

DIMENSIONISANJE PRSTENASTIH VODOVODNIH MREŽA

DIMENSIONING OF RING-TYPE WATER SUPPLY NETWORKS

K. POPOVSKI, V. MIJAKOVSKI I M. PETKOVSKI,
TEHNIČKI FAKULTET, BITOLJ, MAKEDONIJA

Za klasičan proračun vodovodnih mreža potrebno je mnogo vremena i preciznosti, a kompjuterski programi su veoma skupi. Radi smanjenja vremena proračuna i povećanja preciznosti, a da se ne troše materijalna sredstva, napravljen je kompjuterski program koji radi potpuno automatski i za čije korišćenje nije potrebno ranije iskustvo ili veliko poznavanje kompjuterske tehnike. Postoje dve vrste vodovodnih mreža – razgranjeni i prstenasti. Prstenasta mreža sastoji se od niza zatvorenih kola (prstenova) koji okružuju potrošače i snabdevaju ih vodom preko grana (deonica). Takve vodovodne mreže imaju prednost u odnosu na razgranate mreže zato što ne traže prekid u radu cele mreže za vreme isključivanja pojedinih njenih delova. Sa potrebnim ulaznim podacima proračunavaju se prečnici svih deonica i zadovoljava dozvoljeni pad pritiska u njima.

Ključne reči: prstenaste vodovodne mreže; dimenzionisanje; kompjuterski program

Standard calculation of water supply networks takes a lot of time and requires high accuracy while computer programmes for this purpose are very expensive. A computer program has been made to reduce the calculation time and to increase the calculation accuracy with no additional cost. The program is fully automatic and does not require previous experience and advanced computer knowledge to operate it. There are two types of water supply networks, branched and ring-type. Ring type consists of a series of closed loops (rings) surrounding the consumers and supplying them with water through branches (sections). This type of water supply networks has an advantage over branched type because they do not require stopping of water in the entire network in a case of exclusion of certain parts of the network. When all input parameters are known, it is necessary to calculate the diameters of all sections and meet the required pressure drop in each of them.

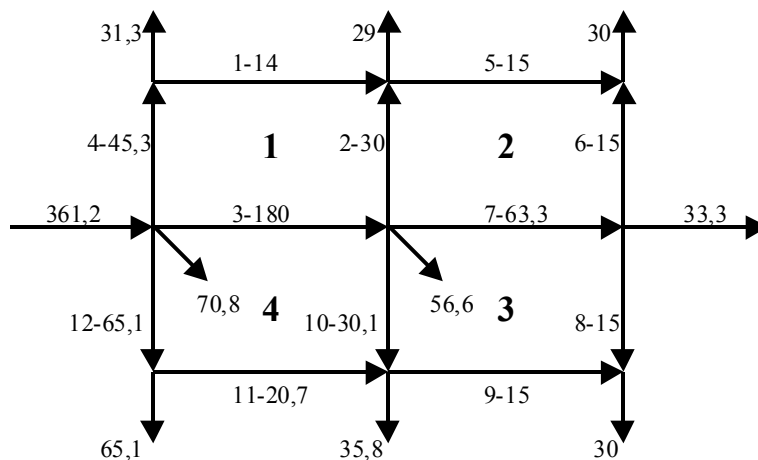
Key words: ring water supply networks; dimensioning; computer programme

1. MATEMATIČKI MODEL

Postoje dva tipa vodovodnih mreža, razgranjeni i prstenasti. Prstenasta mreža, Sl. 1, se sastoji od niz zatvorenih kola (prstena) koji opkružuju potrošače i snabdevaju ih vodom preko grana (deonica). Ovakve vodovodne mreže imaju prednost u odnosu na razgranate mreže zato što ne traže prekid u radu cele mreže za vreme isključivanja pojedinih njenih delova. Kada se izvodi proračun prstenastih vodovodnih mreža moraju biti zadovoljeni dva zakona u hidraulici:

- algebarski zbir protoka u čvoru mora biti jednak nuli, naime, količina vode koja ulazi u čvor treba biti jednaka količini vode koja izlazi iz njega i
- pri konstantnom strujanju, razlika pritisaka između bilo koja dva preseka u mreži troši se za savladavanje otpora i visinske razlike između ta dva preseka.

Za objašnjenje matematičkog modela, na osnovu koga je napravljen kompjuterski program, uzima se jedan konkretan primer za mrežu koja je prikazana na Sl.1. Svaka deonica je označena rednim brojem i dat je protok vode kroz nju. Mreža je sastavljena od četiri prstena koji su označeni rednim brojevima u sredini prstena. Za rad sa kompjuterskim programom potrebno je da se prethodno napuni datoteka ulaznih podataka (sa poznatim veličinama mreže).



Sl. 1. Prstenasta vodovodna mreža

Ulazni podaci su protoci i dužine svake deonice i potrebna količina vode u svakom čvoru.

Dozvoljen ukupan pad pritiska u prstenu je $\Sigma\Delta p=5000$ Pa, (Šašić, 1982). Ova vrednost pada pritiska je dovoljna da celokupni proračun mreže bude sa zadovoljavajućom tačnošću, ali kompjuterski program omogućava da dozvoljeni ukupan pad pritiska u nekim slučajevima bude i manji od 100 Pa.

Broj prstena: $j=4$

Broj deonica: $i=12$

Koeficijent hrapavosti cevi: $\lambda=0,018$

Gustina vode: $\rho=1000$ kg/m³

Za proračun mreže potrebno je usvojiti i relativni smer kretanja vode u prstenu, a ovde je usvojeno da pozitivni smer bude u smeru kazaljke na satu.

Sa ovim ulaznim podacima potrebno je proračunati prečnike svih deonica i zadovoljiti dozvoljeni pad pritiska za njih.

Proračun se odvija ovim redosledom.

Prečnik cevi,

$$D_i = 0,025 \cdot (\rho \cdot q_i)^{0,48} \text{ m.}$$

Proračunati prečnik standardizuje se na prvi veći.

Preporučljive brzine vode u cevima su,

$$w = 0,75 - 2 \text{ m/s.}$$

Hidraulični otpori,

$$S_i = \rho \cdot 0,01454 \cdot L_i \cdot D_i^{-5,33} \text{ Pa} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^6.$$

Gubici energije usled trenja (pad pritiska),

$$\Delta p_i = S_i \cdot q_i^2 \text{ Pa}.$$

Korekcija protoka u prstenu,

$$\Delta q_j = - \frac{\sum \Delta p_i}{2 \cdot \sum S_i \cdot q_i} \text{ m}^3 / \text{s}.$$

2. NUMERIČKI PRIMER

Proračun se izvodi u nekoliko iteracija, a ima onoliko iteracija koliko je potrebno da pad pritiska bude manji ili jednak dozvoljenom padu pritiska.

Tab. 1. Pregled proračunatog protoka u svakoj iteraciji

Deonica	l m	q l/s	$q - 1$ l/s	$q - 2$ l/s	$q - 3$ l/s	d mm	Δp Pa
1	880.000	14.000	9.410	9.241	9.233	100.0	234975
2	735.000	30.000	32.242	32.362	32.362	151.0	267734
3	880.000	180.000	185.000	185.469	185.445	313.9	212451
4	735.000	45.300	36.760	36.593	36.602	160.3	249003
5	880.000	15.000	14.280	14.281	14.241	100.0	559026
6	735.000	15.000	16.305	16.304	16.365	100.0	616599
7	880.000	63.300	64.744	63.719	63.708	211.1	208051
8	735.000	15.000	15.908	16.739	16.739	100.0	645149
9	880.000	15.000	14.485	15.035	15.035	100.0	623128
10	735.000	30.100	30.722	29.906	29.909	151.0	228694
11	880.000	20.700	18.623	18.291	18.275	125.0	280049
12	735.000	65.100	62.434	62.163	62.147	211.1	165357

Proračun mreže odvija se iterativno. Broj iteracija zavisi od tačnosti koja se određuje u programu. U ovom slučaju tačnost je 0,1 l/s, što znači da razlika između protoka u deonici od prethodne iteracije i momentalno posmatranog protoka u istoj deonici ne treba da je veća od 0,1 l/s.

Tačnost matematičkog modela i kompjuterskog programa je dokazana upoređenjem sa rezultatima proračuna iste mreže datim u (Šašić, 1982). Uporedni prikaz rezultata proračuna je predstavljen u Tab. 2.

Tab. 2. Uporedni prikaz rezultata

Deonica	Početni protok l/s	Proračunati protok l/s	Proračunati protok l/s (Šašić, 1982)	l m	d mm	d mm (Šašić, 1982)
1	14.000	9.233	9.470	880	100.0	150
2	30.000	32.362	32.500	735	151.0	200
3	180.000	185.445	190.480	880	313.9	400
4	45.300	36.602	40.770	735	160.3	200
5	15.000	14.241	12.970	880	100.0	150
6	15.000	16.365	17.030	735	100.0	150
7	63.300	63.708	67.580	880	211.1	300
8	15.000	16.739	17.250	735	100.0	150
9	15.000	15.035	12.750	880	100.0	150
10	30.100	29.909	33.800	735	151.0	200
11	20.700	18.275	14.750	880	125.0	150
12	65.100	62.147	59.150	735	211.1	250

3. UPOTREBLJENE OZNAKE

- d prečnik deonice,
 H geodetska visina čvora u mreži,
 l dužina deonica,
 p pritisak u mreži,
 q zapreminski protok vode u deonice,
 w brzina vode u deonice,
 Δp gubitak energije usled trenja.

4. LITERATURA

- [1] Šašić, M., *Transport fluida u cevima*, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija, 1982.
- [2] Stojanovski V., Popovski K., *Transportni sistemi i transport vo cevki*, Zbirka na rešeni i ispitni zadači, I del, Tehnički fakultet, Bitola, Makedonija, 2004.
- [3] Mijakovski V., *Praktikum po transport na fluidi*, Tehnički fakultet, Bitola, Makedonija, 2003.
- [4] Mijakovski V., *Transport na fluidi, Zbirka na rešeni zadači*, Tehnički fakultet, Bitola, Makedonija, 2003.
- [5] Dymond J.H., Nieto de Castro C.A., *Transport properties of fluids: their correlation, prediction and estimation*, Cambridge University Press, UK, 1996.
- [6] Swamee P.K., Sharma K.A., *Design of water supply pipe networks*, Wiley-interscience, 2008.