

# ZĂCĂMÂNTUL HIDROTERMAL FELIX-1 MAI

## 14.1. CONSIDERAȚII PRIVIND STRUCTURA ȘI GENEZA ZĂCĂMÂNTULUI FELIX-1 MAI

Zăcământul de ape termale Felix-1 Mai, zonă cu o extindere redusă, singulară prin manifestările la zi de ape termale cu debite și temperaturi importante de pe rama vestică a Munților Apuseni, este situat la intersecția sistemului de falii crustale pe care s-a scufundat în Miocen partea nord estică a fundamentului Bazinului Beiușului cu sistemul de fracturi de-a lungul căruia s-a scufundat Bazinul Panonic. Sistemul de falii crustale are vizibilitatea morfologică maximă în Munții Bihor unde a impus tectonic traseul rectiliniu al văii Galbena, sistem denumit în continuare Galbena. Sistemul are rol de drenare parțială a apelor de pe rama montană a bazinului, de antrenarea lor într-o curgere rapidă spre nord est, de alimentare a acviferelor din fundamentul și umplutura bazinului și a zăcământului termal Felix-1 Mai.

Prezența apelor termale în subsolul zonei Felix-1 Mai a fost evidențiată inițial prin salba de izvoare calde de pe p. Peța de la Băile 1 Mai și izvorul Balint de la Băile Felix, cunoașterea zăcământului debutând cu săparea în anii 1885-1886 a forajelor Balint și Iz buc. Începând din anul 1962 un număr de 29 de foraje noi au fost săpate pentru cercetare și exploatare, în prezent apa din zăcământ fiind extrasă prin 14 foraje licențiate.

Toate sondele productive săpate au deversat liber de-a lungul timpului conducând la scăderea continuă a nivelului piezometric al acviferului termal. Primul semnal de alarmă privind micșorarea potențialului de debitare al surselor a fost tras de către I. COHUT și G. PAAL în anul 1985, declinul lui devenind vizibil pentru toată comunitatea începând cu anul 2012, odată cu deteriorarea severă a cadrului natural al ariei protejate Ochiul Mare.

## 14.1.1. STRUCTURA ZĂCĂMÂNTULUI FELIX-1 MAI

Descifrarea structurii tectonice a zonei Felix-1 Mai a preocupat permanent cercetătorii în vederea dirijării lucrărilor de foraj pentru găsirea de noi resurse de ape termale cu temperaturi ridicate. Aporturi importante au fost aduse de primele foraje săpate, (G. VASILESCU, N. NECHITI, 1965), de cercetările geoelectrice, (G. ANDREESCU, I. BALINT, 1970, 1971), izotopice, (L. BLAGA, 1974, A. TENU, 1975) și termometrice, (S. VELICIU, 1971).

În anul 1975, VICTORIA FLAMAROPOL prezintă rezultatele obținute prin lucrările geoelectrice, termometrice și de foraj efectuate de către ISLGC în perioada 1773-1975, face o sinteză a tuturor informațiilor geologice culese până la acea dată și menționează prezența a două falii importante orientate de-a lungul p. Hidișel și p. Peța, evidențiate de anomalii termice și geoelectrice. În anul 1975 G. PAAL publică prima schiță structurală a zăcământului termal, iar în anul 1985 I. COHUT și G. PAAL prezintă harta structurală a acestuia, reluată de G. PAAL în lucrarea apărută în anul 2013.

La cunoașterea hidrogeologică a zăcământului termomineral Felix-1 Mai au contribuit de asemenea M. PAUCĂ, 1958, D. SLĂVOACĂ, M. FERU, 1961, I. PREDĂ, 1972, A. ȚENU, 1975, 1981, 2015, 2016, I. COHUT, 1986, 2013, M. BRETOTEANU et al., 1998, I. ORĂȘEANU, 2016, I. ORĂȘEANU et al., 2016.

În perioada 2014-2016 Asociația hidrogeologilor din România, AHR, a întocmit un studiu privind hidrogeologia zăcământului de ape termale Felix-1 Mai. Rezultatele investigațiilor de teren obținute prin urmărirea evoluției suprafeței piezometrice și a temperaturii acviferului termal cu ajutorul senzorilor introduși în sonde au fost publicate de I. ORĂȘEANU și F. MALANCU în anul 2017.

Pentru o bună informare a cititorului redăm integral conținutul articolului la sfârșitul acestui capitol.

Apele termale de la Felix-1 Mai sunt localizate în calcare cretacic inferioare atribuite structural Unității de Bihor, unitate ce se continuă spre vest în fundamentul Depresiunii Pannonice. Unitatea prezintă o coloană stratigrafică complectă cu trei episoade carbonatice importante, dolomite și calcare triasice (anisian-carnian inferior), calcare jurasice (callovian mediu-tithonic) și cretacic inferioare (calcarul inferior cu pahiodonte, neocomian-apțian inferior), ultimele acoperite în continuitate de sedimentare de un pachet gros de marne de Ecleja, (apțian). Succesiunea mezozoică se încheie cu gresii glauconitice (albian) și gresii, argile și conglomerate (turonian mediu-vraconian), (S. BORDEA et al., 2017).

După șariajul Sistemului Pânzelor de Codru din Turonian-Vraconian au fost depuse transgresiv formațiunile postorogenetice cretacic superioare, senoniene.

În perioadele de exondare postlaramică și post-sarmațiană depozitele senoniene și sarmațiene din zona Felix-1 Mai au fost erodate în mare parte, ele păstrându-se numai în compartimentele coborâte tectonic. Marnocalcarele cretacic superioare sunt descrise ca roci compacte cenușiu negricioase cu vine de calcit și cu oglinzi de fricțiune sau ca marnocalcare grezoase, (G. VASILESCU, G. NECHITI, 1965). Ele sunt asemănătoare marnelor de Ecleja apțiene, vârsta lor nu a fost determinată paleontologic, dar prin comparație cu depozitele senoniene din zona Oradea au fost atribuite acestui termen stratigrafic, (I. COHUT, G. PAAL, 1985). Modul de abordare a vârstei marnocalcarelor, apțian vs senonian, este esențial pentru stabilirea vârstei faliiilor și interpretarea tectonicii zăcământului termal.

În zona Vârciorog, situată la est, marnele de Ecleja sunt reprezentate de o stivă groasă de 100-700 m formată predominant din marnocalcare negricioase, compacte, dure, cu spărtură așchioasă, (D. ISTOCESCU et al., 1967-68, D. PATRULIUS et al., 1968).

În coloanele litologice ale primelor foraje săpate după anul 1960 marnocalcarele sunt separate la partea superioară a calcarelor, (G. VASILESCU, G. NECHITI, 1965), dar mai târziu lucrările de sinteză le menționează doar prezența în majoritatea forajelor la partea superioară a stivei depozitelor cretacic fără a se preciza grosimea lor.

Relieful plat al zonei Felix-1 Mai cu altitudini de 150-165m este mărginit la est de dealul Șimleu, care se ridică până la cota 345,62 m. Modelat în calcare cretacic inferioare, dealul reprezintă cel mai vestic afloriment al structurilor alpine din Munții Pădurea Craiului. De aici fundamentul alpin se afundă spre vest sub depozitele neogene formând o coamă îngustă, un horst ce cade în trepte spre vest pe fracturi orientate nord-sud, asociate sistemului Velența de-a lungul căruia s-a scufundat în Miocen extremitatea estică a Bazinului Panonic din această zonă.

Horstul este mărginit de sectoare căzute pe falii orientate nord-vest-sud-est. Calcările sunt acoperite cu marnocalcare atribuite senonianului și cu conglomerate grezoase sarmațiene în compartimentele căzute de pe flancuri și cu marne, argile și nisipuri pliocene groase de 20-128 m pe întregul areal. În fig. 14.1 se prezintă harta structurală a zăcământului termal și relieful fundamentului preneogen. Marnocalcarele care acoperă calcările sunt considerate senoniene.

Structura depozitelor preneogene este afectată de falii care delimitează blocuri cu altitudini și cuverturi sedimentare diferite. În blocul dealul Șimleu calcările cretacice aflorează, iar în blocurile căzute vecine, Haieu situat la vest și Betfia situat la sud, depozitele cretacice sunt acoperite numai de depozite pliocene subțiri, uneori cu depozite senoniene cu grosimi foarte mici în bază. În blocul sud-vestic căzut, Cordău, cretacicul este acoperit de depozite sarmațiene cu grosimile maxime în forajele 402 (47,6 m) și F1PSG (43 m) urmate de sedimente pliocene groase de cca 80m.

La nord de blocul Haieu structura fundamentului prezintă un bloc căzut cu marnocalcare cu grosimi mari, de 148,5 m în sonda 4013, 100 m în sonda 4011 și 60 m în sonda 4012. Orientarea fracturilor pledează pentru vârsta lor laramică.

Cele mai adânci foraje săpate în zona Felix-1 Mai sunt 4012 și 4768. Forajul 4012 săpat în anul 1963 până la adâncimea de 1578 m, abandonat și înlocuit cu forajul Fp4 săpat pe aceeași locație în anul 1987, a debitat din calcare cretacic inferioare 197 l/s apă cu 49°C în intervalul 100-289 m, 51 l/s cu 43°C în intervalul 600-650 m și 3 l/s cu 34°C din calcare cretacic și jurasice deschise în intervalul 1100-1300 m.

Forajul 4768 a fost săpat în anul 1975 până la adâncimea de 3196 m și a traversat stiva de depozite mezozoice până în triasic. Testele efectuate în calcările cretacic inferioare au indicat ape cu tem-

perături de 40°C și debite de 60 l/s în intervalul 57-200m, 31°C și 50 l/s în intervalul 200-335 m și 35°C și 2 l/s în intervalul 335-1316 m. În intervalul 1589-2080 m, din depozite jurasice și triasice sonda a debitat cu 1 l/s apă cu o temperatură de 36°C, iar din intervalul 2204-3170 m acviferul triasic a debitat cu 2,5 l/s apă de 46°C.

În ambele foraje se constată prezența unei capacități de debitare mai mari la partea superioară a stivei de calcare datorată dezvoltării largi a fisurației și carstificării pe suprafața paleoreliefului calcarelor în perioadele de deshumare și eroziune însoțite de relaxarea eforturilor tectonice. Debitele maxime au fost întâlnite în toate forajele la intrarea în calcare.

În forajul 4012 se constată prezența unei inversiuni termice, apele cele mai calde fiind întâlnite la suprafață. Inversiunea termică se manifestă și în sonda 4768 dar este întreruptă în profunzime de

aporturile de ape mult mai calde întâlnite în acviferul triasic.

Izvorul Balint, apărut pe o fractură a acoperișului impermeabil din centrul Băilor Felix, era singura sursă naturală care atesta aici prezența apelor termale în adâncime.

Partea nord estică a fundamentului Bazinului Beiușului s-a scufundat pe sistemul de falii Galbena dezvoltat în mare parte în aria frontală a planului de încălecare al Sistemului Pânzelor de Codru peste Unitatea de Bihor, (C. DINU et al., 1991, M. SANDULESCU, 1994, S. MERTEN et al., 2011). Din pdv hidrogeologic sistemul de falii Galbena constituie un dren regional extins pe o lungime de peste 75 km care colectează parțial scurgerea de suprafață și subterană de pe rama montană estică a bazinului și antrenează apele într-o scurgere subterană rapidă spre nord-vest.

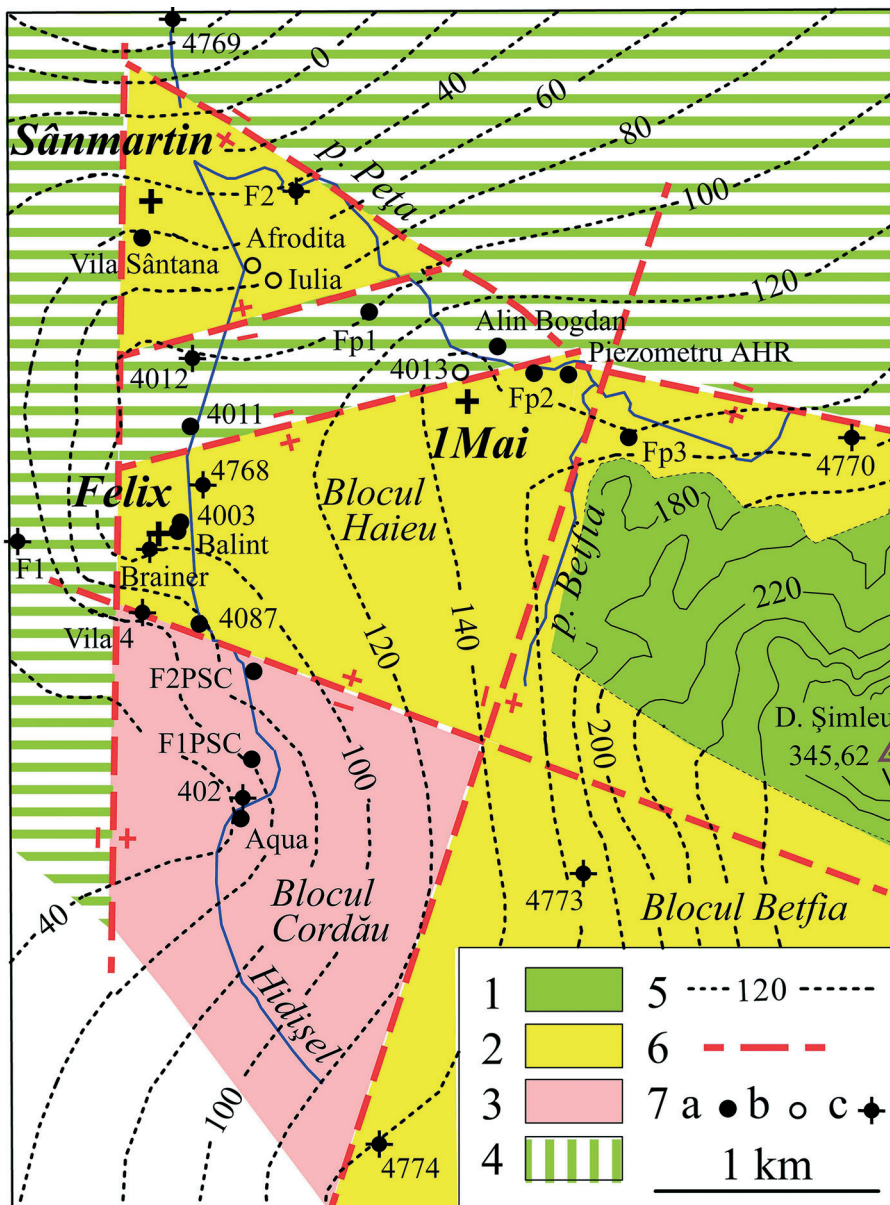


Fig. 14.1. Harta structurală a zăcămintului Felix-1 Mai.

Legenda: 1 - Calcare la zi;  
2 - Calcare acoperite cu depozite pliocene;  
3 - Calcare acoperite cu depozite sarmațiene;  
4 - Calcare acoperite cu depozite senoniene;  
5 - Curbe de nivel la suprafața reliefului preneogen;  
6 - Falie;  
7 - Foraje: a-productive, b-în conservare, c-cimentate.

Rocile de pe aliniamentul afectat de sistemul de fracturi Galbena sunt în majoritatea lor dure și casante, (calcare, dolomite, gresii cuarțitice și roci eruptive). Ele formează zone cu permeabilitate mare care asigură o infiltrare și circulație rapidă a apelor în subteran. În aceste roci și în zonele periferice sistemului este localizat un acvifer regional important alimentat din precipitații și din scurgerea de suprafață. Sistemul de falii Galbena cu zonele lui de zdrobire induce o discontinuitate în acest acvifer, formând un culoar cu porozitate mare, o axă de drenaj care concentrează scurgerea din acvifer și o dirijează pentru alimentarea acumulărilor amintite.

Sistemul de fracturi crustale Galbena este format dintr-un releu de falii paralele pe care se afundă în trepte Bazinul Beiușului. El se extinde pe o lățime foarte mare, probabil de peste 5 km, o parte importantă fiind acoperită de depozitele de umplură ale bazinului. Faliile din constituția lui prezintă caracteristici hidrogeologice diferite impuse de litologia depozitelor afectate.

De-a lungul traseului drenului Galbena curgerea este majoritar cu nivel liber pe prima parte a tronsonului, probabil până în bazinul pârâului Topa, segment ușor descendent dezvoltat în principal în roci casante. În continuare relieful urcă pronunțat până la Poiana Tășad și Tășad. Pe acest segment condițiile geologice se schimbă radical, sistemul afectând la suprafață gresiile formațiuni feldspatice vermiculare permene și gresiile glauconitice albiene, depozite impermeabile în mare. În aceste condiții fracturile sistemului Galbena sunt închise la partea superioară și apele circulă sub presiune până la Băile Felix prin partea inferioară a drenului.

Temperatura apelor vehiculate pe dren este ridicată de fluxul termic important al bazinului Beiușului ele ajungând la Felix-1 Mai ca ape terma-

le. Anomalia termică a bazinului este evidențiată de apele termale exploatare la Beiuș cu temperaturi de până la 84°C.

Senzorii de presiune și temperatură amplasați în forajele de exploatare și conservare și în lacul Ochiul Mare au indicat prezența unui acvifer sub presiune cu o mișcare ondulatorie a suprafeței piezometrice regizată de succesiunea ciclurilor hidrologice și de exploatarea zăcământului. Amplitudinea anuală a acestei oscilații este de cca 2,5 m și se înregistrează în toate sondele susținând ideea unui acvifer unic.

Prezența ciclurilor hidrologice la originea oscilațiilor suprafeței piezometrice a acviferului termal este evidențiată de corelațiile strânse dintre hidrograful suprafeței piezometrice și seriile de debite ale hidrografelor cursurilor superficiale. Impactul amplitudinii debitului de exploatare a zăcământului este evidențiat de informațiile oferite de evoluția conductivității electrice a apelor pompate.

Succesiunea ciclică, rapidă, a unor ape cu debite diferite care alimentează zăcământul termal, este posibilă numai în prezența unei axe de drenaj în acvifer care să transmită rapid și nealterat informațiile din zona de alimentare a acestuia. Pentru alimentarea zăcământului Felix - 1 Mai axa de drenaj este reprezentată de sistemul de fracturi Galbena care asigură o relație hidrogeologică rapidă între acviferele de pe rama montană estică a Bazinului Beiușului și zăcământ.

Pentru exemplificarea relațiilor dintre distribuția temporară a precipitațiilor și oscilațiile nivelului suprafeței piezometrice a acviferului termal din zona Felix-1 Mai am selectat câteva bazine hidrografice monitorizate hidrometric în ideea de a găsi similitudini între hidrografele cursurilor superficiale și hidrograful suprafeței piezometrice. În aceiași

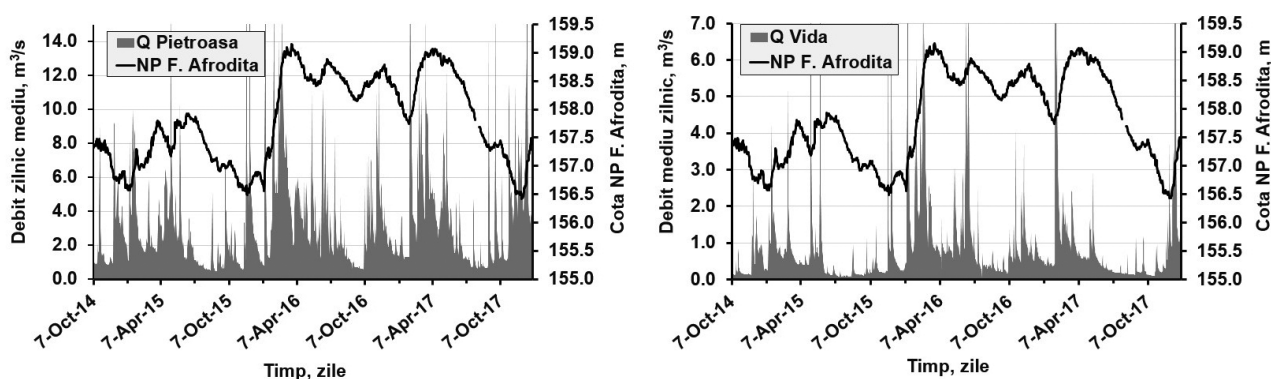


Fig. 14.2. Hidrograful suprafeței piezometrice a acviferului termal din zona Felix - 1 Mai, alături de hidrografele debitelor medii zilnice ale p. Crișu Pietros (stânga) și p. Vida (dreapta).



idee s-au făcut corelații încrucișate între șirurile de valori corespunzătoare. Distribuția precipitațiilor se regăsește în hidrograful debitelor cursurilor de apă, acesta prezentând o integrare a lor pentru întreaga suprafață a bazinului hidrografic, bh, monitorizat.

Stația hidrometrică Pietroasa amplasată pe pârâul Crișu Pietros controlează scurgerea superficială de pe versantul apusean al munților Bihor, (63,4 km<sup>2</sup>), o zonă puternic afectată tectonic de fracturile sistemului Galbena, (fig. 13.2).

Pârâul Vida din munții Pădurea Craiului are bazinul hidrografic dezvoltat aproape în totalitate pe terenuri carstice, depozitele necarstice ocupând suprafețe infime. Debitul pârâului este monitorizat în prezent în secțiunea hidrometrică amplasată aval de barajul de la Luncasprie. Suprafața bazinului monitorizat este de 29,9 km<sup>2</sup>.

Pârâurile Topa și Mniera drenează suprafețe mari din zonele carstice ale munților Pădurea Craiului. Scurgerea superficială din bazinele lor hidrografice este însă afectată de procese majore de captare carstică care transferă volume mari de ape spre Bazinul Borodului, motiv pentru care nu au fost incluse în acest demers.

Alura oscilațiilor suprafeței acviferului termal al zăcământului Felix-1 Mai este asemănătoare hidrografelor debitelor pârâurilor Crișu Pietros și Vida, (fig. 14.2), corelația încrucișată între șirul valorile medii zilnice ale cotelor nivelului piezometric al acviferului și șirul debitelor pârâurilor amintite prezentând coeficienți cu grade de încredere ridicate, (fig. 14.3).

Valorile maxime ale coeficienților corelației încrucișate,  $r(k)$ , corespund timpilor medii de tranzit,  $k$ , (zile), ai apelor subterane pe drenul Galbena

între bazinele hidrografice și zăcământul hidrotermal Felix-1 Mai. Valorile au fost calculate pentru trei ani hidrologici în care am beneficiat de șiruri comune. Ele prezintă valori diferite, influențate de gradul de încărcare al acviferului din anul hidrologic precedent și de debitele de exploatare a apelor zăcământului care produc deformări suplimentare ale suprafeței piezometrice.

În anul hidrologic X.2014-IX.2015 timpii medii de tranzit au fost de 59 zile,  $r(k)=0,38$ , pentru bh Pietroasa și 47 de zile,  $r(k)=0,25$ , pentru bh Vida, iar în anul hidrologic X.2016-IX.2017, valorile au fost 76 zile,  $r(k)=0,43$ , și respectiv 92 zile,  $r(k)=0,31$ . În anul hidrologic X.2015-IX.2016 corelațiile încrucișate pentru ambele bazine prezintă mai multe maxime datorate modului de exploatare foarte variat al zăcământului.

Apele termale au temperatura maximă în sondele Balint (47,1°C) și 4011 (46,2°C) din stațiunea Felix, valoarea minimă întâlnindu-se în sonda Alin Bogdan de la 1 Mai, (36,1°C). Pe harta cu izolinii a temperaturilor apelor termale interceptate de foraje, prezentată în fig. 14.4, se remarcă anomalia termică orientată pe direcția nord-sud între forajele vila Sântana și Aqua President. Ea marchează accesul spre suprafață al apelor termale pe linia de fractură care afectează terminația vestică a promotoriului reliefului preneogen, fractură evidențiată inițial de cercetările geoelectrice și termometrice amintite anterior.

Informații foarte importante privind organizarea sistemelor carstice sunt furnizate de cunoașterea evoluției în timp a mineralizației apelor, obiectiv ușor de realizat prin măsurarea conductibilității electrice, CE, a apei surselor prin care se descarcă aceste sisteme.

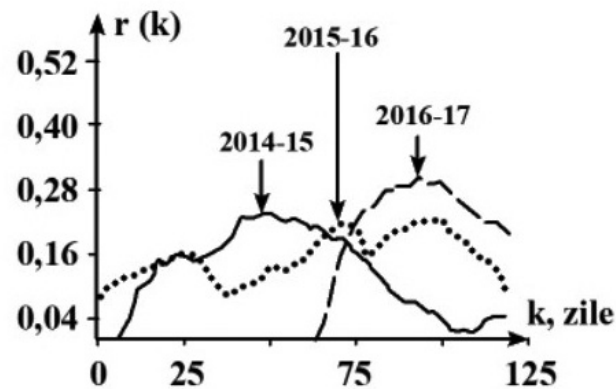
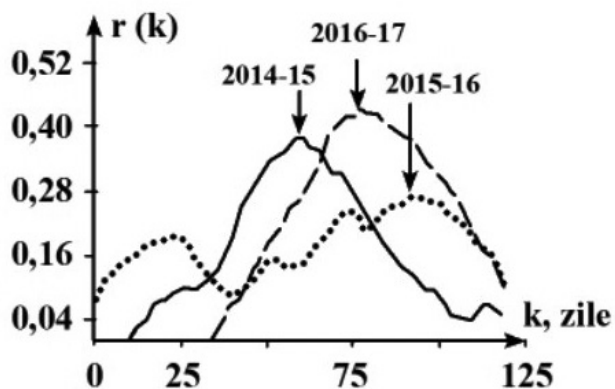


Fig. 14.3. Corelațiile încrucișate dintre seriile de debite ale p. Crișu Pietros, (stânga), și p. Vida, (dreapta) și hidrograful suprafeței acviferului termal în forajul Afrodită pentru anii hidrologici X.2014-IX.2015 (linie continuă), X.2015-IX.2016 (linie punctată) și X.2016-IX.2017 (linie întreruptă).

În perioada 1976-1981 L. GILĂU efectuează un șir de analize pentru caracterizarea chimică a apelor geotermale din zona Felix-1 Mai. Dintre acestea am selectat perioada februarie-noiembrie 1977 cu determinări chimice lunare efectuate la 10 surse. Rezultatele măsurătorilor de CE indică prezența celor mai mineralizate ape în sondele de pe aliniamentul Vila 4 - Balint - 4003 - 4011, fig. 14.5, aliniamentul remarcat și prin prezența celor mai calde ape pompate. Apele exploatare prin furașele de la 1 Mai au temperaturi și mineralizații mai scăzute decât cele de la Felix. Pe parcursul anului 1977 se remarcă o creștere a CE în lunile aprilie și iulie la majoritatea sondelor.

Acviferul termal prezintă o etajare pe verticală a caracteristicilor fizico-chimice, partea superioară are o porozitate de fisuri și goluri carstice mai mare și o transmisivitate mai ridicată. Ea este circulată de apele rezervei dinamice mai puțin mineralizate. În adâncime caracteristicile hidro dinamice ale acviferului scad, apele devin mai mineralizate ca urmare a timpilor de rezidență mai mari, (zona pseudostagnantă). Activitatea de pompare a apei din zăcământ modifică evoluția naturală a mineralizației apelor.

Cercetarea efectuată de noi la Felix 1 Mai a surprins un episod din derularea exploatarea zăcă-

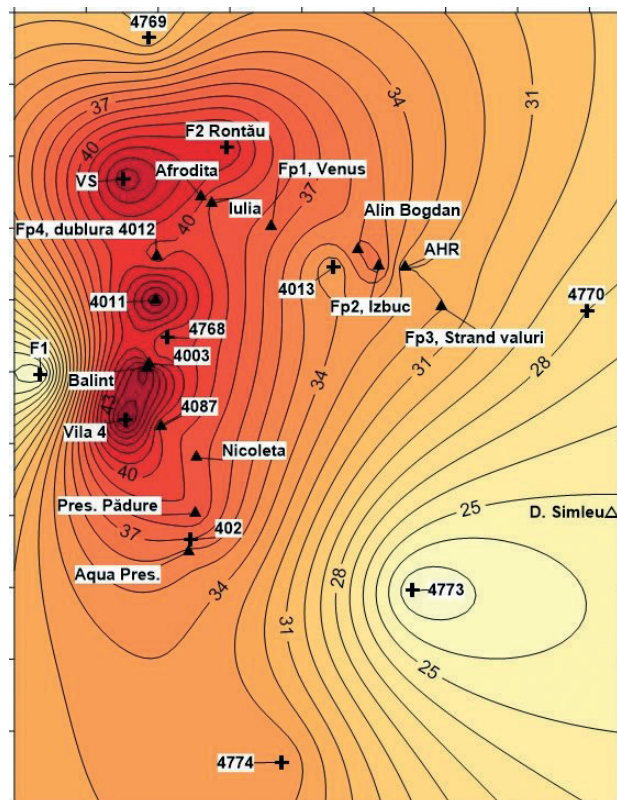


Fig. 14.4. Distribuția areală a temperaturii apelor extrase din zăcământul Felix - 1 Mai. (triunghi - sonde productive, cruce - alte sonde).

mântului. În graficul din fig. 14.6 se prezintă variația nivelului acviferului termal în sonda Afrodită și valorile medii săptămânale ale CE a apei sondelor Balint, 4003, 4011 și 4012 pentru perioada octombrie 2014 - martie 2018. CE prezintă o variație ciclică anuală cu creșteri mai abrupte și scăderi mai lente, asemănătoare oscilațiilor suprafeței acviferului termal înregistrate în sonda amintită. Valoarea medie a CE variază între 580 și 680  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ecartul de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  reprezentând cca 16% din valoarea medie a CE. În același grafic se prezintă precipitațiile zilnice măsurate la punctul hidrometric Sânmartin și debitul mediu zilnic extras din zăcământul Felix-1 Mai în perioada octombrie 2014-noiembrie 2016 prin sondele licențiate. Sondele ilegale contribuie și ele la exploatarea zăcământului dar ponderea lor nu se cunoaște.

Valorile medii ale CE înregistrate la cele 4 surse în perioada de observații au fost: Balint-727,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 4011-642,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 4003-640,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  și Fp4 (dublura 4012)-506,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , alura dispoziției areale a CE din anul 1977 menținându-se dar cu valori mult mai mici.

Pe lângă scăderea în timp a mineralizației apelor termale, analizele chimice au evidențiat și o schimbare a caracterului chimic al apelor în sensul trecerii lui de la tipul  $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$  la tipul  $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$  datorată creșterii ritmului de alimentare al zăcământului cu ape mai puțin mi-

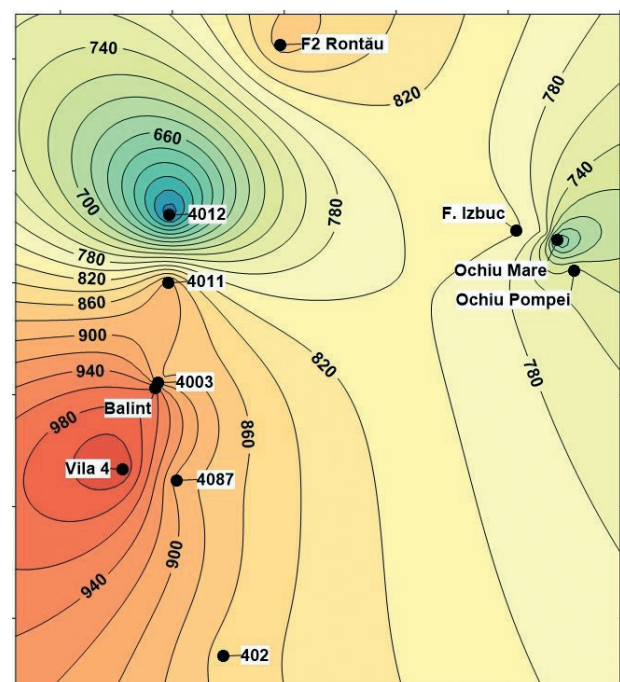


Fig. 14.5. Distribuția areală a CE a apelor termale în anul 1977. (Analize chimice L. GILĂU, 1977).

neralizate de tip Ca-HCO<sub>3</sub>, (A.TENU, 1975, L. GILAU, 1997).

Pe parcursul unui an debitul extras din zăcământ variază datorită solicitărilor balneare sezoniere. CE a apelor pompate este influențată de intensitatea pomparei, iar evoluția ei indică originea apelor pompate cu diferite debite.

Variația CE a apelor pompate este sincronă cu variația nivelului apelor subterane. Variația debitului de pompare conduce la modificarea CE a apelor prin schimbarea raportului de amestec dintre apele provenite din rezerva dinamică, mai puțin mineralizate și cele din zona pseudostagnantă, mai încărcate mineral. La debite reduse de pompare volumul de apă este asigurat de ape de amestec cu CE moderată provenite din ambele zone, CE prezintă o scădere lentă și cota acviferului se menține la valori ridicate. Creșterea debitului de pompare peste o anumită valoare, (debitul critic,  $q_c$ ), conduce imediat la scăderea accentuată a CE a apelor pompate prin solicitarea suplimentară a zonei dinamice și la scăderea nivelului acviferului.

Scădere debitului de pompare sub valoarea debitului critic conduce din nou la schimbarea raportului dintre apele provenite din rezerva dinamică și din zona pseudostagnantă, la creșterea CE și la revenirea nivelului acviferului.

Valoarea debitului critic variază cu mărimea rezervelor dinamice formate din precipitații. În

perioada de observații 2014-2016 debitul critic a avut o creștere continuă, de la cca 100 l/s la cca. 150 l/s, urmărind trendul ascendent al precipitațiilor. În anul hidrologic X.2014-IX.2015 pârâul Crișu Pietros a avut un debit mediu de 2,67 m<sup>3</sup>/s, iar în perioada X.2016-IX.2017, 3,86 m<sup>3</sup>/s.

În perioada de observații de trei ani se constată o scădere constantă a CE a apei pompate, o diluare a ei. Amplitudinea oscilațiilor sezoniere a CE s-a redus în fiecare an datorită probabil modificării structurii de exploatare a zăcământului, diferențele sezon estival vs extrasezon estompându-se.

Curbele de distribuție frecvențială a claselor de CE a apei pompate din acviferul termal din zona Felix-1 Mai, obținute prin raportarea la clase de CE de 10 μS/cm a șirului de valori medii săptămânale măsurate la sondele Balint, 4003, 4011 și 4012, pentru anii hidrologici X.2015- IX.2016 și X.2016- IX.2017 sunt plurimodale, fig. 14.7. Clasele de CE cu o valoare mai mare de 620 μS/cm au o pondere de 70-75% din volumul de ape pompate în detrimentul apelor mai diluate.

Utilizarea măsurătorilor de CE se dovedește un instrument util în elucidarea modului de alimentare al zăcământului. Efectuarea de măsurători permanente cu senzori de CE și presiune, alături de cunoașterea mai precisă a debitelor exploatate va conduce la aprofundarea acestui demers și la

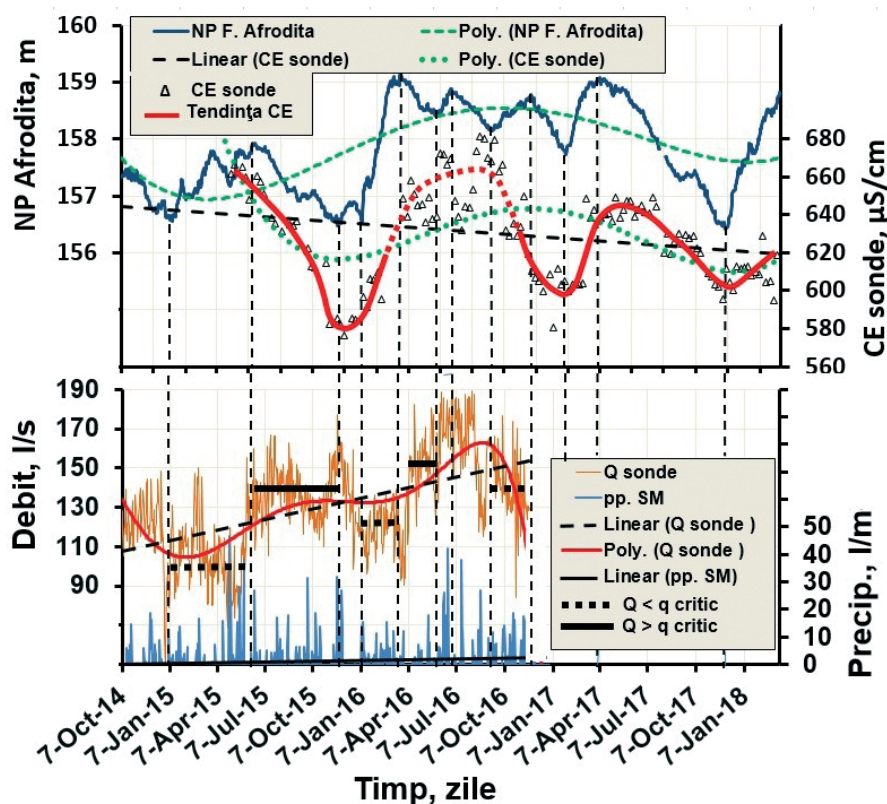


Fig. 14.6. Conductivitatea electrică a apelor termale prezintă variații sezoniere similare oscilațiilor nivelului piezometric al acviferului termal.



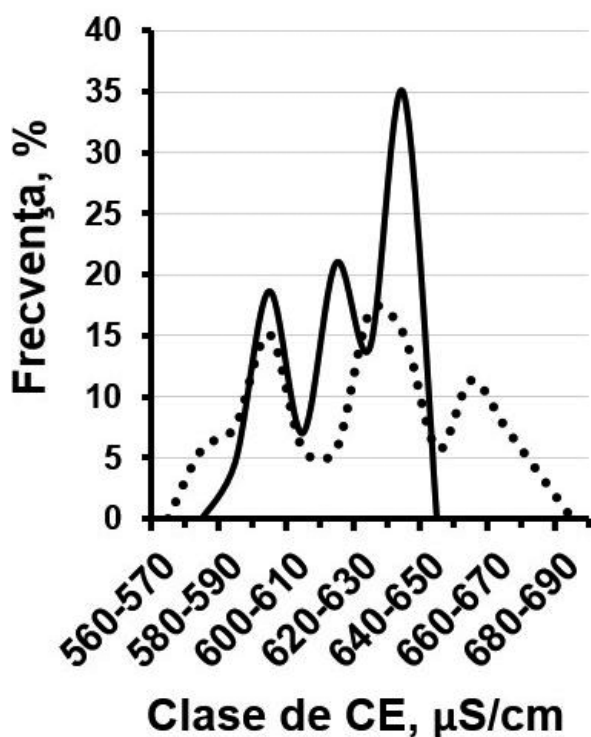
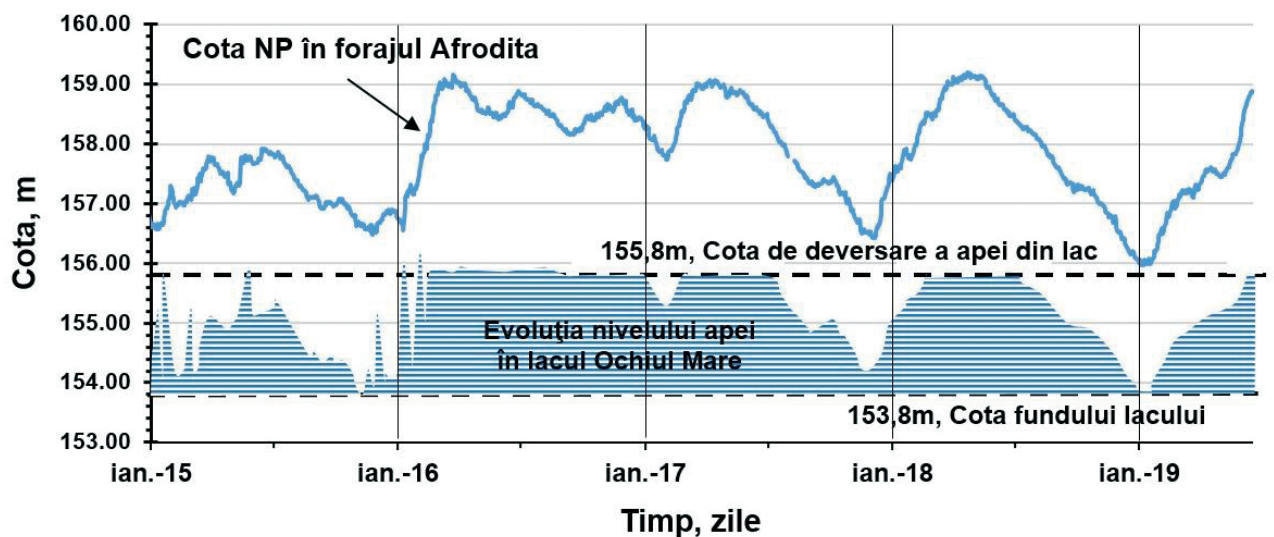


Fig. 14.7. Distribuția procentuală a claselor de CE a șirului de valori medii săptămânale a apei sondelor Balint, 4003, 4011 și 4012 pentru anul hidrologic X. 2015-IX. 2016, (linie punctată) și pentru anul hidrologic X. 2016- IX. 2017, (linie continuă)

stabilirea modului judicios de exploatare a rezervei de apă termală.

Senzorul de înregistrare a fluctuațiilor nivelului acviferului termal în sonda în conservare Afrodita a funcționat până în luna iunie 2019 când s-a epuizat bateria. În fig. 14.8 se prezintă oscilațiile nivelului piezometric înregistrate în sonda Afrodita alături de fluctuațiile nivelului lacului Ochiu Mare în perioada ianuarie 2015-iunie 2019.



14.8. Evoluția nivelului apei din lacul Ochiu Mare reflectă dinamica nivelului piezometric al apelor termale din zăcământul Felix-1 Mai.

#### 14.1.2. Considerații privind geneza zăcământului Felix-1 Mai

Asupra amplasării zonei de alimentare a apelor termale din perimetrul Oradea-Felix-1 Mai în arealul montan carstic dezvoltat la est sunt de acord majoritatea hidrogeologilor, printre primii care au propus această sursă fiind M. PAUCĂ (1954) și G. VASILESCU și G. NECHITI (1968). Fluxul de căldură ridicat al Depresiunii Panonice este considerat sursa de încălzire a apelor termale.

Ipotezele propuse privind direcțiile de circulație a apelor se bazează pe interpretarea rezultatelor analizelor chimice și izotopice, (A. TENU, 1976-1979) și a testului de interferență Oradea-Felix, (I. COHUT, G. PAAL, 1985), prima dintre acestea fiind cea propusă de G. PAAL în anul 1975. Același autor în anul 2013 precizează: „acviferul de la Băile Felix-1Mai reprezintă aria naturală de descărcare a sistemului convectiv hidrotermal dezvoltat în rocile triasice din subsolul municipiului Oradea”. Autorul consideră constantă cantitatea aflului de apă ascendent din profunzime, alimentarea acviferului de la Băi fiind condiționată de acviferul adânc de la Oradea.

Ipoteza este reiterată deasemenea de I. COHUT (2013), „Apele provin din precipitațiile căzute în Munții Pădurea Craiului, curg spre vest, încălzindu-se treptat (Aleșd 44°C, Tileagd 56°C, Oradea-est 70°C, Oradea – centru 80°C și Oradea-vest 100°C) și se descarcă - încă de la sfârșitul terțiarului - prin izvoarele din zona Băilor 1 Mai...”.

În abstractul lucrărilor Conferinței Central Europene pentru ape subterane, 14-16 octombrie 2015, A. ȚENU menționează că „luând în considerare distribuția tuturor parametrilor (bărilor) pentru blocul



tectonic Oradea (între Sânanndrei și Sânmartin) se ajunge la concluzia prezenței unei circulații inverse a apelor subterane la nivelul acviferului triasic din blocul Oradea, de la NV spre SE de la Sânanndrei spre area de drenaj Sânmartin-Băile Felix-Băile 1 Mai, arie asimilată faliei est-panonice Velența”.

La aceiași Conferință, I. ORASEANU propune ipoteza privind căreia „zăcământul Felix-1 Mai este localizat structural la intersecția sistemului de falii Galbena cu sistemul orientat N-S de-a lungul cărui a căzut spre vest Bazinul Panonic. Din pdv hidrogeologic sistemul Galbena constituie un dren major care colectează apele superficiale și subterane de pe rama montană a Bazinului Beiușului și le antrenează într-o curgere rapidă regională spre vest participând la alimentarea zăcământului geotermal Felix-1 Mai”. Ipoteza este prezentată de autor și în lucrarea apărută în același an despre Bazinul Beiușului.

În anul 1996 a fost descoperită prezența apelor cu temperaturi ridicate (84°C) în fundamentul Bazinului Beiușului, iar ipoteza prezenței faliei Galbena ca dren pentru alimentarea zăcământului termal de la Felix-1 Mai deschide noi perspective în interpretarea poziției arealelor de alimentare și a surselor de încălzire a apelor care au condus la formarea acestui zăcământ.

Apele tranzitate pe sistemul de fracturi crustale Galbena, alimentate de acviferele de pe rama montană estică a Bazinului Beiușului se încălzesc datorită fluxului termic ridicat al bazinului și ajung

în zona Felix ca ape termale, în zona de intersecție a drenului cu falia Velența.

Depozitele senoniene și neogene care acoperă calcarele cretacic inferioare formează un ecran impermeabil pentru acviferul sub presiune din calcarele cretacic inferioare. Ele limitau dinamica apelor subterane înainte de eroziunea lor în zona Peța-Ochiul Mare și formarea aici a unei zone de descărcare a acviferului carstic.

Deschiderea acviferului carstic pe p. Peța a condus la activarea circulației apelor subterane, a dinamicii apelor termale de pe drenul Galbena, antrenarea lor ascensională pe zona de zdrobire a faliei Velența și dirijarea lor pe sub cuvertura impermeabilă spre sursele de pe pârâul Peța situate la cotele cele mai scăzute din areal, fig. 14.9.

Pe măsura ridicării spre suprafață pe zona de zdrobire a faliei Velența apele termale difuzează și în lateral, invadând zonele fisurate ale depozitelor situate pe traseul lor spre punctul de descărcare din p. Peța. Corpul de apă termală se dezvoltă în principal sub ecranul etanș care acoperă calcarele cretacic inferioare. În interiorul lui temperaturile locale sunt diferite, regizate de deschiderea fisurilor și de viteza de circulație a apelor pe acestea. Apele mai calde se găsesc sub ecran, inversiunea termică bine evidențiată la sonda 4012 fiind întâlnită și la alte zăcăminte localizate în roci carbonatice (Moneasa, Geogiu Băi etc). Modelul propus

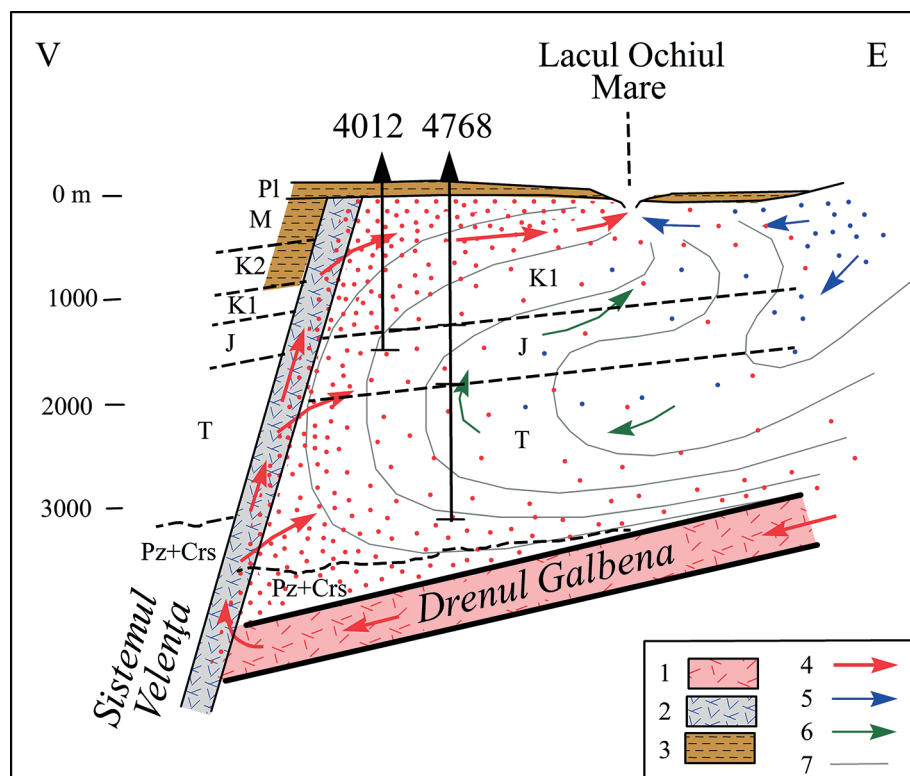


Fig. 14.9. Model ipotetic privind geneza zăcământului termal de la Băile Felix - 1 Mai.

- 1 - Drenul Galbena,
- 2 - Sistemul de falii Velența,
- 3 - Acoperișul impermeabil al calcarelor cretacic inferioare,
- 4 - Direcția de circulație a apelor calde,
- 5 - Direcția de circulație a apelor reci,
- 6 - Zona de amestec a apelor calde și reci,
- 7 - Izoterme.

explică și creșterea temperaturii apei pompate din partea bazală a forajului 4768 după traversarea unui interval cu o temperatură mai scăzută.

Prezența unor ape mai reci și mai slab mineralizate în zona Băilor 1 Mai indică un aport de ape subterane mai reci cu o circulație dinamică pe falia nordică a horstului dl. Șimleu, accident tectonic care a impus traseul pârâului Peța cu afluentul său Jariște. Interfluviul dintre p. Hidișel și p. Peța din arealul Băilor Felix-1 Mai este zona de interferență a celor două tipuri de ape.

Studiile cu izotopi efectuate de către Institutul de Izotopi Stabili din Cluj-Napoca au indicat prezența unui decalaj de cel mult 1-2 luni între sosirea apelor de suprafață, reci și a celor subterane, calde, în sursele termale, (L. BLAGA, 1974).

Proveniența sursei componente sulfatice din compoziția chimică a apei debitate de sondele de la Felix este legată de levigarea depozitelor anisene cu anhidrit și gips și a piritelor diseminate în dolomitele și calcarele afectate de fracturile sistemului Galbena, afirmație susținută de compoziția chimică a apei forajului 4008 de la Corbești, amplasat pe aliniamentul acestui sistem, (fig. 13.2).

Forajul 4008 de la Corbești a fost săpat de IFLGS în anul 1965. El a străbătut depozite pliocene (0-382 m), sarmațiene (382-1045 m), tortoniene (1045-1190 m), triasice (1190-3040m) și permieni (3040-3303,5 m). Coloana a fost perforată pe intervalul 1200-1250 m, sonda debitând artezian apă cu temperatura de 34°C și un debit de 1,5 l/s. În anul 1974 sonda debita cu 3 l/s și 37°C apă termală de tip sulfatat, Ca-Mg-Na-SO<sub>4</sub>, cu mineralizație medie, (E. ANGHEL, I. ORASEANU, 1974, tabelul 13.1). Anionul SO<sub>4</sub><sup>-</sup> este prezent în apa forajelor de la Băile Felix, de tip Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, caracterul bicarbonatat fiind ușor de dobândit prin amestec cu apele carstice, calcarele și dolomitele dominând paleta litologică a rocilor de pe traseul sistemului de falii Galbena.

Evoluția sistemele carstice se face din amonte spre aval, pe măsura migrării zonelor de drenare spre puncte situate mai jos altimetric, migrare însoțită de fosilizarea vechilor puncte active. Este și cazul avenului Betfia, situat la sud de dealul Șimleu, format anterior străpungerii acoperișului impermeabil al acviferului carstic în p. Peța, proces care a condus ulterior la scăderea presiunii acviferului și abandonarea alimentării cavitațiilor hidrotermale ale avenului.

## BIBLIOGRAFIE

- Andriescu G., Balint I. 1971: Raport asupra prospecțiunii electrometrice pentru ape termominerale la vest de Băile Felix. Arh. I.G.P.
- Andriescu G., Mihail C. 1976: Cercetări geoelectrice pentru descoperirea de noi surse de ape termale la Băile Felix. St. Tehn. Econ. I.G.G. București.
- Anghel E., Orășeanu I. 1974: Studii hidrogeologice și hidrochimice privind inventarierea surselor de ape termale în perimetrele Borod, Beiuș, Moneasa, Vața, Geoagiu Băi, Călan, cu privire specială asupra zăcămintului de la Moneasa, jud. Arad, Bihor, Hunedoara. Arhiva S.C. Prospecțiuni S.A., București.
- Bakalowicz M. (1982): La genese de l'aquifere karstique vue par un geochimiste. Reunion monografica sobre el karst - Larra 82, 159-174.
- Blaga L. 1974: Studiu bazat pe măsurători de concentrația deuteriului în apele termominerale de la Băile Felix. Arh. Inst. izotopi stabili, Cluj - Napoca.
- Bordea S, Marinescu F, Bordea J, Mantea G. 2017: Harta geologică a României, scara 1:50.000, foaia Tășad.
- Bretotean M., Mircescu V., Blidar I., 1998: The analysis of the behaviour under exploitation of the Inferior Cretaceous Thermomineral Aquifer System of Băile Felix - 1Mai related to the Triassic Geothermal Aquifer System Oradea with the purpose to determine the exploitable resource of water, Proceedings of the International Symposium Mineral and Thermal Groundwater, Miercurea Ciuc Romania, p. 31-38.
- Cohut, I. 1986: Sistemul hidrogeotermal Oradea-Felix. Nymphaea, p. 617-628, Oradea.
- Cohut, I. 2013: Dinamica sistemului hidrogeotermal Oradea - Felix - 1Mai, Nymphaea, XL, 109-125, Oradea.
- Cohut, I., Paal, G. 1985: Studiu privind comunicația hidrodinamică între zonele geotermale Oradea și Felix-1 Mai la data de 1. III. 1985. Arhiva I.F.L.G.S. București.
- Flamaropol Victoria, 1975: Studiul geologic, hidrogeologic și hidrochimic complex și detaliat asupra zăcămintului de apă termominerală de la Băile Felix. Arhiva I.S.L.G.C. București.
- Gilău L. et al., 1977: Urmărirea variației în timp a caracteristicilor fizico-chimice, redioactive și hidrodinamice ale surselor de ape termale cu

- inițierea măsurătorilor de fund. Inst. Inv. Sup. Oradea.
- Gilău L, 1997: Caracterizarea chimică a apelor geotermale din Câmpia de Vest a României - Teză de Doctorat, UBB, Facultatea de Chimie și Inginerie Chimică, Cluj-Napoca.
- Ianovici V., Borcoș M., Bleahu M., Patrulius D., Lupu M., Dumitrescu R., Savu H., 1976: Geologia Munților Apuseni. Ed. Acad. Române, București, 631 p.
- Istocescu D., Mihai A., Diaconu M., Istocescu F. 1967-1968: Studiul geologic al regiunii cuprinse între Crișul Repede și Crișul Negru. Dări de seamă ale ședințelor, vol. LV, 5. Tectonică și geologie regională, I.G.G. București: p. 89-106.
- Merten S., Matenco L., Focken J. P. T., Andriessen P.A.M. 2011: Toward understudying the post-collisional evolution of an orogen influenced by convergence at adjacent plate margins: Late Cretaceous-Tertiary thermotectonic history of the Apuseni Mountains. *Tectonics*, vol. 30, p. 1-28.
- Orășeanu, I, Orășeanu Nicolle. 1983: Studii hidrogeologice complexe pentru ape potabile și stabilirea condițiilor hidrogeologice ale zăcămintelor de bauxită din Munții Pădurea Craiului, jud. Bihor. Problema XIII/12. Arhiva S.C. Prospekțiuni S.A. București.
- Orășeanu, I. 2015: Groundwater dynamics of Beiuș Basin basement and its surrounding mountain areas. *Nymphaea*, XLII, 5-18, Oradea.
- Orășeanu I. (2015): Groundwater dynamics from the Beiuș Basin basement and the surrounding mountain areas. Proc. Abstract of the IAHR Central European Groundwater Conference-2015, Groundwater risk assessment in urban areas, October 14-16, 2015, Constanța, Romania. p. 23-24.
- Orășeanu I. (2016): Groundwater dynamics from the Beiuș Basin basement and the surrounding mountain areas. Proceedings of the IAHR Central European Groundwater Conference-2015, Groundwater risk assessment in urban areas, October 14-16, 2015, Constanța, Romania. p. 58-62
- Orășeanu, I. 2016: Hidrogeologia carstului din Munții Apuseni. Ed. Belvedere, Oradea, 300 p.
- Orășeanu I., 2018: Head and temperature changes induced by earth-tide in Felix - 1 Mai - Oradea thermal aquifer (Bihor, Romania). Proceedings of the International Symposium K A R S T 2018 Espect and Unespected, Trebinje, p. 375-382.
- Orășeanu, I. & Malancu, F. 2016: Date preliminare privind dinamica acviferului termal din zona Felix-1 Mai, Bihor, Romania. Proceedings of the IAHR Central European Groundwater Conference-2015, Groundwater risk assessment in urban areas, October 14-16, 2015, Constanța, Romania: 63-80.
- Orășeanu I, Malancu F, 2017: Dynamics of the Felix-1 Mai thermal aquifer (Bihor country, Romania). *Nymphaea*, XLIV, 5-36, Oradea.
- Orășeanu I., Tenu A, Iurkiewicz A., Malancu F. 2017: Studiu hidrogeologic privind situația actuală a resurselor sistemului geotermal Oradea-Băile Felix-1 Mai și posibilitățile de protejare a sitului comunitar ROSCI 0098, Lacul Peța. RAPORT FINAL\_FELIX\_2017 (Rezumat), <http://www.ahgr.ro/Proiecte/Felix-Oradea-2014>.
- Paal G. 1975: Contribuții la hidrogeologia zăcămintului de ape termale din zona Oradea-Felix. *Nymphaea* III, Oradea, 5-22.
- Paal G. 2013: Sinteza particularităților hidrogeologice ale acviferului termal de la Băile Felix-1 Mai. *Nymphaea*, XI, Oradea, 83-107.
- Patrulius D., Lupu M., Borcoș M. 1968: Harta geologică a RSR, sc. 1:200000. Notă explicativă privind foaia 9 Șimleu Silvaniei, Edit. Inst. Geol., 44 p.
- Paucă M. 1958: Izvoare termale de la vest de Munții Apuseni. *Natura*, vol. X, nr. 2, București.
- Plaviță Ramona. 1985: Reservoir model of the Oradea geothermal resource area deduced from the geological, chemical and thermal data. p. 133-140. Oral presentation at the 19th Itinerary Congress on Oil, Gas and Water, Hajd Szoboszl, 3-4 Oct. 1985, Hungary.
- Preda I. 1972: Contribuții privind geneza apelor termominerale de la Oradea. *Analele Univ. București*, anul XXI, p.159-173.
- Răbăgia Annamaria, 2009: Studii de stratigrafie secvențială ale părții de nord a Bazinului Pannonic pentru stabilirea evoluției tectono-stratigrafice. Teză de doctorat. Universitatea București.
- Săndulescu M. 1994: Overview on romanian geology. *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology*, vol. 75, Supplement no. 2, ALCAPA II Field Guidebook: 3-15.
- Slăvoacă D., Feru M. 1961: Prospekțiuni hidrogeologice din zona Băilor Victoria și 1 Mai. Arhiva S.C. Prospekțiuni S.A., București.

- Țenu, A. 1975: Cercetări hidrogeologice complexe asupra apelor termale din zona Băilor Felix și 1 Mai. Studii de Hidrologie, XII, p. 75-133. I.M.H.
- Țenu, A. 1981: Zăcămintele de ape hipertermale din nord-vestul României. Ed. Academiei RSR: 208 p.
- Țenu, A. 2015: Oradea-Felix & 1 May spa area: Some new data regarding conceptual model of geothermal hydrostructure. Proc. Abstract of the IAHR Central European Groundwater Conference-2015, *Groundwater risk assessment in urban areas*, October 14-16, 2015, Constanța, Romania: p. 54-55.
- Țenu, A. 2016: Date noi privind modelul conceptual al structurii geotermale Oradea-Felix & 1 Mai. Proceedings of the IAHR Central European Groundwater Conference-2015, *Groundwater risk assessment in urban areas*, October 14-16, 2015, Constanța, Romania: p. 208-229.
- Vasilescu Gh., Nechiti G. 1965: Cercetări hidrogeologice în zona stațiunilor balneare „Felix” și „1 Mai”, județul Bihor. Dări de Seamă, I.G.R., vol. 51/2, p. 115-133, București.
- Vasilescu Gh. & Nechiti G. 1968: Contribuții la cunoașterea geologiei și hidrogeologiei zonei orașului Oradea. Bul. Soc. de științe geologice din R. S. Romania, vol. X, p. 291-307, București.
- Veliciu S. 1971: Studii geotermice regionale în zona Oradea. Arh. Inst. de Geofizică Aplicată.
- Veliciu S., Zamfir A, 1986: Studiul geotermal al ariei Oradea - Băile Felix. Arh. Inst. de Geologie și Geofizică, București.



## 14.2. EFECTUL MARELOR TERESTRE ASUPRA SUPRAFEȚEI ACVIFERULUI TERMAL DIN ZONA FELIX - 1 MAI

În toate sondele din zona Felix-1 Mai (colector cretacic inferior) și din zona Oradea (colector cretacic inferior și triasic), trendul pe termen lung al suprafeței piezometrice este brodat cu oscilații ritmice semidiurne cu amplitudini de până la 20 cm. Alura lor este alterată de procesele de exploatare a apelor termale.

Seriile orare de cote ale acviferului termal au fost corectate pentru eliminarea sarcinii barometrice și analizate folosind Transformanta Fourier pentru evidențierea prezenței oricărei frecvențe periodice. Periodogramele prezintă tabelul complex al componentelor mareice, evidențiinduse valoarea mare a valorilor Fourier pentru componentele M2 (semidiurnă principal lunară) și K1 (semidiurnă solar-lunară). Periodicitatea componentei M2 prezintă o evoluție anuală ciclică. Areal în zona Felix-1 Mai se remarcă prezența valorilor maxime ale componentei pe aliniamentul asimilat aflurilor maxime de ape termale.

Prelucrarea seriilor temporare orare de temperaturi evidențiază prezența componentelor mareice K1, lunar-solar diurnă și S2 și P1, principal solar semidiurne, precum și prezența unor periodicități generate de programele de exploatare ale sondelor.

### INTRODUCERE

Mareele terestre sunt produse de forțele de atracție gravitaționale ale Lunii și Soarelui asupra Pământului. Ele se manifestă ca ridicări și coborâri ritmice ale suprafeței acestuia cu amplitudini ale deformării radiale de până la 40 de centimetrii (L. METIVIER 2009). Luna exercită o forță de atracție aproape dublă vis a vis de Soare, amplitu-

dinea mareelor fiind regizată în principal de poziția ei față de Pământ.

Amplitudinea forțelor gravitaționale este periodică în timp, asemănătoare mișcării corpurilor celeste care le generează. Acest fapt conduce la prezența unui potențial mareic mare, oscilațiile suprafeței **terestre** formând o sumă de sinusoidale (armonice) cu frecvențe și faze diferite numite componente sau componente mareice, (D. C. AGNEW, 2005). Frecvența mareelor terestre este identică pentru întregul glob terestru, amplitudinea și faza lor fiind însă specifică fiecărui loc de pe Pământ. 5 componente mareice (M2, S2, N2, K1 și O1) totalizează 95% din potențialul mareic (J. D. BREDEHOEFER, 1967, MELCHIOR, 1964 și tabelul 14.1).

Ciclul diurn al mareelor urmărește ziua lunară, mai lungă cu 50 de minute decât ziua solară (24 ore). Pe parcursul unei zile lunare forțele maxime de atracție ale Lunii se manifestă de două ori, la trecerea ei deasupra locului în discuție (Lună nouă) și apoi prin punctul opus situat simetric față de centru Pământului (Lună plină). La mijlocul mișcării de rotație a Lunii între cele două puncte amintite, forțele de atracție sunt minime (primul și ultimul pătrar). Oscilațiile suprafeței Pământului induse de mareele terestre prezintă componente cu perioadă apropiată de 12 ore, subliniind caracterul semidiurn al acestora. Ele sunt în principal lunare (M2 și N2).

Forțele de atracție gravitaționale exercitate asupra scoarței terestre au intensități variabile, ritmice și **produc** fluctuații ale stresului aplicat scheletului acviferelor traduse prin variația presiunii apei din porii rocilor și evidențiată prin oscilațiile nivelului apelor subterane în forajele care deschid acvifere sub presiune (J. D. BREDEHOEFER, 1967) sau cu permeabilitate mică (S. ROJSTACZER, D.

	Simbol	Frecvența unghiulară, (rad/oră)	Frecvența, (cicluri/zi)	Perioada, (ore)	Amplit. verticală tipică, (mm)	Raport, m=100	Descriere
Semi-diurn	M2	0,50586804	1,93227356	12,420602	108	100	Principal lunar semidiurn
	S2	0,52359878	2,0	12,0	25,05	46,6	Principal solar semidiurn
	N2	0,49636693	1,89598199	12,658348	10,31	19,2	Lunar eliptic semidiurn
	K2	0,5250322	2,0055152	11,967	6,082	11,97	Solar-lunar semidiurn
Diurn	K1	0,26251618	1,00273794	23,934469	32,01	23,93	Lunar-solar diurna
	O1	0,24335189	0,92953574	25,381934	22,05	25,82	Principal lunar diurna
	P1	0,2610825	0,9972575	24,066	10,36	25,0	Principal lunar diurna

Table 14.1. Componentele armonice ale mareelor, după L. M. MERRITT, 2004. Limita amplitudinii tipice după WILHELM et al., 1997, în M. L. DOAN et al., 2006.

C. AGNEV, 1989). Forțele gravitaționale maxime conduc la atragerea suprafeței terestre, la decompresarea și afânarea rocilor evidențiată prin lărgirea fisurilor, mărirea porozității și scăderea nivelului apelor subterane. La reducerea intensității acestor forțe gravitaționale rocile se reasează, matricea rocii se comprimă din nou, dimensiunile fisurilor și porozitatea rocii scad, apa subterană fiind parțial expulzată din acestea, fapt vizualizat prin ridicarea nivelului apelor subterane în foraje, (P. A. HSIEH et al., 1987, L. M. MERIT 2004).

Variațiile periodice ale presiunii atmosferice produc deasemenea modificări ale stresului aplicat acviferelor.

Mareele terestre prin aspirarea și expulzarea ritmică a apei din fisurile masivelor carstice, prin reînnoirea ei permanentă, au un rol deosebit în speogeneză accelerând evoluția proceselor de carstificare.

### MONITORIZAREA DINAMICII SUPRAFEȚEI ACVIFERULUI TERMAL

Evoluția cotei suprafeței acviferului termal s-a urmărit prin plasarea de senzori de presiune și temperatură în majoritatea sondelor exploatare din zona Felix-1 Mai, în sonda în conservare Afrodita din 1 Mai, în sondele în conservare 1730 Cihei, (colector triasic deschis 2080-2800 m) și

1715, (colector triasic deschis, 2250-2700 m) din Oradea și în sonda 1720 Sânanndrei exploatare prin curgere liberă cu debit redus, (colector cretacic inferior, cca 1800 m), (fig. 14.10). Inregistrările au fost efectuate la intervale de o oră cu senzori tip Schlumberger Water Services Mini Divers, (cu un ecart al presiunii de 10 mH<sub>2</sub>O, acuratețe ±0,05 FS și rezoluție 0,25 cm H<sub>2</sub>O).

În zona Felix-1 Mai mișcarea pe termen lung a suprafeței piezometrice a acviferului termal este ondulatorie cu amplitudini de până la 2,5 m, cu periodicități regizate de extinderea ciclurilor hidrologice și inflexiuni produse de fluctuațiile exploatareii zăcământului (fig. 14.11). Ea este sincronă în toate forajele din zona Felix-1 Mai, subliniind prezența unui acvifer unic.

În toate sondele din zona Felix-1 Mai (colector cretacic) și din zona Oradea (colectoare cretacice și triacice), trendul pe termen lung al suprafeței piezometrice este brodat cu oscilații ritmice semi-diurne cu amplitudini de până la 20 cm, maxime în perioadele cu Lună nouă și Lună plină și minime în primul și ultimul pătrar, (fig. 14.12).

Seriile orare de cote ale suprafeței piezometrice au fost corectate pentru eliminarea sarcinii barometrice și analizate folosind Fast Fourier Transform pentru evidențierea prezenței oricărei frecvențe periodice. Ele au fost analizate spectral

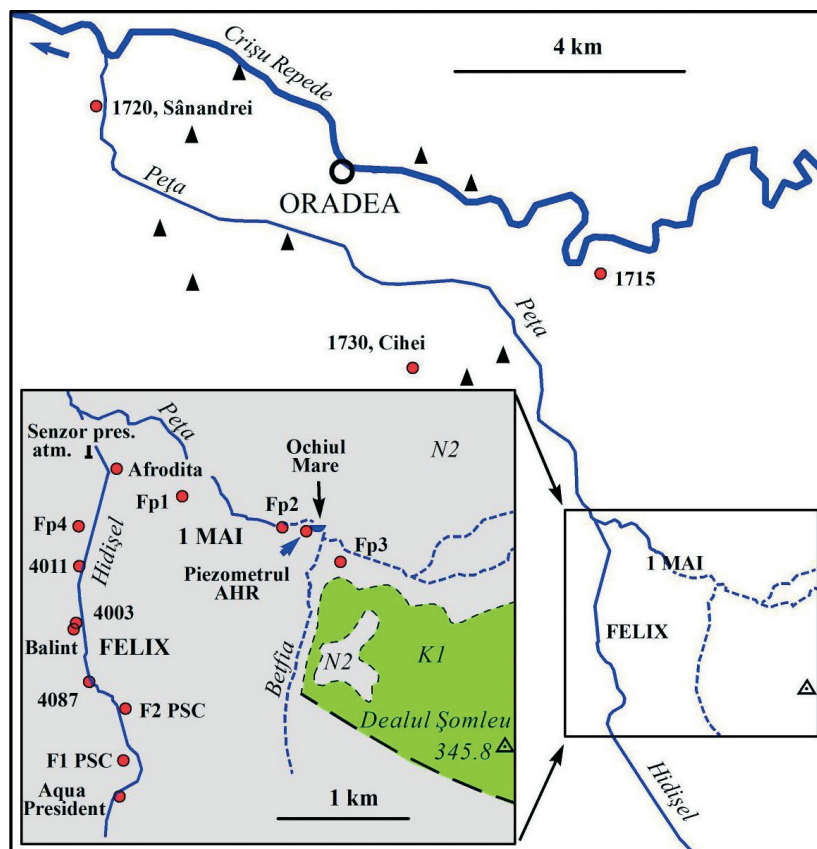


Fig. 14.10. Amplasarea sondelor monitorizate. (Cercuri roșii-sonde monitorizate; triunghiuri negre-sonde de exploatare Oradea; N2-Nisipuri și argile pliocene; K1-Calcare cretacic inferioare).

cu programul XLSTAT 2014, obținându-se valori pentru frecvență (cpd, cicluri pe zi), frecvența unghiulară (rad/oră), perioadă (ore) și amplitudine Fourier, evidențiindu-se componentele principale ale mareelor, periodicitatea și amplitudinea lor, (tabelul 14.2). Pentru fiecare foraj au fost întocmite periodograme prin raportarea amplitudinii transformantei Fourier la perioada sau frecvența mareelor. Prelucrările au fost efectuate pentru diverse perioade de timp din intervalul 2014 - 2017, pentru șirurile orare de cote ale nivelurilor piezometrice din sonde, de presiune atmosferică și temperaturii ale apelor termale pompatate.

Sondele se exploatează prin aspirație cu denivelări și programe foarte diferite de pompare, fapte traduse prin interferențe multiple între sonde și un joc permanent al suprafeței piezometrice a acviferului termal.

Prelucrările seriilor temporale de cote ale nivelului apelor în foraje au ilustrat prezența componentelor mareice în toate sondele. Prelucrările seriilor scurte (ex. o lună) furnizează valori diferite ale frecvențelor componentelor mareice față de valorile standard din tabelul 14.1 și surprind prezența unor periodicități diferite impuse de exploatarea sondelor, periodicități cu amplitudini care estompează valorile standard ale componentelor mareice. Cu cât seriile sunt mai lungi (1-2 ani) prezența componentelor mareice se reliefează foarte bine pe periodograme, iar frecvențele lor sunt apropiate de cele standard.

Presiunea atmosferică a fost monitorizată cu un senzor amplasat în stațiunea 1 Mai la cota 154,8 m, cu înregistrări la intervale de o oră. Spectrul ei de densitate pentru o perioadă de doi ani prezintă două maxime cu periodicități de 24,016 și de 12

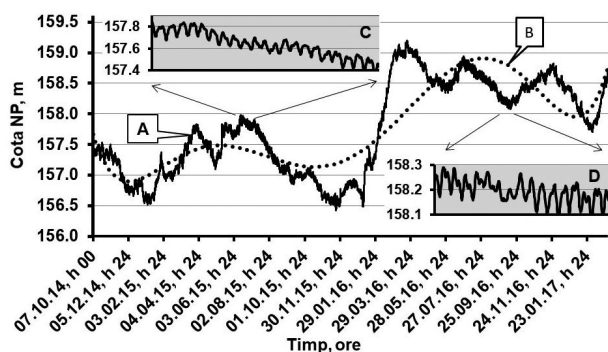


Fig. 14.11. Evoluția cotei suprafeței piezometrice a acviferului termal în sonda Afrodita în perioada 2014-2017, (A). Tendința polinomială de ordinul 6, (B). Oscilațiile suprafeței produse de mareele terestre: perioada 10-31.07.2015, (C) și perioada 01-16.09.2016, (D).

ore, atribuite componentelor solare S1 și S2, (tabelul 14.2 și fig. 14.13). Componentele presiunii atmosferice S1 și S2 au frecvențe identice cu componentele mareelor terestre K1 și S2.

Periodogramele frecvențelor armonice întocmite pentru seriile orare de cote ale suprafețelor piezometrice măsurate în sondele Afrodita și Cihei prezintă tabelul complet al componentelor mareice terestre, evidențiinduse prin valoarea mare a valorilor Fourier componentele M2 și K1, (tabelul 14.2 și fig. 14.4).

Oscilațiile mareice ale suprafeței acviferului termal sunt resimțite și în lacul Ochiul Mare conectat la acvifer printr-o fisură care îi asigură o relație permanentă de alimentare-drenare cu acviferul (tabelul 14.2). El reprezintă un piezometru natural al acviferului termal.

Componenta mareică M2 generată de forțele de atracție lunare este lipsită de influențe induse de variația presiunii atmosferice și se utilizează pentru caracterizarea tipurilor și parametrilor acviferelor. Prezența unui semnal puternic M2 alături de prezența unui semnal O1 indică captarea unui acvifer sub presiune (J. D. BREDEHOEFER 1987). Lipsa componentei M2 alături de dominanța semnalului S2 indică un acvifer cu nivel liber (WEEKS 1979, în K. A. RAHI 2010). Dacă ambele componente M2 și S2 sunt prezente, cu dominanța componentei S2, acviferul se consideră semideschis.

Sondele de observație Afrodita și Cihei prezintă caracteristici spectrale proprii unui acvifer sub presiune. În schimb, în sonda 4011 exploatată continuu pe toată durata studiului nostru, componenta K1 lunar-solar diurnă are valoarea maximă.

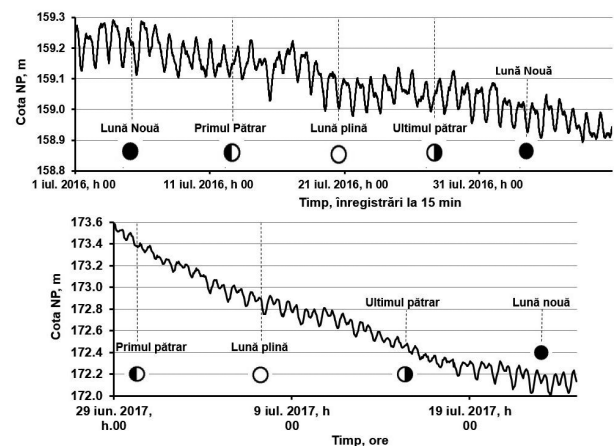


Fig. 14.12. Evoluția nivelului piezometric al acviferului termal în sondele Afrodita (sus) și 1720 Sănandrei, (jos). Forma și amplitudinea oscilațiilor nivelului este influențată de fazele Lunii

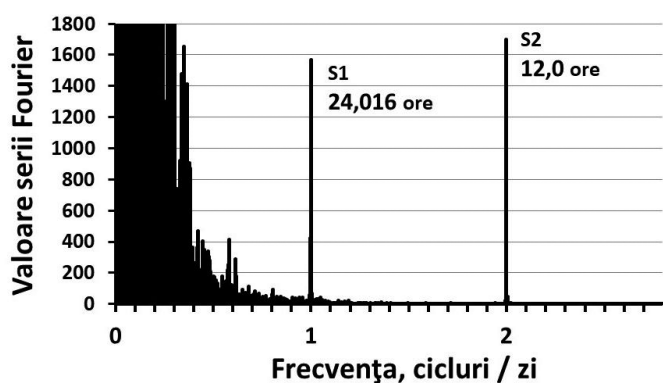


Fig. 14.13. Periodograma frecvențelor armonice prezente în seriile temporale de presiune atmosferică înregistrate la 1 Mai, în perioada 20.01.2015-28.01.2017.

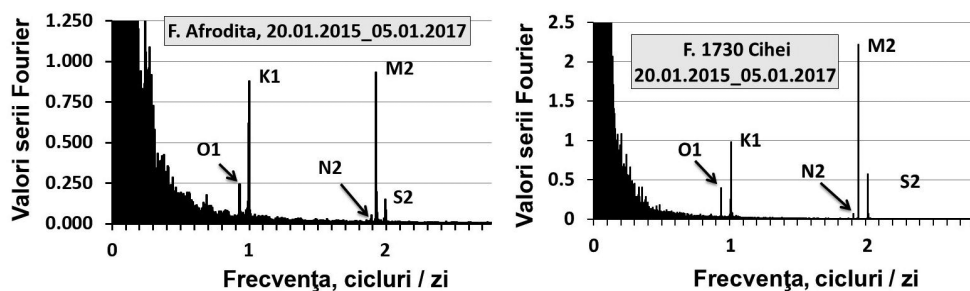


Fig. 14.14. Periodogramele frecvențelor armonice prezente în seriile temporale de presiuni înregistrate la forajele Afrodita, stânga și 1730 Cihei, dreapta.

Locația	Simbolul Componentei mareice	Perioada de timp observată								
		3 luni, (16.06-13.09.2015)			Un an, (10.01.2016-28.01.2017)			Doi ani, (20.01.2015-28.01.2017)		
		Frecv. unghiulară (rad / oră)	Perioada (ore)	Amplitudinea Fourier	Frecv. unghiulară (rad / oră)	Perioada (ore)	Amplitudinea Fourier	Frecv. unghiulară (rad / oră)	Perioada (ore)	Amplitudinea Fourier
Presiunea atmosferică	K1	0,26192065	23,989	642,7	0,26179939	24,000	1213,8	0,26233114	23,951	448,3
	S2	0,52384129	11,994	177,4	0,52359878	12,000	970,0	0,52359878	12,000	1699,6
Forajul 1730 Cihei	O1	0,24200150	25,963	0,043	0,24310805	25,845	0,161	0,24326764	25,828	0,395
	K1	0,26266017	23,921	0,259	0,26264351	23,923	0,403	0,26257459	23,929	0,981
	M2	0,50466167	12,450	0,143	0,50575156	12,423	0,934	0,50584223	12,421	2,220
	S2	0,52236909	12,028	0,022	0,52383995	11,994	0,233	0,52374504	11,997	0,570
	N2	0,49580795	12,673	0,014	0,49634559	12,659	0,031	0,49636427	12,658	0,072
Forajul Afrodita, 1Mai	O1	0,24200150	25,963	0,070	0,24310805	25,845	0,150	0,24376900	25,775	0,244
	K1	0,26266017	23,921	1,432	0,26264351	23,923	0,899	0,26240851	23,944	0,629
	M2	0,50466167	12,450	0,181	0,50575156	12,423	1,351	0,50581250	12,422	0,933
	S2	0,52236909	12,028	0,006	0,52383995	11,994	0,163	0,52372060	11,997	0,150
	N2	0,49580795	12,673	0,024	0,49634559	12,659	0,084	0,49631024	12,660	0,054
Forajul 4011, Felix	O1	0,24495274	25,651	8,321	0,24383158	25,769	4,230	0,24340399	25,814	5,578
	K1	0,26266017	23,921	116,3	0,26264351	23,923	47,797	0,26240851	23,944	46,853
	M2	0,50466167	12,450	1,258	0,50575156	12,423	0,213	0,50581250	12,422	0,933
	S2	0,52236909	12,028	9,376	0,52383995	11,994	57,840	0,52372060	11,997	20,018
Piezometrul AHR, 1 Mai	O1	0,24354346	25,799	0,530	0,24361682	25,791	0,385			
	K1	0,26241365	23,944	2,107	0,26253852	23,932	3,074			
	M2	0,50595711	12,418	1,762	0,50556404	12,428	0,723			
	S2	0,52364792	11,999	0,442	0,52389443	11,993	0,233			
Lacul Ochiul Mare	O1	0,24337709	25,817	0,223	0,24384800	25,767	0,662	0,24335964	25,819	0,213
	K1	0,26230642	23,954	2,285	0,26279963	23,909	2,507	0,26273828	23,914	3,557
	M2	0,50568352	12,425	0,348	0,50538390	12,433	0,109	0,50564725	12,426	0,318
	S2	0,52371145	11,997	0,016	0,52307233	12,012	0,189	0,52367389	11,998	0,014

Tabelul 14.2. Principalele componente mareice ale presiunii acviferului termal din zona Felix - 1 Mai - Oradea.



Componenta M2 din spectrul armonicelor generate de forțele gravitaționale lunare are amplitudinea Fourier maximă pentru sondele de observație cu perioade lungi de înregistrări. Periodicitatea componentei prezintă o evoluție anuală ciclică evidențiată bine de prelucrarea pe cicluri lunare a seriei de cote orare a suprafeței piezometrice a acviferului termal din sonda 1730 Cihei, periodicitatea componentei variind în intervalul 12,35-12,56 ore, (fig. 14.15).

În fig. 14.16 se prezintă variația areală a amplitudinii Fourier a componentei mareice M2 calculată pentru perioada 16.06-13.09.2015, interval de timp în care am beneficiat de înregistrări dataloger

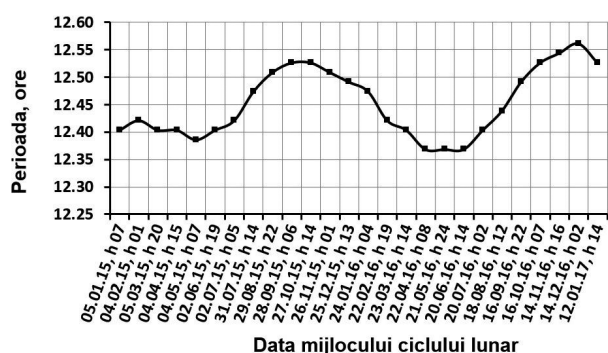


Fig. 14.15. Variația în timp a periodicității componentei principale lunare semi-diurne M2 în sonda 1730 Cihei.

la toate sondelor monitorizate din arealul Felix-1 Mai. Se remarcă prezența valorilor maxime pe aliniamentul forajelor F1PSC-4087-Balint-4011, asimilat aflurilor maxime de ape termale, aliniament cu o transmisivitate ridicată. Graficul sugerează deasemenea variabilitatea mare spațială a parametrilor hidrogeologici ai acviferului carstic.

Exploatarea acviferului termal de la Felix-1 Mai se face cu intensități săptămânale variabile impuse de numărul turiștilor. Nivelele minime ale cotelor piezometrice se înregistrează în sonde la sfârșitul fiecărei săptămâni, perioade în care aflusul de turiști este maxim și exploatarea acviferului atinge valorile cele mai ridicate. Cotele acviferului cresc apoi în primele zile ale săptămâni, scăderea lor spre sfârșitul acesteia repetându-se. Amplitudinea oscilațiilor săptămânale este de cca 30 cm în sonda Afrodita și de cca 20 cm în sonda Fp3. Oscilațiile mari din fig. 14.17 sunt brodate de oscilații mici produse de variația stresului gravitațional exercitat asupra acviferului de mările terestre.

Ciclicitatea săptămânală a intensității exploatării sondelor impusă de creșterea numărului de turiști la sfârșitul fiecărei săptămâni este bine evidențiată

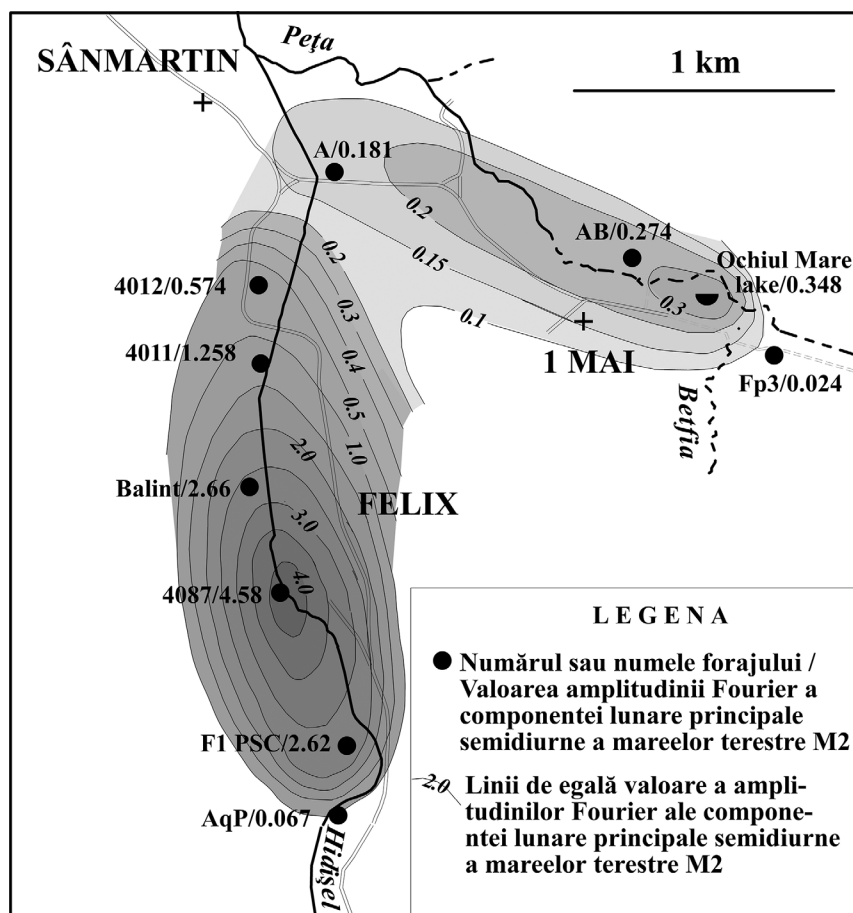


Fig. 14.16. Variația areală a amplitudinii Fourier a componentei mareice M2.

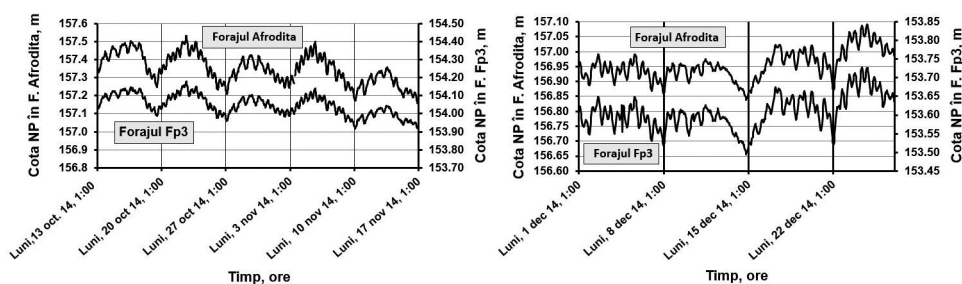


Fig. 14.17. Evoluția săptămânală a nivelului apei acviferului termal din zona Felix-1 Mai evidențiată în sondele Afrodita și Fp3, Ștrandul cu valuri.

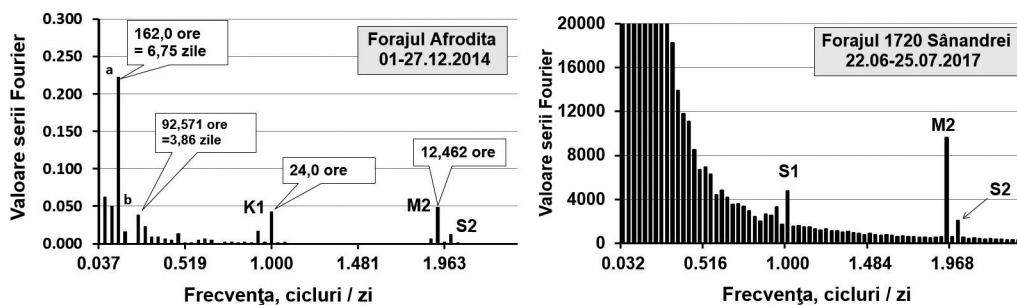


Fig. 14.18. Periodogramele frecvențelor armonice prezente în sarcina hidraulică a forajele Afrodita în perioada 01-27.12.2014 (stânga) și 1720 Sănandrei în perioada 22.06-25.07.2017 (dreapta).

în spectrul componentelor armonice ale oscilațiilor nivelului piezometric al acviferului termal din sonda Afrodita, unde periodicitatea săptămânală de 6,75 zile are valoarea maximă, (fig. 14.18, stânga).

Suprafața piezometrică a acviferului termal deschis prin sonda 1720 Sănandrei este brodată de oscilații datorate mareelor cu amplitudini de până la 20 cm (fig. 14.12), spectrul componentelor armonice fiind dominat de componenta semidiurnă principal lunară M2 (fig. 14.18, dreapta).

## TEMPERATURA APEI TERMALE

Temperatura reală a apelor termale este înregistrată de senzori în timpul exploatării sondelor, informații importante privind evoluția acestui parametru fiind aduse de sondele pompate permanent sau pe perioade de timp cât mai lungi. La aceste sonde temperatura apei pompate prezintă variații pe termen lung care indică poziționarea lor spațială față de zona de acces a apelor termale și variații pe termen scurt generate de maree.

Informațiile culese în intervalul de studiu de doi ani indică o creștere lentă a temperaturii apelor pompate pentru sondele situate pe aliniamentul de acces spre suprafață al apelor termale, menționat anterior, și o tendință opusă la cele depărtate de acesta (I. ORĂȘEANU, F. MALANCU, 2017).

La scară săptămânală variația debitelor de pompare este impusă de necesitățile balneare mult mai solicitate la sfârșitul de săptămână. Perioadele de pompare intensă evidențiate de scăderea nivelului dinamic al apelor în sonde sunt însoțite de creșterea temperaturii lor. Temperatura apelor scade în perioadele de relaxare a exploatării. În fig. 14.19 se prezintă evoluția parametrilor menționați anterior în sonda 4011. Se remarcă antagonismul dintre evoluțiile suprafeței piezometrice și temperatura apelor pompate. Curba variației săptămânale a temperaturii este „parazitată” de oscilații mici semidiurne datorate mareelor.

Debitele mari de pompare, evidențiate de scăderea nivelului piezometric, măresc viteza de deplasare a apelor termale conducând la micșorarea

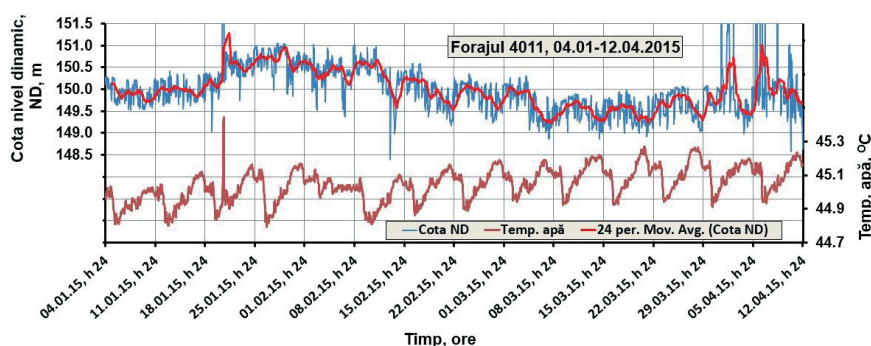


Fig. 14.19. Evoluția cotei nivelului piezometric și a temperaturii apei pompate din sonda 4011 în perioada ianuarie-aprilie 2015.

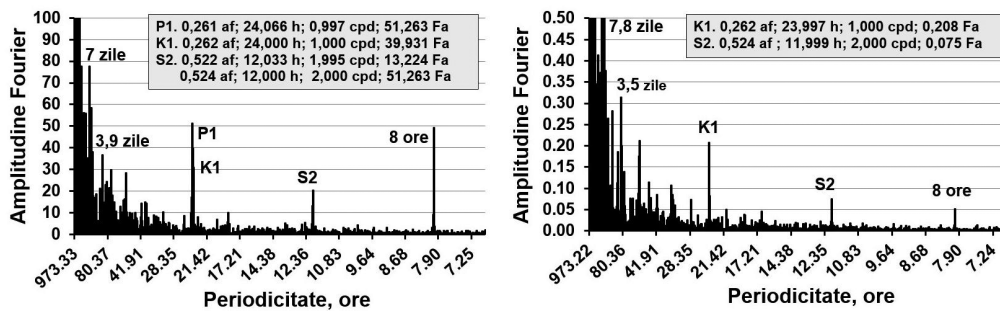


Fig. 14.20. Periodogramele frecvențelor armonice prezente în șirurile valorilor orare de sarcină hidrolică (stânga) și temperatură a apei (dreapta) înregistrate la forajul 4011 în anul 2015. (af=frecvența unghiulară în rad/oră; h=perioada în ore; cpd=frecvența în cicluri pe zi; Fa=amplitudinea Fourier).

timpului de contact a apei cu fisurile rocilor și coloana de exploatare (mai reci), și în final la pierderi mai mici de energie și temperaturi mai mari ale apelor extrase, (M. YUCHUAN et al., 2011).

Prelucrarea seriilor temporare orare de cote și temperaturi înregistrate la sonda 4011, exploatată permanent în anul 2015, oferă informații privind prezența unor periodicități în derularea acestora. Periodicitățile sunt evidențiate atât în oscilațiile cotelor suprafeței piezometrice (fig. 14.20, stânga) cât și în cele ale temperaturii apei, (fig. 14.20, dreapta). Se remarcă periodicitățile săptămânale, semisăptămânale și de 8 ore generate de programele de exploatare ale sondelor și prezența componentelor mareice K1, lunar-solar diurnă și S2 și P1, principal solare semidiurne.

## BIBLIOGRAFIE

- Agnew D. C. (2005): *Earth Tides: An Introduction*, 34 p.
- Bredhoeft J. D. (1967): Response of Well-Aquifer Systems to Earth Tides. *J. Geophys. Res.*, 72(12): 3075-3087.
- Doan M. L., Brodsky E. E., Prioul R., Signer C. (2006): Tidal analysis of borehole pressure. A tutorial; 61 p.
- Cuttillo P. A., Bredhoeft J. D. (2011): Estimating Aquifer Properties from the Water Level Response to Earth Tides. *Ground Water* 49(4): 600-610.
- Hsieh P. A., Bredhoeft J. D., Rojstaczer S. A. (1988): Response of well Aquifer System to Earth Tides: Problem Revisited. *Water Resources Research* 24/3: 468-472.
- Merritt L. M. (2004): Estimating Hydraulic Properties of the Floridan Aquifer System by Analysis of Earth-Tide, Ocean-Tide, and Barometric Effects, Collier and Hendry Counties, Florida. USGS, Water-Resources Investigations Report 03-4267: 70 p.
- Metivier L. (2009): Les marées terrestres, la dynamique du manteau et la sismicité. *Geomatique Expert* 67: 36-39.
- Orășeanu I. (2016): Hidrogeologia carstului din Munții Apuseni. Ed. Belvedere, Oradea: 300 p.
- Orășeanu I. (2018): Head and temperature changes induced by earth-tide in Felix - 1 Mai – Oradea thermal aquifer (Bihor, Romania). *Proceedings of the International Symposium KARST 2018 Espect and Unespected, Trebinje*: 375-382.
- Orășeanu I., Malancu F. (2017): Dynamics of the Felix-1 Mai thermal aquifer (Bihor country, Romania). *Nymphaea XLIV Oradea*: 5-36.
- Rahi K. A. (2010): Estimating the hydraulic parameters of the Arbuckle-Simpson aquifer by analysis of naturally-induced stresses. Paper submitted to the Faculty of the Oklahoma State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy. 156 p. to *Earth Tides*.
- Rojstaczer S., Agnew D. C. (1989): The influence of Formation Material Properties on the Response of Water Levels in Wells to Earth Tides and Atmospheric Loading. *Journal of Geophysical Research* vol 94, pages 12403-12411.
- Spane F. A. (2002): Considering barometric pressure in groundwater flow investigations. *Water Resources Research*, 38/6 1078, 18 p.
- Yuchuan M., Yaowei L., Hongwei R., Xiaolong S. 2011: Tidally Induced Water Temperature Change in Artesian Wells. *Earthquake Research in China*, vol. 25, no. 1, pp. 47-58.
- Observatorul Astronomic „Amiral Vasile Urseanu” al Municipiului București, <http://www.astro-urseanu.ro/index.html>, Catalog fazele Lunii.



### 14.3. DINAMICA ACVIFERULUI TERMAL DIN ZONA FELIX-1 MAI, BIHOR, ROMANIA

Iancu Orășeanu, Florian Malancu

(Articol publicat în limba engleză în volumul *Nymphaea*, 2017, XLIV, 5-36, Oradea. Din motive de continuitate numerele figurilor și tabelelor sunt schimbate față de textul original).

#### Abstract

Lacul Peța numit și Ochiul Mare este un sit Natura 2000 cu numărul de cod ROSCI0098 din anul 2007. Situl este singurul loc din România unde un sistem termal natural găzduiește câteva specii endemice rare ca *Nymphaea lotus var thermalis*, *Melanopsis pareysi* și *Scardinius erythrophthalmus var racovitzai*. O deteriorare severă a cadrului natural al ariei protejate Ochiul Mare a fost observată începând în principal din anul 2012.

Pentru clarifierea stării actuale a resurselor geotermale din zonă, Agenția Națională pentru Resurse Minerale a solicitat Asociației Hidrogeologilor din România întocmirea unui studiu hidrogeologic în zona Felix-1 Mai.

Obiectivul principal al studiului a fost actualizarea cunoștințelor privind caracteristicile acviferului termal și a cadrului său general în vederea medierii eventualelor conflicte între unele entități economice (comerciale) pe de o parte și protecția apelor termale subterane de care depinde starea ecosistemului ROSCI0098, pe de altă parte.

Acviferul termal din zona Felix-1 Mai reprezintă compartimentul sudic al acviferului geotermal regional Oradea-Băile Felix-1 Mai localizat în dolomite și calcare triasice (zona Oradea) și calcare cretace (zona Felix-1 Mai).

În prezent lucrare se vor prezenta și interpreta datelor obținute pe teren din urmărirea evoluției suprafeței piezometrice și a temperaturii acviferului termal cu ajutorul senzorilor introduși în son-

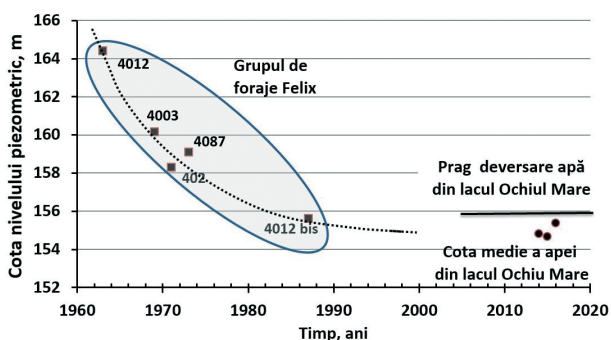


Fig. 14.21. Scăderea nivelului acviferului termal din zona Felix pe măsura săpării de noi sonde.

de, precum și aportul adus de aceste noi date la cunoașterea genezei acestui zăcământ. Rezultatele primelor investigații au fost publicate anterior (I. Orășeanu, F. Malancu, 2016).

#### 14.3.1. Date istorice

Informații privind evoluția în timp a suprafeței piezometrice a acviferului termal sunt rare, găsin-du-se în principal în rapoartele de execuție a sondelor. Informații privind debitele izvoarelor și sondelor sunt mai numeroase, o prezentare sintetică a lor fiind făcută în anul 1985 de către G. PALL și I. COHUT pe baza datelor colectate de Oficiul județean de turism Bihor, autorii subliniind „declinul accentuat al potențialului de debitare al surselor din perimetrul hidrogeotermal Felix-1 Mai în perioada 1983-1985”, I. COHUT, G. PAAL, 1985.

În starea sa naturală, înainte de anul 1885 când forajul Balint a fost săpat, întregul sistem debita prin izvoare dintre care Ochiu Mare de pe p. Peța era cel mai important. Dezvoltarea graduală a facilităților balneare în zona Felix-1 Mai a condus la creșterea numărului de foraje de exploatare a apei termale și la scăderea continuă a sarcinii hidraulice a sistemului hidrotermal însoțită de secarea izvoarelor.

Un număr de 21 de foraje de exploatare au fost săpate în zona Felix-1 Mai până în anul 1990 și alte opt foraje noi după anul 2002, 13 dintre toate acestea extrăgând în prezent apă geotermală. După anul 1990 un număr necunoscut de foraje care exploatează ilegal, fără licență A.N.R.M., au fost săpate.

În perioada 1973-1987 nivelul piezometric al acviferului termal din zona Felix-1 Mai a scăzut sever cu 8,8 m, perioadă urmată de o scădere mai lentă de cca. 1 m până în anul 2015, fig. 14.21. În prezent sarcina hidraulică variază la nivelul cotei medii a suprafeței terenului, 154,5 m, regimul acviferului în sonde fiind artezian sau ascensional. Temperatura apelor extrase din foraje variază între 32,1 și 47,1°C.

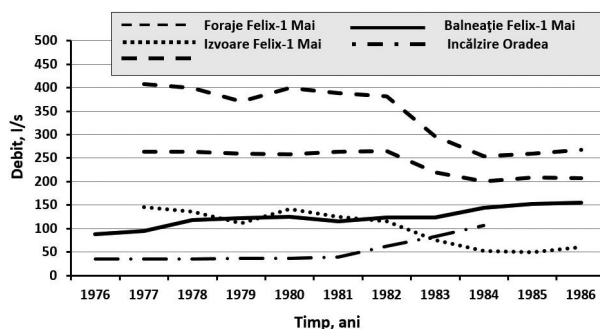


Fig. 14.22. Debitul apelor descărcate din acviferul termal prin izvoare și sonde arteziene, perioada 1977-1986. (După I. COHUT, G. PAAL, 1985).



În anul 1963 prin săparea sondei 4005 a fost descoperită prezența apelor termale în subsolul orașului Oradea, (G. VASILESCU, G. NECHITI, 1968), până în anul 1983 fiind săpate încă 10 sonde.

I. COHUT și G. PAAL în anul 1985 prezintă evoluția debitelor izvoarelor și sondelor (toate cu deversare liberă) prin care se descărca acviferul termal din zona Felix-1 Mai. La sfârșitul anului 1964 acviferul termal deversa liber cu 398 l/s, 216 l/s prin izvoare și 182 l/s prin sonde. În anul 1973 aceste valori au ajuns la 449, 181, respectiv 268 l/s. După anul 1976 debitul total evacuat din acvifer s-a menținut constant în jurul valorii de 258-265 l/s până în anul 1982 când s-a observat scăderea lui accentuată, acesta ajungând la 186 l/s în 1984, (fig. 14.22).

Declinul potențialului de debitare al acviferului termal din perioada 1982-1983 a fost pus pe seama exploatării apelor termale de la Oradea, argument susținut de autorii menționați prin interpretarea rezultatelor testului de interferență dintre zăcămintele Oradea și Felix-1 Mai, derulat în anul 1984. Perioada 1982-1983 a fost foarte deficitară pluviometric, anul 1983 fiind anul cel mai secetos din ultimii 50 de ani, motiv pentru care considerăm că seceta a avut un rol important în scăderea debitelor surselor termale de la Felix-1 Mai. Acest aspect este ilustrat grafic în figura 14.23, în care sunt prezentate pe de-o parte evoluția debitelor surselor și pe de alta, variația precipitațiilor (sume anuale) la două stații pluviometrice Stâna de Vale și Zece Hotare.

Alimentarea acviferelor termale de către precipitațiile căzute în zona montană dezvoltată la est este susținută în prezent de majoritatea cercetătorilor,

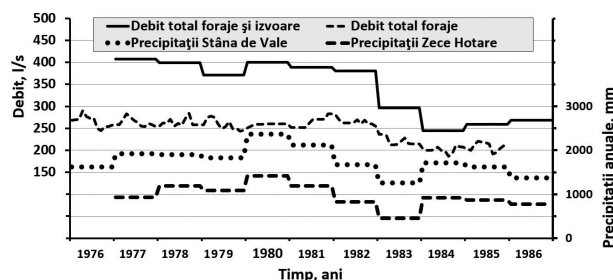


Fig. 14.23. Evoluția potențialului de debitare al acviferului termal (după I. COHUT și G. PAAL, 1985), alături de sumele anuale ale precipitațiilor căzute la Zece Hotare și Stâna de Vale în perioada 1976-1986.

rintre primii care au propus aceasta posibilitate fiind M. PAUCĂ, 1958 și G. VASILESCU, G. NECHITI, 1968.

În ultima perioadă, din anul 1986 până în luna septembrie 2014, nu s-au efectuat măsurători privind poziția nivelului suprafeței piezometrice a acviferului geotermal.

Exploatarea acviferului termal din zona Felix-1 Mai se realizează prin 13 foraje licențiate de către ANRM și prin foraje ilegale al căror număr și caracteristici nu se cunosc. Exploatarea se face cu pompe de aspirație și submersibile. 8 foraje sunt exploatare de către S.C. Turism S.A. Felix, volumele de apă extrase de către această societate fiind conținute. În intervalul septembrie 2014 - octombrie 2016 s-au urmărit și volumele de apă extrase din celelalte sonde concesionate.

### 14.3.2. Rezultate obținute

Cercetarea hidrogeologică a demarat în luna septembrie 2014, incluzând instalarea de senzori de presiune și temperatură în forajele atestate de ANRM în zona Felix-1 Mai (tabelul 14.3 și fig.

Sonda	Anul execuției	Coordonate, m			Adâncimea m	Limita Pl/K1 m	Intervale deschise, m	T oC	S m	Q l/s	q l/s/m
		X, Nord	Y, Est	Z							
1 Balint	1885	614526.9	270423.1	153.31	47.17	42.8	g.n: 42,79-47,17	47.13	5.83	6.6	1.1329
2 4011, parcare	1962	614998.3	270483.7	149.50	153.00	48.5	c.s: 145-153	46.23	7.62	17.00	2.23
3 4003	1969	614553.2	270437.6	152.17	69.00	45	c.s: 57-69	42.45			
4 4087, syndicate	1973	614117.0	270521.4	153.70	200.00	112	c.s: 125-190	39.53	7.14	11.50	1.61
5 Fp2, Izbuc	1985	615233.9	272034.9	157.69	100.00	23	c.p: 25-40; g.n: 40-100	37.51	0.51	30.00	59.35
6 Fp3, Strand cu valuri	1986	614955.3	272467.3	161.20	500.00	20	c.p: 190-247; g.n: 253-500	32.09	0.93	5.00	5.37
7 Fp1, Venus	1986	615509.5	271288.7	157.66	500.00	70	c.p: 13-298; g.n: 300-500	37.47	2.76	22.00	7.98
8 Fp4, (dublura 4012, CFR)	1987	615302.9	270488.0	152.41	650.00	106	g.n: 300-650	40.26	3.09	15.00	4.85
9 SC ARCASIAN, Vila Iulia	2002	615671.0	270876.0	150.08	102.00	77	g.n: 82,5-102	38.60	5.39	5	0,93
10 F1 PSC Cordău, Pres. Pădure	2003	613512.5	270762.2	155.16	172.00	128 (72, Pl/Sm)	38.97	38.74	5.74	5.00	0.87
11 F2 PSC Cordău, Hotel Nicoleta	2003	613903.3	270766.1	157.94	92.00	80 (70, Pl/Sm)	38.74	40.60	In conservare		
12 SC PRO QUADRIGA, F. Afrodită	2008	615720.2	270796.1	147.00	110.00	77		40.60	In conservare		
13 F. AlinBogdan	2014	615352.8	271888.3	162.41	100.00	23	g.n: 96-100	36.13	0.60	10.00	16.56
14 Aqua President	2014	613247.6	270713.0	157.19	160.00	110 (87, Pl/Sm)	c.s: 110-119,5; g.n:120-160	35.89	1.64	12	7.30
15 Piezometru 70, Ochiu Mare	2015	615225.0	272216.0	158.10	70.00	9.5		32.20	Sondă de observație		
16 Miră lac Ochiul Mare		615204.9	272247.0	156,1*)							
17 1730 H Cihei, Oradea		618670.0	267807.0	125.00	2800.00		c.s. Dolomite T: 2080-2750				

g.n = gaură netubată; c.s. = coloană slițuită; c.p. = coloană perforată; \*) = Cota reperului "0" pe miraj;

Denivelarea, S, debitul pompei, Q și debitul specific, q, reprezintă valori medii pentru perioada 16-25 iulie 2015. T, temperaturile maxime măsurate

Tabelul 14.3. Date caracteristice pentru sondele monitorizate

14.24) în forajul 1730, Cihei, de la Oradea și în lacul Ochiul Mare. În piezometrul săpat în anul 2015 lângă Ochiul Mare, (Piezometrul AHR), a fost introdus deasemenea un senzor. Într-un piezometru separat, amplasat lângă piezometrul AHR, s-a măsurat lunar și nivelul acviferului freatic. Senzorii înregistrează date de presiune (coloana de apă deasupra senzorului + presiunea atmosferică) și temperatura apei. Ei au fost setați pentru stocarea de date la intervale de o oră, iar pentru corecția abaterilor provocate de variația presiunii atmosferice a fost instalat un senzor adecvat. Pentru verificarea înregistrărilor, lunar a fost măsurat nivelul acviferului termal din toate sondele monitorizate în zona Felix-1 Mai cu ajutorul unui nivelmetru. Datele înregistrate de senzori au fost descărcate și prelucrate lunar.

Presiunea atmosferică a fost înregistrată cu ajutorul unui senzor amplasat în nord-vestul localității 1 Mai, senzor care a înregistrat și temperatura aerului. În fig. 14.25 sunt reprezentate variațiile mediilor zilnice ale celor doi parametrii pentru perioada de observații de doi ani, alături de tendințele lor polinomiale de ordinul 6. Cei doi parametrii au o variație ciclică inversă, presiunea atmosferică scade în sezoanele calde și crește în cele friguroase, atingând valorile maxime la mijlocul iernilor. Ecartul maxim de variație al presiunii atmosferice a fost de cca. 55 cm H<sub>2</sub>O.

Raportată la amplitudinea oscilației nivelului piezometric al acviferului termal înregistrată în perioada noastră de observații (cca. 2,5 m), într-o primă aproximație se poate aprecia că variația presiunii atmosferice poate fi responsabilă pentru cca 20% din aceasta.

Senzorii au fost introduși în sonde sub denivelarea maximă obținută în timpul exploatării, sarcina hidraulică înregistrată de ei însumând presiunea coloanei de apă situată deasupra lor și presiunea

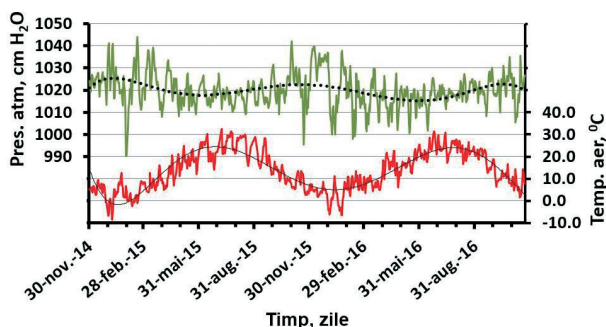


Fig. 14.25. Evoluția zilnică a presiunii atmosferice și a temperaturii aerului în zona Felix-1 Mai în perioada de studiu.

atmosferică. Presiunea coloanei de apă se obține prin scăderea din presiunea totală a presiunii atmosferice înregistrată cu un senzor separat (fig. 14.26).

### 14.3.2.1. Evoluția suprafeței piezometrice a acviferului termal

Sondele săpate în zona Felix-1 Mai au talpa în calcare cretacic inferioare, cu excepția sondei 4768 care a străbătut aceste depozite până la 1300 m, urmate de depozite jurasice până la 1904 m și triasice până în talpă, 3196 m. Sonda, săpată în anul 1975, este abandonată.

Cercetările efectuate au indicat că toate sondele sunt în interferență indiferent de nivelul la care deschid acviferul cretacic inferior, susținând ideea că ne aflăm în prezența unui acvifer unic în calcarele.

Sonda Afrodita, situată în extremitatea nord-vestică a perimetrului Felix-1 Mai, este în conservare, înregistrările oscilațiilor de nivel nefiind influențate de exploatarea ei. Ele sunt sugestive pentru ilustrarea dinamicii suprafeței piezometrice a întregului acvifer termal cretacic inferior (fig. 14.27). Ele vor fi luate ca puncte de referință în prezentarea de față. În fig. 14.27 este prezentată și evoluția sarcinii piezometrice în sonda 1730 Cihei situată în partea estică a orașului Oradea. Pentru ambele sonde evoluția suprafețelor a fost mediată prin metoda tendințelor polinomiale (ordinul 6).

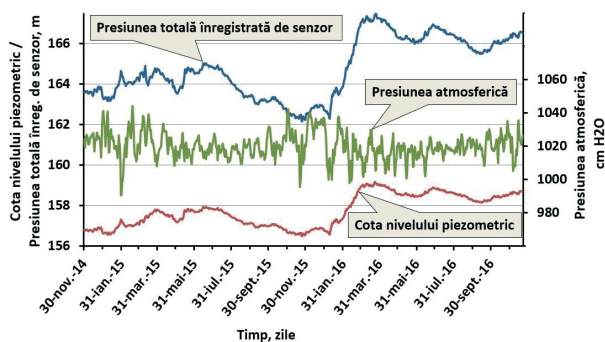


Fig. 14.26. Presiunea totală măsurată în sonda Afrodita și presiunea atmosferică măsurată la 1 Mai pentru perioada noiembrie 2014 - noiembrie 2016.

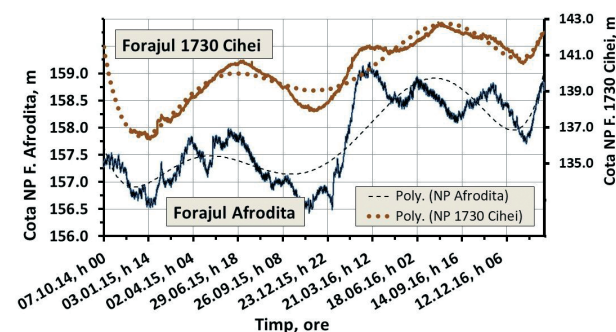


Fig. 14.27. Oscilațiile nivelului acviferului termal înregistrate în sondele Afrodita și 1730 Cihei.

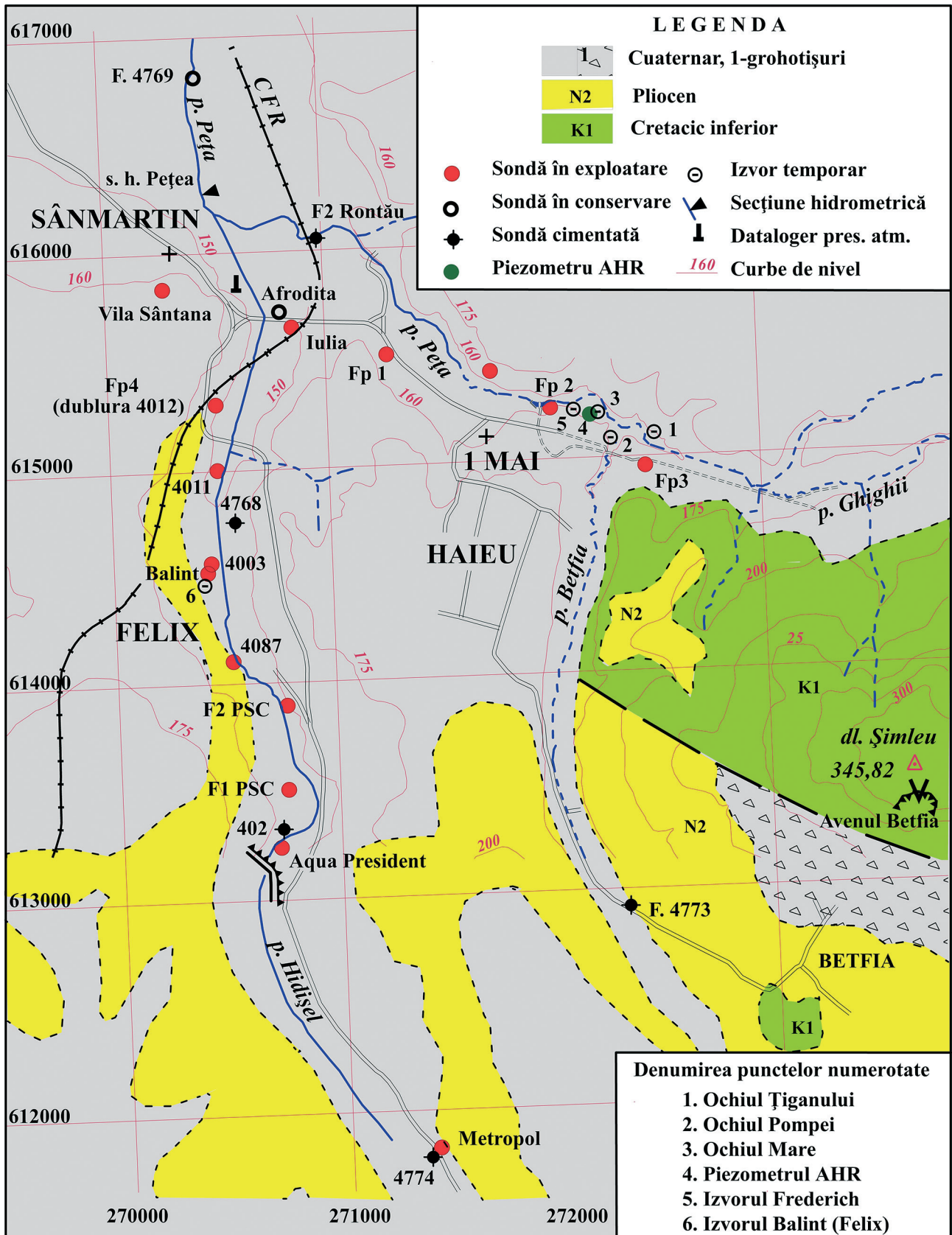


Fig. 14.24. Harta geologică a zonei Felix-1 Mai (după D. ISTOCESCU et al., 1967-1968).



Mișcarea suprafeței piezometrice a acviferului din zona Felix-1 Mai este ondulatorie, cu o amplitudine de cca 2,5 m și o periodicitate de cca un an de zile. Cotele maxime apar în perioadele mai-iunie, iar cele minime în decembrie-ianuarie, poziția lor fiind regizată de extinderea ciclurilor hidrologice. Acviferul termal este alimentat din munții Pădurea Craiului și Bihor, distribuția sezonieră a precipitațiilor producând oscilații ale nivelului apelor subterane în zonele de alimentare, traduse prin undele de presiune înregistrate în sonde.

Hydrografal debitelor cursurilor superficiale este un indicator direct al distribuției precipitațiilor și al poziției suprafeței piezometrice a apelor subterane din bazinul hidrografic respectiv. Corelațiile încrucișate efectuate între hidrografele debitelor pâraurilor Crișu Pietros la Pietroasa și Vida la Luncasprie și cotele suprafeței piezometrice a acviferului termal măsurate în sonda Afrodita (șiruri de valori zilnice pentru perioada XI. 2014-XII. 2015) prezintă grade ridicate de încredere (0,357, respectiv 0,25), acestea atingând valorile maxime după 59, respectiv 51 de zile, valori interpretate ca timpi medii de tranzit a apelor mari dintre bazinele hidrografice și acviferul termal Felix-1 Mai (ORĂȘEANU, 2016). Tranzitul apelor subterane montane reci spre zăcămintul de ape termale se realizează în principal pe drenul regional reprezentat de sistemul de fracturi Galbena (ORĂȘEANU, 2015).

Oscilația suprafeței acviferului are o formă complexă, ea este influențată de factori naturali, cantitatea și distribuția temporală a precipitațiilor, și de factori antropici, volumul extracțiilor de apă termală. Fiecare sondă de exploatare produce denivelări punctuale ale suprafeței piezometrice, denivelări transmise rapid și estompate în arealul întregului acvifer.

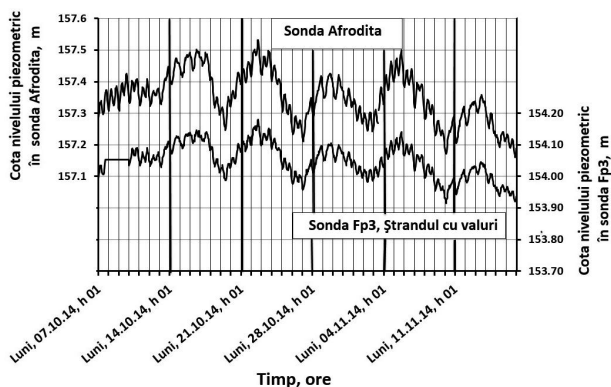


Fig. 14.28. Oscilațiile săptămânale ale nivelului acviferului termal măsurate în sondele Afrodita și Fp3, Ștrandul cu valuri, (valori orare).

Impactul exploatărilor de ape termale asupra nivelului acviferului este ilustrat în detaliu în fig. 14.28 întocmită pentru perioada 07.10-18.11.2014. Scara timpului este în zile, începutul săptămânii fiind marcat de precizarea datei. Nivelele minime se înregistrează la sfârșitul fiecărei săptămâni, perioade în care afluxul de turiști este maxim iar debitele pompate sunt pe măsură. Nivelele cresc apoi în primele zile ale săptămâni prin reducerea debitelor pompate, scăderea lor spre sfârșitul acesteia repetându-se. Amplitudinea oscilațiilor săptămânale produse de exploatarea acviferului este de cca 30 cm în sonda Afrodita și de cca. 20 cm în sonda Fp3. Oscilațiile mari din fig. 14.28 sunt brodate de oscilații mici produse de marea terestră. În perioada prezentată sondele Afrodita și Fp3 nu au fost exploatare.

Deformarea suprafeței acviferului termal datorată exploatărilor prin sonde este variabilă areal din cauza neomogenității proprietăților hidraulice ale colectorului și regimului variat de exploatare (debite, perioade și timpi de pompare), amplitudinea denivelărilor nefiind proporțională cu debitul extras. Pentru ilustrare am întocmit hărțile cu izopieze ale acviferului termal în două perioade distincte. În februarie 2015 depresiunea maximă a suprafeței piezometrice se dezvoltă în jurul sondei PSC2 (fig. 14.29), iar în luna iulie 2015, în jurul sondei 4011 (fig. 14.30).

Luând în considerare numai aspectul de mai sus putem ajunge la concluzii eronate. Nivelul dinamic al apelor subterane în forajele de exploatare este foarte diferit datorită caracterului carstic-fisural al acviferului, cu variații locale foarte mari ale transmisivității. Unele sonde pompează cu 25 l/s producând denivelări de sub un metru, iar altele pentru a extrage 5 l/s trebuie să pompeze cu denivelări de 7-8 m (fig. 14.31). În final, impactul exploatării asupra ansamblului suprafeței piezometrice este proporțional cu volumul de apă extras din sondă și nu cu denivelarea produsă.

Harta debitelor specifice (denivelare/debit) indică neuniformitatea areală a parametrilor hidrogeologici ai acviferului termal, zonele cele mai „productive” fiind evidențiate de sondele Fp2 (Izbuc)-Alin Bogdan și PSC1 (fig. 14.32).

Alura distribuției areale a valorilor parametrilor hidrogeologici prezentați în figurile 14.29, 30, 31 și 32 este orientativă, metoda de interpolare considerând acviferul un mediu omogen și continuu. În realitate acviferul din zona Felix-1Mai, de tip fisu-



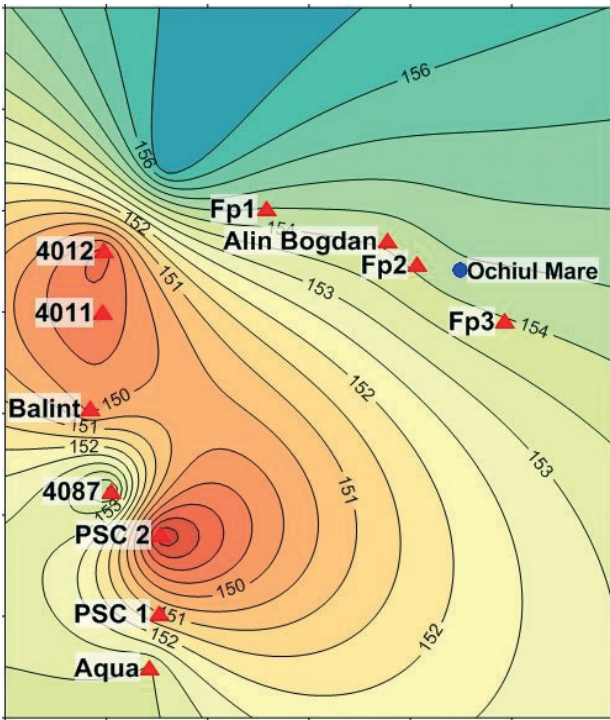


Fig. 14.29. Spectrul izopiezelor acviferului termal în perioada 16-25 iulie 2015.

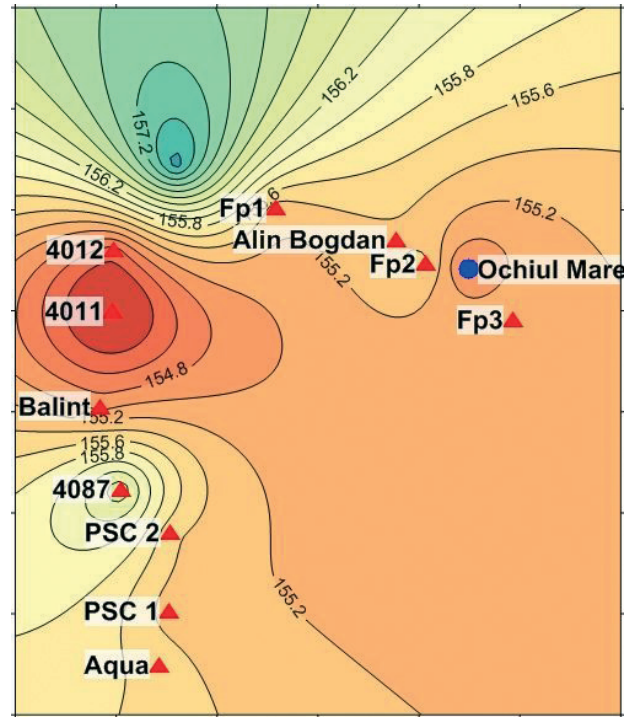


Fig. 14.30. Spectrul izopiezelor acviferului termal în perioada 23-28 februarie 2015.

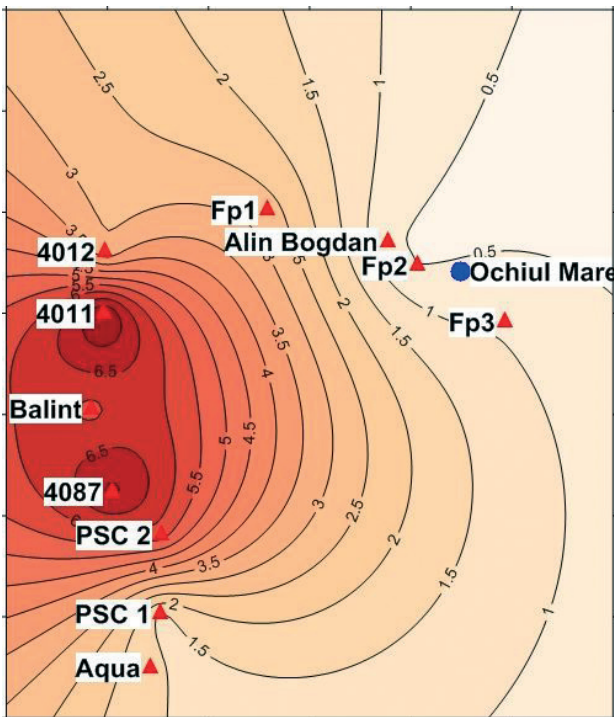


Fig. 14.31. Variația areală a debitelor specifice, l/s/denivelare, pentru perioada 16-25 iulie 2015.

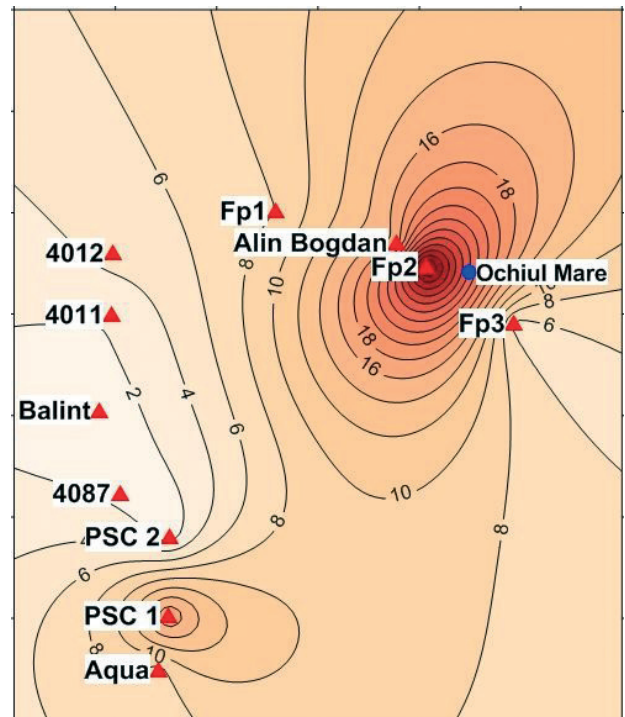


Fig. 14.32. Distribuția areală a denivelărilor suprafeței piezometrice în perioada 16-25 iulie 2015.

ral-carstic, este heterogen și discontinuu, cu axe de drenaj orientate de-a lungul sistemelor de falii. Se apreciază prezența a două sisteme de drenaj orientate de-a lungul văilor pârâurilor Hidișel și Peța.

Oscilațiile nivelului apei lacului Ochiul Mare, fig. 14.33, reflectă oscilațiile nivelului acviferului termal la care este conectat printr-o fisură/gol carstic con-

tinuată spre suprafață cu o discontinuitate a depozitelor colmatată cu detritus permeabil. Oscilațiile produse în lac de fluctuațiile suprafeței piezometrice a acviferului termal sunt „parazitate” de aporturile de ape din acviferul freatic dezvoltat în depozitele detritice limitrofe lacului, de scurgerea superficială temporară de pe p. Peța și de alimentarea neuniformă



mă cu apă termală pompată din forajul Fp2 (Izbuc) pentru susținerea faunei și florei termofile, (pompare efectuată în iarna 2014-2015).

Pentru cunoaștere nivelului acviferului termal din perimetrul lacului a fost săpat un foraj piezometru de 70 m adâncime amplasat la 42 m vest de mira din centrul lacului (foto 14.1), denumit „Piezometru AHR”. Forajul a trecut prin turbă cu intercalații de argilă neagră 2,0-3,8 m), mâl sapropelic (4,0-6,8 m), argilă verzuie (6,8-7,0 m), nisip grosier (8-8,5 m), argilă plastică negricioasă (8,5-9,5 m), marno-calcare negricioase (9,5-25,0 m), calcare albe și cenușii (25,0-43,0 m) și calcare compacte (47,0-60,0 m). La m 70 a fost interceptată în calcare cenușii o zonă intens fisurată cu circulație de ape termale. Pentru măsurarea cotei acviferului freatic a fost pozat un tub de plastic cu fante, Ø 50, lipit de coloana forajului.

În mijlocul lacului Ochiul Mare este amplasată o miră hidrometrică cu cota „0” situată la 156,1 m altitudine. Evoluția nivelului și temperaturii apei din lacul Ochiul Mare a fost urmărită cu un senzor tip diver imersat pe fundul lacului cu ajutorul unui tub de plastic perforat la bază, atașat de mira hidrometrică din centrul lacului. Înregistrări cu senzorul au fost făcute până la 22.04.2016. În deplasarea efectuată la 29.06.2016 senzorul era sustras din tub. Nivelul apei din lac este citit zilnic pe mira hidrometrică de către un angajat al Muzeului Țării Crișurilor, înregistrări de care am beneficiat prin amabilitatea personalului instituției amintite.

Pe baza unei propuneri făcute în anul 1965 de către G. VASILESCU și G. NECHITI, pentru limitarea pierderilor de apă termală din acvifer prin Ochiul Mare în scurgerea superficială (200 l/s, 32°C), la cca. 310 m aval de Ochiul Mare, lângă



Foto 14.1. Aspecte din timpul execuției piezometrului în luna aprilie 2015.

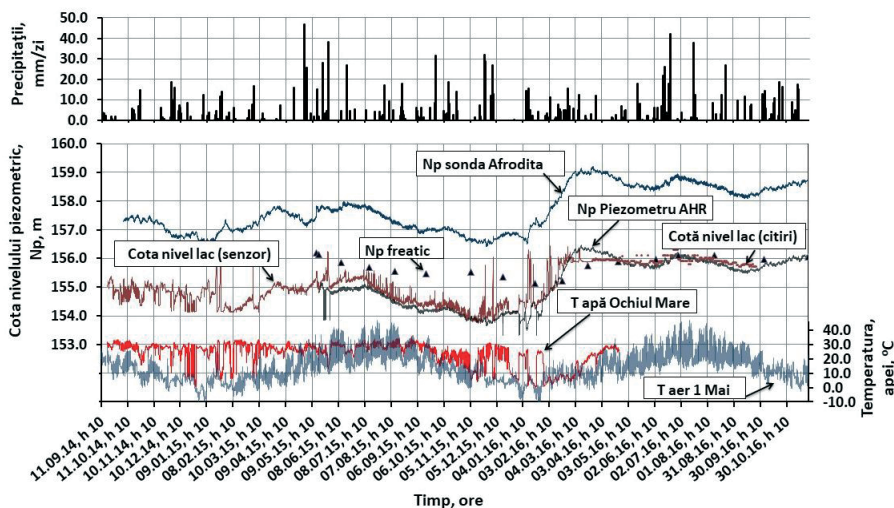


Fig. 14.33. Oscilația nivelului și temperaturii apei în Ochiul Mare, (valori orare), alături de reprezentarea parametrilor obținuți din alte puncte investigate. Sus: Precipitațiile zilnice măsurate la stația hidrometrică Sănmartin, (valori zilnice).



puntea metalică Rontău, a fost construit un dig de beton cu pragul deversorului lat situat la cota 156 m. În prezent se produc infiltrații permanente pe sub deversor, valoarea acestora variind între 5 și 10 l/s. Deversorul este depășit rareori, la ape mari. Infiltrațiile sunt alimentate din Ochiul Mare prin tranzitarea depozitelor aluvionare care colmatează traseul p. Peța aval de lac. Refacerea etanșeității digului limitează aceste pierderi.

În anul 2015 nivelul apei în lac s-a situat sub cota 156 m, atingând valoarea minimă (153,6 m)



Foto 14.2. Lacul Ochiul Mare în stadii diferite de umplere, la 20.01.2015 (sus), 25.04.2015 (mijloc) și 19.01.2016 (jos).

la sfârșitul anului amintit și începutul anului următor, interval în care ochiul de apă de pe fundul pâlniei lacului a înghețat temporar (foto 14.2). La precipitații mari arealul Ochiului Mare este inundat pentru timp scurt de apele pârâului Peța, acestea infiltrându-se rapid în acviferul termal prin aluviunile de pe fundul lacului. Pârâul Peța este sec în cea mai mare parte a anului.

Cotele minime ale apei în lacul Ochiul Mare au fost înregistrate în luna decembrie 2015, lună lipsită practic de precipitații. Precipitațiile importante căzute în lunile ianuarie și februarie 2016 pe întreg arealul montan au condus la creșterea cotelor acviferului termal și implicit a nivelului apei în lacul Ochiul Mare cu 2,26 m, de la 154,14 m la 27.12.2015 la 156,4 m la 24.02.2016, după care nivelul lacului a scăzut lent stabilizându-se la cota 155,95 m până la 22.04.2016, data ultimei înregistrări. La cota 155,8 m curgerea apei termale s-a activat, un aflux puternic de bule de aer marcând la suprafața lacului verticala locului de acces al apelor termale prin fundul acestuia. Momentul amorsării curgerii ascendente a apei termale pe canalul de legătură cu acviferul termal este marcat de începutul încălzirii apei în lac, aceasta atingând valoarea maximă de 29,7°C la 17.04.2016. La 22 aprilie 2016 apa termală debitată de către lacul Ochiul Mare alimenta pârâul Peța cu 8,0 l/s, cursul superficial fiind sec în amonte de lac.

La 10 martie 2016 acviferul termal din Piezometrul AHR a atins cota maximă, 156,47 m, Menționăm deasemenea faptul că la 18.03.2016 nivelul acviferului termal din piezometru s-a situat cu cca 0,6 m deasupra nivelului apei din lac. După atingerea cotei maxime nivelul acviferului termal a scăzut lent, astfel că la 21 aprilie 2016 nivelul lui s-a situat la același cotă cu suprafața lacului (155,93 m), foarte apropiată de nivelul acviferului freatic (155,89 m).

Creșterea nivelului acviferului termal a condus la:

- umplerea bazinului depresionar al Ochiului Pompei și reactivarea curgerii apei, aceasta începând la 20 aprilie 2016;
- la 21.04.2016 pe fundul bazinului hexagonal al izvorului cu *Rana dalmatiana* era un strat de apă de 10 cm grosime, situat la 125 cm sub bordura sudică a bazinului. Bazinul este de obicei sec;
- activarea izvorului Frederick;
- mărirea debitului izvorului Felix din stațiunea omonimă, suprafața lui fiind agitată de afluxuri sumbre importante de apă și bule de aer.

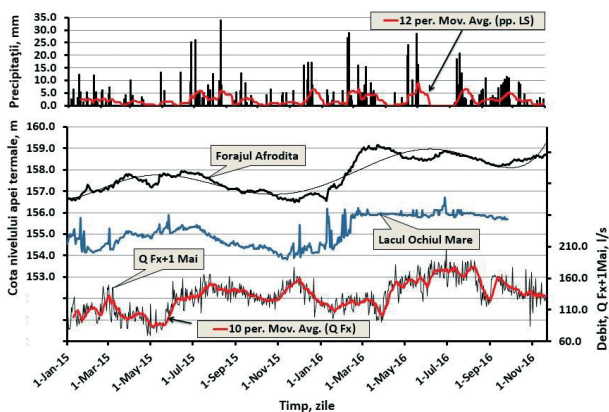


Fig. 14.34. Distribuția precipitațiilor la Luncasprie, variația cotei suprafeței acviferului termal în sonda Afrodita și a suprafeței Ochiului Mare, precum și debitele zilnice extrase din acvifer la Felix-1 Mai prin sondele licențiate în perioada ianuarie 2015-martie 2016.

Nivelul apei din acviferul freatic periferic lacului a fost măsurat lunar (fig. 14.33). El are o relație permanentă de alimentare-drenare cu lacul Ochiul Mare. Până la 05.02.2016 freaticul a alimentat lacul, nivelul lui piezometric scăzând lent ca urmare a deficitului pluviometric. După această dată până la sfârșitul lunii aprilie 2016 apa din lac se infiltrază în acviferul freatic, iar în continuare nivelele apelor din lac, acviferul termal și freatic sunt situate la cote foarte apropiate.

Creșterea nivelului piezometric al apelor termale la începutul anului 2016, (fig. 33), se datorează cantităților mari de precipitații căzute în lunile ianuarie și februarie 2016 în zona montană limitrofă, regimul exploatarei acviferului termal, asemănător cu cel din perioada similară a anului precedent, nejustificând această creștere (fig. 14.34). În perioada ianuarie - februarie 2016 la Luncasprie au căzut 189,2 mm, față de 95,6 mm în ianuarie - februarie 2015, la Pietroasa 220,2 vs 90,9, la Călățeș

164,1 mm vs 91,5 mm, iar la Sânmartin 123,4 vs 74,5 mm. Corelația dintre valorile cumulate ale precipitațiilor căzute la Luncasprie și creșterea nivelului acviferului termal în sonda Afrodita este lineară cu un grad ridicat de încredere ( $R^2=0,98$ ), subliniind influența importantă a precipitațiilor asupra oscilației nivelului acviferului termal (fig. 14.35).

Sonda 1730 Cihei este situată în partea de est a orașului Oradea la cca 4,2 km nord-vest de sonda Afrodita din stațiunea 1 Mai. Sonda are o adâncime de 2800 m și deschide colectorul triasic cu o coloană șlițuită amplasată în intervalul 2080-2750 m. Sonda este în conservare și prezintă degajări slabe de metan. Senzorul de presiune introdus în sondă indică o variație ondulatorie a nivelului acviferului deschis, asemănătoare acviferului cretacic inferior din zona Felix-1 Mai, dar cu o amplitudine dublă (fig. 14.27).

Forma asemănătoare a undelor de presiune înregistrate în cele două sonde indică situarea zonelor lor de alimentare în aceleși areale montane dar cu poziții altimetrice diferite, cu o distribuție temporară asemănătoare a precipitațiilor. Atât în munții Pădurea Craiului cât și în munții Bihor depozitele triasice ocupă poziții altitudinale mai ridicate cu valori superioare ale precipitațiilor.

În toate sondele monitorizate, acviferele deschise sunt sub presiune și prezintă oscilații ritmice ale nivelului acviferelor termale datorate mareelor terestre. Ele au amplitudini de 5-6 cm în sonda Fp3, Strandul cu valuri, ajungând la 10 cm în sondele Afrodita și 1730 Cihei, Oradea, (fig. 14.36). Graficele ilustrează caracterul semi-diurnal al mareelor. Perioada dintre două înregistrări succesive ale nivelurilor este de o oră.

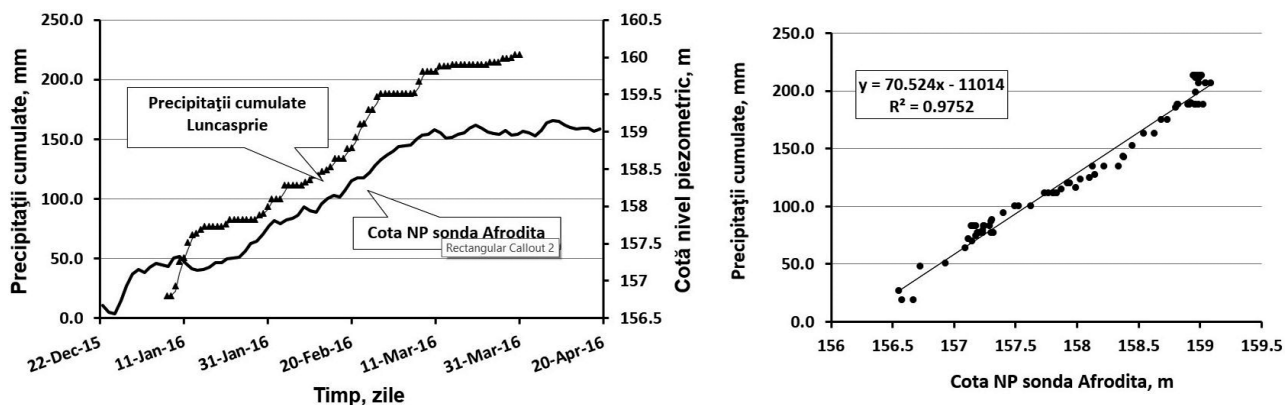


Fig 14.35. Distribuția temporală a precipitațiilor cumulate la Luncasprie și a cotelor acviferului termal în sonda Afrodita în perioada decembrie 2015-aprilie 2016, (stânga). În dreapta corelația dintre șirurile de valori menționate.



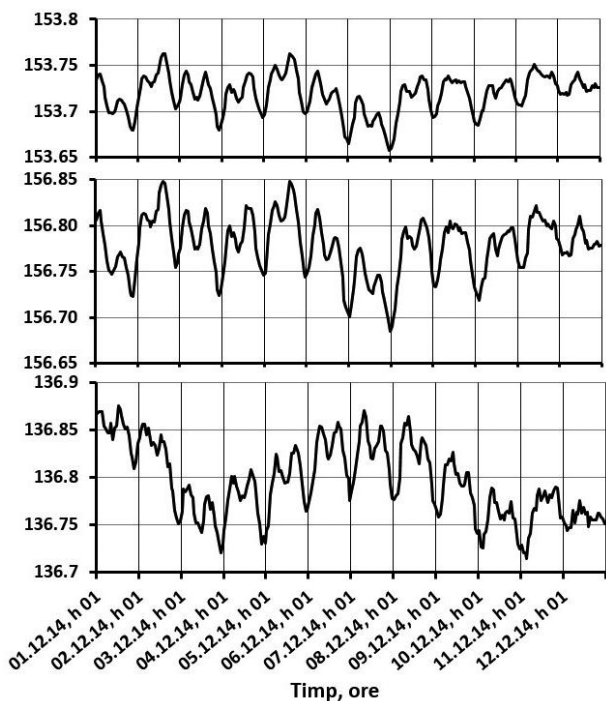


Fig. 14.36. Oscilații ale nivelului apelor termale produse de marea terestre în sondele Fp3-Ștrandul cu valuri, (sus), Afrodită, (mijloc) și 1730 Cihei, (jos).

### 14.3.2.2. Temperatura apelor termale

În sondele de monitorizare acviferul termal este sub presiune, adâncimea la care el este interceptat de sonde variind între 20 și 128 m. Sensorii de presiune și temperatură sunt introduși în coloanele sondelor sub limita nivelului dinamic de exploatare, acesta fiind situat la maximum 8-9 m de la suprafața terenului. Apa circulă prin coloană numai în timpul exploatarea (prin pompare sau aspirație), perioade în care se înregistrează temperatura reală a apelor termale. În perioadele de repaus apa este staționară pe coloană, temperatura ei scăzând lent până la temperatura rocii limitrofe.

În tabelul 14.4 sunt prezentate temperaturile caracteristice înregistrate de senzorii introduși în sonde în intervalul de observații septembrie 2014-noiembrie 2016. Temperaturile apelor termale pompate din acvifer sunt considerate cele din rândul temperaturilor maxime.

	Fp1	Fp2	Fp3	Alin Bogdan	4012	4011	4003	Balint	4087	F2 PSC	F1 PSC	Aqua President
<b>Media</b>	33,73	36,47	22,75	35,36	35,75	44,66	41,85	46,05	38,84	37,73	38,86	35,08
<b>Min.</b>	24,10	36,12	19,53	33,20	34,48	44,03	41,55	45,39	38,52	32,72	38,37	33,12
<b>Max</b>	37,47	37,51	32,09	36,13	40,26	46,23	42,45	47,13	39,53	38,74	38,97	35,89
<b>Avedev</b>	3,72	0,10	3,43	0,26	0,87	0,33	0,12	0,31	0,11	0,57	0,06	0,14

Tabelul 14.4. Temperaturile medii, minime și maxime înregistrate de senzorii introduși în sondele de apă termală.

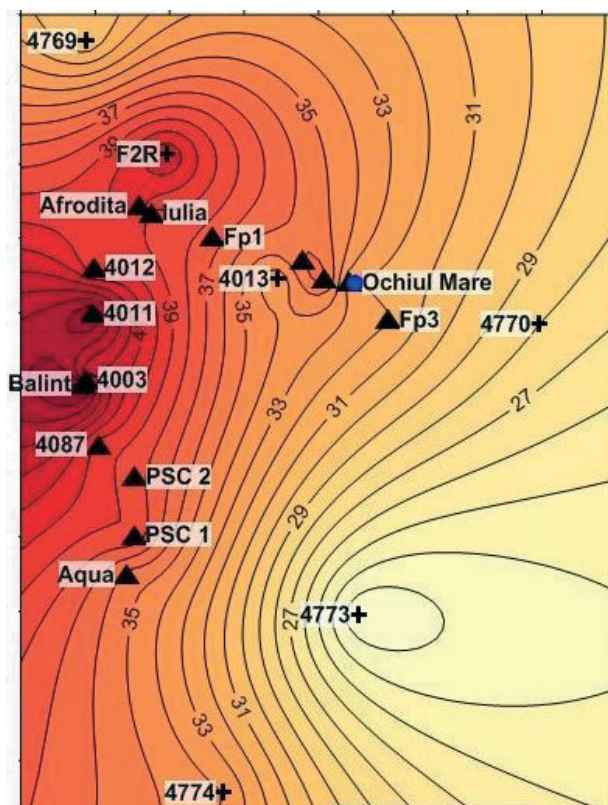


Fig. 14.37. Distribuție areală a temperaturii apelor termale extrase prin sondele din zona Felix-1 Mai, în perioada septembrie 2014- februarie 2016. (cercuri-foraje cu senzori de presiune și temperatură; cruce-alte foraje).

Temperatura apelor termale extrase din foraje are o variație areală importantă. Apa cu cea mai ridicată temperatură este debitată de sondele Balint (47,1°C) și 4011 (46,2°C), temperaturile scăzând radial, valorile minime fiind întâlnite în extremitatea estică a zonei 1 Mai (tabelul 14.4 și fig. 14.37). La întocmirea hărții din fig. 14.37 am folosit datele achiziționate în perioada septembrie 2014 - februarie 2016 și datele din forajele de explorare limitrofe zonei de studiu.

În fig. 14.38 prezentăm evoluția temperaturii apei pompate din sondele care au funcționat continuu perioade mai îndelungate de timp. Temperatura apei prezintă pe măsura măririi perioadei de pompare o tendință constantă de creștere la unele son-

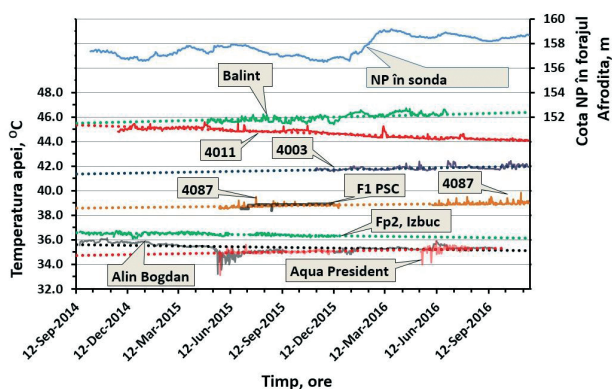


Fig. 14.38. Evoluția temperaturii apei termale în sondele cu pompare continuă.

de și de scădere la altele. Creșterea temperaturii apei s-a înregistrat la sondele Balint (+0,369°C/an), 4003 (+0,277°C/an) și 4087 (+0,231°C/an). Tendințe de creștere a temperaturii apei pompate se manifestă și la sondele Aqua President și F1 PSC. Scăderea cea mai mare a temperaturii apei s-a înregistrat la sonda 4011 (-0,554°C/an), urmată de sondele Alin Bogdan (-0,277°C/an) și Fp2 Izbuc (-0,231°C/an). Subliniem faptul că sondele în care a crescut temperatura apelor termale pompate sunt situate în centru stațiunii Felix pe aliniamentul sondelor 4003-Balint-4087-Aqua President, apreciat ca principală cale de ascensiune a apelor termale spre suprafață.

Nu s-a observat nici o relație temporală între oscilațiile nivelului acviferului termal cretacic inferior din zona Felix-1 Mai și temperatura apelor termale extrase din sonde.

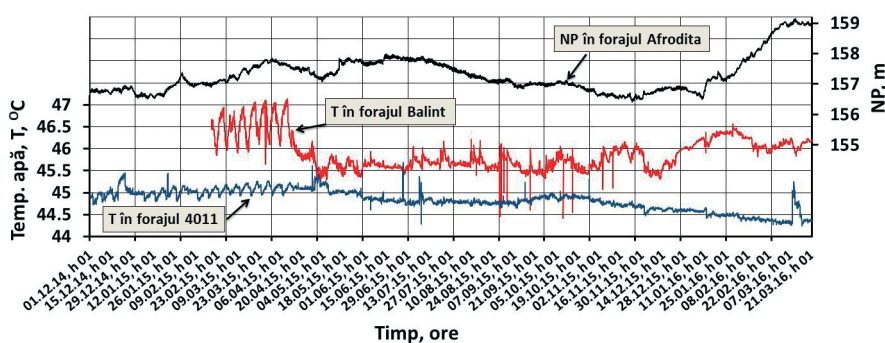


Fig. 14.39. Evoluția temperaturii apei termale pompate din sondele Balint și 4011 și a suprafeței piezometrice în sonda Afrodita, (valori orare).

Nr. crt.	Sonda	Vasilescu, Nechiti	ISPIF		A. Țenu, 1975			Cohut, Paal 1985	AHR IX.2014-II.2016
		1965	II.1966	IV. 1966	V. 1969	IX.1969	VII.1971		
1	Balint	49	49	49	49	49	47,8	49	47,1
2	Izbuc	42	42	42	40	40	39,4		36,7
3	4011	49			49	49	48	49,5	46,2
4	4012	39						39	39,3
6	4003				45	45	43,6	45	42,0
8	4087							42	39,5

Tabelul 14.5. Evoluția în timp a temperaturii apelor termale debitate de sonde.

La sonda 4011, sondă care pompează permanent, cu debite variabile, fluctuațiile săptămânale ale temperaturii apei în perioada amintită anterior se regăsesc dar cu o amplitudine de 0,2-0,3°C (fig. 14.39). În sezonul estival 2015 temperatura apei a scăzut cu cca 0,2°C sub media de 45°C. Din toamna anului 2015 se înregistrează o scădere constantă a temperaturii apei pompate, aceasta atingând 44,03°C în noiembrie 2016.

Temperatura apei termale debitate de sonde s-a menținut practic constantă din momentul săpării lor până în anul 1985. Temperaturile medii măsurate în perioada IX.2014-II.2016 sunt mai scăzute cu cca 2°C față de cele din anul 1985, (tabelul 14.5).

### 14.3.3. Considerații privind testul de interferență din anul 1984

Prelucrarea șirurilor de precipitații căzute în munții Pădurea Craiului și Bihor și de cote a suprafeței piezometrice a acviferului termal din zona Felix-1 Mai a indicat că alimentarea acviferului se realizează din această arie, amploarea fluctuației cotei acviferului fiind în relație directă cu regimul precipitațiilor. Pe de altă parte exploatarea de apă termală produc denivelări importante ale acestei suprafețe, hidrograful real înregistrat reprezentând diferența dintre aporturile aduse de precipitații și de amploarea acestor exploatarea.

După descoperirea acviferului termal triasic de la Oradea cercetătorii au fost preocupați de eluci-

darea problemei privind prezența sau nu a unor relațiile hidrodinamice cu acviferul cretacic inferior de la Felix-1 Mai, de modul de alimentare și încălzire a celor două acvifere.

În vederea verificării ipotezei privind prezența unei conexiuni hidrodinamice între zăcămintele Oradea și Felix-1 Mai, în anul 1984 s-a efectuat un test de interferență care a constat din închiderea la 27 august a tuturor sondelor din zona Oradea pentru o perioadă de 28 de zile și urmărirea debitelor surselor de la Felix-1 Mai (I. COHUT și G. PAAL 1985). Înaintea începerii testului din sondele de la Oradea se pompa apă termală cu un debit de 93,7 l/s, după ce anterior, în lunile mai-iunie, debitul a mai fost redus cu 55 l/s. La sfârșitul lunii septembrie 1984 a fost înregistrată o creștere cu 35 l/s (cca 20%) a potențialului de debitare al surselor care descarcă acviferul cretacic inferior de la Felix-1 Mai, mărire explicată de autori ca efect al interferenței cu colectorul triasic din Oradea, (fig. 14.40).

Analizând datele pluviometrice înregistrate în zonele montane limitrofe stațiunilor Felix-1 Mai în perioada efectuării testului din anul 1984 s-a constatat o similitudine a lor cu cele din intervalul ianuarie-februarie 2016, perioadă în care precipitațiile intense au condus la creșterea nivelului acviferului termal, implicit a debitelor descărcate din acesta. În luna septembrie 1984 la Luncașprie precipitațiile au însumat 174,4 mm (fig. 14.40), curba de creștere a debitelor surselor de ape ter-

male având un trend asemănător curbei valorilor cumulate ale precipitațiilor (fig. 14.41, stânga), corelația dintre cele două șiruri de valori prezentând un grad de certitudine ridicat (fig. 14.41, dreapta).

Creșterea debitelor surselor de la Felix-1 Mai în perioada opririi exploatării sondelor de la Oradea poate fi explicată de valorile mari ale precipitațiilor căzute în zona montană, interferența cu sondele de la Oradea nefiind susținută în acest caz.

Rezultatele testului efectuat în anul 1984 împreună cu informațiile oferite de determinările izotopice realizate de Țenu, 1975, au stat la baza ipotezelor emise privind zonele de alimentare, încălzire și descărcare a apelor acviferului termal Oradea-Felix-1 Mai (I. COHUT, 1986, A. ȚENU, 1981, I. COHUT, 2013, G. PAAL, 2013, A. ȚENU, 2015), sintetizate de PAAL în 2013 astfel: „*acviferul de la Băile Felix-1 Mai reprezintă aria naturală de descărcare a sistemului convectiv hidrotermal dezvoltat în rocile triasice din subsolul municipiului Oradea*”.

Evidențierea sistemului de fracturi Galbena cu rol de dren regional de alimentare a acviferului termal (I. ORĂȘEANU, 2015) a introdus o nouă componentă în acest mozaic și implicit noi interpretări privind zona de alimentare a acestuia.

Luând în considerare importanța deosebită a elucidării genezei apelor termale din areal pentru exploatarea lor rațională se impune o refacere a testului de interferență Oradea - Felix - 1 Mai în condițiile tehnice actuale de urmărire a presiunilor și debitelor.

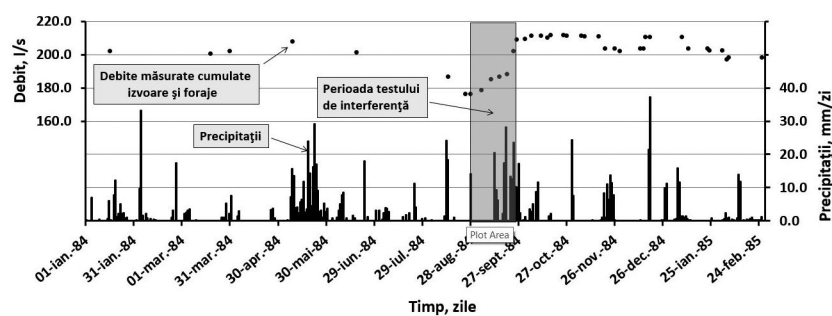


Fig. 14.40. Evoluția debitului cumulat al surselor de la Felix-1 Mai și a precipitațiilor căzute la Luncașprie în anul 1984.

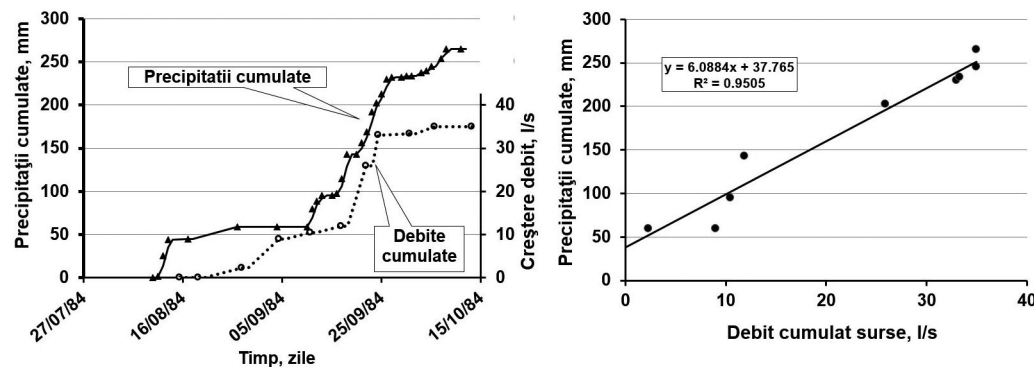


Fig. 14.41. Distribuția temporală a precipitațiilor cumulate la Luncașprie și a sporului de debit al surselor de ape termale pe perioada testului de interferență din anul 1984. În dreapta corelația dintre șirurile de valori menționate.



## CONCLUZII

Cercetările hidrogeologice de teren efectuate în zona Felix-1 Mai de AHR în perioada septembrie 2014-noiembrie 2016 prin introducerea de senzori de presiune și temperatură în majoritatea sondelor cu apă termală au adus contribuții noi la cunoașterea dinamicii suprafeței piezometrice și a distribuției temperaturii acviferului termal. Acviferul termal este localizat în calcare cretacic inferioare, carstificate și fisurate. Depozite sarmațian-pliocene, groase de 20-138 m, acoperă calcarele, conferindu-i acviferului statutul de sub presiune. Toate sondele săpate în acvifer sunt în conexiune hidrolică, acviferul fiind unic.

Prezența acviferului termal a fost sugerată inițial de izvorul Balint din stațiunea Felix și de salba de izvoare de pe p. Peța, iar ulterior de forajul Balint săpat în anul 1885. Forajele de exploatare săpate în perioada 1962-1990, toate cu deversare liberă, au condus la scăderea nivelului piezometric al acviferului, la declinul debitelor surselor și secarea majorității izvoarelor de pe p. Peța, (I. COHUT & G. PAAL, 1985). Săparea de noi foraje a condus la continuarea trendului descendent al suprafeței piezometrice fenomen accentuat în perioada 2014 - 2015 de deficitul pluviometric și evidențiat de scăderea drastică a nivelului lacului Ochiul Mare.

Mișcarea suprafeței piezometrice a acviferului din zona Felix-1 Mai este ondulatorie, cu o amplitudine de cca 2,5 m și o periodicitate de cca un an de zile. Cotele maxime apar în perioadele mai-iunie, iar cele minime în decembrie-ianuarie, poziția lor fiind regizată de extinderea ciclurilor hidrologice. Acviferul termal este alimentat din munții Pădurea Craiului și Bihor, distribuția sezonieră a precipitațiilor producând oscilații ale nivelului apelor subterane în zonele de alimentare, traduse prin undele de presiune înregistrate în sonde.

Tranzitul apelor subterane montane reci spre zăcământul de ape termale se realizează în principal pe drenul regional reprezentat de sistemul de fracturi Galbena (I. ORĂȘEANU, 2015). Durata medie de tranzit a apelor subterane între bazinele hidrografice drenate subteran de sistemul Galbena și acviferul termal ajunge la cca. 2 luni pentru bazinul hidrografic al p. Crișu Pietros, (I. ORĂȘEANU 2016).

Oscilația suprafeței acviferului termal are o formă complexă, ea este influențată de factori naturali, cantitatea și distribuția temporală a precipitațiilor,

și de factori antropici, volumul extracțiilor de apă termală. Fiecare sondă de exploatare produce denivelări punctuale ale suprafeței piezometrice, denivelări transmise și estompate rapid în arealul întregului acvifer. Acviferul este de tip fisural-carstic, heterogen și discontinuu, cu axe de drenaj orientate de-a lungul sistemelor de fisuri.

Oscilațiile nivelului apei lacului Ochiul Mare, reflectă în mare oscilațiile nivelului acviferului termal la care este conectat printr-o fisură/gol carstic continuată spre suprafață cu o discontinuitate a depozitelor colmataată cu detritus permeabil. În depozitele cuaternare limitrofe lacului este localizat un acvifer freatic cu o relație permanentă de alimentare-drenare cu lacul.

Pentru cunoaștere nivelului acviferului termal din perimetrul lacului a fost săpat un foraj piezometru de 70 m adâncime amplasat la 42 m vest de mira din centrul lacului.

Cotele minime ale apei în lacul Ochiul Mare au fost înregistrate în luna decembrie 2015. Precipitațiile căzute în lunile ianuarie și februarie 2016 în Munții Pădurea Craiului și Bihor au condus la creșterea cotelor acviferului termal și implicit a nivelului apei în lacul Ochiul Mare cu deversare în curgerea de suprafață. Nivelul apei în lac a atins cota maximă la începutul lunii martie 2016 urmat de o scădere lentă.

Creșterea nivelului acviferului termal ca urmare a ploilor căzute la începutul anului 2016 a condus și la activarea izvoarelor Ochiului Pompei și Frederich și la creșterea nivelului apelor în bazinele de captare ale izvorului cu *Rana dalmatina* și izvorului Balint.

Temperatura apelor termale extrase din foraje are o variație areală importantă. Apa cu cea mai ridicată temperatură este debitată de sondele Balint (47,1°C) și 4011 (46,2°C), temperaturile scăzând radial, valorile minime fiind întâlnite în extremitatea estică a zonei la 1 Mai. La sondele pompate o perioadă mai îndelungată se constată o creștere lentă în timp a temperaturii apei pentru cele situate pe aliniamentul 4003-Balint-4087-Aqua President, apreciat ca principală cale de ascensiune a apelor termale spre suprafață și o scădere lentă pentru cele amplasate în zonele periferice.

Creșterile de debite ale surselor care descarcă acviferul cretacic inferior din zona Felix-1 Mai interpretate în testul de interferență din anul 1984 ca fiind datorate opririi exploataii acviferului triasic de la Oradea (I. COHUT și G. PAAL 1985) pot



fi explicate și prin aporturile mari aduse de precipitațiile căzute în zonele montane limitrofe estice, fenomen similar celui monitorizat de noi la începutul anului 2016. Luând în considerare importanța deosebită a elucidării genezei apelor termale din areal pentru exploatarea lor rațională se impune o refacere a testului de interferență Oradea - Felix - 1 Mai în condițiile tehnice actuale de urmărire a presiunilor și debitelor.

#### *Mulțumiri*

*Mulțumim agenților economici care exploatează apa termală prin foraje licențiate de către ANRM pentru sprijinul acordat în procurarea și montarea senzorilor de presiune și temperatură, pentru disponibilitatea lor permanentă de a ne sprijini în efectuarea observațiilor. Mulțumim de asemenea personalului Muzeului Țării Crișurilor din Oradea pentru informațiile furnizate și pentru accesul la baza de date privind evoluția nivelului apei în lacul Ochiul Mare.*

\*\*\*\*\*