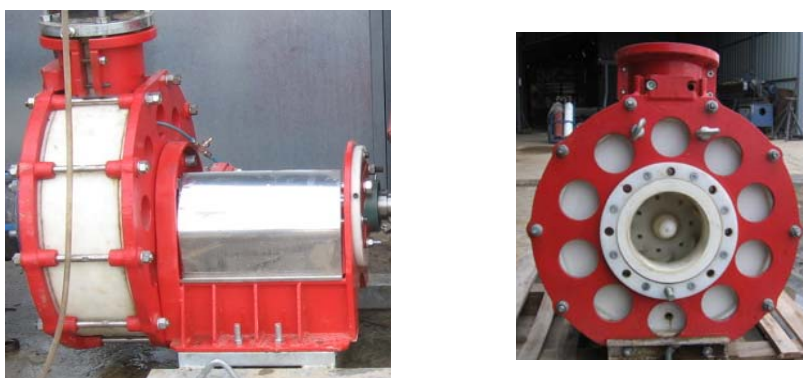


Na osnovu zahteva za ispitivanje centrifugalne pumpe koji je upućen Zavodu Mašinskog fakultetu iz Niša od strane preduzeća "Boss Construction" iz Trstenika, izvršeno je ispitivanje centrifugalne pumpe. Ispitivanja je izvršio dr Živan Spasić, docent. Na osnovu ispitivanja koja su obavljena dana 20.02.2014. godine u prostorijama naručioca ispitivanja u Trsteniku, daje se sledeći:

Izveštaj o ispitivanju br. 612-22-18/2014

1. Predmet ispitivanja

Predmet ispitivanja je jednostepena centrifugalna pumpa sa zatvorenim i poluotvorenim kolom, tip pumpe **JCP 8"/6"-13"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, 8"-prečnik usisne priрубnice, 6" -prečnik potisne priрубnice, 13"- prečnik radnog kola). Materijal radnog kola i kućišta je polipropilen.



Slika 1. Izgled pumpe

2. Namena proizvoda

Pumpe su namenjene za transport tečnosti i to: čiste vode, vode sa primesama i za transport hemijski agresivnih tečnosti.

3. Postupak ispitivanja

Ispitivanje je izvršeno prema standardu za ispitivanje centrifugalnih pumpi SRPS EN ISO 5198:2009. Izvršeno je funkcionalno ispitivanje i snimanje $H(Q)$ karakteristike centrifugalne pumpe tipa **JCP 8"/6"-13"** i preračunavane za brzine obrtanja (broj obrtaja) $n=1000 \text{ min}^{-1}$, $n=1500 \text{ min}^{-1}$ i $n=3000 \text{ min}^{-1}$.

Ispitivanja su sprovedena na standardnom ispitnom štandu (Slika 2.) u proizvodnom pogonu naručioca ispitivanja u Trsteniku. Kao pogonski motor korišćen je motor SUS, proizvođača "DEUTZ" snage 66 kW (90 KS) sa promenljivim brojem obrtaja.

Pumpni agregat se postavlja u horizontalni radni položaj i priključuje se na usisni cevovod nazivnog prečnika DN200 mm, i potisni cevovod nazivnog prečnika DN150 mm, koji se zatim redukuje na DN100 na kome se postavlja elektromagnetni merač protoka.

Ispitivanje pumpe se izvodi sa dotokom, u otvorenom sistemu, sa čistom vodom temperature $t=18 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Protok se reguliše prigušnim ventilom koji je postavljen na kraju potisnog dela cevovoda (Slika.2). Merenje protoka i napora vrši se posle stabilisanja rada pumpe u podešenoj tački. Osim određivanja radnih osobina pumpe u ustaljenim režimima, ispitivanje se izvodi i radi provere dinamičkog ponašanja pumpe u prelaznim režimima.



Slika 2. Ispitni štand

4. Metode merenja i preračunavanja

4.1. Merenje protoka

Merenje protoka vrši se elektromagnetnim meračem protoka "KROHNE", ser. br. A07-56502 koji je postavljen na potisnom delu cevovoda, nazivnog prečnika DN100 mm.

Karakteristike elektromagnetnog merača protoka su:

- tip: OPTIFLUX 2000F
- maksimalni pritisak: 16 bar
- opseg merenja: $(15 \div 400) \text{ m}^3/\text{h}$
- max. greška: 0,5 %

2.2. Određivanje jediničnog rada pumpe - napor pumpe

Jedinični rad pumpe određuje se kao razlika strujnih energija iza i ispred pumpe svedena na jedinicu mase radnog fluida.

$$Y = \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g\Delta z \quad [\text{J/kg}], \quad (1)$$

gde su:

- p_2 [Pa] - apsolutni pritisak na izlazu iz pumpe,
- p_1 [Pa] - apsolutni pritisak na ulazu u pumpu,
- c_2 [m/s] – brzina radnog fluida na izlazu iz pumpe,
- c_1 [m/s] – brzina radnog fluida na ulazu u pumpu,
- Δz [m] – visinska razlika između mernih preseka na ulazu i izlazu iz pumpe.

Ako se u prethodni izraz uvedu sledeće smene:

$$p_1 = p_a - p_V \quad \text{ili} \quad p_1 = p_a + p_{M1} \quad \text{i} \quad p_2 = p_a + p_{M2}$$

gde su:

- p_V ili p_{M1} [Pa] - pokazivanje manovakuummetra na usisnom delu cevovoda,
- p_{M2} [Pa] - pokazivanje manometra na potisnom delu cevovoda i
- p_a [Pa] - atmosferski pritisak.

Brzine strujanja fluida u mernim presecima ispred i iza pumpe određuju se iz izmerenog protoka:

$$c_1 = \frac{4 \cdot Q}{D_1^2 \cdot \pi} \quad \text{i} \quad c_2 = \frac{4 \cdot Q}{D_2^2 \cdot \pi}$$

gde su D_1 [m] i D_2 [m] prečnici usisnog i potisnog dela cevovoda, onda prethodni izraz za jedinični rad pumpe dobija sledeći oblik:

$$Y = \frac{p_{M2} - p_{M1}}{\rho} + \frac{8 \cdot Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{D_2^4} - \frac{1}{D_1^4} \right) + g \Delta z_1 \quad [\text{J/kg}],$$

gde je Δz_1 visinska razlika između merila pritiska na ulazu i izlazu iz pumpe, odnosno visinska razlika između manovakuummetra i manometra.

Napor pumpe određuje se pomoću izraza:

$$H = \frac{Y}{g} \quad [\text{m}].$$

Korisna-hidraulična snaga pumpe. Na osnovu izmerenog protoka i izračunatog napora pumpe može se sračunati korisna-hidraulična snaga pumpe:

$$P_H = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000} \quad [\text{kW}],$$

gde je:

- ρ [kg/m³]- gustina vazduha,
- g [m/s²] - ubrzanje sile zemljine teže.
- Q [m³/s] - zapreminski protok,
- H [m] - napor pumpe.

4.3. Merenje snage

Tokom ispitivanja nije merena snaga pumpe, odnosno snaga pogonskog motora, i nije određivan stepen korisnosti pumpe.

4.4. Merenje brzine obrtanja

Tokom ispitivanja pumpe vršeno je merenje brzine obrtanja (broj obrtaja) pumpe. Merenje brzine obrtanja vršeno je digitalnim tahometrom pri svakom režimu rada pumpe, posle ustaljivanja režima rada. Radne karakteristike su primenom teorije sličnosti preračunavane za konstantan broj obrtaja.

4.5. Preračunavanje karakteristika

Radne karakteristike pumpe mogu da se preračunaju za novi konstantan broj obrtaja pumpe n' , primenom teorije sličnosti, pomoću sledećih izraza:

Protok :

$$Q' = Q \frac{n'}{n};$$

Napor:


$$H' = H \left(\frac{n'}{n} \right)^2;$$

Snaga:

$$P' = P \left(\frac{n'}{n} \right)^3;$$

Stepen korisnosti:

$$\eta' = \eta$$

	MF Niš Laboratorija za HIP	IZVEŠTAJ O HIDRAULIČKOM ISPITIVANJU PUMPE								Ispitni list br. 05 / 2014	
		NARUČILAC: "BOSS CONSTRUCTION" -Trstenik									
PUMPA	TIP : JCP 8"/6"-13"				Materijal :						
	Usis: Du = 8"				Kola : polipropilen						
	Potis: Dp = 6"				Kućišta : polipropilen						
	Prečnik kola: D ₂ = 13" (zatvoreno)				Vratila : Č 4570						
	Širina kola b ₂ = 55 (mm)				Način zaptivanja : mehanički						
GARANTOVANE KARAKTERISTIKE PUMPE	Protok : Q = .../....(l/s)				Stepen korisnosti η = .../..... (%)						
	Napor : H = .../....(m)				Kavitacijska rezerva NPSH= .../..... (m)						
	Br. obrtaja n = .../.....(min ⁻¹)				Pogonska snaga P = .../.... (kW)						
MOTOR	Proizvođač: DEUTZ				Faktor snage cos φ = .../.....						
	Tip motora: SUS -dizel				Frekvencija f = .../.....(Hz)						
	Broj motora: -----				Napon: U = .../.....(V)						
	Broj obrtaja promenljiv (min ⁻¹)				Struja : I = .../.....(A)						
	Stepen korisnosti η = .../.....(%)				Broj faza :						
	Snaga: P= 66 (kW)				Vrsta zaštite :						
RADNI FLUID: VODA	Temperatura: t = 18 (°C)				Kinematska viskoznost ν =(m ² /s)						
	Gustina: ρ = 1000 (kg/m ³)				Stepen kiselosti pH=						
USLOVI ISPITIVANJA		Temperatura okoline t = 20 (°C)				Atmosferski pritisak p _b = 980 (mbar)					
Rezultati merenja		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Broj obrtaja n (min ⁻¹)		1540	1530	1500	1480	1470	1470	1450	1520		
Protok	Q (m ³ /min)	0,00	1,48	2,62	3,67	4,45	5,03	5,37	6,82		
	Q (m ³ /h)	0,0	89,0	157,0	220,0	267,0	302,0	322,0	409,0		
N A P O R	Pritisak na ulazu	P _{M1} (bar)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,06	0,05	0,02	
	Pritisak na izlazu	P _{M2} (bar)	3,20	3,10	2,90	2,80	2,55	2,40	2,25	1,75	
	Brzina na ulazu	C ₁ (m/s)	0,00	0,79	1,39	1,95	2,36	2,67	2,85	3,62	
	Brzina na izlazu	C ₂ (m/s)	0,00	1,40	2,47	3,46	4,20	4,75	5,06	6,43	
	Razlika mer. pozicija	Δz (m)	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	
	Razlika kinet.energ.	ΔE k(m)	0,00	0,07	0,21	0,42	0,61	0,79	0,89	1,44	
	Napor	H (m)	32,48	31,53	29,64	28,82	26,78	25,52	24,20	19,96	
S N A G A	Ulazna snaga pumpe	P _{UM} (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Korisna snaga pumpe	P _H (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Stepen korisnosti pumpe	η (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Karakteristike za brzinu obrtanja n= 1000 min⁻¹											
Vrednosti koje se odnose za n=1000 min ⁻¹	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	0,97	1,74	2,48	3,03	3,42	3,70	4,48	
	Napor	H(m)	13,7	13,5	13,2	13,2	12,4	11,8	11,5	8,6	
	Korisna snaga	P _H (kW)	0,00	2,14	3,76	5,33	6,13	6,61	6,97	6,33	
	Stepen korisnosti	η (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Karakteristike za brzinu obrtanja n= 1500min⁻¹											
Vrednosti za n=1500 min ⁻¹	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	1,45	2,62	3,72	4,54	5,14	5,55	6,73	
	Napor	H(m)	30,8	30,3	29,6	29,6	27,9	26,6	25,9	19,4	
	Korisna snaga	P _H (kW)	0,00	7,21	12,68	17,99	20,70	22,31	23,51	21,38	
	Stepen korisnosti	η (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Karakteristike za brzinu obrtanja n= 3000min⁻¹											
Vrednosti za n=3000 min ⁻¹	Protok	Q (m ³ /min)	0,00	2,91	5,23	7,43	9,08	10,27	11,10	13,45	
	Napor	H(m)	123,3	121,2	118,5	118,4	111,5	106,3	103,6	77,7	
	Korisna snaga	P _H (kW)	0,00	57,65	101,43	143,90	165,59	178,51	188,06	171,01	
	Stepen korisnosti	η (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	
DATUM: 20.02.2014.	Mesto ispitivanja: Stari Trstenik					Rukovodilac ispitivanja: dr Živan Spasić					

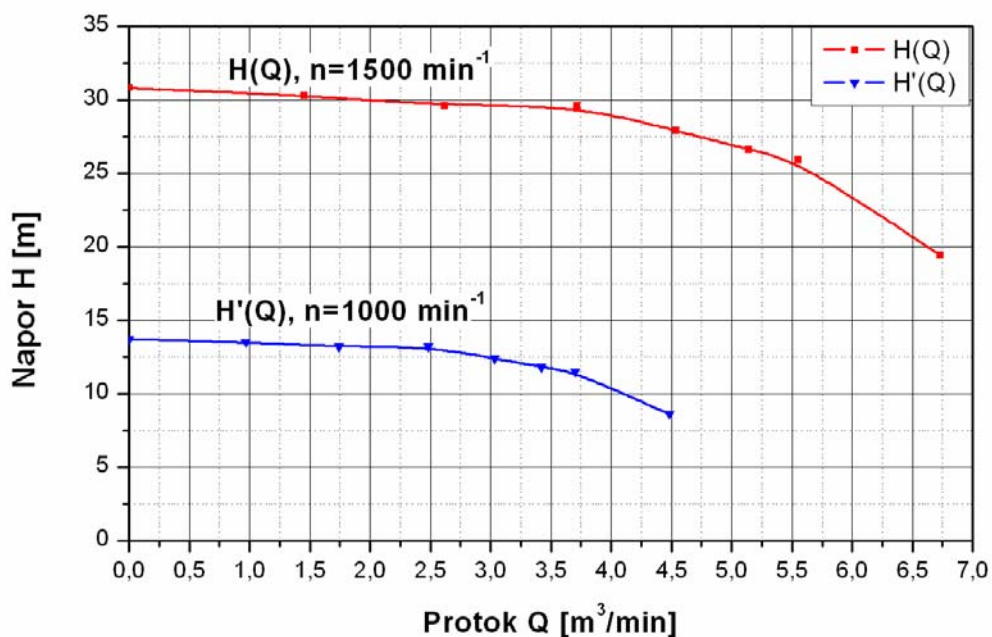
KARAKTERISTIKA PUMPE: H(Q)

Tip pumpe: **JCP 8"/6"-13"**

Tip kola: **zatvoreno**

Brzina obrtanja: **$n=1500 \text{ min}^{-1}$** , **$n=1000 \text{ min}^{-1}$** .

Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)



Preporučena radna oblast pumpe:

$n=1500 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q = (2 \div 5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H = (30 \div 27) \text{ m}$

$n=1000 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q' = (1 \div 3,5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H' = (13 \div 12) \text{ m}$

Označavanje pumpe: **JCP 8"/6"-13"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, **8"**-prečnik usisne priрубnice, **6"** -prečnik potisne priрубnice, **13"**- prečnik radnog kola).

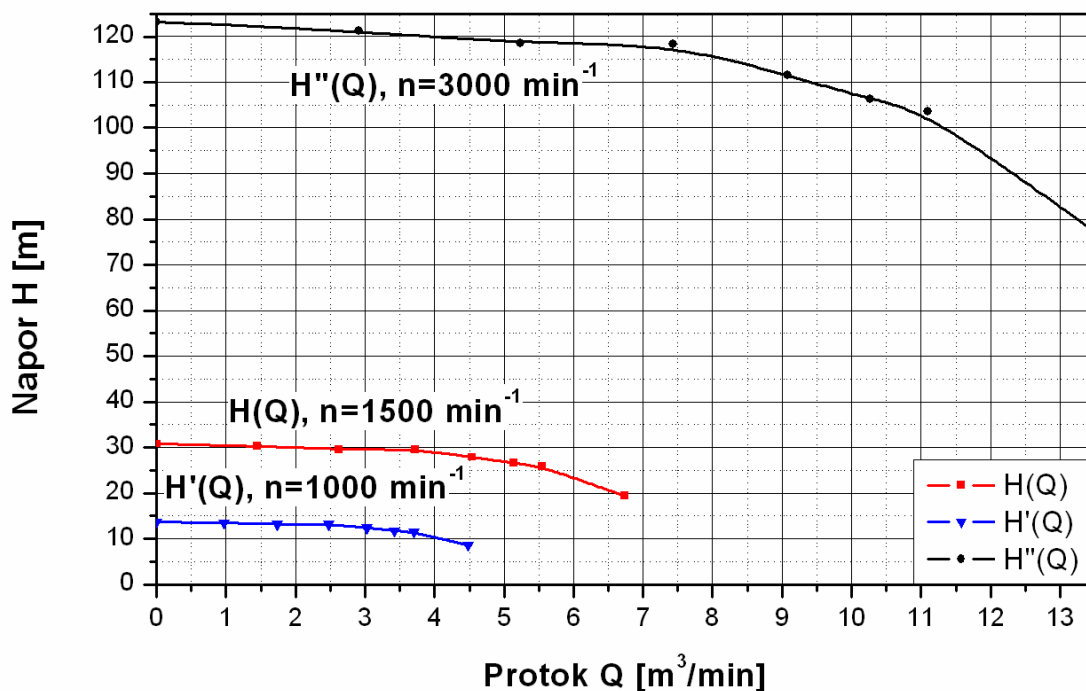
KARAKTERISTIKA PUMPE: H(Q)

Tip pumpe: **JCP 8"/6"-13"**

Tip kola: **zatvoreno**

Brzina obrtanja: **$n=3000 \text{ min}^{-1}$, $n=1500 \text{ min}^{-1}$, $n=1000 \text{ min}^{-1}$.**

Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)



Preporučena radna oblast pumpe:

$n=3000 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q'' = (4 \div 10) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H'' = (120 \div 107) \text{ m}$

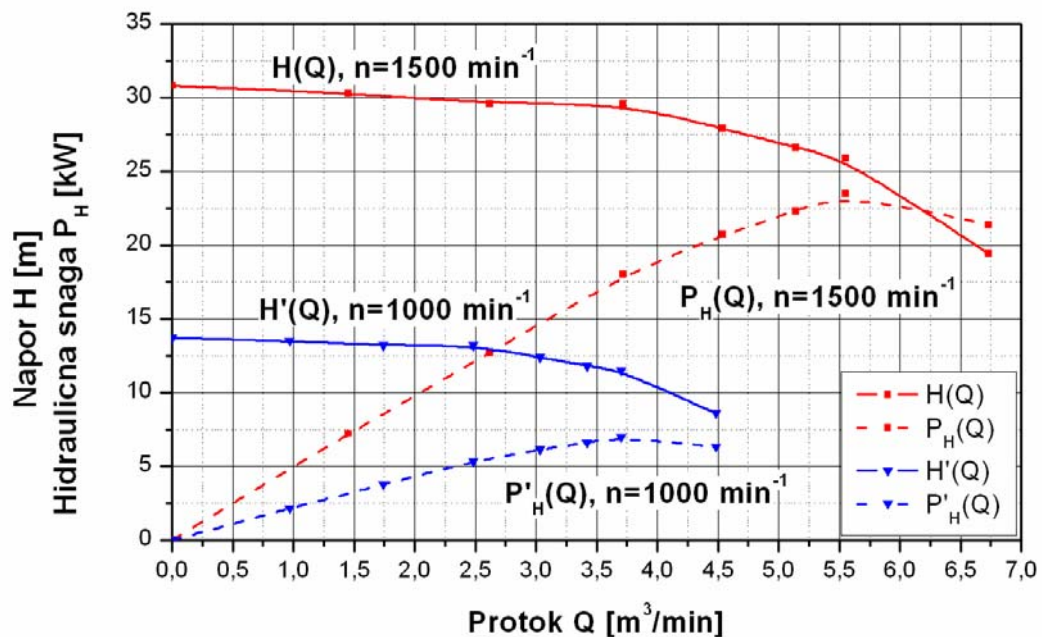
$n=1500 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q = (2 \div 5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H = (30 \div 27) \text{ m}$

$n=1000 \text{ min}^{-1}$

Protok pumpe:	$Q' = (1 \div 3,5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H' = (13 \div 12) \text{ m}$

Označavanje pumpe: **JCP 8"/6"-13"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, **8"**-prečnik usisne priрубnice, **6"** -prečnik potisne priрубnice, **13"**- prečnik radnog kola).

KARAKTERISTIKE PUMPE: H(Q) i P_H(Q)Tip pumpe: **JCP 8"/6"-13"**Tip kola: **zatvoreno**Brzina obrtanja: **n=1500 min⁻¹, n=1000 min⁻¹.**Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)**Preporučena radna oblast pumpe:****n=1500 min⁻¹**

Protok pumpe:	Q= (2÷5) m ³ /min
Napor pumpe:	H= (30÷27) m

n=1000 min⁻¹

Protok pumpe:	Q'= (1÷3,5) m ³ /min
Napor pumpe:	H'= (13÷12) m

Korisna-hidraulična snaga pumpe: $P_H = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000}$ [kW],

Označavanje pumpe: **JCP 8"/6"-13"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, 8"-prečnik usisne priрубnice, 6"-prečnik potisne priрубnice, 13"- prečnik radnog kola).

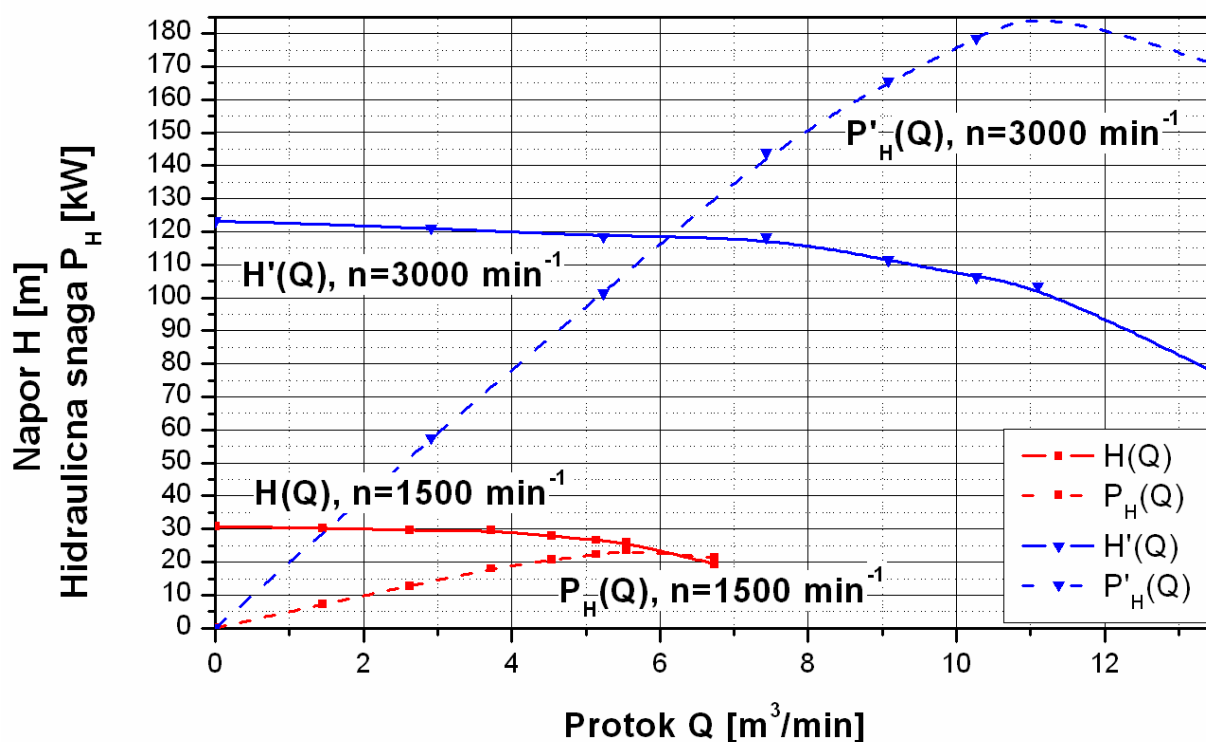
KARAKTERISTIKE PUMPE: H(Q) i P_H(Q)

Tip pumpe: JCP 8"/6"-13"

Tip kola: **zatvoreno**

Brzina obrtanja: **n=3000 min⁻¹, n=1500 min⁻¹.**

Radni fluid: voda (ρ=1000 kg/m³)



Preporučena radna oblast pumpe:

n=3000 min⁻¹

Protok pumpe:	Q= (4 ÷10) m ³ /min
Napor pumpe:	H= (120 ÷107) m

n=1500 min⁻¹

Protok pumpe:	Q= (2÷5) m ³ /min
Napor pumpe:	H= (30÷27) m

Korisna-hidraulična snaga pumpe: $P_H = \frac{\rho \cdot Q \cdot g \cdot H}{1000}$ [kW],

Označavanje pumpe: JCP 8"/6"-13" (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, 8"-prečnik usisne priрубnice, 6"-prečnik potisne priрубnice, 13"- prečnik radnog kola).

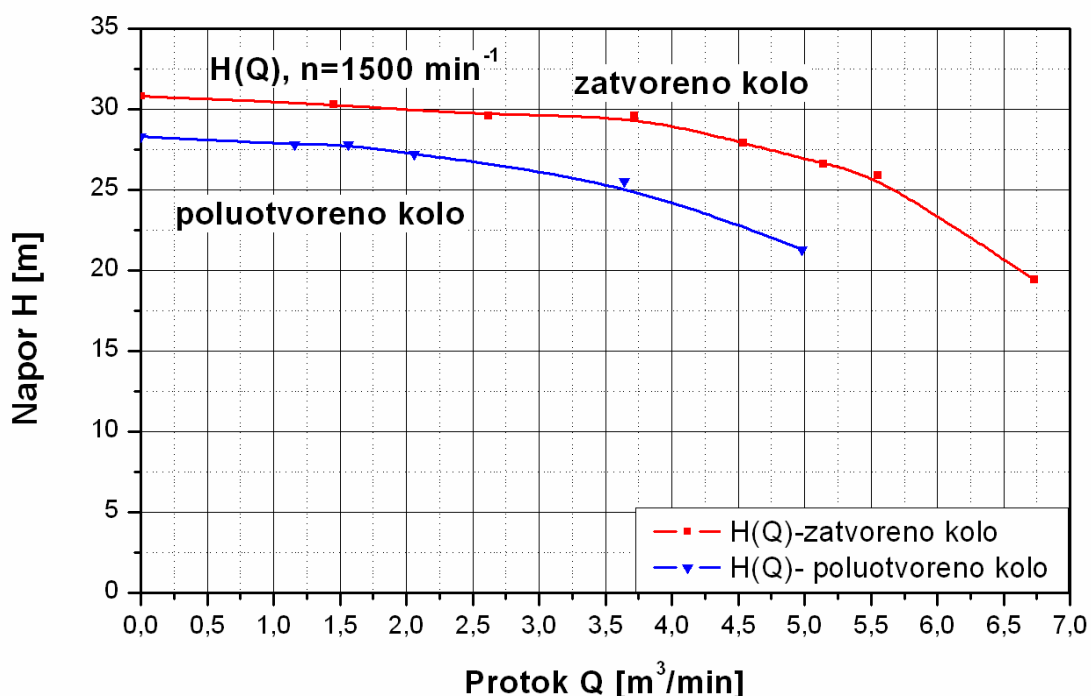
KARAKTERISTIKA PUMPE: H(Q)

Tip pumpe: **JCP 8"/6"-13"**

Tip kola: **zatvoreno i poluotvoreno**

Brzina obrtanja: **$n=1500 \text{ min}^{-1}$**

Radni fluid: voda ($\rho=1000 \text{ kg/m}^3$)



Preporučena radna oblast pumpe:

$n=1500 \text{ min}^{-1}$ –Zatvoreno kolo

Protok pumpe:	$Q= (2\div 5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H= (30\div 27) \text{ m}$

$n=1500 \text{ min}^{-1}$ – Poluotvoreno kolo

Protok pumpe:	$Q= (2\div 5) \text{ m}^3/\text{min}$
Napor pumpe:	$H= (24\div 21,5) \text{ m}$

Označavanje pumpe: **JCP 8"/6"-13"** (JCP-Jednostepena Centrifugalna Pumpa, **8"**-prečnik usisne priрубnice, **6"** -prečnik potisne priрубnice, **13"**- prečnik radnog kola).

5. Merni instrumenti

5.1. Protok

Instrument	Tip	Doz. greška	Opseg merenja	Proizvođač
Merač protoka	Elektromagnetni	$\pm 0,5\%$	$(15 \div 400) \text{ m}^3/\text{h}$	KROHNE

5.2 Pritisak

Instrument	Tip	Klasa tačnosti	Opseg merenja	Proizvođač
Manometar	mehanički	1,0	$(0 \div 10) \text{ bar}$	WIKA
Manovakuummetar	mehanički	1,0	$(-1 \div 1,5) \text{ bar}$	WIKA

5.3. Brzina obrtanja

Instrument	Tip	Greška	Opseg merenja	Proizvođač
Tahometar	digitalni	$\pm 0,04\% \pm 2$	$(1000-10000) \text{ min}^{-1}$	Echtech

6. Rezultati ispitivanja i mišljenje

Na osnovu izvršenih ispitivanja jednostepene centrifugalne pumpe **JCP 8"/6"-13"** i izvršenih merenja i obrade izmerenih rezultata daje se dijagram karakteristike pumpe, $H(Q)$, za broj obrtaja pumpe $n=1000 \text{ min}^{-1}$, $n=1500 \text{ min}^{-1}$ i $n=3000 \text{ min}^{-1}$ i garantovane karakteristike napora i protoka:

za $n=1500 \text{ min}^{-1}$: $H = (30 \div 27) \text{ m}$, $Q = (2 \div 5) \text{ m}^3/\text{min}$.

Pumpa ima stabilanu radnu karakteristiku, stabilan rad u celom opsegu rada i bezbedna je za rad.

U Nišu, 27.02. 2014.

Rukovodilac ispitivanja:

Z. Spasić

dr Živan Spasić, dipl.maš. inž.