

Mobilna hidraulika za komunalna vozila

Rupčić, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:458111>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

**MOBILNA HIDRAULIKA ZA
KOMUNALNA VOZILA**

Završni rad br. 17/MEH/2020.

Karlo Rupčić

Bjelovar, srpanj 2020.



Veleučilište u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Rupčić Karlo**

Datum: 14.09.2020.

Matični broj: 001769

JMBAG: 0314017244

Kolegij: **PNEUMATIKA I HIDRAULIKA**

Naslov rada (tema): **Mobilna hidraulika za komunalna vozila**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Hidraulika**

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. dr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., mentor
3. Danijel Radočaj, mag.inž.meh., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 17/MEH/2020

U radu je potrebno:

- opisati mobilnu komunalnu hidrauliku koja se spaja na kamione i traktore, za potrebe održavanja cesta u zimskim uvjetima
- konstruirati priključke koji se spajaju na komunalna vozila
- razraditi hidraulične sheme za priključke snježih plugova, posipača soli i drugih
- simulirati rad sustava u programu FluidSIM-H
- napraviti tehničku dokumentaciju
- opisati rad sustava

Zadatak uručen: 14.09.2020.

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**



Zahvala

Veliku zahvalnost ovim putem želim iskazati mentoru, Tomislavu Pavlicu mag.ing.mech., kao i firmi Rasco d.o.o. koja mi je omogućila stručnu praksu i proučavanje teme završnog rada.

Također, zahvaljujem se svim svojim profesorima na Veleučilištu, kolegama i kolegicama, prijateljima i prijateljicama koji su bili uz mene tijekom mojeg obrazovanja.

Posebno i Veliko hvala iskazujem svojim roditeljima Tomislavu i Mariji, te bratu Mateu, ujaku Darku i cijeloj svojoj obitelji koja me je podržavala i pružala oslonac, te bez kojih ovo postignuće ne bi bilo moguće.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. HIDRAULIČKI SUSTAV	2
2.1 Osnovni dijelovi hidrauličkog sustava	3
2.2 Izvor mehaničke energije	4
2.2.1 Hidraulička pumpa PTO	4
2.3 Spremnik radnog medija	5
2.4 Hidraulička pumpa	6
2.4.1 Projektiranje i proračun pumpe	7
2.5 Ventili	12
2.5.1 Tlačni ventil	12
2.6 Razvodnik	14
2.6.1 Razvodni 2/2	15
2.6.2 Razvodnik 3/2	15
2.6.3 Razvodnik 4/3	16
2.7 Cjevovod	17
2.7.1 Strujanje	17
2.7.2 Utjecaj brzine protoka na pad tlaka	19
2.8 Hidraulički aktuatori	21
2.8.1 Hidraulički motor	21
2.8.2 Hidraulički cilindri	22
2.9 Filteri	23
2.10 Radni medij	24
3. MOBILNA HIDRAULIKA	26
3.1 Mobilna hidraulika komunalnih vozila	26
3.2 Hidraulika snježnog pluga i posipača	27
3.3 Tablica simbola, shema sustava i logička shema	29
3.4 Pult i port	32
3.5 Izbor cjevovoda, tlaka i priključaka	34
4. ZAKLJUČAK	36
5. LITERATURA	37
6. OZNAKE I KRATICE	39
7. SAŽETAK	44
8. ABSTRACT	45

1. UVOD

Riječ hidraulika svoj korijen pronalazi u grčkim riječima „*hýdōr*“ što znači voda i „*aulós*“, što znači cijev. Hidraulika je dio tehnike koja proučava i izvršava problematiku pogonske tehnike, a izvršava se pretvorbom, regulacijom, upravljanjem, te prijenosom energije radnog medija. Isto tako, hidraulika se bavi prijenosom informacija i energije putem stlačene tekućine, a glavna joj je podjela na hidrostatiku i hidrodinamiku.

Hidraulika sama po sebi ima ogromnu moć zbog velikih tlakova koje postiže i kojima upravlja. Jedan od glavnih primjera su hidraulički hidromotori i sami izvršni elementi. Upravo je to glavni razlog razvijanja mobilne hidraulike. Težnja čovjeka da u teško dostupnim mjestima ili u samom transportu dobije najveću moguću efikasnost uz kombinaciju elektronike, zakona fizike i mehanike fluida. Neizostavan je dio industrijskih postrojenja i ima veliku ulogu u čovječanstvu, pa samim time dobiva veliku pozornost u vidu razvijanja upravljačkih i izvršnih elemenata. Mobilna hidraulika svoju glavnu primjenu nalazi na zimskim službama, komunalnim i transportnim vozilima.

U ovom radu u drugom poglavlju opisan je način rada hidrauličkog sustava, te rad svakog pojedinog elementa. U trećem poglavlju opisana je tema mobilne hidraulike na komunalnim vozilima, njezin proračun, te odabir pumpe, cjevovoda, načina prihvata, upravljanje mobilnom hidraulikom na komunalnim vozilima i njezino testiranje.

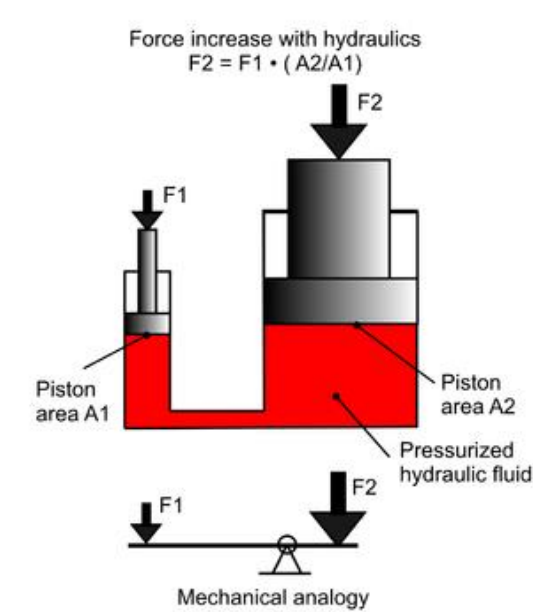
2. HIDRAULIČKI SUSTAV

Zbog posebno dobrih svojstava, hidraulički sustavi koriste se kao prijenosnici energije. Sve se zasniva na Pascalovom zakonu gdje: „tlak izazvan djelovanjem sile u nekoj točki površine tekućine širi se kroz tekućinu jednako u svim smjerovima“ [1]. Zbog te tvrdnje zakona, moguće je prenositi, podizati, pomicati sile, odnosno masu tijela tlakom fluida. Pascalov zakon prikazan je jednadžbom 2.1.

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} = \dots = \frac{F_n}{A_n} \quad (2.1)$$

U jednadžbi 2.1 oznake imaju sljedeće značenje gdje je:

- p – tlak [Pa],
- F – sila [N],
- A – površina [mm²].



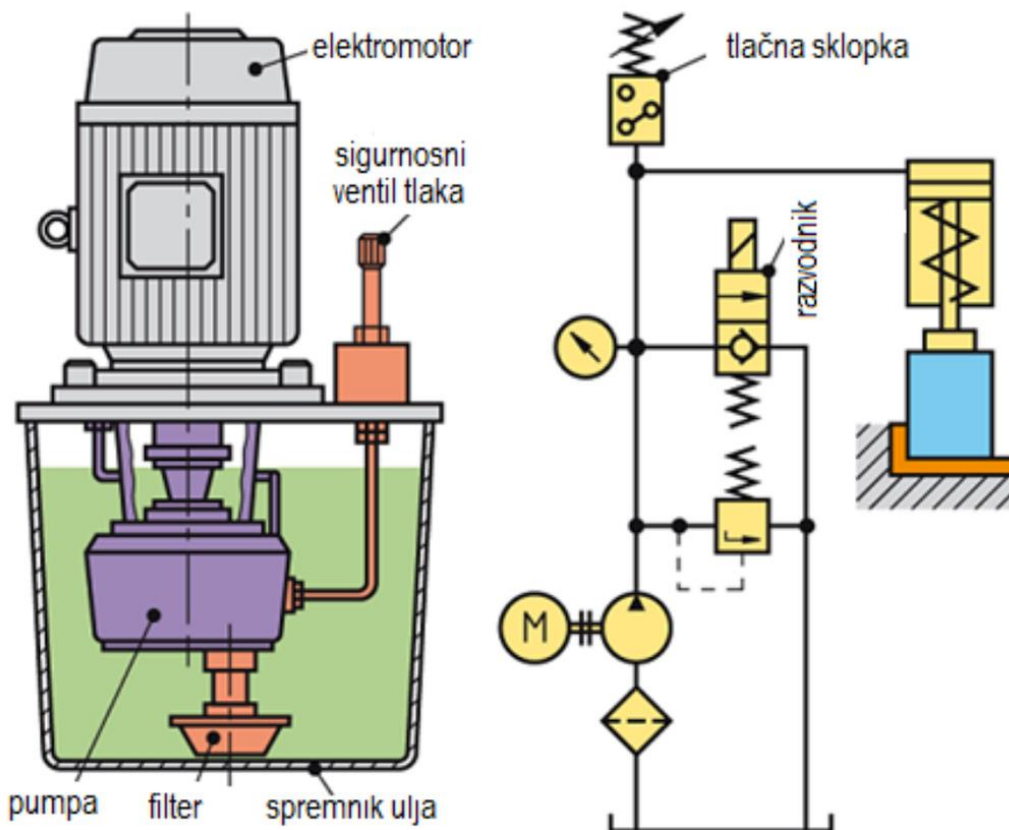
Slika 2.1: Hidrostatički prijenosnik [2]

Hidraulički sustavi rade tako da se mehanička energija pomoću pumpe pretvori u energiju fluida koja se prenosi do izvršnog člana pomoću radnog medija (najčešće hidrol ulja), gdje izvršni član pretvara energiju fluida u mehaničku energiju i obavlja koristan rad. Iz jednadžbe 2.1 i slike 2.1, moguće je zaključiti da sustav ima dva otvora različite površine. Iz jednadžbe 2.1 vidljivo je da se djelovanjem sile na manji klip ostvaruje n puta veća sila na većem klip.

2.1 Osnovni dijelovi hidrauličkog sustava

Na slici 2.2 prikazan je hidraulički sustav, a osnovni dijelovi hidrauličkog sustava su [3]:

- Izvor mehaničke energije (elektromotor, Dizel ili Otto motor),
- Spremnik radnog medija,
- Hidraulička pumpa,
- Ventili i razvodnici,
- Cjevovod,
- Aktuatori (cilindri ili hidraulički motori),
- Filtri,
- Radni medij,
- Mjerni uređaji (manometar).



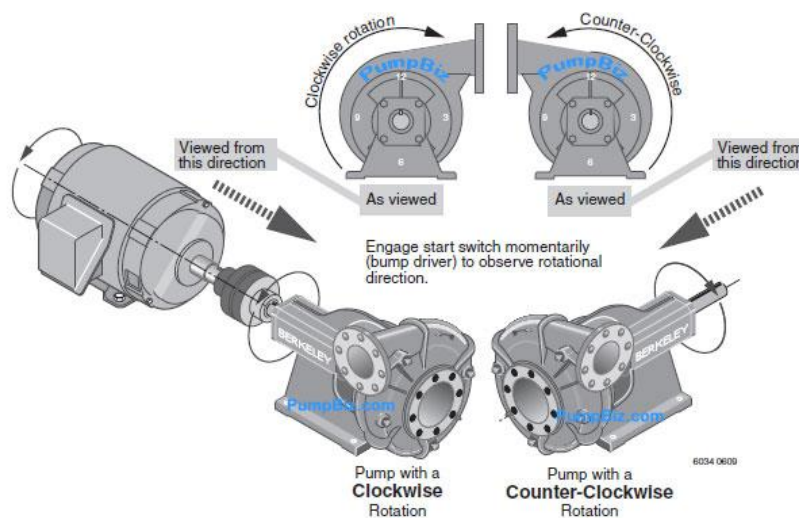
Slika 2.2: Hidraulički pogon s upravljačkom shemom [4]

2.2 Izvor mehaničke energije

Kao izvor mehaničke energije u hidrauličkom sustavu može se koristiti elektromotor, Dizel ili Otto motor. U mobilnoj hidraulici za pogon sustava koristi se PTO (eng. *Power take off*) komunalnog ili transportnog vozila. PTO je pumpa koja je povezana s motorom vozila tj. pogoni ju „getriba“ koja je povezana na motor vozila, a ona se dalje preko kardanskog prijenosa povezuje na hidrauličku pumpu. Kod povezivanja hidrauličke pumpe sustava i PTO pumpe, potrebno je izraditi proračun, provjeriti prijenosni omjer, smjer vrtnje, te način povezivanja.

2.2.1 Hidraulička pumpa PTO

PTO je hidraulička pumpa koja preko „getriba“ povezana na Dizel motor vozila. Prijenosni omjer PTO pumpe je oko 1, što znači za jedan okretaj motora, jednom se okrene PTO pumpa. Prilikom upravljanja komunalnog vozila, potrebno je usporiti na brzinu od približno 30 km/h kako bi se PTO pumpa mogla pokrenuti. Prilikom pokretanja PTO pumpe pokreće se i pumpa posipača koju je potrebno prethodno proračunati i dimenzionirati za svako vozilo. Svaka pumpa ima svoj krug komunalne hidraulike KH 1 za snježni plug i KH 2 za sustav posipanja. Za svaki taj krug KH dozvoljena je maksimalna brzina od 40 km/h kako bi se sačuvala pumpa posipača, tj. PTO pumpa, te kako bi se osigurala najbolja slika posipanja koja je prethodno dimenzionirana za takve uvjete rada. Na slici 2.3 prikazana je PTO pumpa.



Slika 2.3: Prikaz hidrauličke pumpe PTO [5]

Pošto je PTO pumpa povezana na motor, prilikom uključanja uključuje se i pumpa KH sustava što rezultira protjecanjem fluida kroz sustav. Zbog sila trenja nastalog prilikom protjecanja fluida dolazi do zagrijavanja radnog medija što rezultira i pad tlaka u sustavu. Zbog toga se na komunalnim vozilima mora dodatno ugraditi i sustav hlađenja. Najčešće se za hlađenje komunalnih vozila koristi ventilator, dok kod vozila zimske službe to nije problem iz razloga što se ulje hladi vanjskom temperaturom, a ona je u to vrijeme najčešće oko 0 °C ili čak i ispod 0 °C.

2.3 Spremnik radnog medija

Metalna posuda kojoj je glavna uloga pohrana ulja, a uz to služi i za hlađenje, te filtriranje radnog medija. Preporučeno je uvijek držati radni medij unutar spremnika kako ne bi počeo korodirati. Jednadžba za proračun spremnika ulja 2.2 zasniva se na zbroju protoka pumpe KH 1 i KH 2, te toleranciji od 10%. Izgled spremnika radnog medija prikazan je na slici 2.4 .

$$2 \times (Q_1 + Q_2) + 10\% \quad (2.2)$$

Gdje je:

- Q_1 – Protok prvog kruga pumpe [l/min],
- Q_2 – Protok drugog kruga pumpe [l/min].




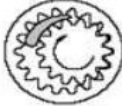
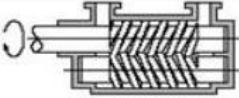
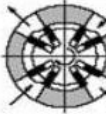
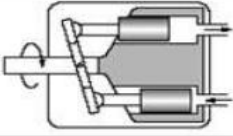

Slika 2.4: Spremnik radnog medija [6]

2.4 Hidraulička pumpa

Neizostavan dio u hidrauličkim sustavima su pumpe. Pumpe su pasivni elementi kojima je potrebna vanjska energija, a u mobilnoj hidraulici za pogon pumpi koriste se dizel motor, kako bi mehaničku energiju pretvorili u energiju radnog fluida [7]. Vrste pumpi prikazane su slikom 2.5.

Hidrauličke pumpe prema konstrukciji dijele se na [8]:

- Zupčaste:
 - S vanjskim ozubljenjem,
 - S unutarnjim ozubljenjem,
 - Prstenasta,
 - Vijčana.
- Lamelaste:
 - Tlak iznutra,
 - Tlak izvana.
- Klipne:
 - Radijalne,
 - Aksijalne.

	Izvedba	Raspon brzina [o/min]	Istisnuti obujam [cm ³]	Nominalni tlak [bar]	Ukupna djelotvornost
	Zupčasta crpka s vanjskim ozubljenjem	500 - 3500	1,2 - 250	63 - 160	0,8 - 0,91
	Zupčasta crpka s unutrašnjim ozubljenjem	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0,8 - 0,91
	Vijčana crpka	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0,7 - 0,84
	Krilna crpka	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0,8 - 0,93
	Aksijalna klipna crpka	... - 3000	100	200	0,8 - 0,92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 250	0,82 - 0,92
	Radijalna klipna crpka	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0,90

Slika 2.5: Vrste hidrauličkih pumpi [8]

2.4.1 Projektiranje i proračun pumpe

Za vozilo zimske službe na koje je potrebno ugraditi posipač i snježni plug projektirana je zupčasta pumpa (pumpa stalnog protoka) koja mora zadovoljavati norme dvokružne hidraulike. Vozilo zimske službe na sebi ima PTO pumpu tipa N7M OM936, prijenosni omjer 1.07, te se vrti u smjeru kazaljke na satu. Stoga je iz Parkerovog kataloga odabrana pumpa PGP 511 B 0230 A S2 D3 N J7J5 S 511 A 0110 J7J5. Karakteristike pumpe prikazane su na slici 2.6 .

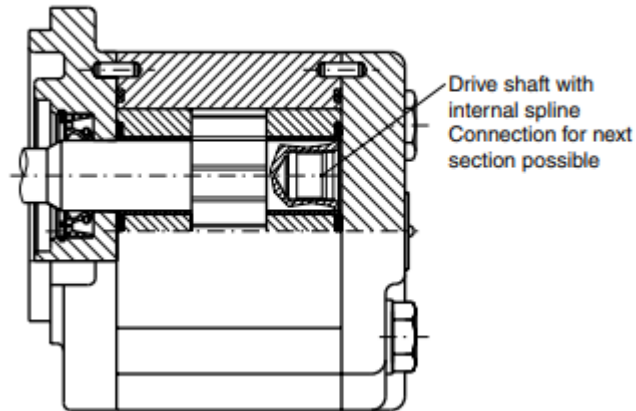
Characteristics

Pump type	Heavy-duty, aluminium, external gear.	Fluid viscosity	Range of operating viscosity 8 to 1000 mm ² /s (511 & 517) 20 to 1000 mm ² /s (502 & 505) Max. permissible operating pressure dependent on viscosity. Viscosity range for cold start 1000 to 2000 mm ² /s at operating pressure p≤10 bar and speed n ≤1500 rpm.
Mounting	SAE, rectangular, thru-bolt standard specials on request.	Range of ambient temperature	-40 °C to +70 °C
Ports	SAE and metric split flanges and others	Filtration	According to ISO 4406 Cl. 19/17/13
Shaft style	SAE splined, keyed, tapered, cylindrical tang drive, specials on request	Direction of rotation (looking at the drive shaft)	Clockwise, counter-clockwise or double. Attention! Drive pump only in indicated direction of rotation.
Speed	500 - 5000 rpm, see Technical Data	Multiple pump assemblies	<ul style="list-style-type: none"> Available in two or three section the limitations shown in the shaft loading rating table in this catalogue. Max. load is determined by adding the torque values for each pumping section that will be simultaneously loaded.
Theor. displacement	See Technical Data	Separate or common inlet capability	Separate inlet configuration: <ul style="list-style-type: none"> Each gear housing has individual inlet and outlet ports. Common inlet configuration: <ul style="list-style-type: none"> Two gear sets share a common inlet.
Drive	Drive direct with flexible coupling is recommended.		
Axial / Radial load	Units subject to axial or radial loads must be specified with an outboard bearing.		
Inlet pressure	Operating range 0.8 to 2 bar abs. Min. inlet pressure 0.5 bar abs. Short time without load. Consultation is recommended.		
Outlet pressure	See Technical Data		
Pressure rising rate	Max. 3000 bar/s		
Flow velocity	See Nomograph for Pipe Velocity		
Hydraulic fluids	Hydraulic oil HLP, DIN 51524-2		
Fluid temperature	Range of operating temperature -15 to +80 °C. Max. permissible operating pressure dependent on fluid temperature. Temperature for cold start -20 to -15 °C at speed ≤ 1500 rpm. Max. permissible operating pressure dependent on fluid temperature.		

Slika 2.6: Karakteristike pumpe [9]

PG je kratica koja označava dizajn zubaca u pumpi, dok iduće slovo P označava tip, odnosno da se radi o pumpi. Oznaka 511 govori da se radi o pumpi s 12 zubaca, optimiziranog protoka sa smanjenim pulsiranjem tlaka i izuzetno tihog načina rada. Na slici 2.7 prikazan je presjek pumpe PGP 511.

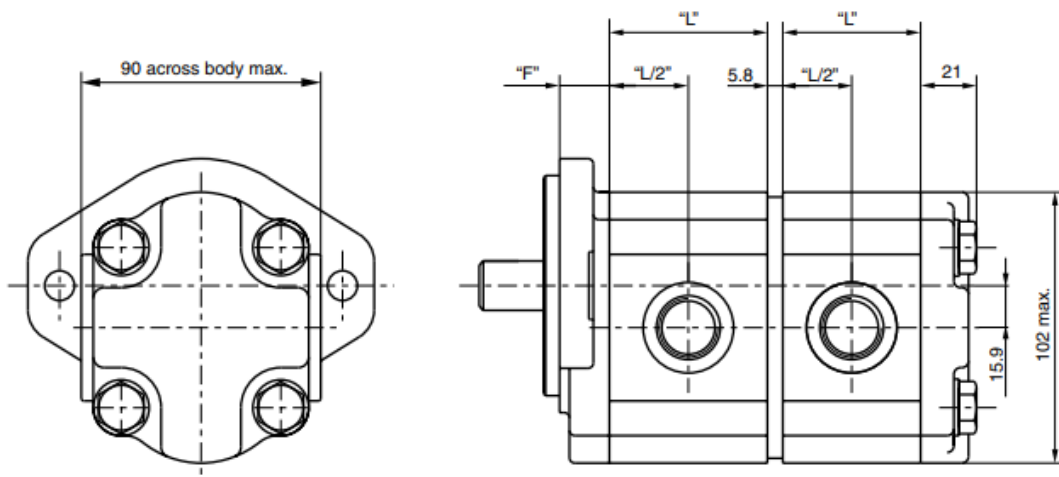
Distributor Unit PGP 511



Slika 2.7: Presjek pumpe PGP 511 [9]

Iduća oznaka B govori kako se radi o pumpi s dvije radne jedinice, te je prikazana slikom 2.8.

Tandem Unit PGP/PGM 511



Slika 2.8: Nacrt i bokocrt pumpe PGP 511 [9]

Oznaka 0230 i 0110 govori kako se radi o zapremnini pumpe 23 cm³/okr, odnosno 11 cm³/okr, koji se množi sa brojem okretaja PTO pumpe kako bi se dobio zahtijevani protok, te je prikazan slikom 2.9.

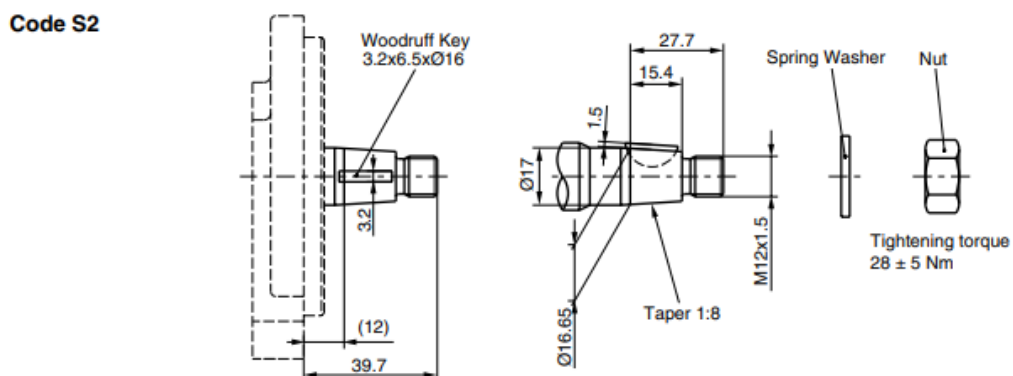
PGP/PGM 511 Specification - Standard Displacements

Pump Displacement	Code	0060	0080	0100	0110	0140	0160	0190	0230	0270	0330
	cm ³ /rev	6.0	8.0	10.0	11.0	14.0	16.0	19.0	23.0	27.0	33.0
Max. Continuous Pressure	bar	250	250	250	250	250	250	250	225	190	155
Minimum Speed @ 0 Inlet & Max. outlet pressure	rpm	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Maximum Speed @ 0 Inlet & Max. outlet pressure	rpm	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3250	2750	2350	2000
Pump Input Power @ Max. Pressure and 1500 rpm	kW	4.5	6.0	7.5	8.3	10.5	12.0	14.3	14.7	14.9	17.3
Dimension "L"	mm	50.1	53.3	56.5	58.0	62.8	65.9	70.6	76.9	83.2	92.6
Approximate Weight ¹⁾	kg	3.40	3.47	3.55	3.57	3.71	3.79	3.91	4.06	4.21	4.45

¹⁾ Single pump with Flange Q1 and Port end cover B1

Slika 2.9: Izbor zapremnine pumpe PGP 511 [9]

Slovo A u oznaci govori smjer rotacije pumpe (suprotno od smjera kazaljke na satu), a pošto se PTO pumpa vrti u smjeru kazaljke na satu, pumpa KH mora se vrtjeti suprotno od smjera kazaljke na satu. S2 govori kako se radi o osovini promjera Ø16.65 mm, M12x1.5 koja je prikazana na slikama 2.10, a na slici 2.11 vidljiv je dozvoljeni moment koji osovina može podnijeti.



Slika 2.10: Nacrt osovine Ø16.65 mm [9]

PGP/PGM 511 - Shaft Load Capacity

Code	Description	Torque Rating [Nm]
A1	9T, 16/32DP, 32L, SAE"A" spline	86
C1	11T, 16/32DP, 38.2L, SAE 19-4 spline	166
F5	B8x32x36 DIN ISO 14 (similar to DIN 5462) spline	166
K1	Ø15.88, 4.0 KEY, no thread, 32L, SAE"A" parallel	75
L6	Ø19.05, 4.8 KEY, no thread, 32L, SAE 19-1 parallel	145
S1	Ø17.0, 7.7L, 3.0 KEY, M12x1.5 taper 1:5	193
S2	Ø16.65, 12.0L, 3.2 KEY, M12x1.5 taper 1:8	198
S8	Ø20, 9.4L, 4.0 KEY, M14x1.5 taper 1:5	110
V5	8x6.5 short shaft tang drive	60
	Multiple pump connection shaft	110

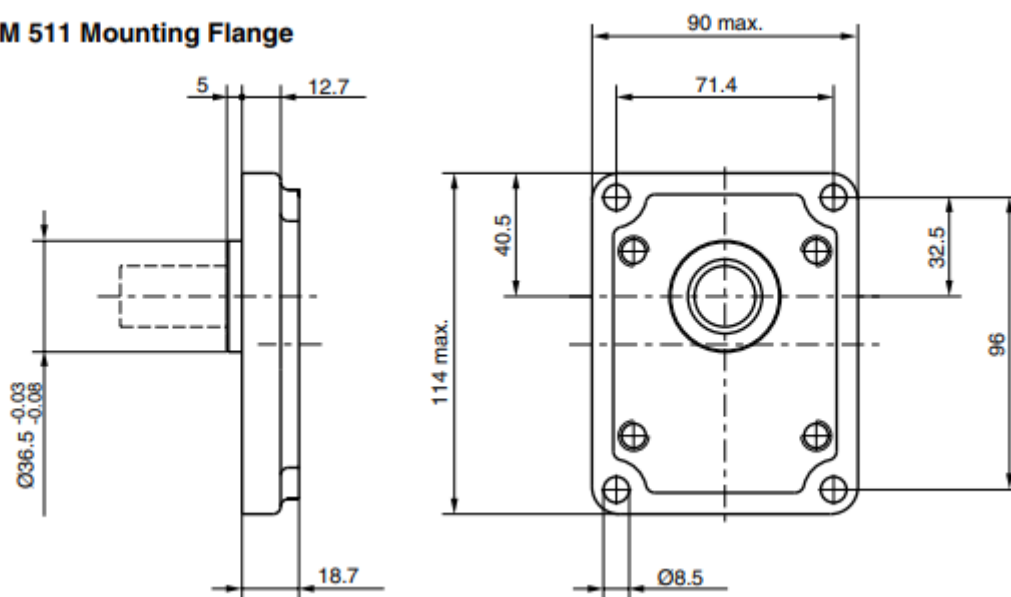
$$\text{Torque [Nm]} = \frac{\text{Displacement [cm}^3\text{/rev]} \times \text{Pressure [bar]}}{57.2}$$

Slika 2.11: Dozvoljeni moment za osovine S2 Ø16.65 mm [9]

D3 je oznaka prihvata pumpe 71.4 x 96 mm i unutarnjeg promjera Ø36 mm. Oznaka N govori o vrsti čelika u osovini (NBR). Oznaka D3 prikazana je slikom 2.12.

PGP/PGM 511 Mounting Flange

Code D3



Slika 2.12: Nacrt i bokocrt prihvata pumpe [8]

Oznaka J7J5 govori o veličini usisnog i tlačnog prednjeg i stražnjeg dovoda, odnosno odvoda. Dimenzije usisa 20 mm - Ø40 mm - M6 kocka, dimenzija tlačnog dijela 15 mm - Ø35 mm - M6 kocka. Iduća oznaka S govorio o odvojenom usisnom spoju. Oznaka A označava kako nema slijedeće radne jedinice. Oznaka J7J5 govori kako o veličini usisnog i tlačnog voda. Zupčasta pumpa može konstantno davati 250 bar.

Pri izradu proračuna za potrebnu zapremninu pumpi prema zahtjevima norme za dvokružnu hidrauliku korištene su jednadžbe 2.3, 2.4 i 2.5.

$$n_{75\%} = n_n \times 75\% \quad (2.3)$$

$$2200 \times 75\% = 1650 \text{ okr}^{-1}$$

$$n_{PTO} = i \times n_m \quad (2.4)$$

$$n_{PTO} = 1.07 \times 1650 = 1765.6 \text{ okr}^{-1}$$

Protok pumpe pri 1765.6 okr^{-1} , $V_1 = 23 \text{ cm}^3/\text{okr}$, $V_2 = 11 \text{ cm}^3/\text{okr}$

$$Q_1 = n_{PTO} \times V_1 \quad (2.5)$$

$$Q_1 = 40.608 \text{ l/min}$$

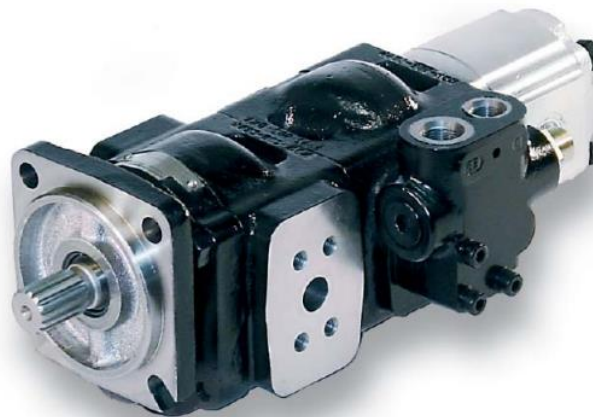
$$Q_2 = n_{PTO} \times V_2$$

$$Q_2 = 19.422 \text{ l/min}$$

Oznake u jednadžbama 2.3, 2.4 i 2.5 imaju slijedeće značenje:

- $n_{75\%}$ – 75% od nazivnog broja okretaja [okr^{-1}]
- n_n – nazivni broj okretaja [okr^{-1}]
- n_{PTO} – broj okretaja PTO pumpe [okr^{-1}]
- i – prijenosni omjer PTO pumpe
- n_m – broj okretaja motora [okr^{-1}]
- V – volumen pumpe [cm^3/okr]
- Q – protok pumpe [l/min]

Prema proračunu ove dvije pumpe zadovoljavaju zahtjeve koji su navedeni u normi. Za pogon prvog kruga potrebno je $40 \pm 5 \text{ l/min}$, te za pogon drugog kruga $20 \pm 5 \text{ l/min}$. Odabrana pumpa prikazana je slikom 2.13.



Slika 2.13: Hidraulička zupčasta pumpa stalnog protoka s normama dvokružne hidraulike [9]

2.5 Ventili

Ventili su upravljački elementi koji se ugrađuju u hidraulički sustav kako bi se postigle željene vrijednosti sile ili momenta, brzine ili broja okretaja, te ostvarili željeni uvjeti rada [10]. Shodno tome, ventile koristimo za upravljanje ili regulaciju tlaka i protoka u sustavu, te zbog toga svaki ventil možemo nazvati i otpornik.

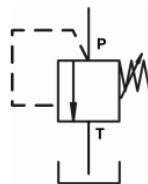
Prema namjeni ventili se dijele na [11]:

- Protočne:
 - Ventil s preklapanjem:
 - Zaporni,
 - Razvodnici.
 - Ventil bez preklapanja:
 - Regulatori protoka,
 - Prigušni ventili.
- Tlačne:
 - Ventili za ograničenje tlaka.

Važna stavka kod odabira ventila je nominalna vrijednost ventila, tj. nominalna veličina, radni tlak sustava, protok kroz ventil, te najveća količina ulja koja može proteći kroz ventil uz odgovarajuće padove tlakova.

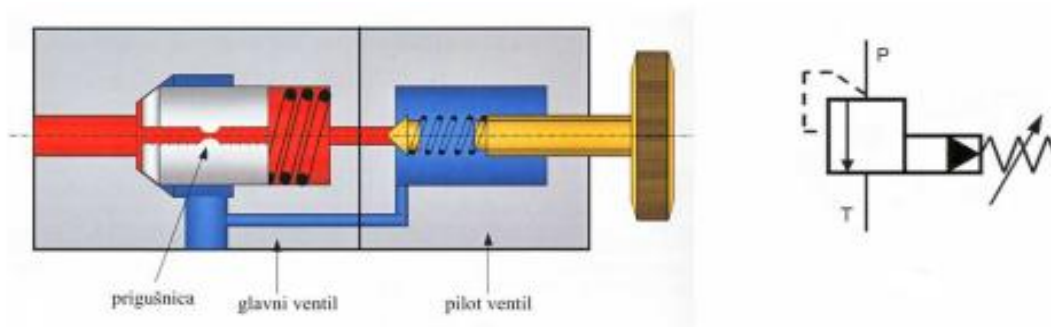
2.5.1 Tlačni ventil

Kao što i sam naziv kaže, tlačni ventili podešavaju tlak u hidrauličkom sustavu ili u dijelu njegovog podsustava. Mogu biti neposredno ili posredno upravljani, te prema konstrukciji sa sjedištem ili klizni. Ventili za ograničavanje tlaka limitiraju maksimalni tlak u sustavu (ili u nekom njegovom dijelu) i na taj način efikasno štiti sustav od preopterećenja [12]. Upravo zbog svoje funkcije ograničavanja maksimalnog tlaka često se nazivaju i sigurnosni ventili. Na slici 2.14 prikazan je simbol ventila za ograničavanje tlaka.

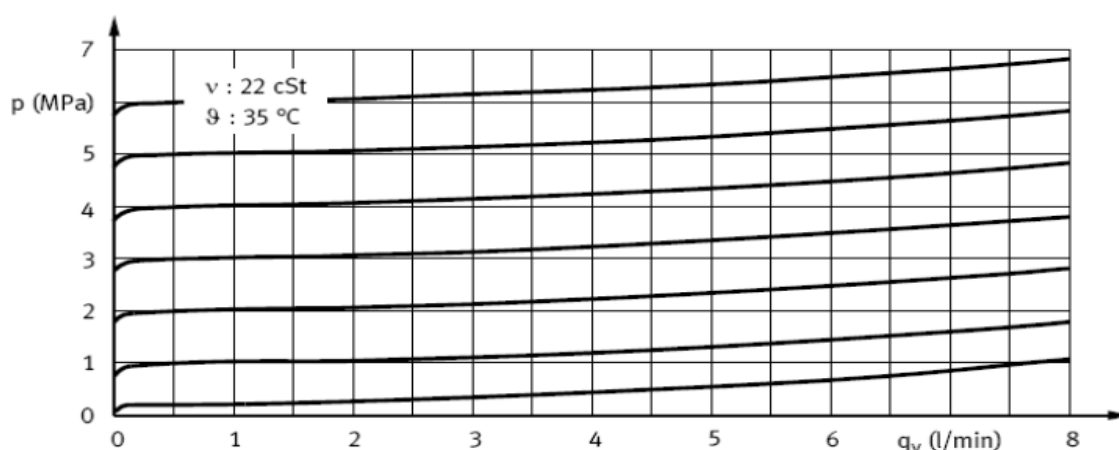


Slika 2.14: Simbol ventila za ograničavanje tlaka [13]

Ventil za rasterećenje sustava otvara se tek onda kada tlak radnog medija nadvlada namještenu silu opruge unutar ventila. Prikazan je na slici 2.15, a karakteristika ventila prikazana je na slici 2.16. Postoji posredno i neposredno upravljivi ventil za ograničavanje tlaka. Funkcija je ista u oba slučaja, ali ventil s posrednim načinom upravljanja ima ljepšu karakteristiku, tj. tlak otvaranja tog ventila manje ovisi o protoku kroz ventil. Međutim, ventili s neposrednim načinom upravljanja imaju češću i poželjniju primjenu zbog svojeg brzog odziva, što se poželjno u sustavima koji imaju tlačne „peakove“¹, tj. impulsne skokove tlaka. Porastom tlaka u sustavu otvara se stožac u pilot ventilu. Njegovim otvaranjem pada tlak u glavnom ventilu, te glavni ventil propušta radni medij i pomiče se u desno. Uloga opruge na klipu ventila je prigušenje toka radnog medija, odnosno njegov „mekani“ polazak koji osigurava radni vijek ventila.



Slika 2.15: Simbol i shema rada posredno upravljivog ventila za rasterećenje sustava [14]



Slika 2.16: p/q karakteristika ventila za rasterećenje sustava [15]

¹ „Peakovi“, izvedenica od eng. riječi „peak“ što znači vrh, impuls

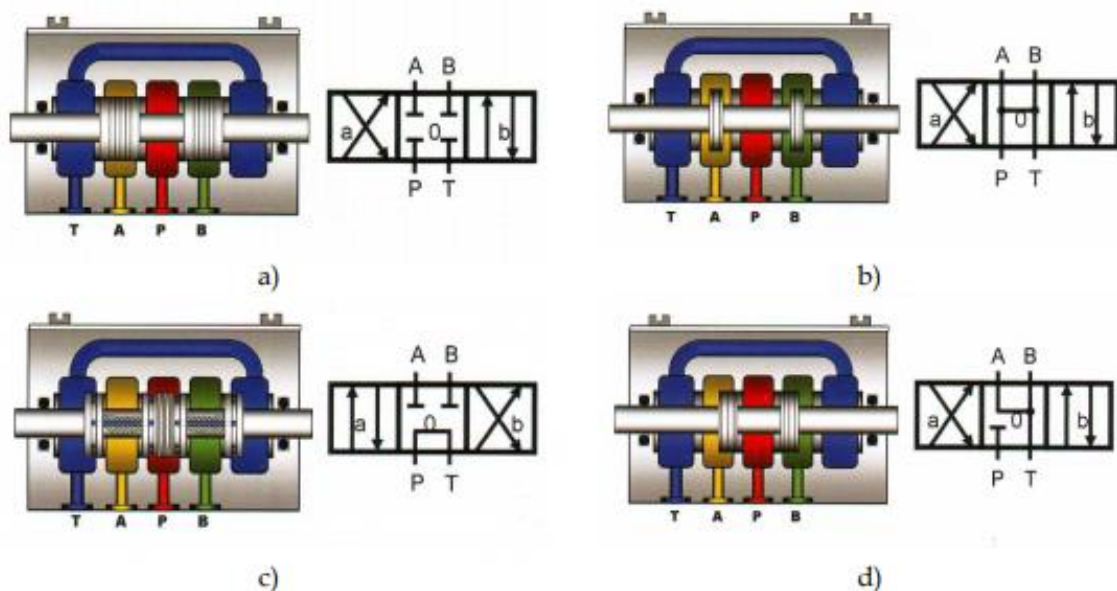
2.6 Razvodnik

Razvodnici su ventili koji propuštaju, zatvaraju i usmjeravaju tok radnog medija [16]. Označavaju se brojem priključaka i brojem razvodnih položaja. Priključci se označavaju slovima P kao tlačni vod, T kao drenažni vod A i B kao radni priključci, te L kao „leaking“ priključak. Tip razvodnika određen je brojem priključaka, razvodnih položaja, načinom aktivacije i veličinom priključaka, dok konstrukcijski razvodnici mogu biti klipni, sa sjedištem ili pločasti.

Prilikom odabira razvodnika potrebno je obratiti pozornost i na njegovo preklapanje koje može biti pozitivno, negativno ili nulto. Isto tako kod razvodnika s tri razvodna položaja uvelike treba obratiti pozornost na karakteristike središnje pozicije. Upravo središnja pozicija omogućava specifična rješenja hidrauličkih kruga.

Središnje pozicije razvodnika prikazane su na slici 2.17, a oznake na slici označavanju sljedeće središnje pozicije [17]:

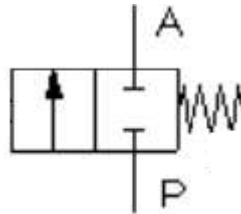
- Zatvoreni centar (a),
- Otvoreni centar (b),
- Tandem centar (c),
- Plivajući centar (d).



Slika 2.17: Srednji položaj razvodnika [17]

2.6.1 Razvodni 2/2

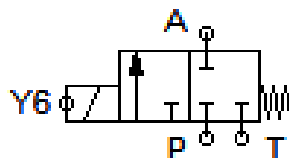
Razvodnik 2/2 poznat još pod nazivom razvodni prekidač, a razvodni osigurač i/ili *By-pass*². Razvodnik koji ima dva razvodna položaja i dva priključka naziva se logički monostabil, a prikazan je na slici 2.18. Uloga mu je uključivanje, odnosno isključivanje daljnjih elemenata tj. u konačnici samog aktuatora. U mobilnom hidrauličkom sustavu ulogu pronalazi kao ventil koji služi za držanje snježnog pluga u određenom položaju. Isto tako ima ulogu *By-passa* kada nije uključena niti jedna funkcija snježnog pluga kao zaštita pumpe. Zbog svojeg aktivnog položaja, direktno je spojen na drenažu, te vraća ulje natrag u spremnik. Prilikom zadavanja bilo koje komande na upravljačkom pultu, *By-pass* se automatski gasi i aktiviraju se zavojnice razvodnika ovisno o položaju u koji želimo dovesti plug. Povrat razvodnika u početni položaj omogućen je oprugom.



Slika 2.18: Simbol 2/2 razvodnika

2.6.2 Razvodnik 3/2

Razvodnik 3/2 je osnovni konstrukcijski tip razvodnika, te iz njega proizlaze sljedeće izvedbe s više razvodnih položaja i priključaka, dok on ima tri priključka i dva razvodna položaja, a na slici 2.19 prikazan je simbol razvodnika 3/2. Razvodnik 3/2 relativno je neosjetljivi na nečistoće, te nije lako postići tlačnu ravnotežu. U komunalnoj hidraulici primjenu pronalaze kao razvodnici koji omogućavaju rasterećenje snježnog pluga, te kao ventili koji omogućavaju zakretanje snježnog pluga.

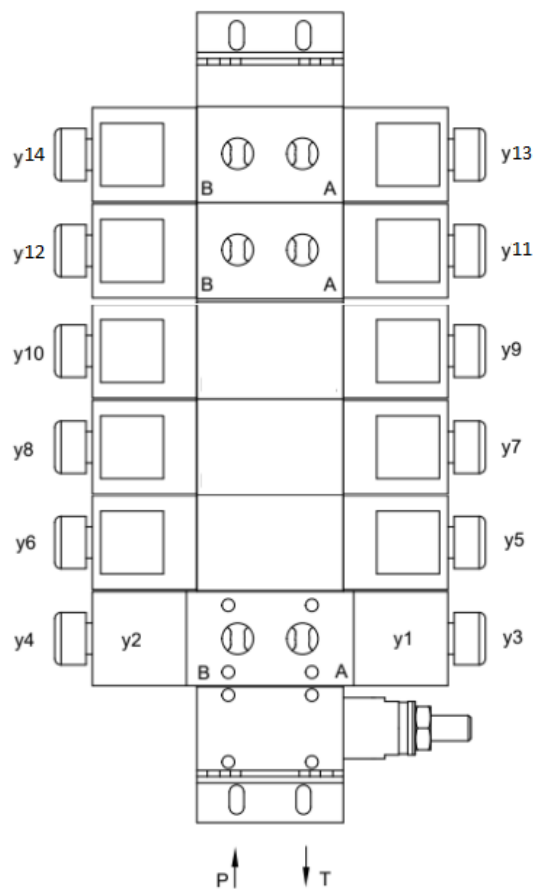


Slika 2.19: Simbol 3/2 razvodnika, elektrohidraulički monostabil

² „*By-pass*“ eng., zaobići - 2/2 razvodnik kojem je uloga krug KH kada se ne koristi

2.6.3 Razvodnik 4/3

Razvodnik 4/3 je vrsta ventila koji na sebi ima četiri priključka i tri razvodna položaja, te je logički bistabil elektromagnetski upravljani. Na slici 2.20 prikazan je razvodnik 4/3 koji se koristi u vozilima zimske službe. To je pločasti razvodnik koji se aktivira uz pomoć elektromagneta na njemu, tlačno je stabilan i potrebno je znati kakav srednji položaj treba hidrauličkom sustavu. Stoga, u vozilima zimske službe za upravljanje snježnim plugom koristimo plivajući centar kod podizanja i spuštanja kako bi oslobodili *Check* ventile od nepotrebnog držanja pod tlakom, odnosno zbog plivajućeg načina rada snježnog pluga. Plivajući centar omogućava funkcija plivajućeg položaja, tj. plivanje pluga po cesti koje nastaje zbog njegove mase, a štiti cijeli hidraulički sustav prilikom naleta na neku zapreku na cesti kao što su graba, ležeći policajac, udubljenje na cesti i drugo. Kako bi plug prilikom naleta nastavio plivati po neravnoj površini i potisnuo dio ulja natrag u spremnik, a kada se plug ponovno spusti omogućuje mu da vrati dio ulja koji ga drži u tom položaju. Drugi srednji položaj koji se koristi je zatvoreni centar kod zakretanja pluga, te održava stalni zakretni položaj pluga.



Slika 2.20: Razvodnik 4/3 u vozilima zimske službe

2.7 Cjevovod

Cjevovod je sustav cijevi koji služi za prijenos radnog medija od spremnika preko pumpe, ventila i razvodnika do izvršnog člana. Da bi se cjevovod sustava mogao skrojiti potrebno je izraditi proračun. Dvije stavke koje određuju promjer cijevi su tlak i protok, te dopuštena brzina strujanja. Uz to potrebno je obratiti pozornost i na gubitke nastale trenjem, otporima u cijevi i temperaturom radnog medija koji se zagrijava.

2.7.1 Strujanje

Strujanje u cijevi može biti laminarno i turbulentno. Laminarno strujanje je strujanje do 2300 Re , a turbulentno preko 11300 Re . Kod laminarnog strujanja, sile trenja između čestica veće su od sile inercije, dok kod turbulentnog strujanja, sila inercije biva veće od sila trenja. Zbog tog strujanja fluida pojavljuje se trenje u tekućini i trenje između stijenki cijevi i tekućine. Optimalna temperatura radnog medija bi bila oko 30°C, dok trenje uzrokuje zagrijavanje radnog fluida i znatno povećavanje temperature, koje se očituje padom tlaka u sustavu. Za reduciranje svih gubitaka potrebno je odrediti režime strujanja koristeći jednadžbu 2.6.

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \quad (2.6)$$

U jednadžbi 2.6 oznake imaju sljedeće značenje:

- Re – Reynoldsov broj,
- v – brzina protoka tekućine [m/s],
- d – promjer cijevi [m],
- ν – kinetička viskoznost [$\frac{m^2}{s}$].

Kritična brzina ovisi o viskoznosti hidrauličke tekućine i promjeru cijevi [18]. Zbog toga se često u praksi se primjenjuju empirijski³ dobivene vrijednosti. Brzina protoka unutar cijevi mora zadovoljavati slijedeće vrijednosti koje su opisane jednadžbom 2.7:

³ empirijski – Hrvatski jezični portal, „u skladu s iskustvom, koji je na iskustvu utemeljen, iskustven“, pristupljeno 31.07.2020.

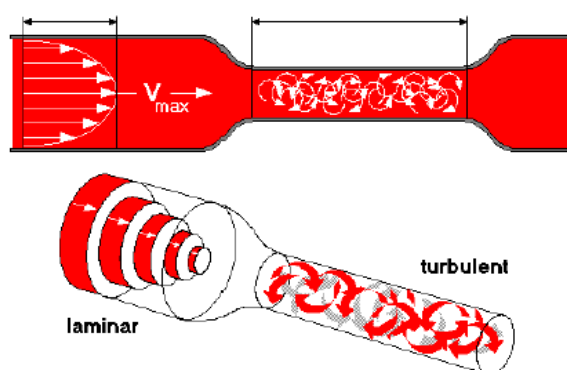
- Tlačni vod:
 - Radni tlak do 50 bar – 4.0 m/s,
 - Radni tlak do 100 bar – 4.5 m/s,
 - Radni tlak do 150 bar – 5.0 m/s,
 - Radni tlak do 200 bar – 5.5 m/s,
 - Radni tlak do 300 bar - 6.0 m/s.
- Uisni vod:
 - 1.5 m/s.
- Povratni vod:
 - 2.0 m/s.

$$V_{krit} = \frac{Re_{krit} \times v}{d} \quad (2.7)$$

U jednadžbi 2.7 oznake imaju sljedeće značenje:

- V_{krit} – Kritična brzina strujanja [m/s],
- Re_{krit} – Reynoldsov broj, kritičan,
- v – brzina [m/s].

Kako bi se spriječilo turbulentno strujanje u hidrauličkom sustavu, ne smijem prijeći Re_{krit} .
Oblici strujanja prikazani su na slici 2.21.



Slika 2.21: Režimi strujanja [18]

2.7.2 Utjecaj brzine protoka na pad tlaka

Iznos pada tlaka ovisi o unutrašnjim otporima u hidrauličkom sustavu. Brzina protoka ima najveći utjecaj na unutrašnje otpore, jer otpor raste s kvadratom brzine [19].

Otpor su ovisni o:

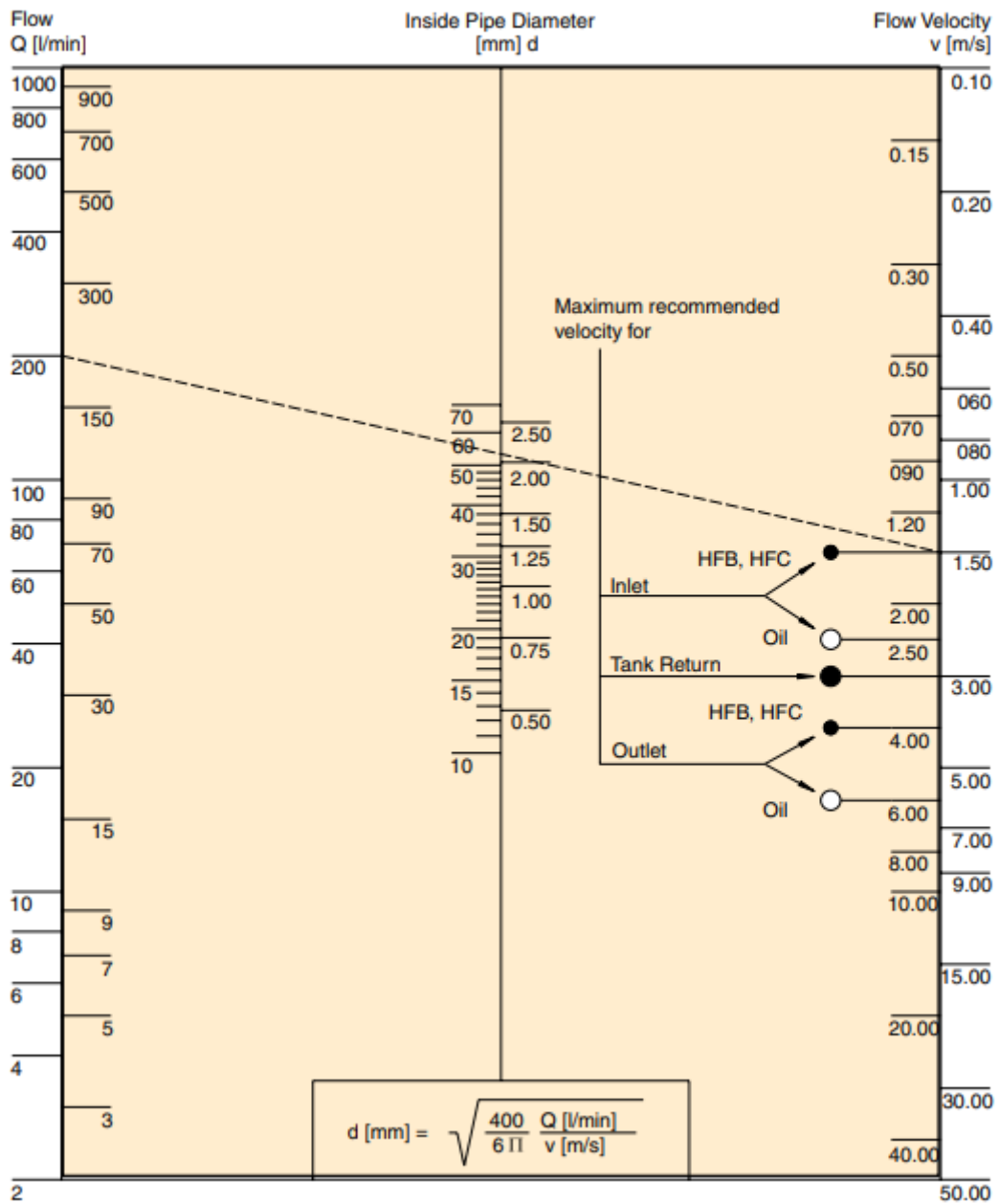
- Brzini protoka (poprečnom presjeku protoku),
- Vrsti protoka (laminarno, turbulentno),
- Vrsti i broju suženja presjeka u sustavu,
- Viskoznosti ulja (temperatura, tlak),
- Stanju površine,
- Postavljanju vodova.

$$s = \frac{D \times p}{200 \times \sigma_{dop}} \times v \quad (2.8)$$

U jednadžbi 2.8 oznake imaju sljedeće značenje:

- s – debljina stijenke [mm],
- D – vanjski promjer cijevi [mm],
- p – tlak u cijevi [bar],
- σ_{dop} – dopušteno naprezanje materijala,
- v – faktor sigurnosti [2 - 4].

Izbor promjera cjevovoda prikazan je jednadžbom 2.8 i slikom 2.22.



Slika 2.22: Određivanje promjera cijevi uz pomoć protoka i brzine strujanja [9]

2.8 Hidraulički aktuatori

U hidrauličkom sustavu izvršne članove, tj. aktuatore čine hidraulički cilindri ili hidraulički motor.

2.8.1 Hidraulički motor

Elementi koji imaju suprotno djelovanje u odnosu na hidrauličke pumpe, odnosno oni pretvaraju energiju fluida u mehanički rad nazivaju se hidraulički motori. U mobilnoj hidraulici hidraulički motori često se koriste kao pogon vozila (čistilice, viličari), dok se kod vozila zimske službe koriste za pogon tanjura za posipanje soli. Hidraulički motor prikazan je na slici 2.23.

Hidraulički motori prema konstrukciji dijele se na [20]:

- Zupčasti motore:
 - Vanjsko ozubljen,
 - Unutrašnje ozubljen,
 - Planetarno ozubljen.
- Krilni motore:
 - Tlačen iznutra,
 - Tlačen izvana.
- Klipni motore:
 - Radijalno klipni motor,
 - Aksijalno klipni motor.



Slika 2.23: Zupčasta pumpa [9]

2.8.2 Hidraulički cilindri

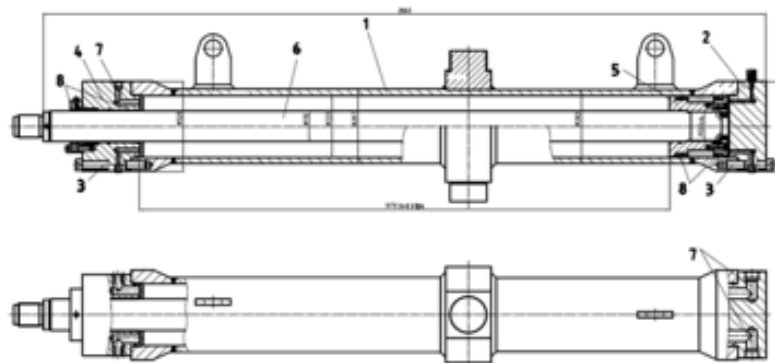
Uređaji koji energiju radnog fluida pretvaraju u translacijsko gibanje klipa nazivaju se hidraulički cilindri. U primjeru komunalnih vozila i vozila zimske službe, cilindri se koriste za podizanje i spuštanje, zakretanje lijevo i desno, te za pomicanje nagiba snježnog pluga, dok kod komunalnih vozila, najčešće za podizanje i spuštanje utovarnih rampi, te pokretanje kрана. Hidraulički cilindar prikazan je na slici 2.24.

Hidraulički cilindri prema načinu djelovanja dijele se na: [20]

- Jednoredni cilindri:
 - Povratak vanjskom silom,
 - Povratak oprugom.
- Dvoradni cilindri:
 - S jednostranom klipnjačom,
 - S prigušenjima u različitim položajima,
 - S dvostranom klipnjačom.
- Teleskopske cilindre:
 - Jednoradni,
 - Dvoradni.

Isto tako moguće je više načina učvršćenja [20]:

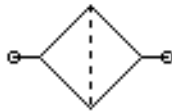
- Nožice,
- Prirubnica,
- Okretnica na podnici,
- Okretnica na poklopcu.



Slika 2.24: Nacrt i tlocrt hidrauličkog cilindra [21]

2.9 Filteri

Filteri su elementi u hidrauličkom sustavu koji omogućavaju ispravan radi i očuvanje vijeka trajanja hidrauličkog sustava, a simbol se nalazi na slici 2.26. Zbog uskih tolerancija u hidrauličkom sustavu osjetljivost na onečišćenje fluida se znatno povećava. Klasa čistoće definira se standardom ISO 4406, koji: “Definira količine čvrstih čestica u tekućini koja se koristi u danome sustavu hidrauličke tekućine“ [22]. Taj standard označava tri referentna broja (20, 17, 13) u volumenu od 100 ml fluid, te daju maksimalan broj dopuštenih čestica većih od referentnih (4, 6, 14 μm), a prikazan je slikom 2.25.



Slika 2.25: Simbol filtera

In this example, you can see how the particles measured at the given micron levels are assigned the specific code based on where that value falls in the table. For this example, the ISO code would be 20/17/13.

	PARTICLES/ML	ISO CODE
>4 microns	9,721	20
>6 microns	1,254	17
>10 microns	326	
>14 microns	73	13
>21 microns	12	
>38 microns	5	
>70 microns	0	
>100 microns	0	

MORE THAN (p/ml)	UP TO AND INCLUDING (p/ml)	ISO CODE
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8

Slika 2.26: Kod čistoće za standard ISO 4406 [22]

Uz finoću filtriranja važna stavka je i položaj filtera. Najčešće se postavlja u povratnom vodu, ali ako u sustavu postoje elementi kao što su LS (eng. *Load Sensing*) pumpe i servo ventili, mogu biti smješteni i u usisnom vodu. Međutim, u većim sustavima, taj način spajanja se izbjegava zbog stvaranja dodatnog otpora koji uzrokuje pad tlaka i kavitaciju.

2.10 Radni medij

Radni medij je osnovni element hidrauličkog sustava, osnovna uloga mu je prijenos energije od spremnika do izvršnog člana. Osim prijenosa energije uloga mu je podmazivanje, odvođenje topline, te zaštita od korozije. Upravo zbog tih uloga ispravno odabrani radni medij za svoju funkciju je vrlo važna stavka za hidraulički sustav.

Osnovna svojstva fluida su [23]:

- Gustoća,
- Viskoznost,
- Stlačivost.

Važno je napomenuti da svojstvo radnog medija uvelike ovisi o tlaku i temperaturi, stoga se tokom rada mogu uvelike mijenjati svojstva radnog medija.

Gustoća je fizikalna veličina koja opisuje svojstvo tvari i definira se kao omjer mase i volumena [24]. Gustoća je opisana jednadžbom 2.9.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.9)$$

U jednadžbi 2.9 oznake imaju sljedeće značenje:

- ρ – gustoća tvari [$\frac{kg}{m^3}$],
- m – masa tvari [kg],
- V – volumen tvari [m^3].

Gustoća kod krutih tijela i tekućina je ovisna o tlaku i temperaturi. Ovisnost o tlaku je vrlo mala, gotovo zanemariva, međutim porastom temperature gustoća tekućina se smanjuje uslijed širenje materijala.

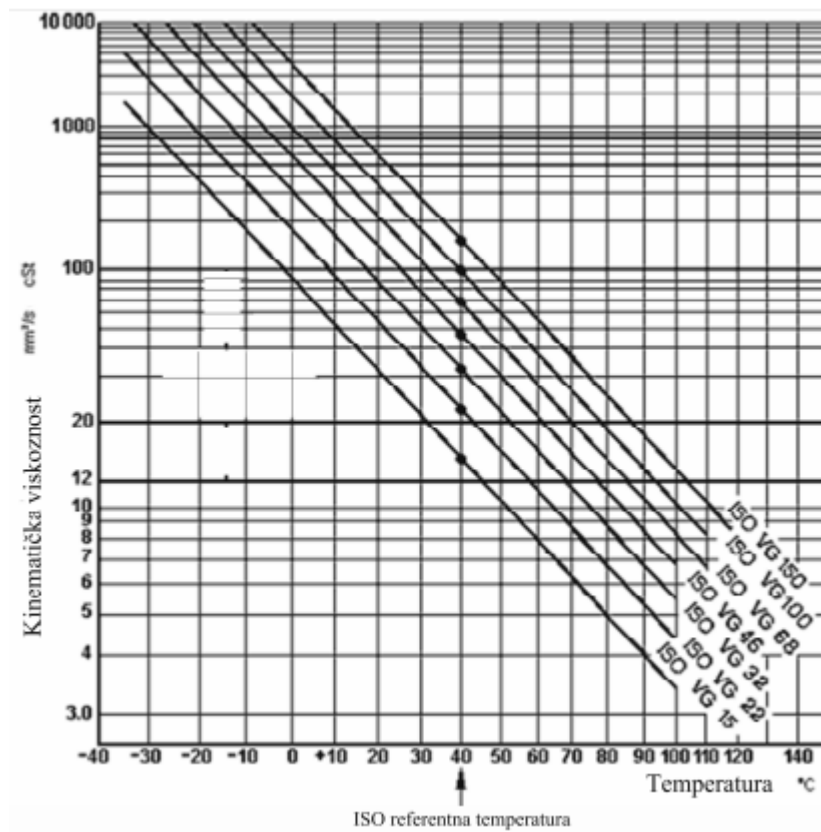
„Viskoznost je trenje nastalo pri strujanju fluida (tekućine ili plina) zbog različite brzine gibanja njegovih slojeva“ [25]. Viskoznost je opisana formulom 2.10:

$$\tau = \mu \times \frac{d\dot{x}}{dy} \quad (2.10)$$

U jednadžbi 2.10 oznake imaju sljedeće značenje:

- τ – posmično naprezanje radnog medija,
- $\frac{dx}{dy}$ – brzina kutne deformacija,
- μ – dinamička viskoznost.

Upravo ti mediji koji poštuju vezu između naprezanja i deformacije, nazivaju se „newtonski“. Većina radnih medija u hidrauličkom sustavu su „newtonski“. Viskoznost radnog medija isto tako uvelike ovisi o temperaturi i to obrnuto proporcionalno, tj. što je veća temperatura, manja je viskoznost radnog medija i prikazan je indeksom viskoznosti VI. Na slici 2.27 prikazana je ovisnost mineralnih ulja o temperaturi.



Slika 2.27: Ovisnost viskoznosti mineralnog ulja o temperaturi prema ISO normi [26]

Dakle, što je viskoznost strmija, indeks viskoznosti je veći, što je uvelike poželjno. Tipični indeks viskoznosti kod mineralnih ulja je oko 100. Najčešće se u hidraulici koriste mineralna ulja, hidrol, trenshidrol.

3. MOBILNA HIDRAULIKA

Uz sve mogućnosti hidrauličkog sustava zahvaljujući čovjeku i ljudskoj kreativnosti, omogućena je povezivanje hidrauličkog sustava s vozilima. Ubacivši tako hidrauliku u sve grane transporta, upravljanja teretom, do manipulacije radnom teških strojeva. Mobilna hidraulika uz elektro hidrauliku dolazi kao kruna i moć čovjeka. Fizičku snagu čovjeka ili životinja uz pojačanje snage od nekoliko desetaka do stotina puta, olakšava rad. Mobilna hidraulika još uvijek nije istražena do kraja i može dati svoj maksimum.

3.1 Mobilna hidraulika komunalnih vozila

Mobilna hidraulika tako pronalazi svoj put i u komunalnim vozilima kao što su čistilice, kosilice, radni strojevi, zimske službe i drugo. Na slici 3.1 prikazana je primjena mobilne hidraulike na komunalnom vozilu. Upravo zbog svoje širine omogućeno je prenositi i upravljati velikom silom na teško dostupnim mjestima. Zimske službe mobilne hidrauličke sustave koriste za upravljanje snježnim plugom i posipačem što pridonosi uvelike transportu zimi u zemljama gdje je zima i snijeg jedan od važnijih i većih problema. Snježni plugovi su uređaji koji se spajaju na vozilo bočno ili naprijed, te čiste snijeg sa ceste, dok se posipači nalaze u stražnjem dijelu vozila (ugradnja u kiper vozila „Ro-Ro“ kotačima ili vozila predviđena za čišćenje snijega) i uloga im je posipavanje smrznute ceste sa suhim, mokrim ili tekućim načinom posipanja.



Slika 3.1: Snježni plug na komunalnom vozilu [27]

3.2 Hidraulika snježnog pluga i posipača

Tlak u komunalnoj hidraulici propisan je ISO standardom i maksimalnom smije iznositi 200 bar. Stoga, za vozilo Mercedes – Benz Actros predviđen je proračun pumpe koja zadovoljava norme dvokružne hidraulike. Odabrana je pumpa proizvođača Parker i oznake PGP 511 B 0230 A S2 D3 N J7J5 S 511 A 0110 J7J5. Za PTO pumpu vozila, napravljen je proračun uz pomoć tablice sa slike 2.9 i formula 2.3, 2.4, 2.5 iz kojih se jasno vidi da odabrana pumpa zadovoljava ISO standard. Na slici 3.2 prikazana je shema sustava mobilne komunalne hidraulike koja omogućava rad snježnog pluga i posipača.

Cijeli sustav se pogoni pomoću PTO pumpe od koje prvi krug komunalne hidraulike ima volumen od $23 \text{ cm}^3/\text{okr}$, a drugi krug komunalne hidraulike ima volumen od $11 \text{ cm}^3/\text{okr}$. Prilikom brzine vozila od 33 km/h , PTO pumpa vozila se okreće brzinom od 1765 okr^{-1} , a pumpa KH u prvome krugu, posipač, postiže protok od 40.608 l/min , dok u drugom krugu, plug, postiže protok od 19.422 l/min . Tlak u sustavu prvog kruga KH je 200 bar, te je na toj vrijednosti postavljen tlačni ventili. Maksimalni tlak koji može dati pumpa za taj krug je 225 bar. Tlak u sustavu drugog kruga KH je 180 bar te je na toj vrijednosti postavljen tlačni ventil. Maksimalni tlak koji može dati pumpa za taj krug je 250 bar. Upravljanje prvim krugom KH, vrši se pomoću *By-pass 2/2* elektromagnetskog razvodnika koji je u normalnom položaju otvoren, a pritiskom tipke za posipač na upravljačkom pultu dobiva impuls i zatvara se. U vremenu kada je zatvoren vrti se tanjur posipača, te ovisno o izvedbi pužni transporter, lanci ili traka koji dovode sol na tanjur. Taj dio kruga zaštićen je tlačnim ventilom koji je namješten na 200 bar. Upravljanje drugim krugom KH isto se provodi pomoću *By-pass 2/2* elektromagnetskog razvodnika. Elektromagnetski razvodnik je u normalnom položaju otvoren, tj. u aktivnom položaju, odnosno aktivira se bilo kojom komandom pulta osim kod plivajućeg položaja kada je neaktivan.

Podizanje i spuštanje snježnog pluga provodi se pomoću komandi na upravljačkom pultu EDH 20. Prilikom guranja ručice prema gore aktivira se elektromagnet (Y1) na *By-pass* razvodniku, (Y2) na 4/3 razvodniku, aktiviraju se elektromagneti (Y4, Y5) na *Check 2/2* razvodnicima, te elektromagneti (Y13, Y14) na elektromagnetskim razvodnicima 3/2 koji omogućavaju protok ulja prema spremniku, odnosno podizanje pluga bez oštećivanja cilindra i konstrukcije pluga. Kod spuštanja pluga potrebno je ručicu na upravljačkom pultu povući dolje i aktiviraju se isti ventili osim na 4/3 razvodniku gdje se umjesto (Y2) aktivira (Y3) koji omogućava spuštanje pluga.

Zakretanje pluga u lijevu ili desnu stranu provodi se pomoću komande na upravljačkom pultu tako da ovisno o strani na koju je potrebno zakrenuti plug na istu stranu je potrebno gurnuti i ručicu. Tako guranjem ručice u lijevu stranu aktivira se elektromagnetski ventil *By-pass* razvodnika (Y1) i ventil (Y9) na 4/3 razvodniku, a plug se zakreće u lijevo. Prilikom guranja ručice u desnu stranu, aktivira se elektromagnetski ventil *By-pass* razvodnika (Y1) i ventil (Y8) na 4/3 razvodniku, a plug se zakreće u desno.


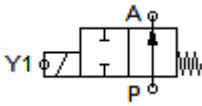
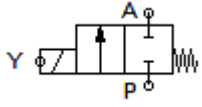
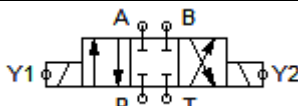
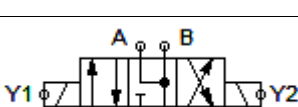
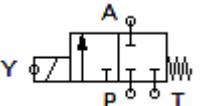
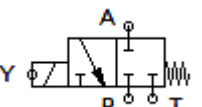
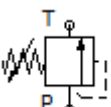

Prilikom odabira rasterećenja na upravljačkom pultu snježni plug se rastereti, odnosno oslobodi tlaka tako da se aktiviraju elektromagnetski ventili na *By-pass* 2/2 razvodniku (Y1), (Y2) na 4/3 razvodniku, *Check* ventili (Y4, Y5), 3/2 elektromagnetski razvodnik rasterećenja (Y6) i tlačni ventil koji omogućava rasterećenje pluga. Rasterećenje se provodi tako da ovisno o namještenom postotku (pomoću PWM-a na ventilu Y7) propusti ulje prema spremniku i rastereti sustav.

Plivajući položaj pluga je opcija kojom snježni plug pliva po cesti, odnosno štiti hidrauličku izvedbu i konstrukciju samog vozila kako prilikom naleta na neku neravninu na cesti (rupa, kolotrag, izbočenje, ležeći policajac) ne bih došlo do većih oštećenja. Aktivira se pritiskom na tipku upravljačkom pulta, a aktiviraju se *Check* ventili (Y4, Y5) koji zbog srednjeg položaja 4/3 razvodnika (plivajući centar) omogućuju podizanje i spuštanje pluga i otvoreni optok ulja od spremnika prema razvodniku i obratno.

Sustav isto tako ima predviđene izvode ako je potrebna nadogradnja posipača tako se aktivacijom na pultu otvaraju elektromagnetski ventili (Y10, Y11) na 4/3 razvodniku. Cijeli krug zaštićen je tlačnim ventilom koji je namješten na 180 bar.

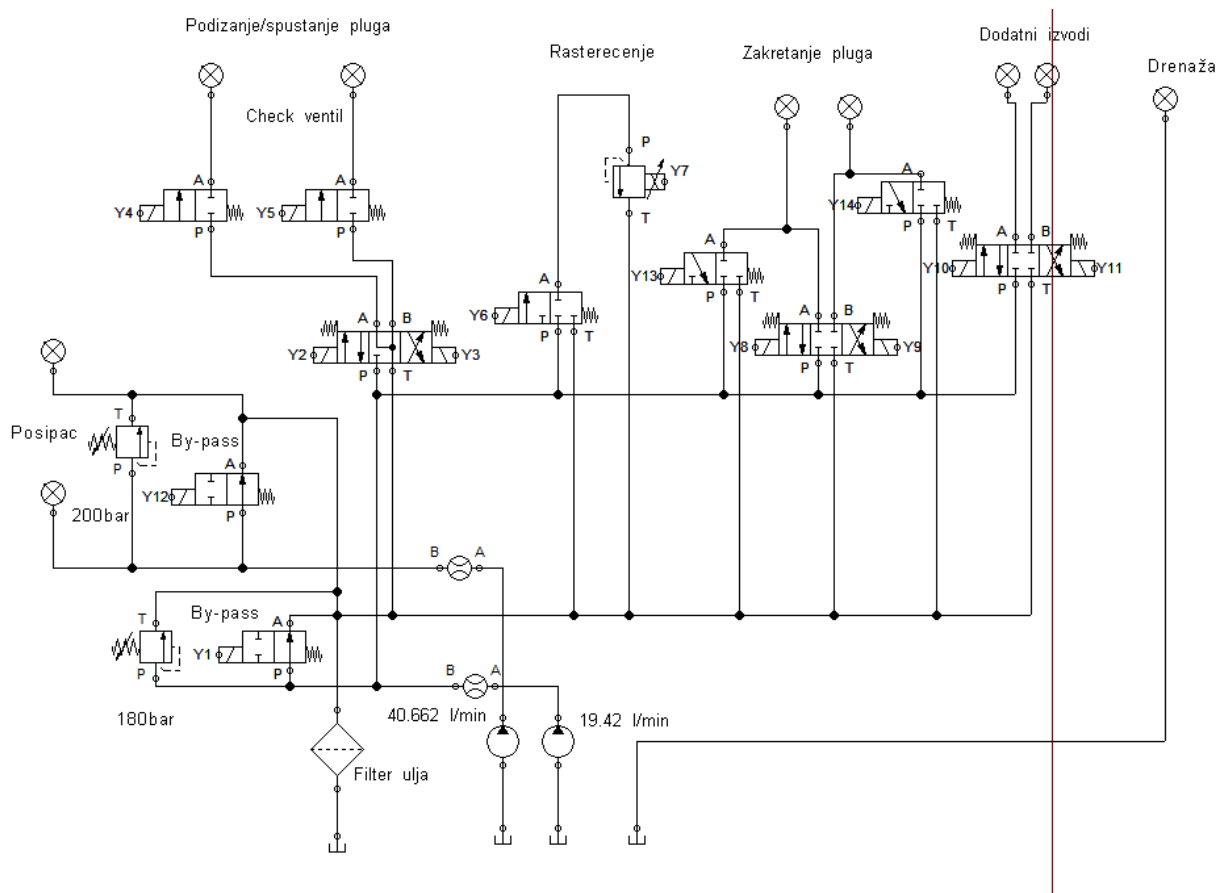
3.3 Tablica simbola, shema sustava i logička shema

Tablica 3.1: Simboli sheme

Naziv	Simbol	Oznaka	Aktivacija	Tip
Hidraulička pumpa		0Z1	Elektromagnetski – pritiskom na tipku puta	
„By-pass“ 2/2 razvodnik		0V1	EM – pritiskom na tipku puta	Monostabil
„Check“ 2/2 razvodnik		0V2	EM – pritiskom na tipku puta	Monostabil
4/3 upravljački razvodnik (zatvoreni centar)		1V1	EM – pritiskom na tipku puta	Bistabil
4/3 upravljački razvodnik (plivajući centar)		2V1	EM – pritiskom na tipku puta	Bistabil
3/2 razvodnik rasterećenja		3V1	EM – pritiskom na tipku puta	Monostabil
3/2 upravljački razvodnik		1V2	EM – pritiskom na tipku puta	Monostabil
Tlačni ventil		0V3	EM – pritiskom na tipku puta	Monostabil
Filter ulja		0Z2	EM – pritiskom na tipku puta	

Popis elemenata sustava prikazani su slikom 3.2 i tablicom 1:

- Hidraulički spremnik,
- Pumpa,
- Filter ulja,
- Sigurnosni ventil (za prvi i drugi krug KH),
- 4/3 razvodnik elektromagnetski aktiviran, bistabil (3 komada),
- 3/2 razvodnik za rasterećenje, magnetski aktiviran, povrat prugom (1 komad),
- 3/2 razvodnik za rasterećenje zakretanja pluga prilikom podizanja i spuštanja, magnetski aktiviran, povrat oprugom (2 komada),
- 2/2 razvodnik za držanje položaja *Check* ventil, magnetski aktiviran, povrat oprugom (2 komada),
- 2/2 razvodnik za držanje položaja *By-pass*, magnetski aktiviran, povrat oprugom (2 kom.),
- Cjevovod,
- Manometar, protočni senzor,
- Ventil za rasterećenje sustava (tlačni ventil, proporcionalno podesiv).



Slika 3.2: Shema mobilnog hidrauličkog sustava zimske službe

Tablica 3.2: Logička shema upravljanja mobilnom hidraulikom zimske službe

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7 (PWM)	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14
Posipač												x		
Podizanje pluga (A)	x	x		x	x								x	x
Spuštanje pluga (B)	x		x	x	x								x	x
Rasterećenje	x	x		x	x	x	x							
Zakretanje pluga-desno (A)	x							x						
Zakretanje pluga-lijevo (B)	x								x					
Dodatni izvod (A)	x									x				
Dodatni izvod (B)	x										x			
Plivajući				x	x									

3.4 Pult i port

Upravljački pult za snježni plug zove se EDH 20, a prikazan na slici 3.3. To je uređaj koji služi za upravljanje snježnim plugom, a na sebi ima 8 funkcijskih tipki i upravljačka palica koji služi za dovođenje pluga u željenu poziciju.

Funkcijske tipke su:

- Tipka uključenja ON/OFF,
- Postotak rasterećenja pluga (povećanja i smanjenja),
- Rasterećenje pluga ON/OFF,
- Hidraulički krug posipača ON/OFF, (dvokružna hidraulika)
- Funkcijska tipka M1,
- Funkcijska tipka M2 (dodatni izvod),
- Plivajući položaj pluga.



Slika 3.3: Upravljački pult EDH 20

EPOS 10 je upravljački pult koji služi za upravljanje posipačem, a prikazan je na slici 3.4 . To je uređaj na kojem se namješta željena količina soli koju je potrebno „posuti“ po cesti tako da se korigiraju parametri kao što su: širina ceste na kojoj se posipa sol (izražena u metrima), količina soli koju želimo prosuti po metru kvadratnom

(izražena g/m^2), mogućnost odabira suhog, mokrog ili tekućeg posipanja. Isto tako uređaj ima opciju pražnjenja viška soli kada je posipanje gotovo, te je povezan sa radom senzora koji govore koliko ima suhog, a koliko tekućeg sredstva, koliko se vozilo brzo kreće (izraženo u km/h) i koja je brzina vrtnje tanjura posipača (izražena u okr^{-1}). Na sebi ima funkcijske tipke za paljenje rotacije vozila kao i radnog svijetla, te ovisno kojim načinom se gleda prisutnost soli (termalna kamera, mikroskop). Ako se radi o termalnoj kameri pult govori o temperaturi tla i ovisno o slici posipanja vraća korisniku odgovarajuću poruku. Ako se radi o mikroskopu na pultu je prikazana ikonica s mikroskopom i soli.



Slika 3.4: Upravljački pult EPOS 10 [28]

3.5 Izbor cjevovoda, tlaka i priključaka

Cijevi odabrane prema slici 2.22 i vodu za koji se koriste:

- Usisni vod:
 - Prvi krug KH – SGB 132,
 - Drugi krug KH – SGB 120.
- Tlačni vod:
 - Prvi krug KH – HD 213,
 - Drugi krug KH – HD 208.
- Povratni vod:
 - Prvi krug KH – HD 120,
 - Drugi krug KH – HD 113.
- Drenažni vod:
 - Sustav – HD 113.

Proračun spremnika ulja riješen je pomoću jednadžbe 2.2 i glasi:

$$2 \times (Q_1 + Q_2) \times 10\% = 2 \times (40.608 + 19.422) \times 10\% = 128.1 \text{ l} \quad (2.2)$$

Prema jednadžbi 2.2 dobivena je potreba količina ulja koja iznosi 128.1 l, te je prema tome odabrana zapremina spremnika od 130 l.

Priključci za hidrauliku određeni su ISO normom za komunalnu hidrauliku ovisno o veličini promjera cijevi i radnom tlaku. Reduceri su odabrani putem kataloga *Hansa Flex*, a cijevi se kroje na licu mjesta, te se odmah i uprešavaju.

Stoga, izabrani reducere i priključci za hidraulički sustav glase:

- Usisni vod:
 - Prvi krug KH – XSA NW 25 HL VA,
 - Drugi krug KH – XSA NW 13 HL VA.
- Tlačni vod:
 - Prvi krug KH – XSA NW 13 HL VA,
 - Drugi krug KH – XSA NW 08 HL VA.

- Povratni vod:
 - Prvi krug KH – SA NW 25 H VA;
 - Drugi krug KH – XSA NW 13 HL VA.
- Drenažni vod:
 - Sustav – HD 113 XSA NW 13 HL VA.

4. ZAKLJUČAK

Mobilna hidraulika primjenjuje se na onim mjestima gdje je potrebna manipulacija velikom silom pomoću radnog stroja. Sukladno tome mora zadovoljavati određene standarde kao što su dozvoljeni maksimalni radni tlak, protok, dimenzioniranje elemenata. Stoga, mobilna hidraulika mora poštivati ISO 14001 normu za zaštitu okoliša kako ne bi došlo do većeg zagađenja. Norma ISO 4391 govori o parametrima pumpe, motora i simbolima, a norme ISO 9110-1 i ISO 9110-2 koje govore općim principima mjerenja tlaka i protoka u zatvorenome krugu. Norme vezane za hidrauliku ulja kao što je ISO 3448 i ISO 6743-4 koje govore o klasifikaciji viskoznosti radnog medija i specifikaciji vrste radnog medija. Osim toga prilikom projektiranja hidrauličkog sustava treba obratiti pozornost i na koji uređaj se ugrađuje pumpa postiže protok koja ima drukčiji prijenosni omjer ovisno o vozilu (0.9 – 1.2), smjeru vrtnje PTO pumpe, te same mogućnosti uređaja. Isto tako prilikom odabira cjevovoda izrađen je poseban proračun, te prema normama za tlak sustava odabrane su cijevi sa priključcima i reducerima. Odabran je i radni medij, te opisan rad svakog pojedinog elementa sustava. Gledajući tako cjenovni razred i najbolju iskoristivost izabran su upravljački pultovi EDH 20 za snježni plug, te EPOS 10 za posipač. Zaključno sa svim proračunima za dano vozilo izrađena je u potpunosti funkcionalna shema upravljanja izvršnih članova i razvodnika kao i shema sustava.

5. LITERATURA

- [1] Hrvatski jezični portal,
http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=eV9mXRA%3D&keyword=Pascalov, pristupljeno 31.07.2020.
- [2] „Pascalov zakon“. Dostupno na:
http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=eV9mXRA%3D&keyword=Pascalov, (31.07.2020.)
- [3] "Pneumatika i hidraulika" Radoslav Korbar, Veleučilište u Karlovcu, www.vuka.hr.
Dostupno na: 2007.http://www.vuka.hr/fileadmin/_temp_/PiH_skripta.pdf (30.07.2020.)
- [4] Klepo, D., Analiza energetske učinkovitosti izravno pogonjenog elektrohidrauličkog sustava – diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje (31.07.2020.)
- [5] "Power take off". Dostupno na: <https://pumpbiz.com/water-truck-pump-b3zrm-b66168> (31.07.2020.)
- [5] „Flow Fit - PTO“ Dostupno na: https://www.flowfitonline.com/clutches-and-gearboxes/agricultural-pto-pump-assemblies?gclid=EAIaIQobChMI3uea0J3c6wIVg6SyCh1q3wguEAAAYASAAEgJDo_D_BwE (31.07.2020.)
- [6] „Spremnik ulja“. Dostupno na: <https://hidrospoj.hr/proizvod/spremnik-ulja/> (26.07.2020.)
- [7] Fancev, M., Franjić, K.: Pumpe, Tehnička enciklopedija, sv.XI, Leksikografski zavod, Zagreb, 1988. (01.08.2020.)
- [8] PNEUMATIKA I HIDRAULIKA Predavanje 8-9, Hidrauličke pumpe, Neven Maleš, mag.ing.mech., (01.08.2020.)
- [9] „Gear Pumps/Motors“. Dostupno na:
https://www.parker.com/literature/PMDE/Catalogs/Gear_Units/PGP_PGM/HY30-3300-UK.pdf (15.08.2020.)
- [10] HIDRAULIKA i PNEUMATIKA, 1. DIO, Ventili. Dostupno na:
http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf ()
- [11] PNEUMATIKA I HIDRAULIKA Predavanje 10-11-12, Ventili, Neven Maleš, mag.ing.mech., (02.09.2020.)
- [12] HIDRAULIKA i PNEUMATIKA, 1. DIO, Tlačni ventili. Dostupno na:
http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf (02.09.2020.)

- [13] „Ventil za ograničavanje tlaka“. Dostupno na:
<https://www.me.ua.edu/me360/fall05/Misc/Hydraulic%20Schematic%20Symbols.pdf>
(02.09.2020.)
- [14] „Ventil za rasterećenje sustava“. Dostupno na:
http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf (02.09.2020.)
- [15] „Karakteristika rasterećenja sustava“. Dostupno na: PNEUMATIKA I HIDRAULIKA
Predavanje 10-11-12, Ventili, Neven Maleš, mag.ing.mech., (02.09.2020.)
- [16] Ciner, P.: Hidraulički uređaji, TŠC, Zagreb, 1980. (03.09.2020.)
- [17] „Pozicije razvodnika“. Dostupne na:
http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf (04.09.2020.)
- [18] PNEUMATIKA I HIDRAULIKA Predavanje 8-9, Strujanje, Strujanje fluida, Neven
Maleš, mag.ing.mech., (31.08.2020.)
- [19] Y.A. Cengel, J.M. Cimbala, Fluid Mechanics Fundamentals and Applications,
McGrawHill, pristupljeno (31.08.2020.)
- [20] Petrić, J., Hidraulika i pneumatika, 1. dio: Hidraulika, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet
strojarstva i brodogradnje, 2012. (31.08.2020.)
- [21] "Regulacija hidrauličkih i pneumatskih sustava" Dr. sc. Željko Šitum, izv. prof.,
Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, zrno.fsb.hr, 2011. (31.08.2020.)
- [22] „Machinery Lubrication“. Dostupno na:
<https://www.machinerylubrication.com/Read/28979/iso-cleanliness-code> (21.08.2020.)
- [23] R. Gere, T. Hazelton, „Rules for choosing a fire-resistant hydraulic fluid“, Hydraulics
& Pneumatics, April 1993. (22.08.2020.)
- [24] „Gustoća“. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=23854>
(05.09.2020.)
- [25] „Viskoznost“. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64830>
(05.09.2020.)
- [26] „Viskoznost“. Dostupno na:
http://titan.fsb.hr/~jpetric/Udzbenici/Udzbenik_HIDRAULIKA_JPetric.pdf (05.09.2020.)
- [27] „Rasco“. Dostupno na: <https://rasco.hr/> (25.07.2020.)
- [28] „EPOS 10“. Dostupno na:
<https://www.harshuk.com/wpcontent/uploads/2019/01/EPOS-10-Control-Unit.pdf>
(07.09.2020.)

6. OZNAKE I KRATICE

A – (eng. *Area*) površina

A, B – radni vod

bar – mjerna jedinica za tlak

cm^3/okr – zapremnina pumpe

D – (eng. *Diameter*) vanjski promjer

d – (eng. *Diameter*) unutarnji promjer

$\frac{d\dot{x}}{dy}$ – brzina kutne deformacija

EM – Elektromagnetski

F – (eng. *Force*) sila

g/m^2 – mjerna jedinica količinu soli

i – prijenosni omjer

ISO – (eng. *International Organization for Standardization*) Međunarodna organizacija za standardizaciju

KH – komunalna hidraulika

km/h – izvedena mjerna jedinica za brzinu

kom. – komad

L – (eng. *Leaking*) curenje

l/min – mjerna jedinica protoka

LS pumpa – (eng. *Load Sensing*) osjetilno opterećena pumpa

m – (eng. *Mass*) masa

mm – milimetar

m/s – osnovna mjerna jedinica za brzinu

M12x1.5 – fini metrički navoj

$n_{75\%}$ – broj okretaja 75% od maksimalnog broja okretaja

n_m – broj okretaja motora

n_{PTO} – broj okretaja PTO pumpe

okr^{-1} – okretaj u minuti

P – tlačni vod

p – (eng. *Pressure*) tlak

PTO – (eng. *Power Take Off*) vrsta hidrauličke pumpe

PWM – (eng. *Pulse-Width Modulation*) Pulsno-širinska modulacija

Q – (eng. *Volumetric Flow Rate*) protok
 Re – Reynoldsov broj
 s – debljina stijenske
 T – drenažni vod
 V – (eng. *Volume*) volumen
 v – (eng. *Velocity*) brzina
 V_{krit} – kritična brzina strujanja
 Y – zavojnica razvodnika
 σ_{dop} – dopušteno naprezanje materijala
 μ – dinamička viskoznost
 ρ – gustoća
 τ – posmično naprezanje radnog medija
 ν – kinetička viskoznost
 $^{\circ}C$ – stupanj Celzijus
 \emptyset – promjer

POPIS SLIKA

Slika 2.1: Hidrostatički prijenosnik

Slika 2.2: Hidraulički pogon s upravljačkom shemom

Slika 2.3: PTO (*Power take off*)

Slika 2.4: Spremnik radnog medija

Slika 2.5: Vrste hidrauličkih pumpi

Slika 2.6: Karakteristike pumpe

Slika 2.7: Presjek pumpe PGP 511

Slika 2.8: Nacrtni i bokocrt pumpe PGP 511

Slika 2.9: Izbor zapremnine pumpe PGP 511

Slika 2.10: Nacrtni osovine Ø16.65 mm

Slika 2.11: Dozvoljeni moment za osovine S2 Ø16.65 mm

Slika 2.12: Nacrtni i bokocrt prihvata pumpe

Slika 2.13: Hidraulička zupčasta pumpa stalnog protoka s normama dvokružne hidraulike

Slika 2.14: Simbol ventila za ograničavanje tlaka

Slika 2.15: Simbol i shema rada posredno upravljivog ventila za rasterećenje sustava

Slika 2.16: p/q karakteristika ventila za rasterećenje sustava

Slika 2.17: Srednji položaj razvodnika

Slika 2.18: Simbol 2/2 razvodnika

Slika 2.19: Simbol 3/2 razvodnika, elektrohidraulički monostabil

Slika 2.20: Razvodnik na zimskoj službi

Slika 2.21: Režimi strujanja

Slika 2.22: Određivanje promjera cijevi uz pomoć protoka i brzine strujanja

Slika 2.23: Zupčasta pumpa

Slika 2.24: Nacrtni i tlocrt hidrauličkog cilindra

Slika 2.25: Simbol filtera

Slika 2.26: Kod čistoće za standard ISO 4406

Slika 2.27: Ovisnost viskoznosti mineralnog ulja o temperaturi prema ISO normi

Slika 3.1: KH na komunalnom vozilu

Slika 3.2: Shema mobilnog hidrauličkog sustava zimske službe

Slika 3.3: Upravljački pult EDH 20

Slika 3.4: Upravljački pult EPOS 10

POPIS TABLICA

Tablica 3.1: Simboli sheme

Tablica 3.2: Logička shema upravljanja mobilnom hidraulikom zimske službe

POPIS FORMULA

- (2.1) Pascalov zakon
- (2.2) Formula za dimenzioniranje spremnika radnog medija
- (2.3) Jednadžba za određivanje broja okretaja motora, 75% nazivne brzine
- (2.4) Jednadžba za određivanje broja okretaja PTO pumpe
- (2.5) Protok pumpe kod proračunatog broja okretaja PTO pumpe
- (2.6) Jednadžba za dobivanje Reynoldsovog broja
- (2.7) Krična brzina strujanja
- (2.8) Jednadžba za proračun debljine stijenke cijevi
- (2.9) Jednadžba gustoće
- (2.10) Jednadžba viskoznosti

7. SAŽETAK

Naslov: MOBILNA HIDRAULIKA ZA KOMUNALNA VOZILA

Mobilna hidraulika se primjenjuje na onim mjestima gdje je potrebna manipulacija velikom silom pomoću radnog stroja. Sastoji se od hidrauličkog sustava kao i industrijska hidraulika, ali sve je svedeno na manje dimenzije kako bi se omogućio transport vozilom. Primjenu pronalazi u našoj svakodnevnici i uvelike nam olakšava život. Tako u glade smjera komunalnih vozila svoju primjenu pronalazi u gradskoj čistoći u vidu čistilica, smetlarskih vozila, a zimi u vozilima zimske službe kao pokretač posipača i snježnog pluga. U tom pogledu osmišljena je i standard koji takva hidraulika mora poštivati ISO 4391. Sukladno tome, mora poštivati i ISO 14001 normu za zaštitu okoliša. Prema tim standardima u radu je opisan hidraulički sustav mobilne hidraulike predviđen za vozilo Mercedes-Benz Actros i projektirana shema rada i funkcionalna shema upravljanja pomoću pulta EDH 20. Izrađen je proračun pumpe i cjevovoda, te prema tim parametrima odabrana hidraulička pumpa dvokružne komunalne hidraulike proizvođača Parker, tipa PGP 511 B 0230 A S2 D3 N J7J5 S 511 A 0110 J7J5, te priključci i reduceri za cjevovod. Uz to opisani su i načini rada svakog elementa hidrauličkog sustava kao i ključni dijelovi koje mora sadržavati razvodnik kako bi omogućio plivajući položaj, te samo rasterećenje sustava.

Ključne riječi: Mobilna hidraulika, zimske službe, ISO 4391, ISO 14001,. PTO
pumpa

8. ABSTRACT

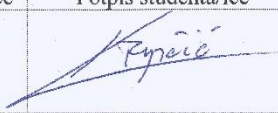
Title: MOBILE HYDRAULICS FOR COMMUNAL VEHICLES

Mobile hydraulics are applied in those places where high force manipulation by means of a working machine is required. It consists of a hydraulic system as well as industrial hydraulics, but everything has been reduced to smaller dimensions to allow transport by vehicle. It finds application in our daily lives and makes our lives much easier. Also in relation to the direction of municipal vehicles, it finds its application in urban cleanliness in the form of cleaners, garbage trucks, and in winter in winter service vehicles as a initiator of spreaders and snow plows. In this regard, a standard has been developed that such hydraulics must comply with ISO 4391. Accordingly, it must also comply with ISO 14001, the environmental standard. According to these standards, the paper describes the hydraulic system of mobile hydraulics provided for the Mercedes-Benz Actros vehicle and the designed operating scheme and functional control scheme using the EDH 20 counter. The calculation of the pump and pipeline was made, according to these parameters, the hydraulic pump of two-circuit municipal hydraulics of the brand "Parker", type PGP 511 B 0230 A S2 D3 N J7J5 S 511 A 0110 J7J5, and connections and reducers for the pipeline were selected. In addition, the modes of operation of each element of the hydraulic system are described, as well as the key parts that must be contained in the distributor in order to enable a floating position and the unloading of the system.

Keywords: Mobile hydraulics, winter service vehicles, ISO 4391, ISO 14001, floating position, unloading of the system.

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>20.10.2020.</u>	KARLO RUPČIĆ	

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

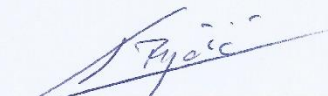
KARLO RUPČIĆ

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 20.10.2020.


potpis studenta/ice