

USPOREDBA PRORAČUNA PROTOKA METODOM KOEFICIJENTA OPTEREĆENJA STANOVNIŠTVOM TE RASPODJELE STANOVNIŠTVA PO POJEDINIM DIONICAMA VODOOPSKRBNNE MREŽE

COMPARATION OF FLOW CALCULATIONS USING THE POPULATION LOAD COEFFICIENT METHOD AND POPULATION DISTRIBUTION BY INDIVIDUAL SECTIONS OF THE WATER SUPPLY NETWORK

Mauro Košuta*, Goran Volf*

Sažetak

U radu će se prikazati usporedba i analiza proračuna protoka upotrebom koeficijenta opterećenja stanovništvom K te raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama granaste vodoopskrbne mreže. Proračun će se izraditi na položenoj vodoopskrbnoj mreži naselja Ližnjan u Istri. Metodom opterećenja koeficijenta stanovništvom K definirat će se karakteristična dionica vodoopskrbne mreže te će se zatim koeficijent opterećenja stanovništvom definirati za preostale dionice mreže. Nakon toga izračunat će se virtualne dužine te specifični protok za dionice vodoopskrbnog mreže u l/s/m na temelju kojeg će se izračunati vlastiti protoci za pojedine dionice vodoopskrbne mreže. Drugom metodom definirat će se broj stanovnika na pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže na temelju čega će se definirati specifični protok za dionice vodoopskrbne mreže u l/s/stan. Nakon toga izračunat će se vlastiti protoci po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže. Na temelju izračunatih protoka obuhvaćenih metodama izradit će se hidraulički proračuni te će se usporediti i analizirati dobiveni protoci, profili cijevi, brzine te tlakovi na pojedinim dionicama i čvorovima vodoopskrbne mreže. Provedenim usporedbama hidrauličkih proračuna nisu ustanovljene značajne razlike u protocima, a samim time ni u promjerima i brzinama na pojedinim dionicama sustava te tlakovima izračunatim u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže. Ako se pravilno koriste, obje metode daju pouzdane rezultate.

* Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka
E-mail: mauro.kosuta@student.uniri.hr, goran.volf@uniri.hr

Ključne riječi: vodoopskrbna mreža, specifični protok, hidraulički proračun, koeficijent opterećenja stanovništvom, vlastiti protok, promjer cijevi, tlak, brzina

Abstract

The paper presents a comparison and analysis of the flow calculation using the population load coefficient method K and population distribution by individual sections of the branched water supply network. The hydraulic design is based on the laid water supply network for the community of Ližnjan in Istria. Using the population coefficient load method K , a characteristic section of the water supply network is defined, and then the population load coefficient is defined for the remaining sections. After that, the virtual lengths and specific flow for sections of the water supply network are defined in $l/s/m$, based on which the own flows for individual sections of the water supply network are calculated. The second method defines the number of inhabitants on individual sections of the water supply network, based on which the specific flow for sections of the water supply network is defined in $l/s/inhab$. After that, own flows are calculated for individual sections of the water supply network. Hydraulic design is made based on the calculated total flows covered by the given methods, and also the comparison and analysis of total flows, pipe diameters, velocities and pressures on individual sections and nodes of the water supply network is given. The conducted comparisons of hydraulic calculations did not reveal any significant differences in the flows, and therefore not in the pipe diameters and velocities in individual sections of the system, nor in the pressures calculated in the calculation nodes of the water supply network. When used properly, both methods give reliable results.

Key words: water supply network, specific flow, hydraulic design, population load coefficient, own flow, pipe diameter, pressure, velocity

1. Uvod

Vodoopskrbni sustavi su jedni od najznačajnijih infrastrukturnih građevina čija je osnovna namjena distribucija vode do svih njenih krajnjih korisnika. Vodoopskrbna mreža, kao dio cjelokupnog vodoopskrbnog sustava, služi isporuci čiste i pitke vode u dovoljnim količinama te dozvoljenom tlaku do krajnjih korisnika, odnosno potrošača [1].

Dovoljne količine vode podrazumijevaju potrošnju vode po pojedinim kategorijama potrošača, ili, ukupno izraženo, u određenoj vremenskoj jedinici na temelju koje se zatim definiraju vlastiti, tranzitni te ukupni protoci po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže, a koji se zatim koriste za dimenzioniranje vodoopskrbne mreže [1].

Analiza potrošnje vode odnosi se na definiranje potrebnih količina vode, odnosno protoka pojedinih kategorija potrošača za linijske potrošače

(stanovništvo i privatni smještaj), točkaste potrošače (industrija, hoteli, škole, bolnice, itd.), količine vode za gašenje požara te vlastite potrebe vodovoda. U analizi potrošnje vode moguće je predvidjeti i količine vode povezane s gubicima u vodoopskrbnom sustavu [1].

Proračun vlastitih protoka za linijske potrošače po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže najčešće se radi na dva načina. Prvi način je korištenje metode koeficijenta opterećenja stanovništvom K (ili koeficijent gustoće naseljenosti) [2], a drugi način je raspodjela stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže [3]. Prvim načinom dobivaju se specifični protoci, q_{spec} u ($l/s/m^1$), a drugim načinom u ($l/s/\text{stan}$). Upotrebom definiranih specifičnih protoka računaju se vlastiti protoci, Q_{vi} u (l/s) za pojedine dionice vodoopskrbne mreže.

Na temelju projektnih vodoopskrbnih količina, odnosno definiranih mjerodavnih protoka za dimenzioniranje Q_{mjer} po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže te osobinama vodoopskrbne mreže (granasta ili prstenasta vodoopskrbna mreža), vodoopskrbnu mrežu je uvijek potrebno pravilno hidraulički dimenzionirati tako da ona u svakom trenutku udovoljava potrebnim vodoopskrbnim količinama i dozvoljenim tlakovima [1].

Dimenzioniranje vodoopskrbne mreže provodi se za hidraulički proračun tečenja pod tlakom kojim se određuju potrebni promjeri vodoopskrbnih cijevi D u (mm), brzine u cijevima v u (m/s), padovi pijezometarskih linija I_{pl} u (‰), hidraulički gubici Δh_{tr} u (m), brzinske visine $v^2/2g$ u (m) te proračun potrebnih tlakova u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže u (mv.st.) ili u barima [1]. Potrebni tlakovi u vodoopskrbnoj mreži kreću se od minimalnih 2,5 bara do maksimalnih 6, odnosno 7 bara [4, 5].

U ovome radu bit će prikazana usporedba i analiza provedenih proračuna protoka metodom koeficijenta opterećenja stanovništvom K te raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže, odnosno njihovih utjecaja na pojedine parametre hidrauličkog proračuna kao što su promjeri cijevi, brzine u cijevima te tlakovi u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže na primjeru naselja Ližnjan u Istri.

2. Metodologija

2.1. Određivanje mjerodavnih količina vode u vodoopskrbi

Analiza potrošnje vode odnosi se na definiranje potrebnih količina vode pojedinih kategorija potrošača za kućanske potrebe, odnosno

potrebe stanovništva, potrebe vode u industriji, količine vode za gašenje požara te vlastite potrebe vodovoda [1].

Za određivanje potrošnje vode za kućanske potrebe potrebno je poznavati normu potrošnje koja je izražena specifičnom potrošnjom vode q_{sp} , te konačan broj stanovnika N_k na kraju projektnog razdoblja P_R [1].

Projektno razdoblje P_R je razdoblje za koje projektiramo vodoopskrbni sustav i u kojem će sustav uz ispravno upravljanje i potrebna redovita održavanja pravilno i tehnički funkcionirati [1].

Na osnovu specifične potrošnje vode i konačnog broja stanovnika na kraju projektnog razdoblja može se odrediti srednja dnevna potrošnja vode $Q_{sr,dan}$, zatim maksimalna dnevna potrošnja vode $Q_{max,dan}$ te maksimalna satna potrošnja vode $Q_{max,sat}$ koristeći odgovarajuće koeficijente maksimalne dnevne $k_{max,dan}$, odnosno satne $k_{max,sat}$ neravnomjernosti. Maksimalna satna potrošnja vode $Q_{max,sat}$ koristi se u hidrauličkom proračunu za dimenzioniranje vodoopskrbne mreže [1]. Jednadžbama (1), (2) i (3) prikazan je proračun srednje dnevne potrošnje vode (1), zatim maksimalne dnevne potrošnje vode (2) te maksimalne satne potrošnje vode (3).

$$Q_{sr,dan} = q_{sp} * N_k \quad (1)$$

$$Q_{max,dan} = k_{max,dan} * Q_{sr,dan} \quad (2)$$

$$Q_{max,sat} = k_{max,sat} * Q_{kmax,dan}/24 \quad (3)$$

Određivanje potrošnje vode za industrijske potrebe najčešće se provodi provođenjem anketa kod proizvodnih tehnologa te najčešće ovisi o vrsti industrije, odnosno njenim tehnološkim procesima [4].

Određivanje potrošnje vode za gašenje požara provodi se prema Pravilniku o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/2006) [5].

Količina vode za vlastite potrebe vodovoda $Q_{vl,pot}$ iznosi 5 – 10 % srednje dnevne potrošnje vode $Q_{sr,dan}$ [4].

2.2. Proračun protoka za dimenzioniranje vodoopskrbne mreže

Za hidrauličko dimenzioniranje vodoopskrbne mreže potrebno je na temelju prethodno određenih mjerodavnih količina izračunati i definirati vlastite Q_{vl} , tranzitne Q_{tran} , ukupne Q_{uk} , požarne $Q_{pož}$ te mjerodavne protoke Q_{mjer} za pojedine dionice vodoopskrbne mreže.

Vlastiti protoci Q_{vl} za linijske potrošače (stanovništvo i turisti u privatnom smještaju) računaju se kao:

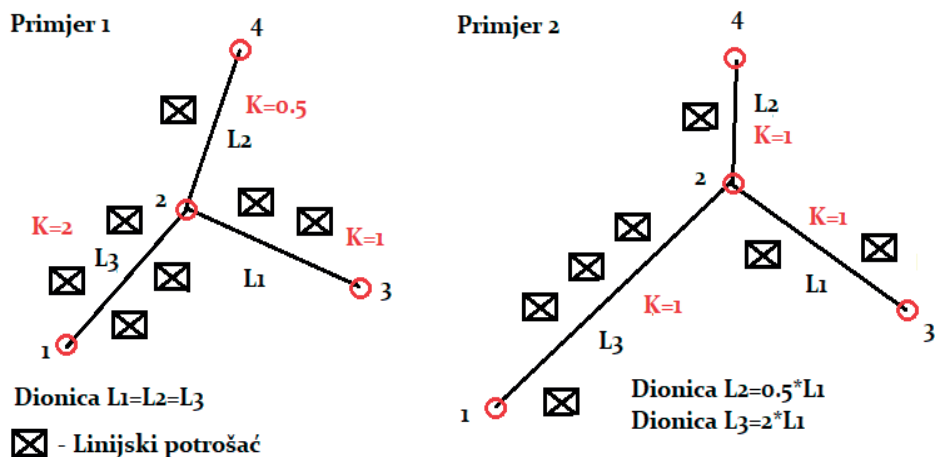
- umnožak specifičnog protoka q_{spec} u ($l/s/m^l$) i virtualne dužine, L^l u (m) [2] ili kao
- umnožak specifičnog protoka q_{spec} u ($l/s/\text{stan}$) i broja stanovnika (potrošača) na pojedinoj dionici vodoopskrbne mreže [3].

Koristeći prvi način proračuna, potrebno je definirati koeficijente opterećenja stanovništvom K po dionicama vodoopskrbne mreže na kojima se nalaze linijski potrošači, odnosno stanovništvo i turisti u privatnom smještaju. Kada se odrede koeficijenti opterećenja stanovništvom K , računaju se virtualne dužine L^l koje su jednake umnošku stvarne dužine dionice L i koeficijenta opterećenja stanovništvom K . Pojednostavljeni prikaz određivanja koeficijenta opterećenja stanovništvom K prikazan je na Slici 1. Za dionice bez linijskih potrošača stavlja se da je koeficijent $K=0$ [2].

Specifični protok q_{spec} računa se kao kvocijent maksimalne satne potrošnja vode za linijske potrošače $Q_{\text{max.sat.stan+PS}}$ i sume virtualnih dužina ΣL^l . Proračun specifičnih protoka prikazan je u poglavljima 3.1. i 3.2., odnosno jednadžbama (6), (7) i (8).

Vlastiti protok Q_{vl} , kako je već spomenuto, jednak je umnošku specifičnog protoka q_{spec} u ($l/s/m^l$) i virtualne dužine pojedine dionice L^l u (m) [2].

Koeficijent opterećenja stanovništvom K (ili koeficijent gustoće naseljenosti) predstavlja opterećenost pojedine dionice vodoopskrbne mreže s obzirom na broj potrošača i duljinu te dionice (nisu sve dionice vodoopskrbne mreže jednako opterećene, tj. nemaju jednak vlastiti protok). Za svaku dionicu izračuna se omjer broja potrošača na toj dionici i dužine te dionice. Dionice sa najsličnijim omjerom pretpostavljaju se kao mjerodavne dionice i za njih se uzima da je koeficijent $K=1$. Naspram toga definiraju se koeficijenti K za preostale dionice. Prema Slici 1, za Primjer 1, ako je za mjerodavnu dionicu uzeta dionica L_1 te je njezin koeficijent opterećenja stanovništvom $K=1.0$, onda je za dionicu L_2 iste duljine, ali za dvostruko manje opterećenje stanovništvom $K=0.5$, dok je za dionicu L_3 iste duljine, ali dvostruko više opterećenu od L_1 $K=2.0$. Za Primjer 2, sa Slike 1, ako se za mjerodavnu dionicu uzme dionica L_1 te da je duljina dionica $L_2=0.5 \cdot L_1$, a $L_3=2 \cdot L_1$, tada za dana opterećenja stanovništvom slijedi da je za dionice L_2 (dvostruko manje opterećena) i L_3 (dvostruko više opterećena) $K=1.0$ jer imaju jednak omjer broja potrošača naspram duljine dionice.



Slika 1. Pojednostavljeni primjer određivanja koeficijenta opterećenja stanovništvom K

Kako je rečeno, za mjerodavnu dionicu vodoopskrbne mreže uzima se dionica koja je najsličnija po duljini i po opterećenju stanovništvom (omjer potrošača i duljine dionice) ostalim dionicama vodoopskrbne mreže kako bi se za nju, odnosno dionice sa najsličnijim omjerom moglo pretpostaviti da je $K=1.0$ te naspram toga definirati koeficijent K za preostale dionice vodoopskrbne mreže. Primjer određene mjerodavne dionice te koeficijenta K za vodoopskrbnu mrežu naselja Ližnjan u Istri prikazan je poglavlju 3.1.

Prema drugom načinu određivanja specifičnog protoka q_{spec} u ($l/s/\text{stan}$) potrebno je odrediti broj stanovnika na pojedinoj dionici vodoopskrbne mreže [3]. Pretpostavka je da se uzima cca. 3 – 4 osobe po pojedinom objektu te se zatim pomnoži broj osoba s brojem objekata na dionici kako bi se dobio ukupan broj stanovnika na pojedinoj dionici vodoopskrbne mreže.

Specifični protok q_{spec} je jednak kvocijentu maksimalne satne potrošnja vode za linijske potrošače $Q_{\text{max.sat.stan+PS}}$ i ukupnog broja linijskih potrošača (stanovništvo i turisti u privatnom smještaju).

Vlastiti protok, Q_{vl} , kako je već spomenuto, jednak je umnošku specifičnog protoka q_{spec} u ($l/s/\text{stan}$) i broja stanovnika, odnosno potrošača na pojedinoj dionici vodoopskrbne mreže.

Tranzitni protoci Q_{tran} računaju se na način da se zbrajaju vlastiti protoci Q_{vl} pojedinih dionica koji se povećavaju prema vodospremi. Prema tome, ukupni protok Q_{uk} iz vodospreme jednak je sumi svih vlastitih protoka Q_{vl} , odnosno sumi maksimalnih satnih protoka $Q_{\text{max.sat}}$.

Ukupni protok Q_{uk} pojedine dionice jednak je zbroju vlastitog Q_{vl} i tranzitnog protoka, Q_{tran} .

Potrebna količina vode za gašenje požara $Q_{pož}$ računa se ovisno o specifičnom požarnom opterećenju u (MJ/m^2) te površini objekta koji se štiti u (m^2) prema Pravilniku o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 8/2006) [5].

Dimenzioniranje vodoopskrbne mreže vrši se na temelju mjerodavnog protoka Q_{mjer} , gdje se uzima veći protok između ukupnog Q_{uk} i požarnog protoka $Q_{pož}$ [2, 3].

2.3. Općenito o hidrauličkom proračunu tečenja pod tlakom i dimenzioniranju vodoopskrbne mreže

Vodoopskrbna mreža mora biti dimenzionirana na način da u svakom trenutku zadovoljava potrebe za vodom (količinski) i potreban tlak u svim točkama, odnosno računskim čvorovima vodoopskrbne mreže [1].

U praksi, cijela vodoopskrbna mreža je najčešće pod tlakom, gdje se tečenje pod tlakom omogućuje putem gravitacije (sila teža), potisno (crpne stanice) te kombinirano (gravitacijsko-potisno).

Zbog pojednostavljenja proračuna tečenja pretpostavlja se da je tečenje jednoliko stacionarno i koristi se Bernoullijeva jednadžba (4) [1]:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + \Delta h \quad (4)$$

gdje je: z_i – geodetska visina (m)

$\frac{p_i}{\rho g}$ – tlačna visina (m)

$\frac{\alpha v_i^2}{2g}$ – brzinska visina (m)

Δh – hidraulički gubici u sustavu (m)

Brzina u cijevi v , definirana je na temelju jednadžbe kontinuiteta (5).

$$Q = A * v, \quad \text{odnosno} \quad v = Q/A \quad (5)$$

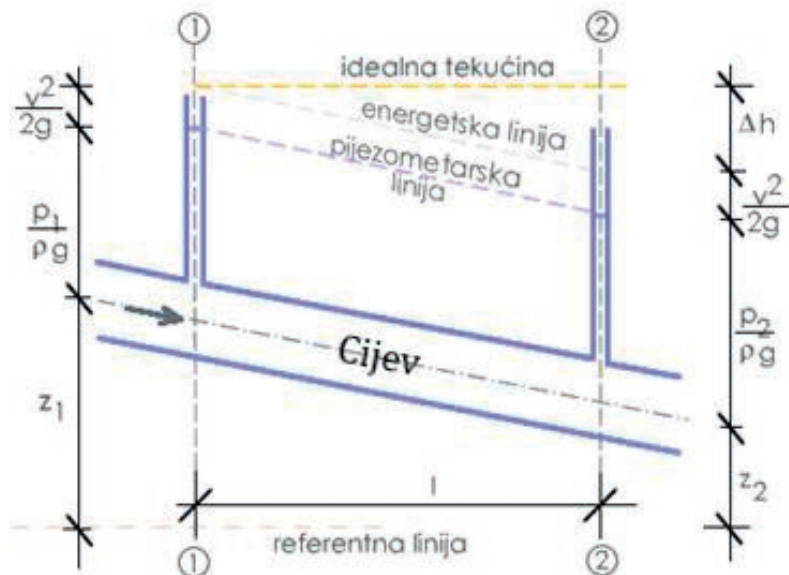
gdje je: Q – protjecajna količina (protok), (m^3/s)

A – protjecajna površina (m^2)

v – brzina u cijevi (m/s)

Prikaz Bernoullijeve jednadžbe (1) za tečenje pod tlakom dan je na Slici 2. Sa Slike 2 vidi se pad energetske linije za vrijednost hidrauličkih gubitaka u sustavu Δh [6].

Kod vodoopskrbnih mreža, zbog velikih dužina mreže najznačajniji su linijski gubici. Linijski gubici, zajedno sa brzinskim visinama, služe za proračun tlakova u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže [1].



Slika 2. Prikaz Bernoullijeve jednadžbe za tečenje pod tlakom, modificirano prema [6]

Dimenzioniranje vodoopskrbne mreže provodi se za hidraulički proračun tečenja pod tlakom, prema kojem se korištenjem danih nomograma i tablica određuju potrebni nominalni promjeri vodoopskrbnih cijevi D u (mm), brzine u cijevima v u (m/s), padovi pijezirometarskih linija I_{pl} u (‰) hidraulički gubici Δh_{tr} u (m), brzinske visine $v^2/2g$ u (m) te proračun potrebnih tlakova u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže u (mv.st.) ili u barima. Optimalne brzine za sustave pod tlakom kreću se u granicama od 0,6 do maksimalnih 2,0 (m/s) [1, 3, 4].

3. Provedba hidrauličkih proračuna vodoopskrbne mreže po prikazanim metodama proračuna protoka

Hidraulički proračuni na temelju kojih je provedena usporedba i analiza protoka metodom koeficijenta opterećenja stanovništvom K te raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže, odnosno njihovih utjecaja na pojedine parametre hidrauličkog proračuna kao što su promjeri cijevi, brzine u cijevima te tlakovi provedena je na postavljenoj granastoj vodoopskrbnoj mreži za naselje Ližnjan u Istri.

Vodoopskrbna mreža naselja Ližnjan prikazana je na Slici 3. Ukupna duljina vodoopskrbne mreže iznosi 15,3 km te ima ukupno 108 računskih čvorova u kojima je izračunat potrebni tlak.

Naselje Ližnjan u Istri ima ukupno 1.760 stanovnika za predviđeno projektno razdoblje od 25 godina [7] te 3.486 turista koji su smješteni u privatnom smještaju (2.736) i dva hotela (750) [8]. Izračunata ukupna maksimalna satna potrošnja vode $\Sigma Q_{\max.\text{sat}}$ iznosi 63,40 (l/s). Od toga, maksimalna satna potrošnja za stanovništvo $Q_{\max.\text{sat.stan}}$ iznosi 11,0 (l/s), za privatni smještaj $Q_{\max.\text{sat.PS}}$ 37,62 (l/s), za hotel 1 $Q_{\max.\text{sat.HOT1}}$ 14,18 (l/s), te za hotel 2, $Q_{\max.\text{sat.HOT2}}$ 0,61 (l/s).

U nastavku su prikazani rezultati provedenih hidrauličkih proračuna za metodu koeficijenta opterećenja stanovništvom K te metodu raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže.

3.1. Hidraulički proračun temeljen na metodi proračuna protoka upotrebom koeficijenta opterećenja stanovništvom K

Analizom postavljene granaste vodoopskrbne mreže za naselje Ližnjan u Istri (Slika 3) odabrana je kao mjerodavna dionica, dionica 97 – 98, duljine 60,8 m, s 25 potrošača te je za nju stavljen koeficijent opterećenja stanovništvom $K=1,0$. Prema toj dionici je zatim za ostale dionice vodoopskrbne mreže koje imaju veći ili manji omjer potrošača po m^2 od mjerodavne dionice te ovisno o duljini same dionice dodijeljen koeficijent opterećenja stanovništvom K (vidjeti poglavlje 2.2.).

Za dionice bez linijskih potrošača koeficijent opterećenja stanovništvom K iznosi 0; $K=0$. Kako je već spomenuto, pod potrošačima se misli na linijske potrošače, tj. stanovništvo i turiste u privatnom smještaju.

U Tablici 1 prikazani su koeficijenti opterećenja stanovništva K za pojedine dionice vodoopskrbne mreže te za karakterističnu mjerodavnu dionicu 97 – 98.



Slika 3. Prikaz postavljene granaste vodoopskrbne mreže za naselje Ližnjan u Istri

Tablica 1. Koeficijent opterećenja stanovništvom K za pojedine dionice vodoopskrbne mreže naselja Ližnjan u Istri.

Dionica od – do (-)	Duljina dionice L (m)	Koef. opter. stan. K (-)	Virtualna duljina L ^l (m)
87 – 89	33,93	0,00	0,00
86 – 92	74,68	0,72	53,62
92 – 93	79,60	1,29	102,36
92 – 94	221,96	0,43	95,05
94 – 95	177,57	0,65	114,55
97 – 98	60,76	1,00	60,76

Nakon što je određen koeficijent opterećenja stanovništvom K, izračunate su virtualne dužine L^l, čija suma iznosi $\Sigma L^l = 11052,5$ m.

Specifični protok q_{spec} izračunat je kao kvocijent maksimalne satne potrošnja vode za linijske potrošače $Q_{\text{max.sat.stan+PS}}$ i sume virtualnih dužina ΣL^l prema jednadžbi (6). Proračun vlastitih, tranzitnih, ukupnih, požarnih te mjerodavnih protoka za dimenzioniranje vodoopskrbne mreže proveden je kako je objašnjeno u poglavlju 2.2.

$$q_{\text{spec}} = \frac{Q_{\text{max.sat.stan+PS}}}{\Sigma L^l} = \frac{11.00 + 37.62}{11052.5} = 0.0044 \frac{l}{s/m^l} \quad (6)$$

Na temelju mjerodavnih protoka za dimenzioniranje Q_{mjer} vodoopskrbne mreže proveden je hidraulički proračun te su dobiveni promjeri cijevi D u rasponu od 150 – 300 mm, brzine u cijevima v u rasponu od 0,897 - 1,751 m/s te tlakovi u računskim čvorovima u rasponu od 1,86 – 8,29 bara.

3.2. Hidraulički proračun temeljen na metodi proračuna protoka preko raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže

Uvidom u granastu vodoopskrbnu mrežu naselja Ližnjan u Istri (Slika 3) pobrojani su objekti na pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže i definiran je broj osoba u pojedinom objektu (3 – 4 osobe). Broj potrošača na pojedinoj dionici vodoopskrbne mreže je aproksimiran s obzirom na broj stambenih građevina (objekata) koje se nalaze na promatranjoj dionici vodoopskrbne mreže te katnosti i bruto površini spomenutih objekata.

Linijski potrošači su podijeljeni u dvije kategorije, stanovništvo i turiste u privatnom smještaju, za koje je zatim izračunat specifični protok $q_{\text{spec.stan}}$ u (l/s/stan) te $q_{\text{spec.tur}}$ u (l/s/tur). Specifični protok za stanovništvo $q_{\text{spec.stan}}$ izračunat je kao kvocijent maksimalne satne potrošnje stanovništva $Q_{\text{max.sat.stan}}$ i ukupnog broja stanovnika, dok je specifični protok za turiste u privatnom smještaju $q_{\text{spec.PS}}$ izračunat je kao kvocijent

maksimalne satne potrošnje turista u privatnom smještaju $Q_{\max.\text{sat.PS}}$ i ukupnog broja turista u privatnom smještaju.

Proračuni specifičnih protoka prikazani su u jednadžbama (7) i (8). Proračun vlastitih, tranzitnih, ukupnih, požarnih te mjerodavnih protoka za dimenzioniranje vodoopskrbne mreže proveden je kako je objašnjeno u poglavlju 2.2.

$$q_{\text{spec.stan}} = \frac{Q_{\max.\text{sat.stan}}}{\Sigma \text{stanovnika}} = \frac{11.00}{1760} = 0.00625 \frac{\text{l}}{\text{s}/\text{stan}} \quad (7)$$

$$q_{\text{spec.PS}} = \frac{Q_{\max.\text{sat.PS}}}{\Sigma \text{turista.PS}} = \frac{37.62}{2736} = 0.01375 \frac{\text{l}}{\text{s}/\text{tur}} \quad (8)$$

Za primjer može se prikazati dionica 9 -10 koja ima sveukupno 66 potrošača, od kojih je 26 stanovnika (39 %) te 40 turista (61 %) u privatnom smještaju. Radi jednostavnosti proračuna predviđena je jednakost omjera na svakoj pojedinačnoj dionici u ukupnome omjeru stanovništva i turista u privatnom smještaju.

Na temelju određenih mjerodavnih protoka za dimenzioniranje Q_{mjer} vodoopskrbne mreže proveden je hidraulički proračun te su dobiveni promjeri cijevi D u rasponu od 150 – 300 mm, brzine u cijevima v u rasponu od 0,900 – 1,752 m/s te tlakovi u računskim čvorovima u rasponu od 1,86 – 8,29 bara.

4. Rezultati i diskusija

Usporedba i analiza hidrauličkih proračuna za gore prikazane metode provedena je na ukupnim protocima Q_{uk} , promjerima cijevi D , brzinama u cijevima v , te tlakovima u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže na primjeru naselja Ližnjan u Istri.

4.1. Usporedba i analiza provedenih hidrauličkih proračuna

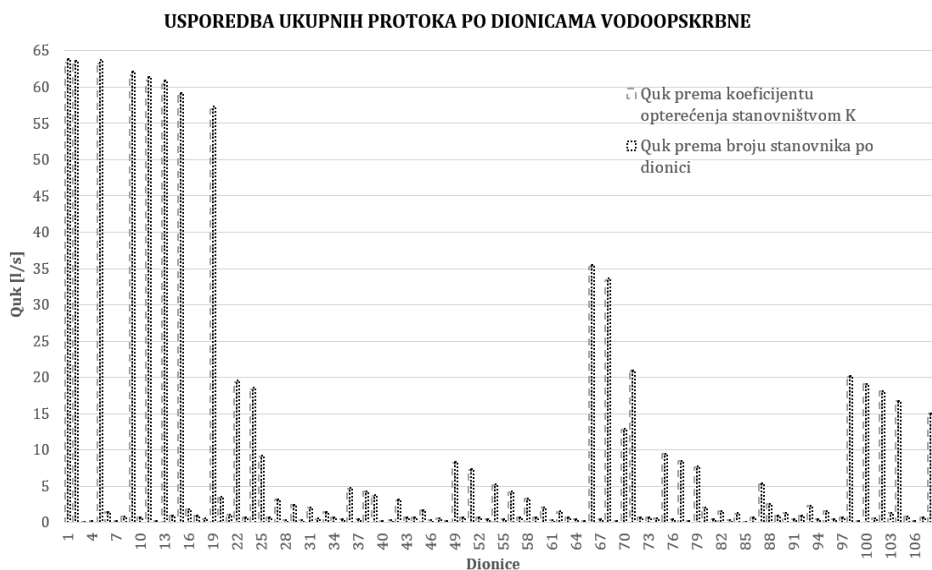
Usporedbom ukupnih protoka Q_{uk} , maksimalna razlika u protocima između provedenih hidrauličkih proračuna metodom koeficijenta opterećenja stanovništvom K (poglavlje 3.1) te metodom raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže (poglavlje 3.2) iznosi 1,03 %. Prosječna razlika za sve dionice iznosi 0,94 %, dok razlika ukupnih protoka koji idu iz vodospreme prema potrošačima (dionica V-1) iznosi 0,505 l/s.

Na Slici 4 prikazana je usporedba ukupnih protoka Q_{uk} za provedene hidrauličke proračune te se može primijetiti da su razlike prilično male.

S obzirom na male razlike u ukupnim protocima Q_{uk} , a samim time i u mjerodavnim protocima za dimenzioniranje Q_{mjer} vodoopskrbne mreže, razlike u odabranim promjerima cijevi D nema, prvenstveno zbog odabranih modularnih dimenzija profila cijevi.

Također, razlike u brzinama u cijevima v , koje su direktno povezane sa ukupnim protocima Q_{uk} i promjerima cijevi D , prema jednadžbi kontinuiteta (5), su nezamjetne. Radi se o prosječnim razlikama od 0,1 %, odnosno maksimalna razlika iznosi 0,54 % (0,01 m/s).

Samim time, razlike u tlakovima koji su izračunati u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže su također nezamjetne.



Slika 4. Usporedba ukupnih protoka Q_{uk} po dionicama vodoopskrbne mreže za naselje Ližnjan u Istri

5. Zaključak

Vodoopskrbna mreža je najznačajnija infrastruktura za dovod pitke vode do potrošača te posebnu pažnju treba posvetiti njezinom dimenzioniranju, odnosno hidrauličkom proračunu, prvenstveno odabiru odgovarajućih promjera cijevi, brzina te tlakova, koristeći pritom važeću zakonsku regulativu i pravila struke.

U radu su provedeni hidraulički proračuni za granastu vodoopskrbnu mrežu naselja Ližnjan u Istri na temelju metode koeficijenta opterećenja

stanovništvom K te metode raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže.

Usporedbom provedenih hidrauličkih proračuna nisu uočene značajne razlike u dobivenim ukupnim protocima, a samim time ni u promjerima cijevi, brzinama u cijevima, te tlakovima u računskim čvorovima vodoopskrbne mreže.

Može se zaključiti da odabir pojedine metode provedbe hidrauličkog proračuna, odnosno metode određivanja vlastitih protoka prvenstveno ovisi o samom korisniku, a ako se pravilno koriste, obje metode daju točne i pouzdane rezultate.

Zahvala. *Ovaj rad je financiran u okviru projektne linije ZIP UNIRI Sveučilišta u Rijeci, za projekt ZIP-UNIRI-1500-3-22. Rad je proizašao iz završnog rada studenta Maura Košute pod naslovom „Usporedba proračuna protoka metodom koeficijenta opterećenja stanovništvom te raspodjele stanovništva po pojedinim dionicama vodoopskrbne mreže“.*

Literatura

- [1] Vuković, Ž. (1995): Osnove hidrotehnike, Prvi dio, druga knjiga. Zagreb, Akvamarine.
- [2] Žic, E. (2006): Radna kopija materijala za rješavanje programa iz kolegija Vodoopskrba, interna skripta, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Rijeka.
- [3] Margeta, J. (1998): Kanalizacija naselja, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.
- [4] Margeta, J. (2010): Vodoopskrba naselja, Planiranje, projektiranje, upravljanje, obrada vode, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.
- [5] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara, NN 8/2006. (link: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2006_01_8_180.html)
- [6] Jović, V. (2006): Osnove hidromehanike, Zagreb, Element.
- [7] Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Popis stanovništva, kućanstava i stanova za rujanj 2022. <https://podaci.dzs.hr/hr/podaci/stanovnistvo/popis-stanovnistva/> (pristup 21.4.2023.)
- [8] Turistička zajednica Općine Ližnjan, Izvještaj turističkog prometa po danima za godine 2019-2022. <https://www.liznjaninfo.hr/index.php/statistika> (pristup 21.4.2023.)