača vozila. S obzirom da postoje razni tipovi menjača na kamionima onda ih treba upariti sa odgovarajućim zupčastim pumpama. Na primeru modela zupčaste pumpe sa 4 tačke sprežanja (ISO standard) videće se glavni parametri i karakteristike koje služe za odabir odgovarajućeg modela [18].



Slika 2.2 Zupčasta pumpa sa 4 tačke sprezanja, tip ISO

U kodu za odabir odgovarajućeg modela sa svojom radnom zapreminom i karakteristikama, treba uočiti oznaku levog i desnog smera kretanja, što predstavlja tzv. levohodne i desnohodne verzije jedne iste pumpe (italijanski SX-DX).

Tehnički crtež zupčaste pumpe sa 4 tačke sprezanja, tip ISO dat je na slici 2.3.



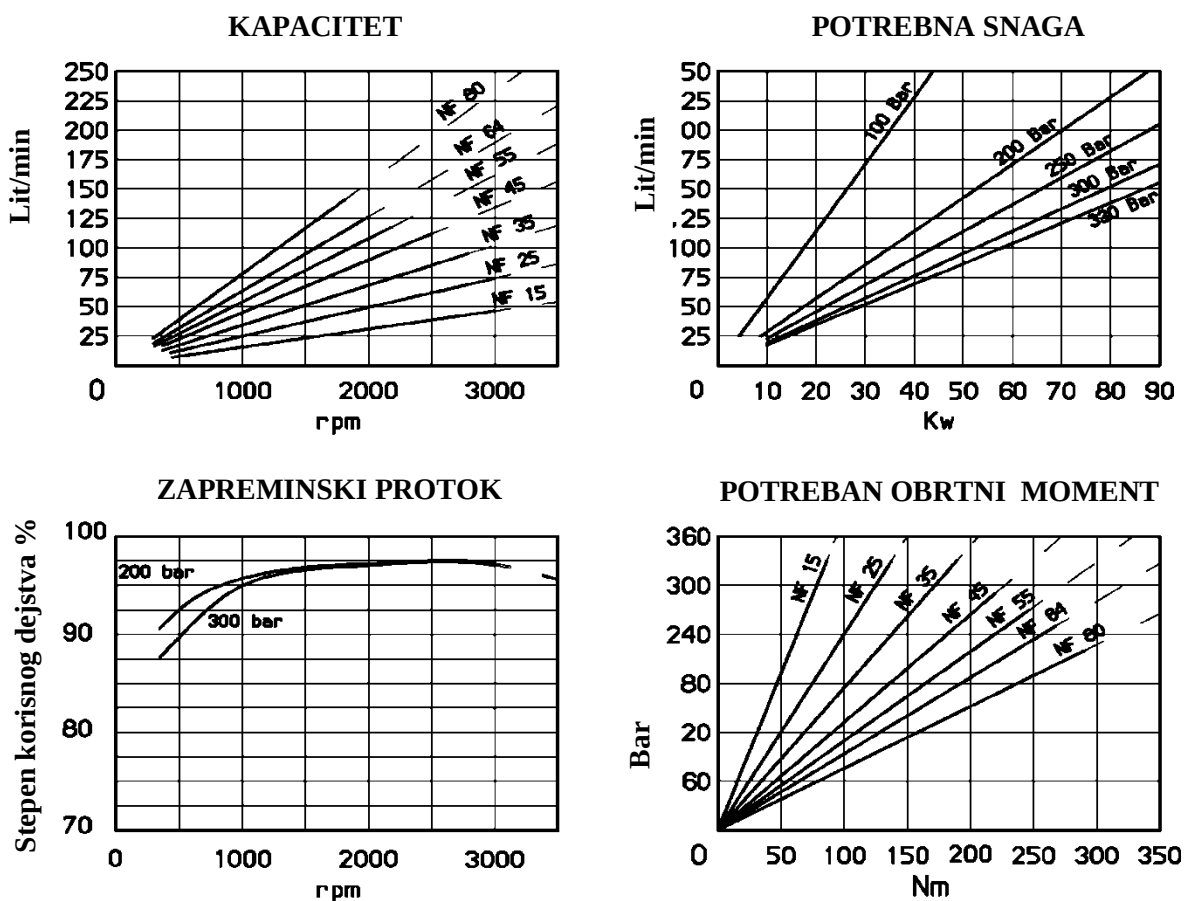
Slika 2.3 Tehnički crtež zupčaste pumpe sa 4 tačke sprezanja, tip ISO

U tabeli 2.1 su dati tehnički parametri i kodovi za naručivanje modela zupčaste pumpe sa 4 tačke sprezanja, tip ISO.

KOD U KATALOGU	ZAPREMINA[cm ³ /o]	A	B	C ulaz	D izlaz	MASA [kg]
NFA015 DX/SX	15.6	129	169	3/4"	1/2"	11,2
NFA025 DX/SX	24.9	135	175	3/4"	1/2"	11,7
NFA035 DX/SX	34.3	141	181	3/4"	1/2"	12,4
NFA045 DX/SX	45.2	131	188	1"	3/4"	12,9
NFA055 DX/SX	54.5	137	194	1"	3/4"	13,5
NFA064 DX/SX	63.9	143	200	1"	3/4"	14,3
NFA080 DX/SX	78.7	143	210	1 1/4"	1"	14,6

Tabela 2.1 Tehnički parametri pumpe tipa ISO i kodovi za klasifikaciju modela

Pored navedenih tabelarnih karakteristika pumpe, proizvođači daju u katalogima i radne grafike (slika 2.4) na kojima se mogu videti performanse i kapaciteti modela pumpi u okviru grupe.



Slika 2.4 Radni grafici zupčaste pumpe sa 4 tačke stezanja, tip ISO

U tabeli 2.2 se mogu videti parametri koji određuju performanse modela zupčaste pumpe sa 4 tačke sprežanja, tip ISO.

			NF 15	NF 25	NF 35	NF 45	NF 55	NF 64	NF 80
Zapremina	Vg	cm ³ / o	15.6	24.9	34.3	45.2	54.5	63.9	78.7
Max. radni pritisak	P1	bar	300	300	300	260	240	220	200
Max. trenutni pritisak < 30 sec	P2	bar	330	330	330	290	270	250	220
Max. pritisak < 0,1 sec	P3	bar	450	450	450	400	380	330	300
Max. trenutni broj obrtaja max 30 sec	P < 20Bar	n3	o / min	4000	4000	3500	3500	3500	3500
	< P2	n2	o / min	3000	3000	2800	2500	2200	1800
Max. stalni broj obrtaja < P1	n1	o / min	2500	2500	2200	2200	2000	1800	1500
Max. trenutni broj obrtaja < P2	n4	o / min	450	450	350	350	300	300	300

Tabela 2.2 Performanse modela zupčaste pumpe sa 4 tačke sprežanja tipa ISO

2.4 Klipno-aksijalne pumpe - uvod

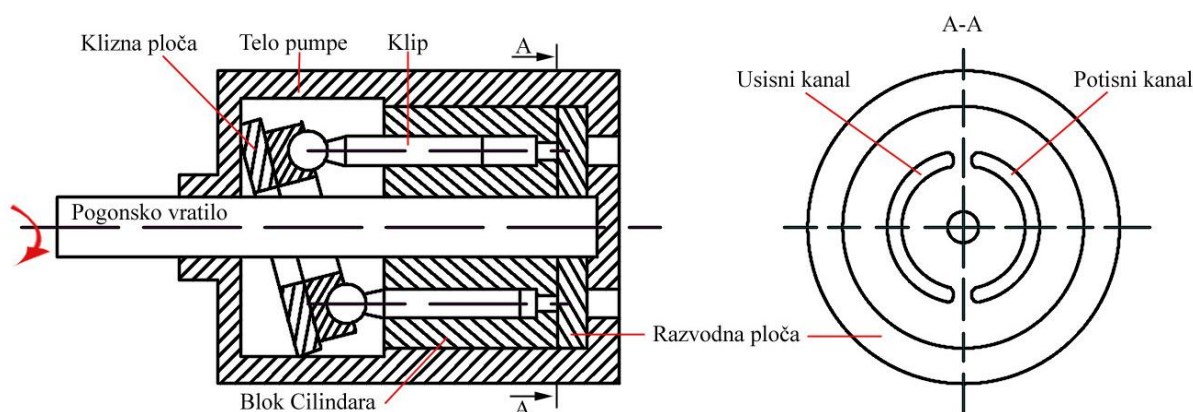
Klipno-aksijalne pumpe se mogu podeliti na 2 tipa koji se baziraju na osnovu principa pretvaranja rotacionog kretanja u pravolinijsko (aksijalno kretanje klipova pumpe):

- princip nagnute ploče i
- princip nagnutog cilindarskog bloka.

Radne komore ovih pumpi sačinjavaju klip i cilindar (mekhanizam za potiskivanje). Broj cilindara (radnih komora) je najčešće 7, 9 ili 11, čime se postiže ravnomernost u potiskivanju radnog fluida. Mekhanizam za razvođenje je nepokretna razvodna ploča sa dva profilisana kanala u obliku polumeseca.

2.5 Klipno-aksijalna pumpa sa nagnutom pločom

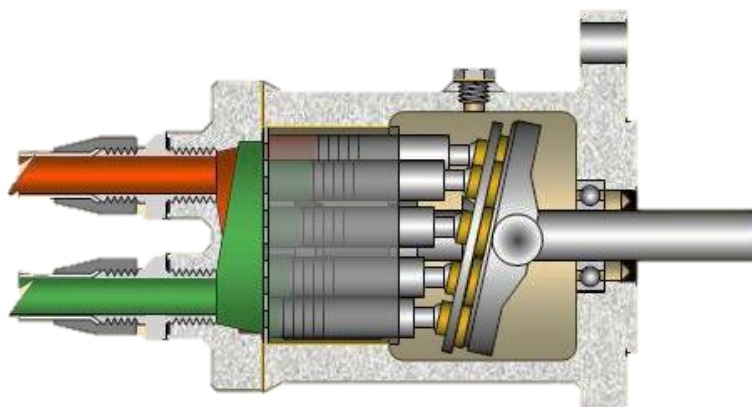
Šematski prikaz pumpe je dat na slici 2.5 gde se mogu uočiti sastavni, funkcionalni delovi konstrukcije. Potiskivanje fluida se vrši sklopom cilindra i klipa koji zajedno grade mehanizam za potiskivanje. Za blok cilindra je kruto vezano pogonsko vratilo pumpe. Klizna ploča je pod određenim uglom postavljena na vratilo pumpe, dok su klipnjače preko kuglastog zgloba oslonjene na nepokretnu kliznu ploču. Svaki cilindar se završava spojnim kanalom preko koga se usisava i potiskuje radna tečnost. Blok cilindra se oslanja na nepokretnu razvodnu ploču. Razvodna ploča je čvrsto vezana za kućište pumpe, a njeni kanali su hidraulički spojeni na usisni i potisni vod pumpe.



Slika 2.5 Šematski prikaz klipno-aksijalne pumpe sa kliznom pločom

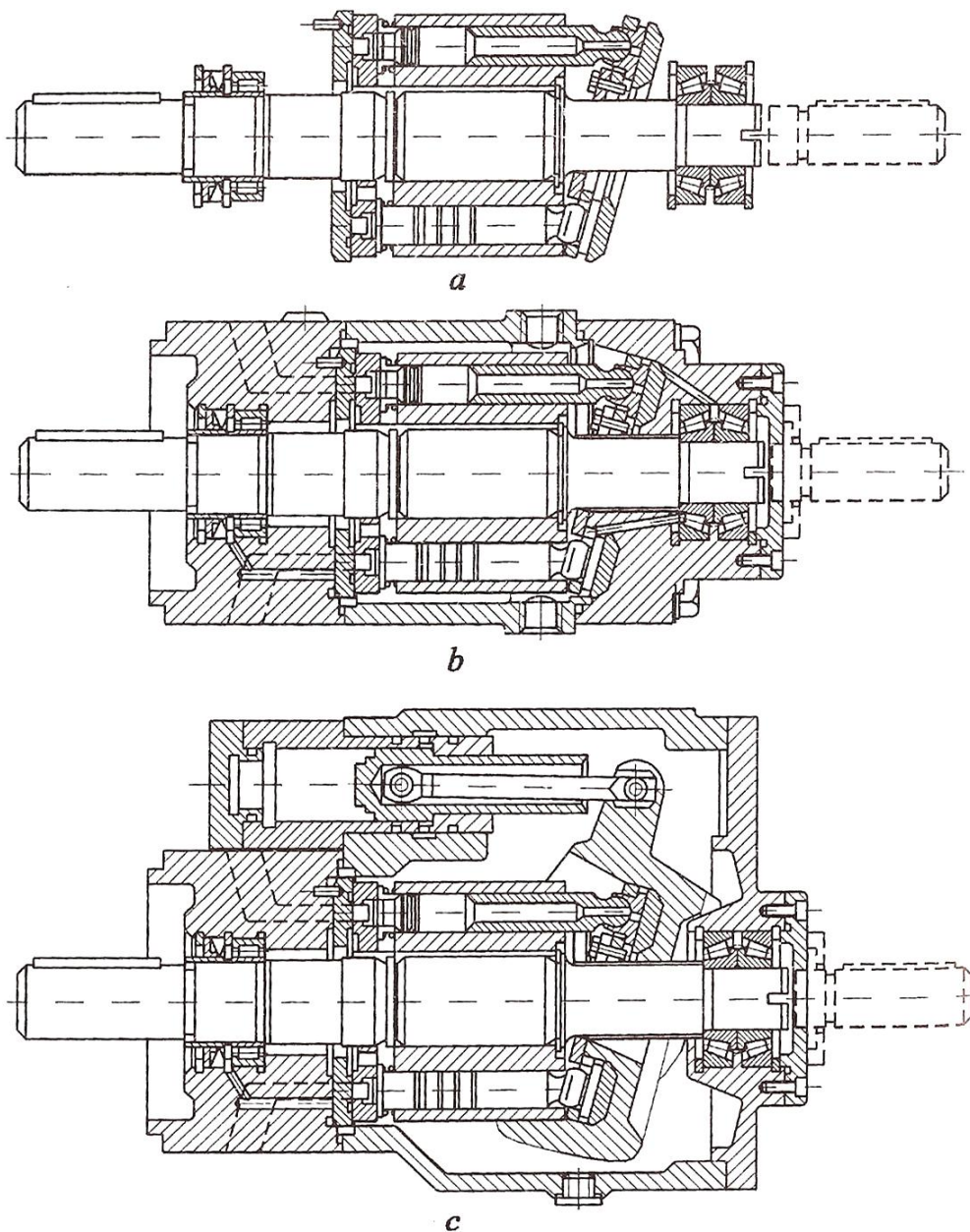
Funkcionisanje klipno-aksijalnih pumpi sa kliznom pločom se može objasniti zaokretanjem vratila pumpe čime se vrši zaokretanje blok cilindara zajedno sa klipovima. Pošto je nepokretna klizna ploča nagnuta, svakim okretom vratila pumpe klip napravi aksijalno kretanje napred-nazad (za pola okreta u jednom i za drugu polovinu okreta u drugom smeru, $0-\pi$ i od $\pi-2\pi$). Pošto je blok cilindra oslonjen na razvodnu ploču omogućeno je usisavanje (zakret $0-\pi$) i potiskivanje ($\pi-2\pi$) radnog fluida kroz spojne kanale cilindara.

Ako je ugao nagiba klizne ploče konstantan onda se radi o pumpama sa fiksnom radnom zapreminom što je i uglavnom slučaj u kome se koriste date pumpe u kiperskim instalacijama. U slučaju kada se ugao nagiba klizne ploče menja, dolazi i do promene radne zapremine. Ako je nagib jednak nuli, onda nema relativnog (aksijalnog) kretanja klipova u odnosu na blok cilindara. U slučaju da se ploča postavi u suprotnu stranu (negativni ugao nagiba ploče), dolazi do promene protoka u suprotnom smeru. Prikaz jednog funkcionalnog rešenja pumpe sa nagnutom pločom, dat je na slici 2.6.



Slika 2.6 Funkcionalno rešenje aksijalne pumpe sa kliznom pločom [12]

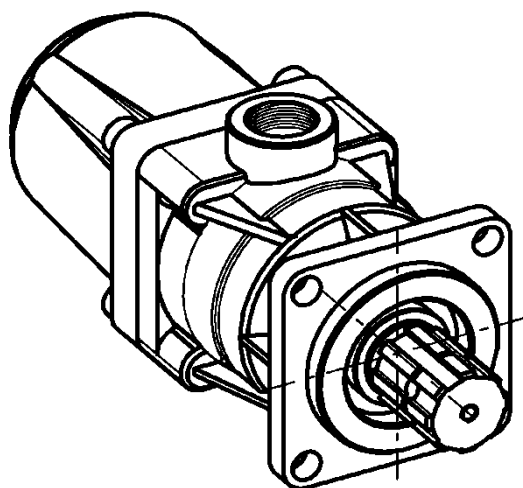
Tehnička rešenja klipno aksijalnih pumpi sa nagnutom pločom [2] i mogući varijeteti dati su na slici 2.7.



Slika 2.7 Tipična rešenja klipno-aksijalnih pumpi sa nagnutom pločom
a) osnovni sklop, b) sistem konstantne zapremine, c) sistem promenljive zapremine

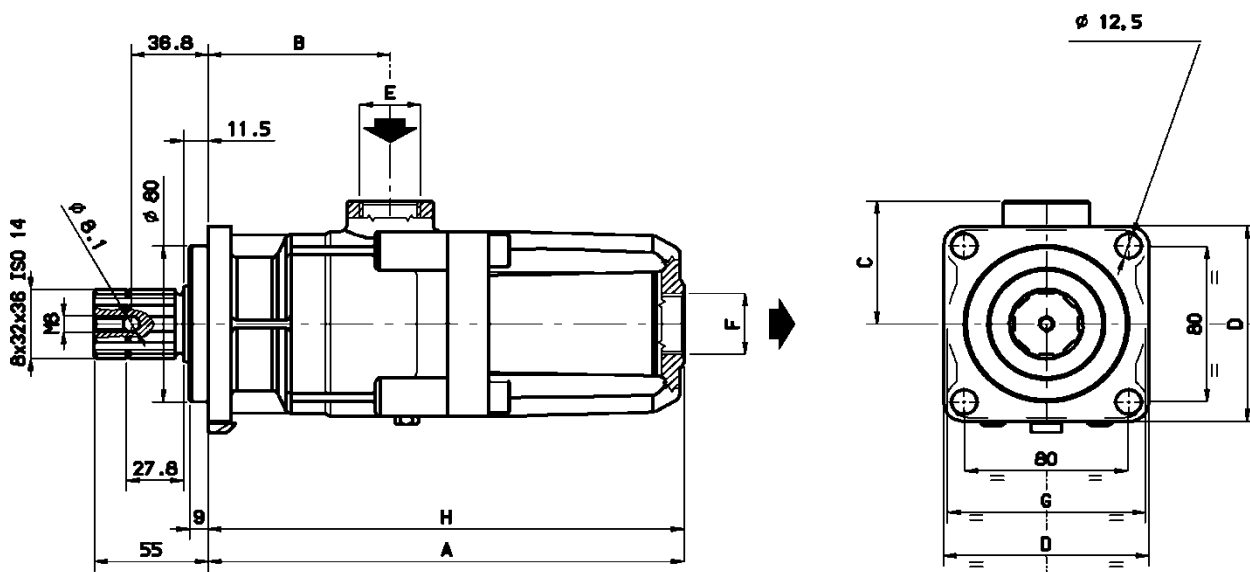
2.6 Klipno aksijalne pumpe sa nagnutom pločom u kiperskim instalacijama

Kada je reč o modelima klipno-aksijalnih pumpi, direktno korišćenih u kiperskoj instalaciji, takođe se naglašava da postoje razni modeli sa svojim performansama i karakteristikama, u zavisnosti od namene i funkcije koje zadovoljavaju. Na slici 2.8 je dat izgled klipno-aksijalne pume sa nagnutom pločom sa 4 tačke sprezanja, tip ISO.



Slika 2.8 Klipno-aksijalna pumpa sa nagnutom pločom, tip ISO, nezavisni smer obrtanja

Tehnički crtež klipno-aksijalne pume sa nagnutom pločom sa 4 tačke sprezanja, tip ISO dat je na slici 2.9.



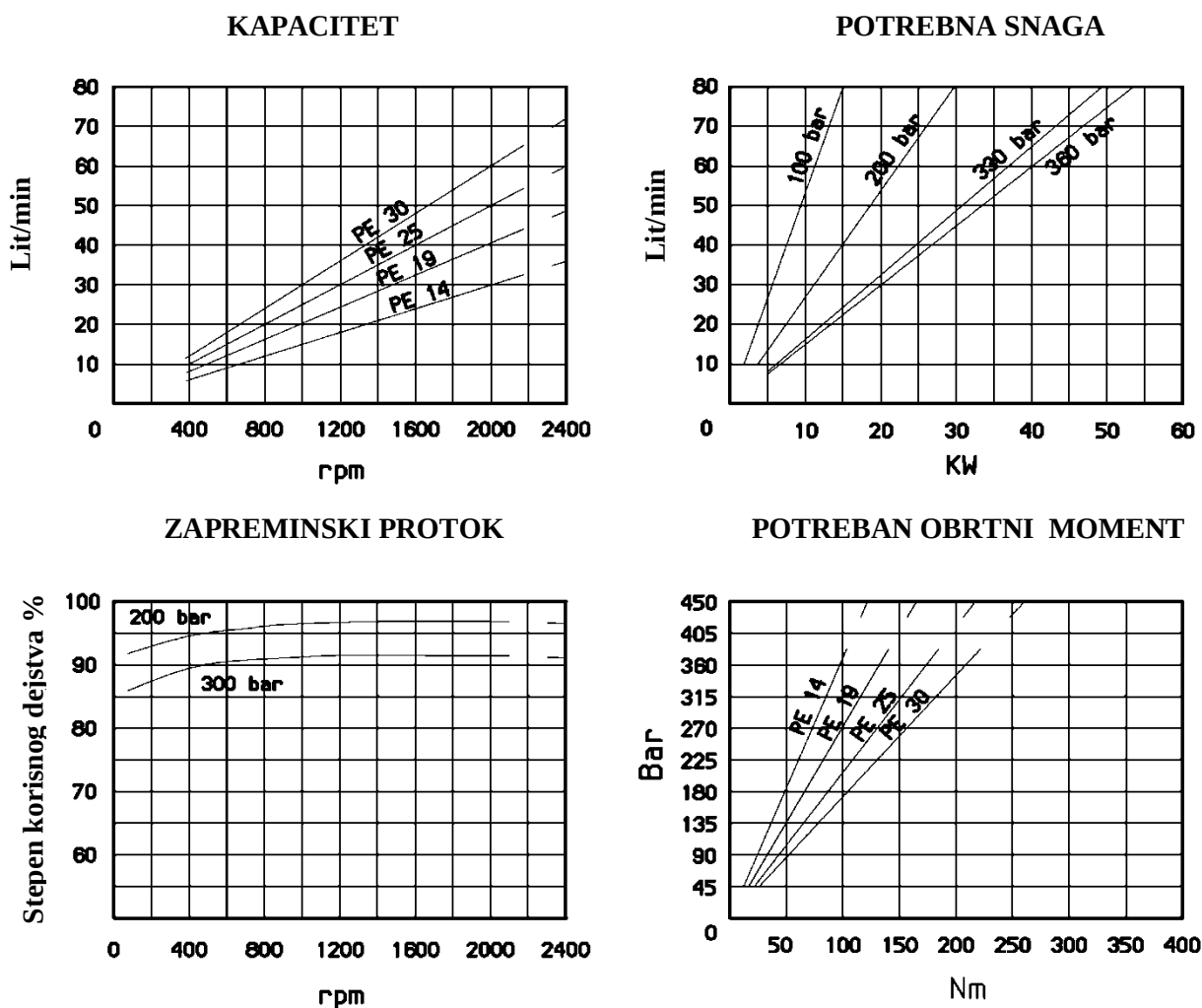
Slika 2.9 Tehnički crtež klipno-aksijalne pume sa nagnutom pločom sa 4 tačke sprezanja, tip ISO

U tabeli 2.3 su dati tehnički parametri i kodovi za naručivanje modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom.

KOD U KATALOGU	ZAPREMINA [cm ³ /o]	A	B	C	D	E	F	G x H	MASA [kg]
PE014	16	230	88.5	63	100	1"	3/4"	95x230	10,8
PE019	21.3	230	88.5	63	100	1"	3/4"	95x230	10,7
PE025	26.7	230	88.5	63	100	1"	3/4"	95x230	10,6
PE030	32	230	88.5	63	100	1"	3/4"	95x230	10,5

Tabela 2.3 Tehnički parametri klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom tipa ISO i kodovi za klasifikaciju modela

Radni grafici na kojima se mogu videti performanse i kapaciteti modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom u okviru grupe dati su na slici 2.10.



Slika 2.10 Radni grafici klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom, tipa ISO

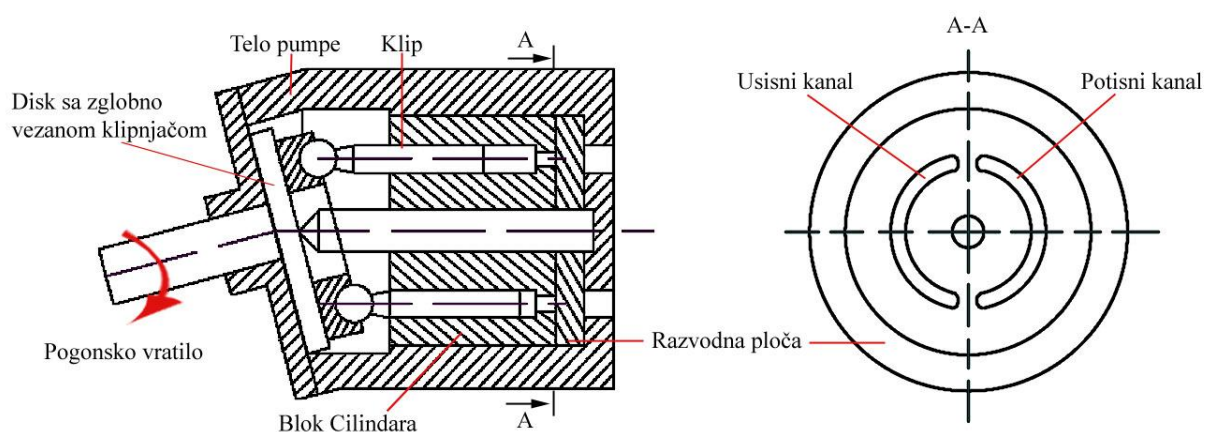
U tabeli 2.4 se mogu videti parametri koji određuju performanse modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom koje daje proizvođač OMFB.

				PE 14	PE 19	PE 25	PE 30
Zapremina	Vg	cm ³ / o		16	21.3	26.7	32
Max. radni pritisak	P1	bar		330	330	330	330
Max. trenutni pritisak < 30 sec	P2	bar		360	360	360	360
Max. pritisak < 0,1 sec	P3	bar		500	500	500	500
Max. trenutni broj obrtaja max 30 sec	P < 20Bar	n3	o / min	2400	2400	2400	2400
	< P2	n2	o / min	2100	2100	2100	2100
Max. stalni broj obrtaja < P1	n1	o / min		1800	1800	1800	1800
Max. trenutni broj obrtaja < P2	n4	o / min		400	400	350	350

Tabela 2.4 Performanse modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutom pločom, tipa ISO

2.7 Klipno-aksijalna pumpa sa nagnutim cilindarskim blokom

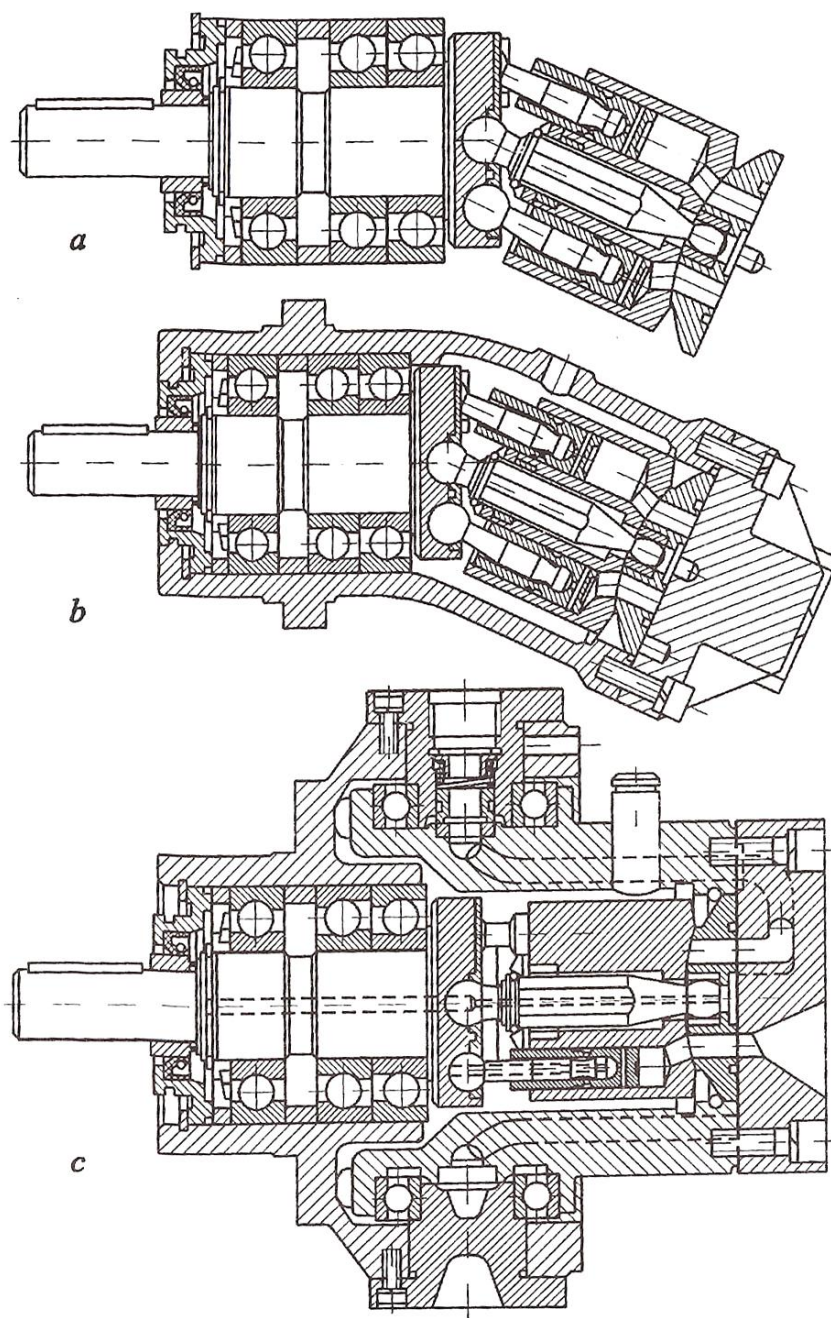
Šematski prikaz pumpe je dat na slici 2.11 gde se uočava da je kod ovih klipnih pumpi koso postavljen cilindarski blok. Pogonsko vratilo i vratilo cilindarskog bloka su povezani kardanskim zglobovima jer su postavljeni pod određenim uglom. Klipnjače su zglobovno vezane za disk pogonskog vratila pumpe, pa na taj način dolazi do pretvaranja rotacionog kretanja pogonskog vratila u translatorno kretanje klipova u cilindrima. Usisavanje i potiskivanje se odvija na isti način kao i kod verzije sa nagnutom pločom.



Slika 2.11 Šematski prikaz klipno-aksijalne pumpe sa nagnutim cilindarskim blokom

Ukoliko je moguće menjati nagib pogonskog vratila onda je moguće menjati i radnu zapreminu pumpe. Za ugao nagibnog vratila jednakom nuli, nema translatornih kretanja klipova. Ako se nagib vratila postavi u suprotnu stranu, onda se smer proticanja menja.

Tehnička rešenja klipno aksijalnih pumpi sa nagnutom pločom [2] i mogući varijeteti dati su na slici 2.12.

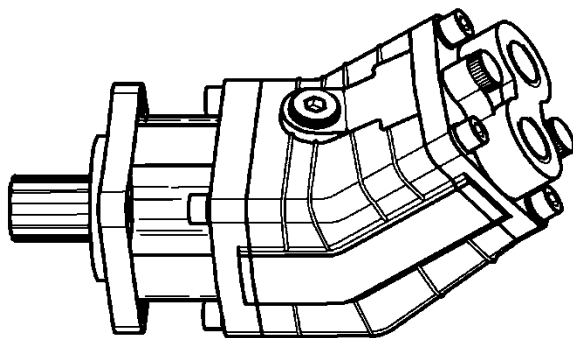


Slika 2.12 Tipične konstrukcije klipno-aksijalne pumpe sa koso postavljenim cilindarskim blokom: a) osnovni sklop, b) sistem konstantne zapremine, c) sistem promenljive zapremine

Može se zaključiti da klipno aksijalne pumpe karakteriše kompaktna konstrukcija, mali moment inercije, visoki radni pritisak i velika radna zapremina. Nedostatak im je što traže radnu tečnost visokog stepena čistoće ($10\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$). Zavisno od konstrukcije imaju radni vek 5000-10000 sati.

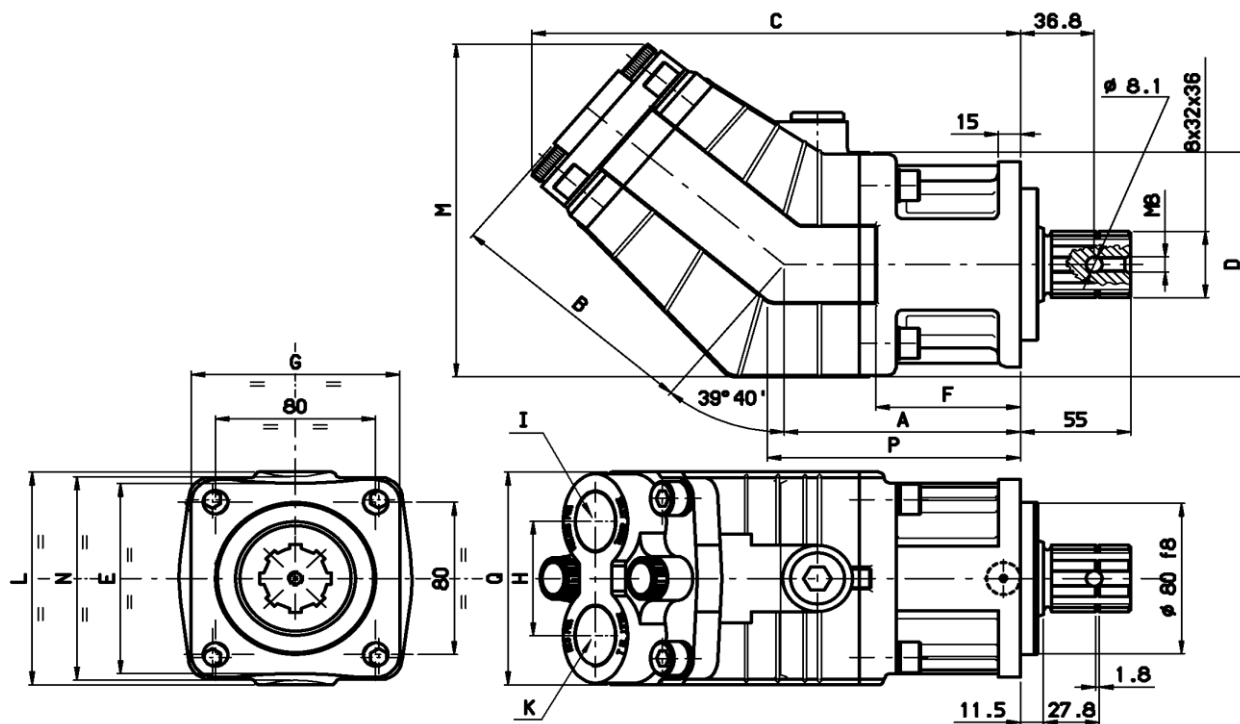
2.8 Klipno aksijalne pumpe sa kosim blokom u kiperskim instalacijama

U kiperskoj instalaciji moguće je koristiti mnoge modele klipno aksijalnih pumpi sa kosim blokom, a na slici 2.13 prikazan je jedan od modela.



Slika 2.13 Klipno-aksijalna pumpa sa kosim cilindarskim blokom, tip ISO, nezavisni smer obrtanja

Tehnički crtež klipno-aksijalne pumpe sa kosim cilindarskim blokom sa 4 tačke stezanja, tip ISO dat je na slici 2.14.



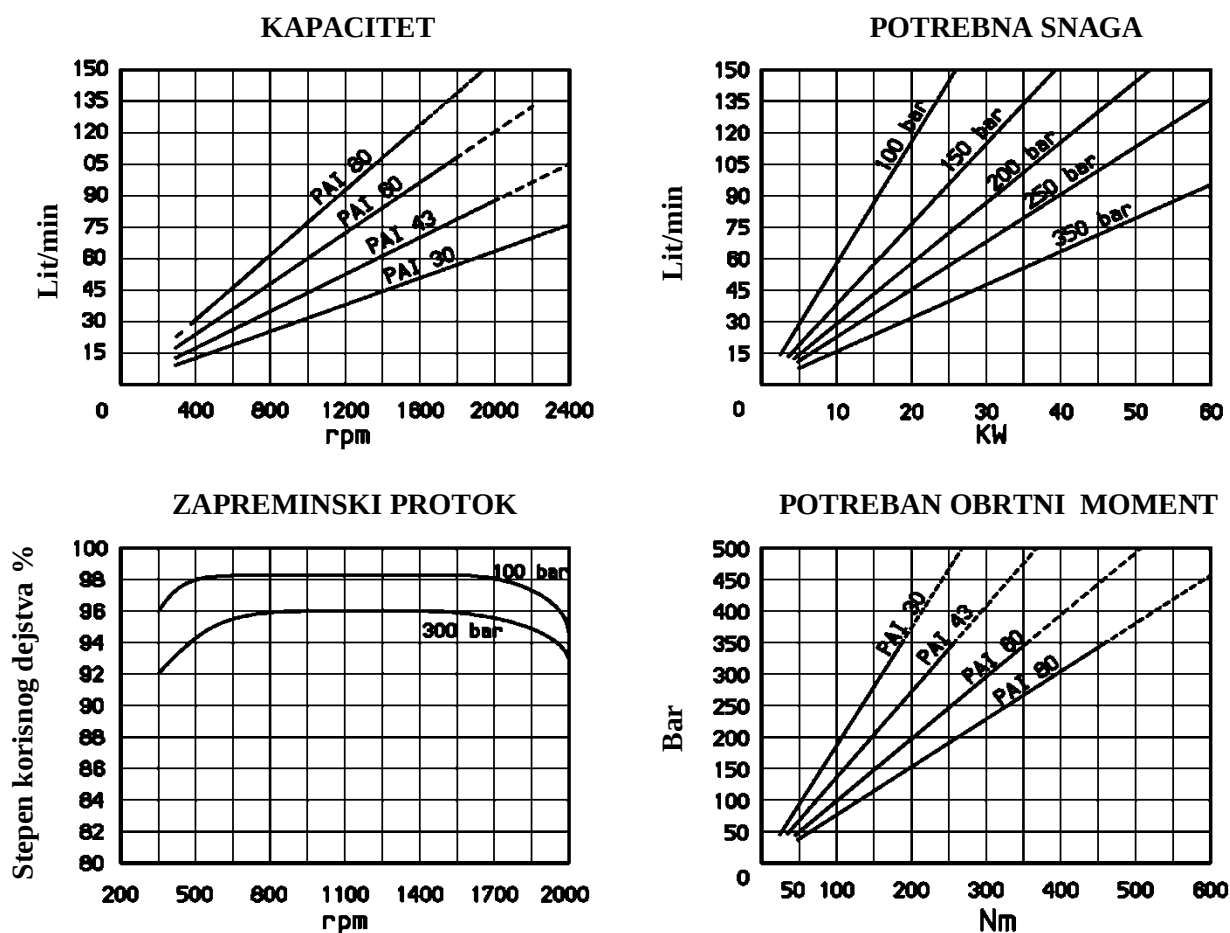
Slika 2.14 Tehnički crtež klipno-aksijalne pumpe sa kosim blokom, tip ISO

U tabeli 2.5 su dati tehnički parametri i kodovi za naručivanje modela klipno-aksijalne pumpe sa kosim cilindarskim blokom.

KOD U KATALOGU	ZAPREMINA [cm ³ /o]	A	B	C	D	E x F	G	H	I	K	L	M	N x P	Q	MASA [kg]
PAI 30 ISO	32.4	103	119	217	106	98 x 55	106	50	3/4"	3/4"	106	158	106 x 110	98	7.2
PAI 43 ISO	43.8	118	132	247	116	100 x 60	104	60	1"	1"	112	176	112 x 125	112	10
PAI 60 ISO	60.2	118	132	247	116	100 x 60	104	60	1"	1"	112	176	112 x 125	112	10
PAI 80 ISO	78.2	126	160	275	135	100x 36	102	60	1 1/4"	1 1/4"	127	210	120 x 136	127	15

Tabela 2.5 Tehnički parametri klipno-aksijalne pumpe sa nagnutim cilindarskim blokom tipa ISO kao i kodovi za klasifikaciju modela

Radni grafici na kojima se mogu videti performanse modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutim cilindarskim blokom dati su na slici 2.15.



Slika 2.15 Radni grafici klipno-aksijalne pumpe sa 4 tačke sprezanja sa nagnutim cilindarskim blokom za date modele, tip ISO

U tabeli 2.6 se mogu videti parametri koji određuju performanse modela klipno-aksijalne pumpe sa nagnutim cilindarskim blokom sa 4 tačke stezanja, tip ISO koje daje proizvođač OMFB [8].

			PAI 30 SE	PAI 43 SE	PAI 60 SE	PAI 80 SE
Zapremina	Vg	cm ³ /o	32.4	43.8	60.2	78.2
Max. radni pritisak	P1	bar	250	250	250	250
Max. trenutni pritisak < 30 sec	P2	bar	350	350	350	350
Max. pritisak < 0,1 sec	P3	bar	500	500	450	450
Max. trenutni broj obrtaja max 30 sec	P<20Bar	n3	2700	2400	2200	2000
	< P2	n2	2200	2000	1800	1500
Max. stalni broj obrtaja < P1	n1	o / min	2000	1800	1500	1300
Max. trenutni broj obrtaja < P2	n4	o / min	200	200	200	200
Usisni podpritisak	P	bar	0,7 -2,5	0,7 -2,5	0,7 -2,5	0,7 -2,5
Radni viskozitet	V	cSt	9 -75	9 -75	9 -75	9 -75
Optimalni viskozitet	V	cSt	15 - 35	15 - 35	15 - 35	15 - 35
Max. početni viskozitet	V	cSt	1000	1000	1000	1000
Temperatura ulja	t	C°	- 25 - 80 C°	- 25 - 80 C°	- 25 - 80 C°	- 25 - 80 C°

Tabela 2.6 Performanse modela klipno-aksijalne pumpe sa 4 tačke sprežanja sa nagnutim cilindarskim blokom, tip ISO

2.9 Parametri za odabir odgovarajuće pumpe

U cilju odabira najoptimalnijeg rešenja, treba se voditi sledećim parametrima koji mogu ukazati koja pumpa najbolje zadovoljava naše zahteve i predstavlja pravi izbor:

1. *Maksimalni radni pritisak pumpe*

Određen je potrebnom snagom u sistemu i njegova vrednost se dobija energetskim bilansom hidrauličnog sistema. Veći pritisak omogućava snižavanje protoka (za zadatu snagu), manje gabarite pumpe, ali i veću cenu. Trend razvoja pumpi kod svetskih proizvođača je povećanje radnog pritiska. To se postiže upotrebom boljih materijala i boljih konstruktivnih rešenja.

2. *Maksimalni protok*

Treba uzeti u obzir minimalnu i maksimalnu vrednost protoka u sistemu. Ako sistem koristi približno konstantan protok onda se koriste pumpe sa konstantnom radnom zapreminom i obratno. Protok pumpe zavisi od viskoziteta radne tečnosti, temperature u sistemu i radnog pritiska. Porast temperature uslovljava snižavanje viskoziteta. Porast pritiska može dovesti do prekomernog isticanja fluida pa samim tim i do opadanja protoka. Prilikom izbora odgovarajućeg protoka, a samim tim i pumpe, treba uzeti zapreminske gubitke i opredeliti se za 10% veći protok od potrebnog.

3. *Pogonski broj obrtaja*

Obično je definisan pokretačem pumpe bilo da se radi o elektromotoru ili izvodu snage u kiperskim instalacijama. U rasponu min-max broj obrtaja nalazi se i raspon protoka jer je protok proporcionalan broju obrtaja. Za veći broj obrtaja vek trajanja pumpe je manji.

4. *Gabariti i masa pumpe*

Vrlo važan kriterijum prilikom odlučivanja jer dimenzije pumpe moraju biti takve da ona može da se ugradi ili postavi u konstrukciju. Takođe masa pumpe može nepovoljno da utiče na nosače koji treba da izdrže teret iste. Kao što je već bilo reči do sada opšti svetski trend je izrada manjih pumpi koje rade na većem pritisku i na taj način obezbeđuju povećanje protoka.

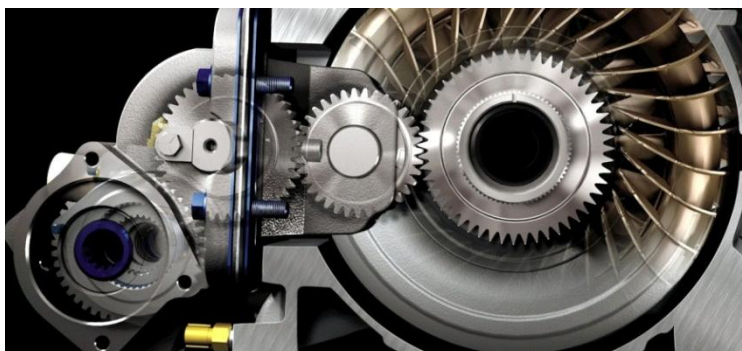
3.0 Izvod snage – PTO (Power Take-off)

3.1 Uvod u izvode snage

U hidrauličnom sistemu kiperske instalacije izvod snage predstavlja pogonski uređaj pumpe. Postoji više mesta na vozilu gde se može montirati, ali kada je reč o kiperskim instalacijama uglavnom se postavlja na menjač vozila i tako korišćenjem mehaničke energije zupčanika menjača, prenosi istu na pogonsko vratilo pumpe. Izvod snage je mehanička spojница koja vrši sprezanje: zupčanika menjača sa jedne strane i pogonskog vratila pumpe sa druge strane. Na ovaj način se prenosi snaga i obrtni moment menjača na pumpu. Na slici 3.0 prikazana je konstrukcija izvoda snage, a na slici 3.1 njegova pozicija na menjaču vozila.



Slika 3.0 Izgled izvoda snage

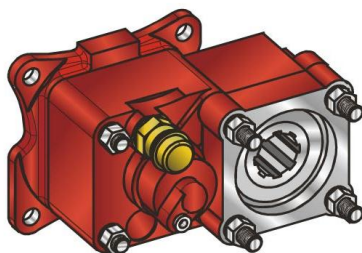


Slika 3.1 Pozicija izvoda snage na menjaču vozila

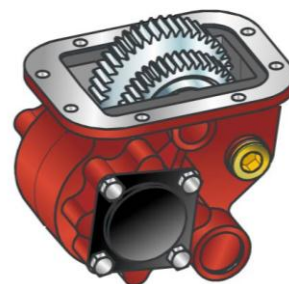
S obzirom da se izvodi snage montiraju na menjače vozila, važan parametar u izboru izvoda snage predstavlja marka menjača ugrađenog u vozilo. Postoje mnogi proizvođači menjača kao što su: ZF, EATON, ALLISON, VOLVO, MERCEDES i mnogi drugi. Na slici 3.2 su prikazani razni modeli izvoda snage kompatibilni određenim markama menjača [10].



Izvod snage za menjač
ZF



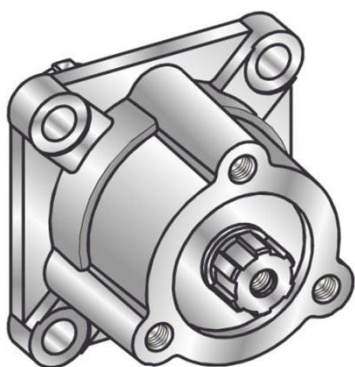
Izvod snage za menjač
VOLVO



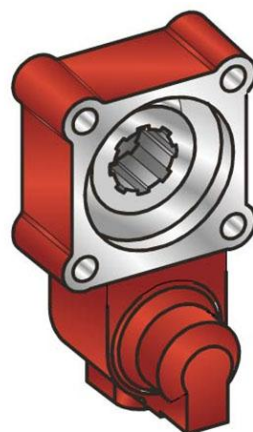
Izvod snage za menjač
EATON

Slika 3.2 Razni modeli izvoda snageza određene marke menjača

Konstrukcija menjača omogućava više pristupnih tačaka za ugradnju izvoda snage. U poglavlju 2.1 definisan je način sprezanja izvoda snage i pumpe kroz preovlađujuća dva standarda, **UNI (DIN)** i **ISO** (slika 3.3).



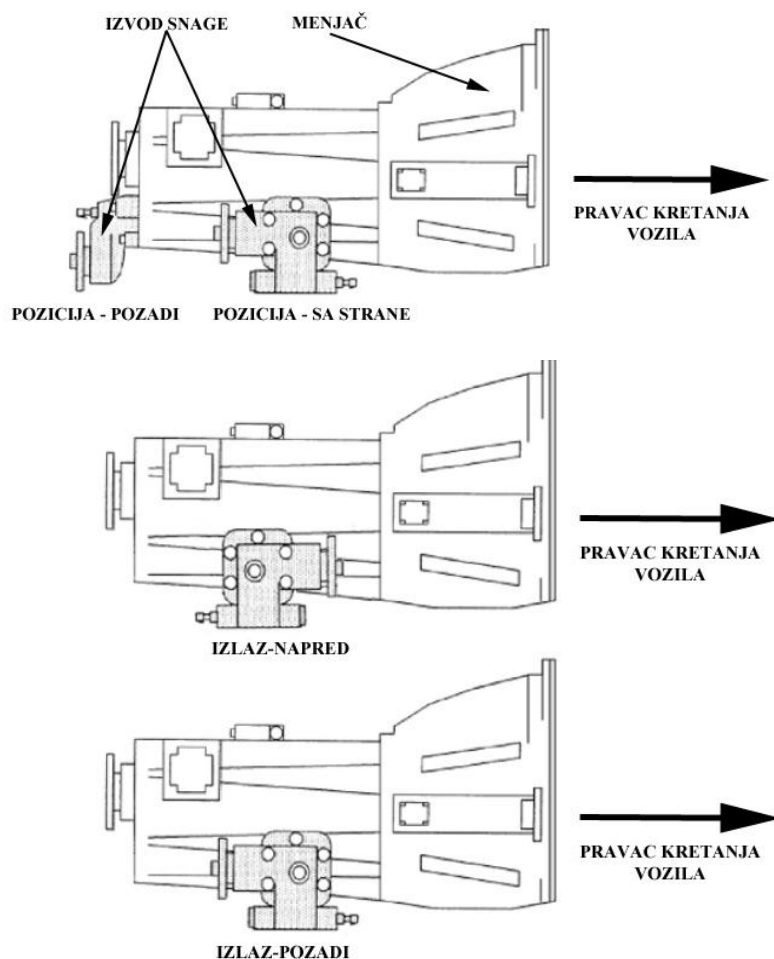
STANDARD UNI/DIN



STANDARD ISO

Slika 3.3 Standardi za raspored rupa na prirubnici izvoda snage

Moguća pozicija izvoda snage na menjaču prikazana je na slici 3.4. Izvod snage može biti montiran sa bočne ili zadnje strane menjača, sa izlaznim delom spojničkog vratila okrenutim ka prednjem, odnosno zadnjem delu menjača. Izbor položaja ugradnje izvoda snage pored tehničkih parametara (snaga i obrtni moment) zavisi i od gabarita sistema izvod snage-pumpa. Često je položaj izduvne grane auspuha, opreme, traverzni šasijske kamiona,... limitirajući faktor u pogledu raspoloživog prostora za ugradnju pomenutog sprega.



Slika 3.4 Pozicija izvoda snage na menjaču vozila i položaj izlaza

U specifikaciji proizvođača [14] se obavezno navode smerovi obrtanja izlaznog vratila izvoda snage, kako bi se taj smer usvojio i kod modela kompatibilne pumpe. Desni hod se definiše kao smer u obrtanju kazaljke na satu.

desnohoda



3.2 Parametri za odabir odgovarajućeg izvoda snage

U odabiru odgovarajućeg izvoda snage vrlo je važno znati koliki obrtni moment M je neophodan za pogon pumpe. Na osnovu ove informacije se mogu izabrati više modela koji se daju u ponudi proizvođača. U kalkulacijama se polazi od protoka pumpe koja snabdeva hidraulični sistem i samim tim se dobija snaga pumpe, a preko snage pumpe i obrtni moment.

$$Q \left[\frac{l}{min} \right] = \frac{c \left[\frac{cm^3}{o} \right] \times n_{pto} [min^{-1}]}{1000} \quad \dots 6$$

$$P_n [kW] = \frac{Q \left[\frac{l}{min} \right] \times p [bar]}{600} \quad \dots 7$$

$$P_e [kW] = \frac{P_n [kW]}{\eta} \quad \dots 8$$

$$n_{pto} [min^{-1}] = i \times n_{motora} [min^{-1}] \quad \dots 9$$

$$M [Nm] = \frac{P_e [kW] \times 9552}{n_{pto} [min^{-1}]} \quad \dots 10$$

gde su:

$Q \left[\frac{l}{min} \right]$	– zapreminski protok pumpe,
$c \left[\frac{cm^3}{o} \right]$	– specifični protok pumpe po jednom obrtaju,
$n_{pto} [min^{-1}]$	– broj obrtaja izvoda snage,
$P_n [kW]$	– nominalna snaga pumpe,
$p [bar]$	– pritisak instalacije,
$P_e [kW]$	– efektivna snaga pumpe,
η	– stepen korisnosti,
i	– prenosni odnos menjača i izvoda,
$n_{motora} [min^{-1}]$	– broj obrtaja motora,
$M [Nm]$	– obrtni moment.

Nominalna vrednost obrtnog momenta pokazuje o kojoj klasi izvoda snage je reč s obzirom da se podela vrši na izvode za lake, srednje i teške operacije i za kontinualnu ili periodičnu upotrebu (tabela 3.0).

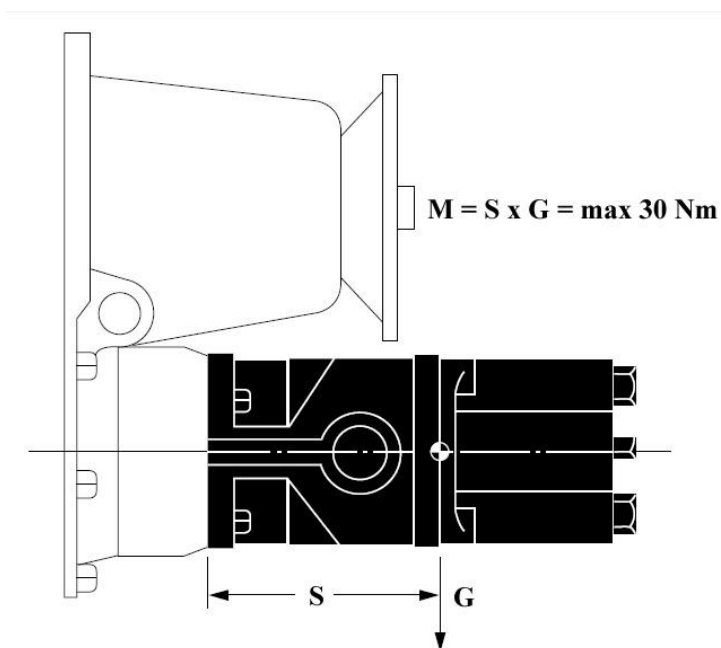
Klasa izvoda snage	Nominalna vrednost obrtnog momenta $M[Nm]$	Period upotrebe
Laka	$M < 400$	Povremeno
Srednja	$400 < M < 1000$	Kontinualno
Teška	$M > 1000$	Kontinualno

Tabela 3.0 Klasifikacija izvoda snage

Iz kalkulacija se vidi da se promenom broja obrtaja izvoda n_{pto} varira i obrtni moment M . Time se dobija mogućnost da se izabere izvod snage sa većim brojem obrtaja za zadati protok pumpe koji je neophodan za funkcionisanje hidrauličnog sistema, ali sa manjim vrednostima obrtnog momenta, čime se snižava cena. Veće vrednosti broja obrtaja izvoda se nekada dobijaju uvođenjem multiplikatora broja obrtaja. U pitanju je uređaj koji se montira između menjača i izvoda snage i čija je funkcija da podiže vrednost izlaznog broja obrtaja menjača i ulaznog broja obrtaja izvoda snage.

U ponudi proizvođača izvoda snage nalaze se mnogi modeli, raznih performansi i karakteristika na osnovu kojih se vrši selekcija za adekvatnu namenu s obzirom na:

- snagu i obrtni moment,
- gabarit i mogućnost montaže na menjač,
- poziciju na menjaču (slika 3.4),
- poziciju izlaznog vratila i mogućnost montaže pumpe u sklopu vozila,
- masu izvoda snage i statički moment koji pravi u tački vezivanja (slika 3.6),
- broj obrtaja,
- maksimalno vreme rada (pri čemu dolazi do grejanja radnog fluida max. 120 °C i promene viskoznosti, koja nije poželjna).



Slika 3.5 Statički moment usled mase izvoda snage u tački vezivanja

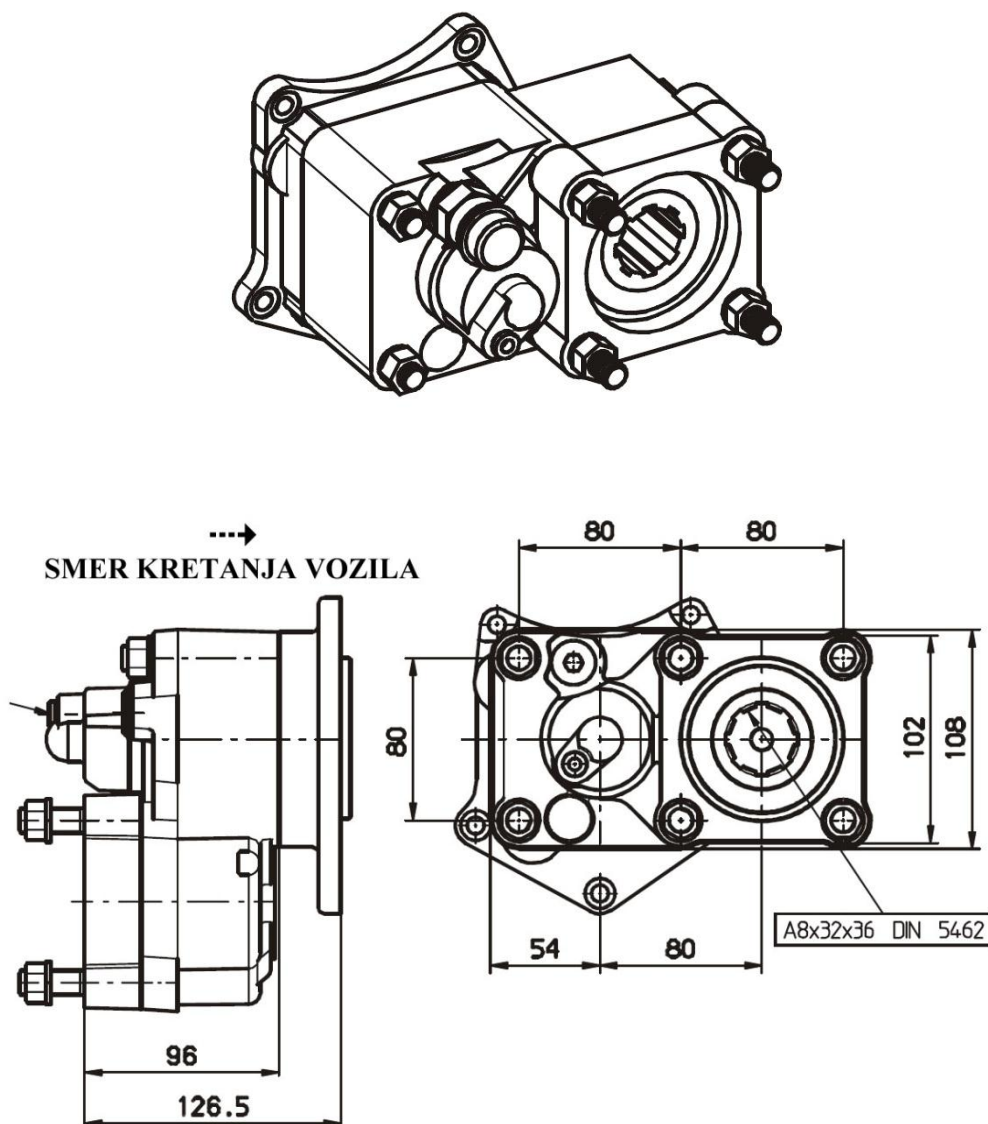
Maksimalna vrednost statičkog momenta zavisi od tipa menjača i fabrički se propisuje. Neophodno je voditi računa da masa izvoda snage zajedno sa pumpom ne prekorači dozvoljene fabričke vrednosti. U toku rada menjača dolazi do vibracija što dodatno opterećuje tačke vezivanja i postoji mogućnost da usled slaganja oscilacija menjača, izvoda snage i pumpe dođe do rezonantnog razaranja zida kućišta. Zbog toga treba imati u vidu da može doći do havarija na opremi i vozilu.

Na osnovu prethodno pomenutih parametara za odabir, u tabeli 3.1 su date karakteristike jednog modela izvoda snage proizvođača HYDROCAR [10] za menjač proizvođača MERCEDES. Na sličan način se daju karakteristike i za druge tipove menjača i druge modele izvoda.

MODEL	POZICIJA MONTAŽE	POZICIJA IZLAZA	SMER OBRTANJA	PRENOSNI ODNOS	OBRTNI MOMENT [Nm]	BROJ ZUBA	MASA [kg]	UPRAVLJANJE
82M5	zadnja	zadnja	levi	1.318	300	17	5.5	pneumatsko

Tabela 3.1 Karakteristike izvoda snage 82M5 za ZF menjač

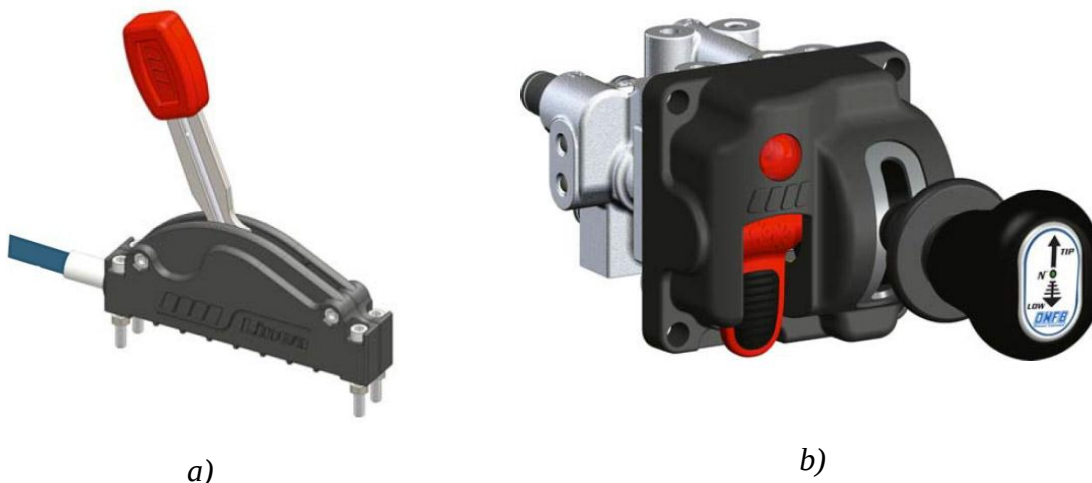
Tehnički crtež izvoda snage 82M5 je prikazan na slici 3.6.



Slika 3.6 Tehnički crtež izvoda snage 82M5

Aktiviranje izvoda snage [8] se vrši na dva načina:

- pomoću mehanizma sa poteznicom, koja mehanički vrši sprezanje zupčanika izvoda snage sa zupčanicom menjača, slika 3.7 a,
- upotrebom pneumatskog mehanizma, gde se sprezanje tj. uključivanje izvoda vrši putem vazduha iz instalacije vozila, slika 3.7 b.



Slika 3.7 Uređaji za aktiviranje izvoda snage
a) mehaničko aktiviranje, b) pneumatsko aktiviranje

Prilikom odabira izvoda snage treba imati u vidu da pojedini modeli mogu imati i obe opcije za aktiviranje. Ako je u pitanju pneumatsko uključivanje onda vazduh koji se koristi za aktivaciju treba uzeti sa pneumatske instalacije kamiona. Vozila do 7,5t bruto nosivosti nemaju kompresor pa samim tim nije moguće uzeti vazduh za aktivaciju izvoda, što nas upućuje na korišćenje mehaničke poteznice.

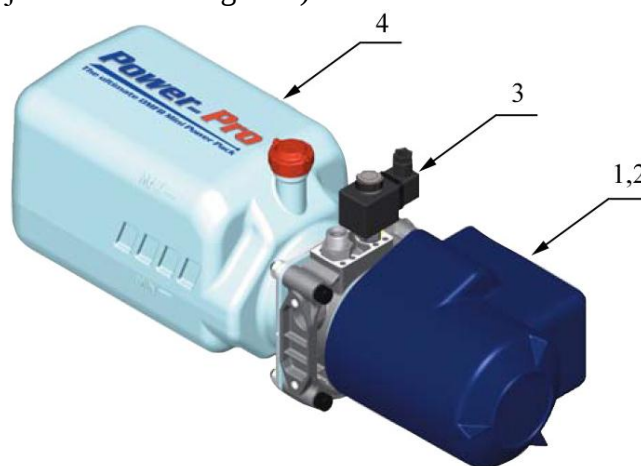
Aktiviranje izvoda snage se vrši dok je vozilo u stanju mirovanja i u neutralnom položaju menjača. Pri tome se nastoji da se prvo pritiskanjem pedale kvačila sačeka par sekundi dok se vratilo menjača ne zaustavi i nakon toga broj obrtaja motora u praznom hodu ne dovede na vrednost blizu 1000 o/min. Zatim se uključivanje izvoda snage vrši preko mehanizma povlačenjem ručice i laganim otpuštanjem pedale kvačila, čime dolazi do sprezanja zupčanika menjača i izvoda.

4.0 Elektro-hidraulični agregat

4.1 Uvod u elektro-hidraulične agregate

Elektro-hidraulični agregati (eng. power pack) predstavljaju pogonske uređaje kiperske instalacije, koji se sastoje od nekoliko elemenata povezanih u jednu celinu i za pogon koriste električnu energiju baterije vozila. Ovaj sklop (slika 4.0) čine:

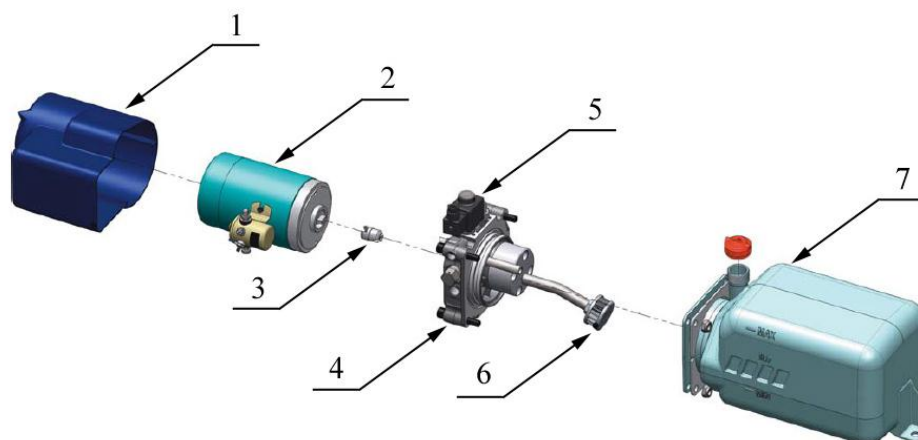
1. elektromotor,
2. pumpa (najčešće zupčasta ali može biti i klipna),
3. razvodnik (najčešće elektromagnetni) i
4. rezervoar.



Slika 4.0 Izgled elektro-hidrauličnog agregata:

1) elektromotor, 2) pumpa, 3) razvodnik, 4) rezervoar

Na slici 4.1 su prikazani elementi elektro-hidrauličnog agregata [8] u rasklopljenom stanju, gde se može uočiti njihova funkcionalna povezanost.

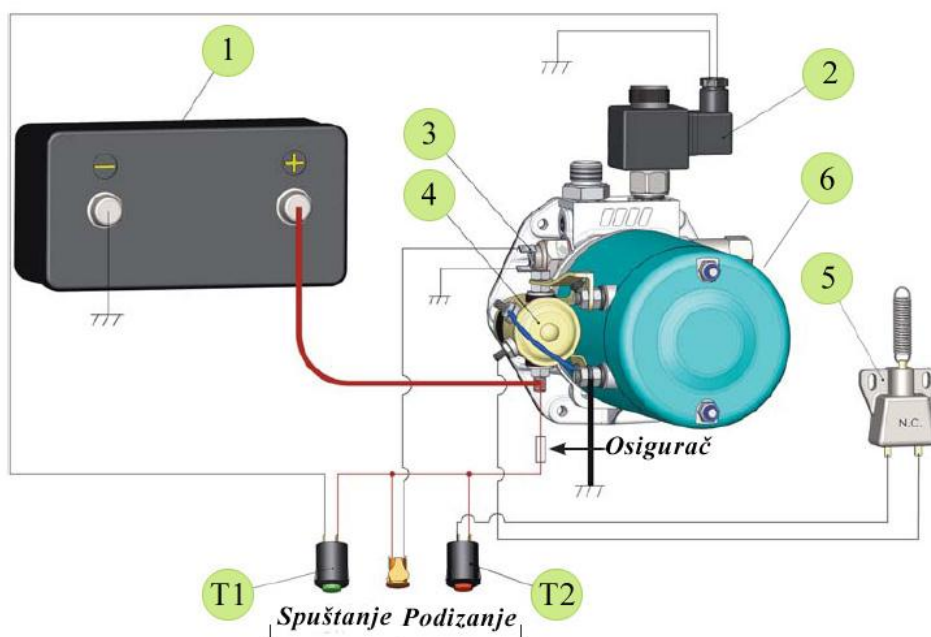


Slika 4.1 Izgled rasklopljenog elektro-hidrauličnog agregata:

1) poklopac, 2) elektromotor, 3) spojnica, 4) pumpa, 5) razvodnik, 6) filter, 7) rezervoar

Funkcionisanje elektro-hidrauličnog agregata (slika 4.2) se ukratko može opisati na sledeći način: struja iz akumulatorske jedinice vozila (12V ili 24V) snabdeva elektromotor (2), koji preko spojničkog vratila (3) pokreće zupčastu pumpu (4), koja ulje kroz filter (6) crpi iz rezervoara (7). Upravljanje agregatom vrši se elektro tasterima povezanim sa elektromagnetnim razvodnikom (5), koji vrši distribuciju radne tečnosti u hidrauličnoj instalaciji.

Na slici 4.2 je prikazana funkcionalna povezanost elektro-hidrauličnog agregata sa sastavnim delovima.

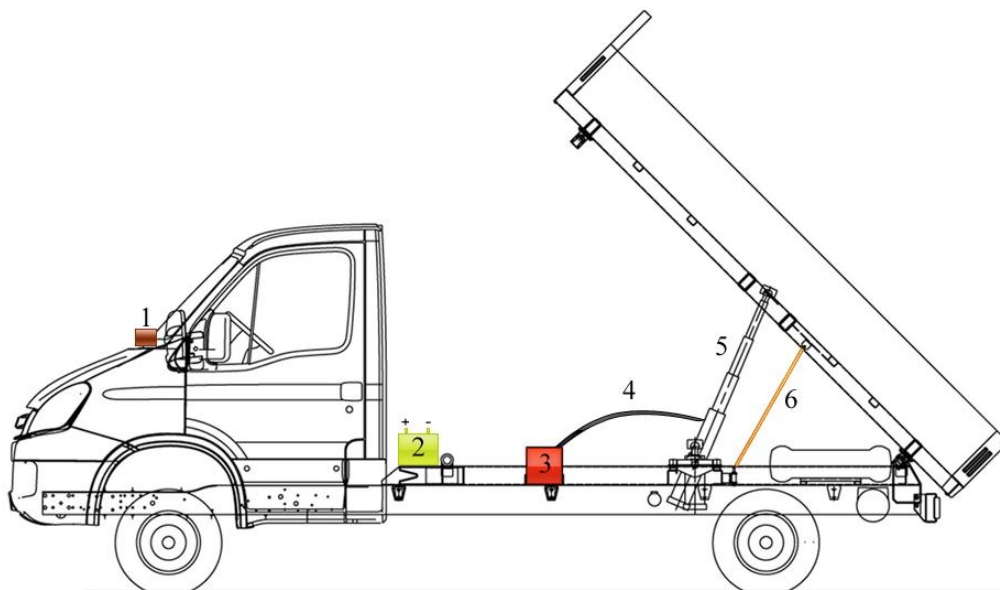


Slika 4.2 Funkcionalni sklop elektro-hidrauličnog agregata:

- 1) baterija, 2) elektromagnetni razvodnik, 3) regulator pritiska, 4) daljinska kontrola,
- 5) prekidač graničnog položaja, 6) elektromotor i pumpa, 7) T1 i T2 tasteri

Upravljanje agregatom se vrši pritiskanjem tastera T1 (spuštanje sanduka) i T2 (podizanje sanduka) koji su smešteni u kabinskoj kontroli. Njihovim dejstvom se vrši regulacija u razvodniku (2) koji, ili propušta ulje ka cilindru, kada dolazi do podizanja sanduka, ili usmerava ulje ka rezervoaru u slučaju spuštanja. Obično ovakva kiperska instalacija sadrži izvršni organ (teleskopski cilindar jednostrukog dejstva) koji se u sklopljeno stanje vraća usled težine kiperskog sanduka, kada dolazi do potiskivanja ulja iz cilindra u rezervoar. Opciono postoji mogućnost da se upravljanje vrši van kabine, kada se koristi daljinska kontrola sa kablom (konekcija na poziciju 4). Regulator pritiska (3) služi da se podesi optimalni radni pritisak u instalaciji (80-160 bara, standardno je podešen na 120 bara). Kada kiperski sanduk zauzme krajnji položaj, neophodno je prekinuti rad pumpe i to se postiže upotrebom prekidača graničnog položaja (5).

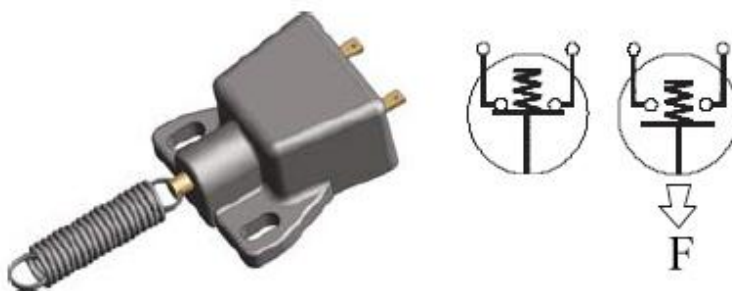
Pozicija kompletnog hidrauličnog sklopa na vozilu je prikazana na slici 4.3.



Slika 4.3 Pozicija hidraulične instalacije na vozilu:

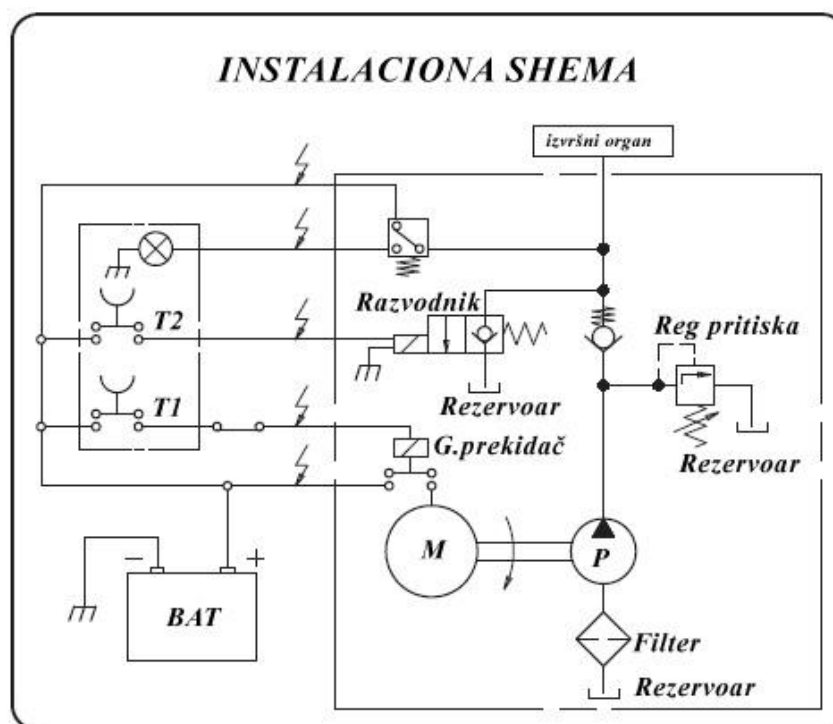
- 1) Kabinska kontrola sa tasterima, 2) Baterija, 3) Elektro-hidraulični agregat, 4) Crevo,
5) Teleskopski cilindar, 6) Poteznica sa graničnim prekidačem

Granični prekidač se aktivira kada sanduk zategne poteznicu, koja je povezana sa prekidačem (slika 4.4) tako što se povlačenjem opruge u njemu vrši prekid struje u instalaciji, čime elektromotor, a samim tim i pumpa, prestaju da rade.



Slika 4.4 Izgled graničnog prekidača

Kompletna shema hidraulične instalacije je prikazana na slici 4.5 gde se mogu uočiti svi sastavni delovi i njihova uloga.



Slika 4.5 Shema hidraulične instalacije

4.2 Parametri za odabir odgovarajućeg elektro-hidrauličnog agregata

Za odabir optimalnog agregata potrebno je razmotriti tehničke karakteristike komponenti (tabela 4.0) koje određuju modele agregata u asortimanu fabričkih modela raznih proizvođača a pre svega se odnose na:

KOMPONENTA	KARAKTERISTIKA 1	KARAKTERISTIKA 2
Elektromotor	Snaga: 0.5-3KW	Napon 12V ili 24V
Pumpa	Tip: zupčasta	Kapacitet: 1-5 cm ³ /o
Rezervoar	Materijal: aluminijum, čelični lim, plastika	Kapacitet: 1-20l

Tabela 4.0 Karakteristike komponenti elektro-hidrauličnog agregata

Elektromotor koji pokreće pumpu može biti raznih snaga u opsegu 0.5-3KW i na radnom naponu 12V ili 24V, shodno naponu baterije vozila. Pumpa može biti raznih kapaciteta (1-5 cm³/o) što nam dozvoljava da shodno izvršnom organu i kompletnoj hidrauličnoj instalaciji odaberemo model koji može da obezbedi neophodan protok. Rezervoari se proizvode od raznih materijala i mogu biti kapaciteta 1-20 litara.

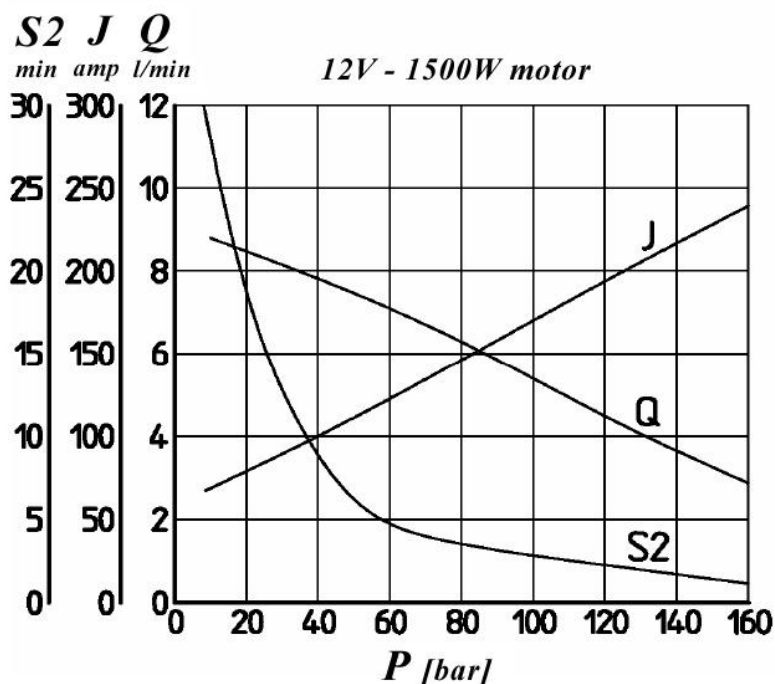
U tabeli 4.1 su prikazani modeli elektro-hidrauličnih agregata italijanskog proizvođača OMFB [8] sa tehničkim karakteristikama i kodovima za naručivanje.



Rezervoar		Pumpa	Motor			
TIP	KAPACITET l	KAPACITET cm ³ /o	12 V - 800 W	24 V - 800 W	12 V - 2000 W	24 V - 3000 W
ALUMINIJUMSKI	2	1	147-407-02104	147-412-02107	147-415-02104	147-422-02105
		2	147-407-02202	147-412-02205	147-415-02202	147-422-02203
		3,1			147-415-02319	147-422-02310
	3	1	147-407-03103	147-412-03106	147-415-03103	147-422-03104
		2	147-407-03201	147-412-03204	147-415-03201	147-422-03202
		3,1			147-415-03318	147-422-03319
	5	1	147-407-05101	147-412-05104	147-415-05101	147-422-05102
		2	147-407-05209	147-412-05202	147-415-05209	147-422-05200
		3,1			147-415-05316	147-422-05317
	3	1	147-406-03104		147-416-03102	147-423-03103
		2			147-416-03200	147-423-03201
		3,1			147-416-03317	147-423-03318
ČELIČNI MALOG KAPACITETA	4	1			147-416-04101	147-423-04102
		2			147-416-04209	147-423-04200
		3,1			147-416-04316	147-423-04317
	5	1	147-406-05105		147-416-05100	147-423-05101
		2			147-416-05208	147-423-05209
		3,1			147-416-05315	147-423-05316
	6	1			147-416-06109	147-423-06100
		2			147-416-06207	147-423-06208
		3,1			147-416-06314	147-423-06315
	7	2			147-416-07206	
	7	1	147-406-07100	147-411-07103	147-414-07100	147-421-07101
		2	147-406-07208	147-411-07201	147-414-07208	147-421-07209
		3,1			147-414-07315	147-421-07316
	8	1			147-414-08314	147-421-08315
		2				
		3,1				
	10	1	147-406-10105	147-411-10108	147-414-10203	147-421-10204
		2	147-406-10203	147-411-10206	147-414-10310	147-421-10311
		3,1			147-414-10472	147-421-10473
	12	2			147-414-12201	147-421-12202
		3,1			147-414-12318	147-421-12319
		4,7			147-414-12470	147-421-12471
	15	1	147-406-15100	147-411-15103		
		2			147-414-15208	147-421-15209
		3,1			147-414-15315	147-421-15316
	20	4,7			147-414-15477	147-421-15478
		2	147-406-15208	147-411-15201	147-414-20201	147-421-20202
		3,1			147-414-20318	147-421-20319
		4,7			147-414-20470	147-421-20471

Tabela 4.1 Tehnički parametri elektro-hidrauličnih agregata italijanskog proizvođača OMFB i kodovi za klasifikaciju modela

Za svaki odabrani model elektro-hidrauličnog agregata proizvođači [16] daju i radne grafikone gde se može uočiti povezanost motora, pumpe, radnog pritiska i vremena konstantnog rada. Ovo je veoma važno s obzirom da je električna energija baterije vozila limitirana (slika 4.6).



Slika 4.6 Radni grafik modela agregata

Sa grafika se može zaključiti da su pri pritisku od 100 bar, kapacitet pumpe $Q = 5,5$ lit/min, jačina struje motora $J = 165$ A, a vreme konstantnog rada $S2 = 1,5$ min.

Vreme konstantnog rada S2 pokazuje koliko agregat može raditi konstantno do dostizanja maksimalne temperature, nakon čega je neophodno napraviti pauzu dok se temperatura ne spusti na radnu temperaturu.

4.3 Prednosti i mane elektro-hidrauličnih agregata

Upotreba elektro-hidrauličnih agregata je najviše rasprostranjena kod komercijalnih vozila koja nose lakše terete, a i vrlo često nemaju mogućnost montaže izvoda snage kao pokretača pumpe. Električna energija baterije pokreće elektromotor koji pogoni pumpu, pa su na taj način performanse takvog sklopa nešto slabije u odnosu na sistem sa izvodom snage. S obzirom da su tereti koje savlađuje izvršni organ (hidrocilindar) lakši, onda ovaj sistem predstavlja standardno rešenje za program vozila ukupne bruto nosivosti do 3,5t.

Kod kamiona bruto nosivosti od 3,5t do 6,5t mogu se koristiti obe solucije za pogonski sistem.

Upotreba elektro-hidrauličnih agregata se ne koristi za vozila preko 7.5t bruto nosivosti pa je izvod snage u ovom slučaju standardno rešenje.

Prednosti upotrebe elektro-hidrauličnih agregata:

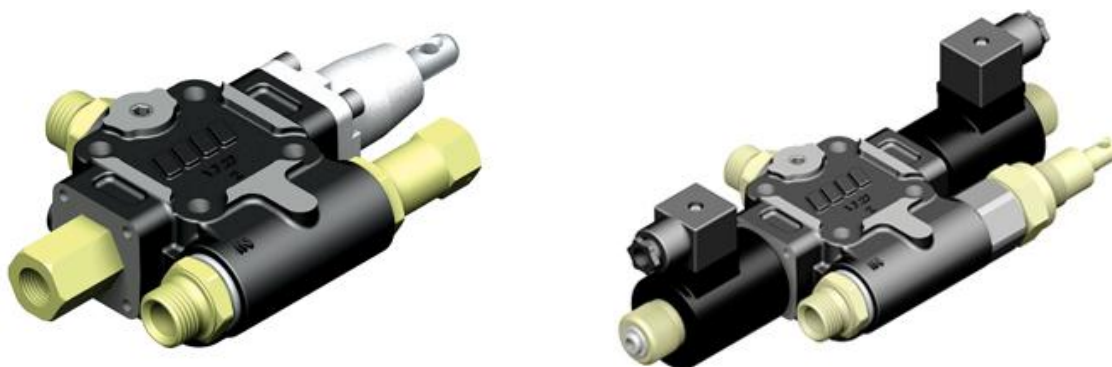
- niža cena u odnosu na sistem izvoda snage i pumpe,
- kompaktan dizajn.

Loša strana upotrebe elektro-hidrauličnih agregata predstavlja činjenica da se za pogon koristi električna energija usled čega dolazi do grejanja kablova u toku rada pa se ne preporučuje konstantna angažovanost. Takođe su performanse limitirane u odnosu na hidrauličnu instalaciju koja koristi izvod snage (niži radni pritisak) itd.

5.0 Razvodni ventili – razvodnici

5.1 Uvodne napomene o razvodnim ventilima

Razvodni ventili ili razvodnici (slika 5.0) u hidrauličnoj instalaciji kiperskih nadogradnji omogućavaju usmeravanje i prekidanje struje radnog fluida čime se vrši i upravljanje kompletnog procesa podizanja i spuštanja korpe kiper sanduka.



Slika 5.0 Razvodni ventili u kiperskim instalacijama

Osnovne konstrukcijske karakteristike razvodnika su:

- broj radnih položaja,
- broj hidrauličnih priključaka na razvodniku,
- funkcija radnih položaja,
- način aktiviranja razvodnika,
- veličina priključnih otvora.

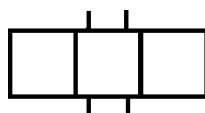
Broj radnih položaja razvodnika zavisi od funkcije. Radni položaji se grafički prikazuju pravougaonim poljem unutar kojeg se strujanja prikazuju po tabeli 5.0 gde se uočava i funkcija radnog položaja razvodnika.

Protočni položaj-direktan				
Protočni položaj-inverzan				
Zatvoren položaj				
Kratko spojeni položaj				
Slobodni ("plivajući") položaj				
Protočni položaj sa prigušenjem				

Tabela 5.0 Prikazivanje radnih položaja razvodnika i njihova funkcija

Da bi se ostvarila funkcija prekidanja radne tečnosti prema izvršnom organu potrebna su dva radna položaja: isključeno i uključeno. Ako je pak potrebno imati i funkciju reverziranja protoka onda je neophodno imati i treći radni položaj i slično. Obično je broj radnih položaja u našoj primeni 3 ili 4.

Broj hidrauličnih priključaka je različit i šematski se prikazuje kao linije na konturi pravougaonika (slika 5.1).



Slika 5.1 Prikazivanje hidrauličnih priključaka razvodnika

Označavanje priključaka na razvodniku je standardizovano ISO ili nacionalnim standardom i odnosi se na:

- priključak dovoda radne tečnosti se označava sa P (ili 1),
- priključak za odvod radne tečnosti ka rezervoaru se označava sa R, S, T (3, 5,...),
- priključci za vodove hidrauličnih izvršnih organa se označavaju sa A, B, C (2, 4,...).

Označavanje razvodnika se vrši po sistemu:

Razvodnik x/y

x - broj priključaka,

y - broj položaja uključivanja

Način aktiviranja razvodnika u odgovarajući radni položaj može biti:

- direktan (aktiviranje se vrši neposrednim delovanjem na razvodnik) i
- indirektan (aktiviranje se vrši posrednim putem pomoću dodatnog sistema).

Zatim aktiviranje se izvodi:

- manuelno,
- mehaničko,
- hidraulično (pneumatsko),
- električno i
- kombinovano.

U tabeli 5.1 su prikazani načini aktiviranja razvodnika i njihova šematska interpretacija.

Manuelno - uopšten simbol	
Manuelno - dugmetom	
Manuelno - polugom	
Manuelno - pedalom	
Mehaničko - tasterom	
Mehaničko - oprugom	
Mehaničko – točkićem/tasterom	
Mehaničko – tasterom/točkićem sa povratkom u prvobitni položaj	
Mehaničko - zabavljanjem	
Hidraulično	
Pneumatsko	
Električno - elektromagnetom sa jednim namotajem	

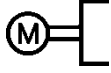
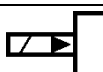
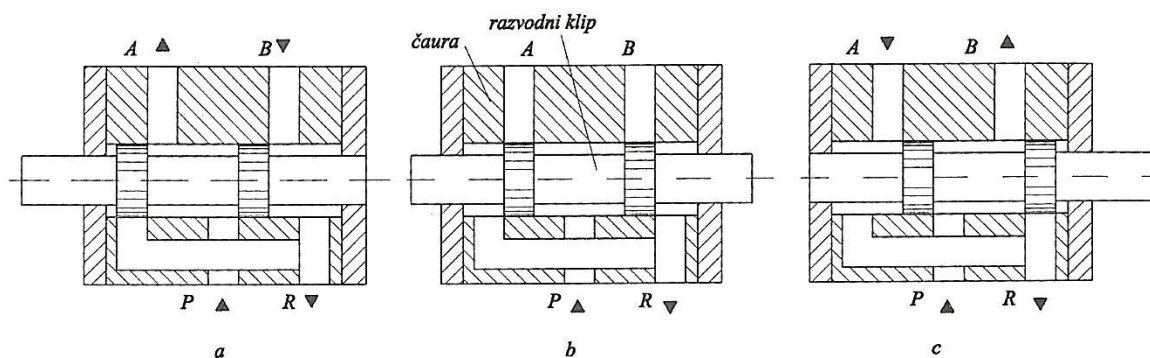
Električno - elektromagnetom sa dva istosmerna namotaja	
Električno - elektromagnetom sa dva suprotnosmerna namotaja	
Električno - elektromotorom	
Kombinovano - elektromagnetom i hidraulično	
Kombinovano - elektromagnetom ili hidraulično	

Tabela 5.1 Načini aktiviranja razvodnika

Kada su u pitanju razvodnici u kiperskim instalacijama najčešće se susrećemo sa mehaničkim, elektromagnetnim i pneumatskim aktiviranjem.

5.2 Osnovne funkcije klipnih razvodnika

Konstrukciju klipnih razvodnika sačinjavaju telo razvodnika u kome se nalaze čaura i klip prikazani na slici 5.2. Aksijalnim pomeranjem klipa se vrši otvaranje i zatvaranje protočnih otvora čime se ostvaruje funkcija razvodnika [2].



Slika 5.2 Konstruktivni prikaz klipnog razvodnika

Na slici 5.2 se mogu uočiti putevi proticanja radnog fluida u klipnom razvodniku koji ima 3 radna položaja i 4 priključaka (razvodnik 4/3). Priključci su izvedeni kao:

P – priključak za napajanje (pumpa),

R – priključak za povratni vod (rezervoar) i

A, B – radni priključci (ka izvršnim organima)

Radni položaji na slici 5.2 su prikazani kada je:

- a) Klip u krajnjem levom položaju, spojeni su priključci $P \rightarrow A$, $B \rightarrow R$,
- b) Klip u središnjem položaju (nulti položaj) gde nema proticanja radnog fluida a radni priključci P, R, A, B nisu spojeni,
- c) Klip u krajnjem desnom položaju, spojeni su priključci $P \rightarrow B$, $A \rightarrow R$,

Postavljanje klipa u međupoložaj omogućava razvodniku i druge funkcije poput prigušavanja protoka.

Čaura i razvodni klip su obrađeni vrlo uskim tolerancijama i finim obradama površina. Zaptivanje sklopa se izvodi radijalnim zazorom klipa i čaure čime se osigurava efikasno podmazivanje, smanjenje trenja i habanja. Radijalni zazor je neophodan jer omogućava kretanje klipa u telu razvodnika, a i neophodan je zbog dilatacija usled promene temperature.

Klip razvodnog ventila se izvodi tako da poseduje prstenaste žljebove napravljene po obodu dodirnih površina tako da se stvore hidraulični otpori i smanje gubici usled isticanja kroz fine zazole kada dolazi do **gubitka protoka** i **pada pritiska** na razvodniku.

Povećanje zazora usled istrošenosti dovodi do povećanog isticanja hidraulične tečnosti što je pokazatelj za stanje u kojem se nalazi klip razvodnika. Dobra filtracija radnog fluida može smanjiti habanje i sprečiti zaglavljivanje klipa u čauri razvodnika.

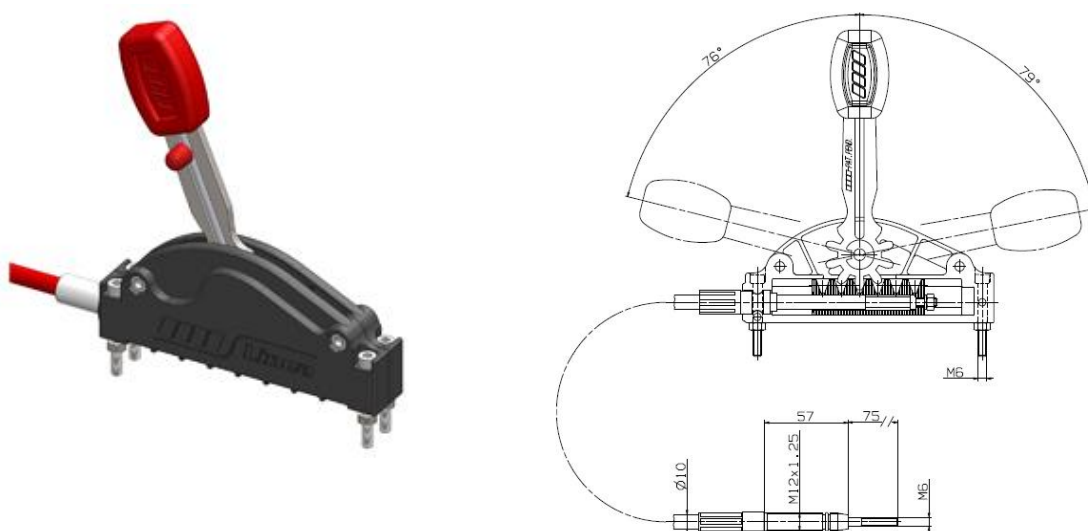
5.3 Način aktiviranja klipnih razvodnika

Najčešći oblici aktiviranja klipnih razvodnika [2] su:

- mehaničko - putem polužnog mehanizma koji pozicionira klip i drži ga u zadatom položaju,
- elektromagnetno - preko sile na kotvi elektromagneta koja privlači klip i sile opruga koje klip vraćaju u središnji položaj,
- hidraulično - preko pritiska radne tečnosti i
- pneumatsko aktiviranje - putem pritiska komprimovanog vazduha.

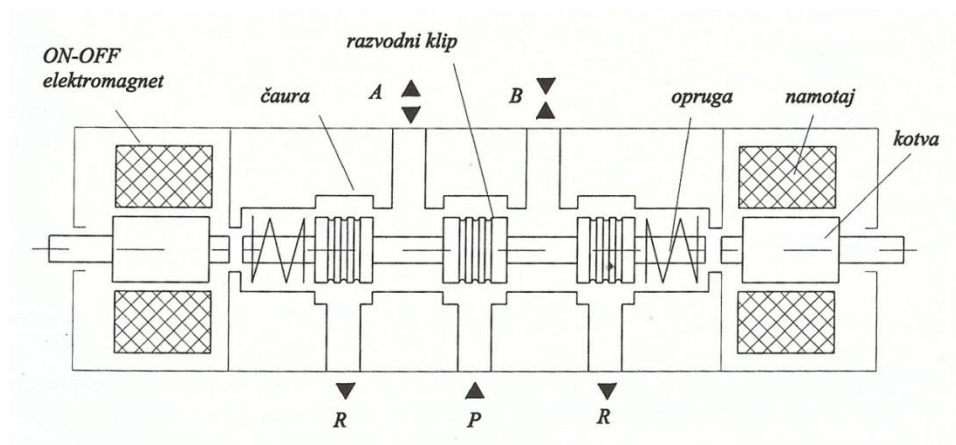
Aktiviranje klipnog razvodnika koje se izvodi neposrednim delovanjem na razvodni klip naziva se **direktno**, dok se aktiviranje uz hidraulično pojačanje upravljačkog signala naziva **indirektno** aktiviranje ili **upravljanje**.

Mehaničko aktiviranje klipnih razvodnika je ekonomična varijanta razvodnika, ali sa druge strane dosta pouzdana jer je smanjena mogućnost za kvar. Na slici 5.3 je prikazan polužni mehanizam preko kojeg se deluje na klip razvodnika povlačenjem poluge koja aktivira čelično uže koje je povezano sa klipom i vrši njegovo pomeranje.



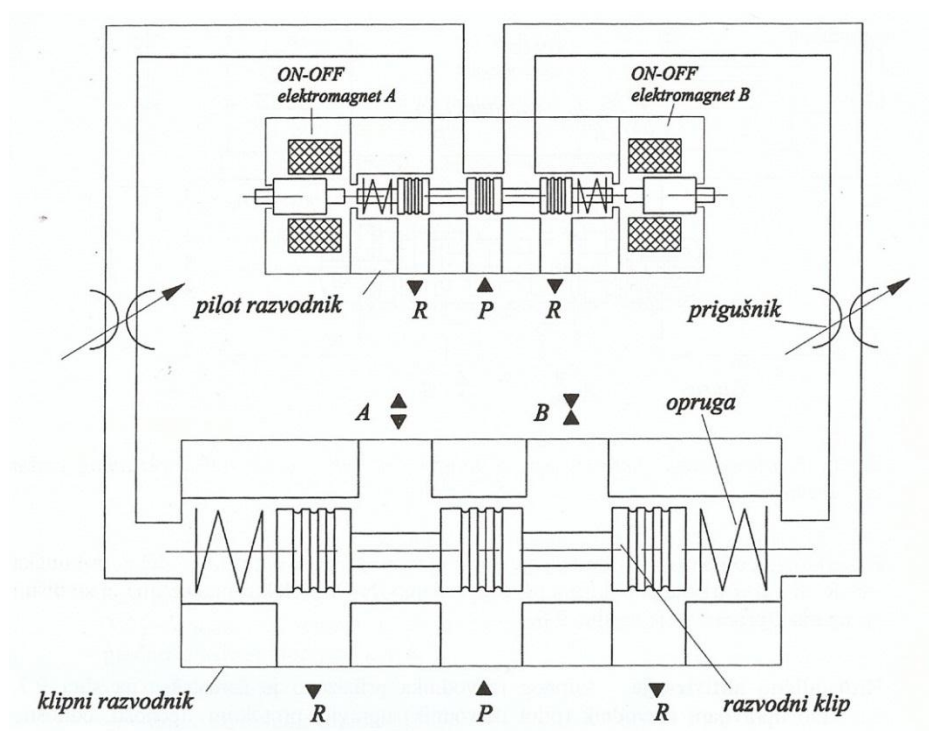
Slika 5.3 Mehaničko aktiviranje klipnih razvodnika

Na slici 5.4 je prikazano elektromagnetno aktiviranje klipnog razvodnika putem ON-OFF elektromagneta. Kada se namotaji elektromagneta uključe u strujno kolo, kotva vrši privlačenje klipa silom elektromagnetnog polja, usled čega se vrši pozicioniranje klipa u radni položaj. Prekid strujnog kola anulira silu elektromagneta, usled čega opruga vraća klip u nulti-središnji položaj u razvodnom telu.



Slika 5.4 Elektromagnetno aktiviranje klipnih razvodnika

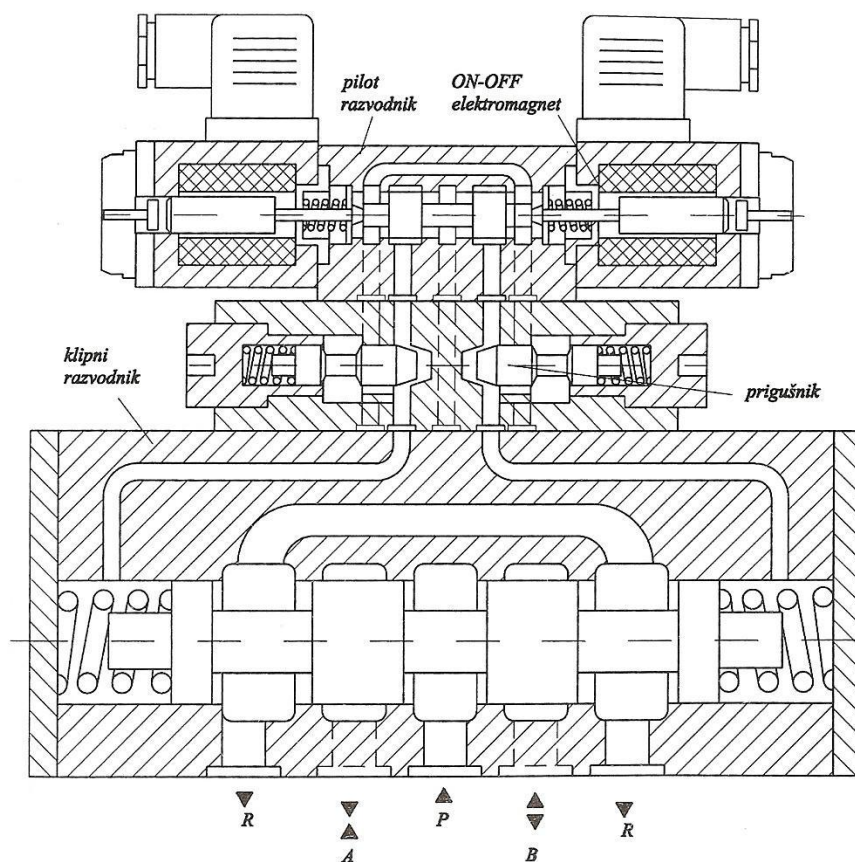
Hidraulično aktiviranje klipnog razvodnika je prikazano na slici 5.5 gde se uočava postojanje još jednog - **pilot razvodnika**, koji propušta radnu tečnost ka klipu glavnog razvodnika na koji se deluje i kojim se upravlja. Po prestanku delovanja sile, usled pritiska radne tečnosti na čelo razvodnog klipa, opruge vraćaju i drže razvodni klip u središnjem položaju.



Slika 5.5 Hidraulično aktiviranje klipnih razvodnika

Upravljački (pilot) razvodnik usmerava tečnost u komoru sa jedne strane razvodnog klipa upravljano klipnog razvodnika, dok se u isto vreme iz druge komore tečnost odvodi. Tako se stvara razlika u pritiscima sa suprotnih strana klipa, što mu omogućava da se kreće, a u slučaju da su pritisci jednaki onda se drži u zadatom radnom položaju.

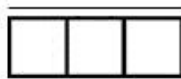
Na slici 5.6 je prikazana konstrukcija tipičnog elektrohidrauličnog klipnog razvodnika.



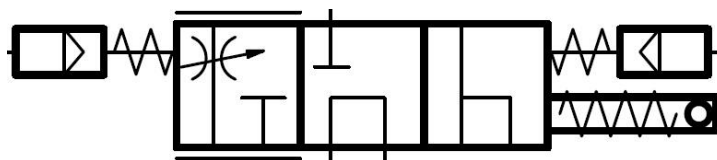
Slika 5.6 Konstrukcija elektrohidrauličnog klipnog razvodnika

Brzina kretanja glavnog razvodnog klipa zavisi od veličine protoka koji se dovodi sa pilot razvodnika. Ugradnjom prigušnika protoka između elektromagnetnog pilot razvodnika i glavnog razvodnika, što se vidi na slici 5.6 moguće je podešavati brzinu premeštanja glavnog razvodnog klipa.

Ukoliko je sila elektromagnta na pilot razvodniku regulisana, a samim tim i pritisak u razvodniku, u pitanju su **proporcionalni** razvodnici. Proporcionalnost se u grafičkoj interpretaciji proporcionalnih razvodnika se prikazuje kao horizontalne crte nad radnim položajima:



Pneumatsko aktiviranje klipnih razvodnika koristi komprimovani vazduh iz instalacije za direktno dejstvo na razvodni klip koji se premešta u određeni radni položaj, dok prestankom dejstva vazduha, sila u opruzi klip vraća u nulti položaj (slika 5.7). Takođe je moguće ostvariti regulaciju pritiska komprimovanog vazduha koji deluje na klip razvodnog ventila čime se dobija proporcionalnost, odnosno uticaj na brzinu kretanja klipa razvodnog ventila.



Slika 5.7 Pneumatsko aktiviranje klipnih razvodnika

5.4 Razvodni ventili u kiperskim instalacijama – kip ventili

Funkcija razvodnih ventila u kiperskim instalacijama je da vrše usmeravanje radne tečnosti ka cilindru i rezervoaru i na taj način se vrši upravljanje procesom podizanja i spuštanja kiper sanduka. Razvodni ventili u kiperskim instalacijama se još nazivaju i **kip ventili**.

Postoje razna tehnička rešenja i modeli razvodnika koji se koriste u kiperskim instalacijama u zavisnosti od načina aktivacije, broja položaja uključivanja, protoka radne tečnosti, radnog pritiska itd. Za kiperu manje i srednje nosivosti u opticaju su 3 tipa razvodnika 4/3 i oni se razlikuju po tome što koriste različite načine za aktiviranje:

- tip sa mehaničkim aktiviranjem,
- tip sa elektromagnetnim aktiviranjem,
- tip sa pneumatskim aktiviranjem.

Za razmatranje ova tri tipa razvodnih ventila koristiće se modeli italijanskog proizvođača OMFB [8].

Uobičajena je praksa u konstrukciji da se za verziju kiperske instalacije, kod koje se za pogon koristi elektro-hidraulični agregat, koriste razvodnici sa mehaničkim i elektromagnetnim aktiviranjem. U verziji sa izvodom snage mogu biti upotrebljeni svi tipovi aktiviranja, što se konstruktoru ostavlja za izbor, ali treba napomenuti da upotreba pneumatskog aktiviranja zavisi od toga da li kamion poseduje pneumatsku instalaciju.

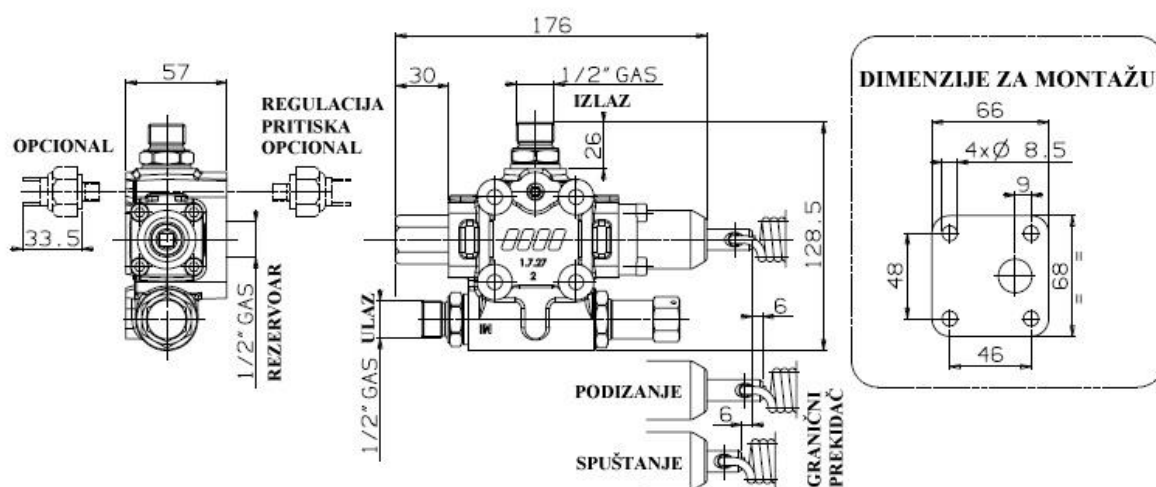
Tip razvodnika sa mehaničkim aktiviranjem, model proizvođača OMFB model FM 40, je prikazan na slici 5.8.



Slika 5.8 Razvodnik OMFB model FM 40 sa mehaničkim aktiviranjem

Aktiviranje ovog razvodnika se vrši pomoću polužnog mehanizma koji je prikazan na slici 5.3 gde se može videti kako se kretanje poluge pretvara u kretanje čeličnog užeta koje je vezano za klip razvodnika koji se premešta u radne položaje. Na poluzi se nalazi taster koji omogućava da se poluga zabravi u središnjem delu kućišta što je ujedno i neutralni položaj razvodnog klipa. Granični prekidač predstavlja oprugu koja je povezana sa poteznicom sanduka koja ga aktivira kada sanduk dostigne krajnji položaj.

Tehnički crtež sa merama za ugradnju razvodnika OMFB model FM 40 dat je na slici 5.9.



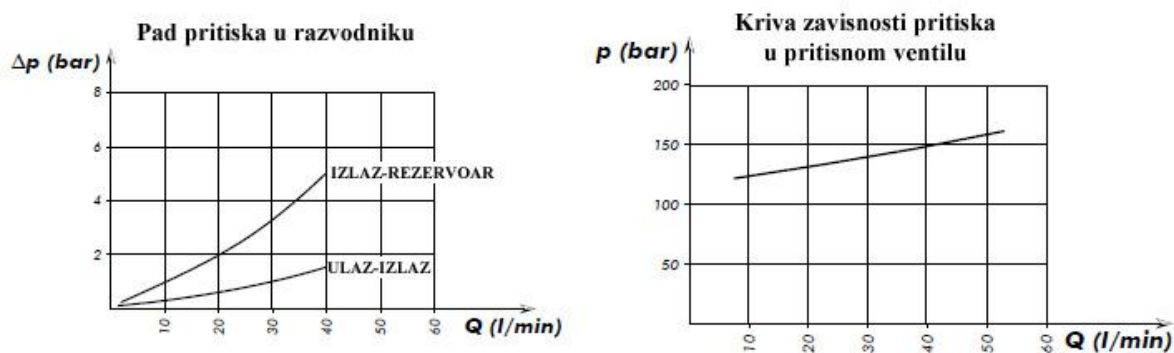
Slika 5.8 Tehnički crtež sa merama za ugradnju razvodnika OMFB model FM 40

Teničke karakteristike razvodnika OMFB model FM 40 su date u tabeli 5.2.

Model	Kod za naručivanje	Pritisak [bar]		Protok [l/min]
		standardno podešavanje	maksimalni pritisak	
FM-40	121-010-0252	140	240	40

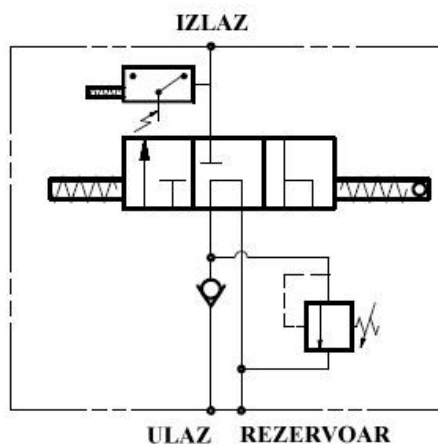
Tabela 5.2 Teničke karakteristike razvodnika OMFB model FM 40

Slika 5.9 predstavlja radne dijagrame na kojima je prikazana zavisnost pada pritiska u razvodniku i veličine pritiska u pritisknom ventilu od protoka.



Slika 5.9 Radni dijagrami razvodnika OMFB model FM 40

Na slici 5.11 je predstavljen šematski prikaz razvodnika sa mehaničkim aktiviranjem.



Slika 5.10 Šematski prikaz razvodnika OMFB model FM 40 sa mehaničkim aktiviranjem

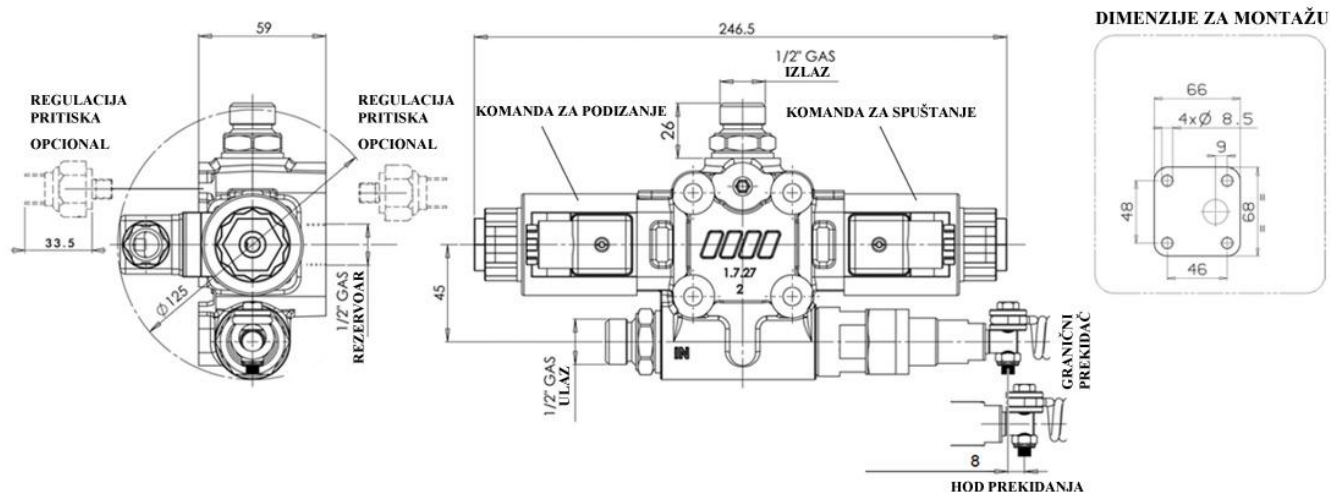
Tip razvodnika sa elektromagnetnim aktiviranjem, model proizvođača OMFB model FE 40, je prikazan na slici 5.12.



Slika 5.12 Razvodnik OMFB model FE 40 sa elektromagnetnim aktiviranjem

Aktiviranje ovog razvodnika je detaljno objašnjeno u prethodnom razmatranju. Treba napomenuti da postoji i verzija ovog razvodnika koja nema granični prekidač integrisan u sebi već se koristi dodatni, eksterni granični prkidač prikazan na slici 4.4. Princip dejstva je isti: poteznica prekida strujno kolo kada kiper sanduk dostigne krajnji položaj u kome poteznica razdvaja strujni kontakt, čime dolazi do prekida dejstva elektromagnetne sile u kotvi. Koji od ova dva razvodnika će se koristiti, zavisi od konstruktora.

Tehnički crtež sa merama za ugradnju ovog razvodnika prikazan je na slici 5.13.



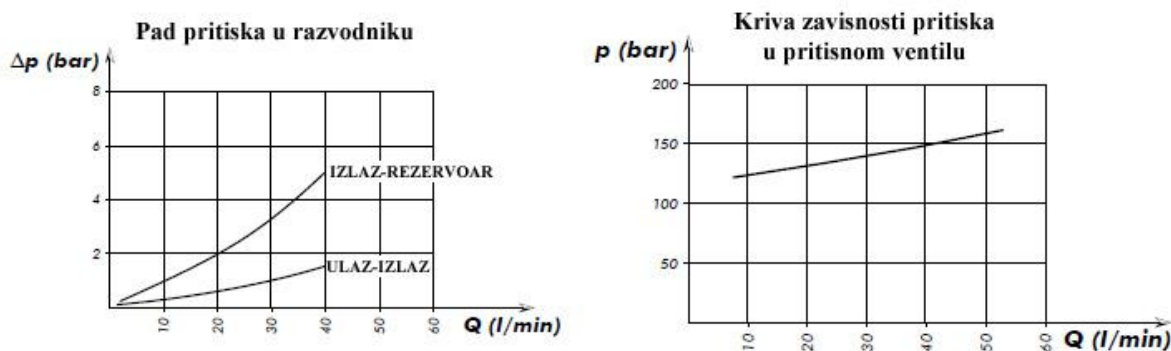
Slika 5.13 Tehnički crtež sa merama za ugradnju razvodnika OMFB model FE 40

Teničke karakteristike i kodovi za naručivanje razvodnika OMFB model FE 40 su prikazani u tabeli 5.3.

Model	Kod za naručivanje	Pritisak [bar]		Protok [l/min]
		standardno podešavanje	maksimalni pritisak	
FE-40 12V	121-004-00554	140	190	40
FE-40 24V	121-004-00563			

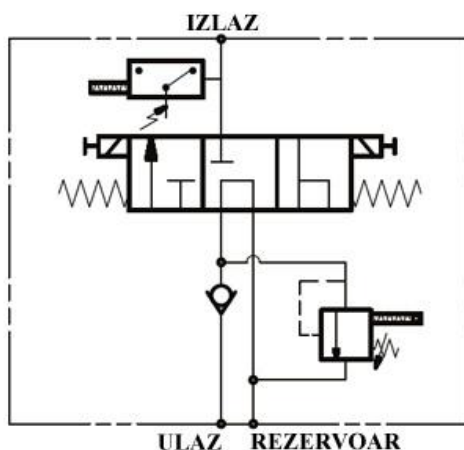
Tabela 5.3 Tehničke karakteristike razvodnika OMFB model FE 40

Radni dijagrami razvodnika OMFB model FE 40 su prikazani su na slici 5.14.



Slika 5.14 Radni dijagrami razvodnika OMFB model FE 40

Slika 5.15 predstavlja šematski prikaz razvodnika FE 40 sa elektromagnetnim aktiviranjem.



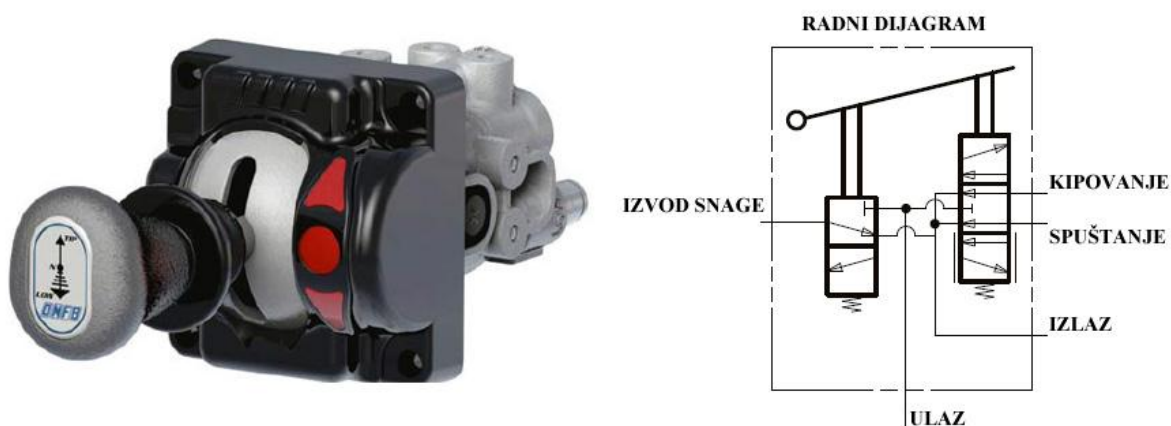
Slika 5.15 Šematski prikaz razvodnika OMFB model FE 40 sa elektromag. aktiviranjem

Tip razvodnika sa pneumatskim aktiviranjem, model proizvođača OMFB - FP 40 (pilot), je prikazan na slici 5.16.



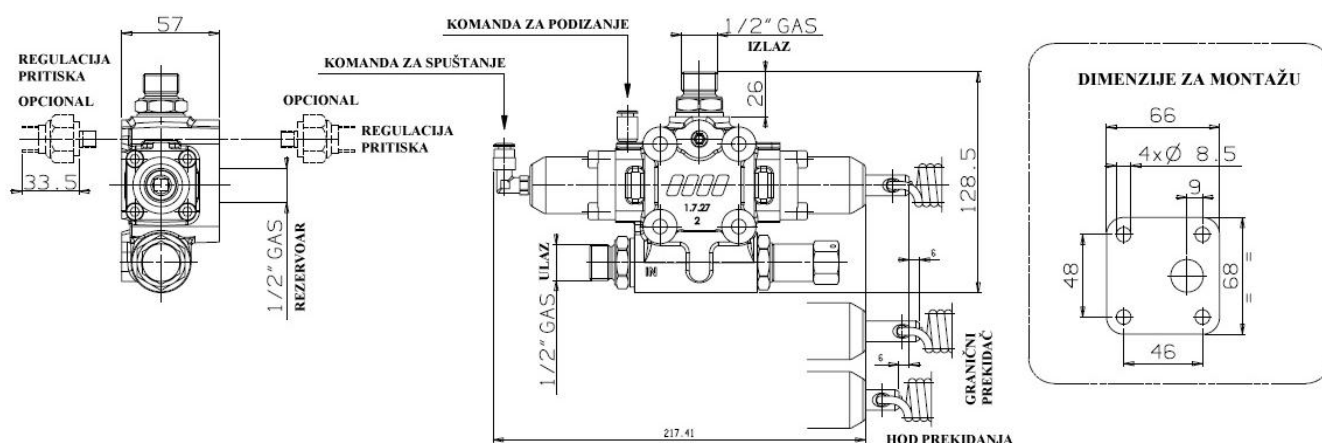
Slika 5.16 Razvodnik OMFB model FP 40 sa pneumatskim aktiviranjem

Ovaj model razvodnika se koristi kod kamiona koji poseduju vazдушnu instalaciju (poseduju komprimovani vazduh za kočionu instalaciju), koja vrši pomeranje razvodnog klipa u radne položaje, ali takođe i uključivanje izvoda snage. Dakle u ovom slučaju komprimovani vazduh obavlja 2 dodatne funkcije, a to su uključivanje i isključivanje izvoda snage i upravljanje razvodnikom. Ovo se postiže upotrebom **kip džojstika** koji na sebi poseduje tastere kojim se date funkcije obavljaju (slika 5.17).



Slika 5.17 Kip džojstik za upravljanje procesom kipovanja

Tehnički crtež sa merama za ugradnju ovog razvodnika sa pneumatskim aktiviranjem prikazan je na slici 5.18.



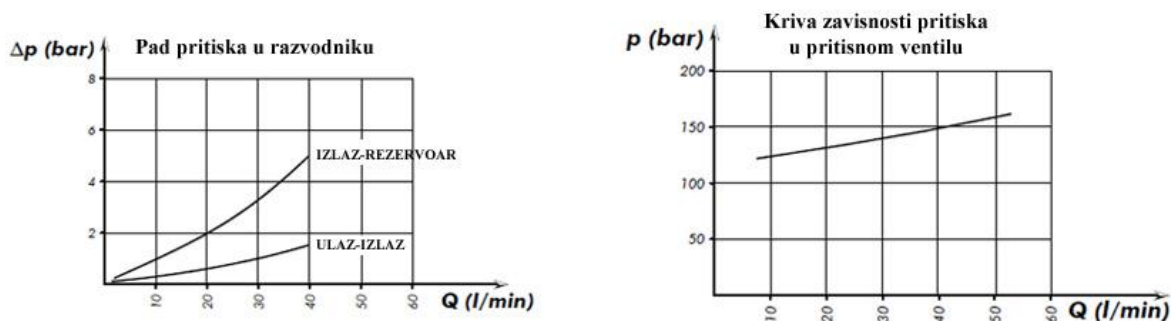
Slika 5.18 Tehnički crtež sa merama za ugradnju razvodnika OMFB model FP 40

Teničke karakteristike razvodnika OMFB model FP 40 su date u tabeli 5.4.

Model	Kod za naručivanje	Pritisak [bar]		Protok [l/min]
		standardno podešavanje	maksimalni pritisak	
FP-40	121-010-00350	140	240	45

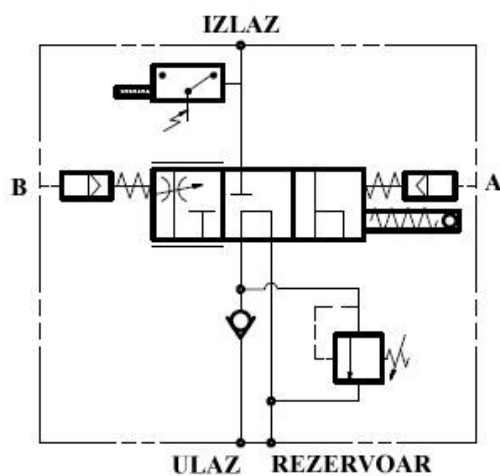
Tabela 5.4 Teničke karakteristike razvodnika OMFB model FP 40

Slika 5.19 predstavlja radne dijagrame na kojima je prikazana zavisnost pada pritiska u razvodniku i veličine pritiska u pritisnom ventilu od protoka.



Slika 5.19 Radni dijagrami razvodnika OMFB model FP 40

Šematski prikaz razvodnika OMFB model FP 40 sa pneumatskim aktiviranjem (pilot razvodnik) je prikazan na slici 5.20.

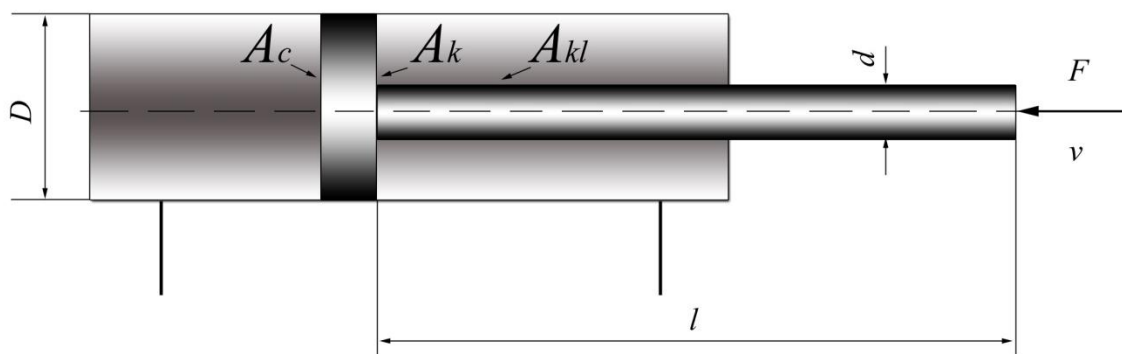


Slika 5.20 Šematski prikaz razvodnika OMFB model FP 40 sa pneumatskim aktiviranjem

6.0 Hidrocilindri

6.1 Uvod u hidrocilindre i izvod iz teorije

Hidrocilindri, ili kako ih još zovu linearni hidraulični motori, su hidraulični izvršni organi koji u opštem slučaju daju linearnu silu naizmeničnim pravolinijskim kretanjem klipa, ili plunžera, tj. pretvaraju hidrauličnu energiju u mehanički rad. U tehnici imaju ogromnu primenu i sastavni su deo skoro svake hidraulične mašine: dizalice, bageri, rovokopači, liftovi. U kamionskim nadogradnjama hidrocilindri su organi koji savlađuju teret kiperskog sanduka. Snaga koju hidrocilindri troše za svoju funkciju se dovodi putem radnog fluida-ulja pod pritiskom koji obezbeđuje pumpa. Postoje mnogi modeli i varijacije, a obradiće se osnovni principi funkcionisanja i fokusirati se na podtip-teleskopske cilindre koji se za funkcionisanje kiperu uglavnom koriste. Na slici 6.0 je dat šematski prikaz cilindra sa najbitnijim veličinama.



Slika 6.0 Šematski prikaz hidrauličnog cilindra

F-sila na klipnjači, A_c i A_k - površine klipa sa različitih strana, A_{kl} – površina klipnjače, v - brzina klipnjače, l – dužina hoda klipnjače

Sila na klipnjači je jednaka proizvodu pritiska u sistemu i aktivne površine (na koju deluje pritisak). Teorijska vrednost sile na klipnjači, F_t se određuje na osnovu izraza:

$$F_t = A \cdot p \quad \dots 11$$

gde su:

F_t [N] – teorijska vrednost sile na klipnjači,

A [m²] – aktivna površina klipa na koju deluje pritisak,

p [Pa] – pritisak u sistemu.

Stvarna vrednost sile na klipnjači, F je manja od teorijske zbog gubitaka:

$$F = F_t \cdot \eta_{cm} \quad \dots 12$$

gde je:

η_{cm} - mehanički koeficijent korisnog delovanja hidrauličnog cilindra.

Teorijska brzina izvlačenja klipnjače v_t , jednaka je izrazu:

$$v_t = \frac{Q}{A} \quad \dots 13$$

gde su:

v_t [m/s] – teorijska brzina klipnjače,

Q [m³/s] – protok u hidrauličnom cilindru.

Stvarna vrednost brzine izvlačenja v , je manja od teorijske zbog gubitaka:

$$v = v_t \cdot \eta_{cv} \quad \dots 14$$

gde je:

η_{cv} - zapreminski koeficijent korisnog delovanja cilindra.

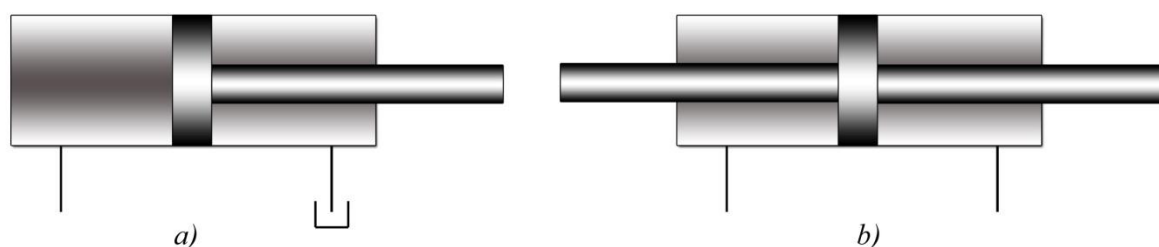
Ukupni koeficijent korisnog delovanja cilindra η_c je:

$$\eta_c = \eta_{cm} \cdot \eta_{cv} \quad \dots 15$$

Opšta podela hidrocilindara uzima u obzir smer delovanja radnog fluida, pa tako postoje:

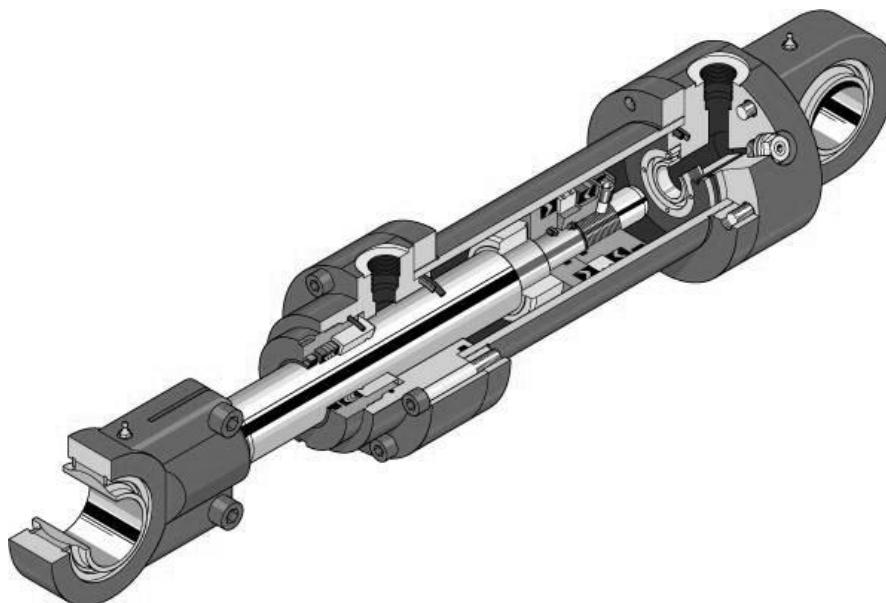
- cilindri jednosmernog dejstva i
- cilindri dvosmernog dejstva.

Kod cilindara jednosmernog dejstva, radni fluid pokreće klip samo u jednu stranu, dok je povratni hod pod dejstvom sopstvene težine, ili neke druge sile (opruga...). Kod cilindara dvosmernog dejstva radni fluid upravlja kretanje klipa na obe strane. U zavisnosti da li klipnjača izlazi iz cilindra samo sa jedne, ili obe strane, postoje cilindri sa jednostranom ili dvostranom klipnjačom (slika 6.1).



Slika 6.1 Šematski prikaz izvedbi hidrauličnog cilindra
a) jednostrani cilindar jednosmernog dejstva, b) dvostrani cilindar dvosmernog dejstva

Konstrukcija hidrocilindra je prikazana na slici 6.2. Sastoji se od kućišta u koje su smešteni klip, klipnjača, elementi za dihtovanje, priključci i elemenata za vezu. Kućište je cilindričnog oblika zatvorenog na svojim krajevima dancem i poklopcem koji se specijalno proračunavaju tako da mogu izdržati pritisak instalacije. Unutrašnjost je obrađena najčešće honovanjem čime se obezbeđuje idealno naleganje klipa koji deli komoru kućišta na dva dela. Samo zaptivanje se vrši montiranjem prstenova ili manžetni koje omogućavaju dihtovanje klipa i sprečavaju prelazak radnog fluida pod pritiskom iz jedne u drugu komoru. Da bi se obezbedila dugotrajnost, površina klipa se izlaže nekom od tretmana – hromiranje ili niklovanje koji obezbeđuju sigurnu antikorozivnost.



Slika 6.2 Izgled u preseku hidrauličnog cilindra

Pored sile koja se koristi kao izlazni parametar, za inženjersku primenu su bitni i geometrijski parametri koje diktira konstrukcija u koju se ugrađuju. To su pre svega dužina u sklopljenom i rasklopljenom stanju, prečnik klipa kao i način oslanjanja i pričvršćivanja.

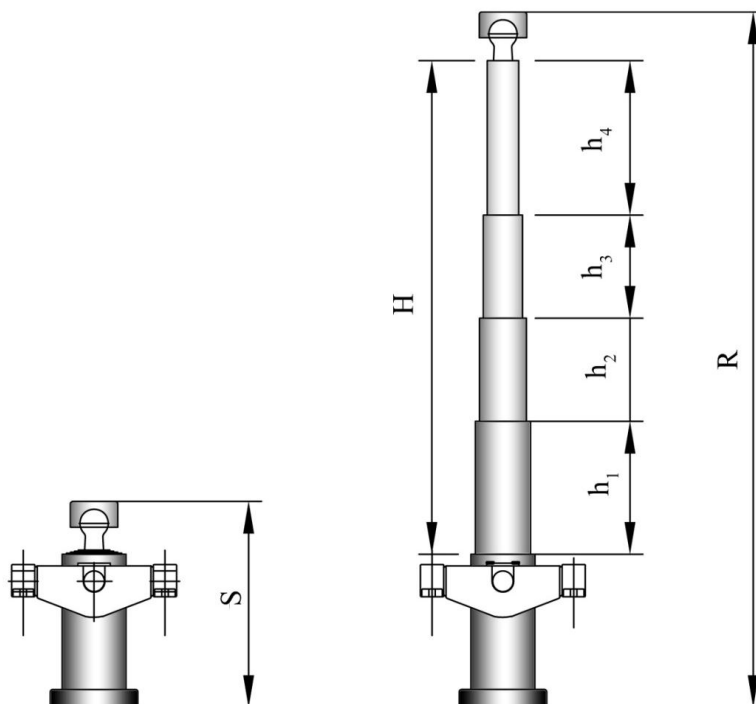
Najčešću primenu u inženjerskim instalacijama imaju teleskopski hidrocilindri pa će se iz tog razloga najviše pažnje posvetiti njima.

6.2 Teleskopski hidrocilindri

Osnovna ideja za konstrukciju se bazira na upotrebi više setova klipova u formi cilindričnih košuljica različitih prečnika koji ulaze i izlaze jednih u druge. Ovom konstrukcijom se dobijaju veće dužine rastavljenog stanja u odnosu na male gabarite sklopljenog stanja i time se olakšava ugradnja. Pod dejstvom radnog fluida najpre se vrši izvlačenje klipa sa najširim prečnikom do dostizanja krajnjeg položaja kada počinje drugi set klipova da se izvlači i tako na kraju set sa najmanjim prečnikom. Povratak u sklopljeno stanje se odvija pod dejstvom tereta i sopstvene težine.

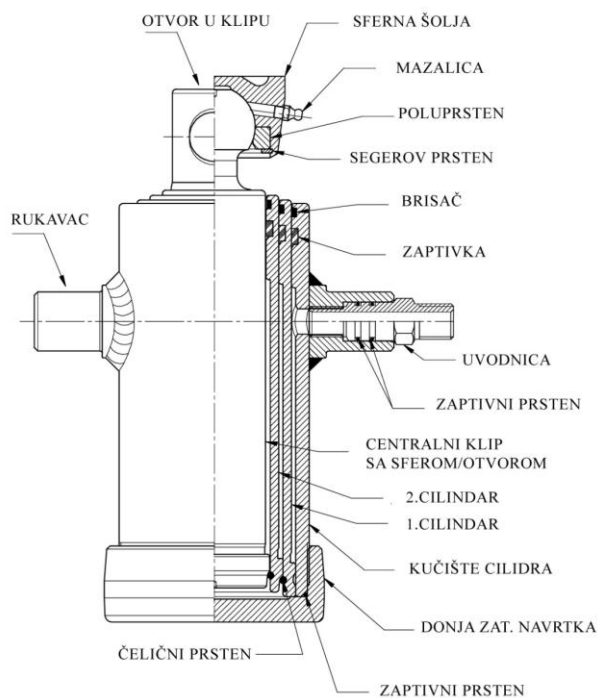
Ukupna radna dužina rasklopljnog teleskopskog cilindra (engleski stroke) i jednaka je zbiruduzina svih nastavaka (slika 6.3):

$$H=h_1+h_2+...h_n \quad \dots 16$$



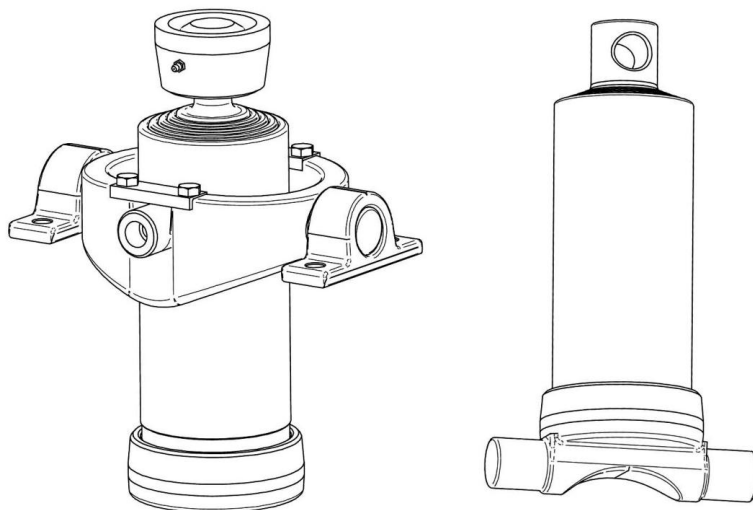
Slika 6.3 Teleskopski hidrocilindar u sklopljenom-rasklopljenom stanju

Važne kote za ugradnju cilindra su dužina sklopljenog (S) i rasklopljenog stanja (R). U zavisnosti od ovih kota se vrši pozicioniranje tj. položaj na konstrukciji gde se montira. Poprečni presek trostepenog teleskopskog cilindra prikazan je na sledećoj slici 6.4.



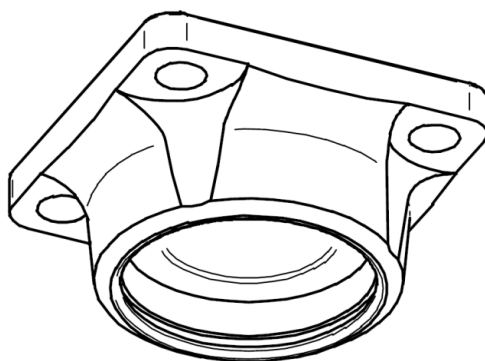
Slika 6.4 Trostepeni teleskopski cilndar u preseku

Veza cilindra i konstrukcije koju podiže se može ostvariti na više načina: prirubnicom, zglobov, ležajem, krutom vezom itd. U kiperskim konstrukcijama veza podrazumeva završetak klipa u formi **sfernog zgloba** koja rotira u svom kućištu (tzv. **šolja** ili **kapa klipa**) ili verzija sa **otvorom** u klipnjači (slika 6.5).



Slika 6.5 Tipovi veze cilindra i konstrukcije – sa kapom i otvorom

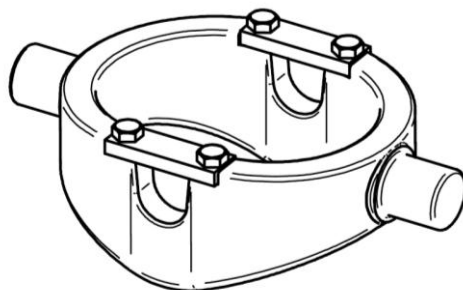
Izgled **kape** klipa je prikazan na slici 6.6. Ona ostvaruje vezu između cilindra i poda sanduka koji cilindar diže tako što se sa gornje, ravne strane **šolja** fiksira zavarivanjem za pod sanduka dok se sa donje strane kape sfera ubacuje u ležište.



Slika 6.6 Izgled šolje-kape klipa

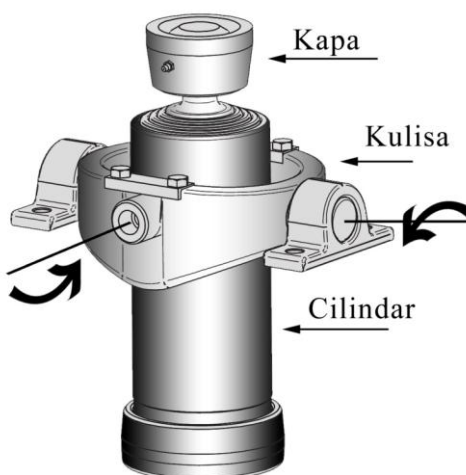
Kiperski teleskopski cilindri čine spoj između pomoćnog rama koji se fiksira na kamionsku šasiju i tovarnog sanduka koji naleže na cilindar. Da bi se obezbedila rotacija cilindra u prostoru, neophodno je omogućiti kretanje tj. rotaciju u 2 nezavisne ravni, pa je zato sastavni deo cilindarskog sklopa **kulisa** cilindra (slika 6.7).

Kulisa se može rotirati u jednoj ravni oko samog pomoćnog rama rotacijom rukavaca oko držača, dok cilindar na sličan način izvodi kretanje u odnosu na kulisu, ali u ravni upravnoj na kretanje kulise.



Slika 6.7 Izgled kulise klipa

Na slici 6.8 se može uočiti sklop teleskopskog cilindra sa kapom klipa i kulisom oko koje cilindar rotira.



Slika 6.8 Sklop teleskopskog cilindra sa kulisom i kapom

Pored dimenzijskih karakteristika (gabarita), cilindar je određen prema radnom pritisku hidraulične instalacije čime je definisana i njegova podizna moć (sila koju ostvaruje).

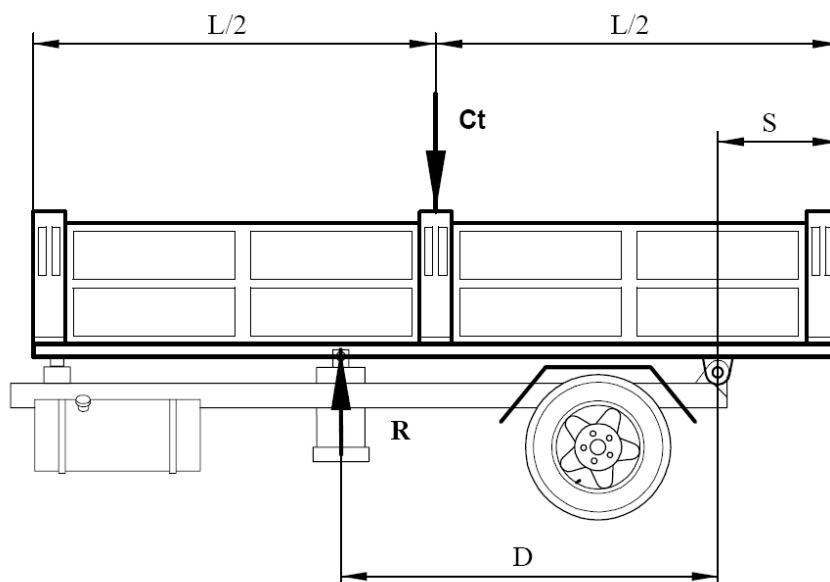
Na osnovu kombinovanja dimenzijskih i funkcionalnih parametara dolazi se do optimalnog cilindra za određenu aplikaciju.

U daljem izlaganju će biti objašnjeno kako se pristupa odabiru ogovarajućeg teleskopskog cilindra iz ponuđene palete mogućih rešenja s obzirom na 2 kriterijuma:

- kriterijum potrebne sile koju cilindar treba da savlada (zbir mase sanduka i tereta) i
- kriterijum dimenzijske analize koja omogućava smeštaj cilindra u konstrukciju.

6.3 Kriterijum potrebne sile cilindra

Za kriterijum potrebne sile cilindra neophodno je razmotriti momentnu jednačinu iz koje se izračunava koju silu klip treba da ostvari. Na slici 6.9 je prikazan položaj klipa i njegov uticaj u momentnoj jednačini.



Slika 6.9 Analiza sila i položaj klipa

Momentna jednačina koja pokazuje silu u klipu je:

$$R = \frac{C_t \left(\frac{L}{2} - S \right)}{D} \quad \dots\dots 17$$

Gde su:

R - Potisak cilindra,

L - Dužina sanduka kiperu,

S - Dužina prepusta iza obrtne tačke,

C_t - Težina tereta + težina sanduka,

D - Udaljenost između obrtne tačke i cilindra.

Iz prethodno prikazanih momentnih jednačina se dolazi do vrednosti sile pritiska cilindra koji treba da savlada težinu kiperskog sanduka i težinu tereta u njemu. Preporuka je da se uzme u obzir stepen sigurnosti koji omogućava dodatnu rezervu od 30% jer u praksi korisnici vrlo često podižu teret i iznad dozvoljenih vrednosti.

6.4 Kriterijum dimenzijske analize cilindra

Za odabir dužine teleskopskog cilindra u razvučenom stanju u krajnjem položaju (engl. stroke, C) može poslužiti tabela 6.0 koju daje proizvođač OMFB [8] kao standardne modele. Parametri koji takođe utiču na ovaj izbor su: ugao kipovanja tj. ugao nagiba cilindra φ kao i rastojanje tačke oslonca cilindra do tačke njegovog vezivanja tj. DP. U konstruktivnim razmatranjima treba uzeti u obzir odabir što približnijeg rešenja u okviru standardno ponuđenih.

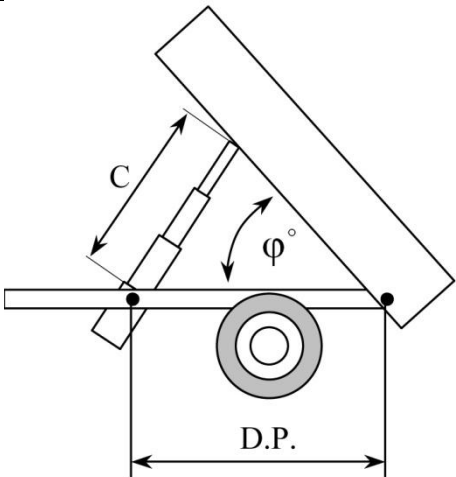
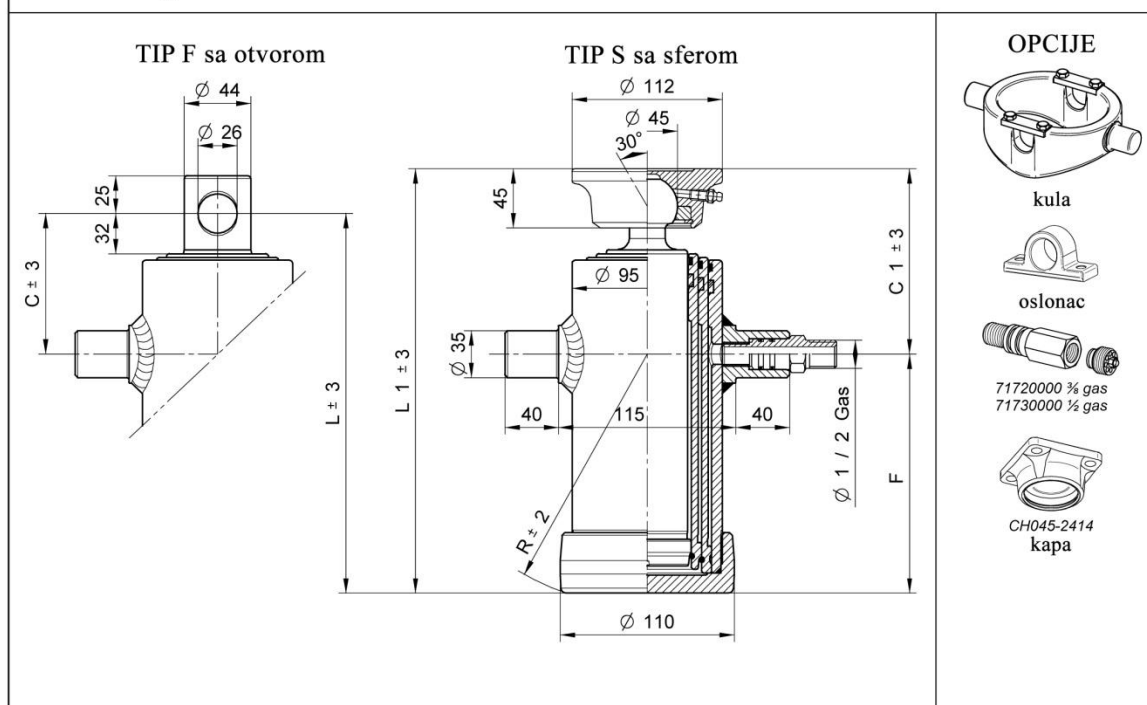
 C = Radna dužina cilindra u mm, φ° = Ugao nagiba kip sanduka, D.P. = Udaljenost obrtne tačke cilindra od tačke vezivanja u mm.	DP=mm	C=mm				
		40°	45°	50°	55°	60°
	800	547	612	676	739	800
	900	616	689	761	831	900
	1000	684	765	845	923	1000
	1200	821	918	1014	1108	1200
	1400	958	1072	1183	1293	1400
	1600	1094	1225	1352	1478	1600
	1800	1231	1378	1521	1662	1800
	2000	1368	1531	1690	1847	2000
	2200	1505	1684	1860	2032	2200
	2400	1642	1837	2029	2216	2400
	2600	1779	1990	2198	2401	2600
	2800	1915	2143	2367	2586	2800
	3000	2052	2296	2536	2770	3000
	3200	2189	2449	2705	2955	3200
	3400	2326	2602	2874	3140	3400
	3600	2463	2755	3043	3325	3600
	3800	2599	2908	3212	3509	3800
	4000	2736	3061	3381	3694	4000
	4200	2873	3215	3550	3879	4200
	4400	3010	3368	3719	4063	4400
	4600	3147	3521	3888	4248	4600
	4800	3283	3674	4057	4433	4800
	5000	3420	3827	4226	4617	5000
	5200	3557	3980	4395	4802	5200
	5400	3694	4133	4564	4987	5400
	5600	3831	4286	4733	5172	5600
	5800	3967	4439	4902	5356	5800
	6000	4104	4592	5071	5541	6000

Tabela 6.0 Standardne dužine klipova u razvučenom stanju

Na primeru modela trostepenog teleskopskog cilindra italijanskog proizvođača OMFB [8] videće se glavni parametri i karakteristike koje služe za odabir u tabeli 6.1.

Teleskopski cilindar sa bočnim rukavcima i 3 nastavka



Težina dizanja 5t na 180 Bar

MAKSIMALNI PRITISAK 180 BAR

Model		Radna dužina	Ø ČLANOVI mm										MERE RADNOG CILINDRA						Dužina članova			Količina ulja - l	
			46 TON. 2,9	61 TON. 5,2	76 TON. 8,1	91 TON. 11,7	107 TON. 16,1	126 TON. 22,4	145 TON. 29,7	165 TON. 38,4	187 TON. 49,4	C	C¹	F	L	L¹	R						
			F	S																			
2030		410	●	●	●								102	142	150	252	292	160	210	13,5	15	1,5	
2031		500	●	●	●								102	142	180	282	322	190	240	14	15,5	1,6	
2032		593	●	●	●								102	142	210	312	352	220	270	15	16,5	2	
2033		683	●	●	●								102	142	240	342	382	250	300	16,5	18	2,2	
2034		790	●	●	●								102	142	275	377	417	280	335	18	19,5	2,5	
2035		893	●	●	●								102	142	310	412	452	315	370	19,5	21	2,8	
2036		1043	●	●	●								102	142	360	462	502	365	420	21,5	23	3,3	
2037		1283	●	●	●								102	142	440	542	582	445	500	25	26,5	4	
2038		1490	●	●	●								102	142	510	612	652	515	570	28,5	30	4,7	

Tabela 6.1 Modeli trostepenog teleskopskog cilindra sa karakteristikama

7.0 Sistem za razvod

7.1 Rezervoari

Rezervoari su uređaji u koje se smešta potrebna količina radnog fluida za ispravno funkcionisanje hidrauličnog sistema. Pored ove funkcije, u rezervoarima se obavlja taloženje čvrstih čestica nečistoće i vode, kao i izdvajanje gasova iz hidrauličnog ulja bez posledica za hidraulični sistem. Zbog velike površine zidova rezervoara, zatim pregradnih zidova u njemu, omogućeno je prirodno hlađenje radnog fluida i očuvanje potrebne radne temperature.

Klasifikacija rezervoara se vrši na osnovu sledećih kriterijuma:

- zapremina rezervoara - može biti od 10-200 litara,
- prisustvo filtera za prečišćavanje nečistoća - sa i bez njega,
- materijal izrade rezervoara - plastični, aluminijumski ili metalni i
- oblik rezervoara – horizontalni ili vertikalni.

Na rezervoar se postavlja nalivno grlo i pokazivač nivoa radnog fluida, a sa donje strane se nalazi čep za ispuštanje.

Na slici 7.0 su prikazani rezervoari italijanskog proizvođača OMFB [8].



Slika 7.0 Izgled rezervoara italijanskog proizvođača OMFB.

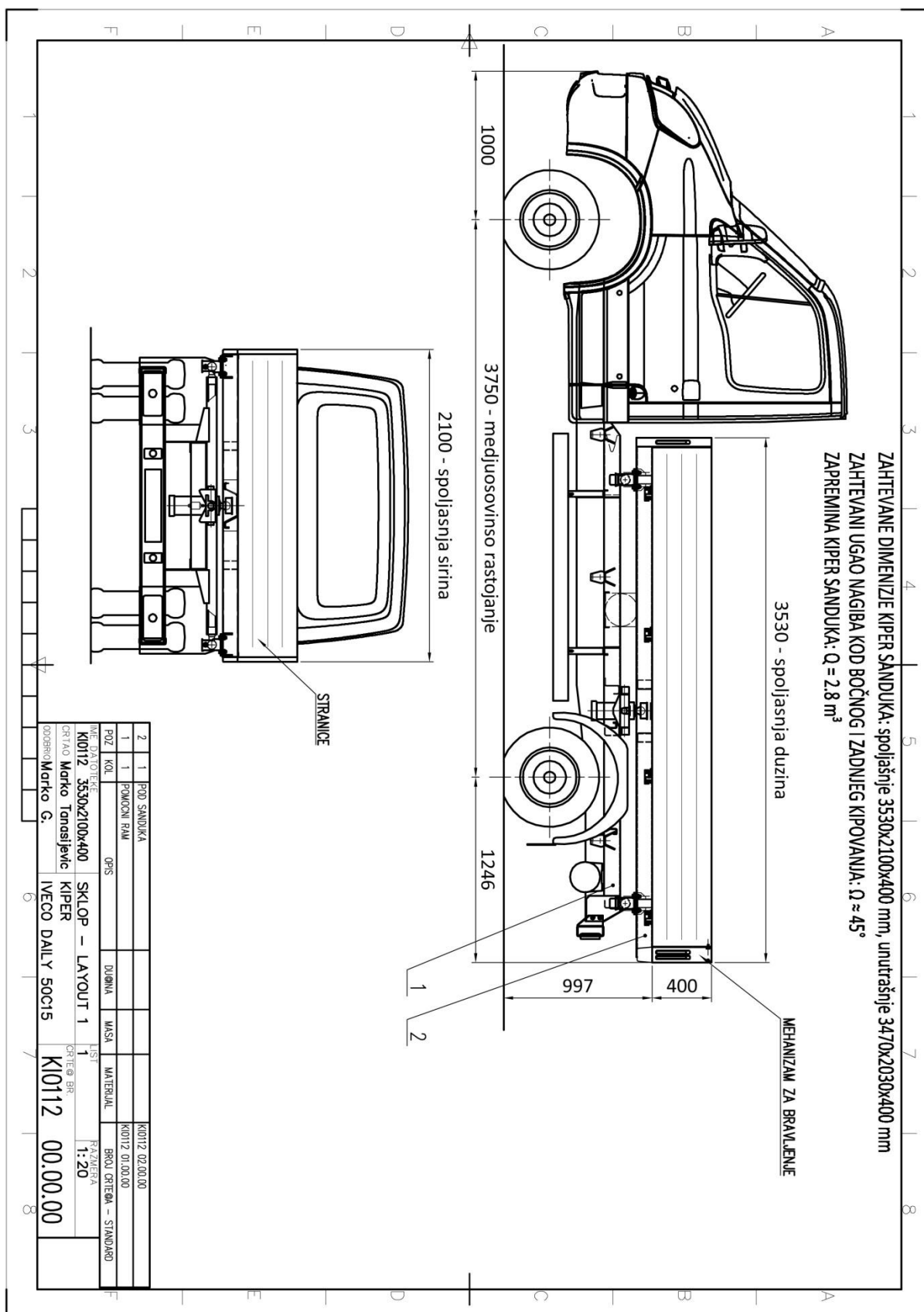
7.2 Savitljivi cevovodi

Savitljivi cevovodi visokog pritiska se izrađuju od gume i različitih sintetičkih materijala. Ojačani su odgovarajućom armaturom prema zadanom pritisku. Služe za prenos hidraulične energije. Izrađuju se za niske, srednje i visoke radne pritiske. Osetljivi su na vibracije i podložni su starenju (guma menja svojstva nakon određenog vremena upotrebe). Lako se oštećuju sa spoljne strane pa je neophodna opreznost u radu i eksploataciji.

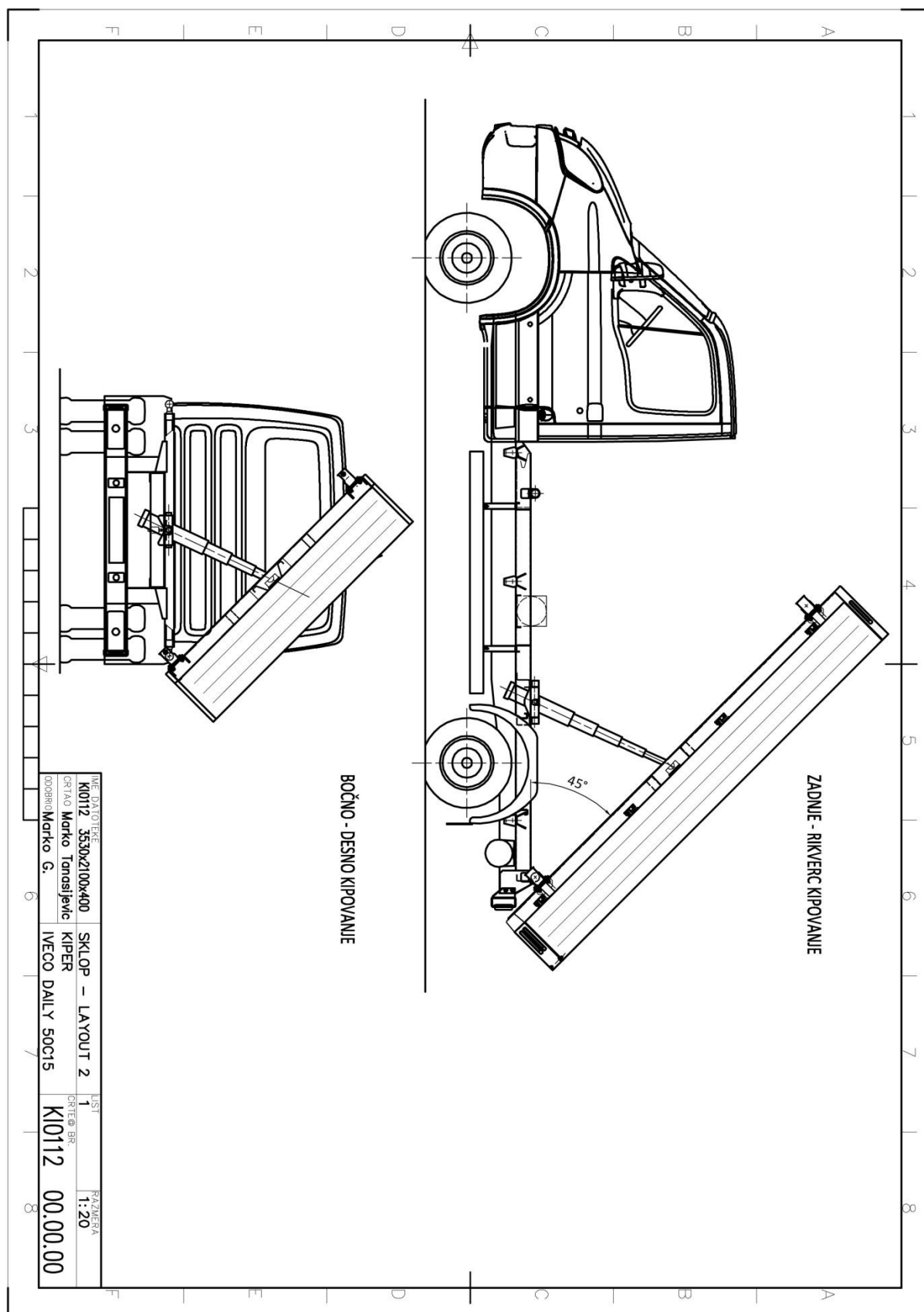
Koriste se u kiperskim hidrauličnim instalacijama zbog jednostavne ugradnje. Pravilan izbor odgovarajućeg cevovoda se vrši na osnovu radnog pritiska, protoka radnog fluida i nazivnog protočnog otvora.

8.0 Primer projektnog zadatka

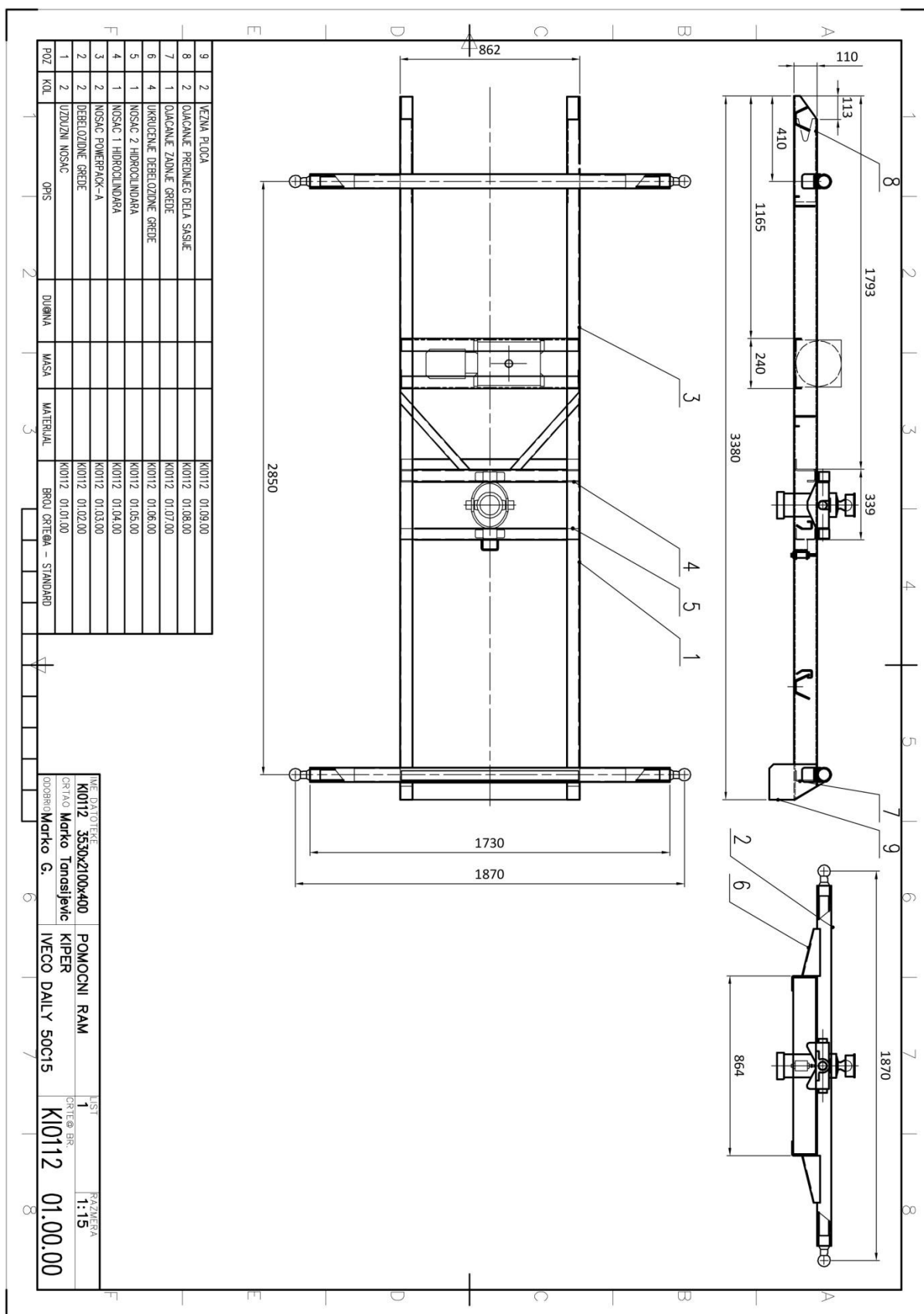
Projetna dokumentacija kiperskog sanduka za kamionsku šasiju Iveco Daily 65C18, sa međuosovinskim razmakom 3750 mm, prikazana je na slikama 8.0, 8.1, 8.2 i 8.3. Na datim slikama se mogu videti dimenzije - gabariti sanduka i konstruktivni elementi kao rezultat teoriskih razmatranja iz prethodnih glava. Na slici 8.4 je prikazan 3D model, renderovan iz više uglova.



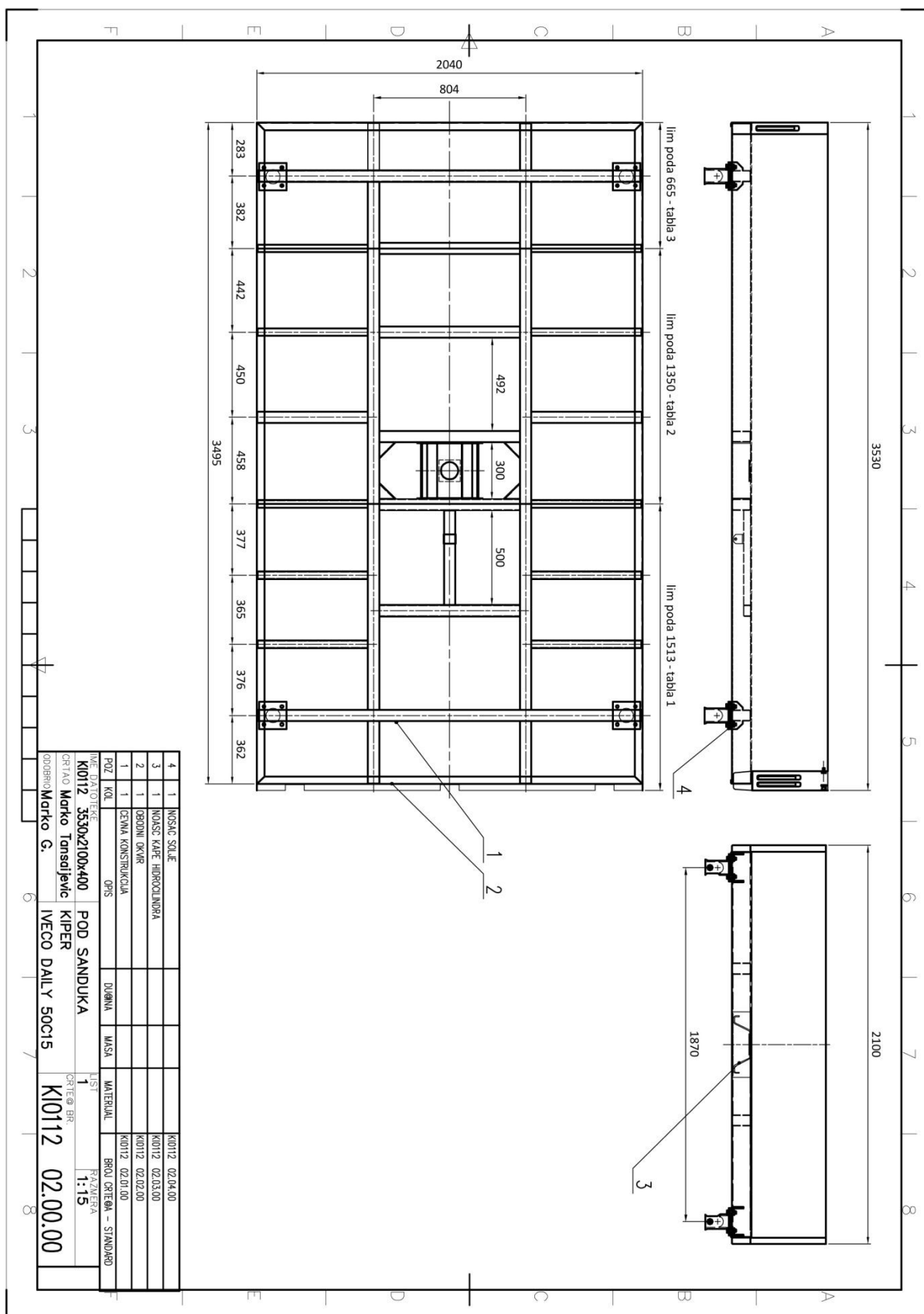
Slika 8.0 Sklopni crtez kiper sanduka



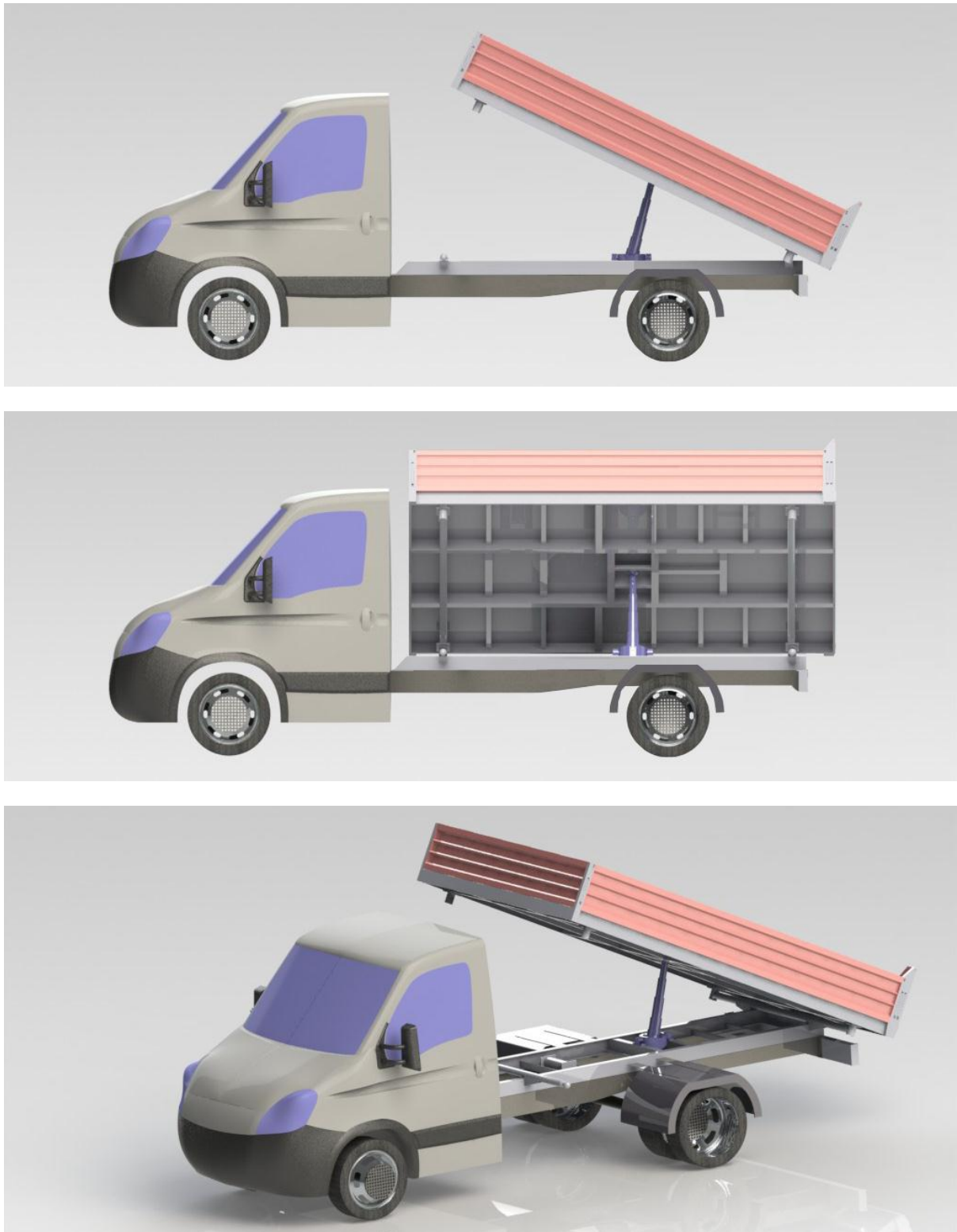
Slika 8.1 Sklopni crtez kiper sanduka u radnim položajima



Slika 8.2 Sklopni crtez pomoćnog rama kiper sanduka



Slika 8.3 Sklopni crtez poda kiper sanduka



Slika 8.4 3D prikaz kiper sanduka

9.0 Zaključak

Hidrauličnih komponente u kamionskoj industriji imaju izuzetno važnu ulogu i njihova primena u kiperskim nadogradnjama je odličan pokazatelj kako se određena potreba u svakodnevnom životu i radu, a to je transport i premeštaj rastresitog materijala obavlja pomoću jednog hidrauličnog sistema.

Danas se u svetu ulažu velika sredstva u razvoj i usavršavanje transportnih uređaja. Razlozi za to leže u potrebi da transportna sredstva budu što manje mase kako bi korisna nosivost vozila bila veća. Ovo dovodi u direktnu vezu sa potrošnjom goriva i emisijom štetnih gasova koja se na ovaj način smanjuje. Buduća transportna sredstva će biti više okrenuta ka upotrebi lakih ekoloških materijala koji će moći da se uspešno recikliraju što se može videti i na slici 9.0 na kojoj je prikazana studija futurističkog kiper kompanije ISUZU na sajmu kamiona u Hanoveru 2010. godine.



Slika 9.0 Futuristički model kiper sanduka kompanije ISUZU

10.0 Literatura

- [1] Prof.Dr. Dušan Gordić: Elektrohidraulične komponente i sistemi SAU, 2003.
- [2] Rade Mirković: Hidraulika – Uvod sa primerima upravljanja, 2003.
- [3] Fitch E.C. Hong I. T.: Hydraulic Component Design and Selection, 1998.
- [4] T.M. Bašta: Mašinska hidraulika, Mašinski fakultet Beograd, 1990.
- [5] Merritt E. Herbert: Hydraulic Control System, John Wiley & Sons, New York, 1967.
- [6] Prof.Dr. Dušan Gordić: Prenos snage fluidom - hidraulika, 2007.
- [7] Korbar R.: Pneumatika i hidraulika, 2007.
- [8] <http://www.omfb.it>
- [9] <http://www.bezares.com>
- [10] <http://www.hydrocar.com>
- [11] <http://www.stonehydraulics.com>
- [12] <http://www.hetacfluidpower.com>
- [13] <http://www.politek.rs>
- [14] <http://www.daf.com>, Bodybuilder guide
- [15] <http://www.iveco.com>, Bodybuilder guide
- [16] <http://www.haldex.com>
- [17] <http://www.cantoni.it>
- [18] <http://www.eurowindgroup.com>