

ЧЕДОМИР С. МИЛИЋ

УТИЦАЈ АЕРОЗАГАЂЕЊА НА ИНТЕНЗИТЕТ КРАШКОГ ПРОЦЕСА У СЕВЕРНОМ И ЦЕНТРАЛНОМ ДЕЛУ ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ*

Сведоци смо све већег загађења атмосфере и других елемената животне средине, које с времена на време добија и такве размере да представља непосредну опасност како по здравље тако и опстанак човека и осталог живог света. При томе се аерозагађење манифестује у појави тзв. киселих киша, којој се у нас за сада веома мало посвећује потребна пажња. Осим што се у средствима информисања региструје какве све штете причињавају те кише негде у Западној Европи или другде у цивилизованом свету.

Појава киселих киша, као што је познато, највише је условљена загађењем атмосфере сумпорним једињењима чији су најзначајнији ексхалатори термоелектране на бази угља и, још више, топионице бакра и сл. Међу овим другим свакако се на првом месту налази Металуршки комбинат у Бору, који већ одавно представља велику опасност за биосферу како у непосредној околини, тако и у ширем подручју источне Србије. И то све у зависности од праваца и јачине ветрова који на све стране разносе сумпор-диоксид и др., који тако доспевају у кишницу, изворе, реке и земљиште.

Ове киселе кише, наоружане сумпорним једињењима и не само њима (нпр. угљеним, азотним и др.), хемијски разлажу све што им је на путу. Томе се не могу одупрети ни простране теренски комплекси кречњака и доломита у источној Србији. Њихов учинак анализираћемо на посредан начин, општим увидом у појаве сулфата у водама врела и извора, као и у млазевима кишнице који се сливају низ оголићене карбонатне површине. А тај увид најбоље се може остварити колориметријским анализама крашких вода, који се од седамдесетих година овог века нарочито примењују у Подземној лабораторији у Мулису у француском делу Пиринеја (М. Вакаловић, А. Мангин и др.).

*) Резултати постигнути у оквиру дугогодишње активности у Одбору за *крас и спелеологију* Српске академије наука и уметности по теми „Крашка денудација“.

Рецензент: Др Драгутин Петровић, Београд

Колико сумпорна једињења у кишници утичу на интензитет крашког процеса на површини и у подземљу кречњачких терена, све зависи од њихових количина у атмосфери. А то је опет условљено интензитетом еманација из индустријских и енергетских постројења, као и правцима и јачином ветрова. Ово прво, бар за сада, представља неку врсту непознанице. А друго већ нам је доступно на основу метеоролошких података, што се лепо види из Таб. 1.

Таб. 1. — Честина ветрова у ‰ за период од 1948 — 1965.¹

Место	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Вел. Градиште	28	3	123	113	20	36	104	100
Буприја	38	12	31	246	74	17	14	248
Зајечар	20	187	101	23	35	157	81	98
Бор	139	43	205	63	19	10	20	185
Неготин	37	45	88	42	10	21	106	222

¹ Према подацима Хидрометеоролошке службе СФРЈ, а преузето од Т. Ракићевића (1976).

СУЛФАТИ КАО ИНДИКАТОРИ ИНТЕНЗИТЕТА КРАШКОГ ПРОЦЕСА И ЗАГАБЕЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Поред калцијеве и тоталне тврдоће крашких вода и кишнице сулфати су један од значајних индикатора интензитета карстификације како на површини тако и у подземљу карбонатних маса. Сем тога, њихове количине на посредан начин нам указују и на степен загабења животне средине једне области.

Приликом приказа прикупљеног материјала о особинама крашких вода, кишнице и врела, почнемо од Бердапа на северу па идући ка јужним областима све до линије која се поклапа са пружањем долина Црнице и Црног Тимока.

Кишница

Као што је речено у уводном излагању, за ову прилику наш непосредни интерес имају оне воде које се у облику млазева кишнице сливају низ огољене карбонатне стене, на литицама мањег или већег нагиба. Интензитет разлагања стеновите подлоге је у сразмери са количинама излучених падавина и сумпорних једињења у њима, као и са дужином пута који кишни млазеви прелазе до реципијента.

Јеринин град. — По Ч. С. Милићу (1983), испод Јерининог града, низводно од Голутца, вршена је детекција у три маха на огледној површини од око 5 m². Она је експонирана према Дунаву, са нагибом око 80° и делимиче је прекривена лишајевима.²

Таб. 2. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
7. јули 1978. у 14,40 часова	73	25	1	120	97,68
у 19,45 часова		20	1	65	
8. јули 1979. у 20,15 часова		20	0,8	93	
у 14,04 часова		15	1	50	
7. јуни 1980. у 14,10 часова		15	1	45	
у 14,25 часова		15	0,5	86	
Средње:		18,33	0,88	76,5	

Треба напоменути да је у првом случају из Таб. 2. кишни пљусак био фронталног карактера, да би потом преовладао ветар из западног правца. У осталим случајевима ветар је дувао са запада.

С л и в М л а в е

Манастир Горњак. — Узводно од манастира Горњака, по Ч. С. Милићу (1983), на око 100 м пред врелом зв. Чваринац, налази се огледна површина. То је литица висока 13—15 м, састављена од масивних кречњака у подини који прелазе у банковите. Изжљебљена је музгама и прекривена лишајевима и маховинама, нарочито дуж дијастрома. Узорци кишнице узимани су у два маха.

У првом случају из Таб. 3., треба додати, кишни пљусак је био фронталног карактера, да би потом преовладао западни ветар. Овај ветар је био заступљен и у другом наврату.

²) h = надморска висина у m; t = температура ваздуха у °C; q = количина сабране кишнице у l; SO₄ = сулфати у mg/l; CO₂ = садржај карбоната у кречњачкој подлози у ‰.

Сулфати су утврђени колориметром НАСН модела DR-EL, а карбонати калциметром по методу Bernard-a.

Таб. 3. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
15. јули 1979. у 19,45 часова	190	—	1	105	99,76
у 20,35—21,10 час.		—	0,5	115	
7. јуни 1980. у 18,15—18,45 час.		—	0,9	36	
Средње:		—	0,8	85,3	

Долина Ресаве

Бигар. — С десне стране Ресавске клисуре, на локалности Бигар, налази се огледна површина на назубљеном кречњачком одсеку (Ч. С. Милић, 1983), где су узорци кишнице захваћени у два маха. При томе је ветар дувао са запада.

Таб. 4. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
20. август 1979. у 0—2,10 час.	385	21	0,8	57	99,94
у 2,30—5 час.		17	0,5	33	
10. септ. 1980. у 18,20—21 час.		15	1	60	
Средње:		17,66	0,76	50	

Слив Црног Тимока

Луковица. — У заосеку Лукова, Лукавици, с леве стране Црног Тимока а недалеко од моста, истиче се назубљена кречњачка литица обрасла лишажевима и маховинама, као и кленом и грабићем. Узорци кишнице узети су у два маха. При томе је киша била средњег интензитета а ветар је дувао са југоистока.

Таб. 5. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
29. септ. 1981. у 15,45—16,05 ч.	358	16	0,8	75	97,53
7. јули 1982. у 15,30—16 ч.		27	1	95	
Средње:		21,5	0,9	85	

Лазарева пећина код Злата. — Изнад и поред Лазареве пећине код Злата издиже се грандиозна литица испресецена дијаклазама и дијастромама, а обрасла маховина и лишпајевима. Узорци кишнице хватани су у пет наврата.

Таб. 6. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
29. септ. 1981. у 17,05—17,30 ч.	280	15	1	44	98,04
у 17,30—17,55 ч.		15	0,7	53	
13. јуни 1982. у 16,40—17,30 ч.		21	0,15	125	
7. јули 1982. у 17—17,30 час.		25	0,5	175	
21. јуни 1985. у 0—4,15 час.		12	0,25	27	
1. јуни 1986. у 5—7 часова		10	0,75	190	
Средње:		16,33	0,56	102,33	

Приликом узимања првог узорка киша је падала у облику пљуска а ветар је био јак и дувао са југоистока; међутим, ова киша је убрзо ослабила. У други мах киша је била веома слаба, а ветар је дувао са северозапада. Трећег наврата падавине су биле различитог интензитета и трајале су веома кратко, док је ветар био западни. Приликом узимања петог узорка киша је била ситна, повремено је престајала или била средњег интензитета; при томе је ветар био слаб, југоисточни. Најзад, у петом наврату киша је била слабог до средњег интензитета, праћена ветровима са запада и северозапада.

Доње врело. — По Ч. С. Милићу (1987), Доње врело се налази на излазном делу суве сүтеске, фосилног укљештеног меандра с леве стране Равне реке, у селу Доњој Белој Реци источно од Бора. Огледна површина је у облику високе литице испресецана дијастромама у банковитим доломитичним кречњацима. Прекривена је лишпајевима и маховинама, као и бусенима траве у пукотинама. Узорци кишнице хватани су у пет наврата у раздобљу од 1981—1986. године.

Таб. 7. —

Датум детекције	h	t	q	SO ₄	CO ₂
29. септ. 1981. у 19,30—20,30 ч.	225	15	0,4	125	95,82
5. јули 1982. у 20,10—20,25 ч.		—	0,3	110,9	
26. јуни 1984. у 19,05—19,20 ч.		20	0,2	112,5	
21. јуни 1985. у 13,55—14,55 ч.		13,5	0,5	127,5	
1. јуни 1986. у 20,15—20,40 ч.		—	0,2	132,5	
Средње:		16,2	0,32	121,68	

У свим случајевима из Таб. 7. кише су биле слабог до средњег интензитета, а ветар је увек дувао са запада и то средње до веће брзине.

Извори и врела

За разлику од узорака кишнице, који су релативно мало прикупљени због низа сушних лета особито у источном делу источне Србије, анализе крашких вода на изворима и врелима могли смо извршити у далеко већем броју. Ипак, лето 1983. године је било изразитог аридитета, тако да уопште нисмо вршили теренска истраживања.

Б е р д а п

Ливадица. — По Ч. С. Милићу (1983), „низводно од Јерининог града, на Ливадици, избија једно врело на додиру кречњака и пешчара, и то из једног пећинског каналића”. Узорци воде су узимани у три маха, углавном у време када је хватана кишница на оближњој околној површини, испод Јерининог града.³

Таб. 8. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
7. јули 1978.	97	8,5	1	15,5	97,24
8. јули 1979.		9	1,2	12,5	
		9	1,5	22	
7. јуни 1980.		9,5	1,2	22	
Средње:		9	1,22	18	

Ерин извор. — У подручју Казана, на локалности Пецкој бари, избија Ерин извор на контакту кречњака и лапораца. Веома је примитивно каптиран, испод асфалтног пута Бердапске магистрале.

Таб. 9. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
7. јули 1978.	72	9	0,8	22	99,40
9. јули 1979.		9	1	20	
1. мај 1980.		8,5	1,5	19	
Средње:		8,8	1,1	20,3	

³) h = надморска висина у m; T = температура воде у °C; Q = протицај у l/s; SO₄ = сулфати у mg/l; CO₃ = садржај карбоната у кречњачкој подлози у %.

Врело Чваринац. — На око 1 км узводно од манастира Горњака, с леве стране Млаве, избија врело Чваринац готово у висини уздужног речног профила (Ч. С. Милић, 1983). Условљено је контактом кречњака са подином од лапоровитих кречњака.

Таб. 10. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
14. јули 1979.	190	9,5	2	13	99,80
7. јуни 1980.		9,5	3,5	20	
14. септембар 1980.		10	2	7	
Средње:		9,6	2,5	18,3	

Крупајско врело. — С десне стране Крупајске реке, јужно од Крепољина, избија из пећине истоимено врело на додиру кречњака и црвене пешчарске серије.

Таб. 11. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
16. јули 1979.	200	10	250	12	97,04
14. септембар 1980.		10	300	11	
Средње:		10	275	11,5	

Жагубичко врело. — Сифонско Жагубичко врело избија на загату од неогених седимената са просечним протицајем од 0,4 m³/s (Према подацима на табли код врела). А температура воде износи 3,4—11,5°C.

Таб. 12. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
15. јули 1979.	314	10	—	23	99,94
14. септембар 1980.		10	—	23,5	

Долина Ресаве

Извиђачка чесма „Мара Ресавкиња“. — Узводно од саставка Суваје и Ресаве, недалеко од Лисине, на левој обали главног тока избија каптирано врело (Ч. С. Милић, 1983).

Таб. 13. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
17. август 1979.	385	9,2	0,5	12	99,86
11. септембар 1980.		10	0,5	12	
Средње:		9,6	0,5	12	

Гувно. — С десне стране најужег дела Ресавске клисуре, узводно од огледне површине Бигара, из поткалинне Гувна цури слаб извор, што смо детаљније описали на другом месту (Ч. С. Милић, 1979).

Таб. 14. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
17. август 1979.	447	9	0,05	20	98,10
21. август 1979.		9	0,05	22	
Средње:		9	0,05	21	

Равна река. — С десне стране Ресаве, узводно од Ресавске клисуре избија јако врело Равне реке које је условљено загатом лагоровито-пешчарке серије (Ч. С. Милић, 1983).

Таб. 15. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
17. август 1979.	506	12	50	14	95,56
11. септембар 1980.		11	50	13	
Средње:		11,5	50	13,5	

Слив Црнице

Врело Грзе. — Врело Грзе избија на контакту кречњака и серије црвених пешчара, и то из неколико каналића: доњи су стално активни а горњи — периодични.

Таб. 16. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₂
10. јуни 1981.	420	9	100	14,5	98,25
28. август 1981.		9	100	13	
29. септембар 1981.		8,5	80	12	
13. јуни 1982.		9	80	15,5	
5. јули 1982.		9	60	13	
21. август 1982.		9	50	5	
25. мај 1984.		8,8	200	8	
22. јуни 1984.		9,1	100	8	
17. мај 1985.		9	300	9	
24. мај 1985.		8,9	200	9	
11. јуни 1985.		9	60	9	
20. јуни 1985.		9	50	9	
30. мај 1986.		9	70	11	
14. јуни 1986.		9	50	11,5	
Средње:		8,95	107,1	10,54	

Слив Црног Тимока

Врело Црног Тимока. — Врело Црног Тимока избија из једне пећине недалеко од Кривога Вира. У пећинском капау је изграђена терасица од црвенице помешане са кречњачком дробиним. Иначе, врело је толико снажно да служи за погон једне воденице и једне узгонске водоводне пумпе.

Таб. 17. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₂
12. септембар 1980.	350	9,8	250	9	98,75
10. јуни 1981.		9,8	200	14	
29. септембар 1981.		10	50	12	
28. август 1981.		9	100	14	

1	2	3	4	5
13. јуни 1982.	9,5	170	13	
5. јули 1982.	9	150	8,5	
21. август 1982.	10	120	10,5	
25. мај 1984.	9,5	250	11,5	
22. јуни 1984.	10	90	7	
17. мај 1985.	10	250	17	
24. мај 1985.	9,5	200	16	
11. јуни 1985.	9	80	10,5	
20. јуни 1985.	9,5	70	11,5	
30. мај 1986.	9	100	11,5	
14. јуни 1986.	10	200	13,5	
Средње:	9,57	152	11,97	

Црвени брег. — С леве стране Црног Тимока, у Луковици, једној од засеока Лукова код Бољевца, избија веома слаб извор који је каптиран.

Таб. 18. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
10. јуни 1981.	354	11	0,025	19	97,85
28. август 1981.		10	0,025	18	
13. јуни 1982.		10,5	0,02	19	
5. јули 1982.		11	0,02	13	
7. јули 1982.		11	0,02	13,5	
21. август 1982.		12	0,02	14,5	
25. мај 1984.		10	0,05	13,5	
22. јуни 1984.		11,2	0,033	20	
17. мај 1985.		11,5	0,02	22	
24. мај 1985.		11	0,01	18	
11. јуни 1985.		11,5	0,022	15	
20. јуни 1985.		11	0,022	12	

1	2	3	4	5	6
30. мај 1986.		11	0,03	17,5	
14. јуни 1986.		12	0,033	17,5	
Средње:		11,05	0,025	16,6	

Злотско врело. — Испод Лазареве пећине код Злата избија снажно врело, коме узводно притиче периодични ток Лазареве долине на коме се налази водомерна летва.

Таб. 19. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₂
12. септембар 1980.	275	10,5	—	13	98,32
10. јуни 1981.		10	—	16	
28. август 1981.		10	—	16	
29. септембар 1981.		—	—	16	
13. јуни 1982.		10	—	16,5	
5. јули 1982.		10	—	11	
8. јули 1982.		10	—	12	
21. август 1982.		10	—	7,5	
25. мај 1984.		9	—	12	
22. јуни 1984.		9,5	—	17	
28. јуни 1984.		10,2	350	16	
20. мај 1985.		10,2	—	16	
24. мај 1985.		10	350	14	
5. јуни 1985.		10	350	10,5	
11. јуни 1985.		9,2	—	11,5	
21. јуни 1985.		10	—	13,5	
30. мај 1986.		9,5	200	12	
14. јуни 1986.		10,5	300	13	
Средње:		9,92	310	13,53	

Врело. — По Ч. С. Милићу (1987), у селу Доњој Белој Реци, с леве стране улазног, узводног дела суве сутеске на прегибу алувијалне равни Равне реке, избија асцендентно Врело из једне пукотине застрвене ситним беличастим песком.

Таб. 20. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
14. септембар 1980.	225	13,5	10	28	96,15
8. јуни 1981.		12	15	30	
28. август 1981.		14	7	32	
29. септембар 1981.		13	—	26,5	
13. јуни 1982.		13	10	30	
5. јули 1982.		13	25	25	
8. јули 1982.		13	25	21	
24. август 1982.		13,5	15	18	
25. мај 1984.		12	25	16,5	
26. јуни 1984.		13	18	33	
20. мај 1985.		12	15	27,5	
21. мај 1985.		12	15	29	
7. јуни 1985.		13	15	21	
10. јуни 1985.		13	15	24	
21. јуни 1985.		13	15	22	
1. јуни 1986.		13	20	29	
16. јуни 1986.		13	20	28,5	
Средње:		12,9	16,56	25,9	

Дана 14. септембра 1980. године узет је, нешто узводније од Врела, и узорак воде из саме Равне реке чија је температура износила 16,5°C. При томе је вредност сулфата била 42 mg/l.

Доње врело. — По Ч. С. Милићу (1987), „с леве стране суве сутеске, на око 50 м од њеног поповног спајања са алувијалном равни Равне реке, избија гравитационо Доње врело...”.

Таб. 21. —

Датум детекције	h	T	Q	SO ₄	CO ₃
14. септембар 1980.	225	14	6	27	95,82
8. јуни 1981.		13	12	37	
28. август 1981.		14	5	31	
29. септембар 1981.		14	—	27,5	
13. јуни 1982.		14,5	5	33	
5. јули 1982.		15	15	22	
8. јули 1982.		14	15	22,5	
24. август 1982.		14	10	18	
27. мај 1984.		14	15	21,5	
26. јуни 1984.		14	9	24	
20. мај 1985.		14,5	7	32,5	
21. мај 1985.		14	5	32	
7. јуни 1985.		15	10	25,5	
10. јуни 1985.		15,2	10	22,5	
21. јуни 1985.		15	10	21,5	
1. јуни 1986.		14	10	33,5	
16. јуни 1986.		14	10	33	
Средње :		14,2	9,62	27,3	

ЗАКЉУЧАК

Претходна излагања која базирају на дугогодишњим, премда не много фреквентним, осматрањима у периоду од 1978—1986. године могу нам помоћи у погледу доношења неких закључака о појави сулфата у водама северног и централног дела источне Србије.

Пре свега, потребно је да рашчистимо дилему: да ли је појава сулфата аутохтоног или алохтоног порекла? Наиме, неки аутори сматрају да су сулфати у крашким водама резултат разлагања сумпорних једињења у подземљу (пирита, гипса и сл.). Другим речима, то не би имало никакве везе са аерозагађењем и феноменом киселих киша, што неким случајевима може и да има свог оправдања.

Да бисмо разрешили ову дилему, нужно је учинити осврт на количине сулфата у кишници и врелима и изворима на локалностима које су у непосредном суседству, а које се одликују готово истим садржајем карбоната у кречњачко-доломитним стенама. Јер, ако погледамо средње вредности, закључак нам се сам по себи намеће. Тако, кишница на Јеринином граду (76,5 mg/l) има знатно више сулфата него вода врела суседне Ливадице (18 mg/l). То важи и за кишницу код манастира Горњака (85,3 mg/l) у односу на врело Чваринца (18,3 mg/l) у долини Млаве. Затим, за кишницу Бигара (50 mg/l) и оближње Извибачке чесме „Маре Ресавкиње“ (12 mg/l). Да и не говоримо о кишници Луковице (85 mg/l) и води у извору Црвеног брега (16,6 mg/l). При томе, свакако су најдрастичнији примери кишнице Лазареве пећине (102,33 mg/l) и код Доњег врела (121,68 mg/l), које по количинама сулфата знатно надмашују крашке воде оближњих врела — Злотског (13,53 mg/l) односно Доњег врела код села Доње Беле Реке (27,3 mg/l).

При изнетом, ако бисмо и претпоставили да у неком од врела има и сулфата чије је присуство у вези са садржајем пирита или гипса у оквиру кречњачко-доломитске масе, потенциране количине сулфата у кишници оближњих огледних површина — свакако су доказ о значајном уделу киселих киша, односно аерозагађења сумпорним једињењима. Поготово ако се имају у виду екстремне осцилације садржаја сулфата, што је веома видљиво на примеру литице Лазареве пећине: од 27 па чак до 190 mg/l.

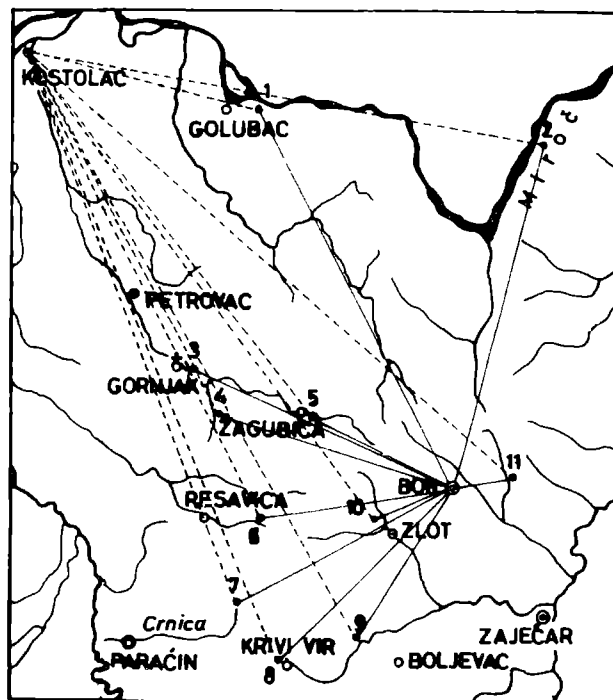
Све ово нам недвосмислено говори о великом присуству сулфата у кишници на огледним површинама који су у ствари претежно алохтоног порекла, односно последица дејства киселих киша. А те кише су активне на знатно ширим просторима, било на површини или у крашком подземљу.

У уводном делу смо напоменули колико сумпорна једињења у кишници утичу на интензитет крашког процеса, све у зависности од њихових количина у атмосфери, што је пак условљено јачином еманиација из индустријских и енергетских постројења и правцима и јачином ваздушних струјања. Сада нам остаје да све то колико-толико конкретизујемо и докажемо на одређеним примерима.

Претходне тврдње најбоље ћемо поткрепити најеклатантнијим примером кишнице код Доњег врела (Види Таб. 7.), у којој средња вредност сулфата износи 121,68 mg/l, што је бар за сада максимално утврђена количина у источној Србији. Ово несумњиво има да захвали близини Бора (8 km) и западном ветру, који директно доноси сумпорна једињења у ареал села Доње Беле Реке. У крајњој линији, значи да су овде у питању два основна фактора: велика близина загађивача и непосредан утицај ваздушних струјања из тог правца.

Нормално је претпоставити да ни еманиације сумпорних једињења из постројења Бора нису увек исте, већ варирају из дана у дан. Поготову када се то комбинује и са различитом јачином и правцима ветрова. За такву тврдњу може нам послужити пример Лазареве пећине, која такође није много удаљена од овог главног загађивача (12 km). Довољно је подсетити се минималне количине сулфата (од 27 mg/l), ко-

ја је било условљена слабим југоисточним ветром, и оне максималне (од 190 mg/l) везане за ваздушна струјања са запада до северозапада. Ова максимална вредност, до сада утврђена у источној Србији, готово да достиже горњу границу толеранције у погледу санитарне исправности вода. Да ли је ово изазвано само под утицајем постројења Бора или ту има свога учешћа и термоелектрана у Костоцу — то остаје као логична претпоставка?



0 10 20 30 40 50 km

Ск. 1. — Карта северног и централног дела источне Србије са прегледом растојања од Бора и Костоца у односу на респективне тачке.

1 — Јеринин град код Голупца; 2 — Ерин извор;
3 — Чваринац код ман. Горњака; 4 — Крупајско
врело; 5 — Жагубичко врело; 6 — Гувно у Ресав-
ској клисури; 7 — Врело Грзе; 8 — Врело Црног
Тимока; 9 — Луковица; 10 — Злотско врело; 11 —
Доње врело код Доње Беле Реке

Ова комбинација утицаја постројења Бора и Костоца као да је присутна на примеру максималне количине сулфата (105—115 mg/l) код манастира Горњака. То је, у ствари, била последица судара ваздуш-

них маса са југоистока и запада, при чему су ове друге накнадно преовладале. Још бољи пример за такву ситуацију имамо код Јерининог града (120 mg/l), када је кишни пљусак такође био фронталног карактера.

Колико велика близина загађивача утиче на количине сулфата у крашким водама указују нам и примери воде Равне реке (42 mg/l) и воде Врела (25,9 mg/l) и Доњег врела (27,3 mg/l), код села Доње Беле Реке а недалеко од Бора. То су за сада максимално констатоване средње вредности у источној Србији.⁴

Међутим, близина загађивача је само један од фактора количине сулфата у крашким водама. Јер, ако се — као што се обично узима — ова количина сведе на литар воде као јединицу мере, онда она релативно варира од случаја до случаја. Тако, на пример, извор Црвеног брега има више сулфата (16,6 mg/s) од Златског врела (13,53 mg/l) захваљујући чињеници да има знатно мањи протисај. Али, гледано апсолутно, у овом другом случају крашке воде транспортују много више сулфата.

Све у свему, неоспоран је утицај аерозагађења односно киселих киша на интензитет крашког процеса у северном и централном делу источне Србије. При томе, тај процес је свакако интензивнији у пределима ближим Бору и Костоцу, као главним загађивачима, и тамо где су карбонатне масе изложене директном удару доминантних ветрова, са северозапада до запада и истока до југоистока (Види Таб. 1.), као значајних транспортера сумпорних једињења. И то ће трајати тако, ако не и у већој мери, док човек као рационално биће не отпочне са акцијама на спречавању даљег загађења животне средине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Милић Ч. С.: *Поткапина Гувно*. Зборник радова Географског института „Јован Цвијић”, 31, Београд, 1979.
2. Милић Ч. С.: *Прилог проблему крашке денудације у северном делу источне Србије*. Зборник радова Одбора за крас и спелеологију. Посебна издања Српске академије наука и уметности, књ. DXLVI, Председништво, књ. I, Београд, 1983.
3. Милић Ч. С.: *Интеракција морфолошких процеса на кречњачком терену у подручју Доње Беле Реке*. Рукопис предат у штампу у Зборнику радова Одбора за крас и спелеологију САНУ, књ. 3, Београд, 1987.
4. Ракићевић Т.: *Климатске карактеристике источне Србије*. Зборник радова Географског института „Јован Цвијић” САНУ, књ. 28, Београд, 1976.

⁴ Од тога мало одступа Жагубичко врело (23,25 mg/l), али се оно не може узети као добар пример за упоређење јер су на њему извршена само два осматрања.

L'INFLUENCE DE L'AÉRO-POLLUTION SUR L'INTENSITÉ DU PROCESSUS KARSTIQUE DANS LES PARTIES SEPTENTRIONALE ET CENTRALE DE LA SERBIE DE L'EST

Sur la base des observations, faites au cours de plusieurs années (1978—1986), des eaux karstiques et de l'eau de pluie qui s'écoulent en descendant sur les roches de carbonates dénudées, on a essayé d'établir l'intensité du processus karstique qui est intensifié par les pluies acides. Et cela, du point de vue du contenu des sulfates.

Pourtant, il y a le dilemme de savoir si l'apparition des sulfates est d'origine autochtone ou d'origine allochtone. Car certains auteurs sont d'avis que les sulfates dans les eaux karstiques sont le résultat de la décomposition des combinaisons sulfuriques (pyrite, gypse, etc.) et que ce phénomène n'a aucun rapport avec l'aéro-pollution ou les pluies acides.

Pour résoudre ce dilemme on a fait une comparaison des valeurs moyennes des sulfates dans l'eau de pluie et de ceux dans les sources dans les localités voisines qui sont caractérisées par le contenu à peu près identique des carbonates dans les roches calcaires. Ainsi, l'eau de pluie dans la localité de Jerinin grad (76,5 mg/l) contient considérablement plus de sulfates que l'eau de la source voisine de Livadica (18 mg/l). Cependant, le plus étonnant sont les exemples de l'eau de pluie dans la grotte de Lazar (102,33 mg/l) et près de la localité de Donje vrelo (121,68 mg/l) qui par la quantité des sulfates dépassent considérablement l'eau des sources voisines, à savoir de Zlot (13,53 mg/l) resp. de Donje vrelo (27,3 mg/l) près du village de Donja Bela Reka, à peu de distance de Bor.

On peut déduire de là que les quantités exagérées des sulfates dans l'eau de pluie des surfaces d'essai voisines sont une preuve d'une part importante des pluies acides resp. de l'aéro-pollution par des combinaisons sulfuriques. Particulièrement si l'on a en vue les oscillations extrêmes du contenu des sulfates, ce qui est très visible sur l'exemple du rocher escarpé de Lazareva pećina: de 29 jusqu'à 190 mg/l.

Les quantités des sulfates dans l'eau de pluie et dans les sources karstiques dépendent de la proximité du contaminateur aussi bien que de l'intensité et de la direction des vents qui transportent ces combinaisons sulfuriques. Les principaux contamineurs dans les parties septentrionale et centrale de la Serbie de l'Est sont la fonderie du cuivre à Bor et de la centrale thermoélectrique de Kostolac sur la base du charbon, tandis que les vents dominants sont ceux qui soufflent du nord-ouest jusqu'à l'ouest et de l'est jusqu'au sud-est. A cause de cela, par exemple, nous avons la plus grande valeur des sulfates dans la localité de Donje vrelo (27,3 mg/l), resp. en eau de pluie sur la surface d'essai proche (121,68 mg/l), précisément à 8 km à l'est de Bor. Et la combinaison des influences qu'exercent les installations de Bor et de Kostolac se fait sentir près du monastère de Gornjak (105—115 mg/l) et de la localité de Jerinin grad (120 mg/l), lorsque le mesurage des sulfates a été effectué pendant l'averse de caractère frontal.