

Iztraživanje vode

zagrebačkoga gradskoga vodovoda.

OD DRA. GUSTAVA JANEČKA.

(*Predano u sjednici matem.-prirodosl. razreda jugoslavenske akademije znanosti
umjetnosti dne 15. svibnja 1881.*)

Velika hygienička važnost, koju ima voda služeća za pilo, naj-
pače za veće gradove, kao što i ta okolnost, da se je u javnosti u
mnogočem valjanosti zagrebačke vodovodne vode (spodnje vode
savske) posumnjalo, bijaše uzrokom, da sam uzео tu vodu po-
tanko lučbeno izpitivati. Bijahu mi doduše poznati rezultati jedne
već prije izvedene analize, koja bi preduzeta na zahtjev ovdješnjega
poglavarstva u c. kr. geologičkom državnom zavodu u Beču; ali
baš ti rezultati bijahu takove naravi, da je bilo za željeti, da se
voda još jednom iztraži, ili, što bi još bolje bilo, da se iztraživanje
opetuje od vremena do vremena.¹ Spomenuta analiza² pokazuje
naime ove brojeve:

Na svakih 1000 grama vode imade:

CaO	0.171 grama
MgO	0.138 "
K ₂ O	0.003 "
Na ₂ O	0.005 "
Cl	0.006 "
SO ₃	0.012 "
SiO ₂	0.004 "

¹ Od četvrte skupštine njemačkoga društva za njegu javnoga zdravstva
(„Deutscher Verein für öffentliche Gesundheitspflege“) u Düsseldorfu
1876. prihvaćena je bila teza: da je *nužna* želja, da bi se kod vo-
dovodah pravilno, n. pr. svaki mjesec, voda iztraživala; jer, kako je
izkušano, kakvoća vode se mienjati može.

² Autentični priepis analize datirane od 17. studenoga 1879., pre-
duzete s probom vode poslatom 4. lipnja 1879. stavljen mi je prijazno
na porabu od ovograđskoga načelničkoga ureda.

NH ₃	} tragovi
N ₂ O ₅	
Organičkih stvari	

ili proračunano na bliže sastavine:

Na Cl	0·0090 grama
K ₂ SO ₄	0·0055 "
Ca SO ₄	0·0161 "
Ca CO ₃	0·2928 "
Mg CO ₃	0·2898 "
SiO ₂	0·0040 "
CO ₂ proste	0·01136 "

Izvještaj izdan o toj vodi veli doduše: „da se neima smatrati kao preobterćena (nicht überlastet) rudnini sastavinami, dakle niti zdravlju škodljivom“; ipak mi se činjaše, da sadržava alkaličkih zemalja u obće, osobito pako magnezije upravo ogromno. Ta sadržaj taj vapna i magnezije odgovara tvrdoći od 36·4°, gdje vapno 17·1°, a magneziju dapače 19·3° zapada.¹

To mi bijaše dakle jedan razlog iztraživanju, koje mi se međutim i iz geologičkog gledišta vrijednim činjaše.

Da dobijem što najsigurniju sliku sastava vode, osobito pako, da doznam, u koliko se taj sastav valjda s vanjskim okolnostmi (godišnjom dobom, vremenom) mienja, uzimao sam i analizovao vodu u različito doba godine, uz najrazličitije vremena okolnosti. Takvim načinom izvedoh najprije u celom pet potpunih analiza. Kad nas pako poslje zaključena iztraživanja stiže veliki potres 9. studenoga 1880., to se odlučih, dodati prijašnjim analizam još jednu, da vidim, nije li možda taj prirodni pojav sastav vode u čem promienio. Iskustvom je već davno dokazano, da to veliki potresi zbilja mogu: ili otvarajuć nove pritoke, ili zatvarajuć prijašnje, ili navraćajuć vodu kroz nove geologički različite slojeve.

¹ U izvještaju o radu iztražnoga povjerenstva gradskog zastupstva bečkog o vodovodu (Beč 1864.) nglavljeno je, da zdrava voda smije **ukupno najviše** 0·18 grama alkaličkih zemalja u litri imati (= 18° tvrdoće); samo meka voda-vrelica da je shodna za piti.

Weltzien (Die Brunnenwasser der Stadt Carlsruhe 1866.), te *Reichhardt* (Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. Jena 1875.) pridružuju se tim zahtjevom. Isto tako *F. Fischer* (Polyt. Journ. 223, 517), po kojem dobra voda za pilo nesmije imati više od 40 miligrama magnezije u litri, te nesmije pokazivati veću tvrdoću od 16—18°. Isto tako *Bödeker*, v. *Gorup Besanez*, *Köllner*, *G. Varrentrapp*, v. *Wagner*, *M. v. Pettenkoffer* itd. (Srv. Chem. Central-Bl. N. F. 8, 304).

Ta se mogućnost nije mogla ni u nas unapried zabaciti, tim manje, što je nakon katastrofe vodovodna voda doista vrlo mutna, skoro blatna bila.

Direktni dobiveni rezultati analizâ, za koje je sve uzimana voda neposredno iz vodovoda (i to iz zdenca „na Potoku“), nalaze se ovdje pobilježeni.

I. Voda uzeta 17. siječnja 1880. poslje višednevne smrzli.

Svaki 1000 uteznih dielova daje:

Izparnog ostatka	0·38700	uteznih dielova
Gubitka žeženjem	0·01650	„ „
CaO	0·15530	„ „
MgO	0·03594	„ „
Na ₂ O	tragove	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00226	„ „
Cl	0·00300	„ „
SO ₃	0·01806	„ „
SiO ₂	0·01073	„ „
CO ₂ vezane	0·14976	„ „

Spektroskopsko izpitivanje nije ovdje, kao ni kod sljedećih proba, nikakovih riedkih kovina pokazalo; isto tako nije pod sitnozorom nikakovih ni živih ni mrtvih organiziranih bića obreno. Samo se je našlo slabih tragova bezdušičnih organskih substancija, dočim NH₃ i N₂O₅ nije bilo moći dokazati.

II. Voda uzeta iz vodovoda dne 10. veljače 1880. nakon dugo-trajne čiče zime.

Svaki 1000 uteznih dielova vode dalo je ove sastavine u uteznih dielovih:

Izparnog ostatka	0·38870	uteznih dielova
Gubitka žeženjem	0·01750	„ „
CaO	0·15719	„ „
MgO	0·03555	„ „
Na ₂ O	tragove	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00273	„ „
Cl	0·00327	„ „
SO ₃	0·01537	„ „
SiO ₂	0·01023	„ „
CO ₂ vezane	0·15213	„ „

U ostalom valja za tu vodu, što je i za prvu probu navedeno.

III. Voda uzeta iz vodovoda dne 13. srpnja 1880. nakon duljega stalnoga, liepoga i suhoga vremena.

Svakih 1000 uteznih dielova dalo je:

Izparnog ostatka	0·39800	uteznih dielova
Gubitka žeženjem	0·02200	" "
CaO	0·15743	" "
MgO	0·03598	" "
Na ₂ O	tragove	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00284	" "
Cl	0·00299	" "
SO ₃	0·01612	" "
SiO ₂	0·01083	" "
CO ₂ vezane	0·15255	" "

U ostalom vriedi i za tu vodu, što je za I. rečeno.

IV. Voda uzeta dne 22. srpnja 1880. nakon jakih nepogoda.

Svakih 1000 uteznih dielova vode dalo je:

Izparnog ostatka	0·39175	uteznih dielova
Gubitka žeženjem	0·01975	" "
CaO	0·15532	" "
MgO	0·03581	" "
Na ₂ O	tragove	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00236	" "
Cl	0·00298	" "
SO ₃	0·01762	" "
SiO ₂	0·01060	" "
CO ₂ vezane	0·14989	" "

Ostalo vriedi, što je za I. navedeno.

V. Voda uzeta iz vodovoda dne 23. srpnja 1880. poslje dalnjih 20 sati jake kiše.

Svakih 1000 uteznih dielova vode dalo je:

Izparnog ostatka	0·38790	uteznih dielova
Gubitka žeženjem	0·02050	" "
CaO	0·15441	" "
MgO	0·03512	" "
Na ₂ O	tragove	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00227	" "
Cl	0·00296	" "

SO ₃	0·01700	uteznih	djelova
SiO ₂	0·01082	"	"
CO ₂ vezane	0·14879	"	"

I za tu vodu valja u ostalom, što je kod I. rečeno bilo.

VI. Voda uzeta iz vodovoda iza jakog potresa od 9. studenoga 1880. i to dne 30. studenoga 1880. nakon promjenljiva vremena.

Svakih 1000 uteznih djelova vode dalo je ove sastavine u uteznih djelovih:

Izparnog ostatka	0·39100	uteznih	djelova
Gubitka žeženjem	0·02600	"	"
CaO	0·15229	"	"
MgO	0·03326	"	"
Na ₂ O	tragove		
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00270	"	"
Cl	0·00192	"	"
SO ₃	0·01521	"	"
SiO ₂	0·01123	"	"
CO ₂ vezane	0·14808	"	"

U ovoj vodi zapazilo se je ponešto više tragova od bezdušičnih organskih substancija; u ostalom vrijedi za tu probu kod I. navedeno.

Sve te probe bijahu podpune bistre i bezbojne, bezmirisne, čista, okriepna teka, vrlo slabe kisele reakcije.

Slijedeća skrižaljka sadržaje rezultate analiza sastavljene u prikledu, a u sedmom stupcu nalazi se odtud proizhodeći sredik sastava vode. Radi potpunosti pridodana je osim gore navedene analize c. kr. geolog. državnoga zavoda u Beču jošte i analiza izvedena od *V. Kletziuskoga*, koja se odnosi na probu izvadjenu jedno dvie, tri sto metara od sadanjega vodovodnoga zdenca, te je datirana 8. kolovoza 1874.¹

¹ I tu analizu dobio sam od ovdješnjega gradonačelnništva.

Sastojine	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	Sredik iz I.—IV.	Analiza c. k. geol. zavoda 1879.	Analiza Kletzin- skoga 1874.
Izparni ostatak .	0·38700	0·38870	0·39800	0·39175	0·38790	0·39100	0·39074	0·6045	0·30800
Gubitak žeženjem	0·01650	0·01750	0·02200	0·01975	0·02050	0·02600	0·02037	—	0·00800
CaO	0·15530	0·15719	0·15743	0·15532	0·15441	0·15229	0·15532	0·171	0·08352
MgO	0·03594	0·03555	0·03598	0·03581	0·03512	0·03326	0·03528	0·138	0·02838
Na ₂ O	tragovi	tragovi	tragovi	tragovi	tragovi	tragovi	tragovi	0·005	0·02366
K ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	0·003	—
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	0·00226	0·00273	0·00284	0·00236	0·00227	0·00270	0·00253	—	0·00600
Cl	0·00300	0·00327	0·00299	0·00298	0·00296	0·00192	0·00285	0·006	0·01807
SO ₃	0·01806	0·01537	0·01612	0·01762	0·01760	0·01521	0·01656	0·012	0·06675
SiO ₂	0·01073	0·01023	0·01083	0·01060	0·01082	0·01123	0·01074	0·004	0·00500
CO ₂ vezana . . .	0·14976	0·15213	0·15255	0·14989	0·14879	0·14808	0·15020	0·278	0·06572
Ukupno	0·39155	0·39397	0·40074	0·39433	0·39187	0·39069	0·39385	0·617	0·30510
Od toga Oekvival. Cl	0·00069	0·00074	0·00067	0·00067	0·00066	0·00043	0·00064	0·001	0·00407
Ostatak	0·39086	0·39323	0·40007	0·39366	0·39121	0·39026	0·39321	0·616	0·30103
Razlika	+0·00386	0·00453	0·00207	0·00191	0·00331	—0·00074	+0·00247	0·0115	0·00697
	0·38700	0·38870	0·39800	0·39175	0·38790	0·39100	0·39074	0·6045	0·30800

Kako se iz te skrižaljke vidi, pokazuje iztražena voda za ciele periode, što ju moja iztraživanja obuhvaćaju, sastav u svih okolnostih gotovo jednak. Malenim razlikam, što se tuj opažaju, nemožemo veliku važnost dati, premda se neki stanoviti upliv vremena nemože zanijekati. Svravnimo li na pr. stupce III., IV. i V., to se vidi jasno, kako je kišovito vrieme medju III. i IV. kruti sadržaj vode umanjilo od 0.39800 na 0.39175, dapače kako je sljedeća medju IV. i V. po prilici 20 sati trajuća jaka kiša još bolje vodu razriedila i to tako, da je sadržaj krutih sastavina do 0.38790 pao. Potres pako od 9. studenoga 1880. bio je bez ikakve posljedice za sastav iztražene vode.

Naprotiv je vrlo velika razlika medju rezultati svih mojih iztraživanja i analizom c. kr. geologičkoga državnoga zavoda, načinjenom mjeseca lipnja 1879. Predpostaviv, da nije kod te zadnje neka slučajnost vladala, to se je voda promienila u svom sastavu baš ogromno, te se je očito popravila za pilo. Ukupni sadržaj krutih tvari bio bi naine od 0.6043 na 0.39074 pro mille, tvrdoća od 36.4° na 20.5° a množina magnezije od 0.138 dapače na 0.035 pro mille pala — promjena, kojoj se teško nadje primjer, te je upravo neumien protumačiti.

Manja, ali gledom na neke točke (na pr. množinu vapna) ipak znamenita je razlika medju mojim analizami od g. 1880. i analizom Kletzinskoga od g. 1874., koja se doduše odnosi na probu crpenu u udaljenosti oko 200—300 metara od današnjega vodovodnoga zdenca.

Premda o sadašnjem svojem sastavu vodovodna voda je još sveudilj vrlo tvrda voda (tvrdoća premašuje kao dopustivi maksimum priznanu tvrdoću za 2.5°, ali je ova skoro sasna transitorička), nije ona ipak nit iz daleka toli nepovoljna, kao što bijaše prema analizi c. kr. geolog. drž. zavoda. U ostalom čini se, da su sve naše vode zdenčanice vrlo tvrde, što se slaže sa geologičkim činjenicami. A hoće li sastav vodovodne naše vode odsada stalnim ostati, to će pokazati moći tek daljnje analize, ponovljene od vremena do vremena.

Zagreb, kr. sveuč. kemijski zavod, 1. ožujka 1881.