RAZINE NATRIJA U VODAMA DALMACIJE TIJEKOM 2003. GODINE

SODIUM LEVELS IN THE DALMATIAN WATER RESOURCES IN 2003

NIVES ŠTAMBUK-GILJANOVIĆ, DRAGO ŠTAMBUK*

Deskriptori: Balneologija; Mineralne vode; Sumporovodik; Hrvatska

Sažetak. Cilj je rada istražiti razine natrija u izvorskim, površinskim i podzemnim vodama Dalmacije tijekom 2003. godine. Natrij je izračunan iz razlike koeficijenata K_1 (odnos zbroja klorida, sulfata i karbonatne tvrdoće) i K_2 (odnos nekarbonatne i karbonatne tvrdoće) i karbonatne tvrdoće. Koncentracije natrija izražene medijanom kretale su se u izvorskim vodama od 1,8 do 17,6 mg/L Na, u površinskim vodama od 1,0 do 502 mg/L Na i u podzemnim vodama od 11,1 do 124,3 mg/L Na. U izvorskim su vodama koncentracije natrija varirale od 32% do 217%, u površinskim vodama od 40% do 159% i u podzemnim vodama od 77,3% do 180%. Prema koeficijentu korozivnosti K_1, 83% izvorskih voda svrstava se u nekorozivne vode (K_1 manji od 0,2), a 17% u slabo korozivne (K_1 od 0,2 do 0,65); 84% površinskih voda svrstava se u nekorozivne vode, a 16% u vrlo korozivne (K_1 veći od 0,65). Sve istražene podzemne vode vrlo su korozivne. Od ukupno ispitanih šezdeset voda, 64% svrstava se u hipotenzivne, 20% u normotenzivne, a 16% u hipertenzivne vode. Pitku vodu definirali smo kao hipotenzivnu (<10 mg/L Na), normotenzivnu (od 11 do 20 mg/L Na) i hipertenzivnu (>20 mg/L Na) tako što smo koncentraciju natrija povezivali projektivno s pojmom arterijskog tlaka, znajući da povećana koncentracija natrija u krvi povećava krvni tlak. S informatičkog stajališta zdravstvene podatke treba svrstati u baze podataka koje mogu poslužiti kao metodološko polazište za proučavanje utjecaja natrija na ljudsko zdravlje. Zato bi epidemiološke rasprave trebale povezati različite razine natrija u pitkoj vodi s drugim čimbenicima koji utječu na ljudsko zdravlje.

Descriptors: Balneology; Mineral waters; Hydrogen sulfide; Croatia

Summary. The objective of this paper was to analyse the sodium levels in the spring water, surface and groundwater in Dalmatia during 2003. The sodium concentrations were computed from the difference between coefficient K_1 (the ratio between the chlorides and sulfates sum and the carbonate hardness) and K_2 (the ratio between non-carbonate and carbonate hardness) and carbonate hardness. The average sodium concentrations have been expressed by a median and they ranged from 1.8 mg/L Na to 17.6 mg/L Na in the spring water, in the surface water they ranged from 1.0 to 502 mg/L Na and in the groundwater they ranged from 11.1 mg/L Na to 124.3 mg/L Na. In the spring water the sodium concentrations varied from 32% to 217%, in the surface water from 40% to 159% and in the groundwater from 77.3% to 180%. According to the corrosiveness coefficient K_1, 83% of the spring waters are classified as non-corrosive and 17% as water with a low degree of corrosiveness; 84% of the surface waters are classified as non-corrosive water and 16% as very corrosive; all groundwater is classified as very corrosive water. Out of the total of 60 analyzed water resources 64% are classified as hypotensive, 20% as normotensive and 17% as hypertensive water.The drinking water has been defined as hypotensive (<10 mg/L Na), normotensive (from 11 to 20 mg/L Na) and hypertensive (>20 mg/L Na) by relating the sodium concentration projectively with the notion of arterial pressure knowing that an increased sodium concentration in blood increases the blood pressure.From the informatics standpoint the data related to health should be classified into data bases which can serve as a methodological starting point for studying the influence of sodium upon human health. Consequently, epidemiological studies should relate various sodium levels in drinking water to other factors which affect human health.

Liječ Vjesn 2006;128:105–113

Fiziološko i patološko djelovanje natrija

Natrij je najčešći kation, Na^+, u izvanstaničnoj tekućini u ljudskom organizmu. Sudjeluje u formiranju tzv. osmolarnosti izvanstanične tekućine, održavanju kiselo-bazne ravnoteže, sudjeluje u provođenju živčanih impulsa i u mišićnoj kontrakciji.

Ravnoteža vode i elektrolita održava se unosom natrija iz hrane i vode i gubitkom mokraćom, stolicom, znojenjem, izdisanjem, preko aktivne filtracije bubrega i mehanizma apsorpcije iona. Prosječni odrasli muškarac, težak 70 kg, ima oko 69 g metabolički aktivnog natrija (27,6 g u kostima, 3,5 g u stanicama svih organa i 37,9 u plazmi i drugim tekućinama koje su stanice organa) i 45 L vode. Normalno se na dan gubi 1,5 do 2 L vode i 2,3 g natrija mokraćom; oko 100 mL vode i 350 mg natrija izluči se na dan stolicom. Normalni gubitak vode i elektrolita, znojenjem i izdisanjem, oko 900 mL, smatra se nevažnim za homeostazu vode i elektro-

* **Zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije, Medicinski fakultet Sveučilišta u Splitu** (doc. dr. sc. Nives Štambuk-Giljanović, dipl. ing. kemije); **Ministarstvo vanjskih poslova RH, Odjel za kulturu, prosvjetu i znanost** (Drago Štambuk, dr. med.)

Adresa za dopisivanje: Doc. dr. sc. N. Štambuk-Giljanović, Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Vukovarska 46, 21 000 Split

Primljeno 7. prosinca 2004., prihvaćeno 15. studenoga 2005.

lita, jer je malen u usporedbi s gubitcima preko bubrega i crijeva. Nekontrolirani gubitci mogu postati važni, ali u slučajevima velikog manjka unosa natrija.[1]

Budući da tijelo ima vrlo učinkovite metode za kontroliranje razina natrija, natrij nije akutno toksičan element u normalnom rasponu njegovih koncentracija u hrani i vodi. Sve namirnice sadržavaju natrij. Čovjek prima natrij najviše iz kuhinjske soli. Usoljena hrana, kao što su pršut (10% NaCl), usoljena riba (20% NaCl), slani sirevi (3% NaCl) i šunka (3% NaCl) sadržava povećane koncentracije natrija koje mogu uzrokovati tumore u gastrointestinalnom traktu.[2]

Postoji jedna studija o smrti šestero od 14-ero djece koja su pogrješkom dobila natrijev klorid u koncentraciji od 21 g/L u njihovoj prehrani bočicom.[3] Jedan gram soli po kilogramu tjelesne težine može biti smrtonosan za malu djecu.[3] Smrtonosna doza natrijeva klorida za odraslog čovjeka je 1–3 g/kg tjelesne težine.[4] Toksični simptomi trovanja natrijem uključuju opće djelovanje središnjeg živčanog sustava s povećanjem osjetljivosti, titranje mišića, grčeve s cerebralnim ili pulmonalnim edemom i ukočenošću (mrtvilo, tupost).

Natrij u prirodi, posebice u pitkim vodama

Natrij je najčešći od alkalijskih elemenata i čini 2,6% Zemljine kore.[5] Spojevi natrija su veoma rasprostranjeni u prirodi. Osobito su njime bogate eruptivne stijene i morska voda.

Prirodno se nalazi u svim vrstama hrane. Prirodne razine znatno variraju za različite vrste hrane, a i prerađivanje hrane može znatno utjecati na te razine. Neprerađeno sirovo povrće ima 33 mg natrija u 100 g povrća, a prerađeno povrće ima 227 mg natrija u 100 g povrća. Neprerađeni proizvodi žitarica imaju 3 mg natrija na 100 g, a prerađene žitarice 386 mg natrija u 100 g žitarica.[6]

Spojevi natrija koji se rabe za pročišćavanje vode za potrebe vodoopskrbe i u domaćinstvima za procese omekšavanja vode, mogu biti važni izvori natrija u pitkoj vodi. Proces pročišćavanja vode vapnom može znatno povećati koncentraciju natrija ako se mora ukloniti velika nekarbonatna tvrdoća. Drugi spojevi natrija također se rabe u preradi vode: natrijev fluorid (NaF) za fluoriranje; natrijev hidroksid (NaOH), natrijev karbonat (Na_2CO_3) i natrijev bikarbonat ($NaHCO_3$) za kontroliranje korozije; otopina natrijeva hipoklorita (NaOCl) za dezinfekciju vode. U omekšavanju vode u domaćinstvima, s pomoću smola za izmjenu iona, za svakih 40 mg kalcija po litri, koncentracija natrija u pročišćenoj vodi podiže se za 46 mg/L.[1]

Većina tipova tla ima natrij u rasponu od 0,1 do 1 posto, uglavnom kao silikatne minerale kao što su amfibol i ortoklas (feldspat). Neka tla su pod utjecajem soli pa sadržavaju topljivi i izmjenjivi natrij.[7] Natrij u tlu povećava koncentraciju natrija u podzemnoj vodi i zaslanjenost površinskih vodotokova.

Procjenjuje se da 25 do 50% soli koja se rabi na cestama za sprječavanje zaleđenja ulazi u podzemne vode i može povećati razine natrija u pitkoj vodi.[8]

Izvori natrija u pitkoj vodi su mnogobrojni i uključuju otplavljivanje naslaga natrijevih soli, otapanje soli u pitkoj vodi i izmjenu iona u postupcima omekšivanja vode, prodiranje morske vode i slaganje aerosolnih kapi na obalnim područjima.

Procjena kvalitete vode i njezin utjecaj na zdravlje

Mnoge vode koje služe za vodoopskrbu povremeno imaju koncentraciju natrija višu od 20 mg/L.[9,10] Npr. u Massachusettsu više od 50% voda iz općinskih vodovoda ima više od 20 mg/L Na. U nekim je područjima koncentracija natrija viša od 100 mg/L Na. Da bi dobili podatke koji bi mogli pomoći državi da donese odluke o nadzoru natrija u pitkoj vodi, Tuthill i Calabrese[9] sa Sveučilišta države Massachusetts u Amherstu, istraživali su krvni tlak sveučilištaraca u dvama susjednim vodocrpnim područjima gdje su svi prirodni uvjeti osim koncentracije natrija u pitkoj vodi bili približno jednaki. Sveučilištarci u vodocrpnom području sa 105 mg/L Na imali su znatno viši tlak od sveučilištaraca u vodocrpnom području s 5 mg/L Na. Ta istraživanja upućuju na potrebu longitudinalnih istraživanja natrija zajedno s povećanjem zdravstvenih podataka.

Pretpostavljajući utjecaj koncentracije natrija u krvi na povišenje krvnoga tlaka, odlučili smo prema istom principu natrijevih razina u pitkoj vodi[9] vode podijeliti na hipotenzivne (<10 mg/L Na), normotenzivne (od 11 do 20 mg/L Na) i hipertenzivne (>20 mg/L Na).

Odnos između unosa natrija i hipertenzije nije posve jasan. Brojne su studije pokazale da smanjenje unosa natrija snižava krvni tlak kod hipertenzije, ali to konačno ne znači da povećane koncentracije natrija uzrokuju hipertenziju. Epidemiološki su podaci koji se odnose na unos soli i krvni tlak kontroverzni. Postoje studije koje pokazuju pozitivnu korelaciju između uzimanja natrija i hipertenzije,[11,12] a druge ne upućuju na tu korelaciju.[13,14]

Postoje velike varijacije u razinama uzimanja natrija među pojedincima, a i kod svakog pojedinca od jednog dana do drugog.[15] U zapadnoj se Europi i Sjevernoj Americi sadašnja potrošnja natrijeva klorida procjenjuje na 5 do 20 g/dan, s prosjekom od približno 10 g na dan (što je 4 g natrija na dan).[16] Minimalna dnevna potreba natrija je približno 50 mg za prosječnog odraslog čovjeka.[17] Prosječne dnevne potrebe natrija za odrasle variraju od 2 do 5 g.[16] Dopuštene razine natrija iz hrane i vode procjenjuju se za različite skupine odraslih i djece.[17]

Svjetska zdravstvena organizacija pretpostavlja da odrasli troše oko 5 g natrija na dan; oni koji troše razmjerno malo uzimaju 2 g na dan; a oni koji imaju ograničenu dijetu, 500 mg na dan.[17] Svjetska zdravstvena organizacija smatra da se dodatnih 40 mg natrija unosi iz vode, ako pretpostavimo da je ukupna količina za pojedinca 2 L vode koja sadržava 20 mg/L Na. I kod odraslih, s ograničenim natrijem u hrani, takva pitka voda pridonijet će samo oko 7% sveukupnog unosa. Ako voda sadržava 200 mg/L Na (razine koje su zabilježene u nekim vodoopskrbnim sustavima), tada će se 44% ukupnog natrija primati vodom kod onih koji imaju prehranu s ograničenim unosom natrija.

Dijete koje se doji prima na dan od 23 do 31 mg natrija/kg tjelesne težine.[18] Djeca od 1 do 5 godina dobivaju prosječno na dan 2 g natrija iz hrane, s koncentracijama od 20 i 200 mg/L Na u pitkoj vodi.[1] Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, dijete mlađe od dva mjeseca, koje se hrani samo preko bočice, trošit će 250 mg natrija na dan, iz praha za pripremu bočice, a drugih 20 mg iz vode, ako pretpostavimo da je koncentracija natrija u vodi koja se rabi za pripremu mlijeka 20 mg/L i ako djeca piju 1 L mlijeka na dan. Tada se 7% svega unosa natrija dobiva iz vode. Međutim, ako pitka voda sadržava 200 mg/L natrija, tada će 44% sveukupnog unosa natrija potjecati iz pitke vode.

Za održavanje razine od 500 mg na dan treba postići ograničenje koncentracije natrija u vodi. Ako pretpostavimo da natrij iz vode čini samo 10% ukupne količine natrija kod osoba koje su na prehrani ograničenoj natrijem, tada koncentracije u vodi trebaju biti 20 mg/L ili manje, ako pretpo-

stavimo dnevnu potrošnju vode od 1,5 L.[12] Da bi se održala tako niska razina u javnoj vodoopskrbi, treba se koristiti modernom tehnologijom, što zahtijeva znatne troškove.[19]

Prevelika koncentracija natrija lako se otkriva okusom. Kod otopina pri sobnoj temperaturi prag okusa za natrij prisutan u solima kao natrijev klorid i natrijev sulfat približno je 130 do 140 mg/L. Općenito, okus je loš pri koncentraciji od ≤200 mg/L Na (bez obzira na to je li klorid ili sulfat); međutim, osjetljivi pojedinci mogu otkriti da je okus loš i pri koncentracijama između 175 i 185 mg/L Na.[16] Stoga postoji ugrađena restrikcija za dopuštene razine natrija u pitkoj vodi. Prag se okusa natrija u vodi može mijenjati i ovisi o povezanom anionu, o temperaturi otopine i o navikama pojedinca za uzimanje soli.

Cilj istraživanja razina natrija u vodama Dalmacije, koja su učinjena u Zavodu za javno zdravstvo županije u Splitu, u 2003. godini, bio je istražiti koncentracije natrija u vodama Dalmacije da bi se mogle iskoristiti za praćenje utjecaja natrija na ljudsko zdravlje i brz nadzor natrija u pitkoj vodi.

Metode

Pojedinačni uzorci voda u Dalmaciji (29 izvorskih voda, 25 površinskih voda i 6 podzemnih voda) uzorkovani su mjesečno, na šezdeset mjernih postaja (slika 1.) od 1. siječnja 2003. do 1. siječnja 2004. godine.

U vodama su mjerene koncentracije sulfata turbidimetrijskom metodom, kloridi argentometrijskom metodom i tvrdoća kompleksometrijskom metodom, prema američkim standardnim metodama.[20]

Na temelju koncentracija spomenutih pokazatelja kakvoće izračunani su koeficijenti K_1[21] (odnos zbroja klorida, sulfata i karbonatne tvrdoće) i K_2[22] (odnos nekarbonatne i karbonatne tvrdoće). Iz razlike koeficijenata K_1-K_2 i karbonatne tvrdoće natrij je izračunan prema autoričinoj formuli.[23–25]

$$Na\ (mg/L) = (K_1\text{-}K_2) \cdot 2[HCO_3^-] \cdot M(Na)$$

gdje je M(Na) = 23 g/mol.

Prema koeficijentu K_1 vode su podijeljene u tri skupine:

a) nekorozivne, K_1 manji od 0,2;
b) slabo korozivne, K_1 od 0,2 do 0,65;
c) vrlo korozivne s K_1 većim od 0,65.

Godišnji rezultati istraživanja voda u Dalmaciji statistički su obrađeni. Prikazani su kao aritmetičke sredine i medijani, budući da je prosjek koncentracija mjeren medijanom bolji od aritmetičke sredine, jer se radi o asimetričnoj raspodjeli koncentracija natrija. Izračunane su standardne devijacije, koeficijenti varijabilnosti i prikazane su maksimalne i minimalne koncentracije natrija na istraživanim mjernim postajama. Statistički obrađeni podaci prikazani su na tablicama 1.–3. Na tablicama je prikazan i koeficijent korozivnosti K_1 za sve mjerne postaje.

Geografsko područje istraživanja

Dalmacija pripada krškom području u kojem ima mnogo oborina, ali ona ipak oskudijeva vodom, jer se voda gubi u pukotinama i najviše otječe podzemno.

Podzemne vode u Dalmaciji svrstavamo u pukotinske vode, koje su prema hidrokemijskim i higijenskim značajkama slične površinskim vodama. Podzemne se vode zamućuju, pa ih treba pročistiti ako ulaze u vodoopskrbni sustav. Umjereno su tvrde, a razmjerno su brza podzemnog toka. Krške se vode najčešće dijele na kalcijsko-hidrokarbonatne vode. Međusobno se razlikuju prema sadržaju sulfata, klorida, magnezija, natrija i otopljenoga CO_2.

U mnogim krškim vodama ima više klorida, što je posljedica utjecaja mora, i to ili zbog izravnog miješanja morske vode s riječnom vodom ili zbog miješanja mora s podzemnim tokovima. U tim vodama, osim povećana sadržaja klorida, povećava se i sadržaj sulfata, natrija i magnezija.

Rezultati

Koncentracije natrija u izvorskim, površinskim i podzemnim vodama u Dalmaciji prikazane su na tablicama l.–3., za 2003. godinu, na šezdeset mjernih postaja. Koncentracije natrija izražene medijanom donose slike 2., 4. i 6., a koeficijent korozivnosti K_1 prikazan je na slikama 3, 5. i 7.

U izvorskim vodama u Dalmaciji (tablica 1.) koncentracije natrija izražene medijanom (slika 2.) kretale su se od 1,8 (Ombla i Biba) do 17,6 mg/L Na (Klokun). Najviše su varirale na postaji Kotarki (217%), a najmanje na Opsenici Jurjevići (32%). Na mjernoj je postaji Šilovci koncentracija natrija bila 21 mg/L. Vrlo je varirala (152%). Ta se voda svrstava u hipertenzivnu vodu. Prema koeficijentu korozivnosti K_1 (slika 3.), vrlo je korozivna.

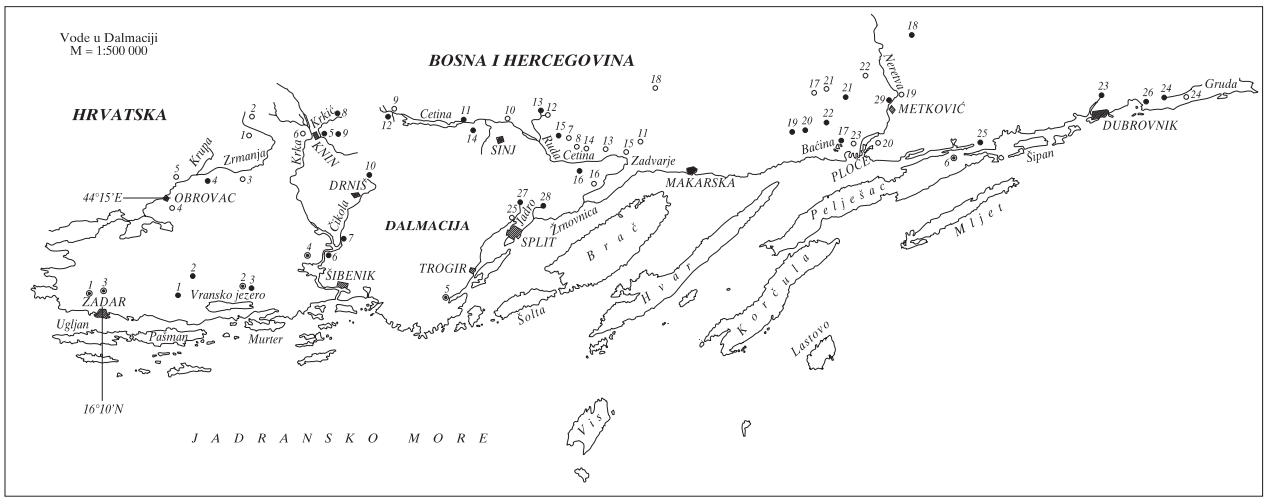
Maksimalne koncentracije natrija u izvorskim vodama bile su od 4,6 (Opsenica Jurjevići) do 617 mg/L Na (Kotarka), a minimalne koncentracije manje od 0,1 (Biba, Kakma, Torak, Kosinac i Studenci) do 2,9 mg/L Na (Ston-Oko). Koeficijent korozivnosti K_1 bio je od 0,1 u vodi Parilu (vrgoračko područje) do 0,88 u Kotarki (zadarsko područje) Od istraženih 29 izvorskih voda 83% voda se svrstava u nekorozivne, a 17% u slabo korozivne; 75,8% voda se svrstava u hipotenzivne, 20,7% u normotenzivne i 3,5% u hipertenzivne.

U površinskim vodama u Dalmaciji (tablica 2.) koncentracije natrija izražene medijanom (slika 4.) bile su od 1,0 (Josetin Most) do 502 mg/L Na (Neretva Opuzen). Koncentracije natrija najviše su varirale na postaji Kosi (159%), a najmanje na Staševici (40%). Voda na postaji Neretvi Opuzen je hipertenzivna i veoma korozivna (tablica 2., slika 5.).

Povećana koncentracija natrija na toj postaji uzrokovana je prodorom mora u vodotok rijeke Neretve u svezi s kolebanjem njegove razine. Utjecaj mora najveći je od ušća Neretve do Opuzena, smanjuje se do Metkovića, a iznad mosta u Metkoviću utjecaj mora gotovo prestaje. Naime, iznad mosta u Metkoviću dno rijeke se uzdiže za 2 m do 2,5 m što smanjuje prodiranje morske vode pri dnu rijeke iznad mosta. Maksimalne su koncentracije natrija u površinskim vodama bile od 3,4 (Josetin Most) do 2153 mg/L Na na postaji Neretva Opuzen, a minimalne koncentracije od manje od 0,1 (Josetin Most, Cetina Prančevića brana, Cetina Trilj, Cetina Blato n/C, Ljuta, Jadro na ulazu u ribnjak) do 10,6 mg/L Na (Neretva Čapljina). Koeficijent korozivnosti K_1 kretao se od 0,1 (Cetina Vinalić i ušće Rude) do 3,2 u Mislini, što tu vodu svrstava u vrlo korozivne vode.

Od svih istraženih 25 površinskih voda prema K_1, 84% voda se svrstava u nekorozivne vode, a 16% u vrlo korozivne vode; 64% površinskih voda svrstava se u hipotenzivne, 20% u normotenzivne i 16% u hipertenzivne vode.

U podzemnim vodama u Dalmaciji (tablica 3.) koncentracije natrija izražene medijanom (slika 6.) bile su od 11,1 mg/L, u Golubinki, do 124,3 mg/L Na, u Boljkovcu. Najviše su varirale na mjernoj postaji Nerezi (dubrovačko područje) (180%), a najmanje na Golubinki (zadarsko područje) (77,3%). Na mjernoj postaji Boljkovcu koncentracija natrija



Mjerne postaje *Sampling sites*

1. Biba
2. Kakma
3. Kotarka
4. Opsenica Jurjević
5. Šimića izvor
6. Jaruga
7. Torak
8. Izvor Krka
9. Krka Miljacka
10. Čikola izvor
11. Mala Ruda
12. Izvor Cetine
13. Kosinac
14. Šilovka
15. Grab

● Izvorske vode u Dalmaciji *Spring waters in Dalmatia*

16. Studenci
17. Klokun
18. Prud
19. Parila
20. Prigon
21. Opačac
22. Butina
23. Ombla
24. Palata
25. Ston - Oko
26. Plat
27. Jadro
28. Žrnovnica
29. Modro Oko

Mjerne postaje *Sampling sites*

1. Crpna stanica Dolac
2. Štikada
3. Josetin most
4. Zrmanja Žegar
5. Zrmanja Muškovci
6. Krka Knin
7. Čikotina Lađa
8. Cetina Prančevića brana
9. Cetina Vinalić
10. Ušće Rude
11. Cetina Gubavica
12. Cetina Trilj
13. Cetina ispod brane
14. Cetina Blato n/C
15. Cetina Zadvarje

○ Površinske vode u Dalmaciji *Surface waters in Dalmatia*

16. Cetina Radmanove mlinice
17. Staševica
18. Vrljika Kamen most
19. Neretva Čapljina
20. Stara Neretva kraj
21. Mislina
22. Kosa
23. Neretva Opuzen
24. Ljuta
25. Jadro na ulazu u ribnjak

Mjerne postaje *Sampling sites*

1. Bokanjac
2. Golubinka
3. Boljkovac
4. Jandrić
5. Gustirna
6. Nereza

◉ Podzemne vode u Dalmaciji *Underground waters in Dalmatia*

Slika – Figure 1. *Mjerne postaje voda u Dalmaciji / Sampling sites of waters in Dalmatia*

Tablica 1. *Koncentracije Na (mg/L) u izvorskim vodama Dalmacije (2003. god.)*
Table 1. *Sodium concentrations (mg/L) in Dalmatian spring waters (2003)*

Mjerne postaje Sampling sites	Broj uzoraka Sampling Sites Number	Aritmetička sredina Arithmetic mean concentration	Standardna devijacija, (–) Standard deviation, (–)	Medijan Median	Koeficijent varijabilnosti, % Variability coefficient, %	Maksimalna koncentracija Maximum concentration	Minimalna koncentracija Minimum concentration	Koeficijent korozivnosti K1, (–) Corrosion coefficient K1, (–)
1. Biba	12	4,9	6,8	1,8 –	138,7	21,9	<0,1	0,18*
2. Kakma	12	14,6	27,2	9,1 –	186	99	<0,1	0,20*
3. Kotarka	12	80,9	176,1	11,9	217	617	0,5	0,88**
4. Opsenica Jurjevići	12	2,5	0,8	2,2 –	32	4,6	1,5	0,19*
5. Šimića izvor	12	8,1	7,2	7,3 –	88,8	21,8	0,1	0,17*
6. Jaruga	12	13,5	12,2	9,6 –	90,3	36,4	2,0	0,16*
7. Torak	12	8,6	8,6	6,3 –	100	27,7	<0,1	0,20*
8. Izvor Krka	12	5	4,5	3,7 –	90	14,2	0,1	0,18*
9. Krka Miljacka	12	13,8	10,3	13,2	74,6	32,7	0,9	0,17*
10. Čikola izvor	12	2,9	3,3	1,9 –	113	11,7	0,4	0,16*
11. Mala Ruda	12	3,2	2,7	2,9 –	84,3	9,8	0,3	0,20*
12. Izvor Cetine	12	9,9	11,7	4,8 –	118	34,7	0,2	0,18*
13. Kosinac	12	5,0	5,1	3,6 –	102	17,4	<0,1	0,19*
14. Šilovka	12	35,7	54,6	21 +	152	199	0,2	0,66**
15. Grab	12	3,2	2,4	2,6 –	75	9,5	0,2	0,11*
16. Studenci	12	4,7	3,4	5,1 –	72,3	10	<0,1	0,10*
17. Klokun	12	16,6	9,2	17,6	55,4	32,9	0,5	0,35
18. Prud	12	14,5	17,8	9,8 –	122	59,9	1,1	0,7**
19. Parila	12	7,2	6,2	4,8 –	86	19,3	1,1	0,1*
20. Prigon	12	13,5	18,3	7,1 –	135	55,8	0,5	0,5
21. Opačac	12	5,3	3,2	5,8 –	60,3	10,2	0,2	0,19*
22. Butina	12	17,8	11,8	16,1	66,2	41,3	4,0	0,18*
23. Ombla	12	2,4	1,5	1,8 –	86,2	6,1	0,9	0,20*
24. Palata	12	5,5	3,7	5,1 –	67,2	14,3	0,0	0,19*
25. Ston-Oko	12	10,8	4,7	12	43,5	19,9	2,9	0,25
26. Plat	12	3,3	2,4	1,8 –	72,7	8,4	0,8	0,21
27. Jadro	12	5,5	4,4	3,3 –	80	13,7	0,9	0,18*
28. Žrnovnica	12	4,2	2,0	3,7 –	47,6	8,7	1,5	0,18*
29. Modro Oko	12	13,1	14,3	9,4 –	109	52,1	0,5	0,68**

* slabo korozivno/low corrosiveness; ** vrlo korozivno/high corrosiveness; – hipotenzivno/hypotensive; + hipertenzivno/hypertensive

Tablica 2. *Koncentracije Na (mg/L) u površinskim vodama Dalmacije (2003. god.)*
Table 2. *Sodium concentrations (mg/L) in Dalmatian surface waters (2003)*

Mjerne postaje Sampling sites	Broj uzoraka Sampling Sites Number	Aritmetička sredina Arithmetic mean concentration	Standardna devijacija, (–) Standard deviation, (–)	Medijan Median	Koeficijent varijabilnosti, % Variability coefficient, %	Maksimalna koncentracija Maximum concentration	Minimalna koncentracija Minimum concentration	Koeficijent korozivnosti K1, (–) Corrosion coefficient K1, (–)
1. Crpna stanica Dolac Pump station Dolac	12	3,3	2,2	3,0 –	66,6	7,8	0,8	0,18*
2. Štikada	12	2	1,3	1,6 –	65	4	0,2	0,16*
3. Josetin Most	12	1,4	1,4	1,0 –	100	3,4	<0,1	0,17*
4. Zrmanja Žegar	12	2,5	2,4	1,7 –	96	8,2	0,4	0,16*
5. Zrmanja Muškovci	12	2,6	1,8	2,5 –	69,2	5,7	<0,1	0,19*
6. Krka Knin	12	10,1	4,5	10,6	44,5	19,9	0,1	0,19*
7. Čikotina Lađa	12	14,7	12,5	12,2	85	38,5	0,4	0,17*
8. Cetina Prančevića brana/dam	12	8,7	11,3	4,3 –	129	39,7	<0,1	0,16*
9. Cetina Vinalić	12	17,2	18,1	9,6 –	105	63,9	1,1	0,10*
10. Ušće Rude	12	4,5	3,4	3,5 –	75,5	9	0,3	0,10*
11. Cetina Gubavica	12	9,3	8,3	7,5 –	89,2	24,8	0,4	0,12*
12. Cetina Trilj	12	4,5	2,5	4,6 –	55,5	96	<0,1	0,17*
13. Cetina ispod brane Cetina below dam	12	17,2	21,9	6,3 –	127	74	2,0	0,19*
14. Cetina Blato n/C	12	11,2	9,6	8,8 –	85,7	33,5	0,0	0,18*
15. Cetina Zadvarje	12	13,7	6,8	14,4	49,6	23	1,6	0,19*
16. Cetina Radmanove mlinice	12	22	15,3	22 +	69,5	46,9	0,9	0,17*
17. Staševica	12	16,1	6,6	17,6	40	28	6,3	0,18*
18. Vrljika Kamen most	12	2,6	2,1	2,6 –	80,7	6,4	<0,1	0,17*
19. Neretva Čapljina	12	22,8	14,8	17,1	64,9	53,9	10,6	0,20*
20. Stara Neretva kraj	12	177,9	217,2	95,3 +	122	733	4	2,1**
21. Mislina	12	329,2	423,7	42,5 +	128	1144	1,9	3,2**
22. Kosa	12	368	587	43,2 +	159	1793	3,0	2,6**
23. Neretva Opuzen	12	642,6	722,7	502 +	112	2153	4,3	0,17*
24. Ljuta	12	3,4	4,3	2,4 –	126	15,3	<0,1	0,19*
25. Jadro na ulazu u ribnjak Jadro at the entrance to fishpond	12	4,1	3,9	3,1 –	95	12,3	<0,1	0,2*

* slabo korozivno/low corrosiveness; ** vrlo korozivno/high corrosiveness; – hipotenzivno/hypotensive; + hipertenzivno/hypertensive

Tablica 3. *Koncentracije Na (mg/L) u podzemnim vodama Dalmacije (2003. god.)*
Table 3. *Sodium concentrations (mg/L) in Dalmatian underground Waters (2003)*

Mjerne postaje Sampling sites	Broj uzoraka Sampling sites number	Aritmetička sredina Arithmetic mean concentration	Standardna devijacija, (–) Standard deviation, (–)	Medijan Median	Koeficijent varijabilnosti, % Variability coefficient, %	Maksimalna koncentracija Maximum concentration	Minimalna koncentracija Minimum concentration	Koeficijent korozivnosti K1, (–) Corrosion coefficient K1, (–)
1. Bokanjac	12	19,5	16,1	14,1	82,5	53,2	3,1	0,84 **
2. Golubinka	12	14,1	10,9	11,1	77,3	34,7	3	1,8 **
3. Boljkovac	12	173	161	124,3 +	93	578	<0,1	1,6 **
4. Jandrić	12	23	28,4	15,3	123	111	5,6	0,8 **
5. Gustirna	12	25	23,1	14,4	92,4	71,2	5	0,6
6. Nereza	12	276	497,4	72,7 +	180	1610	2,5	0,7 **

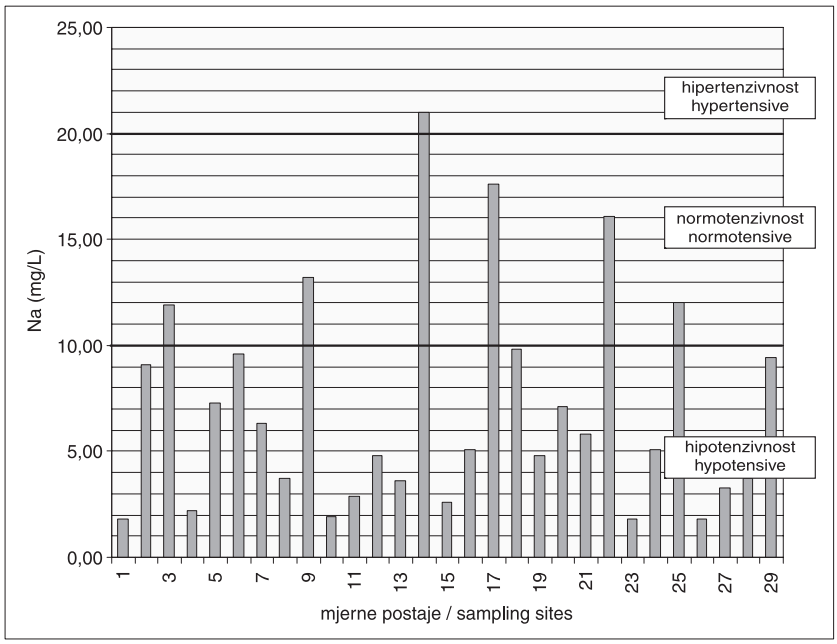
* slabo korozivno/low corrosiveness; ** vrlo korozivno/high corrosiveness; – hipotenzivno/hypotensive; + hipertenzivno/hypertensive

izražena medijanom je 124,3 mg/L, a u Nerezi je 72,7 mg/L, što te vode svrstava u hipertenzivne vode.

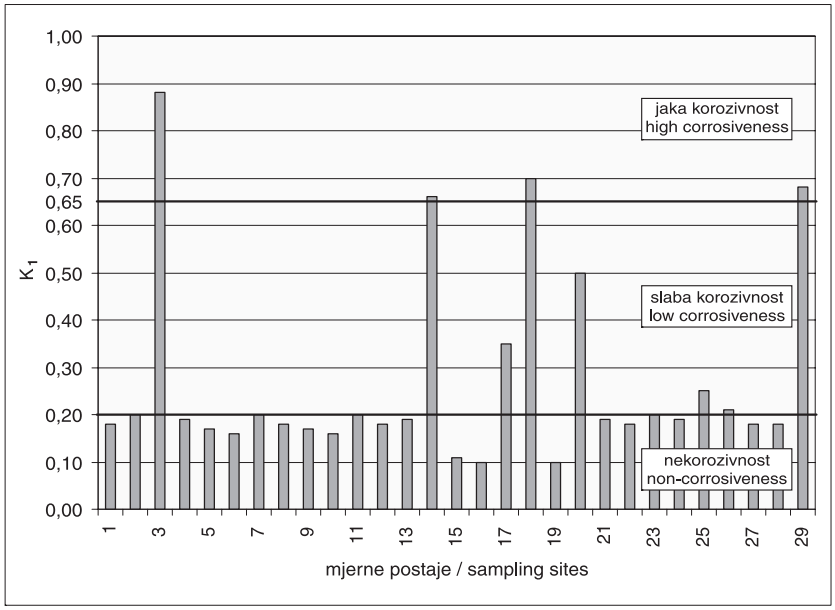
Prema koeficijentu korozivnosti K_1 sve su istražene podzemne vode vrlo korozivne (slika 7.). Maksimalne koncentracije natrija su u podzemnim vodama bile od 34,7 (Golubinka) do 1610 mg/L Na (Nereza), a minimalne koncentracije od manje od 0,1 (Boljkovac) do 5,6 mg/L Na (Jandrići). Istražene podzemne vode su normotenzivne (67%) i hipertenzivne (33%).

Rasprava

Dalmacija spada u krško područje na kojem postoje nadzemni i podzemni krški fenomeni, od kojih su potonji znatno složeniji, a uvjetovani su geološkim sastavom krša. Tako u



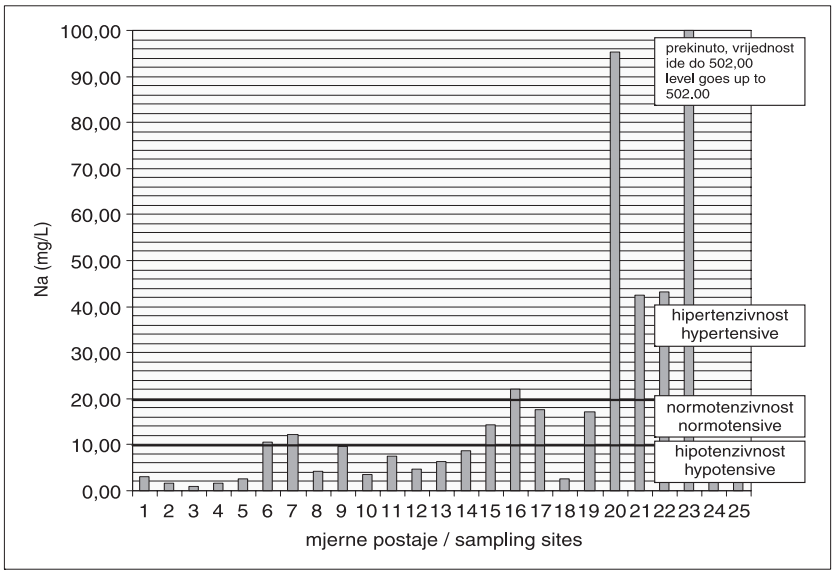
Slika 2. *Koncentracije natrija (mg/L) izražene medijanom u izvorskim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 2. *Sodium concentrations (mg/L) expressed by the median in Dalmatian spring waters (2003)*



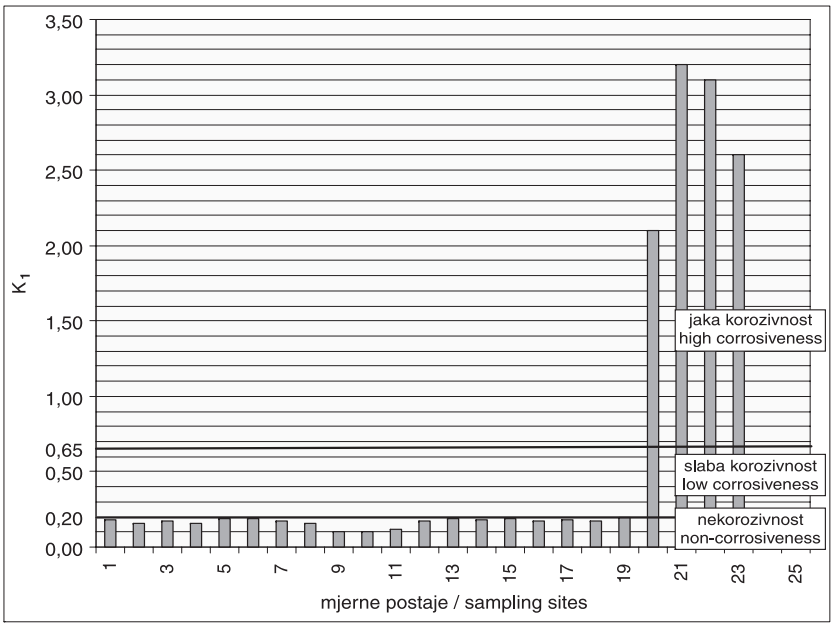
Slika 3. *Koeficijent korozivnosti K_1 u izvorskim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 3. *Corrosion coefficient K_1 in Dalmatian spring waters (2003)*

krškom području pretežu naslage vodopropustljivog vapnenca, razlomljenog od rasjedanja i od boranja. Oborinske se vode brzo gube s površja, prodirući kroz vapnenačke pukotine koje se zbog otjecaja vode sve više proširuju i čine veliki vodospremnik podzemnih voda. Otjecanje podzemnih voda akumuliranih u vapnencu prema nižim razinama od kojih je najniža ona morska priječe naslage nepropustljivih ili slabopropustljivih stijena različitih litoloških formacija. Dolomiti i dolomitični vapnenci najvažniji su u zaustavljanju podzemnih voda. Te stijene imaju izolacijsku ulogu u odnosu na kolanje podzemnih voda. Kao barijere zaustavljaju podzemne tokove i prisiljavaju ih da koncentrirano izbijaju kao izvori ili ih tok podzemne vode sifonski podiže, pa se pojavljuju u moru kao vrulje. Tu barijeru često čini samo more koje usporava protjecanje podzemne vode pa se ona pojavljuje kao priobalni izvor. U najjačim dalmatinskim priobalnim izvorima izbija podzemna krška voda, koja protječe iz udaljenih krških područja i iz njihovih naplavnih polja, u kojima se ponorima uz rubove brda, najviše uz rasjede kraj nepropustljivih stijena, voda cijedi u podzemlje.

Zatvorena krška polja u Dalmaciji jesu slijevna područja u kojima se voda skuplja, podzemnim tokovima otječe i na nekim područjima izvire dajući mnogo vode.[26] Većina je izvora služila kao baza za vodozahvate gradskih vodovoda u priobalnom području Dalmacije. Tako podzemna voda Bokanjac opskrbljuje Zadar, izvori Kakma i Biba Biograd i Benkovac, izvor Čikole Drniš, Jaruga i Jandrić Šibenik, Jadro Split i Trogir, Klokun opskrbljuje Ploče, Ombla Dubrovnik, a izvor Duboke Ljute Cavtat i Ćilipe. Mala Ruda iskorištava se za novi sinjski vodovod, a izvor Prud za Pelješac i Korčulu. Spomenutim većim izvorima je mogućnost vodoopskrbe izvorskom vodom praktički iscrplje-



Slika 4. *Koncentracije natrija (mg/L) izražene medijanom u površinskim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 4. *Sodium concentrations (mg/L) expressed by the median in Dalmatian surface waters (2003)*



Slika 5. *Koeficijent korozivnosti K_1 u površinskim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 5. *Corrosion coefficient K_1 in the surface Dalmatian water (2003)*

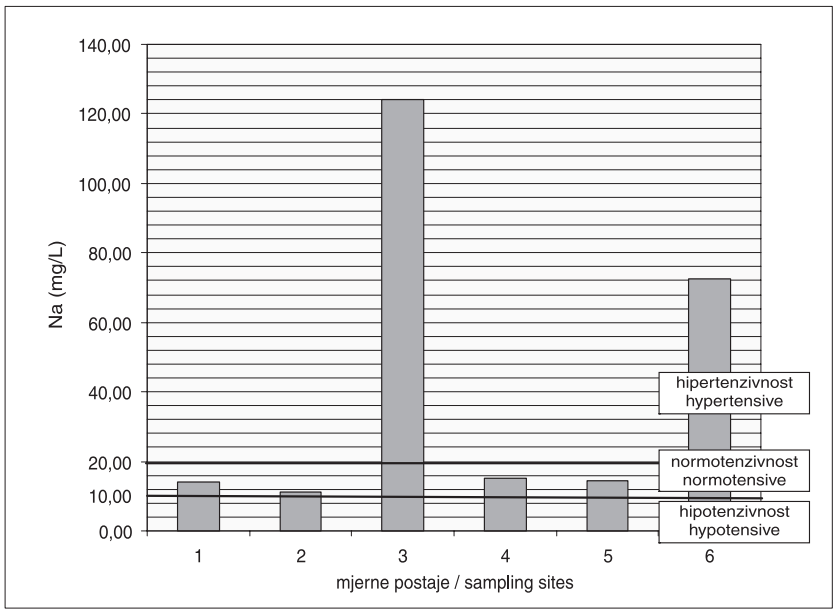
na. Površinska voda dalmatinskih rijeka zahvaćena je na rijeci Cetini kraj Gata i Zadvarja i na rijeci Zrmanji, a uskoro će se zahvatiti i rijeka Krka.

U krškim vodama Dalmacije ima više bikarbonata nego klorida i sulfata, zbog toga što voda dolazi najčešće u dodir s vapnencem i dolomitom, naslage su sulfatnih minerala razmjerno rijetke i teže topljive, a kloridnih minerala nema. U mnogim se krškim vodama javljaju veće koncentracije klorida, što je posljedica utjecaja mora, i to ili zbog izravnog miješanja morske vode s riječnom vodom ili zbog prodiranja mora u podzemne tokove. U tim se vodama, osim povećanih koncentracija klorida, povećava i koncentracija natrija i magnezija. Sulfati i kloridi u nekim krškim vodama, za razliku od bikarbonata, veoma variraju i ovise o razini podzemnih voda odnosno oborinama.

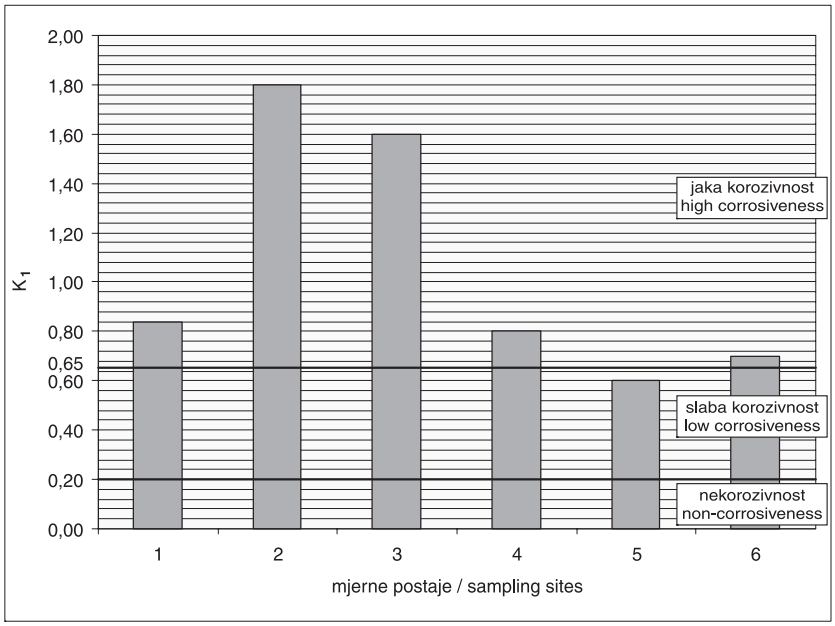
Koncentracije natrija izražene medijanom u vodama Dalmacije, tijekom 2003. godine, varirale su od 1,8 mg/L Na, u izvorskim vodama, do 502 mg/L Na, u površinskim vodama. Prema studiji provedenoj u Kanadi[27] koncentracije natrija izražene medijanom kretale su se u užem rasponu, od 0,3 do 242 mg/L Na.

Prema podjeli pitke vode na hipotenzivne (< 10 mg/L Na), normotenzivne (od 11 do 20 mg/L Na) i hipertenzivne (> 20 mg/L Na), koje smo odredili tako što smo koncentraciju natrija povezivali projektivno s pojmom arterijskog tlaka znajući da povećana koncentracija natrija u krvi povećava krvni tlak, od svih istraženih šezdeset voda u Dalmaciji, 64% voda se svrstava u hipotenzivne vode, 20% u normotenzivne, a 16% u hipertenzivne, što će reći da prelaze preporučenu koncentraciju do 20 mg/L Na, koja karakterizira i hipotenzivnu i normotenzivnu pitku vodu.

Prema koeficijentu korozivnosti K_1 od svih istraženih šezdeset voda u Dalmaciji, 70% voda se svrstava u nekorozivne vode (K_1 manji od 0,2), 6,7% voda se svrstava u slabo korozivne (K_1 od 0,2 do 0,65), a 23,3% voda se svrstava u vrlo korozivne (K_1 veći od 0,65).



Slika 6. *Koncentracije natrija (mg/L) izražene medijanom u podzemnim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 6. *Sodium concentrations (mg/L) expressed by the median in Dalmatian underground waters (2003)*



Slika 7. *Koeficijent korozivnosti K_1 u podzemnim vodama Dalmacije (2003. g.)*
Figure 7. *Corrosion coefficient K_1 in the Dalmatian underground waters (2003)*

Prema Freisovu[28] mišljenju primarni čimbenik koji povezuje natrij i hipertenziju je izvanstanični volumen koji uključuje volumen plazme. Natrij je važan za hipertenziju jer je glavni čimbenik u određivanju volumena izvanstanične tekućine. Višak soli u prehrani može preraditi normalni ljudski bubreg, a da se ne povećava volumen izvanstanične tekućine. Međutim ako se poremeti funkcija bubrega i pri umjerenom uzimanju natrija, taj se prostor povećava i hipertenzija se pogoršava. Za razliku od toga, tada i samo tada je natrij ograničen u prehrani, do onog trenutka kada se smanjuje izvanstanična tekućina, dolazi do znatnog pada krvnog tlaka kod čovjeka.

Ljudi koji pate od hipertenzije trebali bi piti normotenzivnu odnosno hipotenzivnu vodu. Koncentracije natrija u pitkoj vodi treba longitudinalno ispitati zajedno s povećanjem zdravstvenih podataka. Posebno je važno što će tako prikupljeni podaci omogućiti sustavno praćenje natrija u pitkim vodama i omogućiti provedbu brzih preventivnih mjera za smanjenje koncentracije natrija, bilo s pomoću reverzne osmoze ili zamjene izvora pitke vode. Natrij treba uključiti u praćenje kakvoće vode, jer njegove razine mogu biti zanimljive onima koji propisuju dijetu za svoje pacijente.

Zaključak

Koncentracije natrija su praćene u izvorskim, površinskim i podzemnim vodama Dalmacije, tijekom 2003. godine, da bi se proučio njihov utjecaj na ljudsko zdravlje odnosno arterijsku hipertenziju i kardiovaskularne bolesti.

Koncentracije natrija izražene medijanom bile su u izvorskim vodama od 1,8 do 17,6 mg/L Na. Varirale su od 32% do 21,7%. Prema koeficijentu korozivnosti K_1, 83% izvorskih voda svrstava se u nekorozivne vode (K_1 manji od 0,2), a 17% u slabo korozivne (K_1 od 0,2 do 0,65). Od ukupno

istraženih 29 izvorskih voda, 75,8% voda se svrstava u hipotenzivne (< 10 mg/L Na), 20,7% u normotenzivne (od 11 do 20 mg/L Na) i 3,5% u hipertenzivne vode (>20 mg/L Na).

Koncentracije natrija izražene medijanom u površinskim vodama bile su od 1 do 502 mg/L Na. Varirale su od 40% do 159%. Prema koeficijentu korozivnosti K_1, 84% površinskih voda svrstava se u nekorozivne vode, a 16% u vrlo korozivne. Od svega istraženih 25 površinskih voda, 64% voda se svrstava u hipotenzivne, 20% u normotenzivne i 16% u hipertenzivne.

Koncentracije natrija izražene medijanom u podzemnim vodama bile su od 11,1 do 124,3 mg/L Na. Varirale su od 77,3% do 180%. Prema koeficijentu korozivnosti K_1 sve se podzemne vode svrstavaju u vrlo korozivne vode. Istražene podzemne vode su normotenzivne (67%) i hipertenzivne (33%). Od svih istraženih šezdeset voda u Dalmaciji, tijekom 2003. godine, 70% se voda svrstava u nekorozivne vode, 6,7% u slabo korozivne, a 23,3% voda u vrlo korozivne.

Prema rezultatima istraživanja šezdeset voda, 64% ih se svrstava u hipotenzivne vode, 20% u normotenzivne, a 16% u hipertenzivne.

Na temelju koncentracija natrija trebalo bi proučavati stanje zdravlja u populaciji koja pije vodu s različitim koncentracijama natrija.

LITERATURA

1. *Ontario Ministry of the Environment*. Outlines of analytical methods: a guide to the occurrence, significance, sampling and analysis of chemical and microbiological parameters in water sediment, soil, vegetation and air. Coordinated by Water Quality Section Laboratory Services Branch, Toronto 1981.
2. *Kaić-Rak A, Antonić K*. Tablice o sastavu namirnica i pića. Hrvatski zavod za javno zdravstvo Republike Hrvatske, 1990.
3. *Finberg L, Kiley J, Luttrel CN*. Mass accidental poisoning in infancy, J Am Med Assoc 1963;184:187.
4. *Plavšić F, Žuntar I*. Uvod u analitičku toksikologiju. Zagreb: Školska knjiga; 2005. (u tisku).
5. *Weast RC*. Sodium. U: Handbook of chemistry and physics. 52nd edition. Cleveland, CRS Press, str. 1971–1972.
6. *Shab BG, Giroux A, Belonje B*. Sodium and potassium content in the Canadian diet. Nutr Res 1982;2:669.
7. *Bowser WE, Milne RA, Cairns RR*. Characteristics of the major soil groups in an area dominated by solonetzic soil. Can J Soil Sci 1962; 42:165.
8. *McConnell HH, Lewis J*. Add salt to taste, Environment 1972;14:38.
9. *Tuthill RW, Calabrese EJ*. Elevates Sodium Levels in the Public Drinking Water as a Contributor to Elevated Blood Pressure Levels in the Community. Arch Environ Health 1979;34:197–202.
10. *EPA (U.S. Environmental Protection Agency)*. Drinking Water Regulations and Health Advisories. Washington: Environmental Protection Agency; 1996.
11. *Hofman A*. Blood pressure and sodium intake: evidence from two Dutch Studies. U: Advances in modern environmental toxicology. Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Princeton, Princeton Sci Publ Co; 1985, str. 4.
12. *Calabrese EJ, Tuthill RW*. The Massachusetts blood pressure study. Part 3. Experimental reduction of sodium in drinking water: effects on blood pressure. U: Advances in modern environmental toxicology. Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Princeton: Princeton Sci Publ Co; 1985;9:19.
13. *Margetts BM, Armstrong BK*. Water sodium, blood pressure and cardiovascular mortality in western Australia. U: Advances in modern environmental toxicology. Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Princeton: Princeton Sci Publ Co; 1985;9:69.
14. *Tuthill RW, Calabrese EJ*. The Massachusetts blood pressure study. Part 4. Modest sodium supplementation and blood pressure change in boarding School student. U: Advances in moden environmental toxicology. Inorganics in drinking water and cardiovascular disease. Princeton: Princeton Sci Publ Co; 1985;9:69.
15. *Bauber TR*. Stamber J, Stamber R, Pullman TN (ur). U: Environmental factors in hypertension. Grune and Stratton; New York, 1967.
16. *World Health Organization*. Sodium, chlorides and conductivity drinking water. EURO Reports and Studies No. 2. Regional office for Copenhagen, Europe. 1979.
17. *World Health Organization*. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. Geneva, 1984; 145–51.
18. *U.S. Environmental Protection Agency*. Statement of basis and purpose for the national interim primary drinking water regulations, 1975.
19. *National Academy of Sciences, National Academy of Engineering*. Water quality Criteria, 1972. U.S. National Research Council: Washington; 1974.
20. American Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Washington: APHA, 1975;505.
21. *Larson TS, Scold RW*. Laboratory studies Relating Mineral Quality of Water to Corrosion of Steel and Cast Iron. Corrosion 1958;16.
22. *Štambuk-Giljanović N, Matoković B*. Information subsystem of the chemical coefficients K_1-K_2 as the base for the study of the ecological factors that influence human health. J Med Syst 1999;23:159–69.
23. *Štambuk-Giljanović N*. Characteristics of water resources in Dalmatia according to established standards for drinking water. J Water Supply Res Technol Aqua 2003;52(4):307–18.
24. *Štambuk-Giljanović N*. Comparison of Dalmatian water evaluation indices. Water Environ Res 2003;75(5):388–405.
25. *Štambuk-Giljanović N*. The quality of water resources in Dalmatia. Environ Monit Assess 1005;104:235–68.
26. *Štambuk-Giljanović N*. Vode Dalmacije. Split/Zagreb: Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Hrvatske vode, 1994.
27. *Subramanian KS, Méranger JC*. A survey for sodium, potassium, barium, arsenic, and selenium in Canadian drinking water supplies. A Spectrosc 1984;5:34.
28. *Freis ED*. Modern management of hypertension. Washington: Veterans' Administration, 1973;2.

* * *

Vijesti
News

8. HRVATSKI KONGRES ENDOSKOPSKE KIRURGIJE
S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

7.—9. prosinca 2006., Hotel »Westin«, Zagreb

Za sve potrebne obavijesti i prijavu obratite se:

prim. dr. sc. Boris Ružić, dr. Elizabeta Glavan
KB »Sestre milosrdnice«, Klinika za kirurgiju
10 000 Zagreb, tel./faks: 3787-322, 3768-292, mob. 091/2333-590
e-mail: hdek@kbsm.hr; ruzicb@kbsm.hr; endoskopskodrustvo@gmail
http://www.hdek.com.hr