

Universitatea Babeș–Bolyai
Facultatea de Geografie

**Vulcanii noroioși din estul și centrul
Depresiunii Transilvaniei**

Rezumatul tezei de doctorat

Doctorand

Gál Andrea

Conducător științific

Prof. dr. Virgil Surdeanu

Cluj-Napoca, 2010

Cuprins

CAPITOLUL 1	6
INTRODUCERE	6
1.1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE	6
1.2. METODE DE LUCRU	7
CAPITOLUL 2	10
FUNDAMENTARE TEORETICĂ	10
2.1. VULCANII NOROIȘI ÎN GENERAL	10
2.2. GENEZA VULCANILOR NOROIȘI LEGAȚI DE GAZELE NATURALE	16
2.3. STRUCTURA VULCANULUI NOROIȘOS	22
2.4. PRODUSE DE EMISIE	24
2.5. CLASIFICĂRILE EXISTENTE ALE VULCANILOR NOROIȘI	29
2.6. VULCANII NOROIȘI CA FACTOR DE RISC	38
2.7. VULCANII NOROIȘI DIN ROMÂNIA	43
CAPITOLUL 3	49
VULCANII NOROIȘI DIN ESTUL ȘI CENTRUL DEPRESIUNII TRANSILVANIEI	49
3.1. FACTORI FAVORIZANȚI PENTRU GENEZA ȘI EVOLUȚIA VULCANILOR NOROIȘI DIN ESTUL ȘI CENTRUL DEPRESIUNII TRANSILVANIEI	49
3.1.1. Factorul geologic	49
3.1.2. Factorul hidrogeologic	54
3.1.3. Factorul geomorfologic	55
3.1.4. Factorul meteorologic	59
3.1.5. Factorul antropic	59
3.2. STUDII DE CAZ	61
3.2.1. Morăreni (județul Harghita)	61
3.2.2. Mihăileni (județul Harghita)	63
3.2.3. Cobătești (județul Harghita)	65
3.2.4. Filiaș (județul Harghita)	70
3.2.5. Porumbenii Mici (județul Harghita)	74
3.2.6. Sângeorgiu de Pădure (județul Mureș)	76
3.2.7. Atid (județul Harghita)	78
3.2.8. Forțeni (județul Harghita)	79
3.2.9. Băile Seiche (Odorheiu Secuiesc) (județul Harghita)	81
3.2.10. Corund (județul Harghita)	82
3.2.11. Goagiu (județul Harghita)	83

3.2.12. Dârjiu (județul Harghita)	84
3.2.13. Băile Homorod (Homorod, județul Brașov)	85
3.2.14. Băile Dungo (Crăciunel) (județul Harghita)	88
3.2.15. Sânpaul (județul Harghita).....	89
3.2.16. Sânger (județul Mureș)	90
3.2.17. Vălișoara (Gloduri) (județul Mureș)	91
3.2.18. Cându (județul Mureș).....	93
3.2.19. Maia (județul Mureș).....	94
3.2.20. Monor (județul Bistrița-Năsăud).....	95
CAPITOLUL 4	99
STUDIUL MORFOLOGIC.....	99
CAPITOLUL 5	111
ANALIZA MATERIALULUI VULCANIC NOROIOS.....	111
5.1. ANALIZE GRANULOMETRICE	111
5.2. ANALIZE MINERALOGICE.....	122
CAPITOLUL 6	131
TIPOLOGIA VULCANILOR NOROIOSI DIN ESTUL ȘI CENTRUL DEPRESIUNII TRANSILVANIEI	131
6.1. BAZIN NOROIOS	131
6.2. CON NOROIOS.....	134
6.3. DOM NOROIOS	136
6.4. CALDERĂ NOROIOSĂ	139
CAPITOLUL 7	141
MODEL PENTRU MECANISMUL DE FORMARE AL DIFERITELOR TIPURI MORFOLOGICE DE VULCANI NOROIOSI DIN ESTUL ȘI CENTRUL DEPRESIUNII TRANSILVANIEI	141
CAPITOLUL 8	145
CONCLUZII.....	145
BIBLIOGRAFIE.....	149
ANEXĂ - LOCALIZAREA VULCANILOR NOROIOSI.....	163

Cuvinte cheie: vulcan noroios, tipuri morfologice, model, Depresiunea Transilvaniei

Introducere

Vulcanii noroioși sunt unele dintre cele mai dinamice și instabile fenomene din lume, fiind foarte răspândiți atât pe suprafața terestră cât și în domeniul marin în diferite condiții tectonice. În România cei mai spectaculoși vulcani noroioși se găsesc în Subcarpații Buzăului, la Berca, Arbănași, etc. [SENCU, 1985]. În literatura de specialitate s-au semnalat vulcani noroioși în 65 de localități din Depresiunea Transilvaniei, dintre care mulți nu pot fi identificați în prezent (mai ales cei din orașe sau din perimetrul locuit).

Scopul acestui studiu este prezentarea și sintetizarea fenomenelor de vulcanism noroios din estul și centrul Depresiunii Transilvaniei, studierea diverselor morfologii și a structurii interne (cu ajutorul unor foraje de mică adâncime), stabilirea unei noi tipologii și realizarea unui model pentru mecanismul formării diferitelor tipuri morfologice de vulcani noroioși din zona studiată.

Fundamentare teoretică

Geneza vulcanilor noroioși a ridicat numeroase probleme, neclarificate în totalitate până în prezent. În primul rând se pune întrebarea dacă vulcanii noroioși legați de zonele și procesele hidrotermale (de ex. vulcanii noroioși din Yellowstone, SUA) pot fi considerați ca atare? Conform opiniei mai multor cercetători [de ex. ETIOPE și MARTINELLI, 2009b] doar acele fenomene sunt considerate vulcani noroioși care sunt rezultatul procesului de vulcanism noroios. Astfel, fenomenele din ariile postvulcanice care emit noroi ca un rezultat al dezagregării locale a rocilor de la mică adâncime sub influența apelor hidrotermale acide pot fi numite mofete [după ETIOPE și MARTINELLI, 2009a, b] (vulcani noroioși hidrotermali sau postvulcanici după SENCU [1985]), dar nu vulcani noroioși. Alți autori rămân la denumirile clasice, diferențiind 2 sau 3 grupe fundamentale din punct de vedere al genezei. Astfel se deosebesc în primul rând vulcanii noroioși legați de depozite de hidrocarburi și cei asociați cu complexe magmatice (proces hidrotermale postvulcanice) [MAZZINI, 2009], la care se mai adaugă cei de origine seismică. Vulcanii noroioși datorăți erupției gazelor hidrocarburice sunt considerați vulcani noroioși în sensul strict [ex. ETIOPE și MARTINELLI, 2009a, b]. Aceștia apar în zonele bogate în zăcăminte de hidrocarburi, ca urmare a eliminării prin curgere sau erupție a unui material suprapresurizat, alcătuit din 3 componente: apă, gaze și partea solidă reprezentată prin noroi sau brechie noroioasă.

Vulcanii noroioși din estul și centrul Depresiunii Transilvaniei

Prezența vulcanilor noroioși în Bazinul Transilvaniei este favorizată în primul rând de prezența acumulărilor de gaze și a apelor de zăcământ, de structura cutată și faliată și nu în ultimul rând de depozitele sedimentare potențiale care servesc ca strat sursă de material pentru vulcanii noroioși. Condițiile geologice și importanța celorlalți factori este sintetizată în subcapitolul „Factori favorizanți pentru geneza și evoluția vulcanilor noroioși din estul și centrul Depresiunii Transilvaniei”.

În estul și centrul Depresiunii Transilvaniei s-au semnalat manifestări de vulcanism noroios în 33 localități dintre care au fost studiate cei din Atid, Băile Homorod, Băile Seiche, Cobătești, Corund, Crăciunel, Dârjiu, Filiaș, Forțeni, Goagiu, Vălișoara (Gloduri), Mihăileni, Morăreni, Porumbenii Mici, Sânpaul, Sângeorgiu de Pădure, Cându, Maia, Monor și Sânger. În totalitate s-au identificat aproximativ 72 microforme de vulcani noroioși dar numărul lor rămâne doar aproximat, deoarece unii pot fi derivații sau manifestări al unui singur vulcan noroios mai complex. În subcapitolul „Studii de caz” s-au prezentat observațiile, datele morfometrice și constatările referitoare la structura internă a vulcanilor noroioși identificați în estul și centrul Bazinului Transilvaniei în perioada 2002-2010.

Studiu morfologic

Cu scopul de a studia și compara varietatea de morfologii ale vulcanilor noroioși s-a creat o bază de date cu dimensiunile subiecților, informațiile legate de structura internă a acestora (până la o adâncime maximă de 8,5 m) și datele referitoare la suprafața pe care apar, eventualele influențe antropice, gradul de activitate și acoperirea cu vegetație (tabelul 1.)

Dimensiunile luate în considerare au fost următoarele: lungimea, lățimea și înălțimea vulcanilor noroioși și diametrul craterului.

Referitor la structura internă s-au diferențiat 3 cazuri în funcție de forma și mărimea canalului de evacuare, existența sau lipsa intruziunilor noroioase (pungi noroioase) din apropierea suprafeței:

1. canal de evacuare îngust (<15 cm), reprezentat printr-o fisură;
2. canal de evacuare care se lărgeste în pungi noroioase;
3. canal de evacuare lărgit sub formă unei pâlnii.

În cazul vulcanilor noroioși neforați sau când forajul avea rezultate neconcludente, în tabelul 1. apare semnul întrebării.

Din punct de vedere al înclinării suprafeței pe care au apărut vulcanii noroioși s-au definit două cazuri: înclinate și plane, gradul de înclinare influențând simetria formei rezultate și

în unele cazuri (pe teren foarte înclinat) chiar și forma.

S-au definit 5 nivele de activitate:

1. curgeri noroioase active sau bolborosiri în cazul formelor plate sau negative;
2. material aparent proaspăt, neacoperit de vegetație, fără curgeri sau bolborosiri active;
3. forme acoperite cu vegetație care se reactivează, eliminând material vulcanic noroios dacă se înlătură stratul vegetal sau crusta ce obturează canalul de evacuare;
4. forme acoperite cu vegetație, fără nici o urmă de activitate vizibilă dar care se clatină sub picior, indicând prezența de noroi foarte dens sub crusta uscată, specific vulcanilor noroioși în fază latentă;
5. fosili, care nu prezintă nici un semn de activitate, doar forma trădează existența unui vulcan noroios.

S-au separat trei tipuri de acoperire cu vegetație:

1. lipsit de vegetație sau cu vegetație ierboasă scundă;
2. vegetație scundă cu porțiuni mici de vegetație înaltă, unde se conturează bine morfologia;
3. cu vegetație înaltă pe toată suprafața vulcanului noroios, ceea ce îngreunează studierea morfologiei.

Din punct de vedere al influențelor antropice s-au luat în vedere trei cazuri:

1. evoluția vulcanilor noroioși n-a fost deloc influențată de procese antropice;
2. influențe antropice cu consecințe minore în evoluția diverselor microforme;
3. influențe antropice intense, care au dus la schimbarea radicală a formei sau evoluției lor.

Denumire	Lungime (m)	Lățime (m)	Înălțime (cm)	Crater (cm)	Canal de evacuare*	Grad de activitate*	Înclinarea suprafeței	Influențe antropice*	Vegetație*
Morăreni 1	12	10	130	0	2	3	Plat	1	1
Morăreni 2	15	15	60	0	?	5	Plat	1	3
Morăreni 3	3.5	3	30	0	?	4	Plat	1	1
Mihăileni 1	20	0.4	20	?	?	1	înclinat	3	1
Mihăileni 2	15	15	150	0	2	3	înclinat	1	3
Cobățești 1	9	7	30	6	1	1	înclinat	2	1
Cobățești 2	20	16	80	2	1	1	înclinat	2	1
Cobățești 3	2	1	0	100	3	4	plat	2	1
Cobățești 4	3	2	10	3	3	2	plat	2	1
Cobățești 5	4	0.5	10	?	?	1	plat	3	1
Cobățești 6	4	4	100	5	2	3	plat	1	2
Cobățești 7	9	8	50	70	?	?	plat	1	2
Cobățești 8	5	3	0	300	3	2	plat	1	1
Cobățești 9	1.5	1.5	0	100	3	2	plat	1	1
Filiaș 1	28	24	150	1200	3	1	înclinat	1	1

Denumire	Lungime (m)	Lățime (m)	Înălțime (cm)	Crater (cm)	Canal de evacuare*	Grad de activitate*	Înclinarea suprafeței	Influențe antropice*	Vegetație*
Filiaș 2	18.5	14	200	60	2	1	înclinat	1	1
Filiaș 3	15.5	12.5	350	2	?	2	înclinat	1	1
Filiaș 4	8	4.5	0	150	3	2	înclinat	1	1
Filiaș 5	5	3.5	0	100	3	2	înclinat	1	1
Filiaș 6	3	3	50	0	2	5	înclinat	1	1
Porumbeni 1	20	15	10	2	3	2	plat	1	2
Porumbeni 2	13	9	250	2	2	2	plat	1	2
Porumbeni 3	6	3.5	0	300	3	2	plat	1	1
Porumbeni 4	3	2	0	200	3	2	plat	1	1
Porumbeni 5	1	0.5	0	50	3	2	plat	1	1
Sângeorgiu	15	10	0	1000	?	5	plat	?	2
Atid	14	12	150	1000	3	2	plat	1	2
Forțeni 1	12.5	8	60	0	?	4	plat	3	2
Forțeni 2	2	2	0	150	3	2	plat	1	1
Seiche	10	4	15	?	1	2	înclinat	3	1
Corund	1.2	1.2	20	2	1	1	înclinat	1	1
Goagiu 1	0.1	0.1	0	10	?	1	înclinat	1	1
Goagiu 2	3	2	0	200	3	2	înclinat	1	1
Dârjiu	5	5	120	0	?	5	plat	2	3
Homorod 1	17	15	110	5	1	2	plat	2	1
Homorod 2	15	15	140	0	?	5	plat	1	2
Homorod 3	5	4	50	15	1	1	plat	2	1
Homorod 4	1.6	1.4	0	150	3	1	plat	2	1
Homorod 5	10	1.5	0	20	3	2	înclinat	1	1
Homorod 6	1	1	0	15	3	1	plat	1	1
Dungo 1	1	1	0	20	?	4	înclinat	1	1
Dungo 2	1	0.5	0	50	?	5	înclinat	1	1
Dungo 3	100	50	1000	0	?	5	plat	1	2
Sânpaul	5	6	0	5	?	2	plat	2	1
Sânger 1	1.2	1	0	100	3	2	plat	1	1
Sânger 2	1.5	1	0	120	3	2	plat	1	1
Sânger 3	1	1	0	100	3	2	plat	1	1
Sânger 4	3	2	0	200	3	2	plat	1	1
Sânger 5	8	6	10	10	?	2	plat	1	2
Gloduri 1	4	2.5	0	250	3	2	înclinat	1	1
Gloduri 2	6.5	4	50	450	3	2	înclinat	1	1
Cându	4	3	30	0	1	2	înclinat	1	2
Maia 1	1	1	0	0	?	4	plat	3	2
Maia 2	0.5	0.5	5	5	1	2	plat	1	1
Monor 1	23	18	200	2	2	1	înclinat	1	1
Monor 2	25	22	250	2	2	1	înclinat	1	1
Monor 3	5.5	4	85	2	2	1	plat	1	1
Monor 4	7	5.5	130	0	?	3	plat	1	1

Denumire	Lungime (m)	Lățime (m)	Înălțime (cm)	Crater (cm)	Canal de evacuare*	Grad de activitate*	Înclinarea suprafeței	Influențe antropice*	Vegetație*
Monor 5	4	4	55	0	?	3	plat	1	1
Monor 6	16	13	60	2	?	1	plat	3	1
Monor 7	22	10	70	800	3	4	plat	1	1
Monor 8	13	10	120	0	?	4	plat	1	1
Monor 9	21	10.5	110	0	?	4	plat	1	1
Monor 10	11.5	11	110	0	?	4	plat	1	1
Monor 11	5	3	25	?	2	2	plat	1	1
Monor 12	2.5	1.7	20	?	2	2	plat	1	1
Monor 13	7.5	6	30	?	2	2	plat	1	1
Monor 14	14	7	15	?	2	2	plat	1	1
Monor 15	8	6	40	2	2	1	plat	1	1
Monor 16	7	5	30	?	2	2	plat	1	1
Monor 17	8.5	4.5	50	?	2	2	plat	1	1
Monor 18	30	25	10	300	3	2	plat	1	1

Tab. 1. Baza de date cu dimensiunile vulcanilor noroioși, informațiile referitoare la morfologia canalului de evacuare și datele cu privire la suprafața topografică preexistentă, influențele antropice, gradul de activitate și acoperirea cu vegetație;

* explicație în text

Dintre cele 72 de microforme de vulcani noroioși studiate au fost excluse din studiul morfologic cele care au fost puternic influențate de intervenții antropice și cele care sunt fenomene legate de vulcanism noroios dar nu vulcani noroioși în sens strict (9 subiecți în total).

Pe baza înălțimii (tabelul 1.) s-au separat în primul rând vulcanii noroioși cu forme negative sau plate (inclusiv cei de până la 10 cm înălțime) – bazine noroioase – și cei care au un relief pozitiv. Astfel s-au diferențiat 27 de bazine noroioase. Dintre cei 36 de vulcani noroioși cu relief pozitiv, 19 subiecți sunt lipsiți de un crater evident. Alții, în număr de 13 au cratere mici de câțiva cm (de obicei 2–5 cm, dar în unele cazuri chiar și 60–70 cm), și doar 4 subiecți dintre cei cu relief pozitiv au cratere foarte largi comparativ cu dimensiunile lor. În acest ultim caz, raportul diametru crater–diametru maxim al bazei vulcanilor noroioși este de 0,37–0,71 în comparație cu valorile mai mici de 0,03 în cazul celorlalți subiecți. Cei 4 vulcani noroioși se aseamănă din punct de vedere morfologic cu vulcanii de tip Maar. Ceilalți 32 subiecți întruchipează diverse forme: conuri, movile, domuri, conuri de împrăștiere, etc.

Pentru studierea mai amănunțită a acestora s-a desenat conturul secțiunilor transversale a diferitelor forme. Acestea s-au realizat în mediul grafic CorelDraw pe baza măsurătorilor și observațiilor din teren, folosind și fotografiile executate din profil. Din această analiză au fost excluși subiecții a căror morfologii nu s-au evidențiat clar.

Conturul secțiunilor evidențiază existența a două morfologii distincte: una asemănătoare unui con și alta unui dom (vezi figurile 1, 2., 3. și 4).

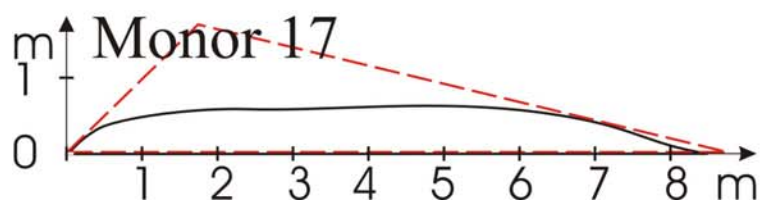
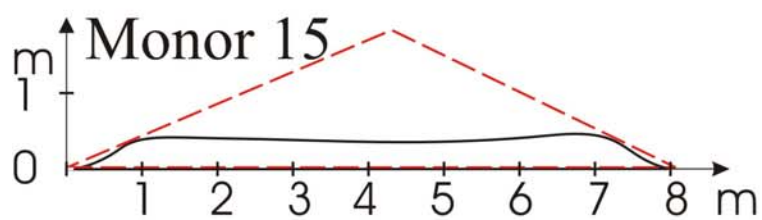
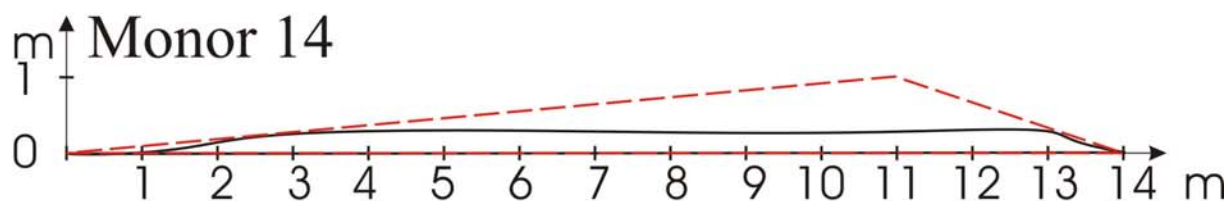
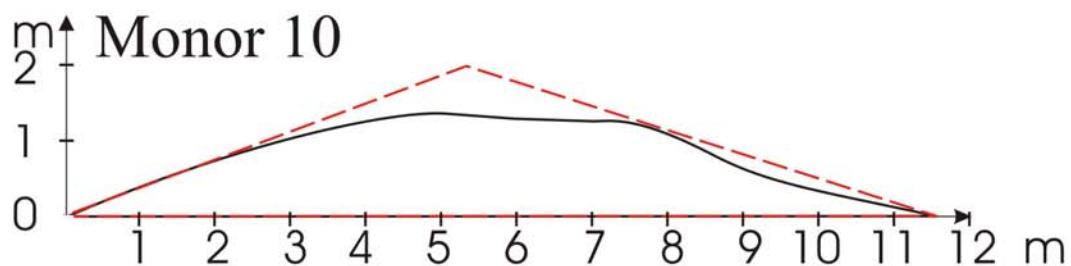
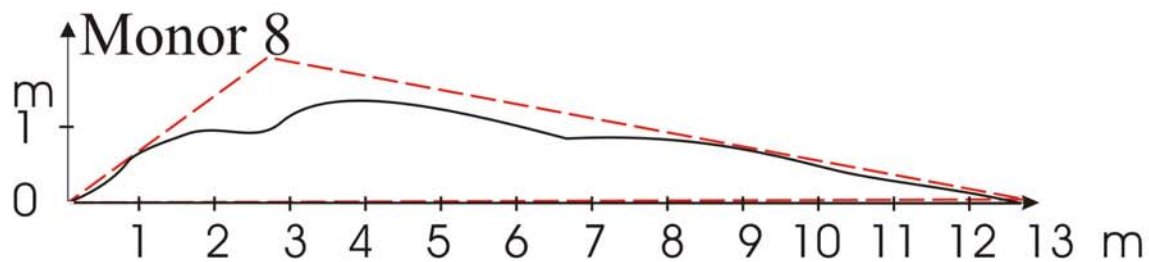
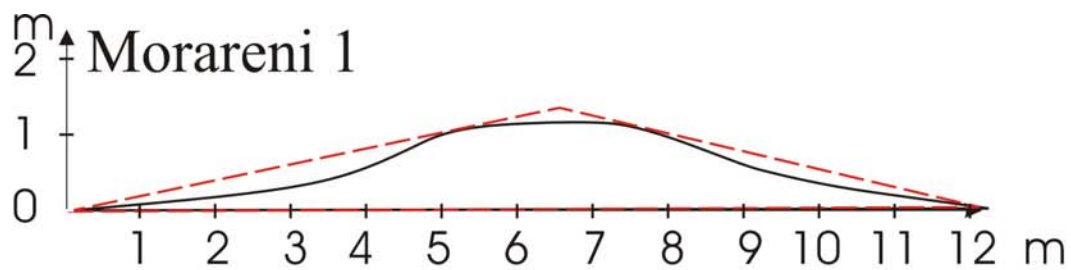


Fig. 1. Conturul secțiunilor vulcanilor noroiși (partea 1)

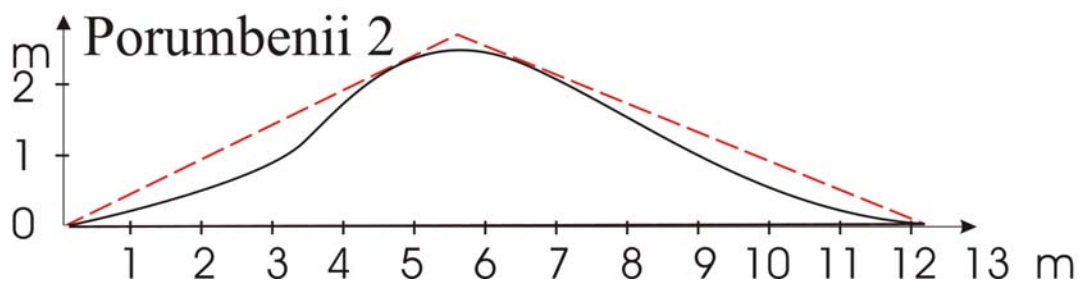
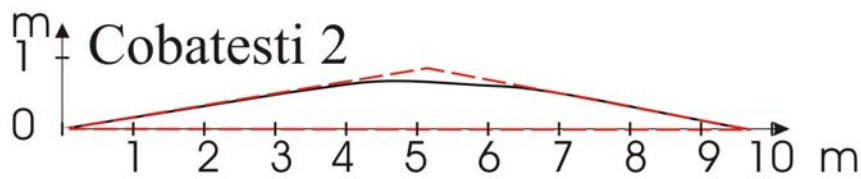
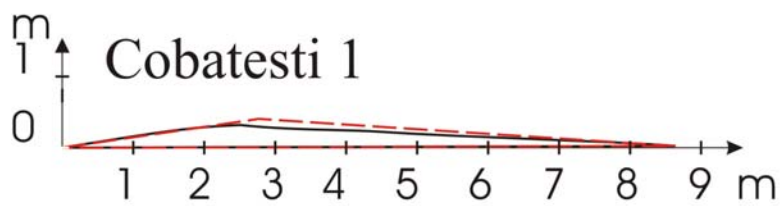
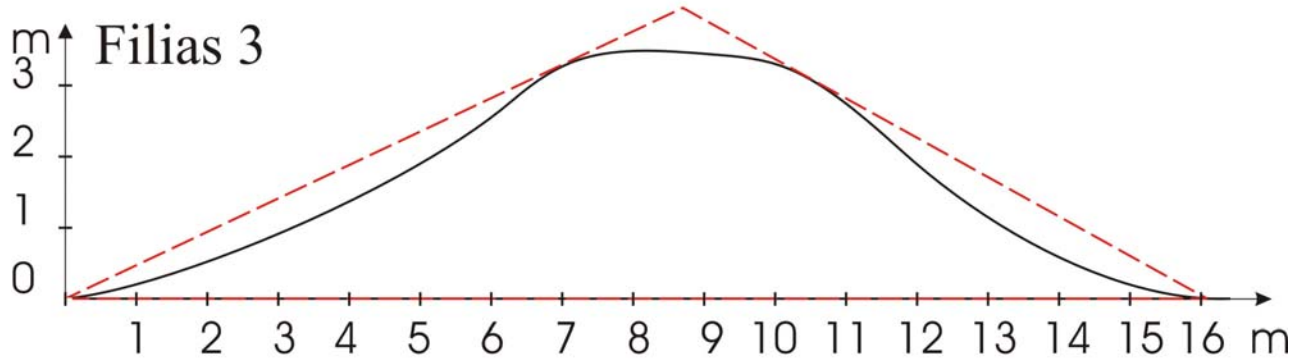
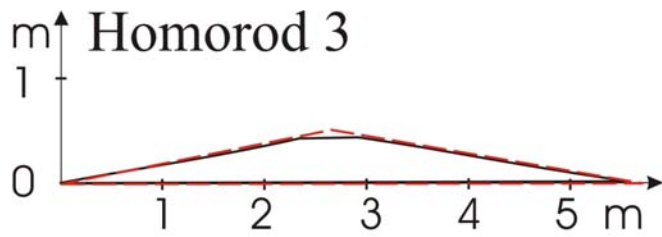
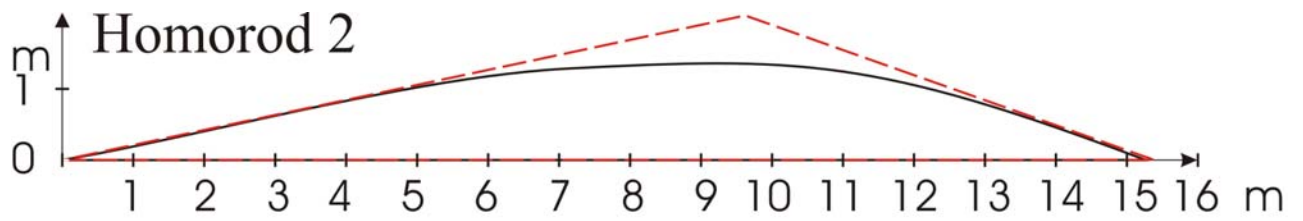


Fig. 2. Conturul secțiunilor vulcanilor noroioși (partea 2)

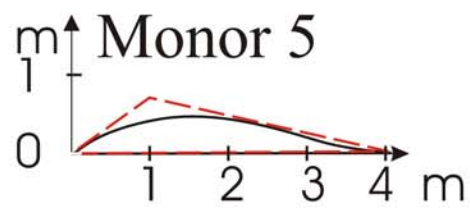
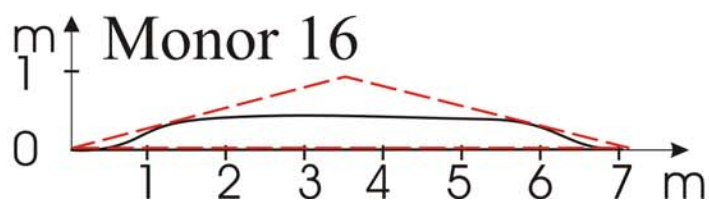
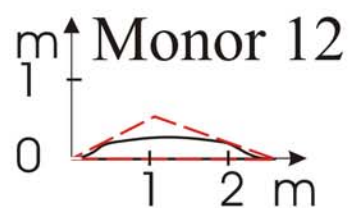
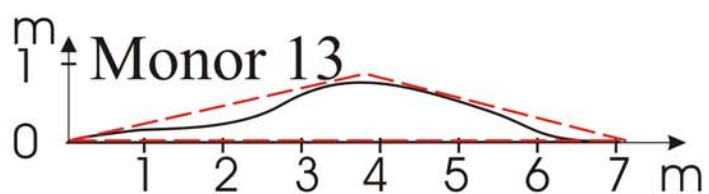
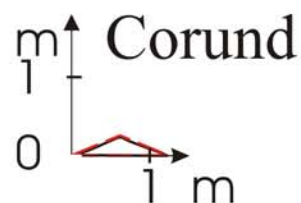
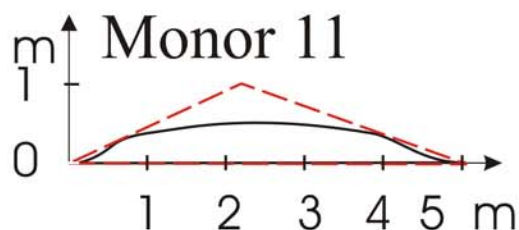
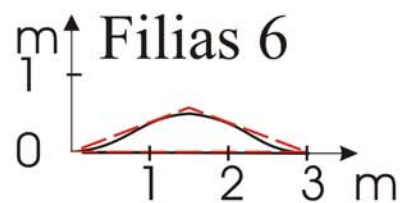
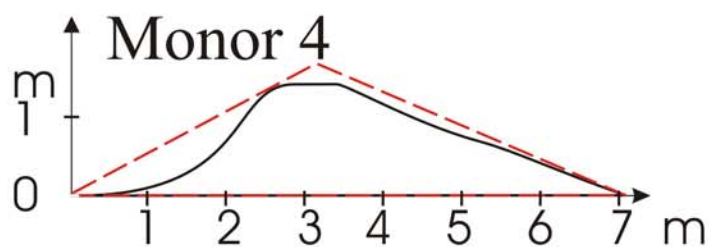
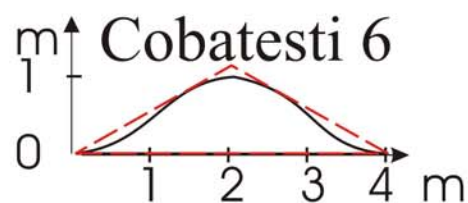
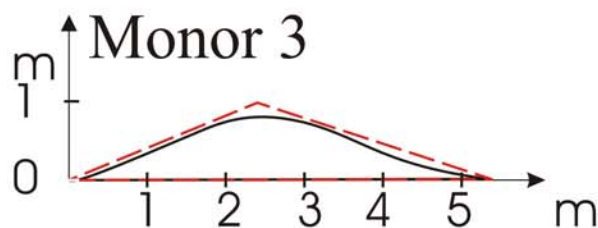
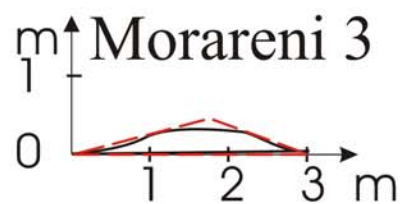
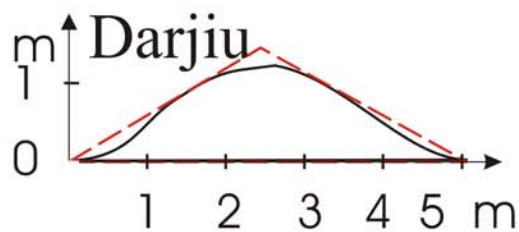


Fig. 3. Conturul secțiunilor vulcanilor noroioși (partea 3)

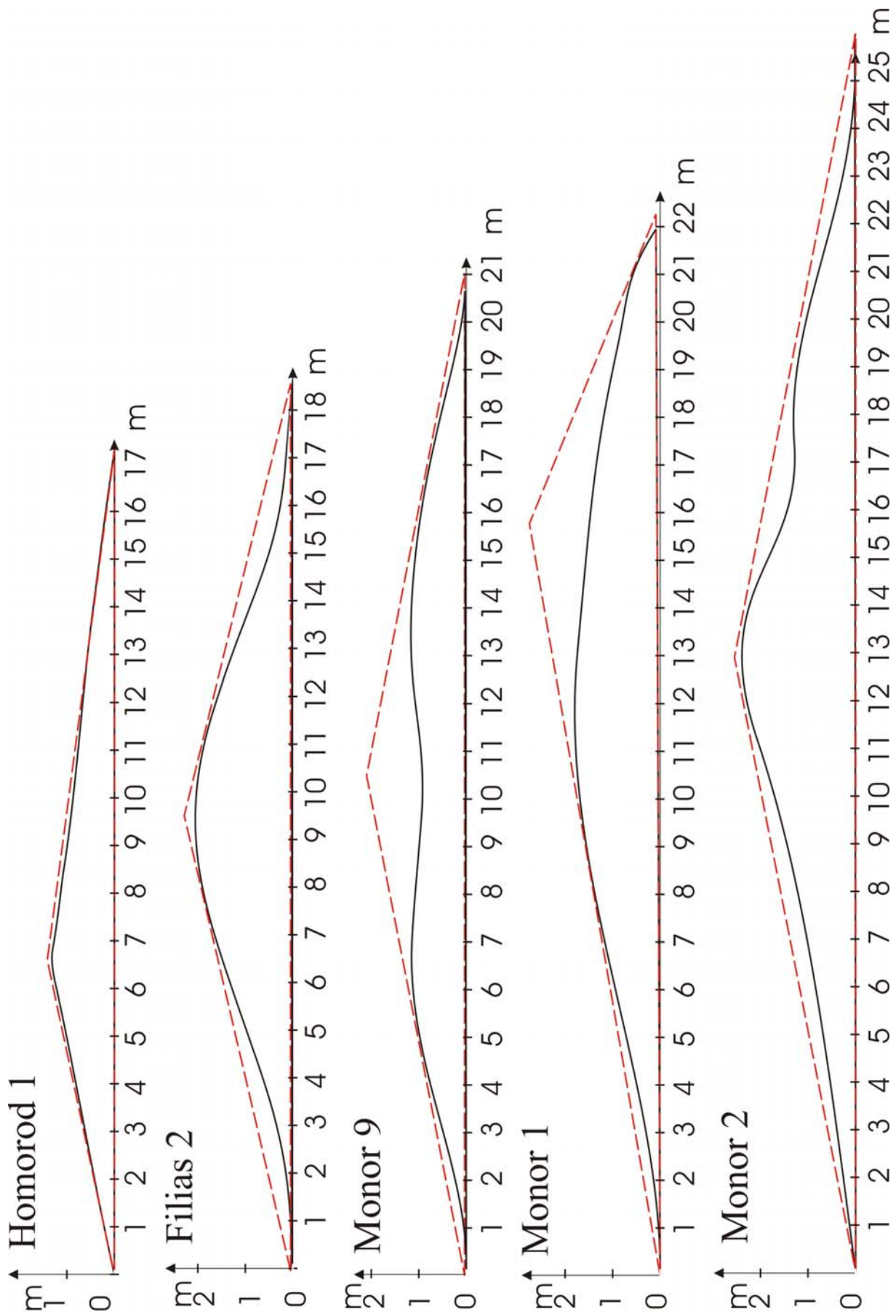


Fig. 4. Conturul secțiunilor vulcanilor noroioși (partea 4)

Într-o secțiune transversală, vulcanii noroioși în formă de con cu flancuri aproximativ drepte au forma (idealizat) a unui triunghi, iar cei de dom au formă bombată, având o inflexiune pe flancuri. Pentru evidențierea diferențelor între profilele secțiunilor, acestea au fost înscrise într-un triunghi prin trasarea laturilor acestuia tangent la flancurile vulcanilor noroioși.

Pentru a accentua diferențele dintre cele două morfologii (con și dom) s-au măsurat ariile secțiunilor vulcanilor noroioși și diferența dintre acestea și ariile triunghiurilor minime în care se poate înscrie secțiunea fiecărui vulcan noroios. La unii subiecți laturile triunghiului (trasate tangențial pe flancuri) separă doar o singură suprafață (fig. 5/a), iar la alții 3 suprafețe (suprafețele A, B și C din fig. 5/b). Cuantificarea diferențelor dintre cele două morfologii a fost realizată prin calculul raportului dintre aria suprafeței B+C față de suprafața totală rămasă (aria suprafeței A+B+C).

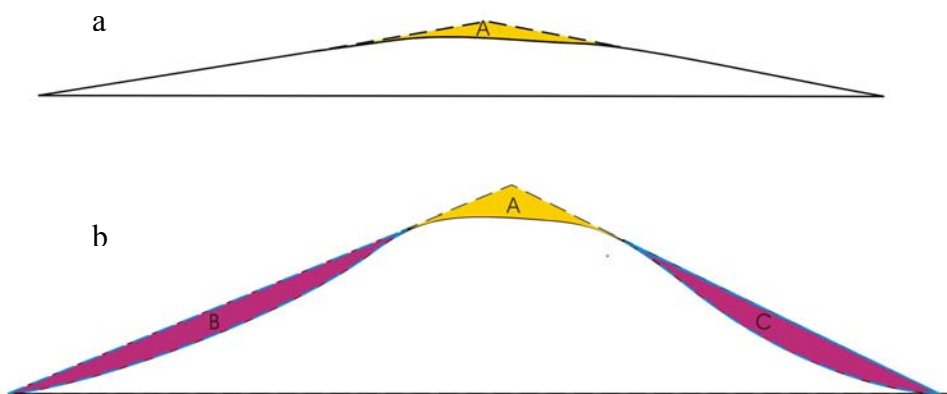


Fig. 5. Evidențierea suprafețelor formate între secțiunea vulcanului noroios și triunghiul minim în care acesta se poate înscrie (a. vulcani noroioși cu formă conică; b. vulcani noroioși cu morfologie de dom)

Astfel s-au diferențiat cei la care acest raport dă valoarea de 0 și ceilalți subiecți, în cazul cărora această valoare se include în intervalul 2–98. Valoarea de 0 se prezintă în cazul vulcanilor noroioși cu flancuri drepte, iar valorile mari demonstrează existența inflexiunilor de pe flancuri și respectiv forma de dom. Valorile mai scăzute (2–21) din cazul vulcanilor noroioși de la Monor se justifică prin faptul că creasta acestora este foarte plată, fiind supuși unui proces de aplatizare pe de o parte natural, și pe de altă parte antropic.

Analiza materialului vulcanic noroios

Rezultatele analizelor granulometrice arată că materialul emis de vulcanii noroioși este de obicei prăfos-nisipos fin, fracțiunile de argilă sunt prezente doar în 4 cazuri în proporție de 15–30 % din volumul total al probei. Se poate observa o corelație ușoară între gradul de sortare și uni- sau polimodalitatea curbelor și distribuția probelor pe cele 4 tipuri. Această relație poate fi în funcție de ponderea materialelor străine, provenite din eroziunea rocilor gazdă și în același

timp și de mărimea suprafeței de contact cu factorii externi. Rezultatele analizelor granulometrice vor deveni mai relevante prin îmbunătățirea metodei de prelevare a probelor cu ajutorul unor investigații microgeofizice, în scopul de a nimerii cu precizie mai mare canalul de evacuare a materialului vulcanic noroios.

Din analizele mineralogice se poate observa faptul că componentele minerale predominante sunt cuarțul, clinoclorul, muscovitul, calcitul, dolomitul și albitul, fără să existe o legitate în distribuția lor.

Tipologia vulcanilor noroioși din estul și centrul Depresiunii Transilvaniei

În urma studierii informațiilor prezentate în capitolul „Studiu morfologic”, în ciuda mării diversități în ce privește manifestările exterioare ale vulcanilor noroioși (formă și activitate) s-au observat trăsături caracteristice în morfologia și structura microformelor, ceea ce permite stabilirea unei noi tipologii. Astfel s-au separat patru categorii: bazin noroios,-con noroios, dom noroios și calderă noroioasă.

În categoria **bazin noroios** au fost incluse toate formele negative, plate, inclusiv cele care au în incinta lor un mic con embrion de maxim 10 cm, cu caracter efemer. Bazinele noroioase apar ca niște bălți în cadrul unor suprafețe mlăștinoase. Materialul din bazin este mai lichid în cazul în care acesta are activitate mai intensă și mai dens și vâscos în cazul bazinelor noroioase cu activitate slabă sau cele în stare latentă. Tot în funcție de gradul de activitate, materialul din bazin poate fi acoperit de o crustă solidă și vegetație. În cazul în care bazinul noroios are o crustă solidă (de obicei acoperită cu vegetație), aceasta se clatină sub picior, fără să bolborosească vizibil decât după înlăturarea covorului vegetal și/sau a crustei noroioase. În cazul bazinelor noroioase active, neacoperite de vegetație, noroiul fluid bolborosește și gazele emanate se aprind ușor.



Fig. 6. Exemplu de bazin noroios (*Gloduri 1*)

Dimensiunile lor variază de la mai puțin de 1 m până la aproximativ 15 m, iar adâncimea (măsurată!) de la 3 m până la peste 8,5 m. Forezele s-au „scufundat” în materialul lichid care se continua în adâncime. Roca gazdă înconjurătoare fiind îmbibată cu apă noroioasă, marginile nu se delimitează întotdeauna clar.

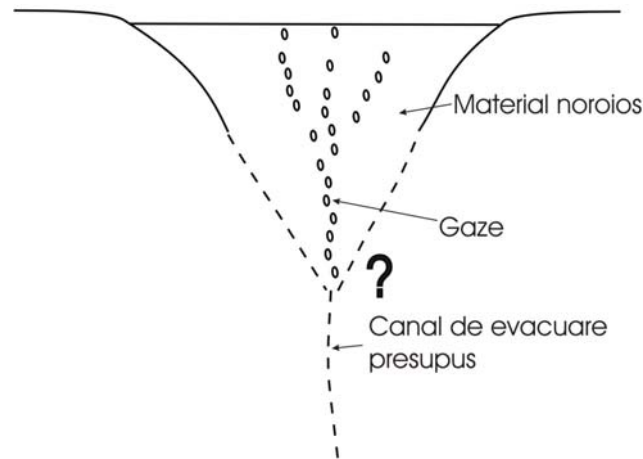


Fig. 7. Schița bazinului noroios

În categoria **con noroios** au fost incluse toate acele forme vulcanice noroioase cu forme pozitive, care rezultă din evacuarea (printr-un canal de evacuare îngust) și depunerea particulelor solide din apa noroioasă pe suprafața topografică preexistentă. Suprapunerea multiplelor curgeri noroioase radiale conduce la înălțarea conului noroios, asemănător vulcanilor scut [SIGURDSSON et al., 1999]. Deoarece în cazul tuturor vulcanilor noroioși studiați materialul eliminat este foarte fluid și de viscozitate redusă, conul rezultat este foarte plat (se ridică doar la câțiva zeci de centimetri de la suprafață).



Fig. 8. Exemplu de con noroios (*Cobățești 1*)

Gradul de înclinare a terenului influențează semnificativ forma și simetria conului. În cazul în care evacuarea noroiului se realizează pe o suprafață plană, acesta va avea formă de con. Pe o suprafață slab înclinată va fi un con asimetric cu un flanc mai alungit în direcția de înclinare, iar dacă apare pe un versant abrupt, forma rezultată va fi asemănătoare unui con de dejecție. Cei cu influențe antropice însemnate apar sub forma unor curgeri noroioase.

Privind într-o secțiune transversală, conul noroios are forma unui triunghi, versanții acestuia fiind aproximativ drepte. Bolborosirea gazelor este evidentă doar când conul dispune de un crater bine conturat, în care se acumulează apa noroioasă.

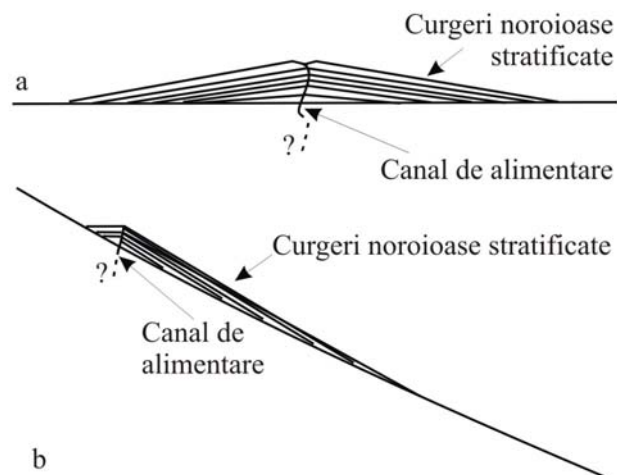


Fig. 9. Schița conului noroios, a) pe o suprafață plană, b) pe o suprafață înclinată

În literatura de specialitate termenul de **dom noroios** se folosește pentru desemnarea fenomenelor de vulcanism sedimentar din domeniul marin, care sunt expresiile superficiale ale diapirelor noroioase fără evacuări de materiale pe subasmentul marin [BARBER et al., 1988; HUGUEN et al., 2004]. În lucrarea de față acest termen a fost folosit pentru acei vulcani noroioși care au forma unor domuri cu sau fără crater evident și care au, sub crusta solidă, noroi fluid acumulat în forma unor intruziuni noroioase (pungi noroioase), care se formează asemănător domurilor vulcanice endogene [WILLIAMS și MCBIRNEY, 1979 citat de WOHLLETZ și HEIKEN, 1992].

Forma exterioară a domului noroios diferă de forma conului noroios în primul rând prin forma bombată și prin inflexiunea existentă pe flancurile domului, în comparație cu flancurile aproximativ drepte ale conurilor noroioase.

Și în acest caz bolborosirea gazelor se poate observa numai dacă există un crater în care se acumulează materialul lichid care urmează să se reverse pe flancurile vulcanului noroios.



Fig. 10. Exemplu de dom noroios (*Filiaș 3*)

Structura interioară a domului noroios se individualizează prin lărgirea canalului de evacuare în apropierea suprafeței în forma unor intruziuni noroioase – pungă noroioasă – în care se acumulează materialul lichid. Craterul domului noroios poate fi reprezentat printr-un orificiu mic de 1–2 cm sau de până la aproximativ 60 cm ori acesta poate fi închis.

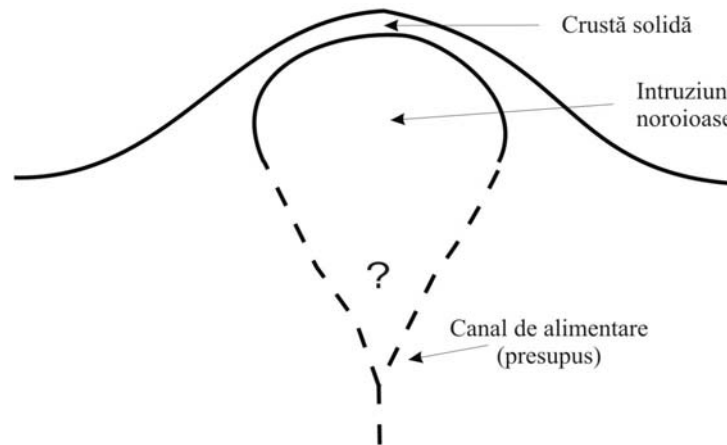


Fig. 11. Schița domului noroios

Termenul de **calderă noroioasă** este utilizat în cazul vulcanilor noroioși cu depresiuni formate în urma colapsului edificiului vulcanic noroios sau ca rezultatul unei erupții. [PLANKE et al., 2006; JUDD și HOVLAND, 2007]. Această grupă include vulcanii noroioși cu cele mai mari cratere, cu morfologie și morfogeneză asemănătoare calderelor vulcanice. Ca dimensiune, calderele noroioase reprezintă cele mai mari structuri vulcanice noroioase din Depresiunea Transilvaniei. Acestea au cele mai mari cratere în raport cu dimensiunea bazei vulcanului noroios, raportul diametru crater–diametru maxim fiind de 0,37–0,71, în comparație cu 0,03 în cazul celorlalți subiecți.



Fig. 12. Exemplu de calderă noroioasă (*Filiaș I*)

Flancurile calderii noroioase se caracterizează printr-o ușoară inflexiune, iar partea superioară a acestora se prezintă sub forma unei suprafețe ușor negative. Materialul noroios acumulat este mai dens și vâscos în comparație cu cel din celelalte tipuri de vulcani noroioși, probabil și din cauza suprafeței mari de evaporare.

În funcție de caracteristicile materialului, conținutul de apă și condițiile meteorologice acesta poate fi acoperit de o crustă semisolidă, pe alocuri solidă, sau una care se clatină sub picioare, și poate fi acoperit de un covor vegetal sau chiar și arborescent.

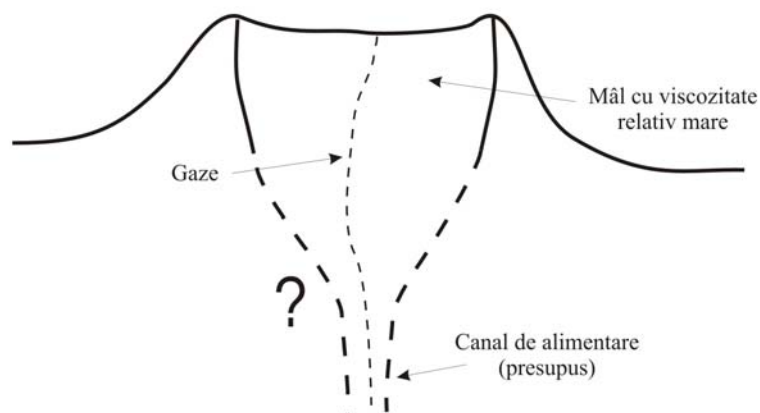


Fig. 13. Schița calderi noroioase

În ce privește structura internă, caldera noroioasă are un canal de acumulare lărgit sub forma unei pâlnii. În funcție de intensitatea activității vulcanului, flancurile calderi noroioase pot fi alcătuite din curgeri noroioase proaspete sau pot fi acoperite cu vegetație.

Model pentru mecanismul de formare al diferitelor tipuri morfologice de vulcani noroioși din estul și centrul Depresiunii Transilvaniei

În ceea ce privește dezvoltarea și evoluția diverselor morfologii ale vulcanilor noroioși se poate spune că pe lângă condițiile geologice și geomorfologice locale, aceasta este definită și de mărimea și morfologia canalului de evacuare al vulcanilor noroioși și natura materialului ce urmează a fi eliminat. Pe baza tipologiei stabilite s-au elaborat două modele pentru mecanismul formării celor patru tipuri morfologice de vulcani noroioși.

Modelele au ca punct de plecare existența materialului sursă și a unui canal de circulație (canal de alimentare/evacuare) prin care se realizează transferul materialului vulcanic noroios spre suprafață. Acest canal poate fi materializat prin falii, fisuri, strate permeabile înclinate, trunchiate prin eroziune.

Modelele se referă doar la mecanismul formării diferitelor morfologii, definite prin 4 tipuri, și nu la mecanismul vulcanismului noroios. Aceste modele se raportează la partea superficială a vulcanilor noroioși până la o adâncime maximă de 8,5 m.

Primul model deosebește două cazuri din punct de vedere al raportului apă–particule solide și presupune că diferitele morfologii coincid cu diferite faze de evoluție.

În cazul în care materialul este foarte fluid, având un conținut de particule solide

foarte redus, prin îmbibarea cu apă noroioasă și eroziunea rocilor gazdă rezultă un bazin noroios (fig.14, cazul A, faza 1) pe care se pot dezvolta mici conuri embrion, efemere (fig.14, cazul A, faza 2).

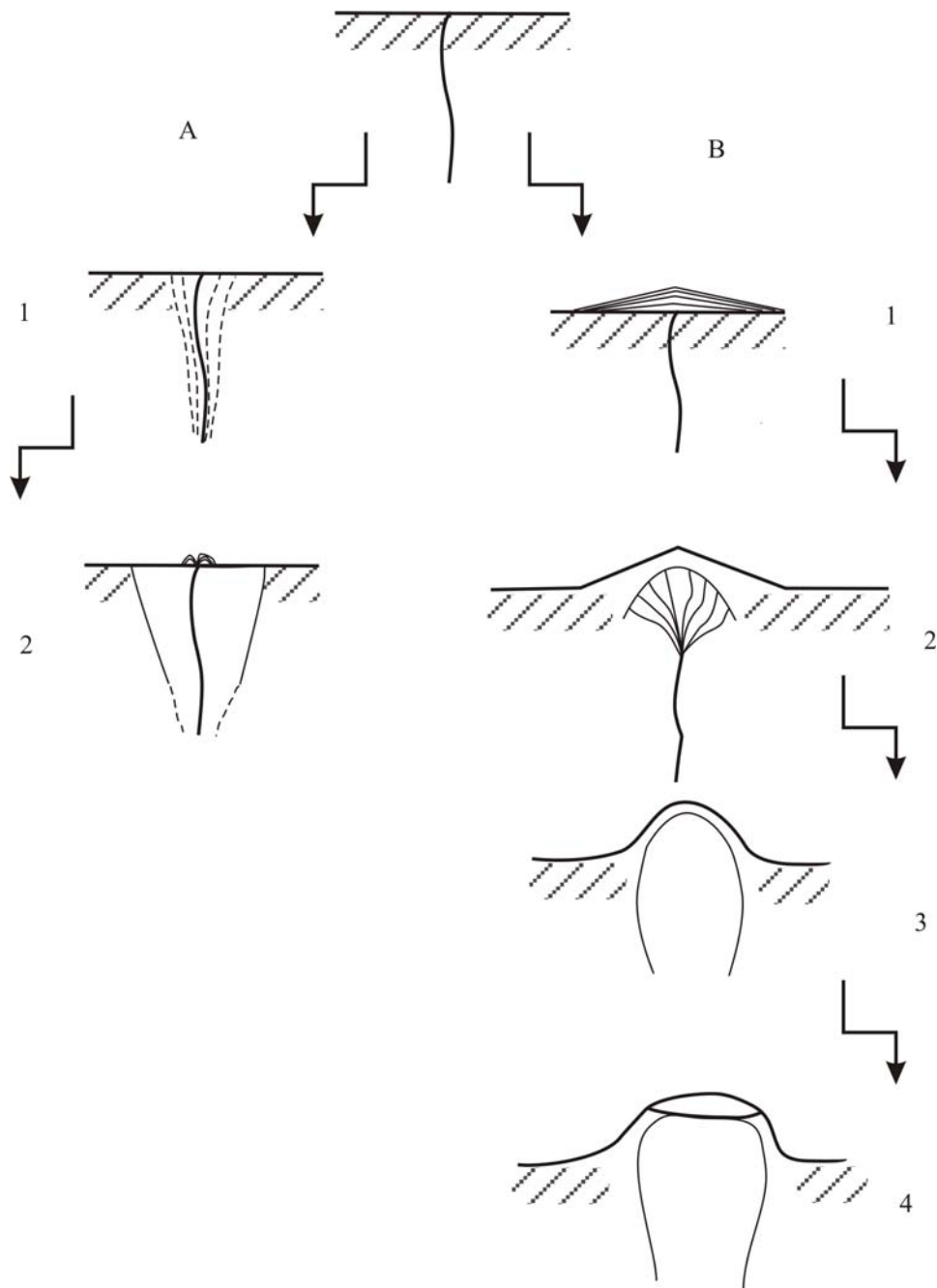


Fig. 14. Modelul 1 pentru mecanismul de formare a diferitelor tipuri morfologice de vulcani noroioși

În cazul în care canalul de evacuare este reprezentat de o fisură îngustă și materialul emis are un procent mai mare de particule solide, acestea se depun pe suprafața terestră în straturi succesive, asemănător vulcanilor scut rezultând un con noroios plat (fig.14, cazul B, faza 1).

Dacă activitatea conului noroios se întrerupe temporar, conul se consolidează ceea ce permite acumularea noroiului sub forma unor intruziuni noroioase (fig.14, cazul B, faza 2). Din

cauza presiunii acumulate întregul edificiu va fi bombat, rezultând un dom noroios (fig.14, cazul B, faza 3), pe care se pot forma mici fisuri prin care se va realiza evacuarea materialului din punga noroioasă.

În urma unei erupții sau prăbușiri, domul se transformă într-o calderă noroioasă (fig.14, cazul B, faza 4).

Fenomenele din natură rareori pot fi supuse unui întreg model sau unor legități stabilite de om. Din această cauză propunem un alt model pentru mecanismul formării diverselor morfologii ale vulcanilor noroioși din estul și centrul Bazinului Transilvaniei.

Al doilea model presupune dezvoltarea diferitelor forme, independent unele de altele. Bazinul noroios (fig.15, cazul A) și conul noroios (fig.15, cazul B) iau naștere în mod identic cu cel din primul model. Domul noroios (fig.15, cazul C) se formează prin deformarea stratelor de suprafață de către materialul noroios acumulat sub forma unor intruziuni noroioase, aflate în mișcare ascendentă – asemănător diapirelor argiloase sau domurilor vulcanice endogene. Caldera noroioasă (fig.15, cazul D) ia naștere prin mișcarea ascendentă a unei mase de material noroios aflat sub presiune ce străpunge stratul de suprafață (inclusiv prin erupție).

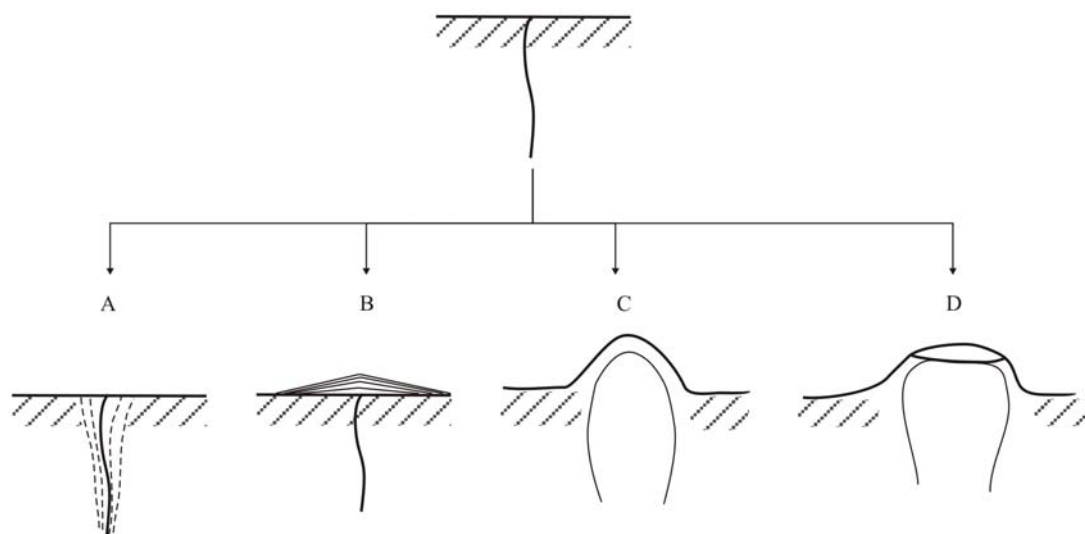


Fig. 15. Modelul 2 pentru mecanismul de formare al diferitelor tipuri morfologice de vulcani noroioși

Concluzii

În concluzie, vulcanii noroioși studiați prezintă evoluții foarte dinamice, cu schimbări însemnate, uneori chiar radicale în evoluția lor chiar și în scurta perioadă a studiului realizat – între anii 2002-2010. Considerând caracterul dinamic al vulcanilor noroioși trebuie precizat că observațiile și concluziile trase se referă doar la perioada studiului.

Dimensiunile vulcanilor noroioși studiați variază de la mai puțin de 1 m la 28 m în diametru

și de la 0 la 3,5 m înălțime, dominând vulcanii noroioși plați sau ușor concavi. Cei care ating înălțimea de 1 m sunt prezenți într-un procent de 25 %. De obicei craterele lor au dimensiuni foarte mici (2–5 cm) sau lipsesc total, însă există 4 subiecți cu cratera foarte largi (4,5–12 m).

Cei mai răspândiți sunt cei cu forme negative (bazinele noroioase) în proporție de 39 % dintre toți vulcanii noroioși studiați. Dintre formele pozitive, domurile noroioase apar în cel mai mare număr (35 %), fiind urmați de conurile noroioase (14 %) și de calderele noroioase, tipul cel mai slab reprezentat (6 %). Din cauza morfologiilor și manifestărilor distincte, a stării avansate de fosilizare și a intervențiilor antropice, 6 vulcani noroioși studiați nu au putut fi asociați nici unui tip.

Cele patru tipuri stabilite corespund aproximativ cu cele patru cazuri definite ca diferite faze (în primul model) sau mecanisme (în al doilea model) de formare ale diferitelor tipuri morfologice de vulcani noroioși.

Apariția vulcanilor noroioși cu preponderență în văi, lunci sau în unele cazuri pe versanți glacizați se referă la o relație tectonică secundară, pentru că dezvoltarea văilor a fost de cele mai multe ori determinată tectonic, fapt ce prilejuiește și apariția vulcanilor noroioși. În același timp localizarea lor este legată și de arealele în care straturile impermeabile au fost înlăturate prin eroziune fluvială.

Din punct de vedere al vegetației s-a constatat că gradul de activitate al vulcanilor noroioși este oglindit și în tipul vegetației. În cazul în care vulcanii noroioși activi sunt acoperiți de vegetație, pe acestea se vor dezvolta specii helofite, cel mai bun indicator de vulcan noroios activ fiind pipirigul (*Schoenoplectus lacustris*).

Conform hărților geologice și a profilelor seismice din zona studiată [KRÉZSEK, 2008, com. pers.], din punct de vedere geologic vulcanii noroioși pot fi legați de structuri gazeifere, prin anticlinale flexurale cu falii extensionale; limite litologice (în cadrul Sarmațianului și Pannonianului) sau de sistemul de falii Odorhei.

Considerăm lucrarea de față ca pe o bază de plecare pentru studiile noastre viitoare (cu tehnici de investigare microgeofizice moderne), în ideea că vulcanii noroioși au o importanță nu doar științifică dar și economică prin indiciile legate de structurile gazeifere din adâncime, și nu în ultimul rând turistică.

Bibliografie selectivă

- Etiopie, G., Martinelli, G. (2009): *What is a mud volcano?*, The 10th International Conference on Gas Geochemistry, 14-21 septembrie 2009, Cluj-Napoca, roundtable
- Barber, T., Brown, K. (1988): *Mud diapirism: the origin of melanges in accretionary complexes?*, *Geology Today* 4, p. 89–94
- Judd, A., Hovland, M. (2007): *Seabed Fluid Flow, The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment*, Cambridge University Press, 475 p.

- Huguen, C., Mascle, J., Chaumillon, E., Kopf, A., Woodside, J., Zitter, T. (2004): *Structural setting and tectonic control of mud volcanoes from the Central Mediterranean Ridge (Eastern Mediterranean)*, Marine Geology nr. 209, p. 245–263
- Mazzini, A., (2009): *Mud volcanism: Processes and implications*, Marine and Petroleum Geology, doi:10.1016/j.marpetgeo.2009.05.003
- Planke, S., Mazzini, A., Svensen, H., Akhmanov, G. G. (2006): *Mud volcanoes in Azerbaijan: implications for sediment and fluid migration in active piercement structures*, “Mobile Shale Basins – Genesis, Evolution and Hydrocarbon Systems” AAPG/GSTT Hedberg Conference, Abstract volume, 2 p.
- Sencu, V. (1985): *Vulcanii noroioși de la Berca*, Ed. Sport-Turism, București, 21 p.
- Sigurdsson, H., Houghton, B. F., McNutt, S. R., Rymer, H., Stix, J (redactori) (1999): *Encyclopedia of Volcanoes*, Ed. Academia Press, USA, 1416 p.
- Wohletz, K., Heiken, G. (1992): *Volcanology and Geothermal Energy*, University of California Press, 432 p.