

# *Modeliranje hidravličnih sistemov in komponent*

**DSH<sup>plus</sup>**

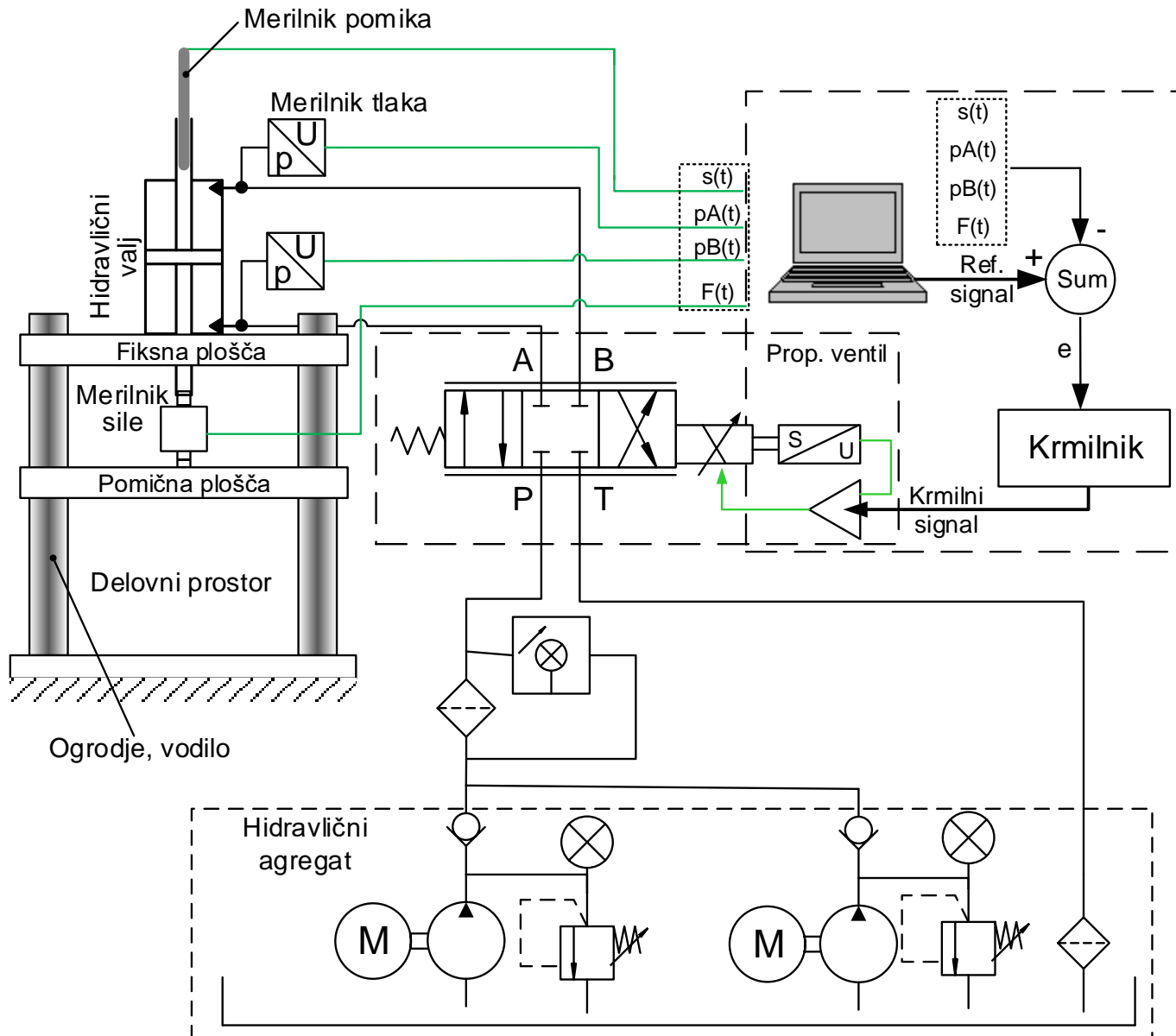
*(modeliranje agregata stiskalnice)*

**Marko Šimic**

**Telefon: +386 1 4771 727**

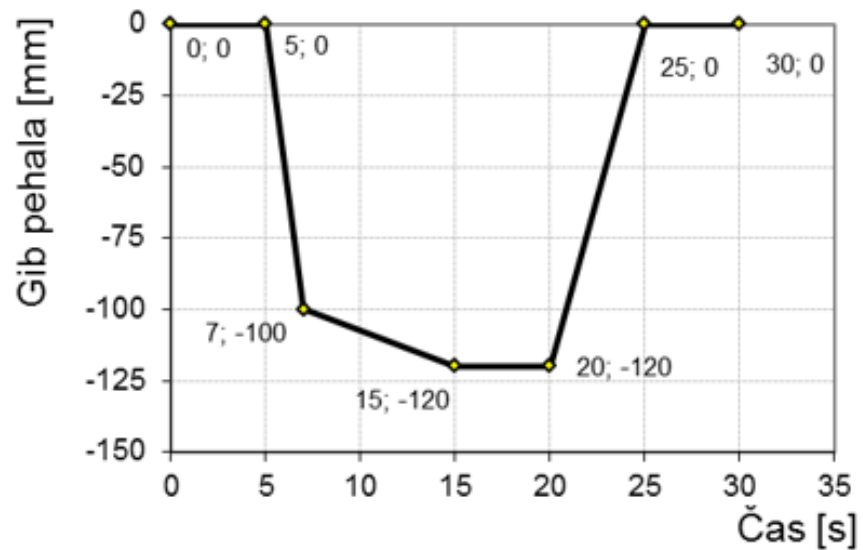
**e-mail: [marko.simic@fs.uni-lj.si](mailto:marko.simic@fs.uni-lj.si)**

# NALOGA



**Tabela 2: Delovni cikel pehala.**

T [s]	gib [mm]	opis
0	0	
5	0	
7	-100	Hitri gib pehala
15	-120	Delovni gib pehala
20	-120	
25	0	Hitri dvig pehala
30	0	



a) Izračun hitrosti hitrega spusta pehala:

$$v_1 = \frac{s_{hs}}{t_{hs}} = \frac{100\text{mm}}{2\text{s}} = 50 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

100 mm  
2 s

50 mm/s

b) Izračun hitrosti delovnega giba pehala:

$$v_2 = \frac{s_{dgp}}{t_{dgp}} = \frac{20\text{mm}}{8\text{s}} = 2,5 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

20 mm  
8 s

5 mm/s

c) Izračun hitrosti povratnega giba pehala:

$$v_4 = \frac{s_{pg}}{t_{pg}} = \frac{120\text{mm}}{5\text{s}} = 24 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

120 mm  
5 s

70 mm/s

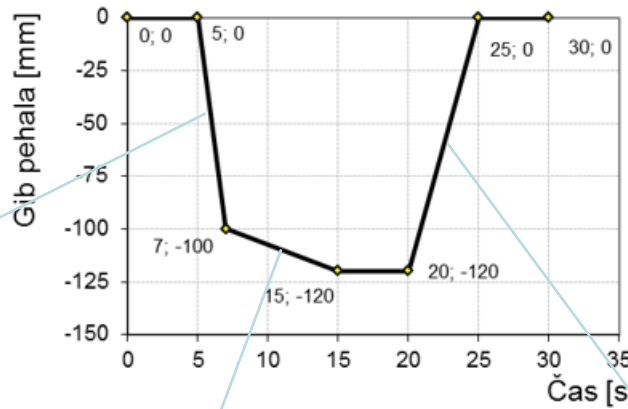
navvečja hitrost

d) Maksimalna sila izračunana na podlagi dimenzij cilindra in predpisanega tlaka:

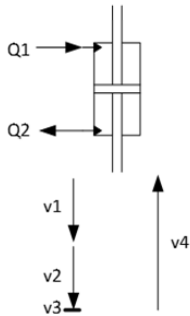
$$F_{maks} = p \cdot A = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$
$$= 60\text{bar} \cdot \frac{\pi \cdot (45^2 - 25^2)}{4} = 6,6\text{kN}$$

Tabela 2: Delovni cikel pehala.

T [s]	gib [mm]	opis
0	0	
5	0	
7	-100	Hitri gib pehala
15	-120	Delovni gib pehala
20	-120	
25	0	Hitri dvig pehala
30	0	



e) Izračun volumskega toka pri hitrem spustu pehala:

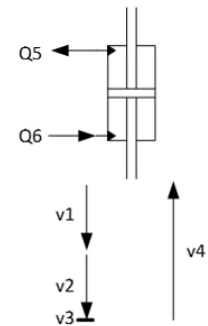


$$Q1 = v_1 \cdot A_1 = v_1 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = 50 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi \cdot (45^2 - 25^2) \text{mm}^2}{4} = 3,29 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q2 = Q1 = 3,29 \text{ l/min}$$

3,3 l/min

g) Izračun volumskega toka pri povratnem gib pehala:

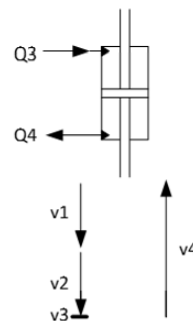


$$Q5 = v_4 \cdot A_2 = v_4 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = 24 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi \cdot (45^2 - 25^2) \text{mm}^2}{4} = 1,58 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q6 = Q5 = 1,58 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

1,6 l/min

f) Izračun volumskega toka pri delovnem gib pehala:



$$Q3 = v_2 \cdot A_1 = v_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = 2,5 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \cdot \frac{\pi \cdot (45^2 - 25^2) \text{mm}^2}{4} = 0,165 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

$$Q4 = Q3 = 0,165 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

0,33 l/min

**h) Volumsko iztisnino črpalke izračunamo:**

$$Q = \frac{V \cdot n \cdot \eta_{vol}}{1000} \Rightarrow V?$$

$$V = \frac{Q \cdot 1000}{n \cdot \eta_{vol}} = \frac{3,29 \frac{l}{min} \cdot 1000}{1415 \frac{vrt}{min} \cdot 0,9} = 2,58 cm^3 \Rightarrow 2,8 cm^3$$

Kjer je:

$V$ =volumska iztisnina črpalke [ $cm^3$ ]

$n$ =št. obratov črpalke [ $vrt/min$ ]

$\eta_{vol}$ =volumetrični izkoristek [/], 0,9 – 0,95

$p$ = tlak [bar]

$\eta_m$ =mehanski izkoristek [/], 0,9 – 0,95

*4,6 l/min (maksimalni Q)*  
*3,6 cm<sup>3</sup>*  
*4,1 cm<sup>3</sup>*  
 *$\eta_{vol} = 0,9$  (črpalka)*  
 *$\eta_m = 0,9$  (motor-prirobnica)*

Iz katalogov izberemo prvo večjo črpalke, to je črpalke z iztisnino  $V=2,8 cm^3$ . Zanj ponovno izračunamo volumski tok črpalke, ki znaša 3,65 l/min.

Frame size		BS	1	1	1	1	1	1	
Size		NG	1.7	2.2	2.8	3.2	4.1	5.0	
Displacement, geometric	$V_g$	$cm^3$	1.7	2.2	2.8	3.2	4.1	5.0	
Input speed	$n_{min}$	rpm	600	600	600	600	600	600	
	$n_{max}$	rpm	4500	3600	4000	3600	3600	3600	
Operating pressure, absolute									
Inlet	$p$	bar	0.6 to 3	0.6 to 3	0.6 to 3	0.6 to 3	0.6 to 3	0.6 to 3	
Outlet	continuous	$p_N$	bar	180	210	210	210	210	180
	intermittend <sup>1)</sup>	$p_{max}$	bar	210	250	250	250	250	210
Flow (at $n = 1450$ rpm), $p = 10$ bar, $v = 30$ mm <sup>2</sup> /s)	$q_v$	l/min	2.4	3.2	4.1	4.6	6.0	7.2	
Power consumption									
Minimum required Drive power (at $p = 1$ bar)	$P_{input}$	kW	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
Moment of inertia (around drive axis)	$J$	kgm <sup>2</sup>	0.000012	0.000013	0.000015	0.000017	0.000021	0.000026	
Weight <sup>2)</sup>	$m$	kg	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.3	
Shaft loading	Radial and axial forces (e.g., belt pulley) only after consultation								
Type of mounting	Flange mounting								

*$Q_n = 5,22 l/min$*

### i) Moč elektromotorja:

Ob poznanem volumskem toku črpalke, volumetričnem in mehanskem izkoristku in delovnem tlaku lahko izračunamo pogonsko moč agregata. Za izračun moči uporabimo spodnjo enačbo. Iz katalogov izberemo prvi močnejši elektro motor. Tokrat lahko izberemo motor, ki zagotavlja  $n=1400$  vrt/min (namesto 1415). Če bi želeli imeti  $n=1415$  vrt/min potem izberemo  $P=3$  kW.

$$P = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_{uk}} = \frac{60 \text{ bar} \cdot 3,65 \text{ l/min}}{600 \cdot 0,81} = 0,45 \text{ kW} \Rightarrow 0,55 \text{ kW}$$

*5,22 l/min*

*0,64 kW  $\Rightarrow$  0,75 kW*

Kjer skupni izkoristek izračunamo kot produkt volumetričnega in mehanskega izkoristka.

$$\eta_{uk} = \eta_{vol} \cdot \eta_m = 0,9^2 = 0,81$$

Nazivna moč Nazivna snaga Rated power	Tip motorja Tip motora Type	Hlrost vrtenja Brzina vrtnje Rotational speed	Izkoristek Korinnost Efficiency (IEC 60034-30)	Izkoristek Korinnost Efficiency P=100%	Izkoristek Korinnost Efficiency P=75%	Faktor moči Faktor snage Power factor	Nazivni tok Nazivna struja Rated current	Iz / In	Mz / Mn	Mm / Mn	Vztrajnostni moment Moment inercije Moment on inertia	Masa za obliko IM B3 Masa za obliko IM B3 Mass for IM B3
P (kW)		(min <sup>-1</sup> ), (rpm)	(%)	(%)	(%)	cos φ	In (A)				J (kgm <sup>2</sup> )	(kg)
		<b>2p=4</b>	<b>1500 min<sup>-1</sup></b>			<b>400V / 50Hz</b>						
0,06	2T 56 A4	1300	45,0	42,0	0,64	0,30	2,2	2,1	2,3	0,00019	3,0	
0,09	2T 56 B4	1300	46,0	44,0	0,65	0,44	2,2	2,2	2,3	0,00028	3,6	
0,12	2T 63 A4	1340	59,0	57,0	0,72	0,41	2,7	2,0	2,1	0,00022	3,7	
0,18	2T 63 B4	1310	62,0	61,0	0,67	0,63	2,6	2,1	2,2	0,00030	4,1	
0,25	2T 71 A4	1400	68,0	68,0	0,70	0,72	3,6	2,0	2,2	0,00050	5,5	
0,37	2T 71 B4	1390	68,0	69,0	0,75	1,04	3,6	1,8	2,1	0,00067	6,2	
<b>0,55</b>	<b>3T 80 A4</b>	<b>1400</b>	<b>75,0</b>	<b>77,0</b>	<b>0,76</b>	<b>1,4</b>	<b>4,0</b>	<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>0,0012</b>	<b>8,5</b>	
0,75	3T 80 2B4	1400	IE2	79,6	81,3	0,76	1,79	4,7	2,6	2,9	0,0018	10,6
1,1	T 90 2S4	1410	IE2	81,6	82,5	0,77	2,55	5,4	2,6	3,0	0,0030	17,6

**j) Varnostni ventil:**

Varnostni ventil mora zagotavljati večji pretok kot ga zagotavlja črpalka. Izberemo velikost NG4 z maksimalnim pretokom  $Q_{\max}=10$  l/min in se ga lahko uporablja za nastavitve tlakov  $p=60\dots315$  bar.

**Operating limits**

NG	Response pressure $p_A$ in bar	Max. flow rate $q_{V\max}$ in l/min
4	60 ... 315	10
	320 ... 500	17



Ostale karakteristike varnostnega ventila si lahko pogledate v dokumentaciji.

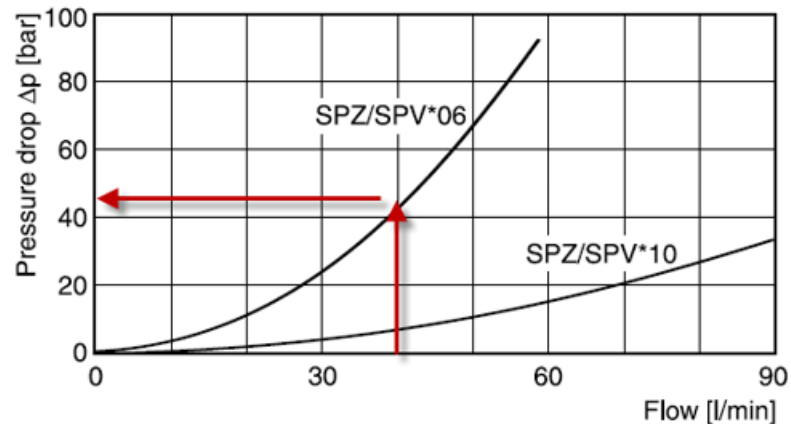


### k) Protipovratni ventil:

Protipovratni ventil izberemo na podlagi pretoka črpalke, ki mora znašati  $Q > 3,65$  l/min.

General			
Design	Threaded cartridge valve		
Nominal size	NG06		
Mounting position	Unrestricted		
Ambient temperature	[°C]	-40 ... +60	
Weight	[kg]	0.5	
Hydraulic			
Flow direction	See symbols		
Fluid	Hydraulic oil according to DIN 51524...51525		
Viscosity,	permitted	[cSt] / [mm <sup>2</sup> /s]	20 ... 380
	recommended	[cSt] / [mm <sup>2</sup> /s]	30 ... 80
Fluid temperature	[°C]	-20 ... +60	
Filtration	ISO 4406 (1999); 18/16/13		
Nominal pressure	[bar]	350	
Opening pressure	[bar]	0.3	
Flow	[l/min]	40	

Tlačni padec odčitamo iz karakteristike volumnskega toka varnostnega ventila.  $Q=40$  l/min pri  $\Delta p=45$  bar.



### l) Tlačni filter:

Potrebno je določiti finost filtra na podlagi tega katere vrste ventilov uporabljamo. V našem primeru uporabimo proporcionalne ali servo ventile zato je potrebna filtracija v območju 1-5  $\mu\text{m}$ . Iz dokumentacije izberemo filter finosti 3  $\mu\text{m}$  in velikosti  $Q=29$  l/min.

#### Inline filter with bypass, filter rating 3 $\mu\text{m}$

Type	Flow in l/min [gpm] at $\Delta p = 1.5$ bar [21.75 psi] <sup>1)</sup>
245LEN0040-H3XLA00-V5,0-M-..	29 [6.1]
245LEN0063-H3XLA00-V5,0-M-..	44 [7.9]
245LEN0100-H3XLA00-V5,0-M-..	61 [11.6]
245LE0130-H3XLA00-V5,0-M-..	101 [19.5]
245LE0150-H3XLA00-V5,0-M-..	123 [23.5]
245LEN0160-H3XLA00-V5,0-M-..	184 [34.9]
245LEN0250-H3XLA00-V5,0-M-..	261 [50.2]
245LEN0400-H3XLA00-V5,0-M-..	330 [66.0]

### m) Povratni filter:

Povratni filter filtrira olje iz hidravličnega sistema, ki steče nazaj v rezervoar. Finost filtra je lahko od 10  $\mu\text{m}$  in več (zopet odvisno od hidravličnega sistema). V primeru proporcionalne in servo hidravlike je priporočena minimalna filtracija 10  $\mu\text{m}$ . Izberemo torej filter finosti 10  $\mu\text{m}$ , pretoka  $Q=23$  l/min pri tlačnem padcu 0,5 bar in uporabi olja viskoznosti 30  $\text{mm}^2/\text{s}$ .

#### Filter rating 3 $\mu\text{m}$ , 6 $\mu\text{m}$ , 10 $\mu\text{m}$ and 20 $\mu\text{m}$

Filter type	Flow in l/min [gpm] with $\nu = 30 \text{ mm}^2/\text{s}$ [142 SUS] and $\Delta p = 0.5 \text{ bar}$ [7.25 psi] <sup>1)</sup>
10TEN0040-H3XLA00-P2,2-M-...	23 [6.1]
10TEN0063-H3XLA00-P2,2-M-...	35 [9.2]
10TEN0100-H3XLA00-P2,2-M-...	52 [13.7]
10TEN0160-H3XLA00-P2,2-M-...	105 [27.7]
10TEN0250-H3XLA00-P2,2-M-...	160 [42.3]
10TEN0400-H3XLA00-P2,2-M-...	290 [76.6]
10TEN0630-H3XLA00-P2,2-M-...	410 [108.3]
10TEN1000-H3XLA00-P2,2-M-...	560 [147.9]
10TE2000-H3XLA00-P2,2-M-...	900 [237.7]
10TE2500-H3XLA00-P2,2-M-...	1100 [290.6]

Izpolnimo tabelo 2 z manjkajočimi parametri hidravličnih komponent agregata (tabela 4). Pomagamo si s priloženimi katalogi hidravličnih komponent.

**Tabela 4: Hidravlične komponente pogonskega agregata hidravlične stiskalnice.**

Poz.	Naziv	Tehniški podatki
.01	<i>elektromotor</i>	Moč: $P = 0,55$ [kW]
		Št. vrtljajev: $n = 1415$ $\text{min}^{-1}$
.02	<i>črpalka</i>	Tip črpalke: zobniška
		Volumska iztisnina črpalke: $V=2,8$ [ $\text{cm}^3/\text{vrt}$ ]
		Volumski tok pri $n=1415$ $\text{min}^{-1}$ : $Q = 3,65$ [l/min]
.03	<i>varnostni ventil</i>	Velikost: NG4, $Q_{\text{max}}=10$ [l/min]
.04	<i>protipovratni ventil</i>	Velikost: NG6, $Q_{\text{max}}=40$ [l/min]
		Q pri tlačni razliki $\Delta p= 5$ [bar]
		Tlak odpiranja ventila: $p_o = 0,3$ [bar]
.05	<i>tlačni filter</i>	Velikost pretoka $Q = 29$ [l/min] pri $\Delta p = 1,5$ [bar]
		Finost: 3 [mikro meter]
.06	<i>povratni filter</i>	Velikost pretoka $Q = 23$ [l/min] pri $\Delta p = 0,5$ [bar]
		Finost: 10 [mikro meter]

## NALOGA 1

S pomočjo simulacijskega orodja **DSH<sup>PLUS</sup>** izdelaj simulacijski model hidravličnega agregata stiskalnice kot pod model (sub model).

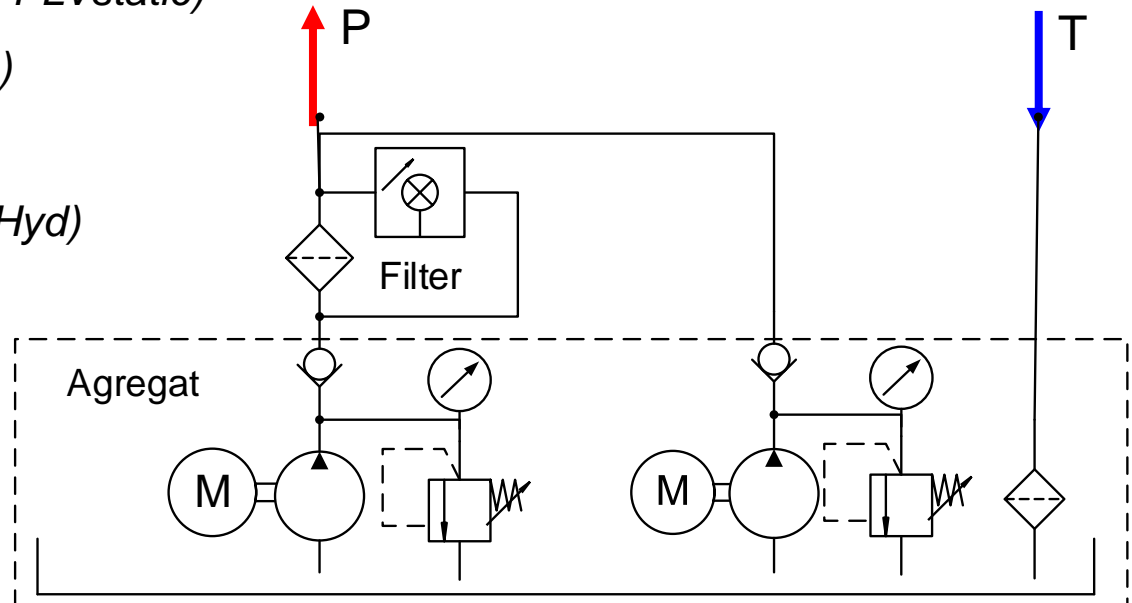
- *Kreiranje osnovnega tlačnega dela hidravličnega sistema v editorju*
- *Kreiranje podmodela z uporabo končnih priključkov (sub-modela)*
- *Parametriranje posameznih komponent (nastavitev parametrov)*
- *Izbira in parametriranje hidravličnega fluida (nastavitev parametrov olja)*
- *Izbira in parametriranje simulacijskih parametrov*
- *Uporaba »help« menija pri izbiri in parametriranju komponent*
- *Kreiranje in sestavljanje podmodela (Create and Compile submodel)*
- *Shranjevanje modela*

## NALOGA 1

S pomočjo simulacijskega orodja **DSH<sup>PLUS</sup>** izdelaj simulacijski model hidravličnega agregata kot pod model (sub model).

*Hidravlični agregat:*

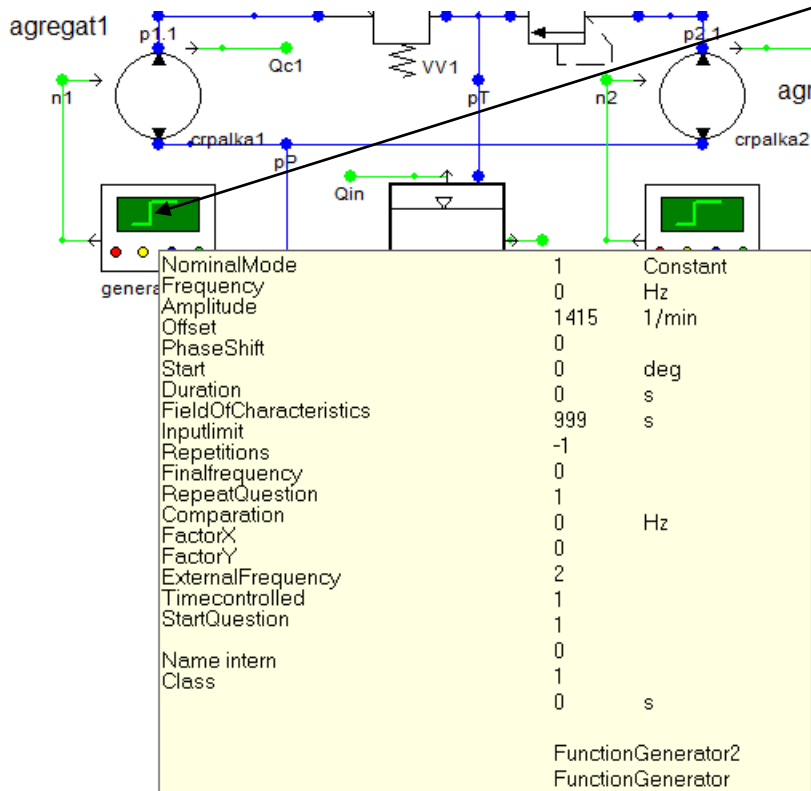
- *Elektro motorji (funkc.generator, mehanski motor)*
- *Črpalke (PumpRotationalSpeed)*
- *Varnostni ventil (pressure valve, PLVstatic)*
- *Protipovratni ventil (CheckValve)*
- *Rezervoar (Tank, Reservoir)*
- *Priključki (In/Out elements, SubHyd)*



Ali model potrebuje filter?

# NALOGA 1

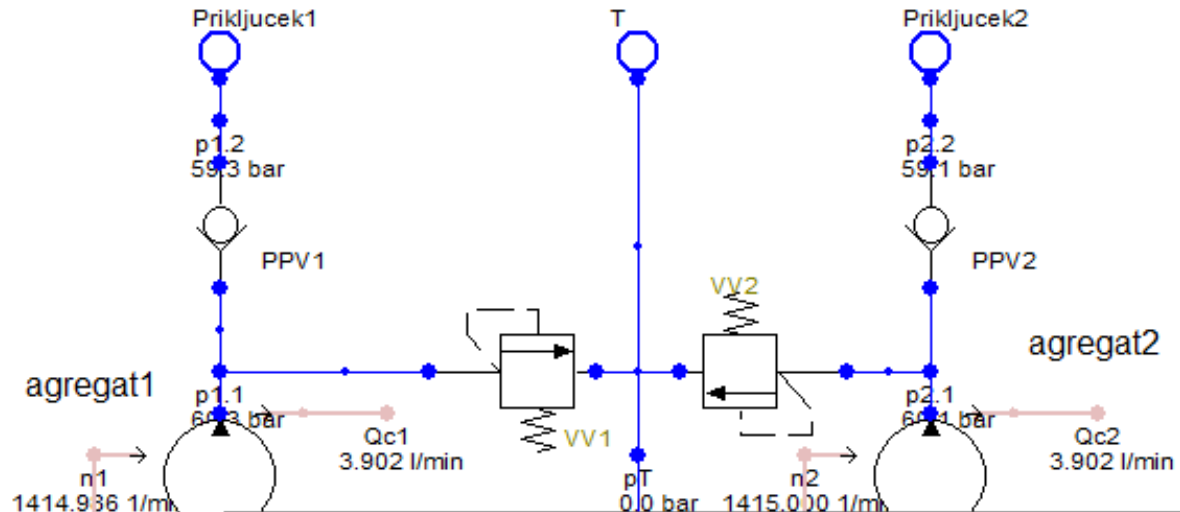
Generator vrtljajev kot elektromotor črpalke. **Kreiranje funkcijskega generatorja.** V razmislek: ali lahko uporabimo kateri drugi element za kreiranje vrtljajev konstantne amplitude?



The screenshot shows the configuration window for 'generator1'. The 'Function type' is set to 'Constant'. The 'Amplitude' is set to '1415' with a unit of '1/min'. The 'Offset' is set to '0'. The 'Time elapsed' section shows 'Start' at '0' s, 'Duration' at '999' s, and 'Repetitions' at '1'. The 'Switching condition' is set to 'none'. The 'End' section has 'time controlled' selected.

# NALOGA 1

Kreiranje hidravlične črpalke, **PumpRotationalSpeed**. Izračun ustrezne iztisnine zobniške črpalke na vrtljaj, če poznamo nazivni volumski tok 46 l/min pri konstantnem številu vrtljajev motorja 1415 vrt/min.



DisplacementVolume	2.8	cm <sup>3</sup>
ViscousDamping	0.0001	Nms
InternalLeakage	0.001	l/min/bar
ExternalLeakage	0	l/min/bar
CavitationPressure	0	l/min/bar
EthaHM	-0.5	bar
InertiaMoment	1	
DifferentiationTime	0.05	kgm <sup>2</sup>
PrefixMomentum	1	ms
RotationalSpeedPT1	-1	- reaction momentum
Name intern	0	
Class		
		PumpRotationalSpeed1
		PumpRotationalSpeed



# NALOGA 1

Kreiranje hidravlične črpalke, **PumpRotationalSpeed**. Izračun ustrezne iztisnine zobniške črpalke na vrtljaj, če poznamo nazivni volumski tok 46 l/min pri konstantnem številu vrtljajev motorja 1415 vrt/min.

The image shows a hydraulic simulation interface. On the left, a schematic diagram of a pump assembly is visible, including components like 'agregat1', 'Prikjucek1', 'PPV1', 'VV1', 'T', 'VV2', 'PPV2', and 'agregat2'. A red arrow points from the 'Prikjucek2' component in the diagram to the 'crpalka1' parameter window on the right.

The 'crpalka1' window displays the following parameters:

Name	Value	Unit
DisplacementVolume	2.8	cm <sup>3</sup>
ViscousDamping	0.0001	Nms
InternalLeakage	0.001	l/min/bar
ExternalLeakage	0	l/min/bar
CavitationPressure	-0.5	bar
EthaHM	1	
RotationalSpeedPT1	0	

Below the schematic, a detailed parameter list for the pump is shown:

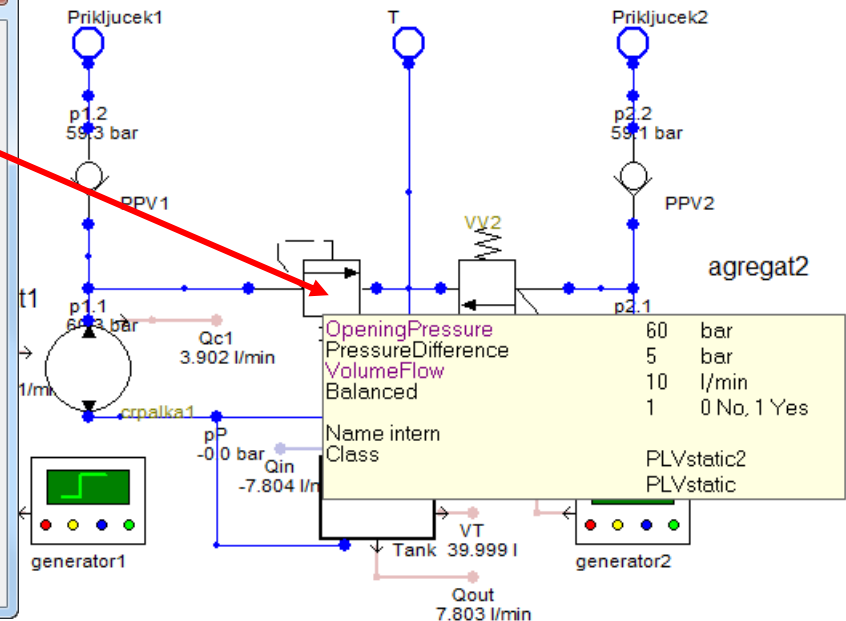
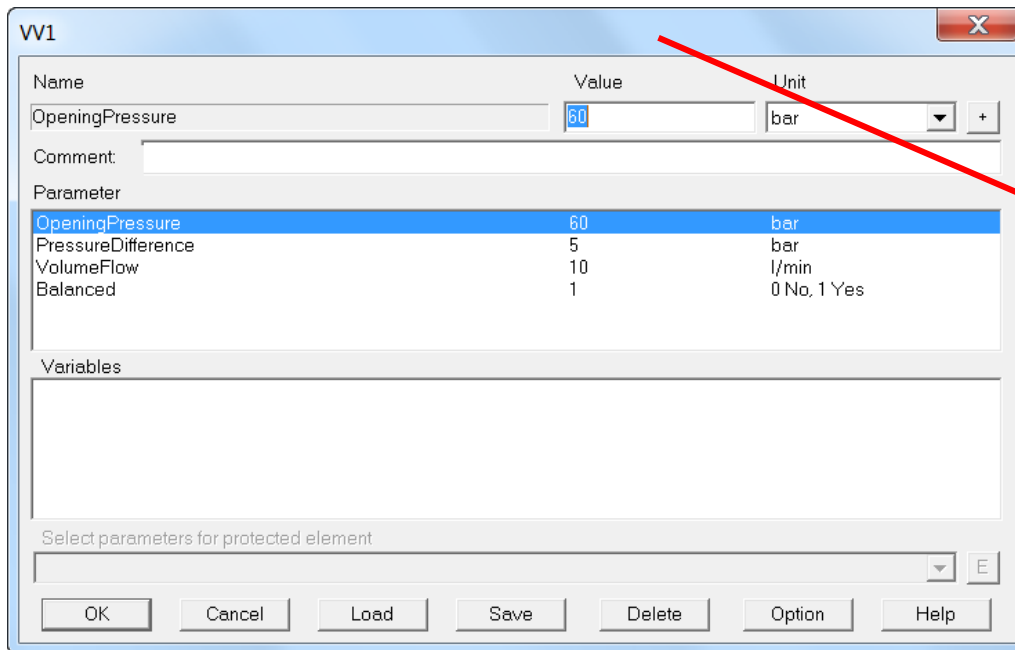
DisplacementVolume	2.8	cm <sup>3</sup>
ViscousDamping	0.0001	Nms
InternalLeakage	0.001	l/min/bar
ExternalLeakage	0	l/min/bar
CavitationPressure	-0.5	bar
EthaHM	1	
InertialMoment	1	
DifferentiationTime	0.05	kgm <sup>2</sup>
PrefixMomentum	1	ms
RotationalSpeedPT1	-1	- reaction momentum
Name intern	0	
Class		
	PumpRotationalSpeed1	
	PumpRotationalSpeed	

At the bottom left, a 'genera' block is shown with a green square icon. The flow rate 'Qc1' is indicated as 3.902 l/min.

Dejanski volumski tok črpalke z upoštevanjem izgub je prikazan kot izhod Qc1.

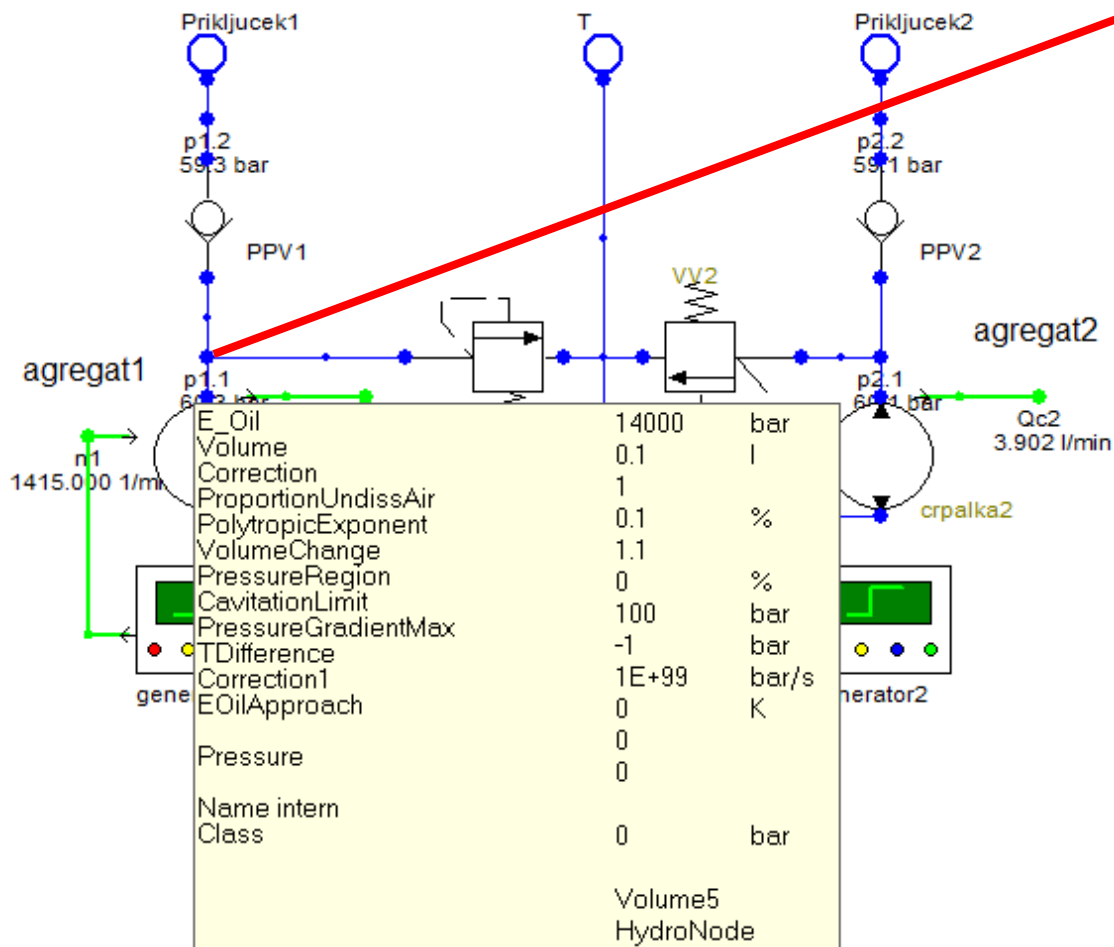
# NALOGA 1

**Kreiranje varnostnega ventila.** Definiranje parametrov varnostnega ventila. Tlak 200 bar, volumski tok 60 l/min pri tlačni razliki 5 bar.



# NALOGA 1

Definiranje parametrov cevi med črpalko in protipovratnim ventilom. Volumen 0,1 l (volumen realnih cevovodov) in začetni tlak ( $p=0$  bar).



**p1.1** ✖

Volume  l

Initial pressure  bar

Temperature difference  K

---

Bulk-modulus options

Calculation  by look-up table  explicit

manual setting of bulk-modulus

Bulk-modulus  bar

common correction of bulk-modulus

---

Air properties

Proportion undiss. air  %

Polytropic exponent  ...

---

Properties of hoses

Change of volume  %

Reference pressure  bar

---

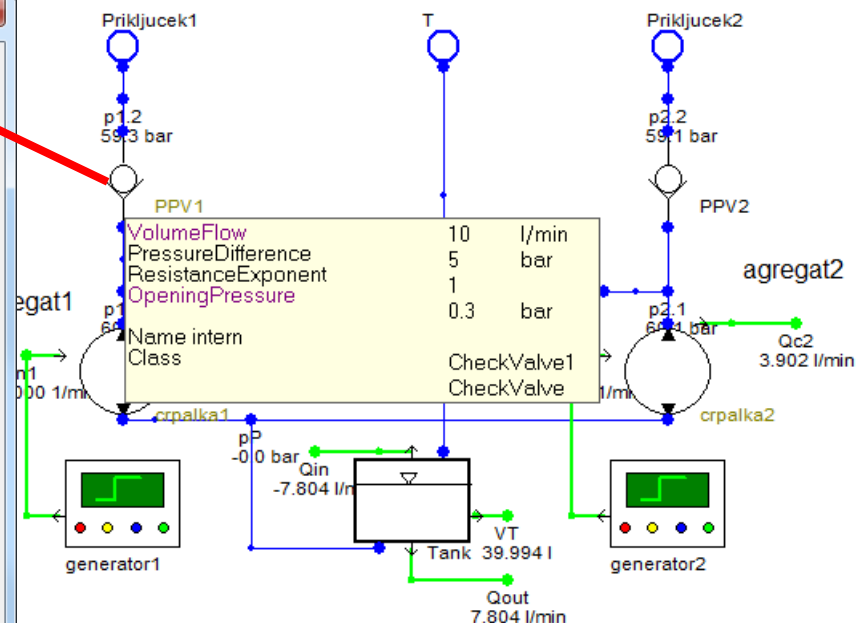
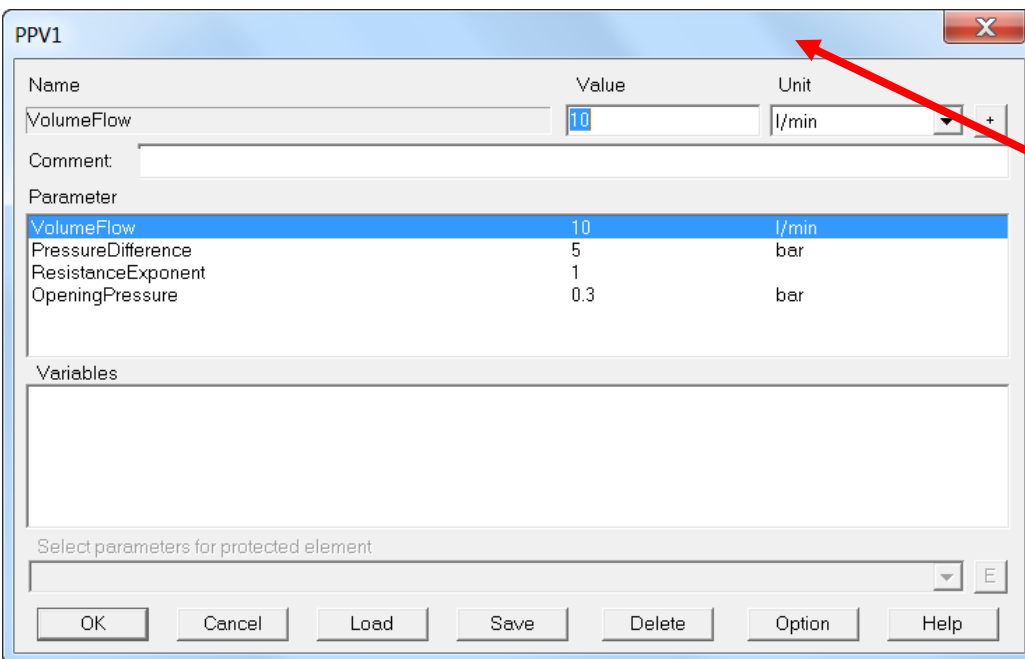
Options

Max. pressure gradient  bar/s

Cavitation threshold  bar

# NALOGA 1

**Definiranje parametrov protipovratnega ventila (CheckValve).**  
Volumski tok 60 l/min pri tlačni razliki 5 bar, odpiralni tlak znaša 1 bar.



# NALOGA 1

Definiranje parametrov cevi med protipovratnim ventilom in končnim priključkom (volumen 0,1 l). Začetni tlak  $p=0$  bar.

The image shows a hydraulic simulation interface. On the left, a schematic diagram includes components like 'Prikluček1', 'T', 'Prikluček2', 'PPV2', 'agregat2', 'crpalka2', and 'generator2'. A yellow data table is overlaid on the diagram, listing various parameters for a pipe section. A red arrow points from the 'p1.1' label in the diagram to the 'p1.1' dialog box on the right. The dialog box contains settings for volume, pressure, temperature, bulk modulus, and air properties.

E_Oil	14000	bar
Volume	0.1	l
Correction	1	
ProportionUndissAir	0.001	
PolytropicExponent	1.1	
VolumeChange	0	
PressureRegion	0	
CavitationLimit	100	bar
PressureGradientMax	-1	bar
TDifference	1E+99	bar/s
Correction1	0	K
EOilApproach	0	
Pressure	0	
Name intern	0	bar
Class	0	
Volume1		
HydroNode		
Qout	7.804	l/min

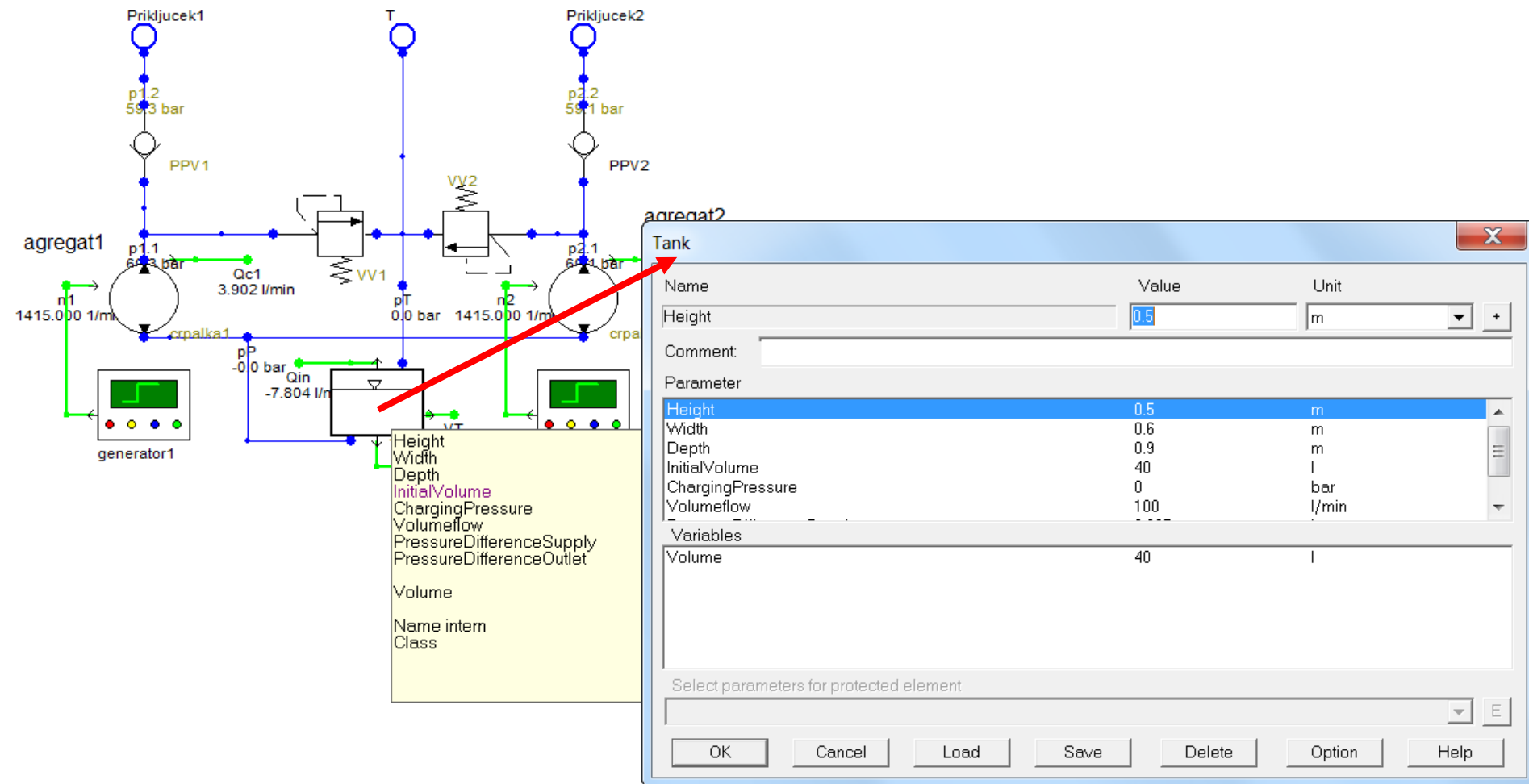
**p1.1** dialog box settings:

- Volume: 0.1 l
- Initial pressure: 0 bar
- Temperature difference: 0 K
- Bulk-modulus options:
  - Calculation:  by look-up table  explicit
  - manual setting of bulk-modulus
  - Bulk-modulus: 14000 bar
  - common correction of bulk-modulus
- Air properties:
  - Proportion undiss. air: 0.1 %
  - Polytropic exponent: 1.1
- Properties of hoses:
  - Change of volume: 0 %
  - Reference pressure: 100 bar
- Options:
  - Max. pressure gradient: 1E99 bar/s
  - Cavitation threshold: -1 bar

Buttons: OK, Cancel, Options, Help

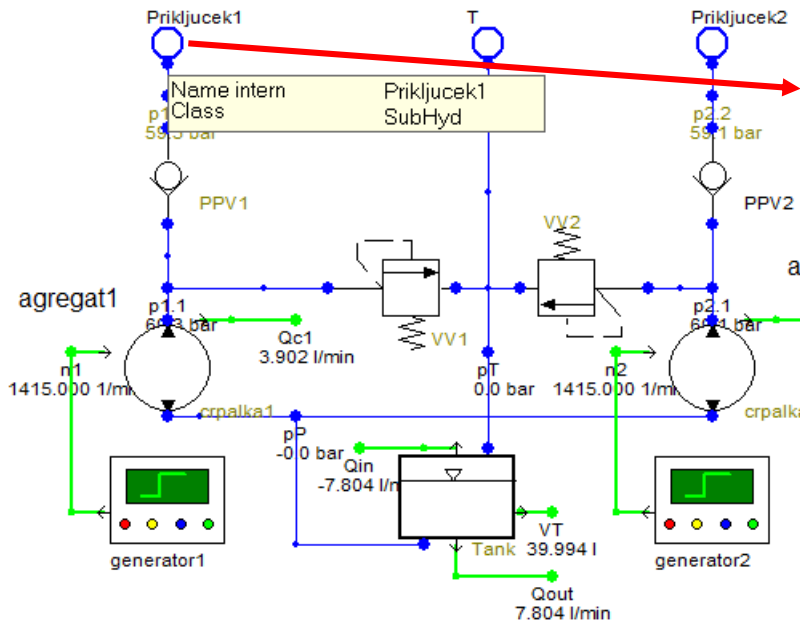
# NALOGA 1

**Definiranje parametrov rezervoarja hidravličnega agregata.**  
Nastavi dimenzije in volumen rezervoarja. Ne pozabi začetne količine olja v rezervoarju.



# NALOGA 1

**Definiranje parametrov končnega priključka (SubHyd).**  
Parametrov priključka ni, saj nam sam priključek pove, da gre za hidravlični zaključni člen. Z OK potrdite.



### Prikljucek1

Name	Value	Unit

Comment:

Parameter

Variables

Select parameters for protected element

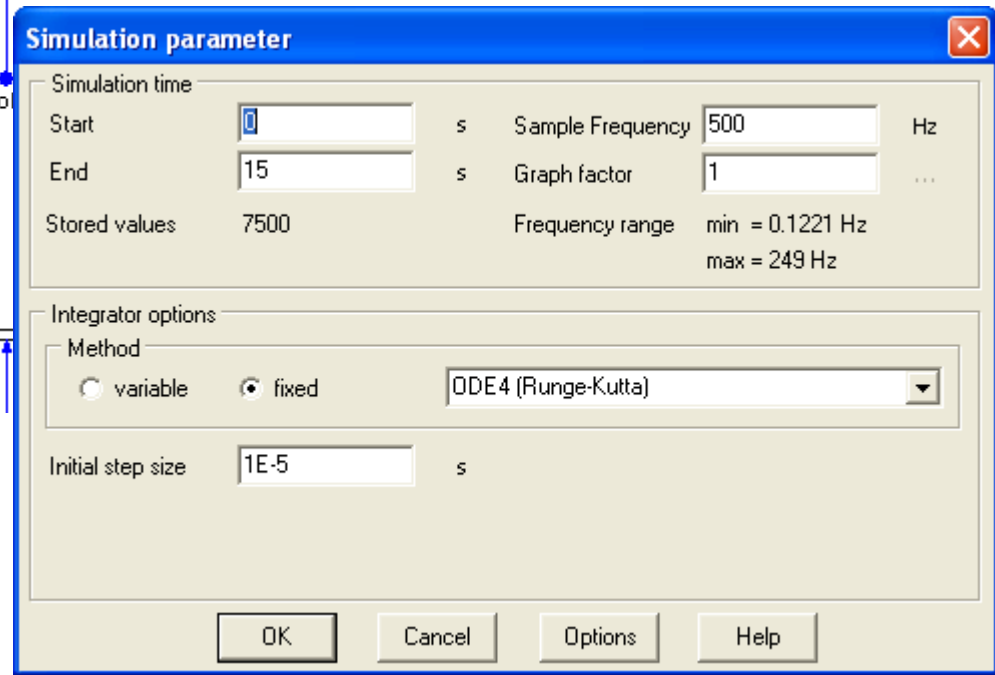
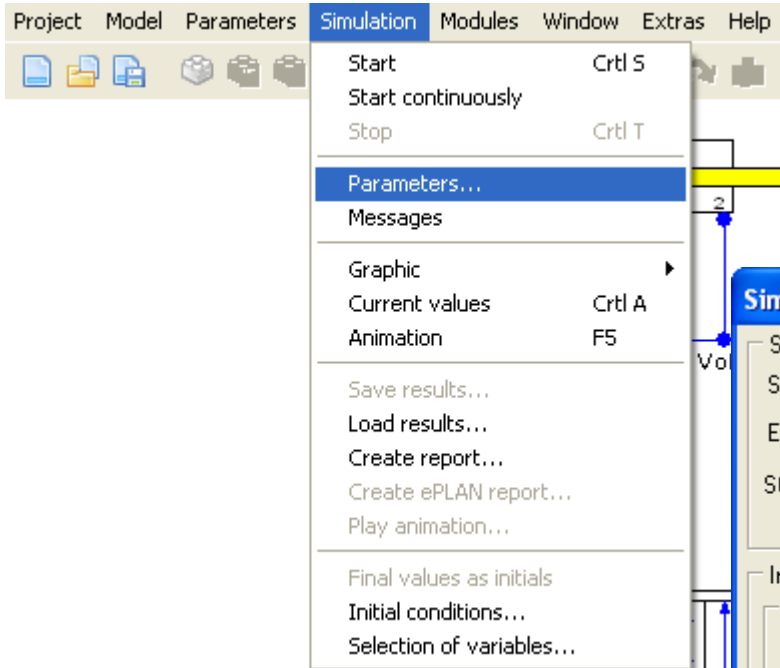
OK Cancel Load Save Delete Option Help

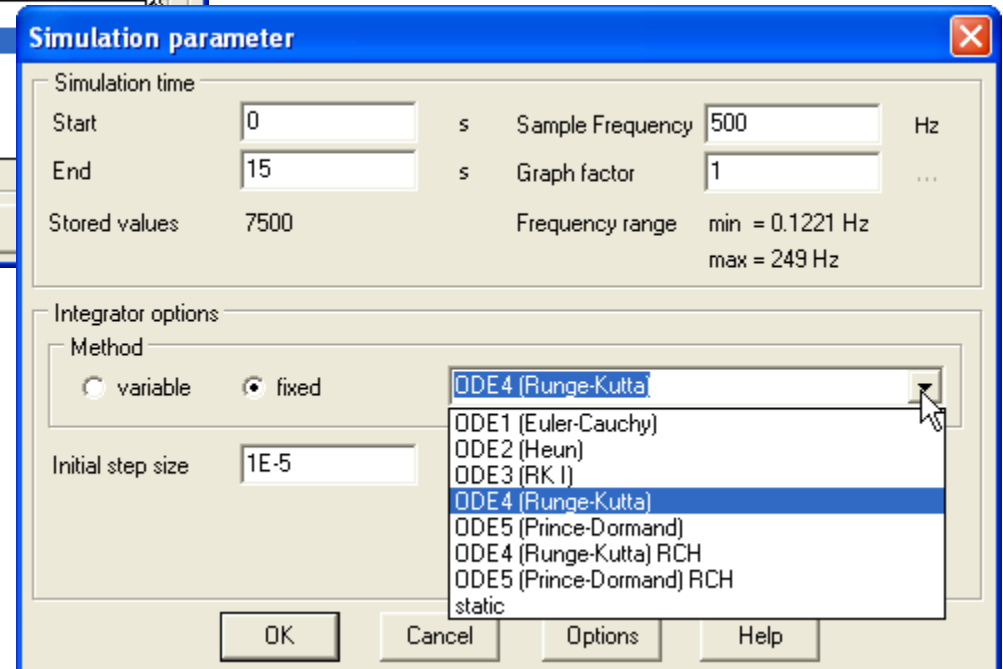
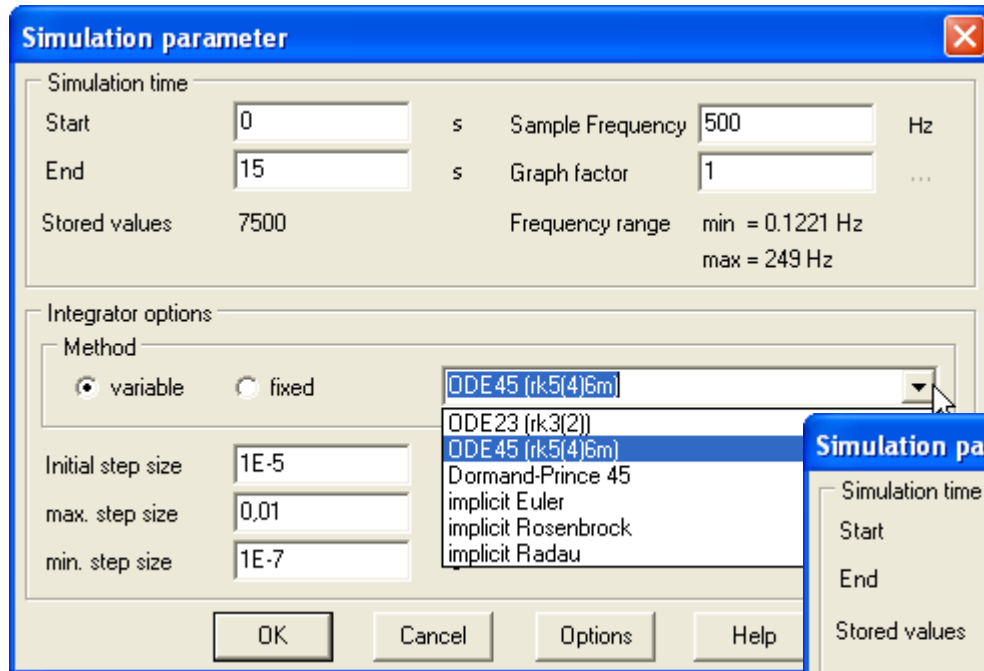
The image shows a software interface with a 'Parameters' menu open and a 'Fluid options' dialog box displayed. The menu includes options like 'Load...', 'Save', 'Save as...', 'Delete...', 'Show...', 'Show favorites...', 'ASCII-Import...', 'ASCII-Export...', 'Status', 'Protection', 'Look-up tables...', 'Fluid options', and 'Parameter selection...'. The 'Fluid options' dialog box has two tabs: 'Fluid Parameters' and 'Dirt Parameters'. The 'Fluid Parameters' tab is active, showing the following settings:

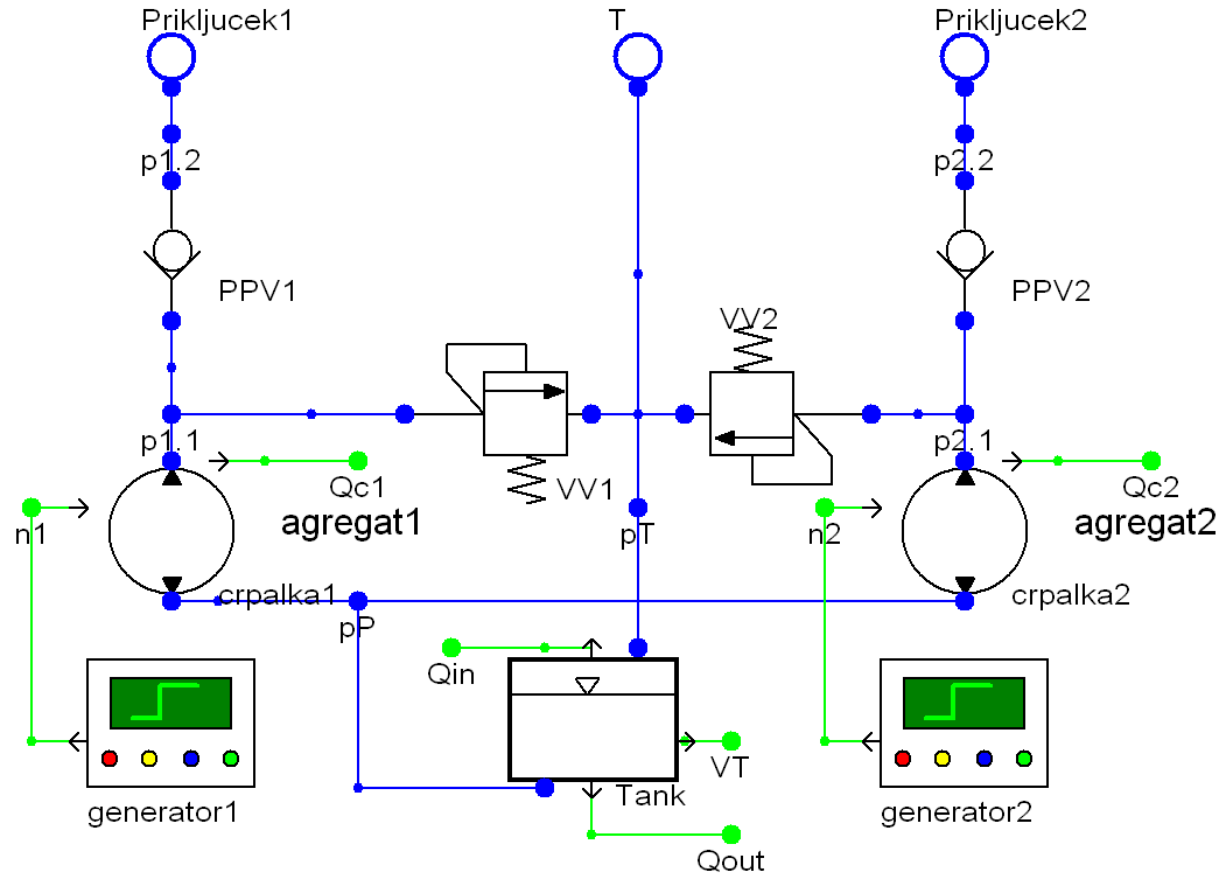
Parameter	Value	Unit
Fluid	HLP 32	
Ambient temperature	293	
Fluid temperature	313	
Bulk modulus	14862.2	bar
Viscosity	32.2	mm <sup>2</sup> /s
Density	835.3	kg/m <sup>3</sup>
Heat capacity	2033.3	J/kgK
Volume expansion factor	0.00074	1/K

The dialog box also features 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom.

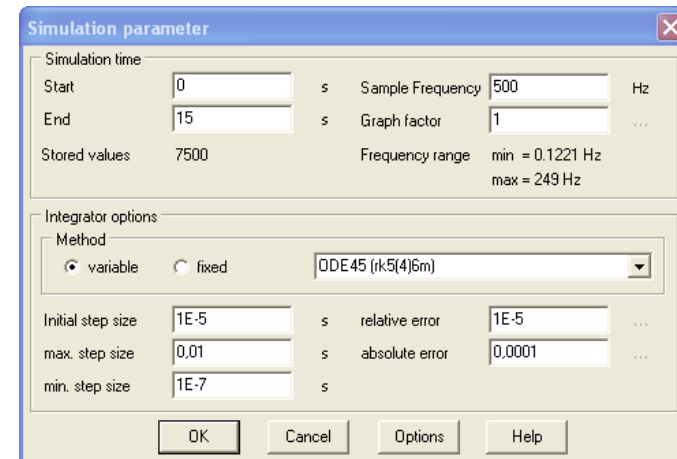






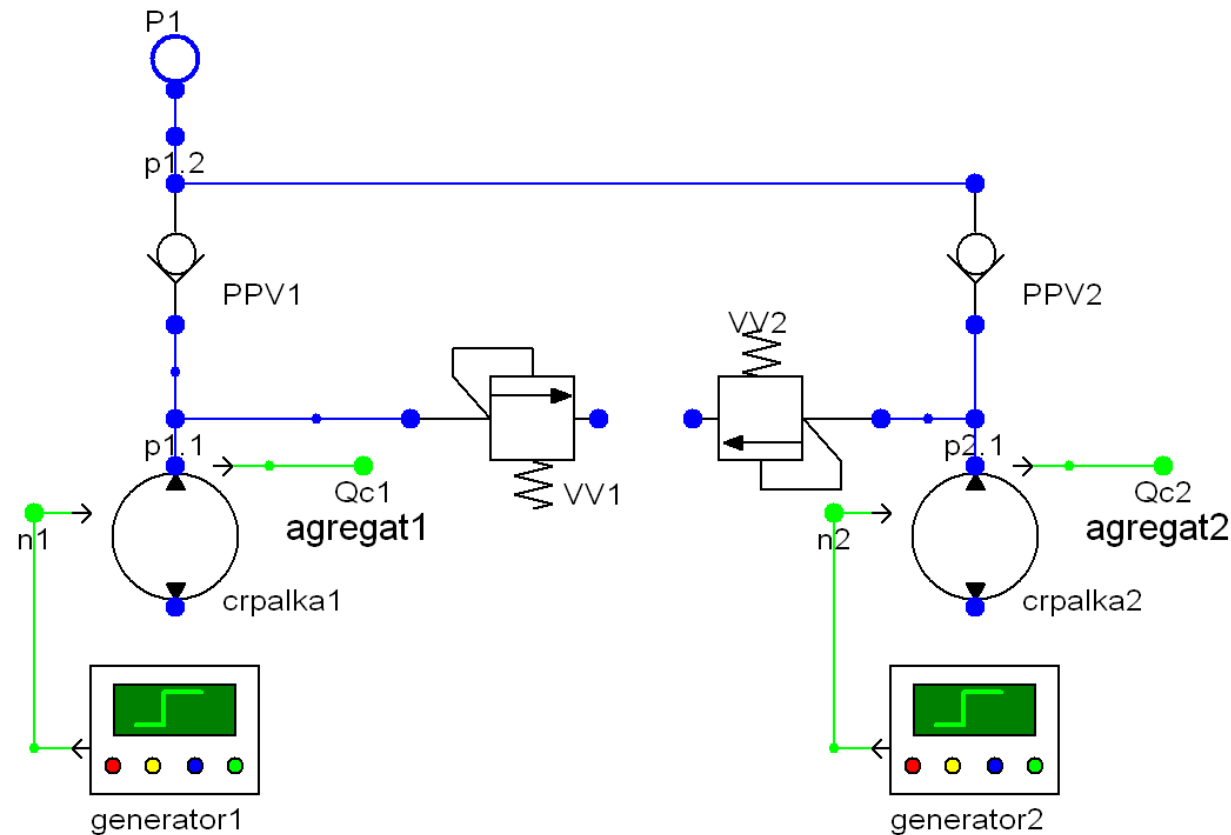


Uporabljamo spremenljivo metodo integracije ODE45 (rk5(4)j6m)

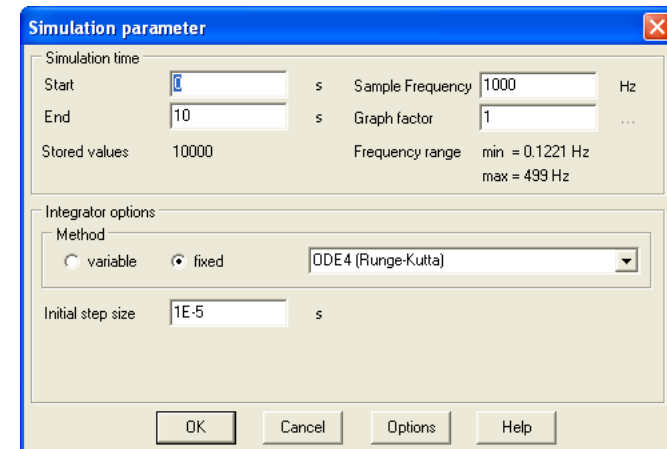


## NALOGA 2

S pomočjo simulacijskega orodja **DSH<sup>PLUS</sup>** izdelaj poenostavljen simulacijski model agregata brez upoštevanja rezervoarja.

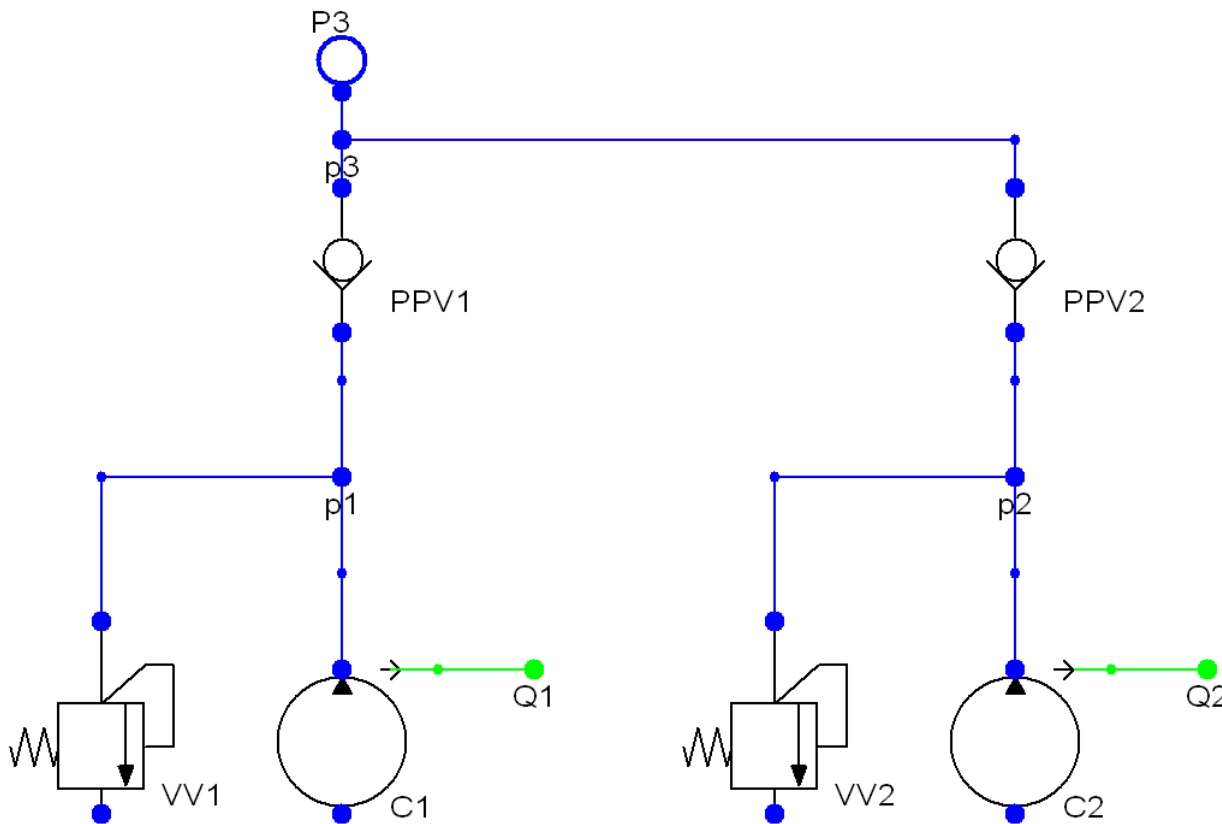


Uporabljamo fiksno metodo integracije ODE4 (Runge kutta)

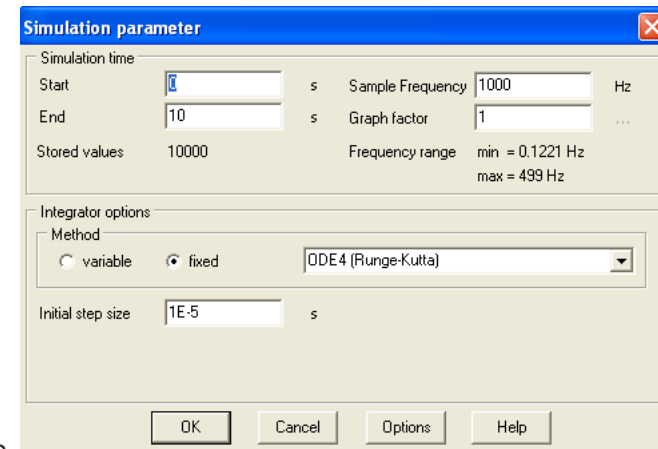


## NALOGA 3

S pomočjo simulacijskega orodja **DSH<sup>PLUS</sup>** izdelaj poenostavljen simulacijski model agregata brez upoštevanja rezervoarja in elektromotorjev za pogon črpalk.

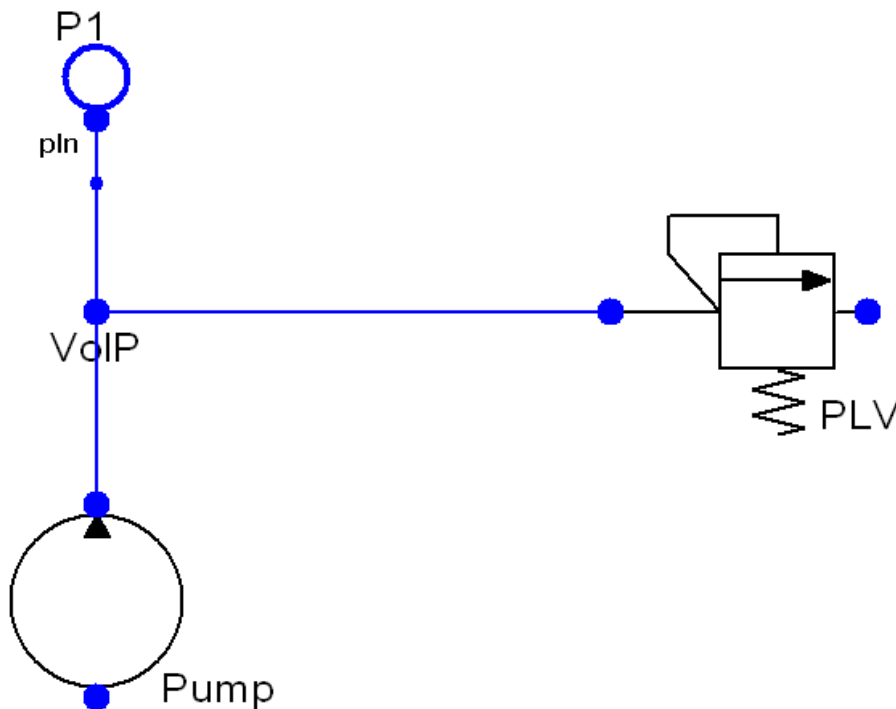


Uporabljamo fiksno metodo integracije ODE4 (Runge kutta)

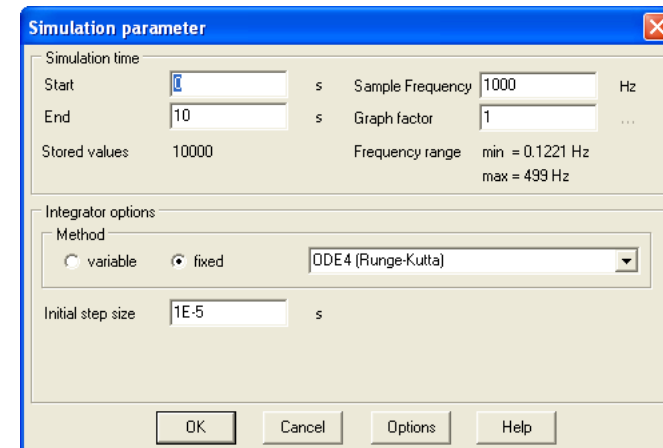


## NALOGA 4

S pomočjo simulacijskega orodja **DSH<sup>PLUS</sup>** izdelaj poenostavljen simulacijski model agregata brez upoštevanja rezervoarja in elektromotorjev za pogon črpalk. Dve črpalci nadomesti z eno, ki zagotavlja enake parametre kot obe črpalci skupaj.



Uporabljamo fiksno metodo integracije ODE4 (Runge kutta)



Analiziraj hitrost delovanja modela pri vseh štirih modelih agregata in pri različnih integracijskih metodah.

Hvala za pozornost