

---

*Milica Štrbački*

## Ispitivanje zagađenosti arteškog bunara Soko Štark

---

*Istraživane su hidrogeološke i hidrohemiske karakteristike vode arteškog bunara Soko Štark u cilju upoznavanja hemizma voda izdani u miocenskim sedimentima naselja Kumodraž. Hemiska analiza ove vode izvršena je 1971. godine nakon istražno-eksploatacionalih radova, a od 2000. godine njen kvalitet se prati kroz mesečne analize. U avgustu 2001. godine uzeli smo još jedan uzorak koji smo detaljnije analizirali. Na osnovu analiza iz 2000. godine utvrđeno da su koncentracije amonijaka daleko iznad maksimalnih dozvoljenih vrednosti koje su propisane za pijaču vodu, što nije bio slučaj 1971. godine. Upoređujući rezultate analize vode uzoraka uzetih u avgustu 2001. i 1971. godine, konstatuje se da su koncentracije hidrokarbonatnih i natrijumovih jona ostale gotovo nepromenjene, dok su koncentracije hloridnih, sulfatnih, kalcijumovih i magnezijumovih jona znatno opale. Obe ove analize ukazuju da voda pripada hidrokarbonatnoj klasi, natrijumskoj grupi i da je, po Alekinu, prvog tipa. Voda istraživanog arteškog bunara je bitno hemijski zagađena velikim količinama amonijum jona – koncentracije ovog katjona prelaze maksimalno dozvoljene vrednosti i do 80 puta, a njegovo poreklo je najverovatnije prirodno.*

---

### Uvod

Arteški bunar Soko Štark je izbušen krajem 1970. i početkom 1971. godine, za potrebe vodosnabdevanja istoimene fabrike u beogradskom naselju Kumodraž. Međutim, po završetku istražno-eksploatacionalih radova konstatovano je da voda bušotine, zbog povišene temperature (27°C), ne odgovara potrebama fabrike, pa je stoga na tom mestu izgrađena česma (Dimitrijević 1972).

Bušotina je urađena u okviru izrazito glinovito-laporovite i šljunkovito-konglomeratičke serije miocenskih sedimenata, sa ukupnom dubinom od 333.6 m. Najzastupljeniji su glinci i laporci, koji su često šljunkoviti, a sreću se i peščari, krečnjaci, peskovi, šljunkovi, tufozne partije, konglomerati i drugi sedimenti (slika 2).

---

*Milica Štrbački  
(1983), Beograd,  
Mirijevski bulevar 18,  
učenica 4. razreda  
Prve beogradске  
gimnazije*



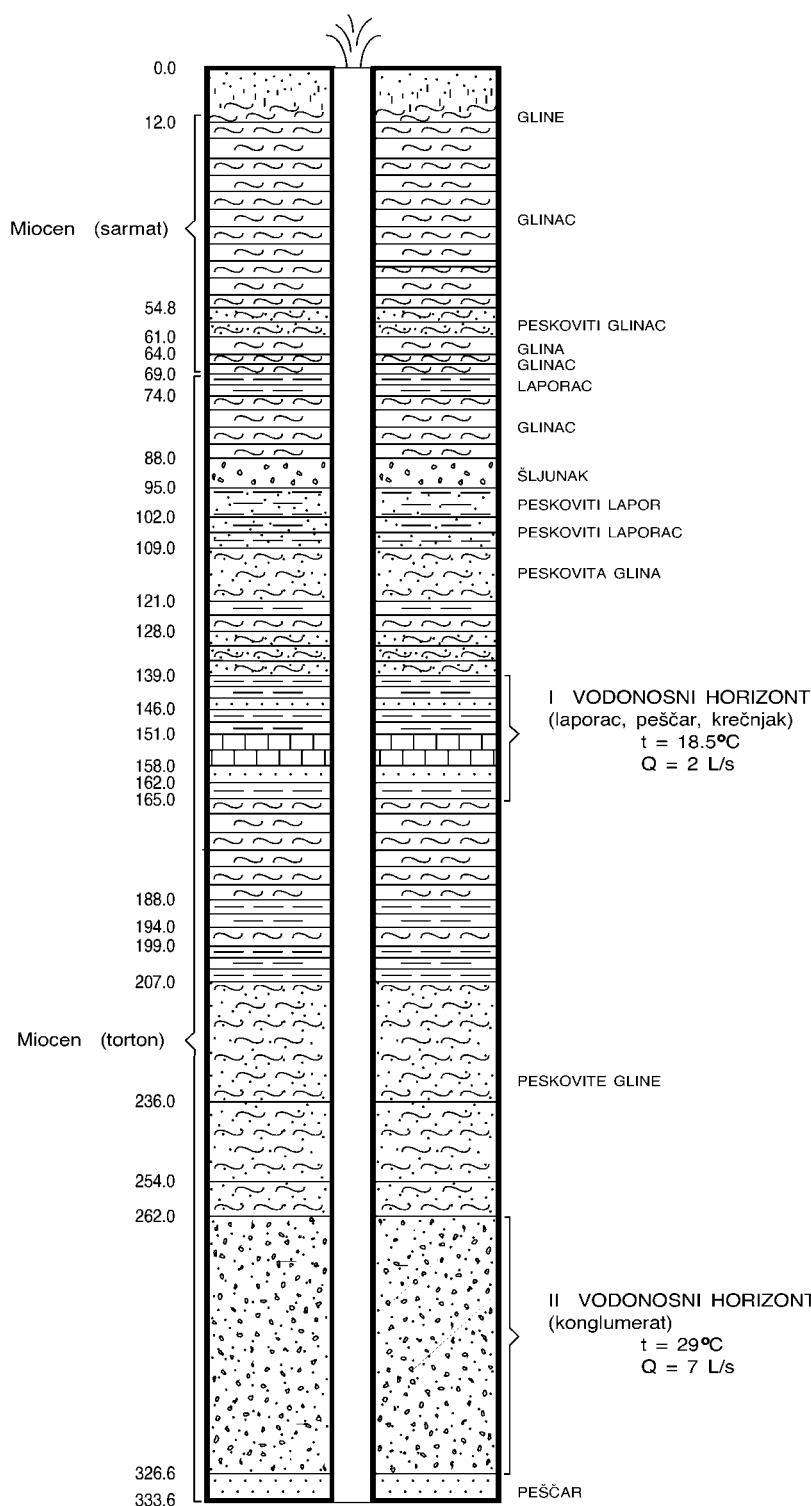
Slika 1.  
Geografski položaj sa lokacijom bunara u Kumodražu  
(Dimitrijević 1972)

Figure 1.  
Geographic  
enplacement with  
location of the well  
in Kumodraž  
(Dimitrijević 1972)

Tokom bušenja prvo isticanje vode primećeno je na dubini od 139 do 162 m, u okviru slojeva izgrađenih od laporca, peščara i krečnjaka. Prvobitna izdašnost iznosila je 2 L/s, a za nekoliko dana je opala na 1.2 L/s. Drugi vodonosni sloj nalazi se u intervalu od 262 do 326 m dubine i to u okviru konglomerata (slika 2). Ukupna izdašnost bušotine nakon završenog bušenja iznosila je 7 L/s. U okviru prvog, plićeg, horizonta izmerena je temperatura od 18.5°C, a u drugom vodonosnom horizontu ona je iznosila 29°C. Po završetku radova temperatura vode na izlazu iz bušotine bila je 27°C (Dimitrijević 1972).

Naselje Kumodraž, u kom se nalazi arteški bunar Soko štark, je jedan od većih industrijskih lokaliteta u Beogradu i ovde se nalazi uglavnom prehrambena industrija (slika 1). Kada je izgrađen, ovaj hidrogeološki objekat se nalazio u dolini Kumodražke reke koja je kasnije kanalisana. U nju se sada uliva gradska kanalizacija, kao i otpadne vode svih industrijskih posrojenja sa ovog područja.

Ovim istraživanjem su prikupljeni podaci o hemijskim analizama iz 1971, 2000. i 2001. godine, da bi se njihovom analizom konstatovalo eventualno zagađenje izdanske vode iz kojih se bunar drenira. Takođe je potrebno, ukoliko je to moguće, utvrditi uzrok tog zagađenja. Radi detaljnijeg upoznavanja voda ovih vodonosnih horizonata izvršena je njihova klasifikacija prema hemijskom sastavu.



Slika 2.  
Hidrogeološki profil  
arteškog bunara u  
Kumodražu  
(Dimitrijević 1972)

Figure 2.  
Hydrogeological  
profile of artesian  
well in Kumodraž  
(Dimitrijević 1972)

## Materijal i metode

Prikupljeni su podaci o hemijskim analizama koje su rađene u različitim vremenskim periodima. Uzeta je u obzir i hemijska analiza urađena neposredno nakon istražno-eksploatacionih radova 1971. godine, a koju je uradilo preduzeće Geosonda. Tada je urađena potpuna hemijska analiza na osnovu koje je dat uvid u hemijski sastav i mikrobiološku ispravnost vode. Tokom 2000. godine Gradski zavod za zaštitu zdravlja iz Beograda je analizirao ovu vodu jednom mesečno, određujući prisustvo samo onih parametara koji su bitni sa medicinskog stanovišta. Ove analize su obuhvatale određivanje koncentracija amonijaka, hlorida, nitrata, nitrita, gvožđa i mangan. Takođe su radili detaljnu mikrobiološku analizu određujući pri tom broj aerobnih, koliformnih i bakterija fekalnog porekla. Kako ovi podaci nisu bili dovoljni za hidrogeološko istraživanje, u avgustu 2001. godine uzeli smo još jedan uzorak, na kome smo odredili sve hemijske parametre koji su bili određivani 1971. godine. Volumetrijski su dobijene koncentracije jona  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{HCO}_3^-$  a kolorimetrijski  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  i  $\text{PO}_4^{3-}$ . Određena je pH vrednost i urađena mikrobiološka analiza. Koncentracija  $\text{Na}^+$  jona je utvrđena na osnovu proračuna.

Ovako prikupljeni rezultati hemijskih analiza prikazani su na adekvatan način kako bi bili uočljivi međusobni odnosi među parametrima, kao i eventualne promene u hemizmu izdanske vode. U ovu svrhu su korišćeni grafici, kao i standardizovani dijagrami za prikazivanje rezultata hemijskih analiza.

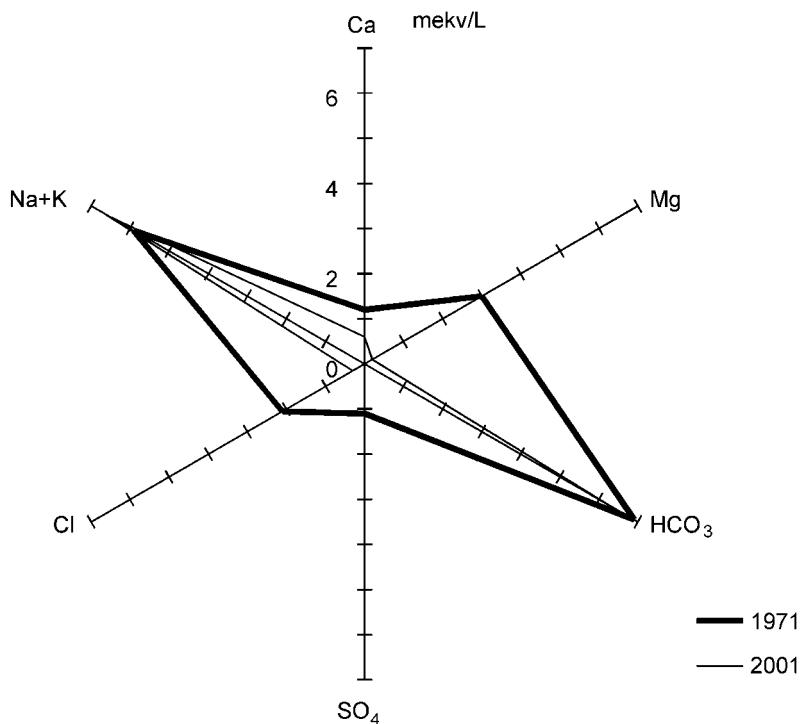
## Rezultati i diskusija

Rezultati svih hemijskih analiza vode arteškog bunara Soko Štark, urađenih do sada, ukazuju na činjenicu da u njoj preovlađuje hidrokarbonatni anjon i katjon natrijuma. Dakle, po standardnim hidrohemimskim klasifikacijama Alekina voda pripada hidrokarbonatnoj klasi, natrijumskoj grupi, ona se svrstava u vode prvog tipa.

Najznačajnija karakteristika ove vode je da se u njoj tokom gotovo cele godine pojavljuje izuzetno visoka koncentracija  $\text{NH}_4^+$  jona. Količina ovog jona, veoma štetnog po zdravlje ljudi ako ga unose u organizam, u aprilu dostiže čak 8.1 g/L, što je 80 puta više od maksimalne dozvoljene koncentracije u vodi za piće. Takođe je bitno da koncentracije amonijum jona znatno osciluju, pa ih, recimo, u avgustu uopšte nema. Moglo bi se prepostaviti da su miocenske izdani na Kumodražu zagadene otpadnim ili kanalizacionim vodama. Tome u prilog ide činjenica da je Kumodraški potok, u čijoj se dolini nalazio bunar kada je izbušen, kanalisan. On sada teče ispod zemlje, a u njega se ulivaju i otpadne vode industrijskih pos-

trojenja i gradska kanalizacija. Sasvim je moguće da ovako zagađene vode protiču u blizini bunarske konstrukcije. Međutim, neophodno je u obzir uzeti i sledeće činjenice. Ako zagađenje zaista potiče od otpadnih voda, osim  $\text{NH}_4^+$  jona u vodi ispitivanog arteškog bunara bi se morali pojaviti još neki indikatori zagađenja. Bila bi prisutna povišena koncentracija hloridnih, nitratnih i nitritnih jona, a broj koliformnih i fekalnih bakterija bi prelazio dozvoljen broj, što ovde nije slučaj. Dalje, bušotina je duboka 333 metra, a vodonosni horizonti koji je snabdevaju vodom su dobro zaštićeni od eventualnih zagađenja debelim slojem gline (slika 2). Na osnovu ovoga, gotovo je sigurno da zagađenje ne potiče od spoljašnjih zagađivača, već da se amonijum jon u vodi pojavio prirodnim putem.

Verovatniji je sledeći model. Pre eksploatacije voda izdani je mirovala. Međutim, bušenjem ona počinje da ističe pod pritiskom, a samim tim i cirkuliše. Kako su pokazale prve analize, u vodi nije bilo amonijum jona, što znači da ih nije bilo ni u okolini bunara. Prema ovoj prepostavci, paralelno sa sedimentacijom miocenskih slojeva, odvijali su se i procesi truljenja tadašnjih organizama. Na taj način je moglo doći do "zarobljavanja" amonijačnih jedinjenja u sedimentima, najčešće glinama koje se nalaze i u podini i u povlati vodonosnog horizonta (Rakić, usmena komunikacija). Kretanjem izdanske vode ka bunaru iz udaljenih sedimenata se vršilo spiranje amonijačnih jedinjenja, čiji su se joni pojavili u vodi.

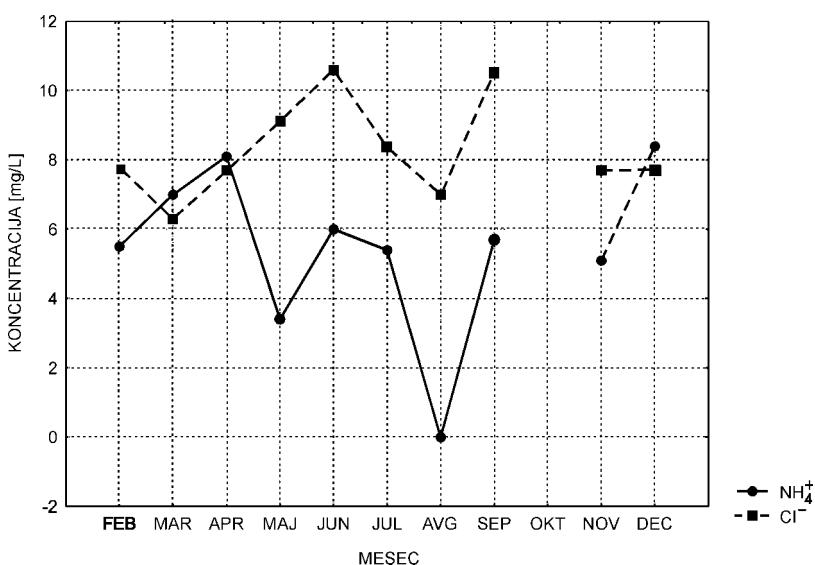


Slika 3.  
Dijagram sa  
radijalnim  
koordinatama  
promena hemijskog  
sastava ispitivane vode

Figure 3.  
Diagram with radial  
koordinates of  
chemical content  
changes of  
examined water

Na dijagramu sa radijalnim koordinatama (slika 3), može se uočiti da su koncentracije svih jona, osim osnovnih ( $\text{Na}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$ ) od izgradnje bunara do danas, opale skoro na nulu. Ova činjenica ukazuje na razblaženje prvobitne vode, a možda i na poremećen odnos izdašnosti dva prisutna vodonosna sloja.

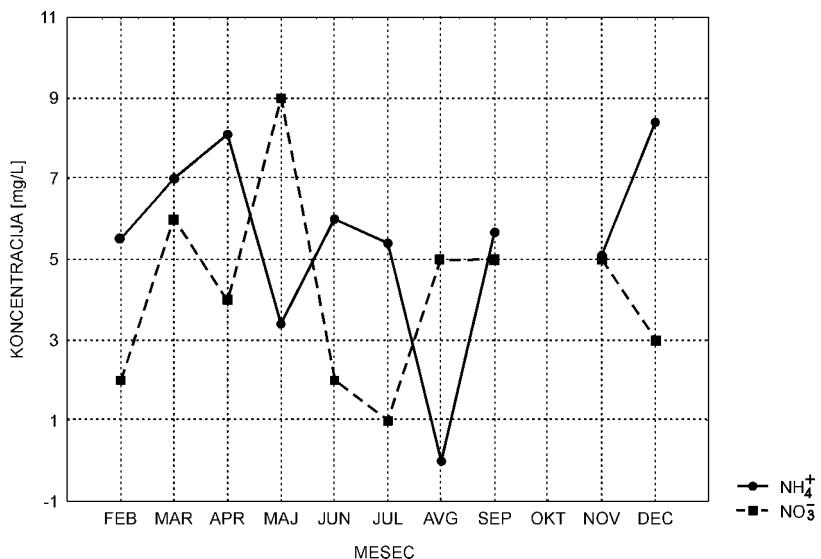
Količine  $\text{Cl}^-$  jona koje su se pojavile u vodi tokom 2000. godine su srazmerne količinama  $\text{NH}_4^+$  jona (slika 4). Primećena pravilnost od juna do novembra ukazuje na oslobođanje  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Ovaj period je najpodesniji za praćenje međusobnog odnosa hemijskih parametara izdanske vode, zbog izuzetno malog priliva površinskih voda. Verovatno je to slučaj i sa  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ali koncentracija sulfata nije određivana u 2000. godini.



Slika 4.  
Uporedni prikaz  
promena  
konzentracija  
amonijum jona i  
hlorida u 2000. godini

Figure 4.  
Comparative review of  
ammonium and  
chloride ion  
concentration changes  
during 2000

Velike oscilacije koncentracija amonijum jona nisu u skladu sa našom prepostavkom da je njegovo poreklo prirodno. Međutim, u periodu od aprila do avgusta 2001. godine mogu se uočiti pravilnosti u promenama koncentracija  $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_3^-$  jona (slika 5). Ova pojava se može objasniti procesom kruženja azota u prirodi. Azotna jedinjenja u prisustvu bakterija azotofiksatora imaju sposobnost da se oksiduju. Broj ovih mikroorganizama nije određivan nijednom od mikrobioloških analiza, jer se ne smatraju štetnim po zdravlje. Pri ovim procesima amonijum jon prelazi, najpre u nitritni, a on se veoma brzo oksiduje do nitratnog jona (Gereke 1995). Dakle, ako u obzir uzmemu ovaj prirodan proces kruženja azota u biosferi, jasno je da će koncentracije amonijumovih jona dostizati maksimum onda kada su nitratni joni u minimumu, i obrnuto. Ova prepostavka bi se mogla eksperimentalno proveriti zasejavanjem bakterija azotofiksatora u uzorku ispitivane vode (Papić, usmena komunikacija).



Slika 5.  
Uporedni prikaz  
promena  
koncentracija  
amonijum jona i  
nitrata u 2000. godini

Figure 5.  
Comparative review of  
ammonium and nitrate  
ion concentration  
interchanges during  
2000

## Zaključak

Na osnovu analiza izdanske vode urađenih neposredno nakon bušenja 1971. godine i onih koje su uradene 2000. i 2001. godine, proizilazi da arteški bunar Soko štark drenira poluotvorene izdani sa vodom pod pritiskom. Vode ovih izdani dolaze sa površine, lagano se kreću, pritom se zagrevaju i, kao termalne, ponovo pojavljuju na površini. Koncentracije amonijaka u vodi značajno prelaze maksimalne dozvoljene vrednosti za pijaču vodu. Uzrok ovog zagađenja nisu industrijske, niti kanalizacione otpadne vode, već se amonijum ion pojavio ispiranjem amonijumovih jedinjenja iz sedimenata u kojima je izdan formirana.

Drugih jona, kao ni bakterija, nema u količinama koje prelaze dozvoljene vrednosti koje su propisane za pijaču vodu. To je najverovatnije usled velike dubine bunara i dobre zaštićenosti vodonosnih horizonata debelim slojevima gline.

Koncentracije većine jona, osim  $\text{Na}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$ , su opale, što je prouzrokovalo generalni pad mineralizacije u odnosu na 1971. godinu. Međutim, ova voda se sada, kao i nakon istražno-eksploatacionih radova, svrstava u vode prvog tipa, natrijumske klase i hidrokarbonatne grupe.

**Zahvalnost.** Zahvaljujem se Draganu Jovanoviću koji mi je omogućio pristup rezultatima hemijskih analiza koje je Gradski zavod za zaštitu zdravila iz Beograda radio tokom 2000. godine i Oliveri Josimović na pomoći pri pisanju rada. Posebno se zahvaljujem docentu Petru Papiću i asistentu Danilu Rakiću koji su mi skrenuli pažnju na bitne činjenice i uputili me na pravu ideju u rešavanju problema.

## Literatura

- Dimitrijević N. i Filipović B. 1972. *Prethodni rezultati hidrogeoloških istraživanja u Kumodraškom potoku*. Beograd: Rudarsko-geološko-metalurški fakultet
- Gereke Z. 1995. *Ekologija i organizacija*. Beograd: Znamen
- Jovičić Ž. 1960. Reljef beogradskog podunavlja i sliva Topčiderske reke. U *Zbornik radova*. Beograd: Geografski institut
- Filipović B. 1970. Pojave mineralnih, termomineralnih i termalnih voda na teritoriji Beograda. U *Zbornik radova*. Beograd: RGF
- Marković J. 1973. Banjske zone u Jugoslaviji. U *Zbornik radova*. Beograd: Geografski institut
- Milojević N. 1970. *Hidrogeološka reonalizacija teritorije Beograda*. Beograd: RGF
- Petrović J. 1960. Podzemne vode u okolini Beograda. U *Zbornik radova*. Beograd: Geografski institut

---

Milica Štrbački

### Testing Water Pollution of the Soko Štark Artesian Well

In order to get acquainted with the chemistry of groundwater in Miocene sediments in this region, hydrogeological and hydrochemical characteristics of the Soko Štark artesian well (Kumodraž, Beograd) were tested. Chemical analysis of the water was carried out in 1971 after the research-exploitation work. Since 2000 it's quality has been tracked through monthly analysis of parameters important from the medical point of view. These analyses contain determination of concentration of ammonia, chloride, nitrate, nitrite, iron and manganese. Detail microbiological analysis were done in which a number of aerobic, coliform bacteria and bacteria of fecal origin were determined. As these data were not sufficient for a hydrogeological research, another sample was taken in August 2001. All analyses done since 1971 were performed on this sample. We volumetrically determined ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , while  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  were determined colourmetrically. We also determined pH value and performed microbiological analysis. Concentration of  $\text{Na}^+$  ion was mathematically determined.

Based on the analysis from 2000 it is determined that the ammonia concentrations are far above the upper limit of concentration allowed in drinking water, which was not the case in 1971. Comparison of the results from the water sample taken in 1971 and sample taken in 2000 shows that the concentrations of chloride, sulfate, calcium and magnesium ions are considerably reduced. Both analyses show that the water is of hydrocar-

bonate class, belongs to a sodium group and that it is of the first type, according to Alekin.

The most important characteristic of this water is that very high concentration of  $\text{NH}_4^+$  ion can be found almost during the whole year. The quantity of this ion, which is very dangerous for human health, in April rises up to 8.1 g/L, which is 80 times more than it is allowed in drinking water. It is also important to say that concentrations of this ion oscillate during the year in very large amplitudes, so in August, for example they do not appear in the water at all. That brings us to assume that the Miocene groundwaters are polluted by wastewater or by sewer water. This is supported by the fact that the Kumodraž stream, in the valley of which the well was drilled, is channeled. Now it runs underground, and the wastewater from plants and the city sewer is being emptied in it. It is reasonable to assume that the polluted water runs near the well constructions.

However, it is necessary to consider the following facts. If the pollution really comes from the waste water, some other indicators of pollution besides  $\text{NH}_4^+$  ions would have to be found in the water of the examined artesian well. Concentration of chloride, nitrite and nitrate ions would be higher, and number of coliform and fecal bacteria would overcome the allowed number, which is not the case. Further more, the drain is deep 333m, and water horizons, from which it is supplied with water are well protected from the pollution, with a thick layer of clay (Figure 2). So, it is almost certain that the pollution of this water doesn't come from outer polluters, but that ammonium ion appeared in it in the natural way.

In this way, it could happen that the ammonium compounds are "captured" in the sediments: when they are dissolved in water they dissociate into ions.

Oscillation of the ammonium ion concentration is not in accordance with the assumption that its origin is natural. However, in the period from April till August 2001, some regularities could be noticed in the change of concentration of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  ions (Figure 5). This occurrence can be explained by the circling of nitrogen in nature. Nitrogen compounds in the presence of bacteria nitrogen-fixers have the ability to oxidize. A number of these microorganisms haven't been determined with any microbiological analysis, because they are not considered harmful for human health. During processes, ammonium ion turns first to nitrite, which quickly oxidizes to nitrate ion (Gereke 1995). So, if we consider this natural process of circling nitrogen in the biosphere, it is clear that the concentration of ammonium ions will be highest when the nitrate ions are minimal, and vice versa. This assumption can be experimentally checked by sowing bacteria nitrogen-fixators in a sample of the examined water.

