

Dimenzionisanje instalacija vodovoda za sanitarne potrebe u objektima primenom standarda SRPS EN 806-3

Matija Stipić¹
Marijana Milić²
Slobodan Tašin³
Srđan Kolaković⁴

APSTRAKT: Dimenzionisanje unutrašnjih instalacija vodovoda u objektima u našoj praksi se najčešće radi primenom standarda, obrazaca i tabela iz 60-tih godina prošlog veka. Određivanje protoka i gubitka pritiska u cevima se vrši primenom Brixovog obrasca i tablica. U Srbiji je tokom 2011.g. prihvaćen evropski standard EN 806-3 za određivanje dimenzija vodovodnih cevi za piće u objektima. Standard utvrđuje protoke na točecim mestima kao i projektovani protok po deonicama. U radu je dat osvrt na dimenzionisanje cevi u današnjoj inženjerskoj praksi i pregled osnovnih principa u prihvaćenom standardu, koji kod nas nije uzео veću primenu u praksi. Pored utvrđivanja protoka prikazan je proračun gubitka pritiska u cevima i primena gotovih tabela. Rad obuhvata i dimenzionisanje vodomera za stambene objekte.

Ključne reči: unutrašnji vodovod, dimenzionisanje cevi

Pipe sizing for sanitary installations inside buildings through the application of the standard SRPS EN 806-3

ABSTRACT: Installations inside buildings conveying water for human consumption are commonly sized by applying standards, forms and charts dating from the 1960s. Flow rate and pressure losses in the installations are determined from the Brix scale and charts. The European Standard EN 806-3 Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption was given a status of a national standard in Serbia in 2011. The Standard specifies flow rates at draw-off points and design flow rates for sections of installations. The paper addresses pipe sizing in today's engineering practice and a review of basic principles in the adopted Standard which still has not been widely used in practice. In addition to determination of flow rates, calculation of pressure losses in pipes and application of ready-to-use charts are included. Water meter sizing for residential buildings is also included in the paper.

Key words: installations inside buildings, pipe sizing

¹ Doc dr Matija Stipić, dipl. inž. građ., Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
matija@vojvodinaprojekt.rs

² aps Marijana Milić, dipl. inž. građ., Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

³ Doc dr Slobodana Tašin, dipl. inž. maš., Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
tasholi@uns.ac.rs

⁴ Prof dr Srđan Kolaković, dipl. inž. građ., Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad,
kolak@uns.ac.rs

1 Uvod

Dimenzionisanje unutrašnjih instalacija vodovoda za sanitarne potrebe u objektima u Srbiji se vrši na osnovu „Smernica za proračun vodovoda u kućama“ uveden u Nemačkoj putem normi DVGW W 308, a koji propisuje DIN 1988 (iz 1962 g.) [1]. Protok u deonici se određuje primenom sledećeg obrasca:

$$Q = 0,25B^{0.25} \quad (1)$$

gde je: Q - protok u deonici (L/s), B - broj izlivnih jedinica (IJ).

Izlivna jedinica (IJ) ili jedinica opterećenja (JO) predstavlja protok vode na izlivnom mestu koji daje ispusnica prečnika 10 mm, pri punom mlazu, a pri izlivnom pritisku od 5 mVS, odnosno 1 IJ=0,25 L/s. U Tabeli 1. su date vrednosti IJ (JO) za standardna izlivna mesta kao i potreban minimalni pritisak.

Tabela 1. Standardna izlivna mesta

Table 1. Typical draw off points

Vrsta izlivnog mesta	Q (L/s)	IJ -	Minimalni pritisak vode (mVS)
Izlivni ventil			
DN10	0,25	1,00	5
DN15	0,40	2,50	5
DN29	1,00	16,00	5
DN25	1,50	36,00	5
Umivaonik	0,18	0,50	10
Sudopera	0,25	1,00	10
Mašina za pranje sudova	0,18	0,50	10
Mašina za veš	0,18	0,50	10
Tuš	0,18	0,50	10
Vodokotlić	0,13	0,25	5
Pisoar (bide)	0,13	0,25	10
Kada	0,30	1,50	10

Gubitak pritiska (energije) na deonici određuje se primenom opšte prihvaćenog Keltingovog obrasca [5]:

$$h = lBaD^{-b} \quad (2)$$

gde je: h - gubitak pritiska na deonici (mVS), l - dužina deonice (m), B - broj izlivnih jedinica (IJ), D - unutrašnji-stvarni prečnik cevi (cm), a - koeficijent: za čelične navojne (pocinkovane) cevi 7,10, za cevi od plastičnih masa i bakra 3,74; b - koeficijent: za čelične navojne (pocinkovane) cevi 5,436, za cevi od plastičnih masa i bakra 5,412.

Keltingovim obrascem su pored linijskih gubitaka obuhvaćeni i lokalni gubici (sa učešćem od oko 50%) a uračunat je i dodatak za inkustraciju cevi (kod čeličnih cevi od 0,5 do 1,5 mm). U inženjerskoj praksi, u našoj zemlji i regionu, se za utvrđivanje gubitka pritiska (energije) u cevima koriste gotove tablice, koje veoma često nose naziv po inženjeru Brixu. Tablice su dobijene primenom Keltingovog obrasca pri čemu su za proračun u obrascu, u većini primenjenih tablica, korišćeni nominalni prečnici cevi (DN) a ne stvarni unutrašnji prečnici cevi (ID). Zbog toga se u tablicama prikazuju veći gubici pritiska duž deonica i unosi netačnost u proračunu u odnosu na unutrašnji-stvarni prečnik cevi [4], [5], [8]. Sračunati povećani gubici utiču na predimenzionisanje buster crpnih postrojenja unutar stambenih objekata, što za posledicu ima značajno povećanu potrošnju energije, troškove pumpanja, nepotrebno veće pritiske u cevima, gubitke vode.

2 Primena SRPS EN 806-3

Evropski standard, EN 806-3, pod nazivom: „Specifikacije za instalacije u objektima za sprovođenje vode za ljudsku upotrebu-Deo 3: Određivanje veličine cevi-uprošćeni postupak“ odobren je 2006.g. od strane CEN-a. Tokom 2011.g. od strane Instituta za standardizaciju Srbije prihvaćen je ovaj standard bez ikakvih modifikacija kao srpski standard SRPS EN 806-3 na engleskom jeziku, [7]. Standard se odnosi na sisteme vode za piće u objektima i u njemu je opisana računaska metoda za dimenzionisanje standardnih vodovodnih instalacija u objektima. Standard ne obuhvata protivpožarnu unutrašnju hidrantsku mrežu. Standard uvodi određene nazive i definicije (Tabela 2.).

Tabela 2.Simboli i definicija
Table 2. Symbols and definitions

Naziv	Simbol	Jedinica	Definicija
Minimalni protok na točjećem mestu	Q_{min}	L/s	Protok na točjećem mestu koja je potreban za funkcionisanje uređaja
Protok na točjećem mestu	Q_A	L/s	Računski protok na uređaju koja se uzima u proračunima
Ukupni protok	Q_T	L/s	ΣQ_A , zbir svih protoka na točjećim mestima - svih uređaja koji se snabdevaju vodom
Projektovani protok	Q_D	L/s	Protok za hidraulički proračun za dimenzionisanje cevi, uzimajući u obzir eventualnu istovremenu potrošnju
Minimalni pritisak pri protoku vode	P_{min}	Pa	Manometarski pritisak potreban na priključku sa točjećim mestom
Jedinica opterećenja	LU	1	Faktor koji obuhvata protok potreban na nekom uređaju, dužinu trajanja korišćenja uređaja i učestalost korišćenja. Jedna jedinica opterećenja (1 LU) jednaka je vrednosti protoka na točjećem mestu od $Q_A = 0,1$ L/s.

Pod standardnom instalacijom se podrazumeva:

- protok na točjećem mestu nije veći od vrednosti iz Tabele 3.,
- potrošnja ne premašuje projektovani protok sa Slike 1.,
- nije projektovan za kontinuirano korišćenje vode (ne duže od 15 minuta),
- maksimalni statički pritisak na točjećem mestu je 5 bar,
- minimalni pritisak na točjećem mestu je 1 bar,
- brzina vode u razvodnim cevima ne prelazi 2 m/s.

Jedna jedinica opterećenja, 1 LU, jednaka je protoku na točjećem mestu od $Q_A=0,1$ L/s. Vrednosti protoka na točjećem mestu, Q_A , minimalne vrednosti protoka na točjećem mestu, Q_{min} , i jedinice opterećenja, LU, za točćea mesta date su u Tabeli 3.

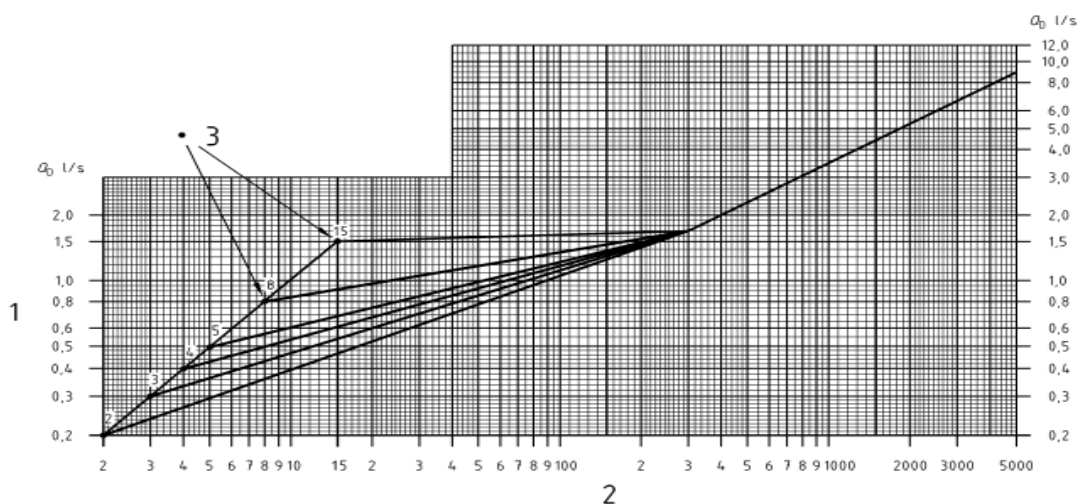
Projektovani protok, Q_D (L/s), za standardne instalacije u odnosu na ukupnu količinu protoka, Q_T (LU), se određuje grafičkim putem primenom dijagrama sa Slike 1. Pri dimenzionisanju jedne deonice se određuje ukupan protok, Q_T u LU, i utvrđuje najveća vrednost, LU, točćceg mesta uzvodno od kraja posmatrane deonice. Na primer, za $Q_T=14$ LU i najveću vrednost jednog točćceg mesta od 4 LU (kućna kada) projektovani protok, Q_D , za dimenzionisanje cevi je 0,6 L/s. Ova vrednost se može odrediti grafički (Slika 1.) i iz Tabele 4.

Tabela 3. Točeće mesto sa minimalnim protokom

Table 3. Minimum discharge units

Točeće mesto u objektu	Q_A	Q_{min}	Jedinice opterećenja LU
	L/s	L/s	
Umivaonik, lavabo, bide, WC kotlić	0,1	0,1	1
Kućni kuhinjski sudoper – veš mašina ^a , mašina za pranje sudova, sudoper, tuš	0,2	0,15	2
Baterija za spiranje pisoara	0,3	0,15	3
Kućna kada	0,4	0,3	4
Slavine /baštenske/garažne)	0,5	0,4	5
Komercijalni kuhinjski sudoper, DN 20, komercijalna kada	0,8	0,8	8
Baterija za ispiranje DN20	1,5	1,0	15

^a Za komercijalne uređaje konsultovati proizvođača.



Slika 1. Grafičko određivanje projektovanog protoka

Figure 1. Design flow rate diagram

Na Slici 1. su označene sledeće veličine:

- 1) Projektovani protok (vertikalna osa), Q_D (L/s),
- 2) Ukupni protok (horizontalana osa), Q_T (LU)
- 3) Utvrđena najveća vrednost točećeg mesta, u LU, uzvodno od kraja posmatrane deonice sa pripadajućim dijagramom.

Pored grafičkog načina određivanja projektovanog protoka, u Tabeli 4. se prikazuje i tabelarni način određivanja projektovanog protoka, koji se očitava sa Slike 1.

Tabela 4. Tabelarni način određivanja protoka, Q_D

Table 4. Tabular specification of flow rate Q_D

Qt	Qd za najveću vrednost LU=2	Qd za najveću vrednost LU=3	Qd za najveću vrednost LU=4	Qd za najveću vrednost LU=5	Qd za najveću vrednost LU=8	Qd za najveću vrednost LU=15
LU	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)	(L/s)
1	0,10					
2	0,20					
3	0,24	0,30				
4	0,27	0,34	0,40			
5	0,29	0,36	0,43	0,50		
6	0,32	0,39	0,46	0,54		
7	0,34	0,41	0,48	0,55		
8	0,36	0,43	0,50	0,57	0,80	
9	0,38	0,45	0,52	0,59	0,82	
10	0,39	0,47	0,54	0,60	0,84	
11	0,41	0,48	0,55	0,62	0,85	
12	0,42	0,50	0,56	0,63	0,86	
14	0,45	0,53	0,60	0,67	0,90	
16	0,48	0,55	0,62	0,70	0,93	1,50
18	0,50	0,57	0,65	0,73	0,95	1,52
20	0,52	0,60	0,68	0,76	0,97	1,52
25	0,57	0,65	0,73	0,80	1,02	1,53
30	0,62	0,70	0,76	0,85	1,08	1,54
40	0,70	0,78	0,85	0,92	1,12	1,55
50	0,78	0,85	0,92	1,00	1,20	1,60
60	0,85	0,90	0,96	1,05	1,23	1,61
70	0,90	0,95	1,05	1,10	1,26	1,62
80	0,95	1,05	1,10	1,15	1,30	1,62
90	1,00	1,08	1,15	1,20	1,32	1,63
100	1,06	1,12	1,20	1,25	1,34	1,63
150	1,30	1,32	1,34	1,37	1,46	1,64
200	1,40	1,42	1,43	1,45	1,54	1,67
250	1,52	1,53	1,56	1,60	1,62	1,69
300	1,70					
400	2,00					
500	2,40					
800	3,10					
1000	3,50					
1200	3,80					
1600	4,60					
2000	5,20					
2500	6,00					
3000	6,60					
4000	7,80					
5000	9,00					

U cilju uprošćenog načina određivanja prečnika cevi u nastavku su date Tabela 5. i Tabela 6. za određivanje prečnika cevi na primeru čeličnih pocinkovanih cevi i polipropilenskih cevi, PP-R, koje se najčešće primenjuju za unutrašnju instalaciju vodovoda.

Tabela 5. Određivanje prečnika cevi kod pocinkovanih cevi

Table 5. Specification of galvanized pipe diameters

Čelične cevi pocinkovane toplim postupkom (JUS C.B5.225)								
Max. opterećenje	LU	6	16	40	160	300	600	1 600
Najveća vrednost	LU	4	15					
DN (nominalni prečnik cevi)		15	20	25	32	40	50	65
ID (unutrašnji prečnik cevi)	mm	16	21,6	27,2	35,9	41,8	53	68,8
Max. dužina cevi	m	10	6					

Tabela 6. Određivanje prečnika cevi kod PP cevi

Table 6. Specification of PP pipe diameters

PP-R cevi SDR11 (S5)/PN10													
Max. opterećenje	LU	1	2	3	3	4	6	13	30	70	200	540	970
Najveća vrednost	LU			2			4	5	8				
DN/OD (nominalni/spoljašnji prečnik cevi)	mm	DN15/OD20		DN20/OD25			DN25/OD32	DN32/OD40	DN32/OD40	DN40/OD50	DN50/OD63	DN-/OD75	
ID (unutrašnji prečnik cevi)	mm	16,2		20,4			26,2	32,6	32,6	40,8	51,4	61,4	
Max. dužina cevi	m	0	2		5								

3 Određivanje gubitka energije (pritiska) u cevima

Normalno (redovno) vodosnabdevanje podrazumeva obezbeđivanje projektovanog protoka sa zahtevanim minimalnim pritiskom za funkcionisanje svih uređaja na instalaciji [6]. Nakon utvrđivanja projektovanog protoka, u cilju dimenzionisanja unutrašnje instalacije vodovoda, potrebno je utvrditi gubitak energije (pritiska) u cevima. Uobičajen način određivanja gubitka pritiska je putem gotovih tabela. Standardne tabele su utvrđene primenom Keltinogovog obrasca. U praksi se primenjuju tabele i kod kojih se navodi nominalni prečnik cevi gde je proračun urađen primenom tog prečnika, dok je stvarni - unutrašnji prečnik veći. U Tabeli 7. dat je prikaz gubitaka pritiska i brzine vode u cevima primenjujući unutrašnji prečnik cevi (ID), a ne nominalni (DN) za čelične pocinkovane cevi. Protok u cevi određen je koristeći obrazac koji u sebi sadrži IJ. Može se konstatovati da je gubitak pritiska u cevima, za isti DN, za 20-40% manji nego li u tabelama koje su date u [4] i [5], a da su podaci isti kao u [6] jer je proračun urađen sa unutrašnjim prečnikom cevi.

19. Savetovanje SDHI i SDH - Beograd, Srbija 2021.

Conference SDHI & SDH - Belgrade, Serbia 2021.

Tabela 7. Tabela prikaz gubitka pritiska u čeličnim pocinkovanim cevima zajedno sa lokalnim gubicima primenom Keltingovog obrasca (cevi EN 10255-srednje teške cevi)

Table 7. Head loss in galvanized pipes including local head losses by Kelting's form (pipes EN 10255-medium pipes)

LJ	Q (L/s)	DN15/ID16		DN20/ID21,6		DN25/ID27,2		DN32/ID35,9		DN40/ID41,8		DN50/ID53		DN65/ID68,8		DN80/ID80,8	
		Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s
0,1	0,079	0,06	0,39	0,01	0,22												
0,25	0,125	0,14	0,62	0,03	0,34	0,01	0,22										
0,5	0,177	0,28	0,88	0,05	0,48	0,02	0,30										
1,5	0,306	0,83	1,52	0,16	0,84	0,05	0,53	0,01	0,30								
2	0,354	1,10	1,76	0,22	0,97	0,06	0,61	0,01	0,35								
2,5	0,395	1,38	1,97	0,27	1,08	0,08	0,68	0,02	0,39								
3	0,433	1,65	2,15	0,32	1,18	0,09	0,75	0,02	0,43								
3,5	0,468	1,93	2,33	0,38	1,28	0,11	0,81	0,02	0,46								
4	0,500	2,21	2,49	0,43	1,37	0,12	0,86	0,03	0,49								
4,5	0,530	2,48	2,64	0,49	1,45	0,14	0,91	0,03	0,52								
5	0,559	2,76	2,78	0,54	1,53	0,15	0,96	0,03	0,55	0,01	0,41						
5,5	0,586	3,03	2,92	0,59	1,60	0,17	1,01	0,04	0,58	0,02	0,43						
6	0,612	3,31	3,05	0,65	1,67	0,18	1,05	0,04	0,61	0,02	0,45						
6,5	0,637			0,70	1,74	0,20	1,10	0,04	0,63	0,02	0,46						
7	0,661			0,76	1,81	0,22	1,14	0,05	0,65	0,02	0,48						
7,5	0,685			0,81	1,87	0,23	1,18	0,05	0,68	0,02	0,50	0,01	0,31				
8	0,707			0,86	1,93	0,25	1,22	0,05	0,70	0,02	0,52	0,01	0,32				
8,5	0,729			0,92	1,99	0,26	1,25	0,06	0,72	0,03	0,53	0,01	0,33				
9	0,750			0,97	2,05	0,28	1,29	0,06	0,74	0,03	0,55	0,01	0,34				
9,5	0,771			1,03	2,10	0,29	1,33	0,06	0,76	0,03	0,56	0,01	0,35				
10	0,791			1,08	2,16	0,31	1,36	0,07	0,78	0,03	0,58	0,01	0,36				
12	0,866			1,30	2,36	0,37	1,49	0,08	0,86	0,04	0,63	0,01	0,39				
14	0,935			1,51	2,55	0,43	1,61	0,10	0,92	0,04	0,68	0,01	0,42				
16	1,000			1,73	2,73	0,49	1,72	0,11	0,99	0,05	0,73	0,01	0,45				
18	1,061			1,94	2,90	0,55	1,83	0,12	1,05	0,05	0,77	0,01	0,48				
20	1,118			2,16	3,05	0,62	1,93	0,14	1,11	0,06	0,82	0,02	0,51	0,00	0,30		
22	1,173			2,37	3,20	0,68	2,02	0,15	1,16	0,07	0,85	0,02	0,53	0,00	0,32		
24	1,225			2,59	3,34	0,74	2,11	0,16	1,21	0,07	0,89	0,02	0,56	0,00	0,33		
26	1,275			2,81	3,48	0,80	2,19	0,18	1,26	0,08	0,93	0,02	0,58	0,01	0,34		
28	1,323					0,86	2,28	0,19	1,31	0,08	0,96	0,02	0,60	0,01	0,36		
30	1,369					0,92	2,36	0,20	1,35	0,09	1,00	0,02	0,62	0,01	0,37		
35	1,479					1,08	2,55	0,24	1,46	0,10	1,08	0,03	0,67	0,01	0,40		
40	1,581					1,23	2,72	0,27	1,56	0,12	1,15	0,03	0,72	0,01	0,43		
45	1,677					1,39	2,89	0,31	1,66	0,13	1,22	0,04	0,76	0,01	0,45		
50	1,768					1,54	3,04	0,34	1,75	0,15	1,29	0,04	0,80	0,01	0,48		
55	1,854					1,70	3,19	0,38	1,83	0,16	1,35	0,05	0,84	0,01	0,50		
60	1,936					1,85	3,33	0,41	1,91	0,18	1,41	0,05	0,88	0,01	0,52		
65	2,016					2,00	3,47	0,44	1,99	0,19	1,47	0,05	0,91	0,01	0,54		
70	2,092							0,48	2,07	0,21	1,52	0,06	0,95	0,01	0,56	0,01	0,41
80	2,236							0,55	2,21	0,24	1,63	0,07	1,01	0,02	0,60	0,01	0,44

LJ	Q (L/s)	DN15/ID16		DN20/ID21,6		DN25/ID27,2		DN32/ID35,9		DN40/ID41,8		DN50/ID53		DN65/ID68,8		DN80/ID80,8	
		Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s
90	2,372							0,61	2,34	0,27	1,73	0,07	1,08	0,02	0,64	0,01	0,46
100	2,500							0,68	2,47	0,30	1,82	0,08	1,13	0,02	0,67	0,01	0,49
110	2,622							0,75	2,59	0,33	1,91	0,09	1,19	0,02	0,71	0,01	0,51
120	2,739							0,82	2,71	0,36	2,00	0,10	1,24	0,02	0,74	0,01	0,53
130	2,850							0,89	2,82	0,39	2,08	0,11	1,29	0,03	0,77	0,01	0,56
140	2,958							0,95	2,92	0,42	2,16	0,11	1,34	0,03	0,80	0,01	0,58
150	3,062							1,02	3,03	0,45	2,23	0,12	1,39	0,03	0,82	0,01	0,60
160	3,162							1,09	3,13	0,48	2,31	0,13	1,43	0,03	0,85	0,01	0,62
170	3,260							1,16	3,22	0,51	2,38	0,14	1,48	0,03	0,88	0,01	0,64
180	3,354							1,23	3,32	0,54	2,45	0,15	1,52	0,04	0,90	0,01	0,65
190	3,446							1,30	3,41	0,57	2,51	0,16	1,56	0,04	0,93	0,02	0,67
200	3,536							1,36	3,49	0,60	2,58	0,16	1,60	0,04	0,95	0,02	0,69
210	3,623									0,63	2,64	0,17	1,64	0,04	0,97	0,02	0,71
220	3,708									0,66	2,70	0,18	1,68	0,04	1,00	0,02	0,72
230	3,791									0,69	2,76	0,19	1,72	0,05	1,02	0,02	0,74
240	3,873									0,72	2,82	0,20	1,76	0,05	1,04	0,02	0,76
250	3,953									0,75	2,88	0,21	1,79	0,05	1,06	0,02	0,77
275	4,146									0,82	3,02	0,23	1,88	0,05	1,12	0,02	0,81
300	4,330									0,89	3,16	0,25	1,96	0,06	1,17	0,02	0,84
350	4,677									1,04	3,41	0,29	2,12	0,07	1,26	0,03	0,91
400	5,000											0,33	2,27	0,08	1,35	0,03	0,98
450	5,303											0,37	2,41	0,09	1,43	0,04	1,03
500	5,590											0,41	2,54	0,10	1,50	0,04	1,09
550	5,863											0,45	2,66	0,11	1,58	0,05	1,14
600	6,124											0,49	2,78	0,12	1,65	0,05	1,19
650	6,374											0,53	2,89	0,13	1,72	0,05	1,24
700	6,614											0,57	3,00	0,14	1,78	0,06	1,29
750	6,847											0,62	3,10	0,15	1,84	0,06	1,34
800	7,071											0,66	3,21	0,16	1,90	0,07	1,38
850	7,289											0,70	3,31	0,17	1,96	0,07	1,42
900	7,500											0,74	3,40	0,18	2,02	0,07	1,46
950	7,706											0,78	3,49	0,19	2,07	0,08	1,50
1000	7,906											0,82	3,59	0,20	2,13	0,08	1,54

Pored primene čeličnih pocinkovanih cevi, koje se danas ređe upotrebljavaju, sve veća primena je polipropilenskih cevi, i pored saznanja da su manje otporne na prisustvo hlora u vodi od čeličnih cevi. Polipropilenske cevi, PP-R, su lake i jednostavne za ugradnju. Za unutrašnje instalacije se najčešće primenjuju cevi klase SDR11, PN10. Proizvođači cevi u svojim tehničkim katalogima daju gubitke pritiska za određene protoke i prečnike cevi. Korisnici istih veoma često koriste ove tabele. Pri korišćenju gotovih tabela, od strane proizvođača cevi, posebno treba voditi računa o primenjenoj hrapavosti cevi. Najčešće se za hrapavost, k, uzima 0,007 mm ili 0.01 mm. Ova hrapavost se odnosi na nove cevi, bez lokalnih gubitaka.

Keltingov obrazac se primenjuje i za gubitke pritiska kod cevi od plastičnih masa. Potrebno je napomenuti da se u obrascima primenjuju unutrašnji prečnici cevi, a ne nominalni. Za cevi od plastičnih masa je primećeno da su rezultati dobijeni primenom Darsi-Vajsbahov obrazca, za k=1 mm, veoma

približni rezultatima dobijenih primenom Keltingovog obrasca (koji nije dimenzionalno sreden). Primenom Darsi-Vajsbahov obrasca, pri čemu je integralna hrapavost $k=1$ mm, dobijaju se podaci koji su za 2-5% veći od rezultata iz Keltingovog obrasca. Integralna hrapavost obuhvata pored linijskih gubitaka i lokalne gubitke. Ovo omogućava primenu ove, kod nas, najčešće korišćene fomule za proračun linijskog gubitka. U nastavku se, u Tabeli 8., daje prikaz gubitka pritiska u cevima zajedno sa lokalnim gubicima (za PP-R cevi, SDR11(S5), PN10) primenom Darsi-Vajsbahove fomule za proračun linijskog otpora, za integralnu hrapavost $k=1,0$ mm. Darsi-Vajsbahova fomula se može primeniti za proračun gubitaka i kod ostalih klasa i tipova plastičnih cevi u unutrašnjim instalacijama vodovoda, koristeći za integralnu hrapavost $k=1,0$ mm. Q_D u tabeli predstavlja projektovani protok dobijen sa Slike 1., a podrazumeva istovremeno i protok koji se može dobiti primenom formule sa IJ (B).

Tabela 8. Prikaz gubitka pritiska u cevima zajedno sa lokalnim gubicima (za PP-R cevi, SDR11(S5), PN10) primenom Darsi-Vajsbahove fomule, $k = 1$ mm

Table 8. Head loss in pipes including local losses (for PP-R pipes, SDR11 (S5), PN10) by Darcy-Weisbach formula, $k = 1$ mm

Qd (L/s)	OD16/ID12,4		OD20/ID16,2		OD25/ID20,4		OD32/ID26,2		OD40/ID32,6		OD50/ID40,8		OD63/ID51,4		OD75/ID61,4		
	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v (m/s)	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	
0,10	0,18	0,83	0,04	0,49	0,01	0,31											
0,20	0,70	1,66	0,17	0,97	0,05	0,61	0,01	0,37									
0,23	0,88	1,86	0,22	1,09	0,06	0,69	0,02	0,42									
0,30	1,57	2,49	0,39	1,46	0,11	0,92	0,03	0,56	0,01	0,36							
0,33	1,84	2,69	0,45	1,58	0,13	0,99	0,04	0,60	0,01	0,39							
0,35	2,13	2,90	0,53	1,70	0,16	1,07	0,04	0,65	0,01	0,42							
0,38			0,60	1,82	0,18	1,15	0,05	0,70	0,02	0,45							
0,40			0,69	1,94	0,20	1,22	0,06	0,74	0,02	0,48							
0,50			1,07	2,43	0,32	1,53	0,09	0,93	0,03	0,60	0,01	0,38					
0,53			1,18	2,55	0,35	1,61	0,09	0,97	0,03	0,63	0,01	0,40					
0,55					0,38	1,68	0,10	1,02	0,03	0,66	0,01	0,42					
0,58					0,42	1,76	0,11	1,07	0,04	0,69	0,01	0,44					
0,65					0,54	1,99	0,15	1,21	0,05	0,78	0,01	0,50					
0,70					0,62	2,14	0,17	1,30	0,05	0,84	0,02	0,54					
0,85					0,92	2,60	0,25	1,58	0,08	1,02	0,02	0,65					
0,90					1,03	2,75	0,28	1,67	0,09	1,08	0,03	0,69	0,01	0,43			
0,95					1,15	2,91	0,31	1,76	0,10	1,14	0,03	0,73	0,01	0,46			
1,00					1,27	3,06	0,34	1,86	0,11	1,20	0,03	0,77	0,01	0,48			
1,10					1,54	3,37	0,41	2,04	0,13	1,32	0,04	0,84	0,01	0,53			
1,20							0,49	2,23	0,16	1,44	0,05	0,92	0,02	0,58			
1,30								0,58	2,41	0,18	1,56	0,06	0,99	0,02	0,63		
1,40								0,67	2,60	0,21	1,68	0,07	1,07	0,02	0,68		
1,60								0,87	2,97	0,28	1,92	0,09	1,22	0,03	0,77		
1,65								0,93	3,06	0,30	1,98	0,09	1,26	0,03	0,80		
1,70								0,99	3,15	0,31	2,04	0,10	1,30	0,03	0,82		
1,85								1,17	3,43	0,37	2,22	0,12	1,42	0,04	0,89	0,01	0,63
1,90								1,23	3,53	0,39	2,28	0,12	1,45	0,04	0,92	0,02	0,64
2,00								1,37	3,71	0,44	2,40	0,14	1,53	0,04	0,96	0,02	0,68
2,40								1,97	4,45	0,63	2,88	0,19	1,84	0,06	1,16	0,02	0,81

Qd (L/s)	OD16/ID12,4		OD20/ID16,2		OD25/ID20,4		OD32/ID26,2		OD40/ID32,6		OD50/ID40,8		OD63/ID51,4		OD75/ID61,4	
	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v (m/s)	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s	Δh m/m	v m/s
2,60							2,31	4,83	0,73	3,12	0,23	1,99	0,07	1,25	0,03	0,88
2,85							2,77	5,29	0,88	3,42	0,27	2,18	0,08	1,37	0,03	0,96
3,10							3,28	5,75	1,04	3,72	0,32	2,37	0,10	1,49	0,04	1,05
3,30							3,71	6,12	1,18	3,96	0,37	2,53	0,11	1,59	0,04	1,12
3,80							4,92	7,05	1,57	4,55	0,48	2,91	0,15	1,83	0,06	1,28
4,20							6,02	7,79	1,91	5,03	0,59	3,21	0,18	2,03	0,07	1,42
4,60									2,29	5,51	0,71	3,52	0,21	2,22	0,09	1,55
5,20									2,93	6,23	0,91	3,98	0,27	2,51	0,11	1,76
6,00									3,90	7,19	1,20	4,59	0,36	2,89	0,14	2,03
6,60									4,72	7,91	1,46	5,05	0,44	3,18	0,17	2,23

4 Dimenzionisanje vodomera

Dimenzionisanje vodomera za potrebe objekata i zgrada može se izvesti primenom standarda DIN 1988, [2]. Ovaj nemački standard je široko prihvaćen na našim prostorima. Javno vodovodno preduzeće bi trebalo da odredi tip i veličinu vodomera koji se bira prema projektovanim protocima u normalnim uslovima rada. Obično je realni protok manji od projektovanog maksimalnog. Maksimalni protok, Q_{max} , je jednak projektovanom protoku, Q_D , prevedeno u m^3/h . Maksimalni protok može biti i dvostruko veći od nazivnog protoka.

U standardu DIN 1988, iz 1988.g., dat je način određivanja dimenzija vodomera u funkciji maksimalnog odnosno nazivnog protoka, Tabela 9.

Tabela 9. Dimenzije spojeva, nazivni i maksimalni protok za vodomere prema ISO 4064-1

Table 9. Pipe joint sizes, nominal and peak flow rate for water meter according to ISO 4064-1

Tip vodomera	Priključak		Nazivni protok* (Q_n) m^3/h	Maksimalni protok (Q_{max}) m^3/h
	Dimenzija spoja vodomera sa navojem (col)	Veličina vodomera (DN, nazivni prečnik priрубничkog spoja) (mm)		
Volumetrijski i vodomer sa turbinom	G 1/2 B	-	0,6	1,2
	G 1/2 B	-	1	2
	G 3/4 B	-	1,5	3
	G 1 B	-	2,5	5
	G 1 1/4 B	-	3,5	7
	G 1 1/2 B	-	6	12
	G 2 B	-	10	20
Voltmanovi vodomeri	-	50	15	30
	-	65	25	50
	-	80	40	80
	-	100	60	120
	-	150	150	300
	-	200	250	500

*) Nazivni protok koristi se za određivanje vodomera. Prema ISO 4064 Deo 1, dozvoljeno je da se koristi vodomer koji je za jednu dimenziju veći ili manji od gore navedenog za dati nazivni protok.

Maksimalni protok, sračunat i uzet kao projektovani protok, traje desetak sekundi. Vodomer sa potrebnom tačnošću zahteva protok od nekoliko minuta, što u stvari predstavlja nazivni protok. Nemački DVGW W 410 u svom dodatku A daje tipičan hidrogram protoka za jedno domaćinstvo (prosečno 2,5 stanovnika) [3]. Maksimalni protok za $Q_{1s}=2,49 \text{ m}^3/\text{h}$ (0,69 L/s), dok je $Q_{10s}=2,20 \text{ m}^3/\text{h}$. Nakon 15 s protok opada na oko $1,77 \text{ m}^3/\text{h}$. Posle 5 minuta rada vodomera protok je $Q_{5min}=1,74 \text{ m}^3/\text{h}$. Za slučaj dimenzionisanja kućnog priključka jednog domaćinstva se može uzeti da je prečnik priključka OD32/ID26 (HDPE PE 100 PN10), pri čemu je brzina vode 1,30 m/s. Tada je iz Tabele 9. dimenzija vodomera $G \frac{3}{4} B$.

5 Zaključak

Problemi u razlici između projektovanih i ostvarenih protoka i pritisaka kod izgrađenih stambenih objekata otvorili su pitanje ispravnosti dimenzionisanja unutrašnjih vodovodnih instalacija u objektima kod javnih vodovodnih preduzeća. I pored ostvarenog potrebnog pritiska na javnoj vodovodnoj mreži, za normalno funkcionisanje unutrašnjih instalacija vodovoda, primećeni su problemi sa ostvarenim znatno manjim ili većim pritiskom od projektovanih pritisaka u zgradama (objektima), što izaziva negodovanje korisnika-stanara. U radu je dat prikaz dosadašnjeg stanja dimenzionisanja cevi primenom standarda iz 60-tih godina prošlog veka. U radu je prikazan način dimezionisanja cevi primenom usvojenog SRPS EN 806-3 standarda koji je uveden 2011-te godine i čija primena je neopravdano zapostavljena u domaćoj projektantskoj praksi.

Pored utvrđivanja projektovanog protoka, primenom standarda, u radu se prikazuje i način određivanja gubitka pritiska u cevima. Prikazana je nedosledna primena poznatih tabela i dat predlog i preporuka za određivanje gubitka pritiska u cevima primenom unutrašnjeg prečnika cevi i opšte poznatog obrazaca iz hidraulike tečenja u zatvorenim provodnicima. Na kraju rada prikazan je način dimenzionisanja vodomera za zgrade i objekte.

Literatura

1. DIN 1988, 1962, Trinkwasser-Leitungsanlagen in Grundstücken, Deutsche norm,
2. DIN 1988, 1988, *Drinking water supply systems*, Deutsche norm,
3. DVGW W 410, 2007, Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen,
4. Ljujić, L., 1971, Proračun kućnih vodovodnih instalacija i hidroforskih postrojenja i njihov uticaj na distributivnu mrežu, Savezna privredna komora SFRJ, Odbor za javne vodovode i kanalizacije, Beograd,
5. Milojević, M., 1987, *Snabdevanje vodom i kanalisanje naselja*, Naučna knjiga, Beograd,
6. Radonić, M., 1980, *Vodovod i kanalizacija u zgradama*, Građevinska knjiga, Beograd,
7. SRPS EN 806-3, 2011, Specifikacije za instalacije u objektima za sprovođenje vode za ljudsku upotrebu – Deo 3: Određivanje veličine cevi – Uprošćeni postupak, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd,
8. Cvejić, N., 1940, Vodovodi – snabdevanje vodom gradova i sela, samostalni vodovodi pojedinih zgrada, snabdevanje železnica vodom, Jugoslavija, Zemun