

**AGM knjiga, Beograd**  
**Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu**

**Dragan Milićević**

**VODOVOD I KANALIZACIJA ZGRADA**  
**- ZBIRKA ZADATAKA -**

**Beograd, 2018. godine**

**dr Dragan Milićević, docent**

**VODOVOD I KANALIZACIJA ZGRADA - ZBIRKA ZADATAKA**

**Recenzenti:**

Prof. dr Srdjan Kolaković

Prof. dr Slaviša Trajković

Prof. dr Slobodan Milenković

Odobreno za štampu Odlukom Nastavno-naučnog veća Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu, broj 8/125 od 24.04.2018. godine.

**Izdavač:**

AGM knjiga, Beograd, [www.agmknjiga.co.rs](http://www.agmknjiga.co.rs)

Gradjevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

**Za izdavača:**

Sarić Ahmić Slavica

Prof. Dr Petar Mitković

**Tehnička obrada:**

dr Dragan Milićević, docent

**Korice:**

Robi Ahmić

**Štampa:** Donat graf, Beograd

**Tiraž:** 300

**ISBN:** 978-86-86363-92-3

CIP - Каталогизација у публикацији -  
Народна библиотека Србије, Београд

696.1(075.8)(076)  
628.1/.2(075.8)(076)

МИЛИЋЕВИЋ, Драган, 1960-  
Vodovod i kanalizacija zgrada : zbirka zadataka / Dragan Milićević. -  
Zemun : AGM knjiga, 2018 (Београд : Донат граф). - 207 str. : graf.  
prikazi, tabele ; 25 cm

Tiraž 300. - Bibliografija: str. 207.

ISBN 978-86-86363-92-3

а) Зграде - Инсталације - Вежбе б) Водовод - Вежбе с) Канализација -  
Вежбе

COBISS.SR-ID 264433164

## PREDGOVOR

Aдекватno snabdevanje vodom i sanitacija su ključni elementi za zdrav život čoveka, socijalni razvoj, ukupni prosperitet i zaštitu životne sredine. Obzirom da savremeni čovek sve više vremena provodi u zatvorenim prostorijama i da su njegove aktivnosti u mnogome uslovljene korišćenjem odgovarajućih instalacija, instalacije vodovoda i kanalizacije zgrada dobijaju sve veći značaj. Pod instalacijama vodovoda zgrade podrazumevaju se objekti i uređaji koji omogućuju da se iz gradskog vodovoda ili nekog drugog izvora korisnik obezbeđuje u svako doba dovoljnom količinom vode, a pod instalacijama kanalizacije zgrade podrazumevaju se objekti i uređaji za prihvatanje i evakuaciju upotrebljenih i ostalih voda iz i oko objekta.

Ova zbirka zadataka je napravljena, ispunjavajući svoju profesionalnu obavezu i zahteve studenata, sa namerom da ista može korisno poslužiti i ostalim zainteresovanim koji se bave problematikom snabdevanja vodom i kanalisanja, posebno manjih naselja i svih vrsta objekata.

Zadaci u zbirci su grupisani u pet oblasti od kojih: Osnovi hemije vode i Jednačine tečenja vode predstavljaju pripremni osnov za kasnije rešavanje konkretnih problema iz oblasti vodosnabdevanja i kanalisanja. Rešenja zadataka data su odmah nakon postavke, s tim da su nešto detaljnija objašnjenja data kod prvih, karakterističnih problema iz pojedinih oblasti.

Naglašava se da pažnju treba usmeriti na razumevanje teorijskih osnova za rešavanje zadataka i principa koji se u tome primenjuju, odnosno važno je ovladavanje suštinom problema, što se najlakše postiže kroz praćenje predavanja i koncentrisan rad na računskim i laboratorijskim vežbanjima.

Autor se nada da će ova zbirka omogućiti bolje razumevanje i lakše savladavanje materije iz predmeta Vodovod i kanalizacija zgrada i Instalacije u zgradama, deo Vodovod i kanalizacija na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Nišu čijim studentima je ona prvenstveno i namenjena. Takođe, autor se nada da će zbirka korisno poslužiti i studentima drugih građevinskih, arhitektonskih i srodnih fakulteta.

Autor se posebno zahvaljuje recenzentima na sugestijama koje su mu dali kroz pregled rukopisa, a koje su značajno doprinele da rukopis dobije izgled kakav se nalazi pred čitaocima.

Tehničku obradu materijala obavio je sam autora uz značajnu pomoć i nesebičnom angažovanju saradnika Veljka Nikolića, dipl.inž.građ., na čemu mu se autor iskreno zahvaljuje.

Niš, maj 2018.

Autor

**SADRŽAJ**

1. OSNOVI HEMIJE VODE	1
1.1. TEOROJSKE OSNOVE	1
1.2. REŠENI ZADACI	6
2. OSNOVNE JEDNAČINE TEČENJA VODE	29
2.1. TEOROJSKE OSNOVE	29
2.2. REŠENI ZADACI	33
3. VODOVOD ZGRADA	66
3.1. TEOROJSKE OSNOVE	66
3.2. REŠENI ZADACI	69
4. KANALIZACIJA ZGRADA	118
4.1. TEOROJSKE OSNOVE	118
4.2. REŠENI ZADACI	121
5. KOMPLEKSNA REŠENJA	160
6. PRILOZI	194
7. LITERATURA	207

## 1. OSNOVI HEMIJE VODE

### 1.1. TEORIJSKE OSNOVE

#### 1.1.1. PH VREDNOST

pH i pOH vrednost određuju se prema izrazu:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \quad [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

gde su:  $[\text{H}^+]$  i  $[\text{OH}^-]$  koncentracije vodoničnih i hidroksilnih jona

Jonski proizvod vode:

$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w$$

Može se pisati u obliku:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w}$$

Po analogiji sa izrazima za pH i pOH vrednost može se pisati:

$$\text{p}K_w = -\log [K_w] \quad K_w = 10^{-\text{p}K_w}$$

odnosno jonski proizvod vode može se pisati u obliku:

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w$$

Za temperaturu  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  jonski proizvod vode je (Tabela 1.1):

$$K_w = 1.00 \cdot 10^{-14} (25 \text{ }^\circ\text{C}) \quad \text{p}K_w = -\log K_w = 14.00$$

#### 1.1.2. KONCENTRACIJE RASTVORA

**Gram atom** nekog elementa je atomska težina elementa izražena u gramima (Na pr. za vodonik H, 1.008 g, za kiseonik O, 16 g, azot N, 14.008 g, hlor Cl, 35.5 g itd.).

**Gram molekul** ili mol, je molekulska težina nekog elementa ili jedinjenja izražena u gramima (Na pr. za vodonik  $H_2$ , 2.016 g, za vodu  $H_2O$ , 18.016 g, amonijak  $NH_3$ , 17.032 g).

**Gram ekvivalent** ili val, je ekvivalentna težina nekog elementa ili jedinjenja izražena u gramima (Na pr. za vodonik, 1.008 g, kiseonik, 16 g, sumpor, 16 g, sumpornu kiselinu  $H_2SO_4$ , 49.038 g itd.). Dobija se kada se gram - molekulska težina podeli sa brojem jedinica reakcionog kapaciteta. Reakcioni kapacitet se definiše: brojem vodonikovih jona koji učestvuju u reakciji (1), brojem dobijenih ili izgubljenih elektrona po molekulu za oksido - redukcionu reakciju (2) i totalom valencom po molekulu reagujuće grupe u precipitacionim reakcijama (3) (Tabela 1.2.).

**Masena procentualna koncentracija** (mas.% ili samo %) predstavlja odnos između mase rastvorene supstance u gramima u 100 g rastvora.

Masena procentualna koncentracija  $w$  u %, se može izračunati preko mase supstance  $m_{rs}$  u g, i mase rastvora  $m_r$  u g (zbir mase supstance i rastvarača, što je najčešće voda) iz proporcije:

$$m_r : 100 = m_{rs} : w$$

**Molarna koncentracija** ili **molarnost** (nM) pokazuje koliko molova (gram molekula) rastvorene supstance sadrži 1 litar rastvora. Ako se u jednom litru rastvora nalazi 1 mol rastvorene supstance, takav rastvor je jednomolarn (1M).

**Normalna koncentracija** ili **normalitet** (nN) pokazuje koliko se gram ekvivalentne rastvorene supstance nalazi u 1 litru rastvora. Jednomolarni rastvor ili normalni rastvor (1N) sadrži 1 gram ekvivalent rastvorene supstance u jednom litru rastvora.

Težina supstance (G) u rastvoru u gramima:

$$G = nM \times V \times (\text{gram molekul supstance})$$

gde je: nM - molarnost rastvora

V - zapremina rastvora u litrima

Koncentracija supstancije C u (mg/l) rastvora

$$C = nM \times (\text{gram molekul susptance}) \times 10^3$$

Na osnovu poznatog normaliteta, moguće je koncentraciju rastvora izraziti u miliekvivalentima na litar (me/l)

$$me = N \times 10^3$$

Da bi se od polaznog rastvora poznate koncentracije napravio novi rastvor drugačije koncentracije koristi se formula:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

gde je:  $V_1$  - zapremina polaznog rastvora,  $C_1$  - koncentracija polaznog rastvora,  $V_2$  - zapremina novog rastvora,  $C_2$  - koncentracija novog rastvora

ili

$$V_m \cdot C_m = V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2 + \dots + V_i \cdot C_i + \dots + V_n \cdot C_n$$

gde je:  $V_i$  - zapremina polaznog rastvora,  $C_i$  - koncentracija polaznog rastvora,  $V_m$  - zapremina mešavine,  $C_m$  - koncentracija mešavine

Zapremina mešavine je:

$$V_m = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

Na ovim formulama bazira se zakon volumetrijske titracije:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

gde je:  $V_1$  - zapremina polaznog rastvora,  $N_1$  - normalitet polaznog rastvora,  $V_2$  - zapremina novog rastvora,  $N_2$  - normalitet novog rastvora

Ili:

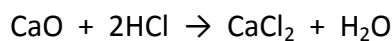
$$V_m \cdot N_m = V_1 \cdot N_1 + V_2 \cdot N_2 + \dots + V_i \cdot N_i + \dots + V_n \cdot N_n$$

gde je:  $V_i$  - zapremina polaznog rastvora,  $N_i$  - normalitet polaznog rastvora,  $V_m$  - zapremina mešavine,  $N_m$  - normalitet mešavine

### 1.1.3. TVRDOĆA VODE

Tvrdoća vode je uzrokovana prisustvom rastvorenih soli kalcijuma i magnezijuma.

Karbonati i bikarbonati Ca i Mg reaguju bazno pa se njihova količina može odrediti titracijom pomoću kiseline poznate koncentracije. Na osnovu utrošene zapremine kiseline može se izračunati tvrdoća. Jednačina titracije za određivanje karbonatne tvrdoće vode glasi:



Koncentracija hemijskog elementa izražena u mg/l kao CaCO<sub>3</sub>:

$$T_{\text{elem.}} = G_{\text{elem.}} \cdot \frac{\text{gram-ekv.teži na CaCO}_3}{\text{gram-ekv.teži na elem.}} \quad (\text{mg/l kao CaCO}_3)$$

Ukupna tvrdoća vode:

$$T = T_{\text{Ca}} + T_{\text{Mg}} \quad (\text{mg/l kao CaCO}_3)$$

SI jedinica mere tvrdoće vode je:

mg CaCO<sub>3</sub> / dm<sup>3</sup> vode.

Jedinice mere tvrdoće koje se takođe koriste su:

1° nemački = 1° N = 10 mg CaO/ dm<sup>3</sup> vode.

1° francuski = 1° F = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/ dm<sup>3</sup> vode.

1° engleski = 1° E = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/ 0.7 dm<sup>3</sup> vode.

### 1.1.4. DEZINFEKCIJA VODE I OBJEKATA

Pod dezinfekcijom se podrazumeva postupak kojim se vrši uništenje patogenih i ostalih mikroorganizama koji se mogu nalaziti u vodi ili na zidovima objekata za vodosnabdevanje. Za dezinfekciju se koriste različita dezinfekciona sredstva od kojih najširu upotrebu ima hlor zbog ekonomičnosti, jednostavne pripreme rastvora, rukovanja uređaja za doziranje i jednostavne kontrole.

Hlorni preparati koji se najčešće koriste za dezinfekciju vode i objekata su:



- hlor gas, koncentracije  $C = 100\% \text{ Cl}_2$ ,
- hlorni kreč, koncentracije  $C = 30 - 70\% \text{ Cl}_2$  (kalcijum hipohlorit  $C = 30 - 35\% \text{ Cl}_2$ , parakaporit  $C = 39\% \text{ Cl}_2$ , kaporit  $C = 70\% \text{ Cl}_2$ ),
- natrijumhipohlorit (Žavelova voda), koncentracije  $C = 12 - 15\% \text{ Cl}_2$ .

Hlor spada u jaka oksidaciona i otrovna sredstva. Prilikom njegove upotrebe se moraju poštovati sve predviđene mere zaštite.

Posle izvršenog pranja objekata vodom objekat se dezinfikuje hlornim rastvorom koncentracije:

- $0.5\% \text{ Cl}_2$  (zidovi kaptažnih građevina, bunara, rezervoara)
- $0.1\% \text{ Cl}_2$  (za dezinfekciju kofe)
- $0.005\% \text{ Cl}_2$  odnosno  $50 \text{ mg/l Cl}_2$  (vodovodna mreža)

Količina hlornog preparata (d), koju treba dodati vodi u cilju njenog efikasnog dezinfikovanja zavisi od kvaliteta vode i difinisana je kao zbir hlornog broja (a) i slobodnog (rezidualnog) hlora (b), izrazom:

$$d = a + b \quad (\text{mg/l})$$

Pod hlornim brojem (a) se podrazumeva količina hlora koja se utroši na oksidaciju organske materije i prisutnih mikroorganizama u vodi u toku 15 - 30 minuta. Određuje se eksperimentalno.

Slobodan (rezidualni) hlor (b) je višak hlora u vodi i predstavlja preventivnu količinu u vodi u cilju njene zaštite od usputnih zagađenja od izvorišta do mesta potrošnje. Po našim propisima slobodni hlor u vodi treba da iznosi:

$$b = 0.1 - 0.3 \text{ mg/l}$$

izuzetno  $0.5 \text{ mg/l}$  u slučaju elementarnih nepogoda (poplave, potresi).

Dezinfekcija vode se vrši u posebnim bazenima, koji treba da obezbede potpuno mešanje hlora i vode uz obezbeđenje vremena kontakta od 15 - 30 minuta. Bazeni za dezinfekciju su pravougaonog oblika, dubine od 1.0 - 1.5 m i odnosom strana  $a : l = 1 : 5$  (a - širina bazena, l - dužina bazena), sa ugrađenim delimičnim pregradama - šikanama u cilju obezbeđenja kvalitetnijeg mešanja hlora i vode.