

Предраг Манојловић\*

### МЕТОДОЛОШКИ ПОСТУПЦИ ИСТРАЖИВАЊА ИНТЕНЗИТЕТА ХЕМИЈСКЕ ЕРОЗИЈЕ

**Садржај:** У истраживању интензитета хемијске ерозије данас су у оптицају различити поступци, који се могу сврстати у три три групе: лабораторијски експерименти, теренски експерименти и емпиријске методе. У раду су анализирани поједини поступци и приказани резултати који су њиховим спровођењем добијени у Србији.

**Кључне речи:** хемијска ерозија, методологија, Србија

**Abstract:** Researching of intensity of chemical erosion nowadays includes different methodes, which can be divided into three groups: laboratory experiments, terrain experiments and empirical methods. This work analyyes some methods and results that are obtained by their use.

**Key words:** chemical erosion, methodology, Serbia

#### Увод

У савременим истраживањима из области динамичке геоморфологије данас су мање-више равноправна два приступа: експериментална истраживања у лабораторији и на терену. Прва група поступака је егзактна: веома прецизно се могу да дозирају и сагледају улазни параметри као и да измери резултат њиховог деловања; варирање у интензитету деловања сваког од фактора могуће је у потпуности сагледати. Нажалост, у лабораторији је готово немогуће симулирати природне услове. С друге стране, експериментална истраживања у природи су много реалнија. Нажалост, често је немогуће измерити или сагледати све факторе који делују на осматрану појаву или процес: веома често се зна резултат али не и услови који су га остварили. Из изнетог следи да у истраживањима треба користити оба поступка. Тек њиховим комбиновањем недостатке једног надоместују предности другог метода. У последње време, као резултат теоретских разматрања и дугог опсервацијског периода у лабораторији и на терену, настао је емпиријски метод.

#### Лабораторијски експерименти

У циљу сагледавања јачине и смера деловања неког од фактора, одстрањени су, или сведени на исту меру, сви остали фактори корозије. То омогућује да се изабрани фактори корозије дозирају у различитим интензитетима и на тај начин утврђује само

---

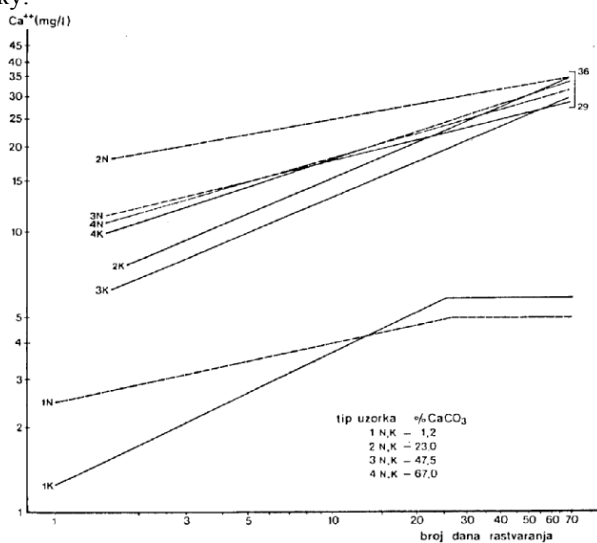
\* др Предраг Манојловић, редовни професор, Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

њихов (релативни) утицај на осматрану појаву, без утицаја осталих чинилаца који директно или у сплету међусобних интеракција детерминишу интензитет хемијског распадања стена.

*Утицај типа карбонатних стена  
на концентрацију  $\text{Ca}^{2+}$  у воденом раствору*

Кречњаци у Србији захватају знатну површину. Они су по правилу мезозојске старости, али се јако разликују по компактности и садржају калцијума. Знатно млађи, неогени карбонатни слојеви су углавном лапоровити до глиновити. Да би се утврдила разлика у растварању тих временски, петролошки и генетски јако различитих слојева, лабораторијским експериментима обухваћене су мезозојске карбонатне стене и неогени седименти. У експериментални рад су узети они представници наведених временских периода у којима је проценат  $\text{CaCO}_3$  био готово једнак. На тај начин, формиран парови "старих" и "младих" карбонатних узорака нису се разликовали по проценту  $\text{CaCO}_3$ , па су се настале разлике могле да објасне квалитативним обележјем "старост" у коме су садржане бројне квантитативне разлике.

Методологија експеримента била је релативно једноставна: изабрани узорци су механички дезинтегрисани и сведени на честице пречника 0,03-0,01 mm. По 2 g од сваког узорка стављено је у 2 l дестилисане воде. Да би се процес хемијског распадања брже одвијао, у водени раствор је ваздушним пумпама удубаван ваздух, а са њим и  $\text{CO}_2$ . И поред тога, еквилибријум између течне и чврсте фазе достигнут је тек након 70 дана. Мерење неопходних података (рН, кондуктивност, концентрација  $\text{Ca}^{2+}$ ) у почетку је вршено сваког дана, а касније, услед малих промена, у дужим временским интервалима. За време трајања експеримента, температура воде кретала се у распону 15,1-18,9 °C а рН вредност 6,8-7,5. Резултати истраживања дати су у графичком облику.



Скица. 1. Растварање карбонатних узорака различите старости и процента  $\text{CaCO}_3$ .  
N означава млађе (неогене), а K старије (кредне) узорке.

Узорци са најнижим процентом  $\text{CaCO}_3$  издвајају се у посебну групу. Уз то, права која исказује однос између дружине трајања њиховог раставарања и постигнуте концентрације  $\text{Ca}^{2+}$ , око 25. дана има изражен прелом. До поменутих појава дошло је

услед растварања свог расположивог  $\text{CaCO}_3$  садржаног у узорцима. Након 25. дана у њима више није било калцита, па због тога линија концентрације почев од тог дана више нема узлазни тренд. То, наравно, није био случај са осталим узорцима, у којима је апсолутна количина  $\text{CaCO}_3$  била далеко већа.

Упоредивањем линија концентрација узорака различитих старости може се закључити да је њихов нагиб различит. То је нарочито карактеристично за линије првог пара узорака (1N, 1K). Далеко је значајније то, што линије концентрације

$\text{Ca}^{2+}$  имају мањи нагиб у случају мађих (N) а већи у случају старијих (K) узорака, без обзира на проценат  $\text{CaCO}_3$ . Како је проценат  $\text{CaCO}_3$  у паровима узорака био готово једнак, то различите концентрације  $\text{Ca}^{2+}$  у води треба тумачити узимајући у обзир њихову старост, односно начин постанка. Дакле, разлика у интензитету растварања млађих и старијих узорака утолико је већа уколико је проценат  $\text{CaCO}_3$  у стени нижи.

Првих дана експеримента, млађи узорци растварали су се знатно брже него старији исте чистоте. Разлог за ту појаву налази се у присуству  $\text{SO}_4^{2-}$  јона у неогеним седиментима ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) који у контакту са водом граде  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . У најмлађем узорку већ након 5 дана експерименталног растварања утврђена је концентрација од 18 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$  јона. Међутим, у осталим растворима концентрација сулфатног јона била је мала и са малим међусобним разликама. Због тога се оправдано може да посумња и на утицај чврстоће кристалне решетке, односно јонске силе унутар кристала. Таква истраживања излазе ван домена геоморфологије.

На крају експеримента, после 70 дана непрекидног додавања ваздуха и са њим  $\text{CO}_2$  и формирања  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , концентрација  $\text{Ca}^{2+}$  у свим растворима била је готово једнака. Из тога је, наравно изузет први пар узорака, у коме, иницијално, и није било толико  $\text{Ca}^{2+}$  чијим би се растварањем достигле концентрације 29-36 mg/l.

Посматрано са геоморфолошког аспекта, то значи да ће вода која је у дужем временском периоду у контакту са стенама различитих садржаја  $\text{CaCO}_3$  моћи да раствори приближно једнаку количину калцијума, без обзира на њену старост и проценат  $\text{CaCO}_3$  у њој. Услов је, наравно, довољна кјоличина расположивог  $\text{CaCO}_3$  у стени. У случају њеног краткотрајног задржавања унутар стенских маса, минерализација ће јој бити нижа, а њу ће чинити, пре свега, лако (брже) растворљиви минерали. Дакле, у условима брзе филтрације воде долази до доминације селективне корозије, и тада минерали веће брзине растварања имају највећи утицај на формирање њене минерализације. Из тог разлога, ниска концентрација  $\text{Mg}^{2+}$  јона у односу на  $\text{Ca}^{2+}$ , уочена аланизом речних вода Манојловић П., (1990) није дакле резултат мање растворљивости  $\text{MgCO}_3$ , већ његове мање брзине растварања. На то упућују и резултати истраживања Trudgill S. (1977), који је утврдио растворљивост  $\text{MgCO}_3$  од 180 mg/l, односно  $\text{CaCO}_3$  од 100 mg/l.

*Утицај типа стене  
на концентрацију растворених минералних материја*

Експериментално растварање различитих типова стена и седимената, обухватило је оне петролошке типове који се најчешће јављају у Србији. Због различитих палеогеографских услова, изабрани петролошки типови исте старости територијално се јако разликују. Тако нпр. горње-јурски слојеви у североисточној Србији представљени су веома чистим кречњацима, док синхронични слојеви на Старој планини имају флишни карактер.

Експериментално растварање стена вршило се у собним условима; дакле, на температури 15-20 °C и под постојећим атмосферским притиском. У нормалном суду,

на 2 l воде, додат је 1 g спрашеног узорка стене, чији је пречник честица био 0,03-0,01 mm. Теоретски, због разлика у хемијском саставу, у експеримент би било могуће укључити преко веома велики број узорка стена и седимената (сигурно више од 100); концизности ради, узети су само карактеристични представници појединих типова стена. Због високог процента  $\text{CaCO}_3$  у експеримент је, више ради поређења, укључен и сталагмит. Ради повећавања брзине хемијског процеса растварања, за сво време трајања експеримента раствор је непрекидно мешан електромагнетним мешалицама.

Табела 1. Основни хидрохемијски параметри настали експерименталним растварањем стена.

стена	% Ca	после 5 дана растварања			после 70 дана растварања		
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	<sup>0</sup> dH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	<sup>0</sup> dH
стралагмит	40.0	20.0	1.3	3.1	64.4	1.5	9.3
кречњак	38.0	20.3	1.0	3.1	44.8	2.7	6.9
лап. кречњак	26.1	28.2	2.1	4.4	42.5	2.6	6.5
лапорац	19.6	27.2	1.7	4.2	38.8	3.0	6.1
лап. глина	10.4	20.3	2.4	3.4	39.5	3.1	6.2
глина	5.6	14.9	2.7	2.5	28.0	5.4	5.1
глина	3.4	10.5	3.1	2.2	10.5	10.1	3.8
глина	1.5	6.2	3.0	1.6	6.2	12.0	3.6
глина	0.5	2.5	1.5	0.7	5.8	15.7	4.4
црвени пешчар	2.3	1.6	0.3	0.3	5.8	1.2	1.0
хлор. шкриљац	2.7	1.8	0.5	0.4	5.8	1.7	1.2
сериц. шкриљац	2.5	1.7	0.6	0.4	3.8	3.5	1.3
габро	10.8	13.2	2.1	2.3	20.1	2.8	3.4
дијабаз	7.1	3.1	1.2	0.7	11.3	2.1	2.1
долом. мермер	21.9	8.2	3.8	2.0	31.8	7.4	6.2

На основу приложених података одмах се запажа да је разлика између минималне и максималне тврдоће воде након 5 дана растварања далеко већа него на крају експеримента, после 70 дана. Дакле, дужина растварања утиче на смањивање разлика у тврдоћи воде петролошки јако различитих представника, а такође и на повећавање концентрације  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , уколико их има у довољној количини у стени. У геомолошком погледу, практична вредност резултата експеримента налази се у чињеници што се промена тврдоће воде, једним делом, може да објасни брзином филтрације. Условно, малим брзинама филтрације и дугим контактом стене и воде одговара 70. дан експеримента, и обрнуто.

У време малих протицаја, вода у речном кориту је у суштини подземна вода. Она је дуго времена била у контакту са стенама, а брзина њеног кретања је била релативно мала. Иницијална агресивност воде, без обзира да ли потиче од  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или хумусних киселина, биће-због временског фактора-у потпуности искоришћена. Резултат ће бити вода веће тврдоће, и њена вредност ће, независно од типа стена са којим је била у контакту, бити релативно уједначенија него у случају поводња. Тај други режим, који се карактерише делимично и површинским отицајем, већим брзинама филтрације и краћем задржавањем воде у тлу, резултира мањом тврдоћом воде, која је често и **агресивна**.

### Теренски експерименти

Теренским експериментима одстрањен је основни недостатак рада у лабораторији, тј. немогућност симуирања комплексног самосталног и интерактивног утицаја низа фактора. Из тога проистиче да је немогуће директно преношење

результата лабораторијских истраживања у природне услове. Међутим, и теренска истраживања имају битнио недосатак: готово да је немогуће бити свестан интензитета деловања свих фактора који утичу на проучавани процес. По томе су они, дакле, дијаметрално супротни од лабораторијских; познат је излазни резултат, али не и комплекс свих фактора који је до њега довео.

У циљу утврђивања интензитета раставарања карбонатних стена, а посебно кречњака, на простору Источне Србије одабране су 4 локације за теренска мерења интензитета корозије методом експерименталних таблета. Три од њих налазе се у сливу Нишаве, и то су: Бела Паланка, Димитровград и Дојкинци. Последња локација је далеко северније и налази се у сливу Замне, северозападно од Неготина. Полигони у сливу Нишаве изабрани су због релативно малог уплива човека на том и околном простору, што би се могло да одрази на повећану агресивност падавина. Уз то претпоставка је била да ће се количина падавина као и температура ваздуха и тла у околини Беле Паланке и Дојкинаца битно да разликују. Наиме, Бела Паланка је насеље на 290 m н.в. и са најмањом, а Дојкинци, на 880 m н.в. са највећом просечном количином падавина у Источној Србији (Ракићевић Т., 1976). Нажалост, у периоду трајања експеримента, количина падавина на овим станицама био је готово уједначено су истраживања трабала да укажу и на утицај топлијег односно хладнијег дела године, у таб. 2 су дати одговарајући подаци који ће послужити у каснијој анализи резултата. Кишомерна станица Плавна изабрана је у циљу утврђивања евентуалне агресивности падавина, која би потицала из РТБ Бор, хемијске индустрије у Прахову или Румунији.

**Табела 2. Основни подаци о падавинама на кишомерним станицама укљученим у експеримент.**

станица	висина (m)	п а д а в и н е (mm)			mm / падавинском дану		
		топло	хладно	година	топло	хладно	година
Плабна	280	252.3	381.0	633.3	6.31	8.10	7.27
Бел. Паланка	290	246.3	324.6	570.9	5.47	5.59	5.54
Димитровград	440	240.4	417.1	657.5	5.46	5.56	5.52
Дојконци	880	303.0	345.5	648.5	6.18	5.39	5.74
просек	472	260.5	367.0	627.5	5.58	6.16	6.01

Утврђивање интензитета корозије вршило се на основу утврђивања разлике у тежини експерименталних плочица пре и после излагања атмосферилијама. У петролошком погледу, у експеримент су укључени кречњак, доломитични кречњак и лапопрац. Веродостојност резултата постигнута је релативно великим бројем плочица: у експерименту их је употребљено 872.

На свим локацијама експерименти су се вршили надва места: метеоролошкој станици и околном терену. На метеоролошким станицама утврђивана је иницијална агресивност падавина (полочице у ваздуху) као и здружени утицај органских и неорганских киселина (плочице у кварцном песку и хумусу). На терену, у близини метеоролошких станица, истраживан је утицај микроклиматских разлика (присој-осој), као и здружени утицај вегетације и типа тла.

На основу овако организованог експерименталног рада, могуће је утврђивати разлике у интензитету корозије у зависности од више фактора. Ради систематичности, утицај утврђених значајнијих фактора приказаће се појединачно.

## Утицај сезонског фактора

Сагледавањем укупне количине падавина може се закључити да је у хладнијем делу године, у просеку, било 40 % више падавина него у топлијем. При томе, оне су тада биле и нешто интензивније. Разлике у хемијском растварању експерименталних плочица у тим периодима године, сигурно су, једним делом, резултат поменутих фактора. Међутим, поменути периоди одликују се и битно различитим температурама тла, па због тога и активности микроорганизама. Нажалост, подаци о температурама тла постоје само за метеоролошку станицу у Димитровгради. Због тога, тај податак се, због непостојања степена слободе, не може да користи у квантитативној нумеричкој анализи.

Табела 3. Растварање сва три типа плочица у зависности од доба године (mg/плочици).

локација	период године		однос х/т
	топлији	хладнији	
Плавна	8.02	69.3	8.64
Бел. Паланка	9.49	37.75	3.97
Димитровград	6.96	38.02	5.46
Дојконци	35.61	78.37	2.20
просек (n = 120)	15.06	55.86	3.71

Веродостојне податке о утицају квалитативног фактора “доба године“, пружају само подаци са метеоролошких станица; у природи комбиновани утицај бројних фактора по микролокацијама би могао да доведе до погрешних закључака. У таб. 3 дате вредности представљају аритметичку средину губитка тежине сва три литолошка типа плочица, у оба типа тла.

Учешће хладнијег дела године у структури укупног годишњег хемијског растворања је очигледно доминантно. У том периоду године, интензитет хемијског растворања је за 3,7 пута већи од оног другог. Због тога, излишна је било каква детаљнија статистичка анализа. Разлог те појаве једним делом се може да објасни већом количином падавина. Међутим, та два податка нису у директној вези, јер просечна количина падавина у хладнијем периоду године је само за 40 % већа од просека везаног за топлији део године. Ако би се стварно постојећа разлика у количини падавина између та два дела године анулирала, тада би се настала разлика у хемијском растварању експерименталних плочица могла да тумачи различитом температуром и влажношћу тла, као и свим осталим карактеристикама које са њима у вези.

Детаљнија анализа разлика између губитка тежине плочица уклазује на петролошки састав као веома значајан фактор. Наиме, лапоровите плочице су у току хладнијег периода године изгубиле 6,4 пута више тежине него у топлијем. Истовремено, код остала два типа карбонатних узорака, хемијско растворање у хладнијем делу године је свега 2,4 пута веће. Објашњење вероватно треба тражити у степену дијагенезе лапораца; он је, наиме, јако порозан и хигроскопан, па упијена вода под утицајем негативних зимских температура условљава, пре свега, механичку дезинтеграцију експерименталне плочице. С обзиром на компактност кречњака и доломитичних кречњака, та појава код ових петролошких типова није била изражена.

Због тога би се могло да закључи како је површинска корозија кречњака и доломита у хладнијем периоду године за око 2,4 пута интензивнија него у топлијем. На тај начин, експериментом је потврђено схватање по коме је количина  $\text{CO}_2$  у води на температури од  $0^\circ\text{C}$  за око три пута већа од оне која се у њој налази на  $35^\circ\text{C}$  (Böegli A., 1960). На утицај ниже температуре, која доводи од већег растворања

кречњака, указује и Kotarba A. (1971), по коме снижавање температуре за 1 °C условљава повећано растварање кречњака од 10 mg/l.

Однос растварања експерименталних плочица извршеног током топлијег и хладнијег дела године, по појединим локацијама, указује на податке из Плавне, који највише одступају од просека. Како се на свим локацијама располагало са истим типом плочица и тла, то се настале разлике морају да припишу локалним утицајима. На висок однос хемијског растварања у току хладнијег и топлијег дела године у Плавни, од 8,6 највише утиче велики губитак тежине плочица у хладнијем делу године. Ову појаву би евентуално могло да објасни загађивање ваздуха сумпор диоксидом из РТБ Бор. То би, с обзиром на познато стање у широј околини Бора била логична претпоставка. Међутим, подаци метеоролошке станице у Неготину указују на стално струјање са севера и североистока, и то не само оних дана када је било падавина. Да ли је повећано растварање експерименталних плочица у Плавни резултат хемијске ерозије у Прахову или Румунији, или се подаци о правцу дувања ветра у Неготину не могу директно пренети на његово планинско залеђе?

#### *Утицај концентрације $\text{CaCO}_3$ на интензитет хемијског растварања*

Укључивањем три типа стена у експериментално растварање, под истим условима, даје могућност њиховог упоређивања са аспекта растворљивости. Слично анализи утицаја сезонског фактора, и у овом типу анализе користиће се само подаци са метеоролошких станица. Резултати представљају просечно годишње растварање у оба супстрата (песак и хумус).

Резултати експеримента указују да не постоји статистички значајна разлика између растварања кречњачких и доломитских плочица, али да се зато растварање лапорца издваја као посебна категорија. Оно је, у просеку, за 88 % веће од растварања стена које изграђују типично крчкче терене. Веће растварање лапорца уочено је и лабораторијским експериментима, али у мањем односу. Поменута разлика у резултатима би се могла да објасни механичким губитком дела тежине плочица, нарочито током зиме.

Потврда поменутој констатацији је и чињеница да је у току хладнијег периода године губитак тежине лапоровитих плочица за 129 % био већи од средњег губитка тежине кречњачких, рачунајући средњу вредност у оба супстрата. У топлијем периоду године долази до драстичне промене: крчкчак се за свега 14 % више раставрао од лапорца. Очигледнио је да међусобна комбинација влажности и температуре тла, у случају слабо везаних карбонатних слојева, има далеко већи значај него код стена високог степена компактности.

Анализом концентрација растворених минералних материја у текућим водама, уочено је да се минерализација воде повећава у доњем делу слива, који је често усечен у неогеним седиментима. У извесним случајевима, високе концентрације  $\text{Ca}^{2+}$  могле би се објаснити растварањем прослојака гипса или леса, односно минерала који садрже високи удео калцијума.

#### *Иницијална агресивност падавина*

Под иницијалном агресивношћу падавина подразумева се могућност атмосферске воде да раствори одређену количину минералних материја, у овом случају калцијум карбоната. Она је проучавана на основу резултата губитка тежине

експерименталних плочица које су биле у ваздуху, на 1,5 m од тла. Експериментални полигони налазили су се на метеоролошким станицама.

Досадашња истраживања таквог типа заснивала су се на излагању експерименталних плочица атмосферилијама, губитак тежине је упоређиван са њиховом укупном површином, а добијени резултати употребљавали за даља израчунавања (Gams I., 1985). У циљу добијања тачнијих података о "повешинској корозији", овај поступак је је мало измењен; плочице су импрегриране раствором шелака, а затим је механичким путем са смо једне њихове стране одстрањена заштита. На тај начин падавине су могле да делују само на њиховој горњој површини. Параметри добијени на тај начин су нешто прецизнији, јер је онемогућено растварање на доњој и ободним странама експерименталне плочице, које сигурни није једнаког интензитета као на њеној горњој страни – изложеној падавинама.

Ради прегледности и могућности упоређивања губитка тежине плочице које су препарирани и оних које то нису, очигледније је резултате приказати у виду просечног раставрања по 1 cm<sup>2</sup> плочице.

Табела 4. Просечно растварање кречњачких плочица на 1,5 m изнад тла (mg/cm<sup>2</sup>).

локација	топлији период године		хладнији период године	
	+1.5 m (n)	+1.5 m (p)	+1.5 m (n)	+1.5 m (p)
Плавна	0.098	0.153	0.454	0.575
Бел. Паланка	0.091	0.137	0.119	0.152
Димитровград	0.042	0.062	0.053	0.068
Дојконци	0.374	0.571	0.517	0.642
просек (n = 24)	0.151	0.231	0.286	0.359

Легенда: p = препарирани (16 cm<sup>2</sup>), n = непрепарирани (40 cm<sup>2</sup>)

Закључак о утицају сезонског фактора на интензитет растварања, донет на основу података плочица које су биле у тлу, може се применити и у овом случају. Да је агресивност падавина у Плавни у току зиме била знатна, указују и подаци о растварању плочица које су биле у ваздуху. Наиме, један литар падавина у хладнијем периоду године "односио" је просечно 10 mg кречњака; највише у Дојкинцима (18.6 mg/l) а најмање у Димитровграду (1.6 mg/l). То би се могло да објасни посредним утицајем надморске висине, односно различитом температуром ваздуха и падавина. Од те правилности, међутим, резултати из Плавне (15.1 mg/l) јако одступају.

Просечни однос растварања препарираних и непрепарираних плочица је 1,35:1. Другим речима, препарирани плочице су се за 35 %, по јединици површине, више растварале од непрепарираних. Поменуто појаву је релативно лако објаснити: на доњу површину плочице доспева само један део падавина, па је због тога на њој корозија мања. То нарочито долази до изражаја током топлијег периода године (однос је 1,52:1), што је свакако резултат виших температура ваздуха и бржег испаравања падавина са површине плочица.

#### *Утицај типа вегетације на интензитет корозије*

У непосредној близини метеоролошких станица, у природним условима, испитивана је разлика у интензитету корозије која је директно али индиректно условљена типом вегетације. У експерименту је моделовано са два основна типа: травним и листопадним комплексом. Резултати добијени на изабраним локацијама одражавају збирни утицај типа вегетације, врсте тла и влажности земљишта. Последњи фактор корозије је у великој мери одређен врстом вегетације, с обзиром да ј еколичина падавина која доспе до тла у шуми, због интерцепције, за 15-40 % мања



од травног простора (Ћирић М., 1986). С друге стране, распадањем велике количине стеље, у шумском-влажнијем компелку-ствара се већа количина хумусних киселина. По подацима педолога, време потребно за разграђивање целокупне масе опалог лишћа износи 2-3 године (Молчанов А., 1973). Нажалост, битни параметри корозије у поменутих целинама нису осматрани, тако да се не може да суди о њиховом квантитативном утицају.

На основу добијених података, очигледно је да је у шумском педолоком супстрату корозија далеко инетензивнија. Однос између корозије у испитиваним целинама је 3,7:1, што речито указује да сплет свих фактора у шумској средини делује далеко агресивније у односу на постојеће унутар травног комплекса. Њихово откривање и квантитативна анализа интензитета тих дејстава захтева далеко опсежнија истраживања.

*Утицај микроклиматских разлика на интензитет корозије*

Полазећи од претпоставке да и микроклиматске разлике условљавају различит интензитет корозије, у природним условима вршено је утврђивање интензитета хемијског растварања на присојним и осојним експозицијама. Локације су се, ради валидности података, налазиле близи једна другој (наспрамне стране речних долина) и у близини метеоролошких станица.

**Табелка 5. Губитак тежина кречњачких плочица у тлу на присојним и осојним експозицијама (mg/плочица).**

локација	присој	осој	однос
Плавна	11.58	36.92	3.18
Б.Паланка	5.25	17.31	3.29
Димитровград	3.64	12.36	3.39
Дојкинци	8.50	25.39	2.98
просек (n=60)	7.24	22.99	3.17

Приказани резултати представљају просечне вредности, добијене на основу података растварања кречњачких плочица у шумском и пашњачком тлу, и на основу података за топлији и хладнији део године. Због тога, они одражавају просеке свих чинилаца хемијског раставарања стена који су у различитом интензитету присутни на свакој од локација. Због тога се може сматрати да они веома добро, у свим условима, репрезентују разлике између топлијих и хладнијих експозиција.

Већ површним сагледавањем података из горње табеле, може се закључити како су услови за корозију на осојним експозицијама далеко повољнији. У односу на присојне експозиције, сплет фактора присутан на њима условљава за 317 % већи интензитет корозије. Без квантитативних података који би указали на факторе и интензитет њиховог деловања, у начелу се може рећи да ниже температуре и већа влажност осојног тла утиче на повећано хемијско раставарање стена.

### Емпиријски метод

У процесу утврђивања интензитета хемијске ерозије, у основи, значајна су два податка: специфични отицаји и укупна минерализација воде. На вредност специфичних отицаја највише утичу количина и распоред падавина током године, тип стена, врста вегетације и температура. Узимајући у обзир наведене параметре израђена је карта вредности специфичних отицаја у Србији (Манојловић П., Живковић Н., 1997). На вредност укупне минерализације текућих вода, поред специфичних отицаја, највећи значај има тип стена. Користећи наведене параметре, израђена је карта природног фона минерализације текућих вода Србије (Манојловић П., 1998).

На основу великог броја хемијских анализа текућих вода и синхроних протицаја, добијена је једначина која у климатским и литолошко-вегетационим условима Србије омогућава директно одређивање проноса хемијски растворених минералних материја, и то само на основу средње годишње вредности протицаја:

$$\text{kg/s} = 0,0346 + 0,218 * Q.$$

Формулу треба користити крајње обзириво и поред чињенице да протицаји објашњавају 94,4 % варијабилности проноса хемијски растворених минералних материја. За израчунавање специфичне хемијске евакуације разрађен је други метод (Манојловић П., Стах А., 1990/91; Манојловић П., 1992), а употреба наведене формуле има оправдања само у случају потребе за приближним одређивањем износа хемијски евакуисаног материјала.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Trudgill S.(1977): **The role of a soil cover in limestone weathering**, cockpit country, Jamaica.Proc. of the 7th. Int. Speleo. Congres, Sheffield.
- Ракићевић Т., (1976): **Климатске карактеристике Источне Србије**. Зборник радова Географског института "Јован Цвијић", књ. 28, Београд.
- Böegli A., (1960): **Karst hidrology and physical speleology**. Springer, Berlin.
- Kotarba A. (1971): **Comparasion of physical weathering and chemical denudation in the Polish Tatra Mts. Processus periglaciaires etudies sur le terrain**. Symposium Int. de geomorphologie, Liege.
- Gams I., (1985): **Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apneniških tablet**. Razprave IV. razreda SAZU, XXVI, Zbornik Ivana Rakovca, Ljubljana.
- Тирић М., (1986): **Pedologija**. Svjetlost, Sarajevo.
- Молчанов А., (1973): **Хидрологическаја рол леса**. Москва.
- Манојловић П., (1990): **Експериментална истраживања интензитета корозије у красу Источне Србије**. Докторска дисертација, Географски факултет, Београд.
- Манојловић П., Стах А., (1990/91): **Честина узорковања текућих вода у функцији утврђивања интензитета хемијске ерозије**. Зборник радова Географског факултета, св. 37/38, Београд.
- Манојловић П., (1992): **Методологија израде карте интензитета хемијске ерозије**. Зборник радова Географског факултета, св. 39, Београд.
- Манојловић П., Живковић Н., (1997): **Карта специфичних отицаја у Србији**. Зборник радова Географског факултета, св. 47, Београд.
- Манојловић П., (1998): **Природни фон минерализације текућих вода Србије**. Зборник радова Географског факултета, св. 48, Београд, 1998.

PREDRAG MANOJLOVIĆ

#### S u m m a r y

#### THE METHODOLOGICAL ASPECT OF INVESTIGATION OF INTENSITY CHEMICAL EROSION

Modern researches in dynamic geomorphology include two, more-less equal, approaches: experimental researches in laboratory and on terrain. The first group is exact: input parameters could be measured; it is possible to notice varieties of intensity of every factor, Unfortunately, it is impossible to simulate natural conditions in laboratory. On the other side, the experimental researches in the nature are more realistic. Unfortunately, it is often impossible to measure or notice all factors that have influence on the researched phenomena or process: we know result but not the conditions that led us to it. Considering the mentioned, the conclusion is that both methods must be used. Only their combination can annul the defect of each method. The empirical method appeared as a result or theoretical reviews and observatory work in laboratory and on terrain, in the last days.