

Adrian Iurkiewicz

**Sisteme Acvifere Carstice
Geneză, Caracteristici și Gestiune Durabilă**

Editura Pro Marketing

Reșița - 2024

Proiectul RuralKarst, derulat de **Asociația Speologică Exploratorii**[®]

Str. Sportului, bl. 5, sc. 3, ap. 3, Reșița, România

www.exploratorii.org • @Speologii • exploratorii@gmail.com

Pentru mai multe informații accesați www.exploratorii.org/proiectul-rural-karst/



Material realizat cu sprijinul financiar Active Citizens Fund România, program finanțat de Islanda, Liechtenstein și Norvegia prin Granturile SEE 2014-2021. Conținutul acestui material nu reprezintă în mod necesar poziția oficială a Granturilor SEE și Norvegiene 2014-2021; pentru mai multe informații accesați www.eeagrants.org

Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin autorului. Conținutul volumului este destinat beneficiarilor Proiectului RuralKarst și poate fi utilizat în scopuri ne-comerciale, didactice și/sau academice cu condiția menționării autorului și sursei. Excepție fac diagramele și figurile referențiate pentru care este necesară obținerea unei permisiuni individuale de la deținătorii de copyright. Utilizarea, adaptarea și reproducerea parțială sau integrală, în scopuri comerciale, prin orice mijloace electronice sau mecanice, este strict interzisă.

Autorul și Editura consideră că informațiile teoretice și practice incluse în acest volum sunt corecte la data publicării, dar nu oferă nici o garanție explicită sau implicită față de conținutul volumului și/sau față de erorile sau omisiunile inerente într-un astfel de document. Metodologiile descrise în volumul de față nu se substituie și/sau nu pot reprezenta alternative la standardele naționale (ASRO), la cerințele specifice reglementate prin legislația națională în vigoare (Legi specifice, Ordine de Guvern, Normative) sau prin Directive Europene cu relevanță în vigoare (Legi specifice, Ordine de Guvern, Normative) sau prin Directive Europene cu relevanță în domeniul abordat.

Foto coperte exterior / interior

Georg Radu Taffet

Grafică

Adrian Iurkiewicz, Eugen Ferariu

Tehnoredactare

Bogdan Bădescu

Lectură

Narcisa Crista, Mihaela Bădescu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

IURKIEWICZ, ADRIAN

Sisteme acvifere carstice : geneză, caracteristici și gestiune durabilă / Adrian

Iurkiewicz. - Reșița : Pro Marketing, 2024

Conține bibliografie

ISBN 978-606-8022-57-4

551.44

Cuprins

Introducere	5
Proiectul RuralKarst	8
Partea 1	
Carst – repere litologice, genetice și morfologice	
1. Mediul carstic – carst și carstificare	10
2. Roci carbonatice – litologie, porozitate și evoluție diagenetică	11
2.1. Calcare de precipitație	12
2.2. Calcare alochemice	13
2.3. Calcare clastice	13
2.4. Dolomite și roci de tranziție	13
2.5. Porozitate	14
2.6. Evoluție diagenetică și consecințe asupra porozității	15
3. Premise și factori de control ai carstificării	16
3.1. Condiționare litologică	17
3.2. Condiționare stratigrafică	17
3.3. Condiționare tectonică	18
3.3.1. Deformări rupturale	18
3.3.2. Deformări plicative	19
3.4. Condiționare hidrologică și sau hidrogeologică	21
4. Procesul de carstogeneză / speleogeneză	23
4.1. Tipuri de gradienti ai curgerii subterane	23
4.2. Carstogeneză/Speogeneză epigenetică	23
4.3. Carstogeneză/Speogeneză hipogenică (hipogenetică)	25
5. Elemente de morfologie carstică	32
5.1. Fenomene carstice de suprafață	33
5.2. Fenomene carstice subterane – Rețeaua sau sistemul speologic	39
6. Metode de investigare a zonelor și sistemelor acvifere carstice	47
Referințe bibliografice (cap. 1 - 6)	50
Partea 2	
Abordarea hidrogeologică a carstului	
7. Acvifere și/sau sisteme acvifere carstice	54
8. Parametri hidrodinamici	57
8.1. Permeabilitate și conductivitate hidrolică	57
8.2. Concepte specifice organizării ierarhice a golurilor carstice	61
8.3. Porozitate eficace și coeficient de înmagazinare	62
8.4. Transmisivitate	62
8.5. Noțiuni de hidrolică și posibilități de aplicare în zone carstice	63
9. Parametri și variabile fizice și fizico-chimice	66
9.1. Temperatură	66
9.2. pH, pCO ₂ și potențial de oxido-reducere	68
9.3. Mineralizația totală și conductivitatea electrică	69
9.4. Duritatea apei	70

9.5. Turbiditate	71
9.6. Ioni caracteristici apelor carstice	72
9.7. Variabile de stress antropic	73
10. Analiza funcțională a sistemelor carstice	77
10.1. Noțiuni de sistem – definiții și clasificări	77
10.2. Sistemul carstic – definiții și reprezentativitate	78
10.3. Caracterizarea unui sistem carstic	79
10.4. Analiza sistemică	80
11. Hidrograf – definiție și aspecte generale	81
11.1. Clasificarea și variabilitatea debitului unui izvor sau grup de izvoare	82
11.2. Curbe de probabilitate la depășire / nedepășire	83
11.3. Indicele curgerii de baza	84
11.4. Chemograf	86
12. Metode de prelucrare și interpretare a datelor (investigare și monitorizare)	87
12.1. Analiza curbelor de debite clasate	88
12.2. Analiza curbelor de recesiune	91
12.2.1. Generalități	91
12.2.2. Interpretarea curbelor de recesiune - funcționare unitară a unui SAC	92
12.2.3. Principiul modelului Mangin	95
12.2.4. Dezvoltări ulterioare ale metodologiei Mangin	96
12.2.5. Identificarea și separarea unor microregimuri de curgere pe curba de epuizare	97
12.2.6. Hidrograful nivelurilor piezometrice (înregistrate în foraj)	100
12.2.7. Curbe de recesiune tip master	102
12.2.8. Modele bazate pe procese și legi fizice	103
12.2.9. Chemograf - Impuls unitar	104
12.2.10. Validitatea interpretărilor legate de curbele de recesiune	105
12.3. Analiza corelative și spectrală	111
12.3.1. Analiza corelative și spectrală simplă	111
12.3.2. Analiza intercorelative și interspectrală	113
12.3.3. Metode de filtrare a seriilor de timp	114
12.4. Clasificarea funcțională a sistemelor acvifere carstice	122
12.4.1. Clasificare bazată pe analiza curbelor de recesiune	123
12.4.2. Clasificarea bazată pe analiza corelative și spectrală	124
12.4.3. Clasificarea tipologică funcțională – proiectul KARMA	128
12.4.4. Clasificare (zecimală) a gradului de carstificare	130
12.4.5. Clasificarea bazată pe analiza proceselor fizice	130
13. Tehnici de trasare a Sistemelor Acvifere Carstice (SAC)	135
13.1. Trasori. Definiții și proprietăți	135
13.2. Tipuri de trasori	137
13.3. Teste de trasare – obiective și realizare	138
13.4. Aspecte practice privind interferența trasorilor cu mediul înconjurător	139
13.5. Estimarea cantității optime de trasor	140
13.6. Alegerea locației și a procedurilor de injectare	142
13.7. Selecția punctului de recoltare și tehnici de monitorizare	143
13.8. Echipamente de măsurare a concentrațiilor de trasori în apă	145
13.9. Analiza sistemică în interpretarea testelor de trasare	147
13.10. Modalități de interpretare	147
13.11. Bilanțul masei de trasor utilizate	150
13.12. Domenii de utilizare a trasorilor în mediul carstic cu exemple din România	152
Referințe bibliografice (cap. 7 - 13)	156

Partea 3

Principii de gestiune durabilă și protecție a sistemelor acvifere carstice

14. Gestiunea durabilă a apei din Sisteme Acvifere Carstice	164
15. Monitorizarea acviferelor carstice	168
15.1. Activitatea de monitorizare a corpurilor de apa subterana din Romania	169
15.2. Monitorizarea sistemelor acvifere carstice	170
15.3. Parametri, metode si echipamente	172
15.4. Foraje de monitorizare	175
16. Elemente de bilanț hidric – aspecte specifice zonelor carstice	178
16.1. Precipitații	180
16.2. Scurgerea de suprafață	181
16.3. Evapotranspirația	183
16.4. Modalități de amenajare și măsurare a unor parametri de bilanț	185
16.4.1. Evaluarea debitelor la sursa	185
16.4.2. Metoda secțiune - viteză	188
16.4.3. Amenajare stație (punct) hidrometric	194
16.4.4. Stație meteorologica locala (instalare si caracteristici)	196
16.5. Variația rezervelor subterane	197
16.6. Posibilități de aproximare a unor parametri de bilanț	197
16.7. Alimentarea acviferelor carstice (naturală și antropică)	198
16.8. Posibilități de evidențiere a modificărilor climatice	201
17. Vulnerabilitatea sistemelor și acviferelor carstice (preponderent epigenetice)	204
17.1. Vulnerabilitatea acviferelor carstice	205
17.2. Metode de evaluare a vulnerabilității	206
17.3. Determinarea vulnerabilității în zone carstice - metoda EPIK	206
17.4. Dezvoltarea altor metode de cartografiere a vulnerabilității in zone carstice	210
18. Protecția surselor carstice	216
18.1. Zone de protecție	217
18.2. Legislații europene cu caracter regional și național	217
18.3. Determinarea zonelor de protecție pe baza unei hărți de vulnerabilitate	219
18.4. Determinarea zonelor de protecție pe baza timpului de înjumătățire a debitului maxim anual	220
18.5. Norme restrictive specifice zonelor de protecție în mediul carstic	223
Referințe bibliografice (cap. 14 - 18)	227

Introducere

Carst (sau *Karst*) este un termen aparent simplu dar care înglobează un vast complex de procese naturale mecanice și mai ales chimice, concretizate prin forme și fenomene specifice cu o dinamică accentuată, vizibilă uneori chiar și la scară umană.

Dacă acestui termen i se adaugă și valențele economice ce decurg în principal din calitatea rocilor carbonatice de a forma „rezervoare” importante pentru diferite tipuri de substanțe *fluide* (petrol, apă potabilă, apă minerală sau geotermală) sau *solide* (zăcăminte de fier, plumb și zinc sau altele), se poate înțelege și mai bine interesul manifestat pentru cunoașterea acestor zone, fie el tehnico-economic, fie academic. În același timp, mediul carstic oferă un cadru extrem de ofertant pentru dezvoltarea și perpetuarea a numeroase ecosisteme în cadrul unei biodiversități abundente, atât la suprafață, cât și în subteran, la care se poate adăuga o valoroasă moștenire culturală și recreațională.

Pornind de la „certificatul de naștere” pe care, pentru acest volum, îl considerăm ca reprezentat de teza de doctorat a eminentului cercetător sârb Jovan Cvijic, teza intitulată “Das Karstphänomen” (1892, *The phenomenon of Karst*), un volum imens de lucrări (cărți, articole de specialitate, rapoarte tehnice etc.), toate având ca scop cercetarea științifică și utilizarea economică a resurselor din rocile carbonatice cu diferite grade de carstificare, a concretizat interesul pentru investigarea mediului carstic, de multe ori în paralel dar în cele din urmă comun, conform cu recunoașterea la nivel global a complexității acestui mediu extrem de specific, dar și a importanței pe care o are în menținerea civilizației umane.



Curs de apă subterană în Peștera Șura Mare
Foto: Georg Radu Taffet și Cosmin Berghean

Cunoașterea carstului, ca fenomen natural de o frumusețe unică sau ca un context favorabil din punct de vedere economic, nu a fost însă dublată decât recent de o privire mai atentă asupra fragilității acestui mediu. Lumea subterană, aparent încremenită în timp și neprietenoasă cu vizitatorii ei, este de fapt o lume dinamică, fascinantă și de cele mai multe ori plină de surprize fiind însă, în același timp, extrem de vulnerabilă la orice modificare a echilibrelor naturale.

Dincolo de imaginea turistică consacrată a acestor zone, dincolo de misterele și legendele care au însoțit mereu lumea subterană a peșterilor, promovarea cunoașterii structurii și organizării funcționale a mediului carstic nu este un scop în sine, ci încearcă să ofere o sumă de noțiuni care să stea la baza activităților prin care comunitățile interferează cu acest tip de mediu. În cadrul acestui volum cu un pronunțat caracter de *ghid metodologic educațional* se încearcă schițarea reperelor principale necesare înțelegerii proceselor ce contribuie la apariția și dezvoltarea unui areal carstic, în general și a unui sistem acvifer carstic, în particular. Acestora li se adaugă modalități mai mult sau mai puțin simple de investigare și, mai ales, unele modalități de gestionare și protecție a resurselor acvifere față de factorii de stres antropic, fie el calitativ și/sau cantitativ.

În mod evident principalul obiectiv este încercarea de a oferi membrilor comunităților care locuiesc în zone carstice (primării, consilii județene, autorități de administrare reglementare și control), un suport teoretic și practic care să contribuie la conștientizarea beneficiilor dar și a fragilității echilibrelor dintre mediul geologic și diversitatea ecosistemelor pe care le adăpostește.

În același timp, volumul încearcă să fie și o pledoarie pentru organele și organizațiile competente în domeniile legislativ-administrative, de a se alinia la cerințele actuale privind modul de gestionare și protecție a rezervei de apă subterană din acest tip de acvifer și, implicit, a întregului context în care s-a format și evoluează un SAC.

Aspectele teoretice ale subiectelor enunțate încă din titlu și prezentate în primele două părți ale volumului, au fost pe cât posibil reduse la noțiunile de bază descrise totuși conform cu nivelul actual de cunoaștere din domeniul carstologiei și hidrogeologiei carstice. Scopul principal al acestor două părți (Capitolele 1-13) este de a furniza o argumentare coerentă și consistentă a necesităților și posibilităților de gestionare durabilă, prezentate în cea de-a treia parte a volumului, astfel încât să fie evitat sau măcar minimizat orice tip de impact antropocentric și potențial negativ (actual sau viitor).

Înțelegerea hidrogeologiei zonelor carstice parcursă gradual în *Partea 1*, depinde în primul rând de modul în care sunt considerate diferitele aspecte ale structurii geologice. Pasul următor în cadrul aceleiași etape este legat de evaluarea condițiilor și a gradului de carstificare a perimetrului studiat: prezența sau absența fenomenelor carstice de suprafață (doline, zone de lapiezuri, chei, zone de ponoare, izvoare); frecvența fenomenelor carstice subterane (peșteri, avene) și informațiile ce pot fi extrase din explorarea și cartarea acestora. Dintre aceste caracteristici mai mult sau mai puțin cuantificabile, majoritatea sunt cartografiate și/sau digitizate la scară regională sau locală, transferate în baze de date sau pe hărți, ulterior fiind analizate și tratate statistic.

Din cauza naturii sale duale, acviferul carstic poate fi investigat prin două categorii de metode complementare, acestea fiind: *metode directe* (analize morfostructurale, explorări subterane etc.), precum și *metode indirecte* (metode geofizice, analize ale comportamentului hidrodinamic, hidrochimie, bilanț hidrogeologic, marcări cu trasori). Deși aceste metode nu sunt specifice numai zonelor carstice, interpretarea datelor are un caracter particular fiind de cele mai multe ori influențată de complexitatea morfo-hidrografică a acestor zone.

Segmentul central al aspectelor metodologice descrise și dezvoltate în *Partea 2*, este reprezentat de conceptele fundamentate de Alain Mangin în perioada 1975 – 1985, pentru analiza funcțională a unui sistem carstic (epigenetic). Timp de aproape 50 de ani metodologia propusă de Mangin a fost și este încă intens utilizată și chiar îmbunătățită sau extinsă. Dezvoltarea teoretică și aplicarea practică a acestor metode au rămas la fel de actuale și după aproape 50 de ani de la enunțare, ele fiind utilizate separat sau complementar cu alte metode, la elaborarea a numeroase rapoarte științifice și tehnice, lucrări de master și teze de doctorat, dar și ghiduri metodologice utilizate frecvent atât în domeniul carstologiei cât și în domenii conexe de cercetare.

O completare importantă a modului de analiză menționat mai sus o reprezintă și metodologiile de clasificare calitativă și mai ales semicantitativă sau cantitativă, funcție de ipotezele privind tipologia geo-morfologică și hidrogeologică specifică diferitelor sisteme acvifere carstice. Un capitol important a fost rezervat proiectării, efectuării și interpretării testelor cu trasori, care constituie metodologia cea mai directă utilizată în delimitarea bazinelor de alimentare ale unor izvoare/sisteme carstice.

La elaborarea capitolelor metodologice, accentul a fost pus cu precădere pe o prezentare simplă și accesibilă a unor concepte și proceduri aplicabile pe plan local, chiar dacă în diferite situații ar putea fi necesară și prezența unor specialiști cu experiență, atât în ceea ce privește utilizarea unor tehnologii avansate (echipamente de teren și de laborator), cât și în ceea ce privește diversificarea modului de interpretare a datelor, din ce în ce mai complex și mai sofisticat.

În *Partea 3*, sunt dezbătute într-o manieră cât mai aplicabilă, modalitățile de utilizare practică a informațiilor teoretice și practice, în contextul unei gestiuni durabile a resurselor acvifere dintr-o zonă carstică. Cele două elemente de bază, *calcarul și apa*, sub influența unui complex de factori *naturali*, uneori cu o dinamică extrem de diferită, respectiv genetici, climatici (sezonieri, anuali sau cicluri multianuale), astronomici (alternanța glaciațiunilor) geo-structurali (cutremure transgresiuni/regresiuni etc.), au contribuit de-a lungul a zeci (sute) de mii și chiar zeci de milioane de ani (ex: paleocarst și/sau carstul fosil) la formarea a ceea ce astăzi este denumit mediul carstic (inclusiv componenta biotică a acestuia).

Ostilitatea aparentă a mediului subteran nu a împiedicat nici dezvoltarea unei componente biotice importante și nici manifestările artistice ale celor care populau arealele carstice încă din etapele timpurii ale dezvoltării omenirii. Această ostilitate a oferit însă, timp de milenii, perenitate și protecție într-un mediu stabil și conservator din punct de vedere fizico-chimic (temperatura, umiditate, circulații de aer reduse) asigurând perpetuarea în timp a acestor componente, într-o formă practic nemodificată.

Și totuși, doar în ultima sută de ani (mai precis în ultimii 50-60 ani) un singur factor, cel *antropic*, riscă să

contamineze/distrugă sau oricum să producă transformări ireversibile ale mediului carstic, indiferent de care componentă a acestuia este vorba. Stresul antropoc se manifestă și acționează din punct de vedere cantitativ și calitativ asupra integrității fizice și a dinamicii de funcționare a unui sistem acvifer carstic. Astfel, principiul de bază al unei gestiuni durabile poate fi exprimat simplu și direct – *menținerea caracteristicilor mediului carstic în limitele reversibilității (din punct de vedere calitativ și cantitativ), pentru oricare din componentele funcțional – evolutive (cu caracter dinamic) precum și pentru ecosistemele găzduite de acesta.*

Un aspect extrem de important și care stă la baza oricărei posibilități de cercetare și studiere a unei zone carstice este legat de disponibilitatea și accesul liber la orice fel de date ce caracterizează evoluția istorică și starea actuală a componentelor naturale aflate într-o relație simbiotică într-o astfel de zonă, indiferent de parametri urmăriți. La nivel european, monitorizarea și achiziționarea principalelor tipuri de date primare sunt activități bine standardizate (sau cel puțin de rutină) pentru orice tip de acvifer/corp de apă subterană, mai ales dacă acestea sunt utilizate ca surse de ape potabile (inclusiv prin îmbuteliere). Acviferele carstice depășesc însă tiparele mai sus menționate, în timp ce posibilitățile de interpretare a datelor au căpătat o dinamică accentuată datorită diversificării modului de abordare a fiecărei problematice în parte și/sau a caracterului particular al sistemelor care au reprezentat contextul geo-structural al acestor abordări.

Astfel, cunoașterea și investigarea carstului și, mai ales, a unui *Sistem Acvifer Carstic* ca fenomen natural precum și *monitorizarea* continuă a unui număr relativ redus de parametri ușor de măsurat în momentul de față, au un rol extrem de important în gestionarea durabilă și protejarea resurselor de apă subterană. Aceste activități trebuie să devină o preocupare constantă pentru a preveni și depăși situațiile cu caracter critic, cum ar fi seceta prelungită, poluare chimică /biologică etc., prin furnizarea de soluții bazate pe o cunoaștere de detaliu a funcționării sistemului carstic aflat într-o fază de stres climatic sau antropoc prelungit.

Alături de *monitorizare*, în partea 3 au fost incluse și alte metode ce pot fi utilizate la proiectarea și implementarea unei gestiuni durabile a resurselor acvifere dintr-o zonă carstică. Acestea pot fi puse în practică pe plan local (efort tehnic/economic relativ redus) și pot oferi suficiente argumente cantitative în favoarea unor decizii adecvate privind modul de gestionare a resurselor. *Bilanțul hidric* al unui sistem acvifer carstic (inclusiv modalitățile de realizare practică), *vulnerabilitatea intrinsecă* a zonelor carstice și *protecția surselor și a resurselor acvifere carstice*, sunt tot atâtea subiecte detaliate în capitole individuale și care pot contribui la o gestionare durabilă a resurselor acvifere, într-un cadru mult mai larg însă, cel al tuturor resurselor dintr-o zonă carstică.

Un alt grup de obiective propus în cadrul volumului a fost generat de necesitatea de popularizare și actualizare a cunoștințelor din domeniul hidrogeologiei carstice, într-o formă accesibilă unui număr cât mai mare de posibili beneficiari ai acestor cunoștințe. Conținutul relativ divers, cu informații mai mult sau mai puțin cunoscute de carstologii cu vechime sau de cei care abia încep să cunoască subiectul, a fost conceput conform obiectivelor propuse prin proiect (protecția mediului carstic prin conștientizarea și responsabilizarea celor care locuiesc sau au în administrare areale carstice) dar poate fi și o provocare pentru toți cei pentru care cunoașterea carstului este fie o pasiune, fie o profesiune. Complexitatea actuală a subiectelor dezbătute rezidă și din faptul că metodologiile de calcul s-au dezvoltat exponențial, iar cercetarea făcută prin numeroase proiecte naționale și internaționale aduce noi și noi argumente în diferite domenii ale cunoașterii zonelor carstice, în general și ale hidrogeologiei carstice, în special.

O mare parte din termenii utilizați în România, în cazul carstologiei și speologiei, au fost definiți în cele două volume care l-au avut ca autor pe Marcian Bleahu, respectiv *Morfologia Carstică* (1974) și *Relieful carstic* (1982). Lucrările *Institutului de Speologie Emil Racoviță* cu un pronunțat caracter biologic, au fost și sunt publicate în limbile franceză și engleză începând cu anul 1962, mai întâi la Cluj și, ulterior, la București. Perioada 1982 – 2004, marchează derularea periodică a unui Simpozion Național și, ulterior, Internațional în domeniul carstologiei teoretice și aplicate (*Theoretical and Applied Karstology*, TAK), care pe parcursul a 17 ediții, însoțite de publicații în limbile engleză sau franceză, au reprezentat principala oportunitate de diseminare a rezultatelor cercetărilor cunoștințelor acumulate an de an în domeniul carstologiei în general și al hidrogeologiei carstice în particular. Simpozionul organizat de *ISER* și *Prospecțiuni SA* a reprezentat în același timp și modalitatea principală de fructificare științifică a rezultatelor obținute de *Prospecțiuni SA* pe parcursul programului de cercetare a acviferelor carstice, derulat pe o perioadă de circa 25 ani. Volumul *Karst Hydrogeology of Romania*, publicat în 2010, reprezintă singura sinteză de anvergură la nivel național, dar și acest volum a fost editat doar în limba engleză.

Astfel, o actualizare în limba română a cunoștințelor și informațiilor, achiziționate cu precădere în ultimii 20 ani (odată cu dezvoltarea puterii digitale de calcul și alocarea de fonduri prin proiecte internaționale), concomitent cu adaptarea terminologiei românești la o multitudine de concepte și termeni mai puțin detaliați și utilizați în limba

română, au fost luate în considerare ca oportunități reale de completare a acestui segment necesar diseminării coerente a informațiilor în domeniu. În același scop al actualizării, în mod frecvent au fost furnizați și termeni echivalenți în limba engleză, consacrați în literatura științifică internațională.

Alegerea softurilor de analiză și interpretare a datelor menționate în volum a avut la bază câteva premise, dintre care cele mai importante sunt: (1) cerințe hard minimale (existente pe majoritatea calculatoarelor), (2) utilizare relativ simplă, (3) acces liber la procurare și (4) existența unui suport teoretic specific dezvoltat mai ales în cea de a doua parte a volumului.

Ilustrarea grafică a volumului a urmărit același scop de complementare a informației teoretice într-o formă cât mai sugestivă. La elaborarea materialului grafic a participat în mod voluntar și unul dintre colegii de profesie, Ing. Eugen Ferariu cu care, în decursul timpului, am colaborat în cadrul unor proiecte de mare anvergură, de explorare și exploatare a unor acvifere transfrontaliere din zone deșertice și căruia țin să îi mulțumesc cât se poate de sincer și cu această ocazie.

Mulțumiri trebuie adresate și inițiatorilor proiectului RuralKarst, Asociației Speologice Exploratorii și o dată în plus, celui care îl conduce, respectiv mai vechiului colaborator și partener de explorări prin Munții Banatului, Bogdan Bădescu, pentru oportunitatea oferită de a concretiza acest ghid metodologic în vederea alinierii la cerințele actuale privind investigarea și protecția resurselor acvifere, în general, și a celor carstice, în particular.

Într-o notă finală, trebuie menționat că, totuși, metodologiile descrise în volumul de față nu se substituie legislației naționale sau celei europene. Rezultatele obținute prin aplicarea acestor metodologii pot reprezenta însă elemente de comparație cu aceste standarde sau pot fi luate în considerare ca atare atunci când cercetarea, investigarea sau proiectarea NU este reglementată prin astfel de documente cu caracter legislativ.

Autorul

Proiectul RuralKarst

Omul, pe parcursul evoluției sale a influențat tot mai mult mediul natural care acum, la rândul său, influențează omul, de aceea implicarea fiecăruia este necesară iar efortul comun al hidrogeologilor, speologilor și comunităților locale poate contribui substanțial la ameliorarea efectelor negative pe care le resimțim cu toții. #HAIDE așadar în lumea subterană pentru a o cunoaște și a o proteja!



Mediul subteran. Foto: Georg Radu Taffet

În România, 6.594 de km² reprezentând 2,8% din teritoriu sunt roci carstificabile: calcare, dolomite, marmure, gresii și conglomerate cu liant calcaros, sare, gipsuri și anhidrite (Bădescu & Tîrlă, 2020). Aceleași roci carstificabile se dezvoltă în subsolul României la diferite adâncimi, pe o suprafață de 134.119,841 km² reprezentând 56,26% din teritoriu. Deși este un carst de adâncime, este la fel de important ca și cel care aflorază la suprafața terenului, deoarece are mari cantități de apă și hidrocarburi în golurile subterane (peșteri) sau fisuri.

Zonele carstice sunt situate în 30 de județe ale țării, la extreme fiind județul Caraș-Severin cu suprafața de 851,39 km² și județul Iași cu suprafața de 0,30 km². Comunitățile locale insuficient deservite, situate în zonele carstice din aceste județe, sunt predominant în mediul rural, defavorizat, vulnerabil. Toate acestea depind în mare măsură de apa subterană provenită din peșteri și carst, iar debitele și calitatea acestora fac diferența dintre traiul decent și efortul de supraviețuire.

Mediul carstic, componentă a mediului natural, constituie cel mai complex și vulnerabil spațiu cu dezvoltare tridimensională și funcționare interdependentă. De asemenea, ecosistemul subteran este unul din cele mai fragile ecosisteme de pe planetă, fiind foarte sensibil la orice schimbare a factorilor de mediu de la exterior.

Evenimentele climatice extreme concretizate prin perioade de secetă extinsă și precipitații abundente, pe termen scurt sunt preconizate a-și crește frecvența și intensitatea. Acest fenomen are o puternică influență asupra funcționării carstului prin faptul că perioadele prelungite de secetă determină secarea cursurilor subterane de apă și dispariția ecosistemelor acvatic subterane, iar pe de altă parte, episoadele de viitură imprimă modificări substanțiale în morfologia golurilor subterane.

Astfel, în unele cazuri acestea se obturează total cu aluviuni determinând practic "dispariția temporară" a peșterii, iar în alte situații se golesc galeriile de depozitele aluvionare formând spații mai mari. În toate aceste situații fluxurile de energie care circulă de la exterior în interior sunt puternic modificate bulversând întregul echilibru al mediului biotic. Vor apare cursuri noi de apă subterană, va dispărea apa de pe anumite galerii, se va modifica nivelul acviferului carstic, curenții de aer își vor modifica direcția și intensitatea, resursele trofice care pătrund în subteran vor avea cantități considerabil schimbate. Numărul, densitatea și distribuția speciilor specifice ecosistemelor subterane vor fluctua foarte mult de la reducere și dispariție, la creșteri populaționale excesive. Tot odată efectul viiturilor se va concretiza și prin introducerea în subteran a unor specii caracteristice ecosistemului terestru și acvatic de la suprafață (amfibieni, pești).

Impactul schimbărilor climatice asupra peșterilor și carstului este puternic amplificat și de comportamentul uman iresponsabil, iar efectele sunt dramatice. Poluarea cursurilor de apă și implicit a întregului acvifer carstic se face prin deversarea apelor uzate neepurate, prin păstoritul cu număr mare de animale pe pajiști calcaroase sau prin abandonarea de deșeuri menajere, industriale și animaliere în albia minoră a văilor carstice. Vizitarea peșterilor bogat concreționate sau cu depozite de gheață, de către un număr mare de persoane neinstruite degradează ireversibil formațiunile peșterii și planșeele stalagmitice, tasează solul, determină topirea gheții și perturbă fauna subterană. Graffiti de pe pereți sau abandonarea deșeurilor urătesc farmecul subteran. Căutătorii de comori și

traficantii de fosile distrug considerabil planșeul peșterii și resursele paleontologice. Colecționarii de formațiuni (stalactite, helictite) au și ei un impact negativ ireversibil.

Defrișările, exploatarea forestiere, modificarea compoziției speciilor vegetale și crearea drumurilor de scos apropiat imprimă, de asemenea, efecte negative accentuate asupra mediului carstic, peșterilor și circulației subterane de apă din punct de vedere cantitativ și calitativ.

Resursele de apă sunt tot mai limitate din cauza rezervelor subterane în scădere și a calității acestora. Comunități întregi, inclusiv din mediul urban, se alimentează cu apă de la zeci de kilometri distanță de zonele carstice, fiind singura alternativă viabilă.

În concluzie, mediul și schimbările climatice ne afectează pe toți, pe termen lung. Fără creșterea numărului de suporteri ai protecției mediului carstic, dezvoltarea unor nuclee locale de "activiști de mediu și speologi" nu vom putea gestiona durabil resursele de apă la nivel local.

Prin acest volum cu caracter tehnic și educațional, bazat pe o vastă experiență a cercetătorului dr. Adrian Lurkiewicz, sperăm ca tinerii din mediul rural, funcționarii publici, hidrogeologii și speologii să acorde o atenție mult mai mare dezvoltării rezilienței comunităților locale prin cercetarea, explorarea, monitorizarea și protecția carstului ca un bun comun de care avem cu toții nevoie.

Proiectul RuralKarst face acest pas deschizând noi căi de dialog și implicare a tinerei generații, grație finanțării prin programul Active Citizens Fund România, finanțat de Islanda, Liechtenstein și Norvegia prin Granturile SEE 2014-2021.

Bogdan Bădescu
Președinte
Asociația Speologică Exploratorii
Coordonator, proiectul RuralKarst