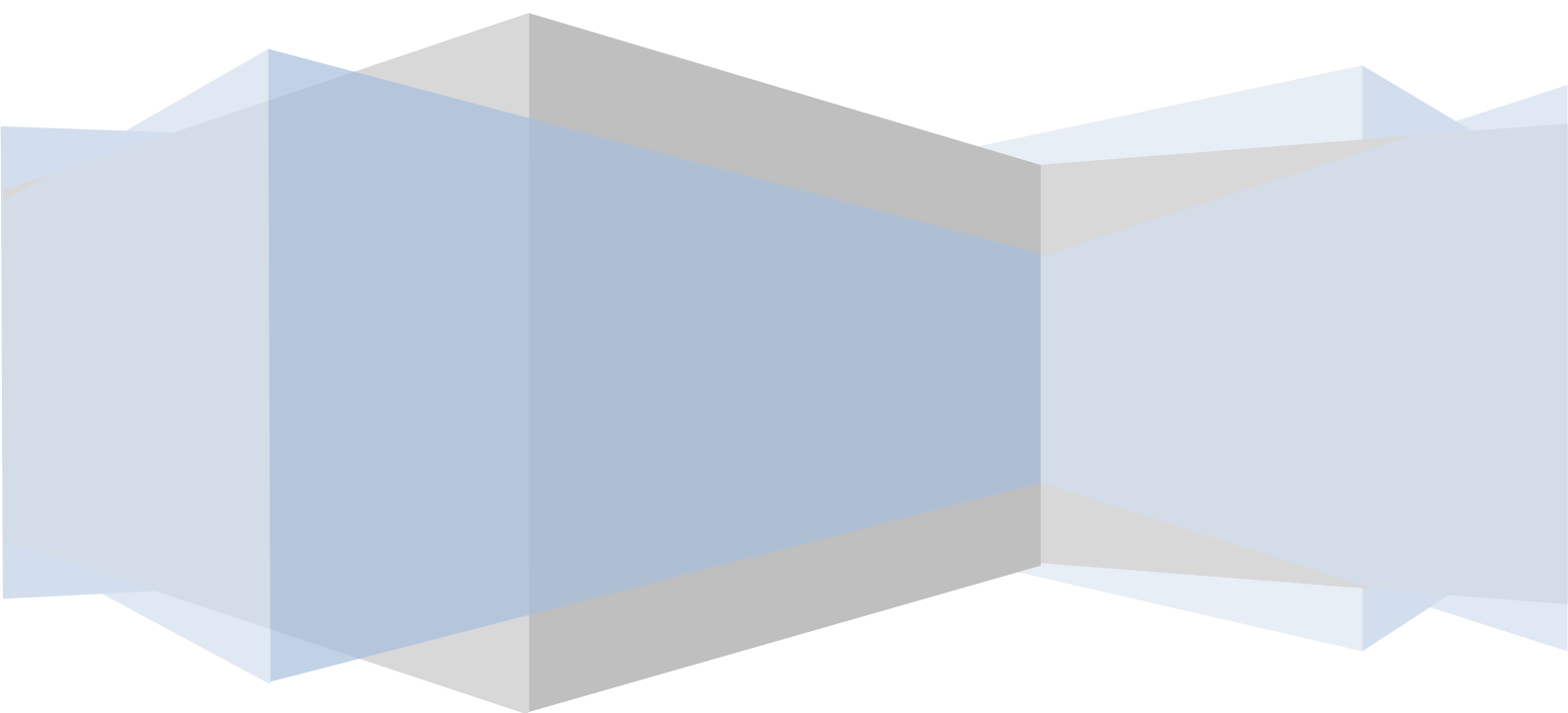




**Reziliența sistemelor hidrotermale față de perturbări antropice și naturale. Studiu de caz: zăcământul termomineral sulfuros de la Băile Herculane (RESILTHERM)**

**Contract 48/2012**

**Raport Științific și Tehnic: Etapa I-a (2012)**





## Raport științific și tehnic 2012

*Etapa I-a*

### STABILIREA CRITERIILOR, A METODELOR ȘI A INSTRUMENTELOR DE ANALIZĂ

---

**Proiect:** PN-II-PT-PCCA-2011-3.1-1619

**Contract:** № 48/25.07.2012

**Autoritatea contractantă:** Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării (UEFISCDI)

**Contractor:** Institutul de Speologie "Emil Racoviță" al Academiei Române

**Director de proiect:** dr. Constantin Marin

---

### Cuprins

Rezumat.....	3
1. Lucrări pregătitoare pentru realizarea programului experimental.....	4
1.1 Selectarea surselor de apă subterană și lucrări de amenajare .....	4
1.2 Achiziționarea instrumentului ICP-MS și amenajarea laboratorului necesar acestuia .....	5
2. Cadrul geologic și hidrogeologic al zăcămintului termo-mineral de la Băile Herculane .....	6
2.1 Considerații privind geologia zonei studiate.....	6
2.2 Studii realizate recent și implicațiile lor în zona Văii Cernei .....	10
2.3 Istoricul cercetărilor și stadiul actual de cunoaștere a zăcămintului termomineral .....	12
2.4 Ipoteze asupra originii temperaturii și mineralizației apelor.....	12
2.5 Compoziția și originea gazelor naturale emanate de sursele termominerale.....	14
2.6 Radioactivitatea gazelor naturale și a apei .....	15
3. Manifestări seismo-tectonice actuale în zona zăcămintului termomineral Băile Herculane .....	18
4. Indicatori de rezultat generali și specifici.....	22
5.1 Indicatori generali .....	22
5.2 Indicatori specifici direcției de cercetare 3 – Mediu .....	23



## REZUMAT

Scopul prezentului proiect îl reprezintă înțelegerea fundamentală a modului în care sistemele hidrotermale se comportă atunci când sunt supuse unor perturbări naturale sau antropice și de a evidenția și cuantifica acei parametri fizici, chimici și microbiologici care pot da o măsură a rezilienței hidrostructurilor termale. Pentru îndeplinirea acestui obiectiv, ne propunem să realizăm un studiu cât mai aprofundat a unei foarte importante și bine individualizate hidrostructuri geotermale din România, respectiv zăcămintul termomineral de la Băile Herculane, având ca țintă elaborarea de concepte și concluzii cu aplicabilitate general valabilă.

Prima etapă de lucru a proiectului, intitulată: *Stabilirea criteriilor, a metodelor și a instrumentelor de analiză*, a debutat la 25 iulie 2012 și se încheie la 30 decembrie 2012. Conform Planului de realizare a proiectului, activitățile ce s-au derulat în cadrul acestei etape au fost:

1. executarea lucrărilor pregătitoare pentru dezvoltarea programului experimental;
  - 1.1 – selectarea surselor de apă subterană reprezentative din zona acumulării de la Băile Herculane și echiparea lor în vederea monitorizării parametrilor hidrologici, chimici și microbiologici;
  - 1.2 – amenajarea spațiilor laboratoarelor în vederea realizării programului experimental;
  - 1.3 – achiziția unui spectrometru de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS), instalarea acestuia și efectuarea de teste operaționale;
2. sinteza și analiza critică a informației existente referitoare la geologia, hidrogeologia, mineralogia și hidrochimia arealului studiat;
3. definirea sistemului termodinamic adecvat descrierii complete a compoziției și stării fluidelor hidrotermale de la Băile Herculane;
4. achiziția și evaluarea datelor privind seismicitatea și micro-seismicitatea zonei investigate;
5. promovarea proiectului.

În activitățile acestei etape a fost implicată doar instituția coordonatoare a proiectului, respectiv Institutul de Speologie "Emil Racoviță". Toate obiectivele propuse au fost îndeplinite cu succes. Între realizările etapei trebuie menționate:

- identificarea și echiparea corespunzătoare a surselor de apă termală de la Băile Herculane pentru monitorizarea corespunzătoare, în etapele viitoare, a debitelor acestora, precum și a parametrilor fizici, fizico-chimici, de compoziție și microbiologici;
- achiziția unui instrument ICP-MS de mare performanță, model NexIon 300S, produs de liderul mondial pentru această clasă de instrumente, firma PerkinElmer (S.U.A., Massachusetts) și amenajarea unui spațiu corespunzător de lucru care permite realizarea de analize de urme la nivel de ppt și sub-ppt;
- evaluarea critică a datelor existente în literatura de specialitate, dar și în materiale nepublicate, privind geologia, hidrogeologia, geodinamica zonei, precum și a datelor acumulate în timp privind chimismul fluidelor hidrotermale din arealul investigat;
- întrunirea întregii echipe a proiectului într-un Atelier de lucru (workshop), având ca invitați specialiști de mare competență în domeniu, ocazie cu care au fost, printre altele, discutate și detaliate activitățile ce urmează să fie realizate în etapele următoare.



## 1. LUCRĂRI PREGĂTITOARE PENTRU REALIZAREA PROGRAMULUI EXPERIMENTAL

### 1.1 SELECTAREA SURSELOR DE APĂ SUBTERANĂ ȘI LUCRĂRI DE AMENAJARE

Pe baza experienței anterioare au fost stabilite sursele de descărcare a hidrostructurii termo-minerale pentru observare conform programului experimental stabilit în Planul de realizare a proiectului (Tabel 1).

*Tabel 1. Sursele termo-minerale de la Băile Herculane și apa de suprafață incluse în programul de monitorizare hidrochimică.*

(Frecvența de realizare a măsurătorilor este redată astfel: **de două ori pe săptămână**; săptămânal; lunar și sezonier).

Cod	Denumirea sursei	Clasificare
H04	Râul Cerna la Piatra Pușcată	0 – Apă de suprafață
H06	Râul Cerna amonte Crucea Ghizelei	
H08	Râul Cerna amonte Șapte Izv. Calde Stânga	
H11	Izv. 1 de la Piatra Pușcată	I – Grupa Nordică
H12	Izv. 2 de la Piatra Pușcată	
H19	Foraj 4572 Crucea Ghizelei	
H27	Sapte Izvoare calde Stanga	II – Grupa Șapte Izvoare
H29	Foraj 4575 Scorilo	
H41	Izvorul Hercules I	III – Grupa Hercules
H42	Galeria Hercules I	
H48	Izvor Apollo II	
H50	Izvor Hebe	IV – Grupa Diana
H51	Foraj Diana III	
H53	Izvoarele Diana I+II	
H62	Izvor Neptun II (stomac)	V – Grupa Neptun
H63	Izvor Neptun III (ochi)	
H64	Forajele Neptun I+IV	
H67	Izvor Venera I	
H71	Foraj 4571 Traian	
H72	Foraj 511H Sera de flori	VI – Grupa Sudică
H78	Foraj 4578 Fabrica de var	

La o serie de surse a fost necesară realizarea de lucrări de echipare corespunzătoare pentru efectuarea măsurătorilor de debit și a altor parametri fizici și fizico-chimici, precum și pentru recoltarea în condiții corespunzătoare de probe de apă în vederea realizării de determinări chimico-analitice și microbiologice. Aceste lucrări sunt detaliate în cele ce urmează.

**Forajul Crucea Ghizelei (Ștrand).** Reconstruirea canalului deversor în sensul dublării lungimi acestuia și montarea de șicane pentru atenuare fluctuațiilor de nivel. Montarea unei rigle de măsurare a nivelului.

**Izvorul Hercules (Hotelul Roman).** Refacerea deversorului trapezoidal în sensul micșorării bazei mici. Montarea unui tub transparent și a unei rigle pentru miră. Amplasarea unui dispozitiv Data-Logger pentru înregistrări continue de presiune și temperatură.

**Galeria Hercules.** Devierea cursului canalului colector a ivirilor de apă din galerie pentru montarea unei lame deversor triunghiulare ( $\alpha 90^\circ$ ) și a unei mire pentru citirea nivelurilor. Confecționarea și montarea unei porți metalice solide, prevăzută cu



încuietoare, cu scopul protejării sistemului de măsurare a debitelor. Realizarea unui baipas pentru alimentarea bazinului baie.

**Izvorul Apollo II.** Degajarea potecii de acces spre cele două evacuări ale debitelor izvorului.

**Foraj Hebe.** Montare unui ștuț de 2 țoli cu cot de 50 mm și un cot suplimentar în vederea măsurării volumetrice a debitelor.

**Izvoarele Diana I+II.** Realizarea unui sistem adecvat de măsurare a debitelor (canal cu lamă deversor) și de prelevare a probelor de apă în grotă. Montarea unei porți de închidere a accesului în clădire. Amplasarea unui dispozitiv Data-Logger pentru înregistrări continue de presiune și temperatură.

**Forajele Neptun I+IV.** Deoarece la aceste foraje nu există dispozitiv de măsurare a debitelor au fost executate următoarele lucrări: (1) montarea unui T-eu cu evacuare la Cerna în căminul de preaplin al sondei; (2) montarea unei vane de închidere a folosințelor din sondă; (3) intercalarea unei bride de bransare pentru prelevarea probelor de apă.

**Forajul Traian (Nr. 4571).** Montarea pe distribuitorul sondei a unui robinet PVC. Schimbarea robinetului prin care se realizează prelevarea probelor de apă. Montarea de șicane suplimentare în canalul deversor. Montarea unei rigle pentru citirea nivelului (miră) la deversor. Înlocuirea deversorului actual cu unul cu unghi de 45°.

**Forajul Sera de Flori (Nr. F511H).** Montarea unui colier de bransare cu robinet de 32 mm pentru prelevarea probelor de apă.

## 1.2 ACHIZIȚIONAREA INSTRUMENTULUI ICP-MS ȘI AMENAJAREA LABORATORULUI NECESAR ACESTUIA

Necesitatea unui spectrometru de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS) pentru îndeplinirea scopurilor acestui proiect este justificată de numărul mare de probe de apă care trebuie analizate, fiecare dintre ele pentru un număr mare de analiți. De asemenea, această tehnică furnizează nivelul de siguranță a procesului analitic corespunzător cerințelor tematicii de cercetare abordate. Achiziția acestui instrument a fost prevăzută în propunerea de proiect și a întrunit acceptul unanim al referenților, fapt pentru care a fost introdusă în Planul de realizare a proiectului.

Achiziția a fost realizată pe SEAP prin procedura "Cerere de oferte" cu Invitația de participare Nr. 337964. La această invitație au răspuns trei firme ce comercializează astfel de instrumente. În urma desfășurării procedurilor specifice a fost declarat câștigător instrumentul NexIon 300S produs de către firma PerkiElmer (SUA), care a îndeplinit toate condițiile tehnice solicitate prin caietul de sarcini (Anunț de atribuire Nr. 161817).

Pentru buna desfășurare a lucrărilor analitice prin tehnica ICP-MS a fost necesară amenajarea unui spațiu de lucru dedicat, dotat în mod corespunzător. În acest sens au fost executate următoarele lucrări: (i) separarea spațiului de instalare a instrumentului prin construirea unui perete despărțitor și prevederea accesului printr-un sas de decontaminare, montarea de uși și ferestre tip termopan; (ii) acoperirea pereților și tavanului cu zugrăveală lavabilă anti-praf; (iii) montarea unei pardoseli antistatice, conductive și antiderapante; (iv) montarea unei instalații de aer condiționat pentru asigurarea climatului solicitat de producătorul instrumentului, precum și a unei instalații speciale de ventilație; (v) construirea unei boxe speciale pentru buteliile de gaze sub presiune (Ar și He) plasată în afara clădirii, a estacadei de aducție a conductelor de gaze la laborator și a sistemului de manometre necesar;

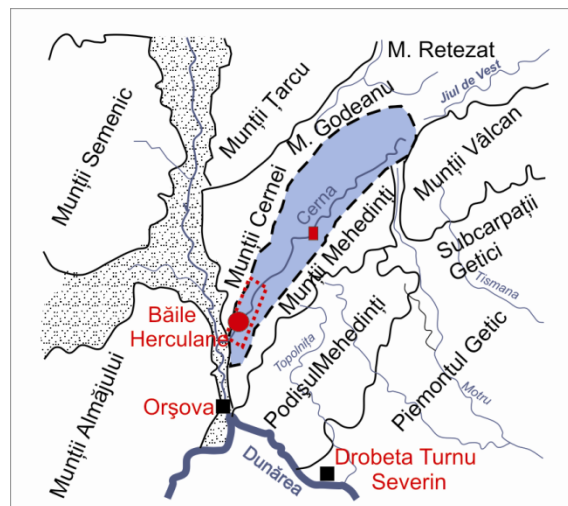
(vi) montarea unei instalații de apă ultrapură pentru necesitățile analizei ICP-MS; (vii) refacerea instalațiilor de apă curentă, canalizare, încălzire și a instalației electrice și de iluminat. În felul acesta este posibilă de realizarea de determinări analitice de urme (concentrații la nivel de ppt și sub-ppt).

## 2. CADRUL GEOLOGIC ȘI HIDROGEOLOGIC AL ZĂCĂMÂNTULUI TERMO-MINERAL DE LA BĂILE HERCULANE

*Ioan Povară & Mihai Conovici*

### 2.1 CONSIDERAȚII PRIVIND GEOLOGIA ZONEI STUDIATE

Valea Cernei cuprinde un teritoriu situat în partea de sud-vest a Carpaților Meridionali. Deoarece de-a lungul timpului cei doi versanți ai văii au făcut parte din țări diferite, versantul estic a aparținut României, în timp ce versantul vestic a făcut parte din Imperiul Austro-Ungar. Primele lucrări geologice în zonă au fost întreprinse de reprezentanți ai unor școli geologice diferite.



**Fig. 1:** Bazinul hidrografic al Cernei și împrejurimilor. Cu contur roșu sunt marcate cele două zone cu manifestări termominerale.

Cele mai vechi date geologice referitoare la sectorul vestic sunt datorate lui Ami Bone (1837) care menționează gabourile de la Iuti, porfirele și gresiile roșii permene de la Mehadia și formațiunile liasice în facies de Gresten de la Mehadia.

Referitor la șisturile cristaline din Munții Almăjului și Cernei, este de menționat clasificarea făcută de Bela von Inkey (1884) în funcție de gradul de cristalinitate în trei grupe, respectiv grupurile I, II și III corespunzătoare gnaiselor, rocilor șistoase micacee și rocilor filitoase. Această primă clasificare are la baza realitatea din Munții Banatului și Serbiei de nord-est și este diferită de cea a geologilor români. Astfel, Mrazec (1904), a cărui experiență se limita la munții Parâng, Vâlcan și Mehedinți, admite numai două grupe de roci (I și II). Spre deosebire de acesta, Murgoci (1905) a stabilit o cu totul altă clasificare, pornind de la premise diferite cu totul alt punct de vedere. El distinge două serii, una antecarboriferă, alta mezozoică. Prima este





rezultatul unui metamorfism mai mult sau mai puțin complet, exercitat asupra unor serii de roci sedimentare în facies foarte variat și cuprinde un grup în care predomină micașturile și gnaisele, iar cea de a doua predomină cloritoșturile. În ambele serii se găsesc calcare cristaline și șisturi grafitoase (descrise într-un profil pe Motru Sec).

Apariția locală și bruscă în suita geologică a rocilor puternic metamorfozate din grupul II al lui Mrazec este pusă pe seama fenomenelor de contact. Primul grup predomină în Masivul Transilvan (Retezat, Parang, Lotru), al doilea în Masivele Banatice din Almaj și sudul Retezatului.

Seria de roci mezozoice cuprinde, după Murgoci, șisturi negre, gresii laminate, serpentinite și cuarțite asociate cu lentile de calcare metamorfozate și poate fi asemănătoare cu seria de Schela a lui Mrazec.

Imaginea tectonică a acestor munți a fost ulterior intens dezbătută, iar polemica este încă actuală. Murgoci (1910), consideră că rocile predominant micacee și gnaisice reprezintă în Munții Godeanu o imensa pânză de șariaj (Pânza Getică) cu câteva petece de acoperire peste sedimentarul mezozoic din Platoul Mehedinți, iar în zona nordică din Munții Soarbele, unde cuprinde sedimentar permian de tip verrucano prins în structuri solzate ar reprezenta un flanc invers al Pânzei Getice.

Gherasi (1934) a cercetat amănunțit regiunea de nord a Munților Godeanu și pe lângă numeroase observații petrografice, citează părerea lui Murgoci, după care această zonă ar reprezenta o digitație inferioară a Pânzei Getice. Ideea este preluată mai târziu de cercetătorii de la Institutul Geologic al României, Conovici (1999) care separă și delimitează într-o hartă detaliată, Pânza de Borăscu și Pânza de Godeanu propriu-zisă.

Diferite sectoare ale Pânzei Getice au fost reinterpretate diferit de diverși autori. Spre exemplu, Popescu-Voitești (1929) separă Pânza Getică numai în sectorul cuprins între Moldova Noua și Liubcova, urmată apoi spre est de pânzele Retezat – Băile Herculane și Cazane – Parâng. Pânza este foarte întinsă în Oltenia unde este constituită din al doilea grup cristalin al lui Mrazec, iar ultima pânză, cea inferioară, este Pânza Porțile de Fier care cuprinde două lambouri getice din Mehedinți și mezozoicul format din strate de Sinaia. În concepția lui Popescu-Voitești, cea mai internă pânză din Banat este reprezentată de cristalinul de Locva și de cuvertura sa sedimentară.

În sinteza sa asupra Carpaților Meridionali, Streckeisen (1934) confirmă și susține ideile lui Murgoci, adăugând la Pânza Getică și alte unități superioare numite “supragetice” eșalonate din Banat, până în Valea Oltului. Relativ la fazele orogenice, Streckeisen distinge (1) o fază principală în Cretacul Mediu, între Barremian Superior și Aptian, când Pânza Getică s-a format și a încălecat depozitele de flisch și ofiolite ale fosei de Severin și (2) o fază ulterioară post-cenomaniană și probabil antecenomaniană, dedusă din cutarea împreună a Urgo-Aptianului din estul Văii Cernei și a Cenomanianului (stratele de Iuta) din Cazanele Dunării și Valea Cernei.

În studiul său din Godeanu de nord-est, Gherasi (1937) acordă o importanță mai mare celei de a doua faze citată de Streckeisen, în care Pânza Getică ar fi încălecat și depozitele cretacice din Munții Soarbele și Izvorul Cernei. Discutând mecanismul deplasării Pânzei Getice, Gherasi acceptă ideea că marginea de nord-est a petecului din Godeanu ar fi o regiune frontală, nu un vast pliu culcat cum presupunea Murgoci. Această regiune frontală reprezintă o digitație inferioară a Pânzei Getice care a trecut apoi pe deasupra munților Cernei, Vâlcan și Mehedinți, plonjând în final în depresiunea Olteniei.



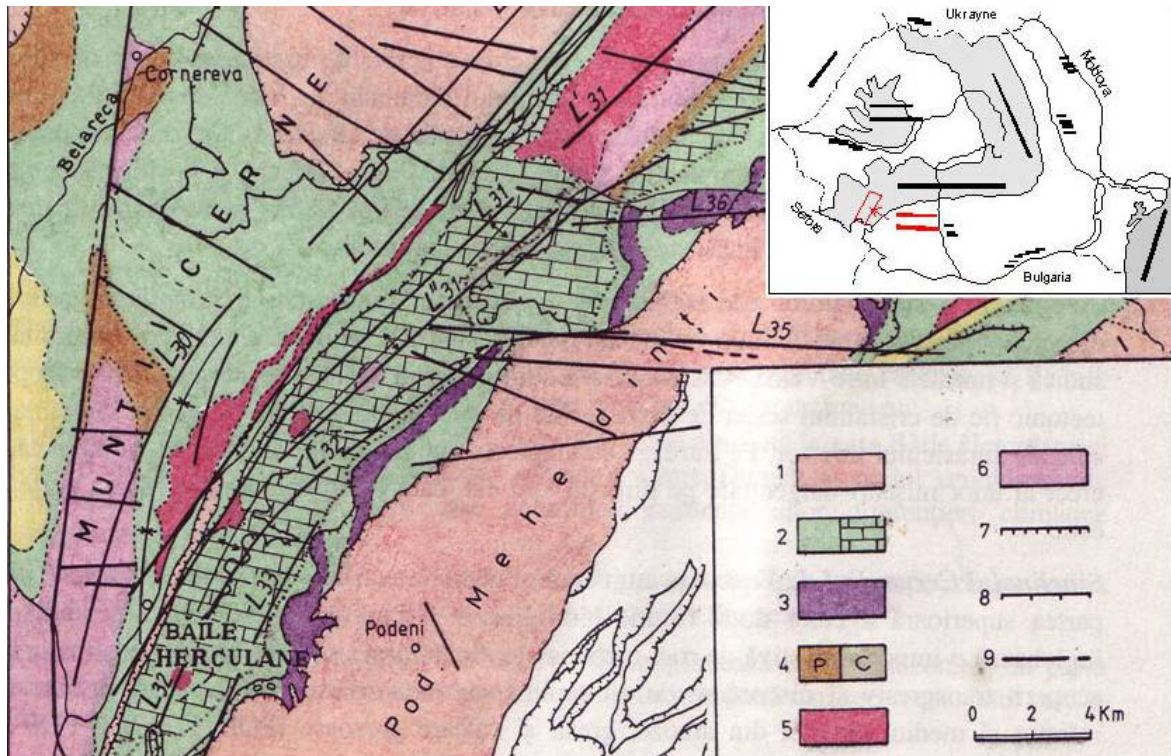
Un pas important în descifrarea geologiei și tectonicii Banatului a fost făcut de Codarcea (1933) dezvoltată apoi într-o strălucită teză de doctorat (1940). Studiul cuprinde o regiune vastă și este bazat pe o analiză amănunțită, litologică, facială și petrografică, argumentată cu numeroase date paleontologice. În accepțiunea lui Codarcea (1940), Pânza Getică este privită unitar, iar variațiile litologice în cristalin sunt denumite zone (zonele de Miniș, Buceava, Luchita) și încorporate Panzei Getice, la care se adaugă și cuvertura sedimentară paleozoică și mezozoică. Spre deosebire de autorii precedenți, Codarcea descrie și argumentează pe baze faunistice existența a două faze tectonice în amplasarea Pânzei Getice, (1) o primă fază mezocretacică, în care cristalinul getic și cuvertura sa sedimentară, încălecă depozitele sedimentare de fliș asociat cu ofiolite de tip “fosă adâncă” denumite “Unitatea (pânza) de Severin”, descrise drept “strate de Sinaia și Azuga” în Mehedinți, și (2) o a doua fază tectonică terminală, în Cretacicul superior (Senonian Superior în care cristalinul Pânzei Getice având în bază depozitele de fliș și ofiolite de Severin încălecă Domeniul Danubian). Acesta este format din diferite elemente de cristalin și granitoide heterogene, acoperite în parte de cuverturi sedimentare paleozoice și mezozoice, descrise sub numele de *zone de sedimentare*, eșalonate de la vest spre est: Svinița, Arjana, Presacina, Cerna și Coșuștea. Zonele Arjana și Cerna au fost descrise și sub denumirea de duplicaturi (pânze ale sedimentarului Autohton Danubian), respectiv duplicaturile de Arjana și de Cerna.

Vârsta senoniană a ultimului paroxism tectonic este argumentată în 1933 și apoi 1940 pe baza unor specii de foramimifere “Rosalina linei” găsite în blocurile remaniate de marne roșii și verzi în gresia de Vârcioroasa și gresiile de la Ponoare, care fac parte din “formațiunea de wildflisch” deschisa sub această denumire în Mehedinți și Valea Cernei de cercetătorii ulteriori. Draghici (1967), Stănoiu (1973), Năstăseanu (1964, 1970) etc.

În acest fel a fost dezlegat misterul șisturilor argiloase negre din zona Văii Cernei care acopereau atât calcarele titonice din versantul vestic al văii cât și cele urgoniene de pe versantul estic al văii și din munții și platoul Mehedinți. Această formațiune a suferit inițial numeroase interpretări în concepția primilor cercetători din zona Banatului. Unii le considerau sedimente liasice de tip Schela (Mrazec, 1897; Murgoci, 1905; Strackeisen, 1934), alții le confundă cu liasicul de la Mehădia din Râpa Neagră (Schafarzic, 1897).

Vârsta mezozoică a primului paroxism tectonic este argumentată de Codarcea pe baza unei faune de orbitoline găsite în stratele de Comarnic ce află sub Pânza Getică în Mehedinți la Dâlbocița și Firizu. Autorul mai aduce câteva precizări importante referitoare la unele linii tectonice majore foarte importante în Banat cu caracter longitudinal și anume aliniamentele tectonice orientate N-S (eșalonate de la W spre E) Oravița, Rudăria, Mraconia, Cerna și Balta–Baia de Aramă, ridicate la rang de pânze de către Popescu–Voitești (1929) și Petcovik (1930) în Serbia de nord-est. Autorul prezintă multe rețineri în acceptarea unităților supragetice interpretate drept pânze de șariaj de către Streckeisen (1934) și acceptă pentru aceste linii tectonice numai încălecări locale pe planul faliiilor inverse și extinderea lor redusă, deoarece nu au fost puse în evidență ferestre tectonice sau petece de acoperire, elemente caracteristice acestor structuri pentru pânzele de amploare.



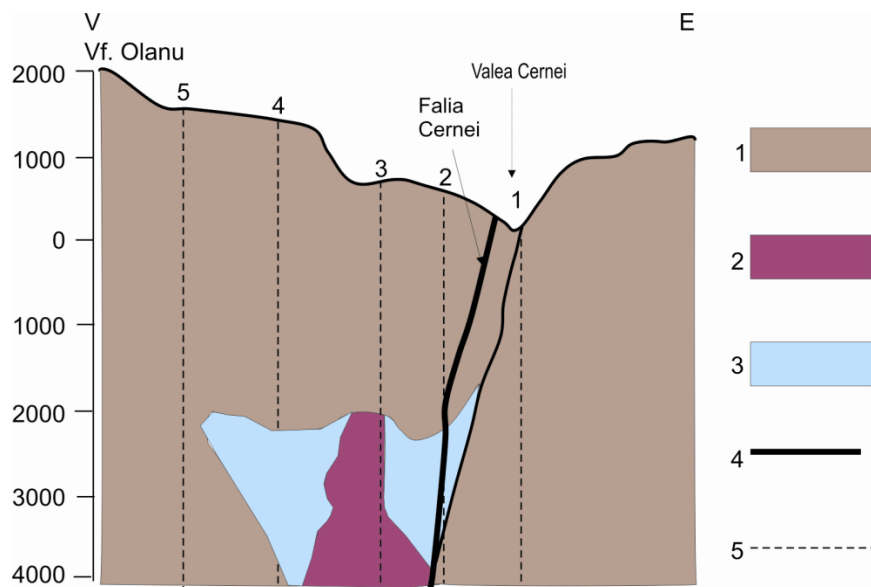


**Fig. 2:** Harta tectonică a zonei Văii Cernei și a împrejurimilor (după Văjdea, 1988). 1. Cristalin getic; 2. Cuvertură sedimentară mezozoică din Domeniul Danubian; 3. Pânza de Severin (facies ofiolitic, Mezozoic); 4. Cuvertură paleozoică din Domeniul Danubian; 5. Granitoide; 6. Cristalin danubian; 7. Pânză de șariaj; 8. Limită duplicatură; 9. Falie majoră.

Pânzele supragetice au fost tardiv acceptate (Codarcea et al. 1967). Bazele stratigrafiei depozitelor sedimentare paleozoice și mezozoice din Autohtonul Banatului au fost studiate în detaliu de Răileanu (1953) și Năstăseanu (1964, 1967, 1980). Aceștia au deschis calea lucrărilor de detaliu în diferite domenii ce au urmat după 1980. Cu tot caracterul lor general și sintetic aceste lucrări de început, pe lângă numeroasele informații utile cu caracter regional au ridicat și numeroase semne de întrebare. Spre exemplu, în lucrările lor, Codarcea (1940) sau Năstăseanu (1980), nu precizează originea și “setting-ul tectonic” al diferitelor faciesuri descrise în amănunt în diferite zone de sedimentare separate în Autohtonul Danubian (zona Presacina sau Cerna). La fel, semnificația tectonică a diferitelor faciesuri ale rocilor studiate în detaliu sunt interpretate în “stil clasic” adică corelări prin simpla asemănare sau de Stanoiu (1982), fără a se face apel la noile teorii și puncte de vedere apărute în urma cercetărilor moderne din ultimele decenii în zonele cu geologie similară. Metodele teoriei plăcilor tectonice ce se subduc sunt aplicate la modul general (Săndulescu 1984, Iancu et al 1998) fără a se detalia consecințele de ordin tectonic și litologic în faciesul sedimentelor implicate în aceste mișcări. Pânzele de șariaj din Danubian sunt uneori aplicate excesiv (fără argumente). Spre exemplu, sinclinalul de Cerna (Năstăseanu, 1980) versus. Pânza de Băile Herculane (Balintoni, 1999) fără detalieri necesare. Pentru zona Văii Cernei (Năstăseanu, 1980) separă pe versantul vestic un anticlinal chiar în vale, cu granitoide în ax și un sinclinal pe versant format din cuverturi sedimentare permieni și mezozoice. Este însă greu de acceptat, datorită comportamentului rheologic diferit, ca o rocă granitică rigidă să se poată cuta sincron și armonios cu rocile sedimentare mai ductile. La fel putem discuta și despre comportamentul diferit între calcare și argilele și gresiile din formațiunea de wildflisch. Astfel, stilul tectonic și de deformare pe versantul vestic al Văii Cernei rămâne un subiect de discuție.

## 2.2 STUDII REALIZATE RECENT ȘI IMPLICAȚIILE LOR ÎN ZONA VĂII CERNEI

Unele studii și granturi recente de cooperare internațională, întreprinse în laboratoare de vârf în cercetare din străinătate, realizate de cercetători de prestigiu, au ridicat noi probleme de ordin geologic și tectonic. Astfel, Bojar et al (1998) datează, prin metoda “fussion truck”, ridicarea și gradul de eroziune al diferitelor blocuri din Carpații Meridionali inclusiv Valea Cernei. Cu toate că lucrarea aduce numeroase date valoroase, se crează în același timp și numeroase confuzii. Spre exemplu, determinările de vârstă absolută prin metoda “fussion truck” pe cristale de zircon și apatit din granitele de Arșasca din Plaiul Cernei, comparativ cu cele din granitul de la Cracul Roșu și de la gura Presacinei, relevă diferențe de circa 50 milioane de ani pentru momentul când cele două blocuri crustale au fost scoase la zi de eroziune, fapt ce contrazice cunoștințele noastre despre “peneplenele de eroziune din Carpați (separate după criteriul cotelor topografice) precum și despre “timpul când s-a produs mișcarea de ridicare tectonică în bloc, după fazele orogenice principale”.



**Fig. 3:** Profil magnetoteluric între valea Cernei și Vârful Olanu din Masivul Godeanu.

Determinările de paleomagnetism pe banatitele din Munții Smeinic (Panaiotu et al., 1998) și pe calcarele cu hematit de la Svinița (Panaiotu, Lazar 2011) indică faptul că Domeniul Getic, împreună cu Domeniul Danubian au fost sudate din Cretacicul Superior și au suferit mișcări de rotație de 60-70 grade în sens orar, față de poziția inițială, mișcare însoțită și de o translație (migrație) spre nord de la 29 grade latitudine nordică, la poziția actuală. Această dublă mișcare trebuia să producă tensiuni (transpresii și transtensii) ce au generat alunecări de blocuri direcționale (strike-slip) și laterale grabene și half-grabene (sau sa formeze bazine de sedimentare asimetrice) cum sunt bazine pull-apart, gen bazinul Petroșani, bazinul Vidra și cel de la Brezoi din Muntii Lotrului.

Studiile mai vechi de aero magnetometrie regională (Cristescu și Suceavă, 1958), (lucrare cu clasificare secret) au marcat existența unor anomalii magnetometrice în Banat a căror sursă a rămas obscură (dupa datele actuale de geologie). Spre exemplu, în Muntii Godeanu, între vârfurile Vlașcu și Dobri, există un astfel de aliniament

anomal, asociat cu un al doilea aliniament între vârfurile Gugu și Borăscu (anomalii care sunt probabil și sursa unor mici cutremure de pământ detectate de seismografele de la barajul Lapusnic). O alta anomalie aeromagnetometrică foarte mare este amplasată în zona Domașnea–Plugova, centrată pe bazinul neogen Mehadia – Caransebeș. Sursa acesteia este foarte puțin cunoscută.

Lucrările de geofizică profundă (pentru cercetarea zăcămintelor din treapta a doua de adâncime, întreprinse de Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei în 1988 în zona masivului Godeanu, prin metoda “magnetotelurică” și seismică, Stănică (1988) au adus unele date surprinzătoare. Conovici 1988 a coordonat din partea MMPG aceste lucrări, iar din studiul rapoartelor clasificate realizate, a selectat câteva date inedite referitoare la structurile adânci din zona văii Cernei (Fig 1). Astfel pe Valea Olanu, la confluența cu Valea Olănelu a fost evidențiată o dublă zonă anomală de rezistivitate, marcată de o ridicare structurală foarte pronunțată, lată de 1 km, situată între 4 000 și 7 000 m adâncime. Rocile aveau o rezistivitate de 10 000  $\Omega$ /m. Anomalia pozitivă este mărginită de două zone de formă derpresionară la nord și sud cu rezistivități de 10 și respectiv 20  $\Omega$ /m.

Menționarea acestor date lasă loc unor interpretări ce presupune existența unei mase de roci (bloc) foarte rezistive – alcătuite probabil din serpentinite și roci ultrabazice, mărginit de două zone ce conțin rezistivități foarte mici, probabil structuri termominerale în roci foarte fisurate. Structura sudică se poate lega axial (structural) cu anomalia termală ce coboară prin sinclinalul de Cerna descris de Năstăseanu (1980) la Băile Herculane și poate explica și micile anomalii și izvoare termale de la Piatra Pușcată.

Cercetările geologice complexe de detaliu, tectonice și hidrologice (Fig 2) efectuate de Conovici, Povară (2006-2012) pe versantul estic al Cernei între Vârful lui Stan și Izvorul carstic Pișetori au pus în evidență o nouă concepție privind hidrostructura carstică din versantul estic al Cernei. Anterior acestor studii versantul estic al Cernei era considerat ca un sinclinal de wildflisch (Năstăseanu, 1980) cu numeroase olistoite de calcare prinse într-o matrice argilo-gresoasă Cretacic superioară (formațiunea de wildflisch). Urmărirea cu atenție a pierderilor de apă din calcare sau la contactul calcar-argilite Cretacic superioare și utilizarea trasorilor cu floresceina au adus unele surprize. S-a constatat că blocurile de calcar, considerate anterior ca olistolite, comunică între ele și se descarcă în izvoarele de la baza versantului (izvorul Pișetori).

Era nevoie de o nouă interpretare și o nouă viziune asupra geologiei și tectonicii zonei estice a văii. Bazată pe experiența din alte zone de pe glob descrise în lucrarea lui Fossen (2010) și pe conceptul tectonicii de transtensie, transpresie, am avansat ideea unei tectonici tip “thin-skin” în care fundamentul rigid (granitic) se comportă diferit față de cuvertura sedimentară, care se cutează secundar, în timp ce granitul bazal se faliază intens într-o rețea de falii normale și inverse de tip Riedel (Fig. 1). Rezultatul este o structură de tip “flower structure” negativă pe flancul estic al Cernei și pozitivă plană în zona Platoului Vârful lui Stan- Crovuri. Cu aceasta ocazie au fost adaptate noi terminologii litologice cum ar fi “tectonosoma” pentru unele din blocurile de calcar, considerate anterior olistolite și redefinirea noțiunii de “olistostroma” aplicată uneori eronat.

De fapt, stilul tectonic extensional post colizional în Domeniul Danubian a fost descris de Schmidt et al (2004) sub numele de “Orogen paralel” în munții Parâng și Retezat, la nord de zona studiată de noi.

Olistolitele de tip tectonosomă, descrise de noi conform terminologiei utilizate de Pini în Munții Apennini au fost menționate de Năstăseanu (1980) la sud de vârful Arjana,





culmea Cuzmici, la Cracul Popii, pe Valea Iuta și la Fântana Bobii sub numele de "olistolite grupate".

### 2.3 ISTORICUL CERCETĂRILOR ȘI STADIUL ACTUAL DE CUNOAȘTERE A ZĂCĂMÂNTULUI TERMOMINERAL

Prezența apelor termale din zona Băilor Herculane și legat de acestea dezvoltarea turismului balnear încă de la sfârșitul Secolului XVII, a stârnit interesul oamenilor de știință. Atenția acestora s-a orientat pentru început asupra Băilor Herculane și împrejurimilor. Primele lucrări apar în limba latină și abordează aspecte ale termalismului și apelor termale (Caryophilus, 1739, 1743). În a doua parte a secolului XIX apar numeroase lucrări cu specific geologic, hidrochimic, botanic și faunistic, ele fiind datorate în cea mai mare parte unor autori străini (Ransonet, 1850; Ragsky, 1851; Rekert, 1863; Kokh, 1872; Munk, 1872; Partos, 1901, 1905 etc)<sup>1</sup>. La acestea le adăugăm pe cele care abordează geologia și tectonica zonei situate între Belareca și Cerna (Foetterle, 1869; Tietze, 1872; Schafarzik, 1891, 1934).

Contribuții semnificative pentru cunoașterea geotermalismului zonei sunt aduse de Popescu-Voitești (1921a, b), Visarion et al. (1974), Vasilescu și Liteanu (1973), Apostol și Eisenburger (1974), Veliciu (1978), Veliciu et al. (1976, 1978, 1987), Suci (1983), Bercia et al. (1986), Mitrofan et al. (1992, 1995, 2008), Povară (1992), toate acestea relevând distribuția spațială a câmpului geotermal și cele mai importante zone cu anomalii pozitive. Este demn de menționat studiul geofizic complex al terminației sudice a acviferului carstic Hercules executat de Stoica et al. (1989), care a utilizat șapte metode diferite prin care s-a urmărit poziționarea unui dren carstic.

Cele mai vechi citări ale temperaturii apelor de la patru surse termominerale pentru anii 1773, 1870, 1886, 1925 (Apollo, Diana, Hebe și Neptun) sunt datorate lui Crăciunescu (1925), iar primele determinări ale radioactivității apelor sunt realizate de Weszelszky (1914) și Micăilescu (1925). Lucrări mai recente asupra gazelor emanate de sursele geotermale și a radioactivității acestora sunt publicate de Cosma et al. (1981, 1999a, 1999b, 2008) și Mastan et al. (1981, 1982).

Hidrogeologiei și hidrologiei i-au fost dedicate, pe parcursul a aproape două secole, cele mai numeroase lucrări publicate sau rapoarte aflate în arhivele unor institutii de cercetare sau prospecțiuni geologice. Aproape fără excepție ele abordează explicit unul sau altul dintre aspectele circulației carstice. Dintre lucrările publicate după 1950 menționăm: Oncescu (1953), Papiu (1960), Papiu și Kizyk (1958), Papiu et al. (1961), Pascu (1968), Avramescu et al. (1972–1974, 1976, rapoarte IPGG, nepublicate), Bandrabur et al. (2010), Vintilescu (1972), Preda et al. (1974), Povară (1973, 1976, 1980, 1993), Povară et al. (1972, 1978, 1984, 2010a, 2010b), Slăvoacă et al. (1978), Simion (1974, 1976), Simion et al. (1978, 1984), Gaspar și Tudor (1979), Bulgăr și Munteanu (1982), Marin (1984), Gaspar și Simion (1982, 1985), Țenu et al. (1989, 1992), Povară (1998), Bandrabur et al. (1999), Stănoiu și Povară (2000). Menționăm, de asemenea, contribuția adusă de Simion la formularea unei concepții unitare referitoare la delimitarea zăcământului termomineral, a surselor de alimentare ale acestuia și la evaluarea rezervelor (1986, 1987, nepublicate).

### 2.4 IPOTEZE ASUPRA ORIGINII TEMPERATURII ȘI MINERALIZAȚIEI APELOR

Referitor la originea apelor care tranzitează zăcământul de la Băile Herculane au fost

<sup>1</sup> Lucrările nu au fost găsite în bibliotecile din București, Timișoara și Cluj.

elaborate mai multe ipoteze, locul comun al acestora fiind aportul apelor de suprafață infiltrate prin rocile carstificabile. În schimb, termalizarea apelor, dar mai ales mineralizația acestora sunt explicate în mod diferit. Primele speculații referitoare la proveniența izvoarelor naturale termale de la Băile Herculane sunt datorate autorilor austrieci sau maghiari, care consideră ca acestea sunt asociate unor vechi manifestări vulcanice (Vilmos, 1882; Partos, 1901; Nopcsa, 1910 etc). Este important să reținem faptul că până în anul 1958 nu exista decât un singur foraj, a cărui talpă s-a oprit la numai 276 m adâncime, cele mai multe fiind realizate în deceniul al șaptelea al secolului trecut. Aceasta înseamnă că informațiile existente cu caract lito-stratigrafic și tectonic erau „superficiale”. Datele existente înainte de executarea forajelor caracterizau parametrii fizico-chimici ai izvoarelor și doar în mică măsură pe cei hidrogeologici. Acumularea treptată de informații cu caracter geologic, geofizic și hidrochimic permite formularea unor ipoteze științifice argumentate, trei dintre acestea reținând în mod deosebit atenția.

*Ipoteza originii juvenile* a fost propusă de de Popescu-Voitești (1921) care consideră sursele de la Băile Herculane manifestări de tip fumarolian alcalin, caracterizate prin cantitatea mare de vapori de apă, acid sulfhidric și cloruri, consecință a descompunerii clorurii de amoniu. Deoarece cantitățile mari de săruri din apa izvoarelor nu pot fi rezultatul dizolvării lor de către apele de infiltrație din rocile sedimentare din zonă, originea acestora, precum și a H<sub>2</sub>S și CO<sub>2</sub> este pusă pe seama unor andezite și dacite din timpul vulcanismului terțiar, aflate însă la mare adâncime. Forajele efectuate ulterior au relevat faptul că în fundamentul zonei nu există decât granitoide, cel puțin până la adâncimea de 1 200 m. Același autor face însă câteva observații care aveau să fie demonstrate ulterior: „.....temperatura, puterea ascendentă și cantitatea de substanțe minerale scad treptat de la sursele sudice spre cele nordice, debitul lor crește în această direcție. Acest fapt nu se poate explica decât prin amestecul din ce în ce mai pronunțat cu apele de infiltrație.....”

Pascu (1971) consideră caracterul pulsator al debitelor și emisiilor de gaze de la unele surse, ca fiind un fenomen remanent specific unei vechi activități magmatice din regiune.

*Ipoteza originii vadoase* este datorată lui Atanasiu (1939) care consideră că „...apele acestea sunt ape vadoase (de infiltrație) care pătrund în pământ până la cc. 2 km adâncime, se încălzesc și spală sedimente marine sau lagunare jurasice, de la care iau mineralizarea apropiată calitativ de aceea a apei marine; substanța organică inclusă în aceste sedimente face reducerea sulfaților și dă naștere hidrogenului sulfurat”. Ca și antecesorii săi, Papiu (1960) pune la baza termalității treapta geotermică. Apele superficiale pătrund în profunzime pe faliile transversale la structurile majore, împrumută temperatura corespunzătoare adâncimii și revin la suprafață termalizate. Autorul menționat consideră că gradientul geotermic este suficient pentru a explica temperatura surselor, iar faptul că acestea sunt fierbinți le conferă o „capacitate de dizolvare ridicată”. Mineralizația este rezultatul dizolvării unor minerale din marnocalcarele barremian-apțiene și din flișul senonian.

Anterior, Atanasiu (1939) a explicat prezența hidrogenului sulfurat prin spălarea depozitelor lagunare de către apele infiltrate în profunzime și reducerea sulfaților la H<sub>2</sub>S cu ajutorul substanțelor organice. Filipescu et al. (1954), demonstrează prin experimente de laborator că acțiunea vaporilor de apă supraîncalziți asupra piritei, are ca produs final sulfurul și ca ca produși intermediari monosulfura feroasă și H<sub>2</sub>S.

Vasilescu și Liteanu (1973) consideră, de asemenea, treapta geotermică a fi mecanismul de termalizare a apelor vadoase și separă 3 zăcăminte cu caracteristici hidrogeologice și hidrochimice diferite, localizate (1) în calcarele mezozoice de la nord de Șapte Izvoare



Calde, (2) în rețeaua de fisuri a granitului din zona Șapte Izvoare Calde și (3) în rețeaua de fisuri care afectează calcarele mezozoice și granitul din fundamentul zonei Podul Roșu–Parcul Vicol.

Mineralizația este pusă pe seama unor ape de zăcământ situate la sud sau sud-est de Băile Herculane.

Pricăjan et al. (1961), ajung la concluzia că unii dintre ionii prezenți în apele termominerale sunt specifici apelor de zăcământ, care ... *reprezintă ape de infiltrație obișnuite dispuse în strate acvifere de adâncime, cu caractere hidrochimice și o mineralizație specifică rocilor în care sunt cantonate și care au suferit influența unor vapori supraîncălziți proveniți din adâncime, pe liniile de fractură care le-au termalizat și le-au imprimat un sens de curgere ascensional.*

În privința mineralizației, Pricăjan (1972) consideră că .... *apele de la Băile Herculane își datorează caracterele fizice și chiar chimice, unor cauze profunde și nu levigării superficiale a formațiunilor cu care apa vine în contact*, iar caracterul clorosodic al acestora este determinat de prezența în profunzime a unor ape de zăcământ petrolifer.

*Ipoteza originii mixte.* Compilând datele care au stat la baza elaborării teoriilor anterioare și interpretând rezultatele obținute ulterior, mai ales referitoare la compoziția și originea gazelor din apa surselor, Simion (1986) ajunge la concluzia că zăcământul termomineral de la Băile Herculane este rezultanta combinării a trei componente hidrogeologice:

- rece, provenită din ape de suprafață infiltrate prin calcare, cu ponderea cea mai mare;
- termalizantă, sub formă de vapori fierbinți proveniți din profunzime, care termalizează apele reci;
- mineralizantă, provenită din afara grabenului Cernei, care mineralizează apele deja încălzite.

Autorul citat admite că o parte din ionii conținuți în ape, precum și gazele libere (metanul și omologii săi superiori, azotul și heliul) pot proveni ascensional, împreună cu vaporii supraîncălziți, din profunzimea zonei „... *chiar din partea superioară a mantalei ...*”. În acest caz, componenta mineralizantă și cea termalizantă se contopesc.

## 2.5 COMPOZIȚIA ȘI ORIGINEA GAZELOR NATURALE EMANATE DE SURSELE TERMOMINERALE

Cele mai multe surse de apă termominerală aduc la suprafață cantități însemnate de gaze cu o compoziție care variază pe direcția nord-sud (Tabel 2), iar pentru aceeași sursă și în timp. Variabilitatea temporală este evidențiată de caracterul pulsator al erupțiilor, fără a se putea stabili o periodicitate clară a acestora. Prezența unor gaze în izvoarele de la Băile Herculane a fost observată de timpuriu. Mirosul pătrunzător al hidrogenului sulfurat nu putea fi ignorat, dar majoritatea celorlalte gaze, inodore și incoloro sau a căror cantitate procentuală era foarte redusă au fost puse în evidență abia în Secolul XX.

Unele dintre componentele anorganice ale gazelor naturale, precum, heliul, azotul, argonul și hidrogenul, pot contribui la cunoașterea structurii geologice a zonei și la precizarea originii gazelor. Măsurători de precizie asupra compoziției gazelor au fost făcute abia după 1980 (Cosma et al., 1981a, 1999a, 1999b, Cosma et al 2008). Gazele din forajul Crucea Ghizelei au o compoziție apropiată de aerul atmosferic. În grupa



Șapte Izvoare Calde, azotul crește până la 96,28 %, apare metanul și cantități reduse de H<sub>2</sub>S. La sursele din grupele sudice se înregistrează o modificare majoră a concentrațiilor. Azotul și argonul scad treptat, metanul crește până la 60–70 %, iar cea de argon scade la 0,42–0,47 %. Măsurătorile efectuate la interval de 30 minute la aceeași sursă au pus în evidență caracterul pulsator al erupțiilor de gaze, precum și modificări însemnate ale compoziției acestora. Astfel, la Forajul Traian s-a măsurat o cantitate de 64,594 % metan și 33,600 % azot, iar după 30 de minute cantitățile determinate au fost de 58,726 % metan și 38,673 % azot (Mastan et al, 1982).

**Tabel 2. Compoziția gazelor naturale emanate din apa surselor termominerale. Valori medii pentru trei probe din octombrie 1986 (Cosma et al, 2008)**

Nr.	Sursa	Compoziția gazelor (%)								
		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Ar	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> / C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
1	F. Crucea Ghizelei	–	82,62	–	1,469	14,7	–	1,178	–	–
2	F. Scorilo	2,87	95,12	0,16	1,73	0,12	0,04	0,07	–	18
3	Șapte Izvoare Calde, dr.	1,77	96,28	0,04	1,66	0,16	0,01	0,05	–	44
4	F. Neptun	60,47	35,41	0,81	0,57	0,02	0,41	0,30	1,72	75
5	Izvorul Venera	67,61	28,75	0,57	0,31	0,05	0,61	0,11	1,85	119
6	F. Traian	64,12	31,20	0,68	0,40	0,06	0,81	0,38	1,76	94
7	F. Decebal	70,88	25,54	0,84	0,47	0,04	0,15	0,08	1,98	84
8	F. l 5789 (Stadion )	64,77	32,13	0,60	0,36	0,02	0,014	0,02	1,68	108
9	F. Fabrica de Var	59,51	37,06	0,69	0,60	0,15	0,03	0,66	1,43	86
10	Mina Mehadia	12,01	8,05	–	0,17	–	0,14	79,63	0,31	–

F: foraj

Prezența metanului și a etanului a fost legată inițial de zăcămintul de cărbuni din zona Mehadia, de unde migra spre Cerna pe falii transversale. Azotul și parțial argonul erau considerate de natură atmosferică, iar heliul de natură radiogenă (Mastan et al, 1981). Ulterior, ca urmare a unor cercetări mai detaliate și a unei interpretări mai riguroase a datelor, azotul, metanul și etanul sunt considerate a avea origine chimică internă sau origine primordială, iar heliul, o proveniență mixtă, primordială și radiogenă (Mastan et al, 1982, Cosma et al, 2008). După compoziția gazelor emanate, Cosma et al (2008) separă trei grupe distincte de surse termominerale:

## 2.6 RADIOACTIVITATEA GAZELOR NATURALE ȘI A APEI

Primele studii asupra radioactivității apelor termominerale sunt făcute în anul 1913 de către Weszelszky (citată de Michailescu, 1923) cu ajutorul unui electrometru artizanal, folosind o metodă proprie de măsurare, apoi de către Athanasiu (1927). Rezultatele obținute, exprimate în m $\mu$ Ci sunt prezentate în Tabel 3, comparativ cu cele măsurate de Michailescu zece ani mai târziu. În ambele cazuri exista în funcțiune numai forajul Diana, deci atenția cercetătorilor s-a concentrat asupra izvoarelor cele mai cunoscute la acea dată, respectiv Hercules, Hygeea, Apollo și Diana. Între măsurătorile din 1913 și 1923 se observă diferențe semnificative care pot fi explicate fie ca variații naturale ale activității gazelor, fie prin diferența de metodă și aparatura folosite. Măsurători mai complete și cu un grad de încredere crescut sunt efectuate de către Ionescu (1955), dar mai ales de către o echipă de cercetători clujeni care determină activitățile raportate la radon, precum și activitățile globale  $\alpha$ ,  $\beta$  și  $\gamma$  pentru un număr de patru surse, altele decât cele măsurate anterior (Cosma et al., 1981; Mastan et al., 1982).

Radioactivitatea apelor este determinată mai ales de radioactivitatea radonului. Caracterul ascensional sau artezian al curgerii apelor favorizează venirea acestuia



spre suprafață, iar degajarea radonului în atmosferă explică aeroionizarea negativă ridicată a aerului de pe Valea Cernei. Cele mai importante surse din grupul Șapte Izvoare Calde de pe dreapta Cernei au cel mai scăzut conținut de heliu și cea mai mare radioactivitate nu numai din zonă, ci și din țară. Sursele sudice, slab radioactive, au conținutul cel mai ridicat de heliu, deci prezența acestuia nu poate fi legată decât în mică măsură de o origine radiogenă (Mastan et al, 1982). Compoziția chimică și radioactivitatea apelor din zăcămint confirmă proveniența profundă a componentei termale și mineralizate.

**Tabel 3. Activitatea radonului la unele surse termominerale de la Băile Herculane, după diferiți autori (nCi /L).**

Autorul	Sursa hidrotermală							
	Șapte Izvoare dr.	Hercules	Hygeea	Apollo	Diana	Traian	Venera	Fabrica de Var
Weszelszky, 1913	–	2,51	6,59	1,44	0,33	–	–	–
Michailescu, 1923	–	0,190	0,728	0,676	0,220	–	–	–
Cosma et al, 1981	113,54	–	–	–	–	30,16	1,23	12,37

### Literatură citată

- Apostol A., Eisenburger D. (1974) Cercetări geofizice în zona Băile Herculane, între Ogașul Munk și Fabrica de Var. *Raport geologic, Arh. IGG*, București.
- Athanasiu G. (1927) Radioactivité des sources thermales des Bains d'Hercule (Roumanie), *C. R. Sci. Acad. Sci.*, Paris, t.185.
- Athanasiu G. (1928) Radioactivité des sources d'eau de Roumanie. *An. Inst. Geol. Rom.* XII.
- Atanasiu I. (1939) Distribuția generală și geneza apelor minerale din România. *Iașul medical*, IV(1-9):36-67, Iași.
- Bercia I. (1975) Metamorfitele din partea centrală și de sud a masivului Godeanu. *St. Tehn. Econ.*, 1(12):6-63.
- Bercia I., Bercia E. (1980) The crystalline of the Danubian Domain from Banat (Romania). *Rev. Roum. Géol. Géophys. Geogr. - Géol.*, 24:3-13.
- Berza T. Drăgănescu A., (1988) The Cerna Jiu fault system (South Carpathians, Romania) a major tertiary transcurrent lineament. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, 72-73(5):43-57.
- Bojar A.V.F., Neubauer., H. Fritz, (1998) Cretaceous Cenozoic thermal evolution of the Southwestern Carpathians evidence from fission-track thermochronology *Tectonophysics* 297: 229-249
- Ciulavu Magda (2001) Evoluția metamorfitelor de grad foarte scăzut din Cretacicul superior (din formațiunile Danubiene din Carpații Meridionali. *Teza de doctorat* Universitatea București Fac de Geologie
- Codarcea A. (1940) Vues nouvelles sur la tectonique du Banat méridional et du Plateau de Mehedinți. *An. Inst. Geol. Rom.*, XX:74 p.
- Codarcea A., Mercus, D. (1959) Asupra vârstei Stratelor de Nadanova. *Com. Acad. R. P. R.* IX/8:967-972, București.
- Codarcea A., Năstăseanu S. (1964) Contribuții la cunoașterea stratigrafiei depozitelor calcaroase din bazinul Văii Cerna și de la Cazane (Dunare). *Stud. Cerc. Geol.* 9(2):241-250.
- Conovici M. (1999) Studiu ge structural al Domeniului Getic-Supragetic din sud-vestul Carpaților Meridionali. *Teză de doctorat, Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj.*
- Conovici M. (2006) Cadrul natural al perimetrului izvoarelor *Pișetori* (Valea Cernei, km 22,5), județul Mehedinți. Oportunitatea unor lucrări de prospecțiune hidrogeologică în vederea captării (*nepublicat*).
- Cosma C., Mastan I., Znamirovski V., Golopența N. (1981) Cercetări asupra radioactivității gazelor naturale din Valea Cernei (III). *St. Cerc. Fiz.*, 33(7):635-638.
- Cosma C., Ristoiu D. (1999 a) Study of rare gases in geothermal waters from Herculane area (Romania). *Nuovo Cim. Soc. Ital. Fis. C*, 22(3-4):317-323.
- Cosma C., Ristoiu D., Poffin A. (1999 b) Indoor radon and radon emanation in the Herculane Spa (Cerna Valley) area-Romania. *Ind. Built. Environ.*, 5:236-240
- Cosma C., Suci I., Jäntschi L., Bolboacă S. (2008) Ion-Molecule Reactions and Chemical Composition of Emanated from Herculane Spa Geothermal Sources. *Intern. Journ. Molecular Sciences*, 9:1024-1033.



- Crăciunescu A. (1925) Apele sulfuroase naturale, termale, în: Călauza stațiunilor balneare și climatice și a apelor minerale naturale românești- Supliment la *Revista de hidrologie medicală și climatologie*, 49-52, București.
- Filipescu M, Minișor E, Repanovici S. (1954) Extragerea sulfului din pirite. St. Tehn. Econ. Comitetul Geologic, B(39).
- Fossen, H. 2010, Structural Geology. Cambridge University Press, 480 p.
- Gherasi N., (1937) Etude géologique et pétrographique dans les Monts Godeanu et Tarcu. *Inst. Geol. Rom.*, **XVI**:79, București.
- Gherasi N. (1962) Pânza getică în partea orientală a Munților Godeanu. *Inst. Geol. Rom.*, **XLVIII** (1960-1961).
- Iancu Viorica (1976) Observații asupra relațiilor structurale ale formațiunilor de pe cursul mijlociu al Văii Cerna (Județul Caraș-Severin). *D. S. Inst. Geol.*, **LXIII**:39-56.
- Mastan I., Cosma C., Znamirovski V. (1982) Date noi asupra compoziției și originii gazelor naturale emanate din sursele geotermale de pe Valea Cernei și Valea Mehadica. *St. Cerc. Fiz.*, **6**:579-585.
- Mrazec L. (1904) Sur les schistes cristallins des Carpates Meridionales (versant Roumain) *C. RIX Congres Geol. International*, Vienne (1903) p. 635-648.
- Năstăseanu S. (1967) Cretacicul superior din Valea Cernei și noi observații tectonice privind Munții Cernei. *D. S. Inst. Geol.*, **LIII**(1):401-411, București.
- Năstăseanu S. (1980) Géologie de Monts Cerna, **LIV**:153-280. *Inst. Géol. Géoph.*, București.
- Năstăseanu S. Stilla A., (1964) Considerații asupra prezenței Urgonianului la est de Băile Herculane. *D. S. Com. Geol.*, **XLIX**(1):77-79, București.
- Năstăseanu S. (1976) Geologia Munților Cernei cu privire specială asupra substanțelor minerale utile. Facultatea de Geologie Geografie, 1-25, București.
- Nopcsa Fr. v. (1910) Geológiai megfigyelések Herkulesfürdő körül. *Földt. Közlöny*, **XL**:48-57, Budapest.
- Panaiotu C. (1998)-Paleomagnetic constrains on the geodynamic history of Roumanian. In: Ioane D. (ed.) Monography of Southern Carpathians Reports on Geodesy **7**(37): 37-41, Geodynamic Institut from Romania, Bucharest from Danubian
- Panaiotu C, Iuliana Lazăr, (2011) -Remagnetization of Upper -Jurassic limestones from Danubian Unit (South Carpathians, Romania) and Tectonic implications *Tectonophysics* **63**(6): 216-224
- Papiu C.V. (1960) Asupra originii mineralizației apelor termale de la Băile Herculane. *St. Cerc. Geol.*, **1**(5):41-57, București.
- Papiu V.C., Kizyk A. (1958) Asupra litologiei calcarelor recifale de la Băile Herculane. *St. Cerc. Geolo.*, **III**(1-2):121-138.
- Pártos A. (1901) Hercules bad und seine Thermen. Ed. **11**:164-174, Budapesta.
- Pártos A. (1905) Herkulesfürdő és gyógyforrásai. Budapesta, 183 p.
- Popescu-Voitesti I. (1921a) Etude geologique sur les sources minerales des Bains D'Hercule. *Ann. Mines Roumanie*, **IV**(3-4):3-23.
- Popescu-Voitesti I. (1921 b) Considerations sur l'origine et le mode de manifestation des sources thermales des Bains d'Hercule. *Bul. Soc. St. Cluj*, **1**(1):124-131.
- Popescu-Voitesti I. (1929) Aperçu syntethique sur la structure des regions carpathiques. *Rev. Muz. Geol. Mineral. Univ. Cluj*, **III**(1), 40p., Cluj.
- Povară I. (1973) Contributions à la connaissance des sources thermo-minérales de Băile Herculane. *Trav. Inst. Spéol. "Emile Racovitza"*, **XII**:337-348.
- Povară I. (1992) New data on the Hercule thermal aquifer, obtained by temperature measurements (Băile Herculane, Romania). *Theor. Appl. Karstology*, **5**:127-138.
- Povară I., Diaconu G., Goran C. (1972) Observations preliminaires sur les grottes influencées par les eaux thermo-minérales de la zone Băile Herculane. *Trav. Inst Spéol. "Emile Racovitza"*, **XI**:355-365.
- Povară I., Marin C. (1984) Hercule Thermomineral spring. Hydrogeological and hydrochemical considerations. *Theor. Appl. Karstology*, **1**:83-195.
- Povară I., Simion G., Marin C. (2010 a) The thermo-mineral waters from the Băile Herculane, p. 363-385. În: *Karst Hidrogeology of Romania* (Orășeanu I., Iurkiewicz A., eds), Ed. Pentaprint, Bihor.
- Pricăjan A., (1972) Apele minerale și termale din România, Ed. Tehn., București, 296 p.
- Pricăjan A., Slăvoacă D., Feru M., Ștefănescu V., (1961) Prospekțiuni hidrogeologice și hidrochimice pentru hidrocarburi în bazinul Cernei. *Arhiva IGP București, nepublicat*.
- Simion G. (1986) Studiul hidrogeologic al zăcămintului termomineral de la Băile Herculane, cu calculul de rezerve. *Arhiva IPGG București, nepublicat*.
- Simion G. (1987) Proiect geologic privind reamenajarea surselor de ape termominerale de la Băile Herculane, Județul Caraș-Severin. *Arhiva IPGG București, nepublicat*.
- Simion G., Terteleac N. (1978) Raport asupra studiilor hidrogeologice efectuate în carstul Văii Cerna, în vederea stabilirii influenței complexului hidroenergetic Cerna-Motru-Tismana, asupra



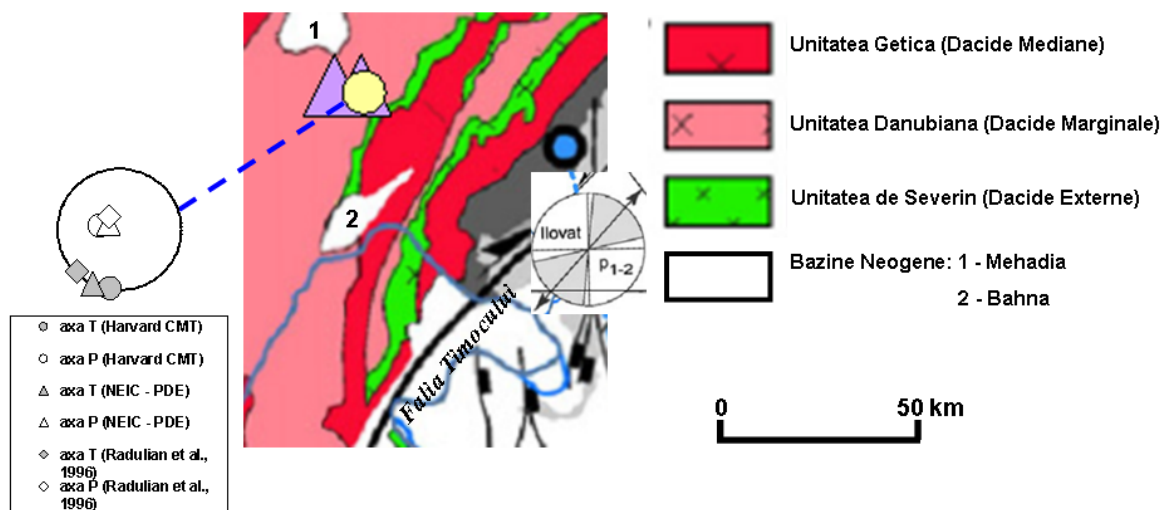
- zăcămintului de ape termale de la Băile Herculane, Județul Caraș-Severin. *Arhiva Prospecțiuni SA, București, nepublicat.*
- Simion G., Ponta G., Gașpar E. (1984) The dynamics of underground waters from Băile Herculane, Cerna Valley, Romania. *Ann. Soc. Geol. Belgie*, **1108**:245-1249.
- Simion G. (1987) Geological project concerning the redevelopment of the thermomineral water sources from Băile Herculane, Caras-Severin County. *Arhiva I.P.G.G. Bucharest, nepublicat.*
- Văjdea N. (1988) Studiul fracturilor și elementelor liniare și circulare, observate prin metoda teledetecției în Banatul de sud. *Raport, Arhiva I.G.R. București, nepublicat*
- Veliciu S., Năstăseanu S., Zamfir A. (1983) Cercetări geotermice în grabănuș Cernei (Segmentul nordic). *Arhiva I.G.G. București, nepublicat.*
- Săndulescu M. (1984) Geotectonica României. Ed Tehnică București, 334 p
- Schafarzik F. (1891) Daten zur Geologie des Cerna –Thales. *Jahres ber. d. k. ung. Geol.*:142-155, Budapest.
- Schafarzik F. (1934) Beiträge zur Geologie des Cerna –Thales und der Gegend von Mehadia. *Jahres ber. d. k. ung. Geol.*:183-200, Budapest.
- Schmidt Șt. Berza T Diaconescu V, Froitzeln, N Fügenschuh (2004) -A structural study including a kinematic analysis based on a sens of shear criteria *Tectonophysics* vol297 -1-4 p 209-228
- Stănoiu I. (1972) Zona Mehedinți-Retezat, o unitate paleogeografică și tectonică distinctă a Carpaților Meridionali. *D. S. Inst. Geol.*, **LIX**(5).
- Stănoiu I. (1982) Orizontarea formațiunilor neocretacice de tip olistostromă din partea nord-vestică a Podișului Mehedinți. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, **LXVII**(5):84-87, București.
- Streckeisen A. (1934) Sur la tectonique des Carpathes Meridionales. *Ann. Inst. Geol. Rom.*, **XVI**:327-419, Bucharest.
- \*\*\* Harta geologică a Republicii Socialiste România, 1:50.000, foaia Tismana, L-34-106-D, Inst. Geol. Geofiz., 1975.
- \*\*\* Harta geologica 1:50.000 Muntele Oslea, L-34-106-B (măcheta, nepublicat), Inst. Geol. București.
- \*\*\* Harta geologică a Republicii Socialiste România, 1:50.000, foaia Obârșia Cloșani, L-34-106-C, Inst. Geol. Geofiz., 1977.
- \*\*\* Harta geologică, 1:200.000, foaia Baia de Aramă, L-34-XXIX (32), Inst. Geol., București, 1968.
- \*\*\* Năstăseanu S., Simion G. (1989), Harta geologică–hidrogeologică cu amenajările hidroenergetice.

### 3. MANIFESTĂRI SEISMO-TECTONICE ACTUALE ÎN ZONA ZĂCĂMÂNTULUI TERMOMINERAL BĂILE HERCULANE

*Horia Mitrofan*

Acumularea de ape termo-minerale de la Băile Herculane este situată în cadrul așa-numitei zone a „cutremurelor danubiene” (Atanasiu, 1961; Radulian et al., 2000). Există, în acest sens, informații privind producerea - la doar puțini kilometri distanță de emergențele de apă termală din Valea Cernei - a câtorva evenimente seismice cu magnitudini semnificative (peste 4,0).

Două dintre aceste cutremure au avut loc în urmă cu mai bine de un secol, într-o epocă în care determinările seismice instrumentale erau abia la începuturi (astfel încât informațiile care s-au putut obține la acele date au fost destul de sumare - Tabel 4).



**Fig. 4:** Localizarea principalelor evenimente seismice (cu magnitudini mai mari de 4) înregistrate în apropierea zăcămintului hidrotermal de la Băile Herculane. Triunghiurile violet indică epicentrele cutremurelor „istorice” din 23 Iulie 1890 ( $M_s=4,2\pm 0,5$ ) și 11 Octombrie 1910 ( $M_s=4,3\pm 0,7$ ). Epicentrul celui mai puternic cutremur înregistrat ulterior (18 iulie 1991,  $M_s=5,5$ ) este reprezentat prin cerc galben; pentru acest din urmă eveniment, axele eforturilor de tensiune (T) și de comprimare (P) – preluate după cataloagele CMT (Harvard), PDE (USGS-NEIC), precum și din Radulian et al., 1996 - au fost raportate în proiecție stereografică de arie egală (diagramă Schmidt, emisfera inferioară): toate cele trei soluții indică o dispunere practic orizontală a eforturilor de tensiune, în lungul unei direcții NNE-SSV. Eforturi de tensiune care au acționat după aproximativ aceeași direcție au fost evidențiate (utilizându-se anizotropia susceptibilității magnetice - Vasiliev et al., 2009) și pe eșantioane de roci ponțiene din zona Ilovăț (cerc albastru); săgeata divergentă din diagrama asociată indică direcția medie a lineației magnetice.

**Tabel 4. Caracteristicile cutremurelor semnificative (magnitudini peste 4,0) produse în apropiere de Băile Herculane în epoca primelor înregistrări seismice referitoare acea zonă (informații extrase din catalogul publicat de Shebalin et al., 1998).**

Data	Ora	Latitudine N	Longitudine E	Adâncime (km)	Magnitudine		Intensitate epicentrală, MSK-64
					Determinare instrumentală	Estimare compozită	
23 Iul. 1890	21:34	44,9	22,35	11		$4,2 \pm 0,5$ ( $M_s$ )	$5,0 \pm 0,5$
11 Oct. 1910	12:53	44,9	22,4	11	$4,3 \pm 0,7$ ( $M_s$ )		$6,0 \pm 1,0$

Cel mai puternic cutremur semnalat până în prezent în zonă ( $M_w=5.6$ ) a avut însă loc în anul 1991 și a beneficiat în consecință de înregistrări detaliate, realizate de mai multe instituții de profil (Tabel 5). Efectele macroseismice ale acestui seism au fost resimțite în special în Orșova, unde cel puțin 615 clădiri au fost afectate (intensitatea maximă a fost estimată la gradul 8). Cutremurul a fost simțit însă și în nord-vestul Bulgariei (cu intensități de până la 4), în sud-estul Ungariei (cu intensități de până la 5-6), în Serbia (intensități de 4-5 la Belgrad) și în fosta republică iugoslavă Macedonia (intensități de 3 la Skopje). De asemenea, în zona epicentrală s-au produs alunecări de teren.



Doar pentru acest eveniment din 18 iulie 1991 sunt disponibile și soluții robuste privind mecanismul din focar (furnizate de cataloagele CMT – Harvard, PDE – NEIC, și respectiv în lucrarea elaborată de Radulian et al., 1996). Rezultatele cuprinse în toate aceste trei referințe concordă în a indica existența unei *falieri normale*, provocate prin eforturi tectonice de *tensiune* acționând practic *orizontal* (Fig. 1), după o *direcție NNE-SSV* (paralelă, așadar, cu axele structurilor geologice majore din zonă). Eforturi de tensiune care au acționat tot după o direcție aproximativ NE-SV au fost evidențiate (utilizându-se anizotropia susceptibilității magnetice - Vasiliev et al., 2009) și pe eșantioane de roci ponțiene din zona Ilovăț (Fig. 5).

**Tabel 5. Caracteristici principale (furnizate de referințele indicate) privind cutremurul produs la 18 Iulie 1991 în apropiere de Băile Herculane.**

Referința	Ora producerii	Latitudine N	Longitudine E	Adâncime (km)	Magnitudine		
					$M_w$	$m_b$	$M_s$
Catalog GCMT (Harvard)	11:56:38,5	44,88	22,43	15	5,6	-	-
Catalog PDE (USGS-NEIC)	11:56:30,65	44,888	22,407	18	5,4	5,7	5,5
Catalog ROMPLUS (INFP)	11:56:31,0	44,9	22,35	12	5,6	-	-

Distribuția sus-menționată a eforturilor este concordantă, în linii mari, și cu rezultatele studiilor bazate pe măsurători GPS (Caporali et al., 2009). Acestea au arătat că în zona avută în vedere, vitezele de deplasare orizontală a terenului sunt orientate dinspre nord către sud și au valori care cresc, progresiv, în același sens: reiese astfel că partea superioară a crustei terestre este supusă unor eforturi de *extensie* acționând pe direcție aproximativ N-S. Se presupune (Caporali et al., 2009) că aceasta ar reprezenta un efect al rotației plăcii Anatoiene (în sens invers acelor ceasornicului), care ar tinde să „tragă după ea” și blocul Moesic, tensionându-l, în cursul acestui proces, pe o direcție N-S.

O explicație alternativă a fost propusă în van Hinsbergen et al. (2008), avându-se în vedere direcțiile de rotație determinate prin studii paleomagnetice pentru diversele blocuri tectonice din zonă. Concret, așa-numitul bloc tectonic „Tisa” ar fi supus - în urma convergenței dintre Albania și partea de vest a Platformei Moesice - unei extruziuni către nord. În consecință, se poate admite că de-a lungul unor direcții SV-NE (paralele cu importantele decroșări dextre - falia Timocului, falia Cerna-Jiu - implicate de deplasarea menționată) se produc extensii crustale.

Este de așteptat ca o asemenea dispunere a eforturilor să influențeze și gradul de deschidere al fracturilor *transversale* în raport cu axele structurale principale ale zonei. Nu este prin urmare exclus ca în acest fel să fie afectate și căile de alimentare a emergențelor de ape termale (o astfel de interpretare se bazează pe un model local de curgere - ex. Mitrofan et al., 1995; Mitrofan & Povara, 2000 – care presupune o situare a colectorului geotermal din profunzime undeva la vest de Băile Herculane, și în consecință o alimentare a emergențelor prin intermediul unor fracturi transversale față de principalele axe structurale, a căror orientare este NE-SV).

### Literatură citată

Atanasiu, I., 1961. Cutremurele de pământ din România. Editura Academiei, București.





- Caporali, A., Aichhorn, C., Barlik, M., Becker, M., Fejes, I., Gerhatova, L., Ghitau, D., Grenerczy, G., Hefty, J., Krauss, S., Medak, D., Milev, G., Mojzes, M., Mulic, M., Nardo, A., Pesec, P., Rus, T., Simek, J., Sledzinski, J., Solaric, M., Stangl, G., Stopar, B., Vespe, F. and Virag, G., 2009. Surface kinematics in the Alpine–Carpathian–Dinaric and Balkan region inferred from a new multi-network GPS combination solution. *Tectonophysics*, **474**, p. 295–321.
- Mitrofan H., Maftciu M., Povara I., Mitrutiu M. (1995) - Electrometric investigations on the supply channels of Hercules spring (Romania). *Theor. Appl. Karstology*, **8**, p.129-136.
- Mitrofan H. and Povara I. (2000) - Methods for assessing the hydrogeological disarray associated to a reservoir dam built in a geologically complicated area. *Proceedings of the International Conference "The Fragile Territory. Research and Application on Hydrogeological Disarray in the World"*, Rome, Italy, 7-10 December, 2000, p. 81-88.
- Radulian, M., Mândrescu, N., Popescu, E., Utale, A., Panza, G.F., 1996. Seismic activity, stress field and seismogenic zones in Romania. *ICTP Preprint IC/96/256*.
- Radulian, M., Mândrescu, N., Panza, G.F., Popescu, E., Utale, A., 2000. Characterization of seismogenic zones of Romania. *Pure Appl. Geophys.*, **157**, p. 55–77.
- Shebalin N.V., Leydecker G., Mokrushina N.G., Tatevossian R.E., Erteleva O.O., Vassiliev V.Yu. (1998) – Earthquake catalogue for Central and Southeastern Europe 342 BC – 1990 AD. *Final Report to Contract ETNU-CT93-0087, European Commission. Brussels* (disponibil la: [http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Seismologie/Erdbebenauswertung\\_en/Kataloge\\_en/historisch/EU\\_centra\\_south\\_en.html](http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Seismologie/Erdbebenauswertung_en/Kataloge_en/historisch/EU_centra_south_en.html)).
- van Hinsbergen, D.J.J., Dupont-Nivet, G., Nakov, R., Oud, K., Panaiotu C., 2008. No significant post-Eocene rotation of the Moesian Platform and Rhodope (Bulgaria): Implications for the kinematic evolution of the Carpathian and Aegean arcs. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **273**, p. 345–358.
- Vasiliev, I., Mațenco, L., Krijgsman, W., 2009. The syn- and post-collisional evolution of the Romanian Carpathian foredeep: New constraints from anisotropy of magnetic susceptibility and paleostress analyses. *Tectonophysics*, **473**, p. 457–465.



## 4. INDICATORI DE REZULTAT GENERALI ȘI SPECIFICI

### 5.1 INDICATORI GENERALI

Denumirea indicatorului	U.M.	Informații despre indicator
1. Număr de produse și tehnologii rezultate din activitatea de cercetare, bazate pe brevete, omologări sau inovații proprii.	Nr.	–
2. Număr de cereri de brevete depuse în proiectelor din care: a) Naționale b) EPO (Europa) c) USPTO (SUA) d) Triadice (Europa, SUA, Japonia)	Nr.	–
3. Număr de cereri de brevete acordate (în urma proiectelor), din care: a) Naționale b) EPO c) USPTO d) Triadice	Nr.	–
4. Număr de articole publicate în urma proiectelor, din care: a) în reviste indexate ISI b) în reviste indexate în alte baze de date internaționale recunoscute	Nr.	–
5. Număr de articole acceptate spre publicare în urma proiectelor, din care: a) în reviste indexate ISI b) în reviste indexate în alte baze de date internaționale recunoscute	Nr.	–
6. Număr de produse transferabile	Nr.	–
7. Număr de studii de necesitate publică, din care: a) de interes național b) de interes regional c) de interes local	Nr.	2 a) – b) 2 c) –
8. Număr de IMM participante	%	–
9. Ponderea contribuției financiare private pe proiecte din care contribuție financiară directă	%	–
10. Număr mediu de poziții echivalente cu normă întreagă pe proiect, din care: a) doctoranzi b) postdoctorat	Nr.	14 a) 4 b) –
11. Mobilități, din care Internaționale	Lună x om	–
12. Valoarea investițiilor în echipamente pentru proiecte	Mii Lei	600



## 5.2 INDICATORI SPECIFICI DIRECȚIEI DE CERCETARE 3 – MEDIU

Denumirea indicatorului	Nr.	Informații despre indicator
Nr. de sisteme și tehnologii energetice durabile	–	–
Nr. de tehnologii curate de produs și proces pentru reducerea poluării mediului (green chemistry), din care – în transporturi	–	–
Nr. de tehnologii eco-eficiente de valorificare a deșeurilor	–	–
Nr. concepte și tehnologii de consolidare a diversității biologice și ecologice	–	–
Nr. de metode și soluții tehnice în domeniul amenajării teritoriului	–	–