

DATAREA GEO-MAGNETICĂ. O INTRODUCERE TEORETICĂ ÎN PRINCIPIILE DATĂRII ABSOLUTE FOLOSIND METODA ARHEOMAGNETISMULUI REMANENT

Problemă crucială în demersul cercetării arheologice de specialitate a fost dintotdeauna stabilirea unor coordonate cronologice cât mai realiste asupra diferitelor situații ce ne-au fost dezvelite prin săpăturile sistematice. Stabilirea unor cronologii având la bază tipologiile ceramice și interpretările stratigrafice dau pe zi ce trece o tot mai complexă imagine, necesitând deci o mai mare acuratețe în ceea ce privește delimitarea unor grupuri culturale sau complexe etnico-culturale ce s-au succedat în timp într-un spațiu geografic. Ținând seama de faptul că fenomenele istorice se petrec atât în spațiu cât și în timp, fără o succesiune cronologică ele își pierd caracterul intercauzal și devin doar date dispartate, incoerente. Lipsa izvoarelor scrise și, în consecință, a oricăror referiri cronologice, a obligat pe cercetătorii preistoricieni și nu numai să caute și alte modalități în a stabili o cronologie, fie ele relative sau absolute.

Dacă cercetarea arheologică s-a perfecționat într-atât încât să permită folosirea cu succes a unor metode ca studiul stratigrafic (după principiile geologiei), celui tipologic, celui comparativ sau cartografic, alte metode, aparținând de această dată "zonei" de interdisciplinaritate a arheologiei, se impun mai nou, oferind (în condiții ideale) alternativa extraordinară unei datări absolute.

Interdisciplinaritatea arheologiei ca știință a facilitat și necesitat totodată, prin complexe situații întâlnite, legături cu diverse alte științe precum geologia, chimia, fizica, botanica și multe altele. Metodologia de determinare a cronologiei absolute ia ființă din tehnici complexe, de ultimă oră, bazându-se pe infime indicii, adeseori de ordin molecular. Printre deja diversele metode de datare absolută (metoda potasiu-argon 40, testul fluorului, cronologia glaciară, metoda varvelor, metoda carbon 14, metoda dendrocronologică, termoluminescența etc.) se află și cea arheomagnetică, subiectul lucrării de față.

Datarea folosind această metodă s-a dovedit a avea o acuratețe de până la ± 25 ani, mergând, în condiții ideale și dacă este necesar, până la indicarea zilei. Tehnica utilizează modificările dependente de timp din direcția și intensitatea câmpului magnetic al Pământului, cunoscute sub numele de variație seculară.

Principiile de bază ale metodei se regăsesc în caracteristicile de-a lungul timpului ale variațiilor geo-câmpului magnetic. Câmpul magnetic terestru este într-o continuă schimbare - în ceea ce privește direcția și intensitatea sa. Materialele arse (sau incendiate) ce conțin oxizi de fier dobândesc un magnetism termo-remanent care, o dată cu răcirea materialului, va rămâne înregistrat sub forma direcției câmpului și deci blocat în acesta de la momentul arderii.

Câmpul magnetic al Pământului este cunoscut sub numele de "câmp geomagnetic" și a fost pentru prima oară descoperit în China cândva înainte de secolul XI. Acest câmp nu este constant și este subiectul unor schimbări, parte din ele fiind cauzate de evenimente din interiorul planetei. De asemenea, schimbări sunt cauzate de alte evenimente astronomice, un exemplu fiind erupțiile solare. Tocmai aceste evenimente din structura planetei sunt cele relevante din punctul de vedere al datării arheomagnetice.

Prima tentativă de descriere a proprietăților câmpului magnetic terestru îi aparține lui William Gilbert care, în Anglia secolului XVII, a sugerat că acesta ar avea aceleași caracteristici cu câmpul magnetic generat de un magnet - bară plasat în centrul Pământului. Acest câmp este numit "câmp dipol" pentru că magnetii de tip bară au doi poli (numiți "nord" și "sud") iar Pământul are și el acești poli în câmpul său magnetic.

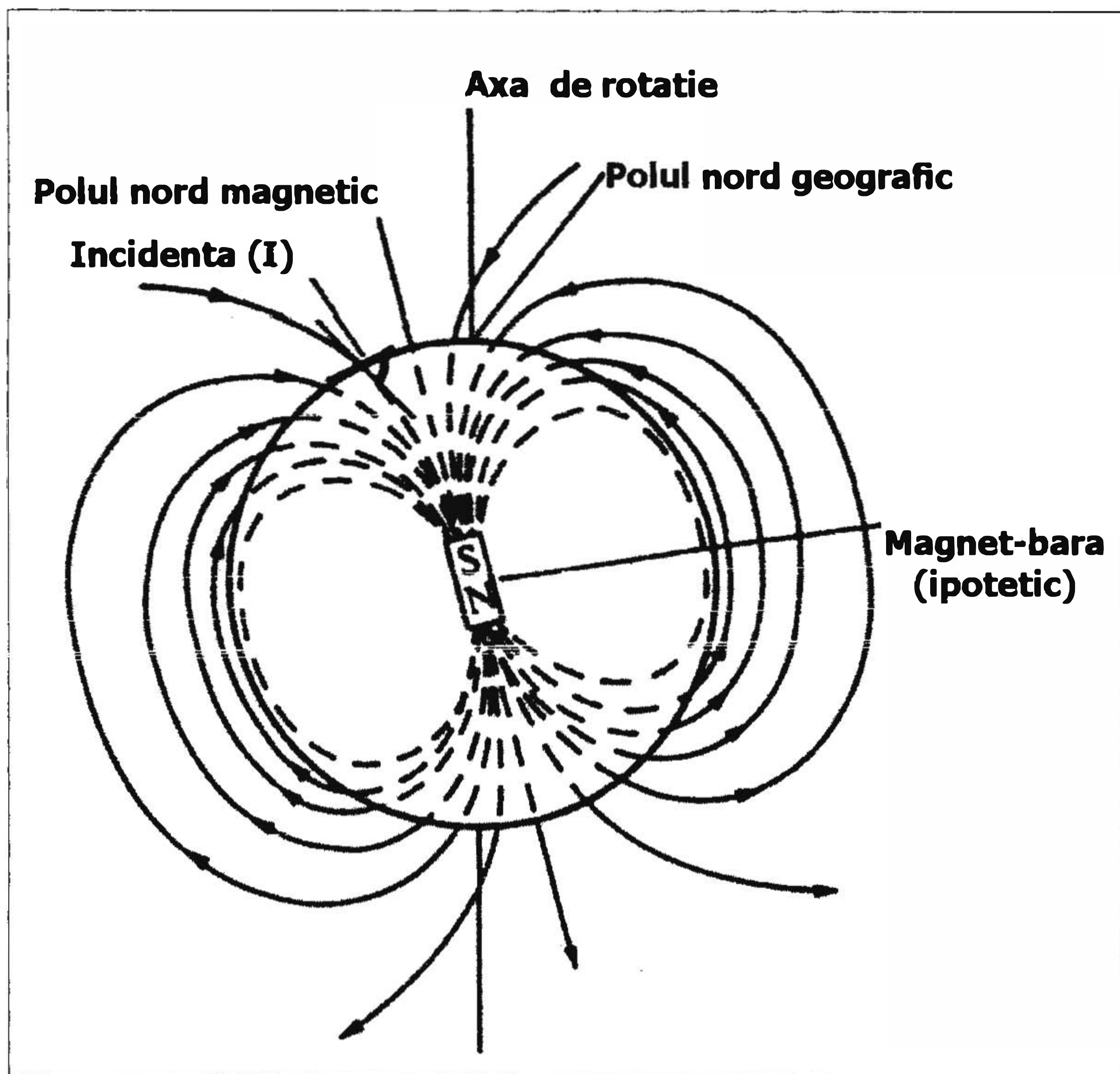


Fig. 1. Reprezentare a câmpului magnetic terestru dipolar.

Totuși polii magnetici nu sunt aliniați cu nordul sau sudul geografic, aceștia din urmă fiind determinați de axa de rotație a Pământului. Însă acest dipol magnetic presupus formează un anumit unghi de înclinație cu axa de rotație. Acest unghi este într-o continuă variație, în prezent având o valoare aproximativă de 11 grade.

Puterea cu care se manifestă câmpul magnetic - cunoscută ca și "intensitatea" lui - este și ea în continuă variație. De exemplu în prezent ea se află la o valoare cu 20% mai slabă decât a fost acum 2000 de ani. Această scală a modificărilor este prea largă pentru a putea fi utilizată în datarea structurilor arheologice, însă este folosită în datarea unor structuri geologice și clasificarea unor perioade îndepărtate.

Un mare număr de observații făcute după vremurile lui Gilbert au clarificat faptul că dipolul imaginar din centrul Pământului nu explică pe deplin toate caracteristicile câmpului său. De altfel el se face responsabil doar de aproximativ 80% din ele, restul de 20% fiind grupate și cuprinse în denumirea de câmp magnetic "non-dipol".

Efectele acestui câmp non-dipol pot fi explicate prin "vizualizarea" unei serii de magneți dipoli de dimensiuni mici, poziționați la jumătatea distanței dintre centrul Pământului și suprafața sa. Pentru a reuși o descriere cât mai completă a câmpului așa cum îl găsim astăzi trebuie să ne imaginăm opt dintre acești dipoli verticali răspândiți în toată planeta. Ei sunt responsabili de producerea unor serii de caracteristici magnetice care fiecare în parte afectează câmpul magnetic normal pe o rază de aproximativ 500 de kilometri. Mărimea și poziția acestor caracteristici non-dipol se modifică rapid, fiecare caracteristică având o medie de viață situată undeva în dreptul a 1000 de ani. Aceste modificări pot fi transpuse pe o scală temporală care, de această dată poate fi folosită în scopuri arheologice.

Termenul tehnic folosit în a descrie aceste modificări/variații este acela de *variații seculare* - cuvântul "secular" fiind folosit în sensul că acestea se petrec doar o dată într-o epocă sau o perioadă măsurată de timp.

Magnetismul remanent pe care se bazează această metodă de datare este de fapt magnetizarea de lungă durată pe care anumite materiale precum lutul ars ("chirpiciul"), roca și unele sedimente o pot dobândi. Ele pot fi magnetizate deoarece conțin particule infime de oxizi de fier. Aceste granule de material sunt permanent supuse magnetizării și chiar se comportă asemenea unor mici magneți de tip bară. Datorită structurii cristaline a oxizilor de fier aceste granule au o axă lungă și una scurtă precum acul unei busole magnetice. Deosebit de important este ca liniile de câmp magnetic ale acestor materiale să fie aliniat de-a lungul axelor lungi ale granulelor.

În cazul lutului normal (nears), aceste particule magnetice sunt aliniat la întâmplare iar lutul nu prezintă o magnetizare netă. Dacă i se procură energie, așa cum se face prin ardere, granulele încep să se rotească și "dansează" între cele două aliniamente paralele posibile pe axa lungă a granulei iar materialul dobândește un câmp magnetic net. Temperatura la care se petrece acest fenomen se numește temperatură de blocare și se află în jurul valorii de 500 grade Celsius pentru majoritatea oxizilor ferici. Temperatura, pe măsură ce crește va determina demagnetizarea completă a materialului. Punctul la care aceasta se produce este cunoscut ca temperatura Curie și are o valoare cuprinsă între 750 și 800 grade Celsius pentru majoritatea oxizilor ferici.

Pe măsură ce materialul se răcește mișcarea granulelor magnetice încetinește și în final se oprește, devin "prizoniere" în propriile lor aliniamente magnetice. Dacă este prezent un câmp magnetic exterior în acest moment, granulele se vor alinia în conformitate cu acesta. Având în vedere faptul că în trecut nu exista alt câmp magnetic, singurul posibil este cel al Pământului. Așadar fiecare vas ceramic (etc.) va deține detalii ale câmpului magnetic existent la data și locul la care au fost fabricate. Aceste detalii rămân fixe atâta timp cât ceramica, lutul ars nu sunt reîncălzite la o temperatură mai mare de punctul Curie.

O problemă deosebit de importantă și demnă de reținut ar fi faptul că, de fiecare dată când obiectul este ars din nou "ceasul" termo-remanenței este "dat" la "zero"- deci doar ultima ardere a materialului poate fi datată. Materialul din care este alcătuit cuptorul de ars ceramica va păstra și el detalii ale câmpului, *dar numai acelea de la ultima ardere.*

O necesitate majoră în datarea direcțională este următoarea: orice material supus prelevării trebuie să fie exact în poziția și orientarea în care s-a aflat atunci când și-a dobândit magnetismul. De aceea, dacă o vatră de foc este evident deranjată datorită subsidenței, cutremurelor etc., este inutilă prelevarea unor mostre.

Astfel se pot reconstitui prin măsurători aplicate unor probe prelevate în prealabil din situri arheologice, caracteristici de-a lungul timpului ale paleo-câmpului magnetic terestru pentru construirea curbe de calibrare necesară mai apoi aprofundării preciziei datărilor ulterioare.

Fenomenele de câmp geomagnetic ne permit să stabilim aceste curbe de referință ale parametrilor direcționali, a căror modificări după variația seculară se datorează în principal unor perturbări localizabile, supraimpuse principalului câmp-dipol al Pământului. Ca rezultat această curbă nu va urmări un șablon, forma ei variind drastic dintr-o parte a Pământului în cealaltă. Atât declinația (estică și vestică) cât și înclinațiile mai puțin cunoscute precum unghiul de incidență, pot fi măsurate. Declinația în particular s-a schimbat drastic de-a lungul anilor, de menționat fiind cele de la 750 BC la 1280 AD, respectiv cu valori de la 48°E la 26°V – o rotire de 74 de grade, cu multe mici variații între aceste valori extreme.

Nici o datare nu este posibilă până ce nu sunt stabilite și calibrate fin variațiile în unghiul de incidență și declinație! Aceasta presupune construcția unei curbe de calibrare ce trebuie să fie în relație cu variația seculară locală. Aceasta va acoperi o zonă cu o rază de aproximativ 500 km, și chiar și atunci vor fi necesar a aplica proceduri de normalizare a datelor culese pentru ca acestea să devină pe deplin compatibile.

Curba de calibrare este în fapt un grafic ce conține valorile declinației și cele ale înclinației pe cele două axe, fiind construit doar folosind informațiile magnetice oferite de *probe ce au fost deja fin datate / calibrate prin alte metode* precum radiocarbon, dendrocronologie și metode tipologice asupra unor obiecte aparținând unor serii cunoscute. Această realizare poate lua mult timp, fiecare curbă de referință fiind însă specifică doar unei zone. De exemplu, în Bulgaria și Ungaria există curbe de calibrare dar nici una dintre ele nu poate fi folosită pentru a data bine materiale provenite din România

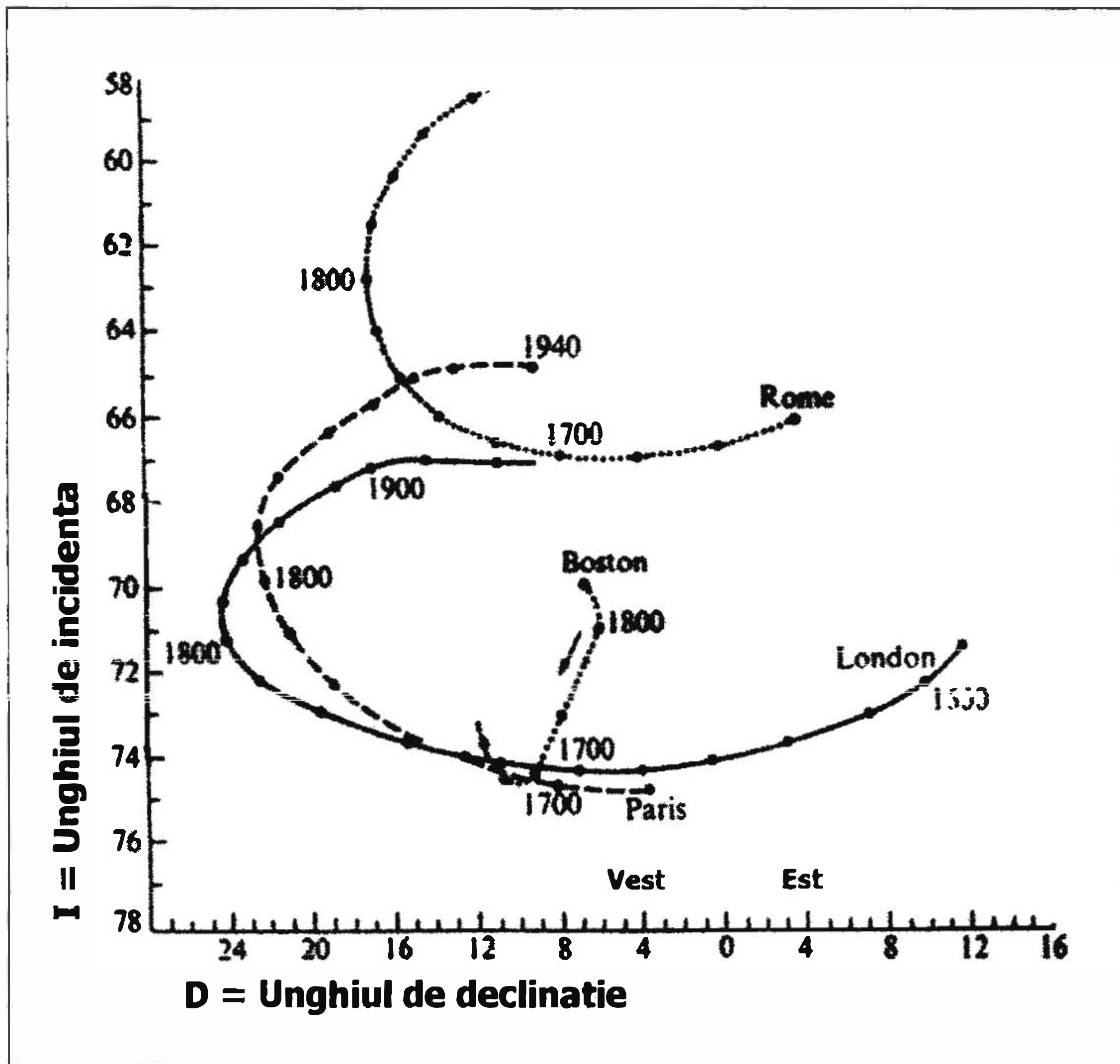


Fig. 2. Variații seculare ale unor curbe de calibrare din câteva capitale europene comparate cu variația curbei din Boston (SUA).

Pentru a o putea descrie complet câmpul magnetic în realizarea curbei de calibrare trebuie să luăm în considerare două componente ale câmpului și anume direcția (unghiul de declinație, cel de incidență) și intensitatea câmpului.

Astfel, unghiul de declinație este unghiul făcut de axa câmpului magnetic cu axa de rotație a Pământului. El este măsurat pornind de la polul nord și poate avea orice valoare între 0 și 360 de grade, fie la est, fie la vest. În prezent valoarea sa este de $7\frac{1}{2}$ grade vest și se modifică cu o rată de o jumătate de grad la fiecare trei ani. Unghiul de înclinație este unghiul pe care îl fac cu suprafața orizontală a Pământului liniile de forță ale câmpului magnetic. El poate varia de la 0 la 90 de grade.

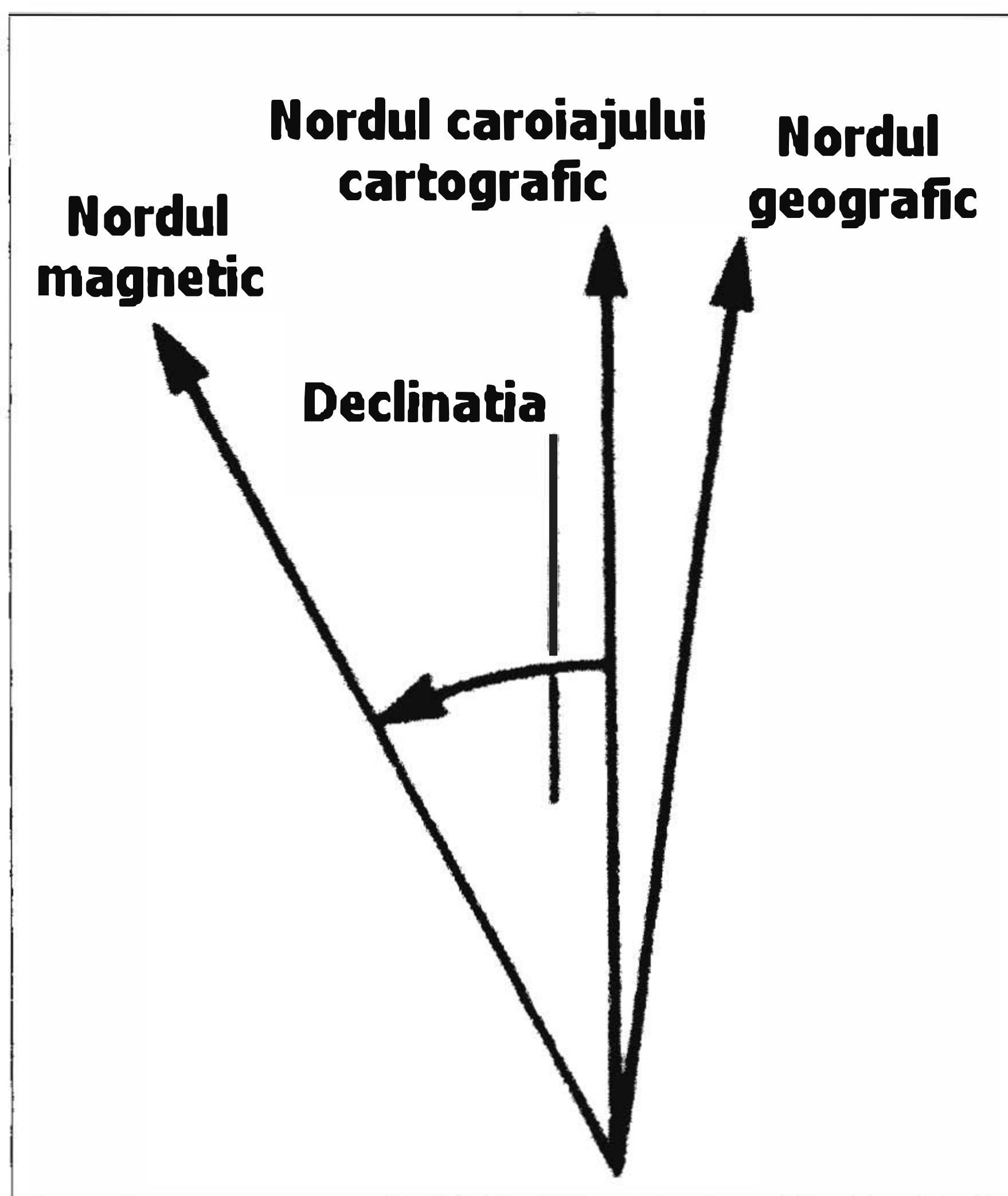


Fig. 3. Unghiul de declinație.

Intensitatea câmpului magnetic este puterea câmpului magnetic într-un punct geografic dat. Unitatea de măsură este *tesla* - valorile extreme cu care se lucrează sunt acestea: 30 microtesla la Ecuator până la 60 microtesla la cei doi poli, nord și sud.

Este foarte important să recunoaștem că atât direcția cât și intensitatea câmpului vor varia din loc în loc pe suprafața Pământului. Acestea, odată măsurate, sunt valabile doar în cazul unor zone mici, precum o țară. Din acest motiv toate valorile măsurate într-o zonă definită, precum teritoriul României vor fi "convertite" la o valoare pe care ar fi avut-o în centrul geografic al țării.

Deși direcția magnetismului remanent într-o probă este aceeași cu direcția câmpului magnetic antic, aceeași lege nu se mai aplică în cazul intensității sau puterii câmpului. În schimb, intensitatea lui în probă este numai proporțională cu aceea existentă cândva în câmpul magnetic antic. Oricum, folosindu-ne de această proporționalitate cu puterea câmpului antic, aceasta poate fi aflată prin compararea magnetizării măsurate cu actualul magnetism termo-remanent, pe care proba l-a dobândit fiind re-arsă și răcită într-un câmp magnetic cunoscut, de laborator. Ideea din spatele datării pe baza paleo-intensității este asemănătoare cu aceea din datarea direcțională – valoarea calculată a intensității câmpului magnetic al probei este comparată cu o variație trecută din curba de calibrare. Se vor aduce astfel contribuții la variațiile trecute ale trecătoarele tulburări non-dipol și ale modificărilor din unghiul de înclinație a câmpului dipol principal.

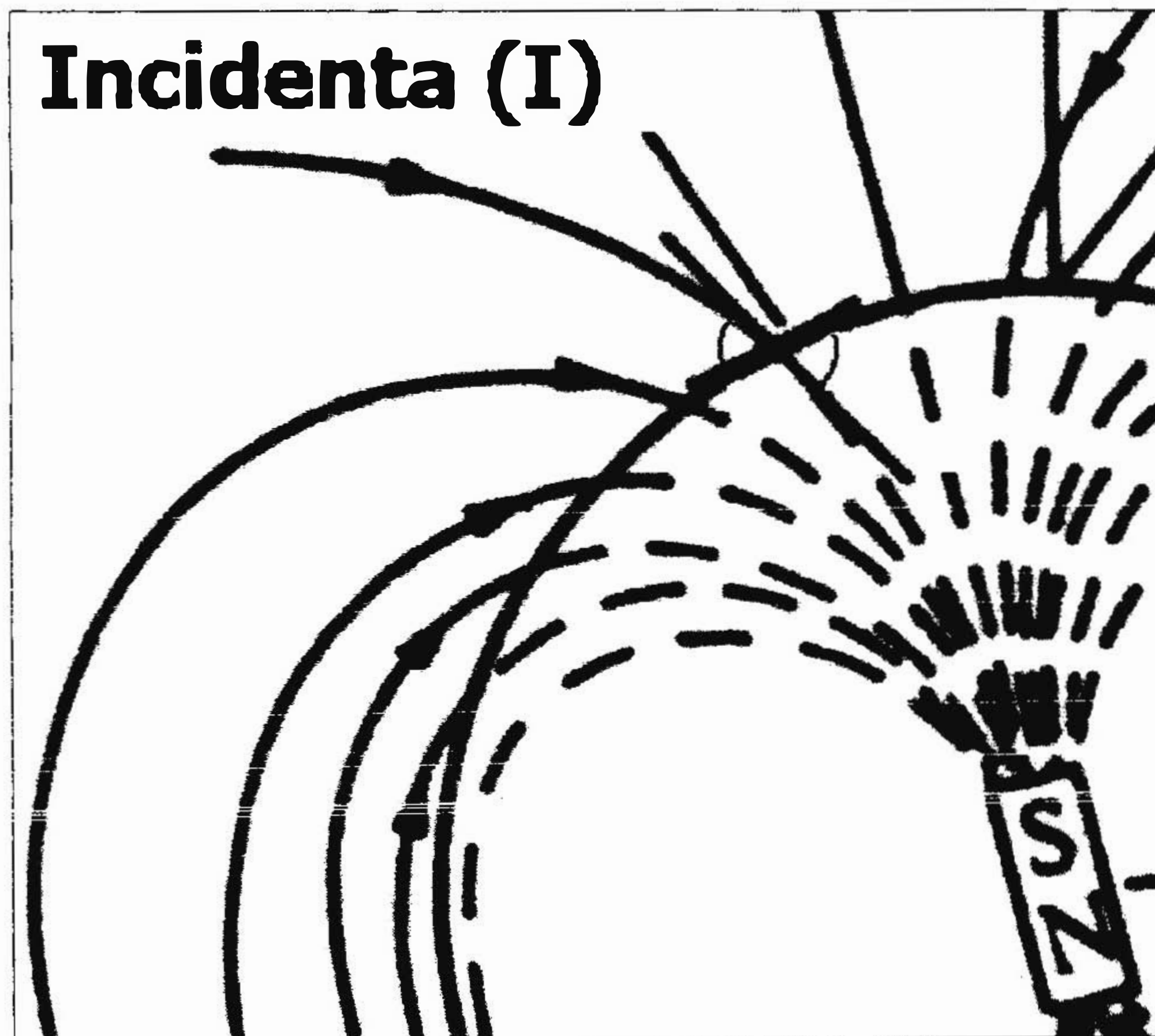


Fig. 4. Unghiul de incidenta.

Atracția majoră a acestei metode de datare este faptul că nu necesită prelevare de probe aflate „*in situ*” și nu necesită, în cazul cărămizilor și țiglelor, o deducere a poziției avute de acestea în timpul arderii. Asta înseamnă că și fragmentele ceramice pot fi folosite în adunarea datelor, folosind foarte mult scopului final, datarea. Cu un magnetometru criogenic adaptat cerințelor, se pot face măsurători pe mici probe prelevate (miezuri), ceea ce permite prelevarea și din exponate deja expuse muzeal, atunci când este necesar.

Limitele metodei acesteia de datare sunt în mare parte legate de complexitatea tehnicilor de măsurare, care se dovedesc a fi dificile și de lungă durată. Oricum, avansurile moderne în hardware și software promit a depăși aceste impedimente, și se spera că în curând, un număr destul de mare de laboratoare să fie capabile de a uza de această metodă.

Avantajele folosirii acestei metode puțin costisitoare de datare care, e adevărat, necesită și multe condiții speciale menționate de către noi mai sus, ar fi în final majore din punctul de vedere al cercetării arheologice românești. Perspectiva înființării unui laborator complet de datare arheomagnetice la Alba Iulia nu poate decât să vină în ajutorul stabilizării sistemelor cronologice folosite la nivel național, în sensul înlăturării unor neconcordanțe sau neclarități uneori evidente. Pentru început principala premisă va fi realizarea curbei arheomagnetice de calibrare românești, un deziderat esențial pentru viitoarele datări fine folosind această metodă, un deziderat care va necesita o colaborare la nivel național din partea tuturor instituțiilor ce desfășoară cercetări arheologice. Acest articol se dorește în final a fi o mediatizare a principiilor științifice utilizate de metoda de datare dar și o sesizare a situației de „rămânere în urmă” din domeniul cercetării metodelor de datare absolută.

CĂLIN ȘUTEU
Universitatea “1 Decembrie 1918”
Alba Iulia

BIBLIOGRAFIE GENERALĂ

- Aitken, M., *Science-based Dating in Archaeology*, Longman, London & New York, 1990.
- Clark, A. J., Tarling, D. H. and Noel, M., *Developments in archaeomagnetic dating in Britain* în *Journal of Archaeological Science* 15, 1988, 645-667.
- Eighmy, J. L. & Sternberg, R. S., *Archaeomagnetic Dating*, University of Arizona Press, 1990.
- Jiles, D., *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*, Chapman & Hall, London, 1991.
- Marton, P., *Archaeomagnetic Directions: The Hungarian Calibration Curve*, în Morris *et al.* (eds.) *Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region*, Geological Society Special Publication, No. 105, 1996, p. 385–399.
- Theillier, E., *Sur la direction du champ magnétique terrestre en France durant les deux dernier millénaires* în *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 24, 1981, p. 89-132.
- Thompson, R. & Oldfield, F., *Environmental Magnetism*, London, 1986.

ARCHAEO-MAGNETIC DATING – A THEORETICAL INTRODUCTION TO THE PRINCIPLES OF THE ABSOLUTE DATING USING THE ACQUIRED THERMO-MAGNETISM**SUMMARY**

Establishing chronological systems based upon pottery typology and stratigraphical interpretations is giving gradually a more complex and uncertain image of the ancient movements of cultures that characterises prehistory and not only. Archaeomagnetic dating technique is at the present state of research in Romania a potential rich, unexplored source of absolute dating that can help the entire chronological system. It can be as accurate as ± 25 years and can go to precise, daytime dating! The technique uses the time-related variations in the direction and intensity of Earth's magnetic field known as century variation, a variation that can be compared with archaeological chronology as well, thus giving an absolute date.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 1. The Earth's magnetic field as explained by the inner dipole magnet theory.
- Fig. 2. Compared variations of some calibration curves through some European capitals to the Boston calibration curve.
- Fig. 3. The declination angle.
- Fig. 4. The angle of dip.