

Studiul geomagnetic al fortificațiilor din epoca bronzului de la Păuleni Ciuc - Ciomortan "Dâmbul Cetății", jud. Harghita

Cuvinte cheie: Transilvania, Păuleni Ciuc, Epoca Bronzului, fortificații, studiu geomagnetic

Key words: Transylvania, Păuleni Ciuc, Bronze Age, fortifications, geomagnetic study

Abstract

During December 2010, a mixed team of geophysicists and landscape surveyors carried out systematic geomagnetic investigations in the site of Păuleni Ciuc - Ciomortan "Dâmbul Cetății", Harghita county. This is a multi-stratigraphic settlement with discoveries belonging to the Cooper, Bronze and Iron Ages. The geomagnetic data were collected using a Bartington Grad601-2 fluxgate magnetometer, with a configuration allowing target identification as low as -2.5 m. There were surveyed all available areas inside the fortified enclosure and some large regions towards East and West outside the fortification, on the surrounding slopes, in total, 1,3 ha. The results of the geophysical survey were accurately connected with the general plan of the site in order to allow the establishment of connections between identified anomalies, excavated structures and general features of the micro relief.

The results of the geomagnetic survey identified in the A6, A5 and B6 squares a semicircular anomaly indicating the past existence of two ditches, possible interconnected in a horse-shoe shape, ditches which had been filled in time with soil. The high plateau of the site was surrounded by another ditch on the northern, eastern and southern sides. A section of this ditch was identified as well through archaeological investigations, being partially visible in the field nowadays. However, the geophysical survey refined the previously known information by highlighting the extension of the ditch towards west in C6, despite the steepness of the slope. It seems enough clear that the modern road was dug on the track of the prehistoric ditch. This fact suggests a different configuration of the north-western side of the prehistoric settlement and a different shape of the corresponding valley bank, as a possible road should have passed further towards north. The elevated plateau appears as enclosed by a double linear anomaly which may correspond to the fortification *vallum*. These traces gave a very strong magnetic signal indicating the existence of heavily burnt materials. On the north-western corner of the plateau this anomaly appeared as doubled by a new inner row of magnetic large anomalies, probably originating from burnt dwellings.

The most significant feature of these investigations is the capacity of geophysical data to reveal facts about prehistoric land use and land transformation. A virtual reconstruction of the Bronze Age site based on geomagnetic results integrated with data previously known from archaeological research can be seen in Plate 4.

In order to develop more complete interpretations of the geophysical survey, additional geophysical (coming as well from different alternative methods) and archaeological data (new excavations) are needed.

Date generale

În luna decembrie a anului 2010 au fost realizate cercetări geofizice în situl arheologic de la Păuleni Ciuc-Ciomortan "Dâmbul Cetății", jud. Harghita.

Această așezare este cunoscută pentru descoperirile aparținând culturilor Cucuteni-Ariușd, Bodrogkeresztur, Coțofeni, Ciomortan și Wietenberg¹. Pe parcursul epocilor, situl a cunoscut diferite amenajări și transformări care s-au tradus în situații arheologice complexe. Primele cercetări au fost efectuate încă din 1956, 1960 și 1967 de Székely Zoltan (1970). Cercetările au fost reluate din 1999 de un colectiv condus de Valeriu Cavruc.

Studiul geofizic al acestui obiectiv a fost realizat prin măsurători magnetometrice cu ajutorul unui magnetometru fluxgate Bartington Grad601-2, proiectat să măsoare și să înregistreze cu o înaltă acuratețe valo-

rile de gradient magnetic vertical la suprafața solului². Pentru o mai bună înțelegere a semnificației datelor magnetice, suprafețele investigate au fost raportate la un grid proiectat și materializat în teren prin mijloace topografice.

Suprafața investigată geofizic în anul 2010 la Păuleni – "Dâmbul Cetății" a fost împărțită în 17 griduri, cu suprafața cuprinsă între 10x10 m și 40x40 m sau fracții ale acestora. Rezultă în acest fel o suprafață totală de aproximativ 13.000 mp (1,3 Ha), din care s-au colectat date geomagnetice (peste 19.000 de valori măsurate și înregistrate). Pentru o mai bună înțelegere a semnificației seturilor de date geomagnetice și a interpretărilor propuse, au fost realizate măsurători microtopografice de precizie pe întreaga suprafață studiată geomagnetic, în urma cărora a fost posibilă calcularea unui model digital al terenului. Pentru măsurători topografice au fost

utilizate stații totale Leica TCR 805 și TCR 410. Toate măsurătorile au fost referențiate în sistemul de Proiecție Stereo 1970. Pentru a asigura compatibilitatea cu sistemul geodezic european și pentru a fi în acord cu noile reglementări legislative (Ordin ANCPI 212/2009), au fost calculate coordonatele și în sistem ETRS89. Pentru aceasta, au fost utilizate receptoare GPS geodezice. Corecțiile necesare asigurării unei precizii centimetrice au fost realizate prin post-procesarea datelor colectate, cu aplicații software specializate, utilizând date colectate sincron în puncte de referință din Rețeaua Națională de Stații GPS Permanente. Transformarea coordonatelor din sistemul geografic de coordonate în cele două sisteme de proiecție (Stereo 1970 - S42 și ETRS 1989) au fost realizate prin transcalcul cu aplicații software aprobate la nivel național. În acest fel, toate măsurătorile desfășurate în sit au fost integrate pe principii spațiale într-un sistem unic de coordonate tridimensionale

Bazele teoretice ale metodei magnetometrice

Prezența câmpului magnetic terestru, denumit și câmp geomagnetic, este cunoscută încă din antichitate și a servit, grație acului magnetic, la orientarea în spațiul geografic. Direcția și valorile normale ale câmpului magnetic terestru (ce își are originea în nucleul planetei) sunt însă modificate de proprietățile magnetice, diferite, ale minereurilor și rocilor ce compun scoarța terestră. Aceste din urmă surse de influență se află însă la distanțe mult mai mici în raport cu raza pământului. Prin măsurarea direcției și valorilor câmpului magnetic total, în orice punct de pe suprafața pământului, măsurăm în acest fel cumulat atât direcția și valoarea normală a câmpului cât direcția și valoarea anormală (sau anomală) provenită din surse apropiate. Denumim, prin urmare, anomalii magnetice, aceste variații anormale ale proprietăților magnetice, ce corespund unor variații structurale ale materialelor din subsol.

În practică, este de multe ori convenabilă măsurarea unui gradient, în locul valorii totale a câmpului magnetic terestru. În

cazul de față au fost măsurate valorile de gradient magnetic vertical, o metodă ce își are o largă răspândire în cazul studiilor magnetice de mică adâncime și care oferă rezultate foarte bune în cercetarea geofizică a siturilor arheologice. Configurația de măsură folosită permite identificarea anomaliilor magnetice ce provin de la adâncimi de până la 2,5 m, în condițiile în care nu mai există alte surse anormale aflate mai aproape de suprafață.

Prelucrarea și interpretarea datelor

Datele înregistrate sunt redactate sub forma unor hărți (imagini) magnetice. Pentru fiecare valoare înregistrată (sau interval de valori) este asociată o culoare sau o nuanță de gri. Variațiile de culoare sau de nuanțe de gri din imaginile obținute reflectă variațiile proprietăților magnetice ale structurilor naturale și antropice din subsol, permițând astfel identificarea și caracterizarea anomaliilor magnetice.

Pentru cazul studiului geomagnetic al siturilor arheologice, este de așteptat ca o parte din anomaliile magnetice identificate să fie produse datorită materialelor antropice și a structurilor construite de către om.

De cele mai multe ori, simpla asociere, printr-o funcție lineară, dintre valorile de gradient magnetic înregistrate și culori, nu permite observarea (tuturor) anomaliilor magnetice din teren și caracterizarea acestora. De aceea, în procesul de prelucrare sunt utilizate abordări complexe, descrise de algoritmi matematici. În baza acestor algoritmi, acționăm fie asupra seturilor de date înregistrate din teren (în fapt, copii ale acestora), fie asupra imaginilor anterior obținute.

Imaginile finale sunt referențiate topografic, realizând în acest fel corespondența între anomaliile identificate analitic și coordonatele lor reale din teren.

Analiza datelor geomagnetice

Harta magnetică obținută în urma corelării și prelucrării seturilor de date din toate suprafețele cercetate geomagnetic în relație cu relieful, este prezentată în Fig. 1.

Pentru mai multă claritate, această hartă a fost reprezentată fără alte elemente superimpuse în Fig. 2. Relația dintre relieful actual și datele geomagnetice poate fi totodată investigată prin suprapunerea acestor date peste fotografiile aeriene disponibile pentru această zonă (Fig. 3).

Hărțile magnetice prezentate în Planșele 1÷3 sunt rezultatul unui ansamblu de prelucrări asupra datelor înregistrate în teren (compresie, filtrare trece jos, corecții adaptive de egalizare a histogramei, etc). Au fost puse în acest fel în evidență atât anomaliile magnetice puternice (ce provin de la structuri incendiate), cât și anomalii ce au amplitudinea mai mică (șanțuri sau complexe adâncite ce au fost colmatate în timp).

Au fost aplicate corecții de egalizare între cele două grupe de senzori și corecții de egalizare între profile. Aceste din urmă corecții sunt necesare deoarece parcurgerea gridurilor de măsură a fost făcută în zig-zag, strategie care conduce la ușoare diferențe de unghi al sistemului de măsură față de normala la suprafața solului. Domeniul de reprezentare al valorilor a fost restrâns de la valorile maxime înregistrate de $-120 \div 140$ nT/m la intervalul de $-6 \div 6$ nT/m (nT = *nanoTesla*), realizându-se astfel evidențierea variațiilor fine. În final, peste imaginea obținută au fost suprapuse datele analizei microtopografice, ilustrată în Pl. I prin curbe de nivel.

Au fost identificate atât anomalii magnetice liniare, ce se află în strânsă legătură cu sistemul de fortificare construit în epoca bronzului, precum și anomalii circulare sau rectangulare, ce prezintă un imediat interes arheologic și care sunt produse de structuri arse la o temperatură ce depășește punctul Curie³. În plus, hărțile magnetice rezultate oferă numeroase informații utile pentru caracterizarea geomorfologică a sitului și pentru reconstituirea reliefului zonei studiate geofizic, în preistorie.

La limita dintre carourile A6 și B5 se observă două surse puternice de semnal magnetic. Acestea sunt provocate de construcții moderne (o troiță și pancarda de informare pentru situl arheologic) și nu prezintă interes arheologic. Pe un traseu semicircular ce pornește din A6 și continuă

către Nord în A5 revenind apoi către Sud până în caroul B6, poate fi observată o anomalie lineară tipică pentru un șanț al cărui conținut s-a umplut în timp. În teren, pot fi observate 2 ușoare denivelări ce corespund unor șanțuri ce au aparținut sistemului de fortificare din Epoca Bronzului, dar analiza datelor magnetice sugerează că acestea au fost unite într-un singur ansamblu către NE, rezultând în acest fel un șanț semicircular sau mai degrabă în formă de potcoavă. Această interpretare este întărită de observația că cele 2 șanțuri nu ar fi putut să se termine în drumul care își avea traseul în imediata apropiere către NV (dar la o diferență de nivel de -3m) și de aceea era necesară o închidere a acestor șanțuri. Către Sud nu putem preciza dacă cele 2 ramuri ale șanțului în formă de potcoavă mai continuau. Cele câteva alternări fine de semnal magnetic vizibile sub forma de slabe anomalii liniare, paralele, din carourile A6 și B6 indică o surpare a terenului pe pantă și pierderea odată cu aceasta a configurației preistorice a terenului din zonă.

Platoul elevat pe care se află situl arheologic a fost înconjurat de un alt șanț, cel puțin către Sud, Est și Nord. Panta abruptă din cealaltă treime a platoului ar fi putut să facă prezența acestui șanț inutilă către SV. Acest șanț mai este vizibil parțial și astăzi și a fost pus în evidență și prin cercetările arheologice derulate de colectivul condus de către Dr. Valerii Cavruc. Analiza datelor geomagnetice nuanțează informația anterior cunoscută. Se poate observa cu claritate în caroul C6 că anomalia continuă către Vest, chiar dacă panta în acest loc este desosebit de abruptă (Pl. I). Locul în care traseul șanțului se întrerupea către Vest nu poate fi deci estimat doar pe baza gradului de înclinare al pantei.

Către Nord, șanțul continua, așa cum se observă în carourile B5 și B4, peste traseul actual al drumului. Analiza acestei configurații sugerează fie inexistența unui drum în partea de NV a sitului fie, mult mai probabil, un traseu al drumului în epoca bronzului ce urma malul de NV al șanțului de apărare, caz în care larga vale mlăștinoasă ce se deschide și ea către NV avea o configurație diferită, mai îngustă, lăsând suficient loc pentru un drum.

Un alt important grup de anomalii lineare mărginește platoul superior pe aproape toată circumferința, în zonele cercetate geofizic. Se observă că acestea se organizează pe 2 rânduri paralele și sursa acestui semnal poate fi cu siguranță pus în legătură cu valul construit în epoca bronzului și a refacerilor ulterioare ale acestuia. Intensitatea mare a semnalului magnetic înregistrat în zona acestei anomalii lineare duble își are sursa în structuri care au fost incendiate.

Componenta extrem magnetică a anomaliilor (culoare închisă - negru) își are originea în modificarea proprietăților magnetice ale materialului datorită expunerii acestuia la valori termice ce au depășit temperatura Curie (585°C în cazul magnetitei, larg răspândită în soluri și roci; vezi și nota 2). Paralel cu acest dublu traseu, în partea de NV este vizibil în carourile C4-C3-D3 un nou șir de perturbații magnetice de intensitate mare, generate și acestea, cel mai probabil, tot de structuri incendiate. Acesta este aliniamentul pe care au fost descoperite, prin cercetările arheologice anterioare, locuințele din perioada Wietenberg⁴.

În extremitatea nord-estică a platoului mai sunt vizibile, în plus față de șanțul mare de apărare, alte câteva anomalii lineare. Acestea își pot găsi explicația fie prin existența unor elemente de fortificare ce corespund unor refaceri succesive, fie prin eroziuni ale terenului. Terenul, acoperit de zăpadă la momentul înregistrării datelor geofizice, nu a permis observarea de fisuri ce ar putea să existe în imediata apropiere a suprafeței.

Integrarea cercetărilor arheologice anterioare⁵ și a măsurătorilor topografice, la care adăugăm acum informațiile obținute în urma studiului geomagnetic mai sus prezentat, ar putea avea ca posibil rezultat o propunere de reconstituire virtuală a microzonei și a sistemului de fortificații din Epoca Bronzului de la Păuleni Ciuc – Ciomortan "Dâmbul Cetății" (Planșa IV).

Această reconstituire, ce trebuie privită cu multă prudență, reprezintă materializarea unuia din multele scenarii interpretative. Am decis includerea acesteia în ilustrația prezentului studiu pentru a reliefa

capacitatea metodelor geofizice de a produce rapid informații ce nuancează și extind orizontul de cunoaștere de la nivelul localizat al săpăturii arheologice la cel al microzonei. Cercetarea geomagnetică oferă avantajul unui randament superior în comparație cu alte metode și a unei excelente sensibilități în înregistrarea perturbațiilor de câmp magnetic produse de o largă categorie de structuri și obiecte de interes arheologic. Metoda magnetică, și în special cea bazată pe analiza gradientului componente verticale a câmpului magnetic, oferă prea puține posibilități de organizare a informației pe adâncime. Mai mult, acolo unde surse multiple se suprapun, așa cum cel mai adesea se întâmplă în siturile arheologice, variația de semnal magnetic detectată și înregistrată provine cu precădere de la structurile și obiectele aflate cel mai aproape de senzori, adică de la cele aflate la cea mai mică adâncime. Anomaliile produse în imediata apropiere a suprafeței maschează în acest fel anomaliile magnetice ce își au sursa la adâncime mai mare. Din motivele mai sus expuse, interpretarea hărților magnetice rezultate din cercetarea de la Păuleni este dificilă, dincolo de atribuirea în termeni largi a anomaliilor principale unor elemente (de fortificare, de habitat, etc.) anterior cunoscute din observațiile din teren sau din cercetările arheologice mai vechi și mai noi. Elementele de fortificare și de habitat ce pot fi recunoscute din hărțile magnetice nu pot fi diferențiate pe faze constructive și nici măcar pe epoci. Este doar rezonabil a presupune că majoritatea dintre acestea au funcționat (și) în ultimul orizont de utilizare a sitului, respectiv Epoca Mijlocie a Bronzului și, în unele cazuri, Epoca Fierului.

Continuarea în următoarele campanii a cercetărilor geofizice de la Păuleni Ciuc - Ciomortan "Dâmbul Cetății" prin completarea studiului geomagnetic în suprafețele încă necercetate, precum și prin utilizarea unor metode geofizice mult mai sensibile la adâncime (Tomografia Electrică de Rezistență, GeoRadar, etc.), va conduce la o mai bună înțelegere a sistemului de fortificare și la o mai bună înțelegere a sitului în relație cu mediul ambiant.

**Dan Ștefan
Maria-Magdalena Ștefan
Cătălin Constantin**

Note / Notes

1. **Cavruc, Buzea 2002; Cavruc 2004; Cavruc 2005; Buzea, Lazarovici 2005; Buzea et alii 2008**

2. Caracteristicile principale ale acestui echipament: principiu de lucru: măsurarea gradientului vertical al câmpului magnetic terestru; număr de elemente: 2; număr de senzori per element: 2; distanțarea pe verticală a senzorilor: 1 m; sensibilitate: ~ 0.03 nT/m; adâncime maximă de investigație: 2.5 m; densitate maximă de înregistrare: 16 valori/m

3. Temperatura Curie sau Punctul Curie este o valoare termică, specifică fiecărui material. Expunerea materialelor la o temperatură mai mare decât temperatura Curie conduce la transformări profunde în structura intimă a respectivului material, prin reorientarea

momentelor magnetice ale particulelor. În consecință, materialele feromagnetice și ferimagnetice devin paramagnetice iar „semnătura”, lor magnetică devine extrem de intensă. Interesul pentru variațiile proprietăților magnetice în funcție de temperatură se adresează în primul rand oxizilor de fier. Dintre aceștia, magnetita ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) poartă cea mai mare parte din „semnătura” magnetică a rocilor și a solurilor, prin lărga sa răspândire în aceștia. Temperatura Curie a magnetitei este de 585°C

4. **Cavruc, Rotea 2000; Cavruc, Buzea 2002**

5. **Cavruc, Dumitroaia 2000; Cavruc 2005; Buzea, Lazarovici 2005**

Bibliografie / Bibliography

Buzea, Briewig 2010

BUZEA D., BRIEWIG B., *Exeperimente arheologice realizate la Păuleni Ciuc și Băile Figa în anii 2007-2009, în Memoria Antiquitatis*, XXV-XXVI, Piatra Neamț, p. 205 - 245

Buzea, Lazarovici 2005

BUZEA D., LAZAROVICI GH., *Descoperirile Cucuteni-Ariuşd de la Păuleni Ciuc-Ciomortan „Dâmbul Cetății”. Campaniile 2003-2005. Raport preliminar*, în *Angustia, Arheologie -Etnografie*, 9, p. 25-88

Buzea et alii 2008

BUZEA D., COTRUȚĂ M., BRIEWIG B., *EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY. The construction of a fire installation (hearth) on the model of those discovered at Păuleni Ciuc - Ciomortan “Dâmbul Cetății”, Harghita County*, în *Acta Terrae Septemcastrensis*, VII, Sibiu, p. 217-232

Cavruc 2004

CAVRUC V., *Câteva precizări privind perioada timpurie a epocii bronzului din sud-estul Transilvaniei*, în *Memoria Antiquitatis*, Piatra Neamț, XXIII, p. 265-275

Cavruc 2005

CAVRUC V., *The Ciomortan Group in the light of New-Researches*, în *Marmatia*, 8/1, p. 81-123

Cavruc, Dumitroaia 2000

CAVRUC V., DUMITROAIA GH., *Descoperirile aparținând aspectului cultural Ciomortan de la Păuleni (Campaniile 1999-2000)*, în *Angustia*, 5, p. 131-154

Cavruc, Rotea 2000

CAVRUC V., ROTEA M., *Locuirea Wietenberg de la Păuleni (Campaniile 1999-2000)*, în *Angustia*, 5, p. 155-172

Cavruc, Buzea 2002

CAVRUC V., BUZEA D., *Noi cercetări privind epoca bronzului în așezarea Păuleni (Ciomortan). Campaniile din anii 2001-2002. Raport preliminar*, în *Angustia*, 7, p. 41-88

Lazarovici et alii 2000

LAZAROVICI GH., LUCA S. A., BUZEA D., SUCIU C., *Descoperirile Cucuteni - Ariuşd de la Păuleni*, în *Angustia*, 5, Sfântu Gheorghe, p. 103-130

Lazarovici et alii 2002

LAZAROVICI GH., CAVRUC V., LUCA S. A., SUCIU C., BUZEA D., *Descoperirile Eneolitice de la Păuleni. Campania 2001*, în *Angustia*, 7, Sfântu Gheorghe, p. 19-40

Székely 1970

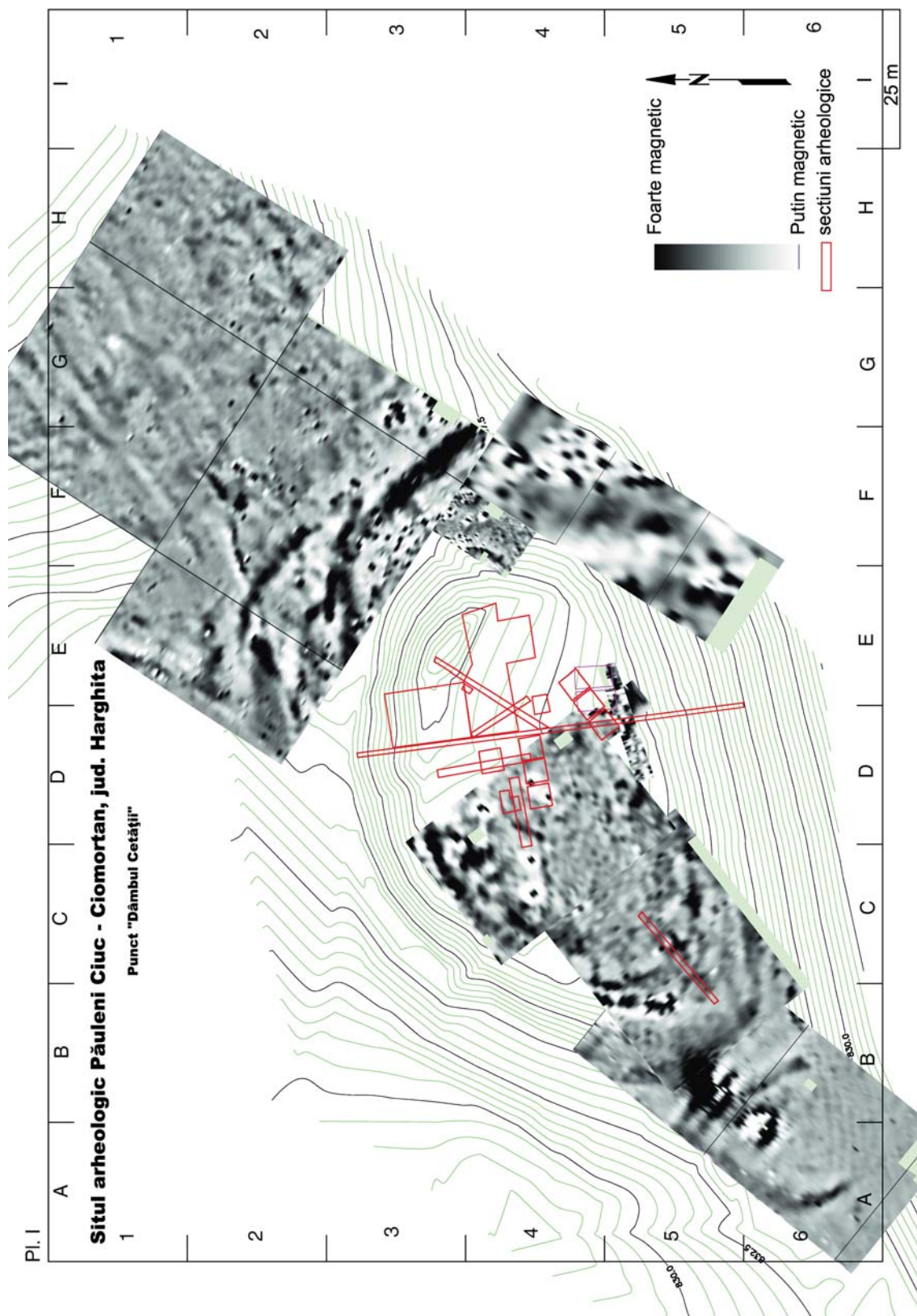
SZÉKELY Z., *Cultura Ciomortan*, în *Aluta*, 1970, Sfântu Gheorghe, p. 71-76

Sztancs, Beldiman, Buzea 2009

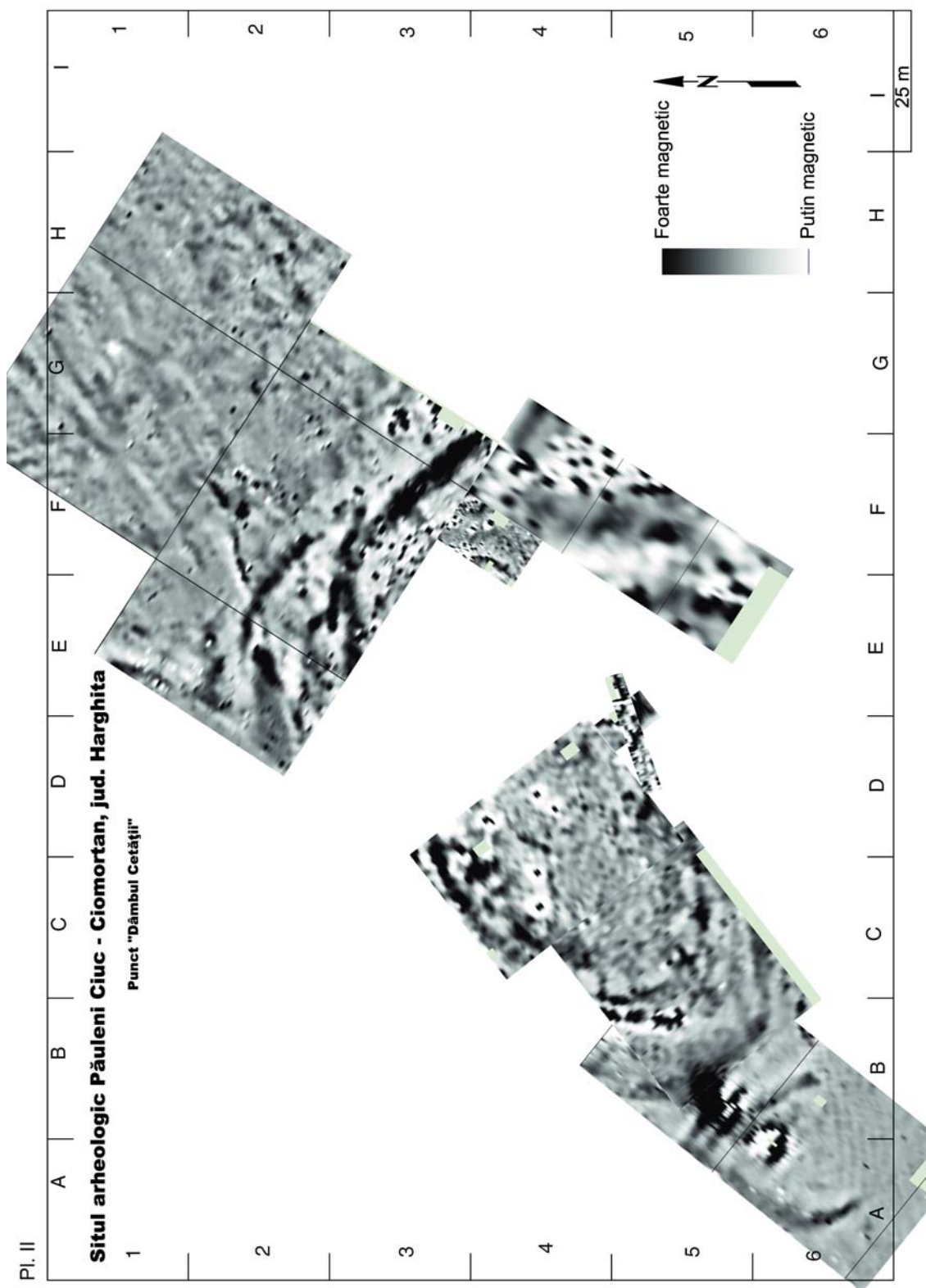
SZTANCS D.-M., BELDIMAN C., BUZEA D. L., *Contribuții la cunoașterea plasticii antropomorfe preistorice din materii dure animale în Transilvania: idolul din corn de cerb descoperit în așezarea eneolitică de la Păuleni-Ciuc, jud. Harghita*, în *Corviniana. Acta Musei Corvinensis*, 13, 2009, p. 359-375



Figura I / Figure I
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, jud. Harghita
Situl analizat, văzut cu ajutorul aplicației Google Earth
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, Harghita County
The analyzed site, viewed with the help of Google Earth application



Planșa I / Plate I
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, jud. Harghita
 Rezultatul cercetărilor geomagnetice puse în relație cu relieful microregiunii
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, Harghita County
 Geomagnetic survey results presented in relation with the microregion relief



Planșa II / Plate II
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, jud. Harghita
Rezultatul cercetărilor geomagnetice puse în relație cu suprafețele cercetate arheologic
Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, Harghita County
Geomagnetic survey results presented in relation with the archaeological trenches



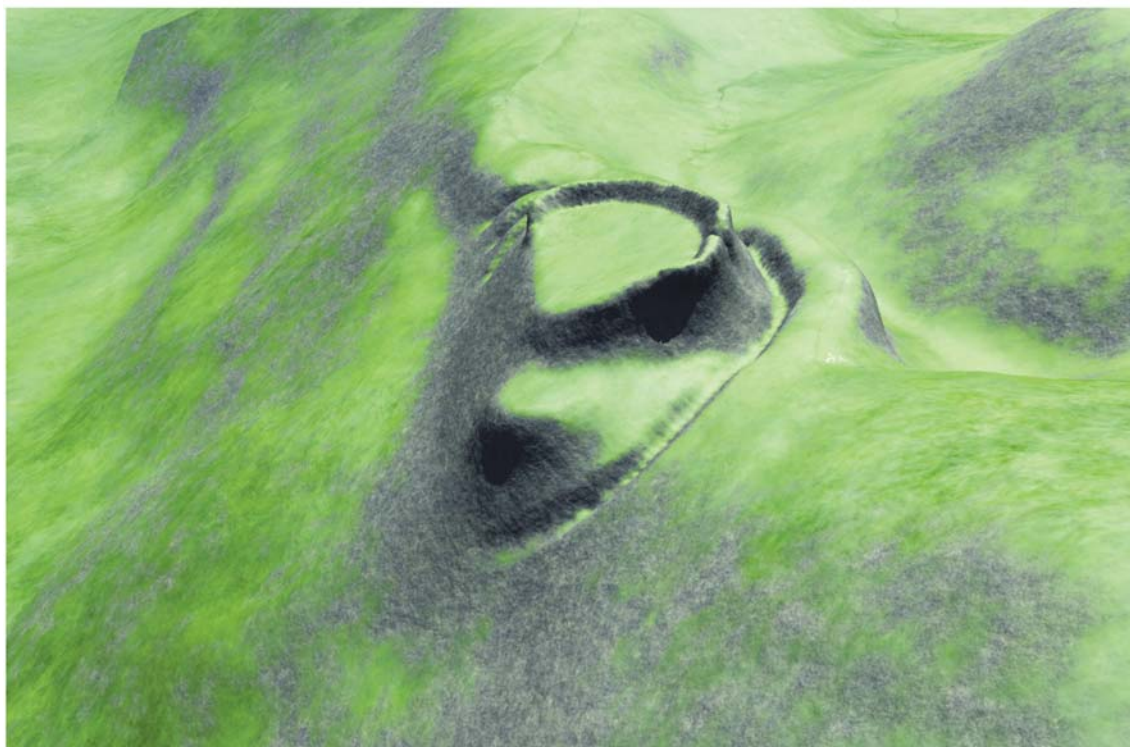
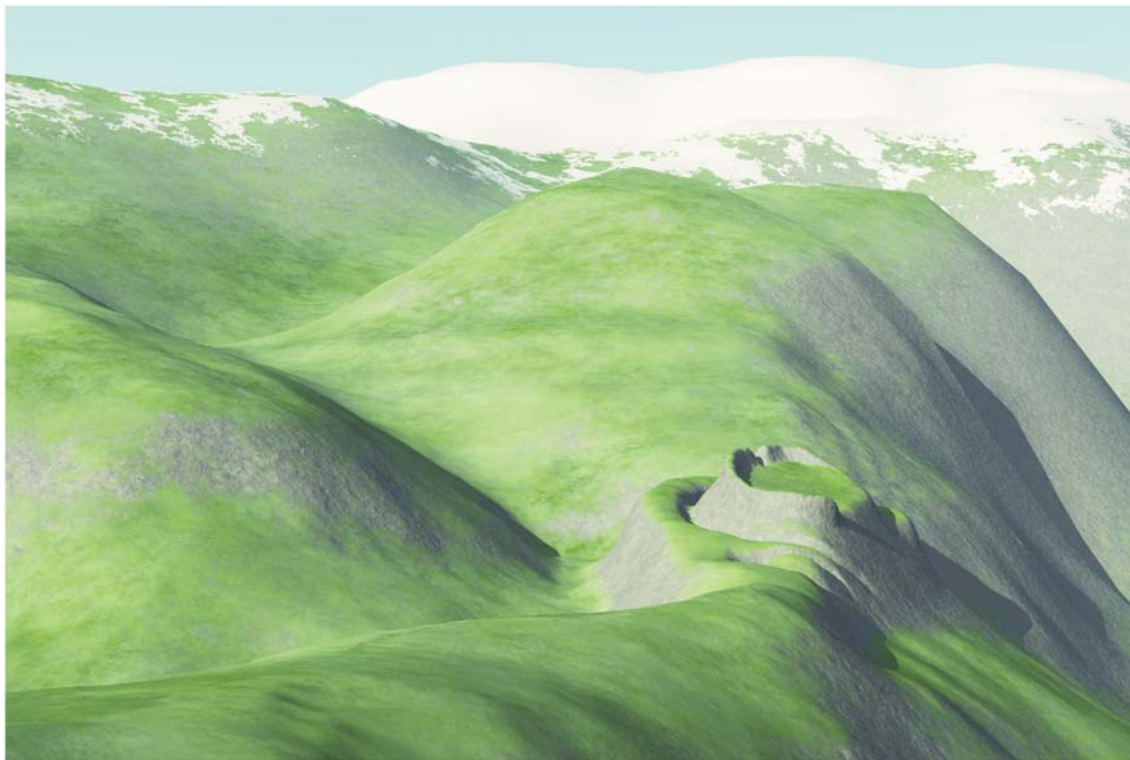
Planșa III / Plate III

Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, jud. Harghita

Rezultatul cercetărilor geomagnetice în relație cu imaginea aeriană a microregiunii

Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, Harghita County

Geomagnetic results presented in relation with the aerial image of the microregion



Planșa IV / Plate IV

Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, jud. Harghita

Propunere de reconstituire virtuală a sistemului de fortificații din Epoca Bronzului

Păuleni Ciuc – Ciomortan „Dâmbul Cetății”, Harghita County

Virtual reconstruction proposal for the Bronze Age fortification system