



ACADEMIA ROMÂNĂ
ȘCOALA DE STUDII AVANSATE A ACADEMIEI ROMÂNE
Institutul de Geodinamică ‘Sabba S. Ștefănescu’

Teză de doctorat

**Studiul vulcanologic și petrologic al vulcanismului Cretacic superior din bazinul
Hațeg (Carpații Meridionali)**

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:

Dr. Ioan Seghedi

DOCTORAND:

Violeta Mihaela Vornicu

București, 2025

CUPRINS

<i>Lista cu abrevieri și simboluri.....</i>	<i>6</i>
---	----------

1. Capitolul I – Introducere

1.1. Obiectivele și structura tezei.....	10
1.2. Motivația și impactul cercetărilor.....	15
1.3. Context geologic.....	16

2. Capitolul II – Metodologie

2.1. Studiul litologiei depozitelor și produselor vulcanoclastice.....	22
2.2. Analize de geocronologie.....	22
2.3. Analize de geochimie de rocă globală.....	24

3. Capitolul III – Descrierea litologică și interpretarea genetică a depozitelor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg

3.1. Litologia succesiunilor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg.....	28
3.1.1. Caracteristici generale ale succesiunilor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg.....	28
3.1.2. Descrierea litologică a produselor eruptive de la Ciula Mică.....	38
3.1.3. Descrierea litologică a produselor eruptive de la Peștenița și Criva.....	42
3.1.4. Analize petrografice ale produselor eruptive de la Ciula Mică, Peștenița și Criva.....	44
3.1.5. Descrierea litologică a succesiunii vulcanoclastice Răchitova.....	47
3.1.6. Descrierea litologică a succesiunii vulcanoclastice Densuș 1.....	51
3.1.7. Descrierea litologică a succesiunii vulcanoclastice Densuș 2.....	57
3.1.8. Analize petrografice ale succesiunilor vulcanoclastice Densuș, Răchitova și Ștei.....	63

3.2. Interpretarea genetică a succesiunilor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg.....	65
3.2.1. Interpretarea genetică a produselor eruptive de la Ciula Mică, Peștenița și Criva.....	65
3.2.2. Interpretarea genetică a succesiunii vulcanoclastice Răchitova.....	68
3.2.3. Interpretarea genetică a succesiunii vulcanoclastice Densuș 1.....	70
3.2.4. Interpretarea genetică a succesiunii vulcanoclastice Densuș 2.....	72
3.2.5. Aspecte litologice și interpretarea genetică a succesiunilor vulcanoclastice Ștei.....	73
3.3. Tipul de activitate vulcanică și structurile vulcanice inițiale.....	75
3.3.1. Produsele eruptive de la Ciula Mică, Peștenița și Criva.....	75
3.3.2. Succesiunile vulcanoclastice din zonele Densuș, Ștei și Răchitova.....	80
3.3.2.1. Erupțiile freatomagmatice: procese eruptive specifice și caracteristici depoziționale.....	81
3.3.2.2. Ipoteza erupțiilor de tip Freatoplinian.....	88
3.3.2.3. Relația dintre succesiunile vulcanoclastice și structurile vulcanice inițiale.....	90

4. Capitolul IV – Datarea U-Pb pe zircon a succesiunilor vulcanoclastice din localitatea Densuș, Bazinul Hațeg

4.1. Rezultate.....	93
4.2. Discuții.....	95
4.2.1. Situația depozitelor vulcanoclastice din zonele Densuș și Răchitova din punct de vedere al vârstei, anterior datării radiometrice U-Pb pe zircon.....	95
4.2.2. Relația temporală dintre produsele vulcanoclastice și depozitele marine și continentale de vârstă Cretacic Superior, din partea de NV a Bazinului Hațeg.....	96

5. Capitolul V – Petrografia și geochimia depozitelor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg: inferențe asupra proceselor de petrogeneză și a originii magmelor

5.1. Rezultate.....	102
5.1.1. Analize petrografice.....	102
5.1.2. Geochimie de rocă globală.....	105
5.2. Discuții.....	112

5.2.1. Geobarometrie și termobarometrie.....	112
5.2.2. Diferențierea magmatică într-un sistem deschis.....	112
5.2.2.1. Cristalizarea fracționată.....	112
5.2.2.2. Asimilarea crustală.....	118
5.2.3. Sursa magmatică și implicații geodinamice.....	121
5.2.4. Câte evenimente magmatice?.....	125

6. Capitolul VI – Relația genetică dintre produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și magmatismul ABTS de vârstă Cretacic Superior

6.1. Magmatismul ABTS sau Neotethyan de vârstă Cretacic Superior.....	127
6.2. Relația temporală dintre produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și magmatismul ABTS.....	131
6.3. Relația compozițională dintre produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și magmatismul ABTS.....	133
7. Concluzii.....	137

Bibliografie

Anexă

Lista tabelor

Lista figurilor

Lista lucrărilor publicate

Rezumatul tezei de doctorat

1. Capitolul I – Introducere

1.1. Obiectivele tezei

Obiectul de cercetare al acestei teze de doctorat este reprezentat de depozitele și produsele vulcanoclastice de vârstă Cretacic Superior, ce află în multiple locații, în special în partea de vest și nord-vest a Bazinului Hațeg, din Carpații Meridionali. Suprafața de afloriment a acestor produse rezultate, în principal, din erupții vulcanice subaerene de tip exploziv, se află în zona satelor Densuș, Răchitova, Ștei, Criva, Ciula Mică și Peștenița. Cea mai mare parte a Bazinului Hațeg constituie Geoparcul Internațional UNESCO Țara Hațegului, astfel că depozitele și produsele vulcanoclastice cretacee au și valoare de patrimoniu geologic, alături de alte elemente de importanță științifică și patrimonială, precum numeroasele fosile de vertebrate cretacee descoperite pe teritoriul Geoparcului ([Grigorescu, 2020](#)).

Deoarece produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg au rămas puțin investigate până în prezent, obiectivul principal al tezei de doctorat îl reprezintă realizarea unui studiu multilateral al acestor produse, cu scopul de a determina natura și originea lor. Prin urmare, toate rezultatele prezentate în această lucrare reprezintă noutăți pentru studiul geologiei Bazinului Hațeg și au fost publicate în [Vornicu et al. \(2023\)](#), [Vornicu \(2024\)](#) și [Vornicu & Seghedi \(2025\)](#). Acest studiu vulcanologic și petrologic vine după mai mult de 100 de ani de la primele observații detaliate de teren asupra acestor produse vulcanoclastice cretacee, efectuate de [Laufer \(1925\)](#).

Cercetări anterioare sugerează că activitatea vulcanică cretacică nu a avut loc în Bazinul Hațeg așa cum este configurat în prezent, poziția actuală a produselor vulcanoclastice fiind determinată tectonic, în timpul Cretacicului Superior. Astfel, pe lângă studiul produselor vulcanoclastice propriu zise, este importantă și investigarea relației dintre acestea și celelalte unități litostratigrafice, de vârstă Cretacic Superior, ce află în aceeași zonă a bazinului.

Principalele direcții de cercetare abordate în cadrul acestei lucrări de doctorat vizează descrierea litologică detaliată a tuturor depozitelor și produselor vulcanoclastice identificate în Bazinul Hațeg, pe baza căreia s-au determinat tipurile genetice de depozite și tipul de activitate vulcanică, analize de geochimie de rocă globală ale produselor eruptive dar și analize radiometrice U-Pb pe zircon ale

depozitelor vulcanoclastice din localitatea Densuș. O altă temă importantă constă în corelarea vulcanismului ce a produs depozitele vulcanoclastice amplasate în prezent în Bazinul Hațeg, cu activitatea magmatică cretacică, ce a format centura magmatică Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS) din Europa Centrală și de Est. Această analiză comparativă este utilă deoarece datele obținute până la momentul actual, referitoare la vârsta și compoziția magmelor, indică faptul că, cel mai probabil, produsele magmatice din cele două locații sunt relaționate din punct de vedere al originii magmelor.

1.2. Motivația și impactul cercetărilor

Anterior cercetărilor ale căror rezultate sunt expuse în această teză de doctorat, nu a existat o documentare completă a tuturor depozitelor și produselor vulcanoclastice cretacice din Bazinul Hațeg. Studii mai detaliate au fost îndreptate doar către succesiunile vulcanoclastice ce află în localitățile Densuș și Răchitova, datorită expunerii și stării de conservare mai bune. Astfel, o parte din aceste depozite, în special cele care se găsesc în zonele Criva, Ciula Mică și Peștenița, au rămas în totalitate neinvestigate până în prezent.

Lipsa unor cercetări și studii amănunțite a făcut ca natura reală a produselor vulcanoclastice, fenomenele vulcanice sau asociate vulcanismului ce le-au produs dar și contextul în care s-a manifestat activitatea vulcanică, să rămână, de-a lungul timpului, puțin înțelese. Motivația principală din spatele acestui studiu este aceea de a aduce clarificări asupra condiției produselor vulcanoclastice descoperite până în prezent în arealul Bazinului Hațeg, prin studiul detaliat al acestora, folosind metodele și uneltele disponibile, specifice geologiei. Datele astfel obținute, sunt utilizate cu scopul de a realiza o interpretare cât mai relevantă a caracterului și provenienței acestor produse.

1.3. Context geologic

Locația succesiunilor și produselor vulcanoclastice cretacice, ce constituie tema de cercetare a acestei lucrări de doctorat, este Bazinul Hațeg. Bazinul Hațeg este un bazin sedimentar sin/post-orogenic din Carpații Meridionali, România, fiind delimitat de mai multe lanțuri muntoase și anume Munții Șureanu la E, Munții Retezat la S, Munții Poiana Ruscă la N și N-V și Munții Țarcu la S-V (Fig. 1). Fundamentul metamorfic al acestei regiuni este reprezentat de Pânzele Getică și Supragetică și Unitățile Danubiene (e.g., Săndulescu, 1994) iar configurația geo-tectonică a regiunii

a fost definitivată în timpul orogenezei Alpine, din Cretaciul Superior (e.g., Mațenco & Schmid, 1999).

Bazinul Hațeg se deosebește printr-o succesiune sedimentară atipică, aici găsiindu-se o serie de depozite marine și continentale de vârstă Cretacic Superior, ce aflorază, în special, în partea vestică și nord-vestică a bazinului. Cele mai noi depozite marine din această zonă sunt grupate în Formațiunea de Răchitova, de vârstă Campanian Inferior (Fig. 1, e.g., Laufer, 1925; Grigorescu & Melinte, 2001; Țabără & Slimani, 2019), în timp ce depozitele continentale de vârstă Cretacic Superior sunt divizate în Formațiunea de Densuș-Ciula și Formațiunea de Sânpetru (Fig. 1; e.g., Laufer, 1925; Grigorescu & Anastasiu, 1990; Grigorescu, 1992).

Formațiunea de Densuș-Ciula este, mai departe, divizată în trei membrii diferiți, cu caracteristici litologice specifice – Membrul Superior, Membrul Median și Membrul Inferior (e.g., Grigorescu et al., 1990; Grigorescu, 1992).

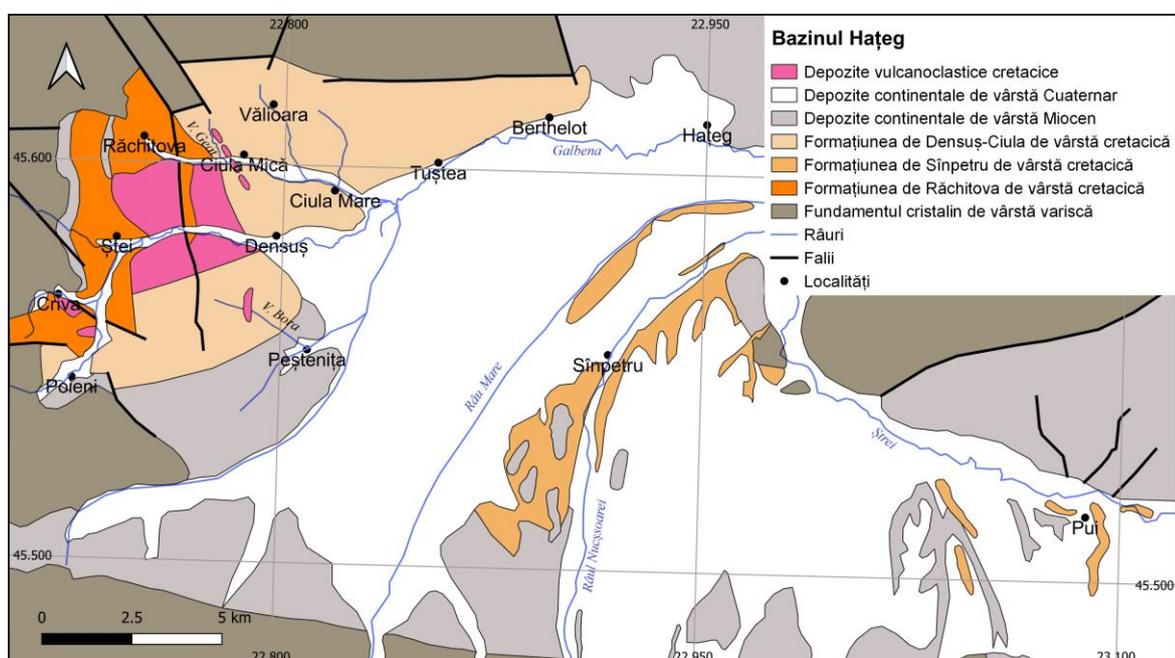


Fig. 1 Harta geologică simplificată georeferențiată a Bazinului Hațeg (modificată după Codarcea et al., 1967, Dessila-Codarcea et al., 1968).

Produsele vulcanoclastice aflorază mai ales în vestul și nord-vestul Bazinului Hațeg, în zonele Densuș, Ștei și Răchitova, sub formă de succesiuni vulcanoclastice și la Criva, Ciula Mică și Peștenița, sub formă de fragmente izolate de produse eruptive, de diferite dimensiuni dar cu caracteristici litologice asemănătoare (Fig. 1).

În localitățile Densuș și Răchitova, succesiunile vulcanoclastice sunt considerate de anumiți autori ca reprezentând Membrul Inferior al Formațiunii de Densuș-Ciula și sunt poziționate peste

sedimentele marine ale Formațiunii de Răchitova (e.g., Grigorescu 1992; Grigorescu & Anastasiu, 1990), în timp ce în zonele Ciula Mică și Peștenița, produsele eruptive identificate reprezintă blocuri prinse în depozite de conglomerate polimictice grosiere, de tip aluvionar (Albert et al., 2025). Inițial, produsele eruptive de la Ciula Mică, Peștenița și Criva au fost identificate de Laufer (1925) ca *dike*-uri.

2. Capitolul II – Metodologie

2.1. Studiul litologiei depozitelor și produselor vulcanoclastice

Litologia depozitelor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg a fost descrisă în urma observațiilor detaliate de teren, combinate cu analize petrografice. Studiul de teren s-a focalizat pe tipurile de facies, forma stratelor, grosimea stratelor, caracteristicile texturale, precum tipul de stratificație, gradația, gradul de sortare (σ) dar și variațiile de litologie. Pentru descrierea particulelor juvenile, am folosit parametrii standard, precum dimensiunea particulelor Φ și dimensiunea medie $Md \Phi$ (Inman, 1952), distribuția particulelor în funcție de dimensiune sau de tipul de depozit, morfologia particulelor și gradul de porozitate. Compoziția depozitelor a fost stabilită pe baza datelor de geochimie de rocă globală iar pentru produsele pentru care nu există analize chimice, compoziția a fost estimată în baza analizelor petrografice.

2.2. Analize de geocronologie

Pentru datarea produselor vulcanoclastice prin metoda radiometrică U-Pb pe zircon au fost colectate trei probe de roci vulcanice, D2-1, D2-2 și D2-3, din locația succesiunii vulcanoclastice Densuș 2, ce află în localitatea Densuș, la limita dintre satele Densuș și Ștei (poziție GPS: 45° 34' 54" N / 22° 45' 11" E, alt 441.2 m).

Analizele izotopice U-Pb au fost efectuate pe cristale de zircon individuale, lustruite prin ablație cu laser, la Arizona LaserChron Center, folosind un colector singular cu rezoluție ridicată Element2 cu spectrometru de masă cu plasmă cuplată inductiv (LA-ICP-MS), echipat cu un laser Teledyne G193 nm Excimer, cu diametrul fascicului de 30 μm (Gehrels et al., 2008). Pentru scopul acestui studiu, au fost plotate rezultatele radiometrice $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ iar valorile medii ale vârstelor au fost calculate folosind pachetul ISOPLOT-R (Veermesch, 2018). Reducția datelor s-a realizat folosind software-ul Iolite.

2.3. Analize de geochimie de rocă globală

Pentru acest studiu, s-a decis utilizarea unui număr de 20 de eşantioane de roci vulcanoclastice colectate din aflorimentele Densuş, Răchitova și Peștenița (Fig. 1). Locația și compoziția eşantioanelor este dată în Tabelul 1. Eşantioanele P6A și P6D (Răchitova) și P1 și P2 (Peștenița) au fost colectate din depozite vulcanoclastice primare și anume ignimbrite sudate, în timp ce restul eşantioanelor reprezintă fragmente de roci vulcanice, formate direct prin solidificarea magmelor, ca lave (Tabelul 1).

Tabelul 1 Numele eşantionului, locația, tipul petrogenetic și genetic.

Eşantion	Locație	Latitudine	Longitudine	Tipul petrografic	Tipul genetic
P5A	Densuş	45° 34' 54"	22° 46' 53"	Trahi-andezit bazaltic	Fragment de lavă
E7	Densuş	45° 34' 55"	22° 46' 17"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
P4A	Densuş	45° 35' 04"	22° 46' 44"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
E4	Densuş	45° 34' 54"	22° 45' 8"	Andezit	Fragment de lavă
E3	Densuş	45° 34' 52"	22° 45' 1"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
P6C	Răchitova	45° 36' 2"	22° 44' 55"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
E6	Densuş	45° 34' 55"	22° 46' 17"	Andezit	Fragment de lavă
E5	Densuş	45° 34' 55"	22° 46' 17"	Dacit	Fragment de lavă
D2-2	Densuş	45° 34' 54"	22° 45' 11"	Andezit	Fragment de lavă
D2-3	Densuş	45° 34' 54"	22° 45' 11"	Dacit	Fragment de lavă
P5B	Densuş	45° 34' 54"	22° 46' 53"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
E2	Densuş	45° 34' 53"	22° 45' 2"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
P6B	Răchitova	45° 36' 2"	22° 44' 54"	Trahi-andezit	Fragment de lavă
D2-1	Densuş	45° 34' 54"	22° 45' 11"	Dacit	Fragment de lavă
P1	Peștenița	45° 33' 45"	22° 47' 19"	Trahit	Depozit de ignimbrit
P6A	Răchitova	45° 36' 4"	22° 44' 55"	Riolit	Depozit de ignimbrit
P4B	Densuş	45° 35' 04"	22° 46' 44"	Riolit	Fragment de lavă
P2	Peștenița	45° 33' 45"	22° 47' 19"	Trahit	Depozit de ignimbrit
P6D	Răchitova	45° 36' 3"	22° 44' 57"	Riolit	Depozit de ignimbrit
P7A	Răchitova	45° 36' 4"	22° 44' 53"	Riolit	Fragment de lavă

Compoziția chimică de rocă globală a fost determinată la ALS Ireland (<http://www.alsglobal.com/geochemistry>). Eşantioanele sub formă de pulbere au fost tratate cu borat de litiu, urmat de disoluție acidă. Pentru determinarea concentrației elementelor majore (cod ALS ME-ICP06), s-a folosit metoda spectroscopiei cu emisie atomică cu plasmă cuplată inductiv (ICP-AES) iar pentru determinarea concentrației elementelor urmă, inclusiv a Pământurilor Rare (coduri ALS ME-MS42, ME-MS61, ME-MS81), s-a utilizat spectroscopia de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS). Pierderea la calcinare (LOI) a fost determinată gravimetric, după ce

roca pulverizată a fost încălzită la 1000°C, folosind un termogravimetru (TGA) (cod ALS OA-GRA05).

Valorile compoziționale ale elementelor majore folosite pe diagramele utilizate în acest capitol au fost normalizate la 100%.

Analizele petrografice ale eşantioanelor de roci vulcanoclastice au fost efectuate cu un microscop Olympus BX41 TF.

3. Capitolul III – Descrierea litologică și interpretarea genetică a depozitelor și produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg

În Capitolul III se prezintă locația și caracteristicile litologice și petrografice detaliate ale tuturor produselor și succesiunilor vulcanoclastice identificate în aria Bazinului Hațeg, reprezentând primul studiu litologic complet al acestor produse. Pe baza proprietăților litologice, combinate cu analizele petrografice, s-a determinat tipului genetic pentru fiecare depozit sau produs vulcanoclastic în parte. În final, cu ajutorul datelor de litologice și pe baza tipurilor genetice, s-a încercat stabilirea proceselor și fenomenelor eruptive dar și stilul eruptiv și tipul general de activitate vulcanică.

Au fost identificate și descrise următoarele entități litologice: succesiunile vulcanoclastice **Densuș 1, Densuș 2, Ștei, Răchitova** și produsele eruptive **Ciula Mică, Peștenița și Criva**.

În localitatea Densuș (Fig. 1) s-au identificat multiple aflorimente ale depozitelor vulcanoclastice, majoritatea sub formă de succesiuni eruptive. Cele două succesiuni vulcanoclastice ce afloréză în zona Densuș-Ștei, Densuș 1 (Fig. 2a; coordonate GPS: 45° 34' 51" N/ 22° 45' 3" E) și Densuș 2 (Fig. 2b; coordonate GPS: 45° 34' 53" N/ 22° 45' 9" E), constau în depozite vulcanoclastice primare de compoziție andezitică, dacitică și mai rar, riolitică, rezultate direct din procese vulcanice eruptive, intercalate cu depozite vulcanoclastice secundare și epiclastice, formate prin transportul și resedimentarea materialului piroclastic neconsolidat, de către procese non-vulcanice dar care pot fi relaționate cu erupțiile vulcanice (e.g., Fisher & Schmincke, 1984; Manville et al., 2009; Sohn & Sohn, 2019; Di Capua et al., 2022; Major, 2022).

Succesiunea eruptivă Densuș 1 are o grosime de aproximativ 40-50 m și este compusă din 15 strate diferite cu continuitate stratigrafică (A-O) și direcție de sedimentare NV-SE. În comparație cu Densuș 1, succesiunea eruptivă Densuș 2 are o grosime mai mare, de aproximativ 100 de metri, o expunere mai bună și se află într-o stare mai favorabilă de conservare. Este alcătuită din 14 strate diferite, cu continuitate stratigrafică (A-N) și direcție de sedimentare NV-SE.

Succesiunile eruptive Ștei afloréză în zona satului Ștei (Fig. 1), comuna Densuș (coordonate GPS: 45° 34' 45" N/ 22° 45' 01" E) și sunt constituite din depozite vulcanoclastice primare,

secundare și epiclastice generate de activitate vulcanică subaeriană, predominant explozivă, asemănătoare din punct de vedere litologic și genetic cu succesiunile Răchitova, Densuș 1 și Densuș 2. Aceste depozite afloră izolat, pe suprafețe reduse iar contactul dintre stratele individuale nu este vizibil în teren. Succesiunile vulcanoclastice Ștei au grosimi de aproximativ 150-200 m și se întind pe o distanță de circa 1 km.

Succesiunea vulcanoclastică Răchitova (coordonate GPS: 45° 36' 5" N/ 22° 44' 53" E) se află în comuna Răchitova (Fig. 1) și are o grosime de circa 90 m. Este formată dintr-un ansamblu de depozite vulcanoclastice primare și secundare, de compoziție andezitică, dacitică și riolitică.



Fig. 2 Imagine de ansamblu a (a) Succesiunii vulcanoclastice Densuș 1; (b) Succesiunii vulcanoclastice Densuș 2 aflate la limita dintre satele Densuș și Ștei, în localitatea Densuș, județul Hunedoara. Autor: Violeta M. Vornicu

Produsele eruptive din apropierea localității Ciula Mică (Fig. 1) sunt reprezentate de fragmente izolate de roci vulcanoclastice primare, de compoziție trahitică, ce afloră pe arii restrânse în patru locații diferite.

Depozitele Ciula Mică 1 și 2 afloră în interiorul satului Ciula Mică, sub forma unor blocuri cu dimensiuni maxime de câteva zeci de metri, fiind parțial obturate de construcții antropice (coordonate GPS: 45° 35' 59.7" N/ 22° 46' 53.3" E).

Produsul eruptiv Ciula Mică 3 afloră în vecinătatea satului Ciula Mică, pe Valea lui Geat (Fig. 1), sub forma unui corp izolat, cu o lungime de aproximativ 50 m și o grosime de circa 20 m (Fig. 3a, b; coordonate GPS: 45° 36' 19.9" N/22° 46' 35.5" E).

Produsul eruptiv Ciula Mică 4 se află mai în amonte, pe Valea lui Geat, la o distanță de aproximativ 1 km față de aflorimentul Ciula Mică 3 (coordonate GPS: 45° 35' 59" N/ 22° 46' 53" E), fiind expus sub forma unor blocuri de diferite dimensiuni, de la 30-40 cm până la câțiva metri, pe o distanță de aproximativ 100 m.

Produsul eruptiv Ciula Mică 5 este localizat la sud de satul Ciula Mică, înspre localitatea Densuș (Fig. 1), la o distanță de aproximativ 500-600 m față de depozitele Ciula Mică 1 și 2 (coordonate

GPS: 45° 35' 47.2' N/22° 47' 03.8' E), fiind expus sub formă de fragmente de diferite dimensiuni, majoritatea de câțiva metri, pe o distanță de 60-70 m.

Produsele eruptive din apropierea localității Peștenița (Fig. 1), Peștenița 1 și Peștenița 2, află pe Valea Bora, într-o zonă împădurită. Depozitul vulcanoclastic Peștenița 1 este expus în mod discontinuu de-a lungul albiei râului Bora, pe o distanță de aproximativ 150 m, sub formă de blocuri de dimensiuni diferite, până la 15-20 m (Fig. 4a; coordonate GPS: 45° 33' 45" N/ 22° 47' 20" E; 45° 33' 45" N/ 22° 47' 19" E). În imediata apropiere, este expus produsul eruptiv Peștenița 2 care, în mod similar, află sub forma unor blocuri izolate de dimensiuni variate, de la câțiva metri până la câteva zeci de metri, pe o distanță de aproximativ 70 m (Fig. 4b; coordonate GPS: 45° 33' 45" N/ 22° 47' 19" E).

În apropierea satului Criva, comuna Densuș (Fig. 1; coordonate GPS: 45° 33' 27.0" N/ 22° 44' 04.9" E) am identificat un afloriment de dimensiuni reduse al unui produs eruptiv cu caracteristici identice celor expuse în apropierea localității Peștenița. Depozitul este reprezentat de fragmente cu dimensiuni de maxim câțiva metri, ce află pe o suprafață redusă, de circa 30-40 m.



Fig. 3 (a) Aflorimentul Ciula Mică 3, Valea lui Geat, comuna Răchitova, județul Hunedoara; **(b)** Imagine de detaliu a fragmentului Ciula Mică 3. Autor: Maria Vornicu/Violeta M. Vornicu



Fig. 4 (a) Aflorimentul Peștenița 1, Valea Bora din apropierea satului Peștenița, comuna Densuș, județul Hunedoara; **(b)** Aflorimentul Peștenița 2, ce aflurează în imediata apropiere a produsului Peștenița 1. Autor: Maria Vornicu/Violeta M. Vornicu

Depozitele și produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg sunt alcătuite, predominant, din material juvenil fin, cu dimensiuni ale particulelor ce se încadrează între fracția criptocristalină și maxim 3-4 mm. Distribuția particulelor funcție de dimensiune nu variază semnificativ în aceste produse, indiferent de tipul litologic sau de locație. În general, se observă lipsa stratificației și a gradației iar gradul de sortare este, în general, slab, cu o valoare de sortare (σ) de 2-4, cu excepția depozitelor de cădere ce au, în general, un grad de sortare mediu, cu o valoare de sortare (σ) < 2 (Cas & Wright, 1987). În depozitele de cădere sau de curgere piroclastică se observă, uneori, prezența stratificației normale sau încrucișate. Întreaga populație de particule juvenile are formă predominant plată, angulară sau dreptunghiulară, textură densă iar gradul de porozitate este scăzut sau lipsește în totalitate.

În urma analizei litologice detaliate, în succesiunile vulcanoclastice Densuș 1, Densuș 2, Ștei și Răchitova s-au identificat următoarele tipuri de depozite: primare – depozite ale curenților piroclastici de densitate precum curgeri piroclastice, valuri piroclastice, fluxuri piroclastice (Fig. 5) dar și ignimbrite sudate și ne-sudate, tufuri fine și tufuri cu lapili acreționari (Fig. 6a, b), secundare – curgeri vulcanice noroioase sau *lahar*-uri dar și depozite epiclastice, sub forma curgerilor de debrite. În succesiunile Densuș 1 și 2 s-au identificat și multiple strate subțiri de argilă continentală.



Fig. 5 Stratul A din succesiunea vulcanoclastică Densuş 1, reprezentat de un depozit de val piroclastic cu stratificație încrucișată, laminație, fără gradație și un grad de sortare mediu; compoziția este dominată de material piroclastic fin cu dimensiunea particulelor < 1-2 mm dar conține și incluziuni de fragmente litice grosiere juvenile și metamorfice. Autor: Violeta M. Vornicu

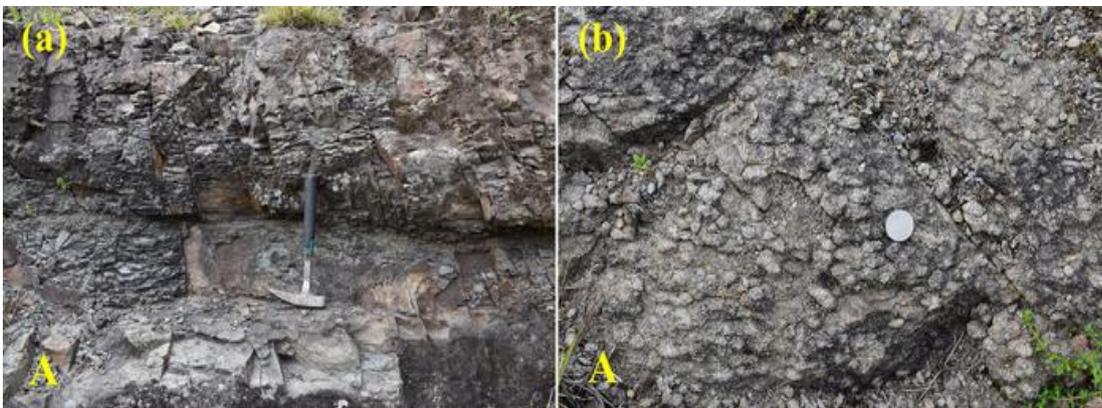


Fig. 6 (a) Afloriment al stratului A din succesiunea vulcanoclastică Densuş 2, ce reprezintă un depozit de tuf fin cu lapili acreționari; **(b)** Lapili acreționari din alcătuirea depozitului de tuf, cu formă predominant sub-angulată și sub-rotunjită și diametru de 1-2 cm. Autor: Violeta M. Vornicu

În zonele Ciula Mică, Peștenița și Criva s-au identificat multiple fragmente sau blocuri de ignimbrite sudate (Fig. 7, 8), ce reprezintă produse eruptive primare formate de curenți piroclastici de densitate, în timpul erupțiilor explozive de magnitudine mare, prin fragmentarea magmelor (e.g., Wright & Walker, 1981; Cas & Wright, 1987; Branney & Kokelaar, 2002; Lube et al., 2020). S-a constatat că fragmentele de ignimbrite de la Ciula Mică au un grad de sudare sau compactare mediu spre ridicat, în timp ce ignimbritele de la Peștenița și Criva au un grad de sudare, mai degrabă, moderat.

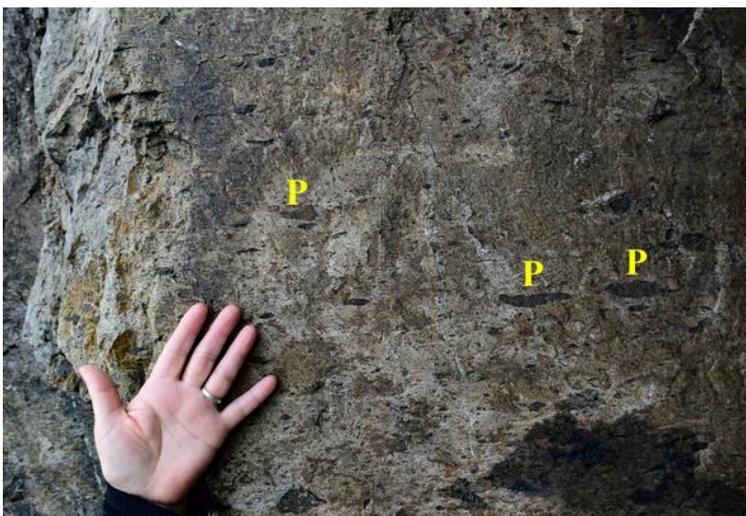


Fig. 7 Imagine de detaliu a ignimbritului Ciula Mică 1, în care se pot distinge particule de poncii (P) deformate și aplatizate, ce formează structuri de tip *fiamme* și textură eutaxitică. Majoritatea structurilor *fiamme* prezintă alterații, din cauza proceselor post-depoziționale de alterare a sticlei vulcanice. Autor: Violeta M. Vornicu

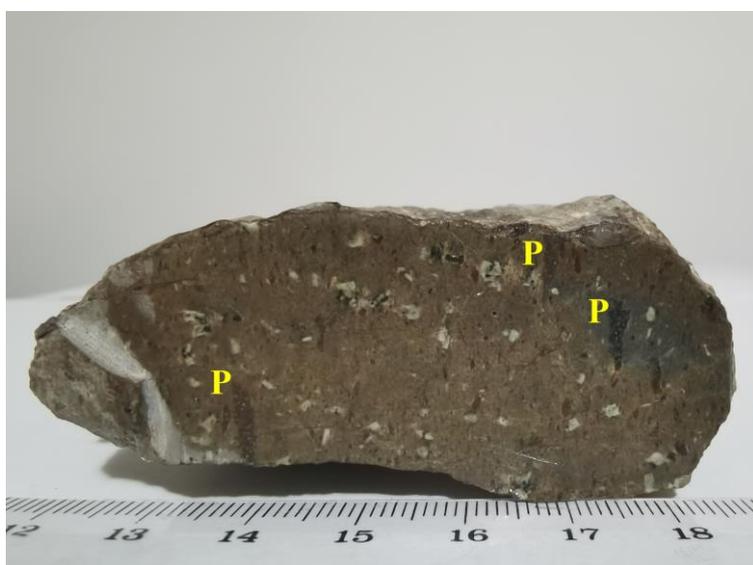


Fig. 8 Imagine de detaliu a ignimbritului Peștenița 1, cu particule de poncii (P) deformate și alungite sau *fiamme*, rezultate în urma sudării post-depoziționale. Autor: Violeta M. Vornicu

Pe baza tipurilor genetice de produse, s-a încercat determinarea tipului de activitate vulcanică, din care au rezultat depozitele și produsele vulcanoclastice identificate în Bazinul Hațeg.

Particularitățile litologice ale succesiunilor vulcanoclastice din zonele Densuș, Ștei și Răchitova sugerează că acestea au fost produse de erupții subaerene explozive, de tip freatomagmatic, în care magma a interacționat cu apa provenită dintr-o sursă externă (Vornicu, 2024). Cele mai importante elemente ce sugerează caracterul freatomagmatic al erupțiilor vulcanice sunt: gradul ridicat de fragmentare a magmelor sau proporția de particule juvenile fine, prezența agregatelor de cenușă de tip lapili acreționari, prezența depozitelor generate de valurile piroclastice, proporția de fragmente litice accesorii, lipsa de porozitate a particulelor juvenile, morfologia juvenilelor dar și proporția de

fragmente de sticlă vulcanică (e.g., Self & Sparks, 1978; Self et al., 1980; McPhie, 1986; Wilson, 2001; Ellis & Branney, 2010; White & Valentine, 2016). Prezența unui număr însemnat de fragmente litice metamorfice în majoritatea depozitelor ce compun aceste succesiuni, sugerează că fragmentarea magmelor a fost mediată de apa provenită dintr-o sursă subterană, cel mai probabil din acvifere. Anumite caracteristici precum gradul ridicat de fragmentare a magmelor, tipurile genetice de depozite dar și grosimea acestora, indică faptul că activitatea vulcanică, a fost, posibil, de tip Freatoplinian, cu faze eruptive de tip Sub-Plinian/ Plinian. Toate aceste succesiuni reprezintă fragmente din foste edificii vulcanice cretacice de tip stratovulcan sau vulcan compozit, de dimensiuni apreciabile, ce au aparținut aceluiași câmp sau lanț vulcanic.

În cazul produselor eruptive de la Ciula Mică, Peștenita și Criva, caracteristicile litologice precum proporția mare de juvenile fine și gradul ridicat de sudare sugerează că acestea au făcut parte din depozite vulcanoclastice primare cu volum inițial mult mai mare și grosimi de zeci sau chiar sute de metri, ce au fost generate în timpul erupțiilor de magnitudine și intensitate mare, cel mai probabil, de tip Plinian. Curgerile piroclastice ce au format depozitele de ignimbrite au fost generate în urma colapsului coloanei convective, ce ar fi putut fi acompaniat sau nu de golirea camerei magmatice, urmată de colapsul calderii. Sursele vulcanice au fost vulcani compoziți de dimensiuni mari sau centre vulcanice de tip calderă.

4. Capitolul IV – Datarea U-Pb pe zircon a succesiunilor vulcanoclastice din localitatea Densuș, Bazinul Hațeg

În Capitolul IV se prezintă rezultatele de geocronologie pentru trei eșantioane de roci vulcanoclastice colectate din succesiunile vulcanoclastice din localitatea Densuș, ce au fost datate pentru prima dată, prin metoda radiometrică U-Pb pe zircon. Vârstele medii de cristalizare individuale sunt 80.44 ± 0.14 Ma pentru eșantionul D2-1 (Fig. 9a), 80.22 ± 0.25 Ma pentru eșantionul D2-2 (Fig. 9b) și 81.88 ± 0.17 Ma pentru eșantionul D2-3 (Fig. 9c; Vornicu et al., 2023). Cele trei vârste corespund perioadei Campanian Inferior. Vârstele diferite obținute pentru cele trei probe de rocă atestă faptul că activitatea vulcanică s-a desfășurat pe o perioadă relativ lungă de timp și a avut un caracter ciclic.

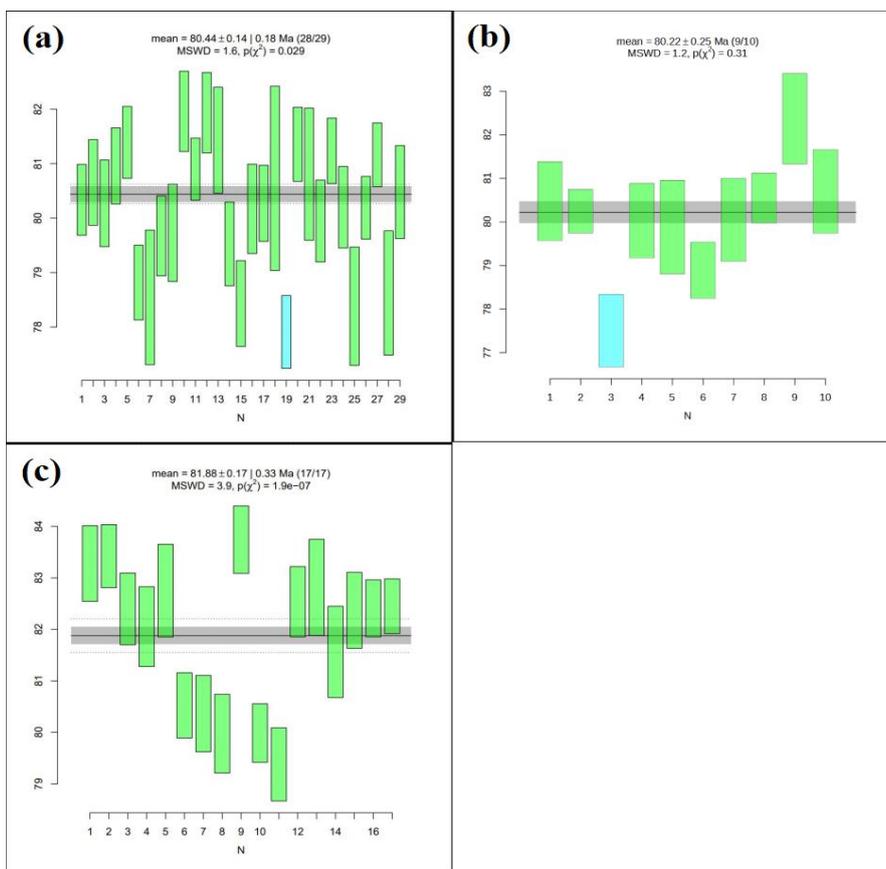


Fig. 9 (a) Diagrama *weighted mean* ce indică vârsta $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a eșantionului D2-1; (b) Diagrama *weighted mean* ce indică vârsta $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a eșantionului D2-2; (c) Diagrama *weighted mean* ce indică vârsta $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a eșantionului D2-3; nivelul de incertitudine este 1σ .

Anterior datării U-Pb pe zircon a succesiunilor vulcanoclastice din localitatea Densuș, produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg li s-a atribuit vârsta Maastrichtian Inferior, în baza rezultatelor de vârste K-Ar obținute de Bojar et al. (2011), în urma datării a două eșantioane de roci vulcanoclastice colectate din succesiunea eruptivă Răchitova și din zona Ciula Mică. În acest sens, s-a luat în considerare și vârsta Maastrichtian, stabilită pentru Membrii Median și Superior ai Formațiunii de Densuș-Ciula dar și poziția stratigrafică a succesiunilor vulcanoclastice din localitățile Densuș și Răchitova, acestea fiind poziționate peste sedimentele marine ale Formațiunii de Răchitova, de vârstă Campanian Inferior.

Analize radiometrice U-Pb pe zircon au fost efectuate recent și în zona Ciula Mică, pe eșantioane de material piroclastic identificat în depozitele bazale de conglomerate grosiere, de tip aluvionar, ce aflorază pe Valea lui Geat (Fig. 1; Albert et al., 2025). În aceleași depozite de conglomerate bazale sunt prinse și produsele eruptive Ciula Mică și Peștenița, descrise în detaliu în Capitolul III. Datarea a indicat vârste de 79.75 ± 0.69 Ma, 79.10 ± 0.73 Ma și, respectiv, 72.96 ± 0.97 Ma, acestea fiind, în

mare, în acord cu datele de geocronologie obținute pentru succesiunile vulcanoclastice din zona Densuș.

Rezultatele de vârste U-Pb pe zircon ale succesiunilor vulcanoclastice din localitatea Densuș, de circa 80-82 Ma, ce plasează activitatea vulcanică în perioada Campanian Inferior, sunt destul de apropiate de vârsta depozitelor marine ale Formațiunii de Răchitova (Țabără & Slimani, 2019), însă sunt în discordanță cu vârsta Maastrichtian, acceptată pentru Membrii Median și Superior ai Formațiunii de Densuș-Ciula. Această diferență de vârstă sugerează că vulcanismul din care au rezultat produsele și depozitele vulcanoclastice, s-a manifestat cu mult timp înainte de inițierea sedimentării acestor membrii, într-un cadru geodinamic diferit. În consecință, cel mai probabil, cu toate că poate exista o continuitate de sedimentare, nu există o relație spatio-temporală bine definită între activitatea vulcanică cretacică propriu zisă și sedimentarea Membrilor Median și Superior ai Formațiunii de Densuș-Ciula, ceea ce ar putea însemna că cele două tipuri de depozite continentale reprezintă unități litostratigrafice diferite.

Rezultatele de geocronologie și analizele geochemice și petrografice, combinate cu observații de teren, sugerează că ignimbritele sudate din zona Ciula Mică, Peștenița și Criva reprezintă fragmente sau blocuri desprinse din depozite cu volum inițial mult mai mare, ce au fost preluate în acumulările de conglomerate, dintr-o sursă relativ apropiată, a căror sedimentare a început într-un moment ulterior activității vulcanice. Acest aspect susține ipoteza enunțată mai sus, potrivit căreia vulcanismul s-a manifestat mult mai devreme, în condiții geodinamice diferite în comparație cu cele ce au favorizat inițierea sedimentării depozitelor continentale ale Formațiunii de Densuș-Ciula.

5. Capitolul V – Petrografia și geochemia depozitelor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg: inferențe asupra proceselor de petrogeneză și a originii magmelor

În cadrul acestui capitol se prezintă rezultatele de geochemie de rocă globală obținute în urma analizei a douăzeci de eșantioane de roci vulcanoclastice de litologie diferită, ce au fost colectate din succesiunile și produsele vulcanoclastice din zonele Densuș, Răchitova și Peștenița (Tabelul 1).

Pe diagrama $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2 % (*total alkali vs. silica-TAS*, Fig. 10), eșantioanele de roci din zona Densuș intră în categoria andezitelor, trahi-andezitelor și dacitelor, cu excepția eșantionului P4B, care este de compoziție riolitică. Pe această diagramă, eșantioanele de vulcanoclastite din zona Răchitova sunt clasificate ca trahi-andezite, trahi-dacite și riolite iar cele două probe de ignimbrite P1 și P2 intră în categoria trahitelor (Fig. 10).

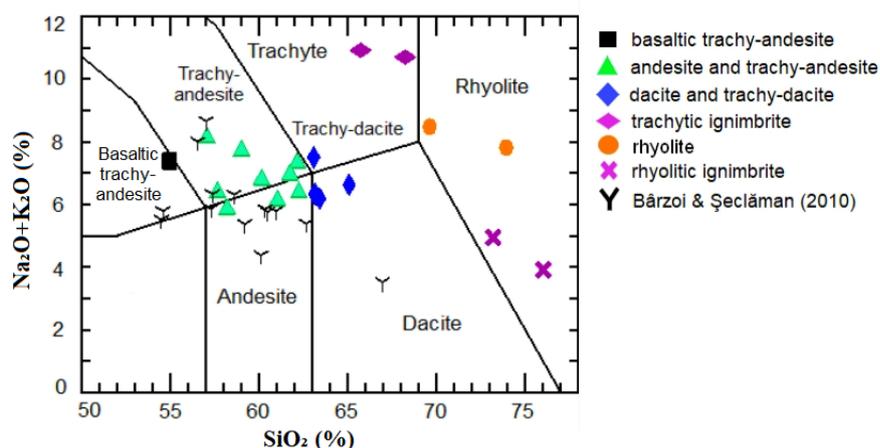


Fig. 10 Diagrama $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ vs. SiO_2 (%) (TAS; Le Maitre, 1989) pentru eşantioanele de roci vulcanoclastice din Bazinul Haţeg, inclusiv eşantioanele din Bârzoii & Şeclăman (2010), reprezentate cu simbolul Y.

Eşantioanele de roci vulcanoclastice din Bazinul Haţeg au un profil chimic ce arată că acestea s-au format din magme evolute, cu un grad de fracţionare între 54 şi 75 % SiO_2 şi un trend al Pământurilor Rare (*Rare Earth Elements-REE*), cu o valoare medie La/Yb de 15.8. Aceste date sugerează că compoziţia primară a magmelor a fost, ulterior, modificată de varii procese de diferenţiere magmatică.

Analiza detaliată a datelor geochemice a arătat că diferenţierea magmatică calco-alkalină s-a produs printr-o combinaţie a proceselor de cristalizare fracţionată şi asimilare crustală (AFC), în diferite proporţii. În cazul produselor riolitice sau cu un conţinut ridicat de SiO_2 , se estimează că volumul de material crustal asimilat trebuie să fi fost relativ mare, pentru a putea explica compoziţia evoluată a acestora.

În urma analizei datelor de geochemie, s-a evidenţiat existenţa a două trend-uri diferite de cristalizare fracţionată, un trend dominat de fracţionarea amfibolilor din magme bogate în volatile aflate în nivelurile crustale medii, ce au format seria de produse eruptive de compoziţie andezitică-dacitică-riolitică din zonele Densuş şi Răchitova (eşantioanele D2-1, D2-2, D2-3, E2-E7, P4A, P4B, P5A, P5B, P6B, P6C) şi un al doilea trend controlat, în principal, de fracţionarea plagioclazului în nivelurile crustale superioare, ce a produs magmele bogate în silice din care s-au format ignimbritele sudate de la Răchitova şi Peşteniţa (eşantioanele P6A, P6D, P1, P2) (Fig. 11).

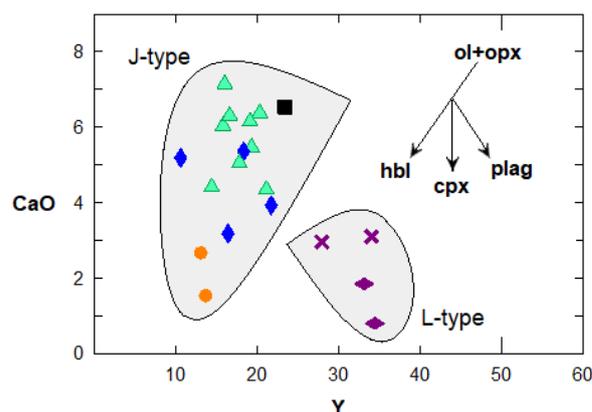


Fig. 11 Diagrama Y (ppm) vs. CaO (%) pentru eșantioanele de roci vulcanoclastice din Bazinul Hațeg, în raport cu trendul de evoluție a magmelor calco-alcaline propus de Lambert & Holland (1974). Abrevieri: *J-type*–trendul hornblenditic, *L-type*–trendul plagioclazic/piroxenitic, ol–olivine, opx–orthopyroxene, hbl–hornblendă, cpx–clinopiroxeni, plag–plagioclaz; Pentru legendă, vezi Fig. 10.

Caracteristicile compoziționale ale produselor eruptive sugerează că magmele fac parte din suita compozițională calco-alcalină și calco-alcalină potasică și au fost produse în urma topirii parțiale a unei surse din mantaua litosferică sub-continentală, a cărei componență a fost modificată de procese relaționate cu un eveniment de subducție anterior. În baza proprietăților compoziționale și a sursei magmelor, se poate argumenta că activitatea vulcanică calco-alcalină de vârstă Campanian a evoluat, mai degrabă, într-un context post-colizional, dominat de un regim de extensie și nu într-un context de subducție activă.

Anumite diferențe în ceea ce privește concentrația de Pământuri Rare și de elemente imobile incompatibile dar și existența a două *trend*-uri de diferențiere magmatică distincte, arată că depozitele vulcanoclastice cretacice din Bazinul Hațeg au fost produse de multiple centre vulcanice, ce s-au format în urma a cel puțin două evenimente magmatice diferite și independente. În timpul evenimentului magmatic mai vechi au fost generate magme bogate în silice, ce au produs ignimbritele de la Răchitova și Peștenița, în timp ce al doilea eveniment magmatic a generat, în special, magme de compoziție intermediară, din care s-au format succesiunile vulcanoclastice de compoziție andezitică-dacitică-riolitică din zonele Densuș și Răchitova. Conform datelor recente de geocronologie obținute pentru material de origine vulcanică din zona Ciula Mică (Albert et al., 2025), este posibil să fi existat un al treilea eveniment magmatic, mai nou.

6. Capitolul VI – Relația genetică dintre produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și magmatismul ABTS de vârstă Cretacic Superior

Lipsa unor centre sau coșuri vulcanice în zona Bazinului Hațeg dar și poziția stratigrafică a depozitelor vulcanoclastice, au evidențiat, mai ales în ultimii ani, faptul că activitatea vulcanică cretacică nu a avut loc în Bazinul Hațeg, așa cum este configurat în prezent.

Cu toate că, până în prezent, nu au existat investigații concrete referitoare la originea activității vulcanice ce a generat produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg, în special, datorită proximității geografice și a vârstei cretacice, acestea sunt asociate cu activitatea magmatică din Cretacicul Superior, ce a format centura Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie (ABTS), localizată în Europa Centrală și de Est (e.g., Popov & Popov, 2000).

Pe baza criteriilor de ordin compozițional, structural și tectonic, centura magmatică ABTS este împărțită în cinci segmente majore diferite: Apuseni, Banat (România; Fig. 12), Timok (Serbia), Panagyurishte și Srednogorie de Est (Bulgaria) și constă, în principal, în corpuri magmatice intruzive și extruzive și depozite vulcanoclastice de compoziție predominant calco-alcalină, calco-alcalină potasică și shoshonitică (Fig. 12; e.g., Boccaletti et al., 1978; Ștefan et al., 1992; Dupont et al., 2002; Kamenov et al., 2003b; Gallhofer et al., 2015; Vander Auwera et al., 2015). Produsele magmatice ce compun centura ABTS sunt cunoscute colectiv, sub denumirea de ‘Banatite’ (Von Cotta, 1864).

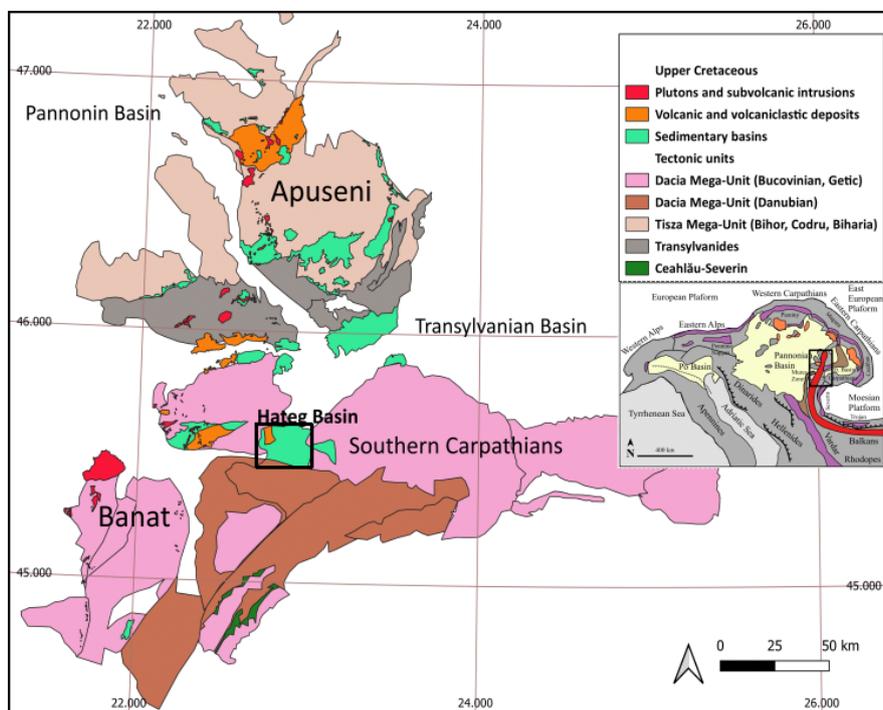


Fig. 12 Harta geologică simplificată a Munților Apuseni și a Carpaților Meridionali, ce arată locația produselor magmatice cretacee din centura ABTS, ce aparțin segmentelor Banat și Apuseni dar și unitățile tectonice majore din această regiune. Locația Bazinului Hațeg este marcată cu un dreptunghi negru (modificată după [Săndulescu, 1984, 1988](#); [Gallhofer et al., 2015](#) și Harta Geologică a României realizată de Institutul Geologic al României, scara 1:200.000).

Pentru a investiga ipoteza unei origini comune a magmelor, în cadrul acestui capitol am realizat o comparație între datele de geochimie de rocă globală și cele geocronologice, obținute pentru depozitele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și datele disponibile pentru produsele magmatice din segmentele Banat și Apuseni ale centurii ABTS (Fig. 12).

Studiile de geocronologie au arătat că activitatea magmatică ABTS a durat aproximativ între 92-67 Ma (e.g., [Stoykov et al., 2004](#); [Chambefort et al., 2007](#); [Kolb, 2011](#); [Gallhofer et al., 2015](#)). În segmentele Apuseni și Banat de pe teritoriul României, magmatismul cretacic ABTS s-a desfășurat în perioada 84-71 Ma, ce corespunde vârstei Campanian (e.g., [Gallhofer et al., 2015](#)). Cele trei vârste U-Pb pe zircon obținute pe probele de vulcanoclastite din Bazinul Hațeg, se plasează cu succes în acest interval de timp.

Rezultatele de geochimie de rocă globală obținute pentru depozitele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg sunt în concordanță cu datele de geochimie pentru eșantioanele de roci magmatice din segmentele Banat și Apuseni ale centurii ABTS, având o compoziție similară atât a oxizilor, cât și a elementelor urmă (e.g., [Dupont et al., 2002](#); [Gallhofer et al., 2015](#); [Vander Auwera et al., 2015](#)). Pe diagrama Pământurilor Rare și diagrama mantalei primitive normalizate la valorile condritelor din [Sun & McDonough \(1989\)](#), eșantioanele de roci din Banat/Apuseni și Bazinul Hațeg se suprapun, formând, în general, trenduri asemănătoare.

Această compatibilitate în ceea ce privește compoziția și evoluția magmelor dar și vârsta și istoria tectonică a produselor magmatice, reprezintă dovezi importante în favoarea ideii unei legături genetice dintre produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și magmatismul ABTS din Cretacul Superior, magmele fiind generate, cel mai probabil, într-un regim de post-coliziune (e.g., [Berza et al., 1998](#)).

7. Concluzii

Depozitele și produsele vulcanoclastice cretacee din Bazinul Hațeg, ce fac obiectul acestei teze de doctorat, sunt reprezentate de succesiuni eruptive și fragmente de ignimbrite sudate de diferite litologii, rezultate din activitate vulcanică subaeriană ciclică, predominant explozivă. Aceste produse vulcanoclastice acoperă o gamă largă de compoziții, de la andezite bazaltice, la trahite și

riolite bogate în silice și fac parte din suita compozițională a magmelor calco-alkaline și calco-alkaline potasice.

Din cauza aflorimentelor reduse și uneori, greu accesibile, o mare parte din aceste produse, vestigii ale unor vulcani compoziți cretacici estinși, a rămas, până în prezent, neexplorată și nestudiată.

Pentru investigarea produselor și depozitelor vulcanoclastice, s-au folosit metode moderne de cercetare precum geochimia de rocă globală, analize radiometrice U-Pb pe zircon, analize petrografice dar și observații litologice detaliate.

Pe baza particularităților litologice și cu ajutorul observațiilor petrografice, s-au determinat tipurile genetice de produse în toate zonele de afloriment din Bazinul Hașeg. În zona satelor Densuș, Ștei și Răchitova, s-au identificat numeroase succesiuni vulcanoclastice, ce reprezintă fragmente de mici dimensiuni din foste edificii vulcanice. Succesiunile constau într-un ansamblu de depozite primare, secundare și epiclastice, tipul genetic fiind stabilit pentru fiecare depozit în parte.

În zonele Ciula Mică, Peștenița și Criva au fost identificate multiple ignimbrite sudate, de compoziție trahitică, sub forma unor fragmente de diferite dimensiuni, ce au fost detașate din depozitele inițiale, cu volum și dimensiuni mult mai mari.

Caracteristicile litologice și petrografice au arătat că succesiunile vulcanoclastice din zonele Densuș, Ștei și Răchitova au fost produse de erupții recurente, freatomagmatice, posibil de tip Freatoplinian, ale unor vulcani de tip compozit, în timp ce ignimbritele de la Ciulă Mică, Peștenița și Criva au fost produse de erupții explozive de magnitudine mare, de tip Plinian, ale unor centre vulcanice compozite sau de tip calderă.

Magmele parentale ce au alimentat centrele vulcanice cretacice provin din topirea parțială a unei surse din mantaua litosferică, ce a fost modificată de un eveniment de subducție anterior.

Compoziția finală a magmelor a fost produsă, în principal, prin cristalizare fracționată, cu aport variabil de roci crustale asimilate, în special, în cazul produselor riolitice. Tiparele formate de elemente urmă în probele de roci analizate, evidențiază existența a două trenduri de diferențiere magmatică, un trend dominat de cristalizarea fracționată a amfibolului în nivelurile crustale intermediare și un al doilea trend, controlat, în principal, de cristalizarea feldspatului plagioclaz, în nivelurile crustale superioare.

Existența celor două trend-uri de diferențiere magmatică separate dar și identificarea anumitor diferențe de compoziție, sugerează că magmele au fost generate în timpul a cel puțin două episoade magmatice separate și independente.

Originea topiturilor magmatice în mantaua litosferică și formarea magmelor calco-alkaline potasice sunt compatibile cu un cadru geodinamic de post-coliziune.

Analizele radiometrice U-Pb pe zircon pe trei eşantioane de roci vulcanice andezitice și dacitice colectate din succesiunile vulcanoclastice din localitatea Densuș, au indicat vârste de circa 80-82 Ma, ce corespund perioadei Campanian Inferior. Pentru ignimbritele sudate de la Ciula Mică, Peștenița și Criva nu există, încă, date de geocronologie, însă studiile geochemice și petrologice sugerează că acestea au vârste asemănătoare.

Anterior datării U-Pb pe zircon, succesiunilor vulcanoclastice din zonele Densuș și Răchitova li s-au atribuit vârsta Maastrichtian iar în aceste zone vulcanoclastitele sunt considerate de anumiți autori Membrul Inferior al Formațiunii de Densuș-Ciula. Formațiunea de Densuș-Ciula este, de asemenea, în cea mai mare parte de vârstă Maastrichtian. Rezultatele de geocronologie arată, însă, că activitatea vulcanică subaeriană și inițierea sedimentării Formațiunii de Densuș-Ciula trebuie să fi fost despărțite de o perioadă semnificativă de timp. Acest aspect implică faptul că între cele două tipuri de depozite nu există o relație spatio-temporală definită. Această idee este susținută și de prezența fragmentelor de ignimbrite în conglomeratele aluvionare din zonele Ciula Mică și Peștenița, deoarece natura depozitului gazdă indică vârste mai vechi ale ignimbritelor, în raport cu perioada formării conglomeratelor. Având în vedere aceste considerații, este utilă o revizuire a relației stratigrafice dintre produsele vulcanoclastice de vârstă Campanian Inferior și Formațiunea de Densuș-Ciula, în cea mai mare parte de vârstă Maastrichtian.

Atât rezultatele de geochemie de rocă globală, cât și cele de geocronologie obținute pentru produsele vulcanoclastice din Bazinul Hațeg, sunt consistente cu datele de geochemie și cele de vârste obținute pentru probe de roci din segmentele Apuseni și Banat și nu numai, ale centurii magmatice cretacice ABTS, reprezentând dovezi solide în favoarea unei origini comune a magmelor. Sub aspectul contextului geodinamic, acestea s-ar conforma modelului propus de [Berza et al. \(1998\)](#), potrivit căruia activitatea magmatică din centura ABTS s-a produs într-un regim de post-coliziune.

Rezultatele cercetărilor prezentate și discutate în această teză de doctorat reprezintă noutăți în studiul produselor vulcanoclastice din Bazinul Hațeg și constituie un avans important în înțelegerea activității vulcanice de vârstă Cretacic Superior, prin prisma compoziției, a originii și evoluției magmelor ce au alimentat sursele vulcanice dar și a stilului eruptiv și a dinamicii erupțiilor. Totodată, aceste rezultate contribuie la progresul cunoașterii relației dintre succesiunile și produsele vulcanoclastice și celelalte formațiuni litostratigrafice cretacice din Bazinul Hațeg, cu care sunt asociate.

Bibliografie:

- Alatorre-Ibargüengoitia, M.A., Scheu, B., Dingwell, D.B., Delgado-Granados, H., Taddeucci, J., (2010), Energy consumption by magmatic fragmentation and pyroclast ejection during Vulcanian eruptions, *Earth and Planetary Science Letters*, 291, 60-69.
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.12.051>
- Albert, G., Budai, S., Csiki-Sava, Z., Makádi, L., Țabără, D., Árvai, V., Bălc, R., Bindiu-Haitonic, R., Ducea, N.M., Botfalvai, G., (2025), Age and palaeoenvironmental constraints on the earliest dinosaur-bearing strata of the Densuș-Ciula Formation (Hațeg Basin, Romania): Evidence of their late Campanian-early Maastrichtian syntectonic deposition, *Cretaceous Research*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2025.106095>
- Alonso-Perez, R., Müntener, O., Ulmer, P., (2008), Igneous garnet and amphibole fractionation in the roots of island arcs: experimental constraints on andesitic liquids, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 157, 541-558. <https://doi.org/10.1007/s00410-008-0351-8>
- Anastasiu, N., (1991), Pyroclastic flow deposits in the Densuș-Ciula Formation (Hațeg Basin-România). In: Mârza, I., (ed.) *The volcanic tuffs from the Transylvanian Basin*, Editura Universității "Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca, 127-135.
- Anastasiu, N., & Csobuka, D., (1989), Non-marine Uppermost Cretaceous deposits in the Ștei-Densuș region (Hațeg Basin): a sketch for a facial model, *Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie (Géologie)*, 33, 43-53.
- Anderson, J.L., & Smith, D.R., (1995), The Effects of Temperature and fO₂ on the Al-in Hornblende Barometer, *American Mineralogist*, 80, 549-559. <https://doi.org/10.2138/am-1995-5-614>
- Annen, C., Blundy, J.D., Sparks, R.S.J., (2006), The genesis of intermediate and silicic magmas in deep crustal hot zones, *Journal of Petrology*, 47(3), 505-539.
<https://doi.org/10.1093/petrology/egi084>
- Bachmann, O., & Bergantz, G.W., (2008), Rhyolites and their Source Mushes across Tectonic Settings, *Journal of Petrology*, 49(12), 2277-2285. <https://doi.org/10.1093/petrology/egn068>
- Bachmann, O., Dungan, M., Lipman, P., (2002), The Fish Canyon Magma Body, San Juan Volcanic Field, Colorado: Rejuvenation and Eruption of an Upper-Crustal Batholith, *Journal of Petrology*, 43(8), 1469-1503. <https://doi.org/10.1093/petrology/43.8.1469>
- Báez, W., de Silva, S., Chiodi, A., Bustos, E., Giordano, G., Arnosio, M., Suzaño, N., Viramonte, J.G., Norini, G., Groppelli, G., (2020), Pulsating flow dynamics of sustained, forced pyroclastic density currents: insights from a facies analysis of the Campo del la Piedra Pómez ignimbrite, southern Puna, Argentina, *Bulletin of Volcanology*, 82, 53.
<https://doi.org/10.1007/s00445-020-01385-5>

- Barbey, P., Allé, P., Brouand, M., Albarède, F., (1995), Rare-earth patterns in zircons from the Manaslu granite and Tibetan Slab migmatites (Himalaya): insights in the origin and evolution of a crustally-derived granite magma, *Chemical Geology*, 125 (1–2), 1-17. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(95\)00068-W](https://doi.org/10.1016/0009-2541(95)00068-W)
- Bârzoi, S.C., & Şeclăman, M., (2010), Petrographic and geochemical interpretation of the Late Cretaceous volcanoclastic deposits from the Haţeg Basin, *Paleogeography Paleoclimatology Paleoecology*, 293, 306-318. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.08.028>
- Berza, T., Balintoni, I., Iancu, V., Seghedi, A., Hann, H.P., (1994), South Carpathians, ALCAPA II field guidebook, *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology*, 75, 37-49.
- Berza, T., Constantinescu, E., Vlad, S.N., (1998), Upper Cretaceous magmatic series and associated mineralization in the Carpathian-Balkan orogen, *Resource Geology*, 48, 291-306.
- Boccaletti, M., Manetti, P., Peccerillo, A., (1974), The Balkanids as an instance of back-arc thrust belt: possible relation with the Hellenids, *Geological Society of America Bulletin*, 85, 1077-1084. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1974\)85<1077:TBAAIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1974)85<1077:TBAAIO>2.0.CO;2)
- Boccaletti, M., Manetti, P., Peccerillo, A., Stanisheva-Vassileva, G., (1978), Late Cretaceous high-potassium volcanism in eastern Srednogorie, Bulgaria, *Geological Society of America Bulletin*, 89, 439-447. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1978\)89<439:LCHVIE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1978)89<439:LCHVIE>2.0.CO;2)
- Bojar, A-V., Neubauer, F., Fritz, H., (1998), Cretaceous to Cenozoic thermal evolution of the southwestern South Carpathians: evidence from fission-track thermochronology, *Tectonophysics*, 297(1), 229-249. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00170-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00170-X)
- Bojar, A-V., Grigorescu, D., Ottner, F., Csiki-Sava, Z., (2005), Paleoenvironmental interpretation of dinosaur- and mammal-bearing continental Maastrichtian deposits, Haţeg Basin, Romania, *Geological Quarterly*, 49(2), 205-222.
- Bojar, A-V., Halas, S., Bojar, H.P., Grigorescu, D., Vasile, Ş., (2011), Upper Cretaceous volcanoclastic deposits from the Haţeg Basin, South Carpathians (Romania): K-Ar ages and intrabasinal correlation, *Geochronometria*, 38(2), 182-188. <https://doi.org/10.2478/s13386-011-0023-8>
- Bojar, A-V., Dodd, J., Seghedi, I., (2013), Isotope geochemistry (O, H and Sr) of Late Cretaceous volcanic rocks, Haţeg Basin, South Carpathians, Romania, *Geological Society London Special Publications*, 382, 105-122. <https://doi.org/10.1144/SP382.10>
- Botfalvai, G., Csiki-Sava, Z., Grigorescu, D., Vasile, Ş., (2017), Taphonomical and palaeoecological investigation of the Late Cretaceous (Maastrichtian) Tuştea vertebrate assemblage (Romania; Haţeg Basin) - insights into a unique dinosaur nesting locality, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 468, 228-262. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.12.003>
- Botfalvai, G., Csiki-Sava, Z., Kocsis, L., Albert, G., Magyar, J., Bodor, E., Ţabară, D., Ulyanov, A., Makádi, L., (2021), ‘X’ marks the spot! Sedimentological, geochemical and palaeontological investigations of Upper Cretaceous (Maastrichtian) vertebrate fossil localities from the Vălioara valley (Densuş-Ciula Formation, Haţeg Basin, Romania), *Cretaceous Research*, 123(1), 104781. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104781>

- Bourdon, E., Eissen, J.P., Monzier, M., Robin, C., Martin, H., Cotten, J., Hall, M.L., (2002), Adakite-like lavas from Antisana volcano (Ecuador): Evidence for slab melt metasomatism beneath the Andean Northern Volcanic Zone, *Journal of Petrology*, 43, 199-217. <https://doi.org/10.1093/petrology/43.2.199>
- Bradshaw, T.K., & Smith, E.I., (1994), Polygenetic Quaternary volcanism at Crater Flat, Nevada, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 63, 165-182. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(94\)90072-8](https://doi.org/10.1016/0377-0273(94)90072-8)
- Brand, B.D., Mackaman-Lofland, C., Pollock, N.M., Bendaña, S., Dawson, B., Wichgers, P., (2014), Dynamics of pyroclastic density currents: conditions that promote substrate erosion and self-channelization – Mount St. Helens, Washington (USA), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 276, 189-214. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.01.007>
- Brand, B.D., Bendaña, S., Self, S., Pollock, N., (2016), Topographic controls on pyroclastic density current dynamics: insight from 18 May 1980 deposits at Mount St. Helens, Washington USA), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 321. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.04.018>
- Branney, M.J., & Kokelaar, P., (2002), Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites, *Geological Society London Memoires*, 27. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2003.027.01.10>
- Brown, R.J., & Andrews, G.D.M., (2015), Deposits of pyroclastic density currents. In: Sigurdsson, H., Houghton, B., Rymer, H., Stix, J., McNutt, S., (eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, 631-648.
- Burchfiel, B.C., (1980), Eastern European Alpine system and the Carpathian orocline as an example of collision tectonics, *Tectonophysics*, 63, 31-61. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(80\)90106-7](https://doi.org/10.1016/0040-1951(80)90106-7).
- Bursik, M.I., Sparks, R.S.J., Gilbert, J.S., Carey, S.N., (1992), Sedimentation of tephra by volcanic plumes: I. Theory and its comparison with a study of the Fogo A Plinian deposit, Sao Miguel (Azores), *Bulletin of Volcanology*, 54, 329-344. <https://doi.org/10.1007/BF00301486>
- Calder, E, Cole, P., Dade, W., Druitt., T, Hoblitt, R., Huppert, H.E., Ritchie, L., Sparks, R., Young, S., (1999), Mobility of pyroclastic flows and surges at the Soufriere Hills Volcano, Montserrat, *Geophysical Research Letters*, 26, 537-540. <https://doi.org/10.1029/1999GL900051>
- Cameron, B.I., Walker, J.A., Carr, M.J., Patino, L.C., Matias, O., Feigenson, M.D., (2003), Flux versus decompression melting at stratovolcanoes in southeastern Guatemala, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 119, 21-50. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(02\)00304-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(02)00304-9)
- Capra, L., Macías, J.L., Scott, K.M., Abrams, M., Garduño-Monroy, V.H., (2002), Debris avalanches and debris flows transformed from collapses in the TransMexican Volcanic Belt, Mexico - behavior, and implications for hazard assessment, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 113, 81-110. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(01\)00252-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(01)00252-9)

- Carey, S., & Bursik, M., (2000), Volcanic Plumes. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 527-543.
- Carey, S., & Sigurdsson, H., (1982), Influence of particle aggradation on deposition of distal tephra from the May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens volcano, *Journal of Geophysical Research*, 87, 7061-7072. <https://doi.org/10.1029/JB087iB08p07061>
- Carey, S., & Sparks, R.S., (1986), Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns, *Bulletin of Volcanology*, 48, 109-125. <https://doi.org/10.1007/BF01046546>
- Carroll, M.R., & Holloway, J.R., (1994), Volatiles in magmas, *Reviews in Mineralogy*, 30, 517 pp. <https://doi.org/10.1515/9781501509674>
- Cas, R.A.F., & Wright, J.V., (1987), *Volcanic Successions: Modern and Ancient*, Allen and Unwin, London, 528 pp. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-3167-1>
- Castillo, P.R., Janney, P.E., Solidum, R.U., (1999), Petrology and geochemistry of Camiguin Island, southern Philippines: insights to the source of adakites and other lavas in a complex arc setting, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 134, 33-51. <https://doi.org/10.1007/S004100050467>
- Chambefort, I., & Moritz, R., (2006), Late Cretaceous structural control and Alpine overprint of the high-sulfidation Cu-Au epithermal Chelopech deposit, Srednogie Belt, Bulgaria, *Mineralium Deposita*, 41, 259-280. <https://doi.org/10.1007/s00126-006-0056-8>
- Chambefort, I., Moritz, R., von Quadt, A., (2007), Petrology, geochemistry and U-Pb geochronology of magmatic rocks from the high-sulfidation epithermal Au-Cu Chelopech deposit, Srednogie zone, Bulgaria, *Mineralium Deposita*, 42(7), 665-690, <https://doi.org/doi:10.1007/s00126-007-0126-6>
- Ciobanu, C., Cook, N., Stein, H., (2002), Regional setting and geochronology of the Late Cretaceous Banatitic Magmatic and Metallogenic Belt, *Mineralium Deposita*, 37(6), 541-567. <https://doi.org/10.1007/s00126-002-0272-9>
- Cioni, R., Sbrana, A., Vecchi, R., (1992), Morphological features of juvenile pyroclasts from magmatic and phreatomagmatic deposits of Vesuvius, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 51, 61-78. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(92\)90060-Q](https://doi.org/10.1016/0377-0273(92)90060-Q)
- Cioni, R., Marianelli, P., Santacroce, R., Sbrana, A., (2000), Plinian and Subplinian eruptions. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 477-494.
- Codarcea, A., Dimitrescu, R., Gherasi, N., Mureşan, M., Mureşan, G., Krätner, H., Krätner, F., Lupu, M., Marinescu, F., Savu, H., Drăgulescu Arghir, A., (1967), *Geological Map of Romania: Deva Sheet, scale 1:200.000*, Geological Institute of Romania Press, Bucharest.
- Colgate, S., & Sigurgeirsson, T., (1973), Dynamic Mixing of Water and Lava, *Nature*, 244, 552-555. <https://doi.org/10.1038/244552a0>

- Coney, P.J., (1978), Mesozoic–Cenozoic Cordilleran plate tectonics. In: Smith, R.B., & Eaton, G.P., (eds.), *Cenozoic Tectonics and Regional Geophysics of the Western Cordillera*, Geological Society of America Memoir, 152, 33-50. <https://doi.org/10.1130/MEM152>
- Cronin, S.J., (2013), Stratovolcanoes. In: Bobrowsky, P., (ed.) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Springer, USA, 941-947. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_253
- Csiki-Sava, Z., Vremir, M., Vasile, Ş., Brusatte, S.L., Dyke, G., Naish, D., Norell, M.A., Totoianu, R., (2016), The East Side Story -The Transylvanian latest Cretaceous continental vertebrate record and its implications for understanding Cretaceous-Paleogene boundary events, *Cretaceous Research*, 57, 663-698. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2015.09.003>
- Csontos, L., & Vörös, A., (2004), Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 210(1), 1-56. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.033>
- Dabovski, C., Harkovska, A., Kamenov, B., Mavrudchiev, B., Stanisheva-Vassileva, G., Yanev, Y., (1991), A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria, *Geologica Balcanica*, 21, 3-15. <https://doi.org/10.52321/GeolBalc.21.4.3>
- Dallmeyer, R.D., Neubauer, F., Handler, R., Fritz, H., Muller, W., Pana, D., Putis, M., (1996), Tectonothermal evolution of the internal Alps and Carpathians: Evidence from Ar-40/Ar-39 mineral and whole-rock data, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 89(1), 203-227.
- Davidson, J.P., (1987), Crustal contamination vs. subduction zone enrichment: Examples from the Lesser Antilles and implications for mantle source compositions of island arc volcanic rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51, 2185-2198. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(87\)90268-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(87)90268-7)
- Davidson, J., & De Silva, S., (2000), Composite Volcanoes. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 663-681.
- Davidson, J., Turner, S., Handley, H., Macpherson, C., Dosseto, A., (2007), Amphibole “sponge” in arc crust?, *Geology* 35 (9), 787-790. <https://doi.org/10.1130/G23637A.1>
- Davidson, J., Turner, S., Plank, T., (2013), Dy/Dy*: Variations Arising from Mantle Sources and Petrogenetic Processes, *Journal of Petrology*, 54, 525-537. <https://doi.org/10.1093/petrology/egs076>
- Deering, C.D., & Bachmann, O., (2010), Trace element indicators of crystal accumulation in silicic igneous rocks, *Earth and Planetary Science Letters*, 297(1-2), 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.06.034>.
- Defant, M.J., & Drummond, M.S., (1993), Mount St.Helens- Potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc, *Geology*, 21(6), 547-550. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1993\)021<0547:mshpeo>2.3.co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1993)021<0547:mshpeo>2.3.co;2)
- Defant, M.J., & Kepezhinskas, P., (2001), Adakites: A review of slab melting over the past decade and the case for a slab-melt component in arcs, *EOS Transactions American Geophysical Union*, 82, 68-69.

- De Paolo, D.J., (1981), Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization, *Earth and Planetary Science Letters*, 53, 189-202.
[https://doi.org/10.1016/0012-821X\(81\)90153-9](https://doi.org/10.1016/0012-821X(81)90153-9)
- Dellino, P., Gudmundsson, M.T., Larsen, G., Mele, D., Stevenson, J.A., Thordarson, T., Zimanowski, B., (2012), Ash from the Eyjafjallajökull eruption (Iceland): Fragmentation processes and aerodynamic behavior, *Journal of Geophysical Research*, 117.
<https://doi.org/10.1029/2011JB008726>
- Dessila-Codarcea, M., Savu, H., Pavelescu, M., Stancu, I., Lupu, D., (1968), Geological Map of Romania: Orăștie Sheet, scale 1:200.000, Geological Institute of Romania Press, Bucharest.
- Dewey, J., Pitman, W., Bonnin, J., (1973), Plate tectonics and evolution of the Alpine system, *Geological Society of America Bulletin*, 85, 1429-1440. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1973\)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1973)84<3137:PTATEO>2.0.CO;2)
- Di Capua, A., De Rosa, R., Kereszturi, G., Rosi, M., Watt, S.F.L., (2022), Volcaniclastic deposits and sequences: a unified terminology for application in modern and ancient environments, *Geological Society Special Publications*, 520. <https://doi.org/10.1144/SP520-2021-201>
- Douillet, G.A., Taisne, B., Tsang-Hin-Sun, È., Müller, S.K., Kueppers, U., Dingwell, D.B., (2015), Syneruptive, soft-sediment deformation of deposits from dilute pyroclastic density current: triggers from granular shear, dynamic pore pressure, ballistic impacts and shock waves, *Solid Earth*, 6, 553-572. <https://doi.org/10.5194/se-6-553-2015>
- Druitt, T.H., (1998), Pyroclastic density currents, *Geological Society Special Publications*, 145, 145-182. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.145.01.08>
- Druitt, T.H., & Sparks, R.S.J., (1982), A proximal ignimbrite breccia facies on Santorini, Greece. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 13, 147-171. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(82\)90025-7](https://doi.org/10.1016/0377-0273(82)90025-7)
- Dupont, A., Vander Auwera, J., Pin, C., Marincea, S., Berza, T., (2002), Trace element and isotope (Sr, Nd) geochemistry of porphyry and skarn-mineralising Late Cretaceous intrusions from Banat, western South Carpathians, Romania, *Mineralium Deposita*, 37(6-7), 568-586.
<https://doi.org/10.1007/s00126-002-0274-7>
- Elliott, T., (2003), Tracers of the slab, *Geophysical Monograph Series*, 138, 23-45.
<https://doi.org/10.1029/138GM03>
- Ellis, B., & Branney, J., (2010), Silicic phreatomagmatism in the Snake River Plain: the Deadeye Member, *Bulletin of Volcanology*, 72, 1241-1257. <https://doi.org/10.1007/s00445-010-0400-9>
- Faupl, P., & Wagerich, M., (1992), Cretaceous flysch and pelagic sequences of the Eastern Alps: correlations, heavy minerals, paleogeographic implications, *Cretaceous Research*, 13, 387-403. [https://doi.org/10.1016/0195-6671\(92\)90006-C](https://doi.org/10.1016/0195-6671(92)90006-C)
- Fisher, R.V., (1979), Models for pyroclastic surges and pyroclastic flows, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 6, 305-318. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(79\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0377-0273(79)90008-8)

- Fischer, T.P., & Marty, B., (2005), Volatile abundances in the sub-arc mantle: Insights from volcanic and hydrothermal gas discharges: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 140, 205-216. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.07.022>
- Fisher, R.V. & Schmincke, H.U., (1984), *Pyroclastic Rocks*, Springer-Verlag, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-642-74864-6_14
- Fisher, R.V., Glicken, H.X., Hoblitt, R.P., (1987), May 18, 1980, Mount St. Helens deposits in South Coldwater Creek, Washington, *Journal of Geophysical Research*, 92, 10267-10283. <https://doi.org/10.1029/JB092iB10p10267>
- Folch, A., Costa, A., Durant, A., Macedonio, G., (2010), A model for wet aggregation of ash particles in volcanic plumes and clouds: 2. Model application, *Journal of Geophysical Research*, 115. <https://doi.org/10.1029/2009JB007176>
- Fowler, S.J., & Spera, F.J., (2010), A Metamodel for Crustal Magmatism: Phase Equilibria of Giant Ignimbrites, *Journal of Petrology*, 51, 1783-1830. <https://doi.org/10.1093/petrology/egq039>
- Freundt, A., & Rosi, M., (1998), From Magma to Tephra: Modelling Physical Processes of Explosive Volcanic Eruptions, *Developments in Volcanology*, 4, 318, Elsevier, Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(99\)00137-7](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(99)00137-7)
- Freundt, A., Wilson, C.J.N., Carey, S.N., (2000), Ignimbrites and Block-And-Ash Flow Deposits. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 581-599.
- Funkhouser, J.G., Barnes, I.L., Naughton, J.J., (1966), Problems in the dating of volcanic rocks by the potassium-argon method, *Bulletin of Volcanology*, 29, 709-717. <https://doi.org/10.1007/BF02597188>
- Gallhofer, D., (2015), Magmatic geochemistry and geochronology in relation to the geodynamic and metallogenic evolution of the Banat Region and the Apuseni Mountains of Romania, PhD Thesis, ETH-Zürich, 173 pp. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-010579453>
- Gallhofer, D., von Quadt, A., Peytcheva, I., Schmid, S.M., Heinrich, C.A., (2015), Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Late Cretaceous arc in the Carpathian-Balkan orogen, *Tectonics*, 34, 1813-1836. <https://doi.org/10.1002/2015TC003834>
- Gans, P.B., Mahood, G.A., Schermer, E., (1989), Syn-extensional magmatism in the Basin and Range Province; A case study from the eastern Great Basin, *Geological Society of America Special Papers*, 233, 53. <https://doi.org/10.1130/SPE233-p1>
- Gehrels, G., (2014), Detrital Zircon U-Pb Geochronology Applied to Tectonics, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42, 127-149. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-050212-124012>
- Gehrels, G.E., & Pecha, M., (2014), Detrital zircon U-Pb geochronology and Hf isotope geochemistry of Paleozoic and Triassic passive margin strata of western North America, *Geosphere* 10, 49-65. <https://doi.org/10.1130/GES00889.1>
- Gehrels, G.E., Valencia, A.V., Ruiz, J., (2008), Enhanced precision, accuracy, efficiency, and spatial resolution of U-Pb ages by laser ablation–multicollector–inductively coupled plasma–mass

spectrometry, *Geochemistry Geophysics Geosystems* 9(3).
<https://doi.org/10.1029/2007GC001805>

- Georgiev, S., Marchev, P., Heinrich, C.A., Von Quadt, A., Peytcheva, I., Manetti, P., (2009), Origin of nepheline-normative high-K ankaramites and the evolution of Eastern Srednogie arc in SE Europe, *Journal of Petrology*, 50(10), 1899-1933.
<https://doi.org/10.1093/petrology/egp056>
- Gifkins, C.C., Allen, R.L., McPhie, J., (2005), Apparent welding textures in altered pumice-rich rocks, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 142 (1-2), 29-47,
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.10.012>
- Gilbert, J.S., & Sparks, R.S.J., (1998), *The physics of explosive volcanic eruptions*, Geological Society Special Publications, 145, 186 pp.
<https://doi.org/10.1093/etroj/40.9.1463>
- Gill, J.B., (1981), *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*, Springer-Verlag, Berlin, 390 pp.
- Gillies, J.K., Kennedy, B.M., Gravley, D.M., Leonard, G.S., Cowlyn, J., (2020), Identifying pyroclastic density currents from partial outcrop exposure on Mt. Ruapehu, New Zealand, *Frontiers in Earth Science*, 8, 542932. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.542932>
- Gonnermann, H., (2014), Magma Fragmentation, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 43(1), 150403165650008. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060614-105206>
- Grigorescu, D., (1992), Nonmarine Cretaceous formations of Romania. In: Matter, N.J., & Chen, P.J., (eds.), *Aspects of Nonmarine Cretaceous Geology*, Special vol., IGCP Project 245, China Ocean Press, Beijing, 142-164.
- Grigorescu, D., (2010), The Latest Cretaceous fauna with dinosaurs and mammals from the Hațeg Basin - A historical overview, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 293, 271-282.
- Grigorescu, D., (2020), From scientific research to geoconservation and geopark, *Geoconservation Research*, 3, 8-31. <https://doi.org/10.30486/gcr.2020.1904340.1026>
- Grigorescu, D., & Anastasiu, N., (1990), Densuș-Ciula and Sînpetru formations (Late Maastrichtian - ?Early Paleogene), In *IGCP245: Nonmarine Cretaceous Correlation, IGCP262: Tethyan Cretaceous*, International Symposium, Guide to Excursions A + B, 42-54.
- Grigorescu, D., & Melinte, M.C., (2001), The stratigraphy of the Upper Cretaceous marine sediments from the NW Hațeg area (South Carpathians, Romania), *Acta Palaeontologica Romaniaae*, 3, 153-160.
- Grigorescu, D., Avram, E., Pop, G., Lupu, M., Anastasiu, N., Rădan, S., (1990), Guide to excursion, *International Symposium IGCP Projects 245: Nonmarine Cretaceous Correlation, 282:Tethyan Cretaceous Correlation*, Bucharest, 109 pp.
- Grigorescu, D., Garcia, G., Csiki, Z., Codrea, V., Bojar, A-V., (2010), Uppermost Cretaceous megaloolithid eggs from the Hațeg Basin, Romania, associated with hatchlings: Search for explanation, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 293, 360-374.
<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.03.031>

- Grove, T., Chatterjee, N., Parman, S., Médard, E., (2006), The influence of H₂O on mantle melting, *Earth and Planetary Science Letters*, 249, 74-89. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.06.043>
- Grove, T., Till, C., Krawczynski, M., (2012), The Role of H₂O in subduction zone magmatism, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 40, 413-439. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105310>
- Gualda, G.A.R., & Ghiorso, M.S., (2013), Low-Pressure Origin of High-Silica Rhyolites and Granites, *The Journal of Geology*, 121(5), 537-545. <https://doi.org/10.1086/67139>
- Hackett, W., & Houghton, B.F., (1989), A facies model for a Quaternary andesitic composite volcano: Ruapehu, New Zealand, *Bulletin of Volcanology*, 51, 51-68. <https://doi.org/10.1007/BF01086761>
- Halder, M., Paul, D., Sensarma, S., (2021), Rhyolites in continental mafic Large Igneous Provinces: Petrology, geochemistry and petrogenesis, *Geoscience Frontiers*, 12(1), 53-80. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.06.011>
- Handy, M.R., Schmid, S.M., Bousquet, R., Kissling, E., Bernoulli, D., (2010), Reconciling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps, *Earth Science Reviews*, 102(3-4), 121-158. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.06.002>.
- Harrison, T.M., Watson, E.B., Aikman, A.B., (2007), Temperature spectra of zircon crystallization in plutonic rocks, *Geology*, 35, 635-638. <https://doi.org/10.1130/G23505A.1>
- Haschke, M., & Ben-Avraham, Z., (2005), Adakites from collision-modified lithosphere, *Geophysical Research Letters*, 32(15), 14-32. <https://doi.org/10.1029/2005GL023468>
- Hawkesworth, C.J., Gallagher, K., Hergt, J.M., McDermott, F., (1993), Mantle and slab contributions in arc magmas, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 21, 175-204. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.21.050193.001135>
- Hawkesworth, C., Turner, S., Gallagher, K., Hunter, A., Bradshaw, T., Rogers, N., (1995), Calc-alkaline magmatism, lithospheric thinning and extension in the Basin and Range, *Journal of Geophysical Research*, 100, 10271-10286. <https://doi.org/10.1029/94JB02508>
- Heiken, G.H., (1972), Morphology and petrology of volcanic ashes, *Geological Society of America Bulletin*, 183, 1961-1988. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[1961:MAPOVA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[1961:MAPOVA]2.0.CO;2)
- Heiken, G., & Wohletz, K.H., (1985), *Volcanic Ash*, University of California Press, Berkeley, 245 pp. <https://doi.org/10.1017/S0016756800033719>
- Hildreth, W., & Fierstein, J., (2012), The Novarupta-Katmai eruption of 1912 - Largest eruption of the twentieth century: centennial perspectives, *Geological Survey Professional Papers*, 179-259.
- Hildreth, W., & Moorbath, S., (1988), Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of central Chile, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 98(4), 455-489. <https://doi.org/10.1007/BF00372365>

- Hoblitt, R.P., (2000), Was the 18 May 1980 lateral blast at Mt St Helens the product of two explosions? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A358, 1639-1661. <https://doi.org/10.1098/rsta.2000.0608>
- Hofmann, A., (1997), Mantle geochemistry: The message from oceanic volcanism, *Nature*, 385, 219-229. <https://doi.org/10.1038/385219a0>
- Hofmann, A., Jochum, K., Seufert, M., White, W., (1986), Nb and Pb in oceanic basalts: new constraints on mantle evolution, *Earth and Planetary Science Letters*, 90, 297-314. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(86\)90038-5](https://doi.org/10.1016/0012-821X(86)90038-5)
- Hora, J., Singer, B., Wörner, G., Beard, B., Jicha, B., Johnson, C., (2009), Shallow and deep crustal control on differentiation of calc-alkaline and tholeiitic magma, *Earth and Planetary Science Letters*, 285, 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2009.05.042>
- Houghton, B.F., & Nairn, I.A., (1991), The 1976–1982 Strombolian and phreatomagmatic eruptions of White Island, New Zealand: Eruptive and depositional mechanisms at a ‘wet’ volcano, *Bulletin of Volcanology*, 54, 25-49. <https://doi.org/10.1007/BF0027820>
- Houghton, B.F., & Wilson, C.J.N., (1989), A vesicularity index for pyroclastic deposits, *Bulletin of Volcanology*, 58, 491-495. <https://doi.org/10.1007/BF01078811>
- Houghton, B.F., Wilson, C.J.N., Pyle, D.M., (2000a), Pyroclastic fall deposits. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 555-571.
- Houghton, B.F., Wilson, C.J.N., Smith, R.T., Gilbert, J.S., (2000b), Phreatoplinian Eruptions. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 513-525.
- Iancu, V., Berza, T., Seghedi, A., Gheuca, I., Hann, H.P., (2005a), Alpine polyphase tectono-metamorphic evolution of the South Carpathians: a new overview, *Tectonophysics*, 410(1), 337-365. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.12.038>
- Iancu, V., Berza, T., Seghedi, A., Mărunțiu, M., (2005b), Palaeozoic rock assemblages incorporated in the South Carpathian Alpine thrust belt (Romania and Serbia): a review, *Geologica Belgica*, 8, 48-68.
- Ilinca, G., Berza, T., Iancu, V., Seghedi, A., (2011), The Late Cretaceous Magmatic and Metallogenic Belt and the Alpine structures of the western South Carpathians, 3rd International Symposium on the geology of the Black Sea Region, Geocomar, Bucharest, 1-10 October 2011, Field Trip Guidebook, 117 pp.
- Inman, D.L., (1952), Measures for Describing the Size Distribution of Sediments., *Journal of Sedimentary Research*, 22, 125-145. <https://doi.org/10.1306/D42694DB-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Iwamori, H., (1998), Transportation of H₂O and melting in subduction zones, *Earth and Planetary Science Letters*, 160, 65-80. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(98\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(98)00080-6)
- Janković, S., (1977a), The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt, *Mineralium Deposita*, 32, 426-433.

- Janković, S., (1977b), Major alpine ore deposits and metallogenic units in the northeastern Mediterranean and concepts of plate tectonics. In: Janković, S., (ed.), *Metallogeny and Plate Tectonics in the Northeastern Mediterranean*, Faculty of Mining Geology, Belgrade University, 105-171.
- Johnson, M.C., & Rutherford, M.J., (1989), Experimental Calibration of the Aluminium in Hornblende Geobarometer with Application to Long Valley Caldera (California) Volcanic Rocks, *Geology*, 17, 837-841. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<0837:ECOTAI>2.3.CO;2)
- Kamber, B.S., Ewart, A., Collerson, K.D., Bruce, M.C., McDonald, G.D., (2002), Fluid-mobile trace element constraints on the role of slab melting and implications for Archaean crustal growth models, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 144, 38-56. <https://doi.org/10.1007/s00410-002-0374-5>
- Kamenov, B., Nedialkov, R., Yanev, Y., Stoykov, S., (2003a), Petrology of the Late Cretaceous ore-magmatic-centres in the Central Srednogorie, Bulgaria. In: Bogdanov, K., & Strashimirov, S., (eds.), *Cretaceous Porphyry-Epithermal Systems of the Srednogorie Zone, Bulgaria*, Society of Economic Geologists Guidebook Series, 36, 27-46.
- Kamenov, B.K., von Quadt, A., Peytcheva, I., (2003b), Capitan-Dimitriev pluton in central Srednogorie, Bulgaria: Mineral chemistry, geochemistry and isotope evidence for magma-mixing origin, *Geochemistry Mineralogy Petrology*, 40, 21-53.
- Kandlbauer, J., & Sparks, R.S.J., (2014), New estimates of the 1815 Tambora eruption volume, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 286, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.020>
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V.A., Munizaga, F., (1991), Magma source variations for mid-late Tertiary magmatic rocks associated with a shallowing subduction zone and thickening crust in the central Andes (28-33°S). In: Harmon, R.S., & Rapela, C., (eds.), *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*, Geological Society of America Special Papers, 265, 113-137. <https://doi.org/10.1130/SPE265-p113>
- Kelley, S., (2002), K-Ar and Ar-Ar dating, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 47, 785-818. <https://doi.org/10.2138/rmg.2002.47.17>
- Kelley, K.A., & Cottrell, E., (2009), Water and the Oxidation State of Subduction Zone Magmas, *Science*, 325(5940), 605-607. <https://doi.org/10.1126/science.1174156>
- Kolb, M., (2011), Geochronology and isotope geochemistry of magmatic rocks from Western Srednogorie (Bulgaria) and Timok Magmatic Complex (East Serbia), PhD thesis, 173 pp, ETH Zurich, Zurich.
- Kolb, M., Von Quadt, A., Peytcheva, I., Heinrich, C.A., Fowler, S.J., Cvetković, V., (2013), Adakite-like and Normal Arc Magmas: Distinct Fractionation Paths in the East Serbian Segment of the Balkan-Carpathian Arc, *Journal of Petrology*, 54, 421-451. <https://doi.org/10.1093/petrology/egs072>

- Krätner, H.G., & Krstić, B., (2003), Geological Map of the Carpatho-Balkanides Between Mehadia, Oravița, Nis and Sofia, Geoinstitut, Belgrade.
- Lambert, R.J., & Holland, J.G., (1974), Yttrium geochemistry applied to petrogenesis utilizing calcium-yttrium relationships in minerals and rocks, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 1393-1414. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90095-7](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90095-7)
- Laufer, F., (1925), Contribuțiuni la studiul geologic al împrejurimilor orașului Hațeg, *Anuarul Institutului Geologic al României*, 10, 301-333.
- Lee, C.T.A., & Bachmann, O., (2014), How important is the role of crystal fractionation in making intermediate magmas? Insights from Zr and P systematics, *Earth and Planetary Science Letters*, 393, 266-274. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.02.044>
- Le Maitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A.J., Keller, M.J., (1989), *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Blackwell, Oxford, 193 pp.
- Lesti, C., Porreca, M., Giordano, G., Mattei, M., Cas, R.A.F., Nicholson Wright, H.M., Folkes, C.B., Viramonte, J.G., (2011), High-temperature emplacement of the Cerro Galán and Toconquis Group ignimbrites (Puna plateau, NW Argentina) determined by TRM analyses, *Bulletin of Volcanology*, 73, 1535-1565. <https://doi.org/10.1007/s00445-011-0536-2>
- Liégeois, J.P., Navez, J., Hertogen, J., Black, R., (1998), Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids, The use of sliding normalization, *Lithos*, 45,1-28. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(98\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00023-1)
- Lips, A.L.W., (2002), Correlating magmatic-hydrothermal ore deposit formation over time with geodynamic processes in SE Europe. In: Blundell, D.J., Neubauer, F., Von Quadt, A., (eds.), *The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen*, Geological Society London Special Publications, 204, 69-79. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.204.01.05>
- Lube, G., Breard, E.C.P., Esposti-Ongaro, T., Dufek, J., Brand, B., (2020), Multiphase flow behaviour and hazard prediction of pyroclastic density currents, *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 348-365. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0064-8>
- Lupu, M., Avram, E., Antonescu, E., Dumitrică, P., Lupu, D., Nicolae, I., (1993), The Neojurassic and the Cretaceous of the Drocea Mts.: The stratigraphy and the structure of an ensialic marginal basin, *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology*, 75, 53-66.
- Macpherson, C., Dreher, S., Thirlwall, M., (2006), Adakites without slab melting: High pressure differentiation of island arc magma, Mindanao, the Philippines, *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 581-593. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.12.034>
- Major, J., (2022), Subaerial volcanoclastic deposits - influences of initiation mechanisms and transport behaviour on characteristics and distributions, *Geological Society Special Publications*. <https://doi.org/10.1144/SP520-2021-142?ref=pdf&rel=cite-as&jav=VoR>
- Major, J., Pierson, T.C., Hoblitt, R.P., Moreno, H., (2013), Pyroclastic density currents associated with the 2008-2009 eruption of Chaitén volcano (Chile): forest disturbances, deposits and dynamics, *Andean Geology*, 40, 324-358. <https://doi.org/10.5027/andgeoV40n2-a09>

- Maksimov, A.P., (2009), The influence of water on the temperature of amphibole stability in melts, *Journal of Volcanology and Seismology* 3, 27-33. <https://doi.org/0.1134/S0742046309010035>
- Manville, V., Németh, K., Kano, K., (2009), Source to sink: a review of three decades of progress in the understanding of volcanoclastic processes, deposits and hazards, *Sedimentary Geology*, 220, 136-161. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.04.022>
- Marantos, I., Christidis, G.E., Ulmanu, M., (2012), Zeolite formation and deposits, *Handbook of Natural Zeolites*, 28-51. <https://doi.org/10.2174/978160805261511201010028>
- Marchev, P., Georgiev, S., Zajacz, Z., Raycheva, R., Manetti, P., von Quadt, A., Tomassini, S., (2009), High-K ankaramitic melt inclusions and lavas in the Upper Cretaceous Eastern Srednogorie continental arc, Bulgaria: implications for the genesis of arc shoshonites, *Lithos*, 113, 228-245. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.03.014>
- Mațenco, L., & Schmid, S., (1999), Exhumation of the Danubian nappes system (South Carpathians) during the early Tertiary: inferences from kinematic and paleostress analysis at the Getic/Danubian nappes contact, *Tectonophysics*, 314, 401-422. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00221-8)
- McClelland, E., Wilson, C., Bardot, L., (2004), Palaeotemperature determinations for the 1.8-ka Taupo ignimbrite, New Zealand, and implications for the emplacement history of a high-velocity pyroclastic flow, *Bulletin of Volcanology*, 66, 492-513. <https://doi.org/10.1007/s00445-003-0335-5>
- McCulloch, M.T., & Gamble, J.A., (1991), Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism, *Earth and Planetary Science Letters*, 102, 358-374. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(91\)90029-H](https://doi.org/10.1016/0012-821X(91)90029-H)
- McPhie, J., (1986), Primary and redeposited facies from a large magnitude, rhyolitic, phreatomagmatic eruption: Cana Creek Tuff, late Carboniferous, Australia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 28, 319-350. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(86\)90029-6](https://doi.org/10.1016/0377-0273(86)90029-6)
- McPhie, J., Doyle, M., Allen, R.L., (1993), *Volcanic textures: a guide to the interpretation of textures in volcanic rocks*: Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania. <https://doi.org/10.1007/BF00326466>
- Melinte-Dobrinescu, M.C., (2010), Lithology and biostratigraphy of Upper Cretaceous marine deposits from the Hațeg region (Romania): Palaeoenvironmental implications, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 293, 283-294. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.04.001>
- Melinte-Dobrinescu, M.C., & Grigorescu, D., (2014), Marine deposits (Urgonian and Gosau Facies) and continental Upper Cretaceous deposits with dinosaur remains of the Hațeg Basin (Southern Carpathians, Romania), *IGCP-UNESCO Project 609 and EARTHTIME EU sequence Stratigraphy*, 32 pp.
- Moon, V.G., (1993), Microstructural controls on the geomechanical behaviour of ignimbrite, *Engineering Geology* 35, 19-31. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(93\)90067-M](https://doi.org/10.1016/0013-7952(93)90067-M)

- Moore, G., (1967), Base surge in recent volcanic eruptions, *Bulletin of Volcanology*, 30, 337-363. <https://doi.org/10.1007/bf02597678>
- Morrissey, M., Zimanowski, B., Wohletz, K., Buettner, R., (2000), Phreatomagmatic Fragmentation. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 431-445.
- Müntener, O., Kelemen, P., Grove, T., (2001), The role of H₂O during crystallization of primitive arc magmas under uppermost mantle conditions and genesis of igneous pyroxenites: an experimental study, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 141, 643-658. <https://doi.org/10.1007/s004100100266>
- Nakamura, N., (1974), Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, 757-775. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Nardi, L.V.S., Formoso, M.L.L., Jarvis, K., Oliveira, L., Bastos Neto, A.C., Fontana E., (2012), REE, Y, Nb, U, and Th contents and tetrad effect in zircon from a magmatic-hydrothermal F-rich system of Sn-rare metal-cryolite mineralized granites from the Pitinga Mine, Amazonia, Brazil, *Journal of South American Earth Sciences*, 33, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.07.004>
- Neri, A., Di Muro, A., Rosi, M., (2002), Mass partitioning during collapsing and transitional columns by using numerical simulations, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 115, 1-18. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(01\)00304-3](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(01)00304-3)
- Neubauer, F., (2002), Contrasting Late Cretaceous with Neogene ore provinces in the Alpine–Balkan-Carpathian-Dinaride collision belt. In: Blundell, D.J., Neubauer, F., Von Quadt, A., (eds.), *The timing and location of major ore deposits in an evolving orogen*, Geological Society London Special Publications, 204, 81-102. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.204.01.06>
- Paladio-Melosantos, M.L.O., Solidum, R.U., Scott, W.E., Quiambao, R.B., Umbal, J.V., Rodolfo, K.S., Tubianosa, B.S., Delos Reyes, P.J., Alonso, R.A., Ruelo, H.B., (1996), Tephra falls of the 1991 eruptions of Mount Pinatubo. In: Newhall, C.G., & Punongbayan, R.S., (eds.) *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo*, Philippines, University of Washington Press, Seattle, 513-535.
- Palladino, D.M., & Taddeucci, J., (1998), The basal ash deposit of the Sovana eruption (Vulsini Volcanoes, central Italy): The product of a dilute pyroclastic density current, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 87, 233-254. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(98\)00095-X](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00095-X)
- Panaiotu, C.G., & Panaiotu, C.E., (2010), Palaeomagnetism of the Upper Cretaceous Sânpetru Formation (Hațeg Basin, South Carpathians), *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 293(3-4), 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.11.017>
- Papale, P., Neri, A., Macedonio, G., (1998), The role of magma composition and water content in explosive eruptions I. Conduit ascent dynamics, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 87, 75-93. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(98\)00101-2](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00101-2)

- Pătrașcu, S., & Panaiotu, C.E., (1990), Paleomagnetism of some Upper Cretaceous deposits in the South Carpathians, *Revue Roumaine de Géophysique*, 34, 67-77.
- Pătrașcu, S., Șeclăman, M., Panaiotu, C.E., (1993), Tectonic implications of paleomagnetism in Upper Cretaceous deposits in the Hațeg and Rusca Montană basins (South Carpathians, Romania), *Cretaceous Research*, 14, 255-264. <https://doi.org/10.1006/cres.1993.1021>
- Pearce, J.A., (1982), Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe, R.S., (ed.), *Andesites. Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley, New York, 525-548.
- Pearce, J.A., (1983), Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth, C.J., & Norry, M.J., (eds.), *Continental Basalts and Mantle Xenoliths*, Shiva, Cheshire, 230-249.
- Pearce, J.A., & Parkinson, I.J., (1993), Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: Prichard, H.M., Alabaster, T., Harris, N.B.W., Neary, C.R., (eds.) *Magmatic Processes and Plate Tectonics*, Geological Society London Special Publications, 76, 373-403. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1993.076.01.19>
- Pearce, J.A., & Peate, D.W., (1995), Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 23, 251-285. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.23.050195.001343>
- Pearce, J.A., Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Guner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moor bath, S., Mitchell, J.J., (1990), Genesis of collision volcanism in eastern Anatolia Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 189-229. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(90\)90018-B](https://doi.org/10.1016/0377-0273(90)90018-B)
- Peccerillo, A., & Taylor, S.R., (1976), Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline Volcanic Rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>
- Plank, T., & Langmuir, C.H., (1998), The Composition of Subducting Sediment and Its Consequences for the Crust and Mantle, *Chemical Geology*, 145, 325-394. [http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541\(97\)00150-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00150-2)
- Popa, R.G., & Seghedi, I., (2015), Late Cretaceous hydrovolcanism of Hațeg Country Dinosaurs Geopark, Romania, Abstract VS15p-479, 26th IUGG General Assembly, Prague, Czech Republic.
- Popov, P., & Popov, K., (2000), General geologic and metallogenic features of the Panagyurishte ore region. In: Strashimirov, S., & Popov, P., (eds.), *Geology and Metallogeny of the Panagyurishte Ore Region (Srednogorie Zone, Bulgaria)*, Guide to Excursions A and C, ABCD-GEODE 2000 Workshop, Borovets, Sofia University, Bulgaria, 1-7.
- Pyle, D.M., (1989), The thickness, volume and grain size of tephra fall deposits, *Bulletin of Volcanology*, 51, 1-15. <https://doi.org/10.1007/BF01086757>
- Quane, S.L., & Russell, J.K., (2005a), Ranking welding intensity in pyroclastic deposits, *Bulletin of Volcanology*, 67, 129-143. <https://doi.org/10.1007/s00445-004-0367-5>

- Quane, S.L., & Russell, J.K., (2005b), Welding: insights from high-temperature analogue experiments, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 142, 67-87.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.10.014>
- Ragan, D.H., & Sheridan, M.F., (1972), Compaction of the Bishop Tuff, California, *Geological Society of America Bulletin*, 83, 95-106.
[https://doi.org/10.1130/00167606\(1972\)83\[95:COTBTC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1972)83[95:COTBTC]2.0.CO;2)
- Ratschbacher, L., Linzer, H.G., Moser, F., Strusievicz, R.O., Bedelea, H., Har, N., Mogoş, P.A., (1993), Cretaceous to Miocene thrusting and wrenching along the central South Carpathians due to a corner effect during collision and orocline formation, *Tectonics*, 12(4), 855-873.
- Richards, J.P., (2009), Postsubduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits: Products of remelting of subduction modified lithosphere, *Geology*, 37(3), 247-250.
<https://doi.org/10.1130/g25451a.1>
- Richards, J.P., & Kerrich, R., (2007), Special paper: Adakite-like rocks: Their diverse origins and questionable role in metallogenesis, *Economic Geology*, 102(4), 537-576.
<https://doi.org/10.2113/gsecongeo.102.4.537>
- Riehle, J.R., (1973), Calculated compaction profiles of rhyolite ash flows, *Geological Society of America Bulletin*, 84, 2193-2216.
[https://doi.org/10.1130/00167606\(1973\)84<2193:CCPORA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1973)84<2193:CCPORA>2.0.CO;2)
- Riehle, J.R., Miller, T.F., Bailey, R.A., (1995), Cooling, degassing and compaction of rhyolitic ash flow tuffs: a computational model, *Bulletin of Volcanology*, 57, 319-336.
<https://doi.org/10.1007/BF00301291>
- Riggs, N.R., & Busby-Spera, C.J., (1990), Evolution of a multi-vent volcanic complex within a subsiding arc graben depression: Mount Wrightson Formation, Arizona, *Geological Society of America Bulletin*, 102, 1114-1135. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1990\)102<1114:EOAMVV>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1990)102<1114:EOAMVV>2.3.CO;2)
- Roban, R.D., Ducea, M.N., Mihalcea, V.I., Munteanu, I., Barbu, V., Melinte-Dobrinescu, M.C., Olariu, C., Vlăsceanu, M., (2023), Provenance of Oligocene lithic and quartz arenites of the East Carpathians: Understanding sediment routing systems on compressional basin margins, *Basin Research*, 35, 244-270. <https://doi.org/10.1111/bre.12711>
- Rohrlach, B.D., & Loucks, R.R., (2005), Multi-million-year cyclic ramp-up of volatiles in a lower crustal magma reservoir trapped below the Tampakan copper-gold deposit by Mio-Pliocene crustal compression in the southern Philippines, PGC Publishing, Adelaide, 270 pp.
- Rudnick, R., & Gao, S., (2003), Composition of the Continental Crust, *Treatise on Geochemistry*, 3, 1-64. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/03016-4>
- Săndulescu, M., (1984), *Geotectonica României*, Editura Tehnică, Bucureşti, 366 pp.
- Săndulescu, M., (1988), Cenozoic Tectonic History of the Carpathians. In: Royden, L.H., & Horváth, F., (eds.) *The Pannonian Basin: A Study in Basin Evolution*, American Association of Petroleum Geologists Memoir, 45, 17-25.

- Săndulescu, M., (1994), Overview on Romanian geology, *Romanian Journal of Tectonics and Regional Geology*, 75, 2, 3-15.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fuegenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., (2008), The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units, *Swiss Journal of Geosciences*, 101(1), 139-183.
<https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- Schmidt, M.W., & Jagoutz, O., (2017), The global systematics of primitive arc melts, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 18(8). <https://doi.org/10.1002/2016GC006699>
- Schuller, V., Frisch, W., Danisik, M., Dunkl, I., Melinte, M.C., (2009), Upper Cretaceous Gosau deposits of the Apuseni Mountains (Romania)- Similarities and differences to the Eastern Alps, *Austrian Journal of Earth Sciences*, 102(1), 133-145.
- Schumacher, R., & Schmincke, H.U., (1991), Internal structure and occurrence of accretionary lapilli - a case study at Laacher See volcano, *Bulletin of Volcanology*, 53, 612-634.
<https://doi.org/10.1007/BF00493689>
- Schumacher, R., & Schmincke, H.U., (1995), Models for the origin of accretionary lapilli, *Bulletin of Volcanology*, 56, 626-639. <https://doi.org/10.1007/BF00301467>
- Scott, K.M., (1988), Origins, behavior and sedimentology of lahars and lahar-runout flows in the Toutle-Cowlitz River system, *Geological Survey Professional Papers*, 1447A.
<https://doi.org/10.3133/pp1447A>
- Scott, W.E., Hoblitt, R.P., Torres, R.C., Self, S., Mylene, Ma., Martinez, L., Nillos, Jr.T., (1996), Pyroclastic flows of the June 15, 1991 climactic eruption of Mount Pinatubo. In: Newhall, C.G., Punongbayan, R.S., (eds.) *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo*, Philippines, University of Washington Press, Seattle, 545-570.
- Seghedi, I., Downes, H., Szakács, A., Mason, P.R.D., Thirlwall, M.F., Roşu, E., Pécskay, Z., Marton, E., Panaiotu, C., (2004), Neogene-Quaternary magmatism and geodynamics in the Carpathian-Pannonian region: a synthesis, *Lithos*, 72(3-4), 117-146. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2003.08.006>
- Self, S., (1983), Large-scale phreatomagmatic silicic volcanism: a case study from New Zealand, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 17, 433-469. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(83\)90079-3](https://doi.org/10.1016/0377-0273(83)90079-3)
- Self, S., & Sparks, R.S.J., (1978), Characteristics of widespread pyroclastic deposits formed by the interaction of silicic magma and water, *Bulletin of Volcanology*, 41, 196-212.
<https://doi.org/10.1007/BF02597223>
- Self, S., Kienle, J., Huot, J.P., (1980), Ukinrek maars, Alaska, II. Deposits and formation of the 1977 craters, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 7, 39-65.
[https://doi.org/10.1016/0377-0273\(80\)90019-0](https://doi.org/10.1016/0377-0273(80)90019-0)
- Shea, T., Gurioli, L., Houghton, B.F., Cioni, R., Cashman, K.V., (2011), Column collapse and generation of pyroclastic density currents during the A.D. 79 eruption of Vesuvius: the role of pyroclast density, *Geology*, 39, 695-698. <https://doi.org/10.1130/G32092.1>

- Sheridan, M.F., & Ragan, D.M., (1976), Compaction of ash-flow tuffs. In: Compaction of coarse-grained sediments, Chilingarian, G.V., & Wolf, K.H., (eds.), *Developments in sedimentology*, Vol. 18B, 677-713, Amsterdam, Elsevier. <https://doi.org/10.1017/S0016756800036761>
- Sheridan, M.F., & Wohletz, K.H., (1981), Hydrovolcanic explosions: the systematics of water-pyroclast equilibration, *Science*, 212(4501), 1387-9. <https://doi.org/10.1126/science.212.4501.1387>
- Sheridan, M.F., & Wohletz, K.H., (1983), Hydrovolcanism: Basic considerations and review, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 17, 1-29. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(83\)90060-4](https://doi.org/10.1016/0377-0273(83)90060-4)
- Sigurdsson, H., Carey, S.N., Espindola, J.M., (1984), The 1982 eruptions of El Chichón volcano, Mexico: stratigraphy of pyroclastic deposits, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 23, 11-37. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(84\)90055-6](https://doi.org/10.1016/0377-0273(84)90055-6)
- Sisson, T.W., & Bronto, S., (1998), Evidence of pressure-release melting beneath magmatic arcs from basalt at Galunggung, Indonesia, *Nature*, 391, 883-886. <https://doi.org/10.1038/36087>
- Sisson, T.W., Ratajeski, K., Hankins, W.B., Glazner, A.F., (2005), Voluminous granitic magmas from common basaltic sources, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 148(6), 635-661. <https://doi.org/10.1007/s00410-004-0632-9>
- Smith, R.L., (1960a), Ash flows, *Geological Society of America Bulletin*, 71, 795-842. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1960\)71\[795:AF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1960)71[795:AF]2.0.CO;2)
- Smith, R.L., (1960b), Zones and zonal variations in welded ash flows, *US Geological Survey Professional Paper*, 354F, 149-159. <https://doi.org/10.3133/pp354F>
- Smith, G.A., (1988), Sedimentology of proximal to distal volcanoclastics dispersed across an active foldbelt: Ellensburg Formation (late Miocene), central Washington, *Sedimentology*, 35, 953-977. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1988.tb01740.x>
- Smith, R.C.M., (1991), Post-eruption sedimentation on the margin of a caldera lake, Taupo Volcanic Centre, New Zealand, *Sedimentary Geology*, 74, 89-138. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(91\)90036-D](https://doi.org/10.1016/0037-0738(91)90036-D)
- Smith, G.A., & Fritz, W.J., (1989), Volcanic influences on terrestrial sedimentation, *Geology* 17, 375-376. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1989\)017<0375:VIOTS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<0375:VIOTS>2.3.CO;2)
- Smith, E.I., Sanchez, A., Walker, J.D., Wang, K., (1999), Geochemistry of mafic magmas in the Hurricane Volcanic field, Utah: implications for small- and large-scale chemical variability of the lithospheric mantle, *Journal of Geology*, 107, 433-448. <https://doi.org/10.1086/314355>
- Sohn, C., & Sohn, Y.K., (2019), Distinguishing between primary and secondary volcanoclastic deposits, *Scientific Reports*, 91, 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48933-4>
- Sparks, R.S.J., (1976), Grain size variations in ignimbrites and implications for the transport of pyroclastic flows, *Sedimentology*, 23, 147-88. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1976.tb00045.x>

- Sparks, R.S.J., (1978), The dynamics of bubble formation and growth in magmas: A review and analysis, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 3, 1-37.
[https://doi.org/10.1016/0377-0273\(78\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-0273(78)90002-1)
- Sparks, R.S.J., (1986), The dimensions and dynamics of volcanic eruption columns, *Bulletin of Volcanology*, 48, 3-15. <https://doi.org/10.1007/BF01073509>
- Sparks, R.S.J., & Wilson, L., (1976), A model for the formation of ignimbrite by gravitational column collapse, *Journal of the Geological Society London*, 132, 441-451.
<https://doi.org/10.1144/gsjgs.132.4.0441>
- Sparks, R.S.J., Wilson, L., Sigurdsson, H., (1981), The pyroclastic deposits of the 1875 eruption of Askja, Iceland, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A299, 241-273.
<https://doi.org/10.1098/rsta.1981.0023>
- Sparks, R.S.J, Barclay, J., Calder, E.S., Herd, R.A., Komorowski, J-C., Lockett, R., Norton, G.E., Ritchie, L.J., Voight, B., Woods, A.W., (2002), Generation of a debris avalanche and violent pyroclastic density current on 26 December (Boxing Day) 1997 at Soufrière Hills Volcano, Montserrat, *Geological Society London Memoirs*, 21, 409-434. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2002.021.01.18>
- Stoykov, S., Peytcheva, I., von Quadt, A., Moritz, R., Frank, M., Fontignie, D., (2004), Timing and magma evolution of the Chelopech volcanic complex (Bulgaria), *Swiss Journal of Geosciences Supplement*, 84(1-2), 101-117.
- Sulpizio, R., Mele, D., Dellino, P., La Volpe, L., (2007), Deposits and physical properties of pyroclastic density currents during complex Subplinian eruptions: the AD 472 (Pollena) eruption of Somma-Vesuvius, Italy, *Sedimentology*, 54, 607-635.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2006.00852.x>
- Sun, S.S., & McDonough, W., (1989), Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes, *Geological Society London Special Publications*, 42(1). <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Ștefan, A., Roșu, E., Andar, A., Robu, L., Robu, N., Bratosin, I., Grabari, G., Stoian, M., Vâjdea E., Colios E., (1992), Petrological and geochemical features of banatitic magmatites in northern Apuseni Mountains, *Romanian Journal of Petrology*, 75, 97-115.
- Tatsumi, Y., (1989), Migration of fluid phases and genesis of basalt magmas in subduction zones, *Journal of Geophysical Research*, 94, 4697-4707. <https://doi.org/10.1029/JB094iB04p04697>
- Thirlwall, M.F., Graham, A.M., Arculus, R.J., Harmon, R.S., Macpherson, C.G., (1996), Resolution of the effects of crustal assimilation, sediment subduction, and fluid transport in island arc magmas: Pb-Sr-Nd-O isotope geochemistry of Grenada, Lesser Antilles, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(23), 4785-4810. [https://doi.org/10.1016/s0016-7037\(96\)00272-4](https://doi.org/10.1016/s0016-7037(96)00272-4)
- Thirlwall, M.F., Upton, B.G.J., Jenkins, C., (1994), Interaction between continental lithosphere and the Iceland plume-Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of Tertiary basalts, NE Greenland, *Journal of Petrology*, 35, 839-879. <https://doi.org/10.1093/petrology/35.3.839>

- Thouret, J.C., Abdurachman, K.E., Bourdier, J.L., Bronto, S., (1998), Origin, characteristics and behavior of lahars following the 1990 eruption of Kelud volcano, eastern Java (Indonesia), *Bulletin of Volcanology*, 59, 460-480. <https://doi.org/10.1007/s004450050204>
- Thouret, J.C., Antoine, S., Magill, C., Ollier, C., (2020), Lahars and debris flows: characteristics and impacts, *Earth-Science Reviews*, 201, 103003. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103003>
- Tian, W., Campbell, I.H., Allen, C.M., Guan, P., Pan, W., Chen, M., Yu, H., Zhu, W., (2010), The Tarim picrite-basalt-rhyolite suite, a Permian flood basalt from northwest China with contrasting rhyolites produced by fractional crystallization and anatexis, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160, 407-425. <https://doi.org/10.1007/s00410-009-0485-3>
- Till, C.B., Grove, T.L., Withers, A.C., (2011), The beginnings of hydrous mantle wedge melting, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163(4), 669-688. <https://doi.org/10.1007/s00410-011-0692-6>
- Todesco, M., Neri, A., Esposti Ongaro, T., Papale, P., Rosi, M., (2006), Pyroclastic flow dynamics and hazard in a caldera setting: Application to Phlegrean Fields (Italy), *Geochemistry Geophysics Geosystems* 7. <https://doi.org/10.1029/2006GC001314>
- Țabără, D., & Slimani, H., (2019), Palynological and palynofacies analyses of Upper Cretaceous deposits in the Hațeg Basin, southern Carpathians, Romania, *Cretaceous Research*, 104. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.07.015>
- Ulmer, P., (1988), High-pressure phase equilibria of a calc-alkaline micro-basalt: implications for the genesis of calc-alkaline magmas, *Carnegie Institution of Washington Geophysical Laboratory Annual Report*, 28-35.
- Valentine, G.A., & Fisher, R.V., (2000), Pyroclastic Surges and Blasts. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 571-580.
- Vallance, J.W., (2000), Lahars. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 601-616.
- Vander Auwera, J., Berza, T., Gesels, J., Dupont, A., (2015), The Late Cretaceous igneous rocks of Romania (Apuseni Mountains and Banat): The possible role of amphibole versus plagioclase deep fractionation in two different crustal terranes, *International Journal of Earth Sciences*, 105(3), 819-847. <https://doi.org/10.1007/s00531-015-1210-2>
- Van Eaton, A.R., Mastin, L.G., Herzog, M., Schwaiger, H.F., Schneider, D.J., Wallace, K.L., Clarke, A.B., (2015), Hail formation triggers rapid ash aggregation in volcanic plumes, *Nature Communication*, 6, 7860. <https://doi.org/10.1038/ncomms8860>
- Van Zalinge, M.E., Cashman, K.V., Sparks, R.S.J., (2018), Causes of fragmented crystals in ignimbrites: a case study of the Cardones ignimbrite, Northern Chile, *Bulletin of Volcanology*, 80, 22. <https://doi.org/10.1007/s00445-018-1196-2>
- Vasile, Ș., Zaharia, A., Csiki-Sava, Z., Grigorescu, D., (2011), The first report of continental fossil remains from Crăguș (Hațeg Basin, Romania), and their stratigraphical significance. In:

- Abstract Book-Eighth Romanian Symposium on Paleontology 29th-30th September 2011, 127-128.
- Vermeesch, P., (2018), IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology, *Geoscience Frontiers* 9, 1479-1493. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.04.001>
- Vessell, R.K., & Davies, D.K., (1981), Nonmarine sedimentation in an active forearc basin, *SEPM Special Publications*, 31, 31-45. <https://doi.org/10.2110/pec.81.31.0031>
- Voight, B., (1981), Time scale for the first moments of the May 18 eruption, *US Geological Survey Professional Paper*, 1250, 69-86.
- Voight, B., Calvache, M., Hall, M.L., Monsalve, M., (2013), Nevado del Ruiz Volcano, Colombia 1985. In: Finkl, C.W., (ed.) *Encyclopedia of Natural Hazards*. Springer, USA. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_253
- Von Cotta, B., (1864), *Erzlagerstätten im Banat und in Serbien*, W. Braumüller, Vienna, 108 pp.
- von Quadt, A., Moritz, R., Peycheva, I., Heinrich, C.A., (2005), 3: Geochronology and geodynamics of Late Cretaceous magmatism and Cu-Au mineralization in the Panagyurishte Region of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie Belt, Bulgaria, *Ore Geology Reviews*, 27, 95-126. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.07.024>
- Vornicu, V.M., (2024), Lithology and genetic interpretation of the Upper Cretaceous volcanoclastic deposits of the Hațeg Country UNESCO Global Geopark: Interplay of Science and Geoheritage, *Geoheritage*, 16(120). <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01026-9>
- Vornicu, V.M., (2025), Volcanological aspects of the Upper Cretaceous Ciula Mică, Peștenița and Criva ignimbrites (Hațeg Basin, Southern Carpathians), *Manuscris în pregătire*, Institutul de Geodinamică Sabba. S. Ștefănescu.
- Vornicu, V.M., & Seghedi, I., (2025), Petrography and Geochemistry of the Upper Cretaceous Volcanoclastic Deposits of the Hațeg Basin (Southern Carpathians): Inferences on Petrogenesis and Magma Origin, *Minerals*, 15(2):111. <https://doi.org/10.3390/min15020111>
- Vornicu, V.M., Seghedi, I., Csiki-Sava, Z., Ducea, M.N., (2023), Campanian U-Pb ages of volcanoclastic deposits of the Hațeg Basin (Southern Carpathians): Implications for future intrabasinal lithostratigraphic correlations, *Geologica Carpathica*, 74(5), 407-422. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.2023.21>
- Waite, R.B., (1981), Devastating pyroclastic density flow and attendant air fall of May 18: stratigraphy and sedimentology of deposits, *Geological Survey Professional Paper*, 1250:439-458.
- Walker, G.P.L., (1973), Explosive volcanic eruptions - a new classification scheme, *Geologische Rundschau*, 62, 431-446. <https://doi.org/10.1007/BF01840108>
- Walker, G.P.L., (1981a), Characteristics of two phreatoplinian ashes, and their water -flushed origin, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 9, 395-407. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(81\)90046-9](https://doi.org/10.1016/0377-0273(81)90046-9)

- Walker, G.P.L., (1981b), Plinian eruptions and their products, *Bulletin of Volcanology*, 44, 223-240. <https://doi.org/10.1007/BF02600561>
- Walker, G.P.L., (1983), Ignimbrite types and ignimbrite problems, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 17, 65-88. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(83\)90062-8](https://doi.org/10.1016/0377-0273(83)90062-8)
- Walker, G.P.L., (1985), Origin of coarse lithic breccias near ignimbrite source vents, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25, 157-171. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(85\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0377-0273(85)90010-1)
- Walker, G.P.L., & Croasdale, R., (1971), Characteristics of some basaltic pyroclastics, *Bulletin of Volcanology*, 35, 303-317. <https://doi.org/10.1007/BF02596957>
- Walker, G.P.L., Heming, R.F., Wilson, C.J.N., (1980), Low-aspect ratio ignimbrites, *Nature*, 283, 286-287. <https://doi.org/10.1038/283286a0>
- Watson, E.B., & Harrison, M., (1983), Zircon Saturation Revisited: Temperature and Composition Effects in a Variety of Crustal Magma Types, *Earth and Planetary Science Letters*, 64, 295-304. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(83\)90211-X](https://doi.org/10.1016/0012-821X(83)90211-X)
- Watt, S.F.L., Gilbert, J.S., Folch, A., Phillips, J.C., Cai, X.M., (2015), An example of enhanced tephra deposition driven by topographically induced atmospheric turbulence, *Bulletin of Volcanology*, 77(5). <https://doi.org/10.1007/s00445-015-0927-x>
- Weishampel, D.B., Grigorescu, D., Norman, D.B., (1991), The dinosaurs of Transylvania, *National Geographic Research & Exploration*, 7(2), 196-215.
- White, J.D.L., (1991), Maar-diatreme phreatomagmatism at Hopi Buttes, Navajo Nation (Arizona), USA, *Bulletin of Volcanology*, 53, 239-258. <https://doi.org/10.1007/BF00414522>
- White, W.M., & Hofmann, A.W., (1982), Sr and Nd isotope geochemistry of oceanic island basalts and mantle evolution, *Nature*, 296, 821-825. <https://doi.org/10.1038/296821a0>
- White, J.D.L., & Houghton, B.F., (2000), Surtseyan and Related Phreatomagmatic Eruptions. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, USA, 495-513.
- White, J.D.L., & Houghton, B.F., (2006), Primary volcanoclastic rocks, *Geology*, 34, 677-680. <https://doi.org/10.1130/G22346.1>
- White, J.D.L., & Valentine, G., (2016), Magmatic versus phreatomagmatic fragmentation: Absence of evidence is not evidence of absence, *Geosphere* 12(5). <https://doi.org/10.1130/GES01337>.
- White, W.M., Schilling, J.-G., Hart, S.R., (1976), Evidence for the Azores mantle plume from strontium isotope geochemistry of the Central North Atlantic, *Nature*, 263, 659-663. <https://doi.org/10.1038/263659a0>
- Willingshofer, E., Andriessen, P., Cloething, S., Neubaer, F., (2001), Detrital fission track thermochronology of Upper Cretaceous syn-orogenic sediments in the South Carpathians (Romania): inferences on the tectonic evolution of a collisional hinterland, *Basin Research*, 13, 379-395. <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00156.x>

- Willingshofer, E., Neubauer, F., Cloetingh, S., (1999), The significance of Gosau-type basins for the Late Cretaceous tectonic history of the Alpine-Carpathian belt, *Physics and Chemistry of the Earth, Part A* 24(8), 687–695. [https://doi.org/10.1016/s1464-1895\(99\)00100-3](https://doi.org/10.1016/s1464-1895(99)00100-3)
- Wilson, C.J.N., (1985), The Taupo eruption, New Zealand. II. The Taupo ignimbrite, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 314, 229-310. <https://doi.org/10.1098/rsta.1985.0020>
- Wilson, C.J.N., (1986), Pyroclastic flows and ignimbrites, *Science Progress*, 70, 171-207.
- Wilson, C.J.N., (2001), The 26.5 ka Oruanui eruption, New Zealand: an introduction and overview, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 112 (1–4), 133–174. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(01\)00239-6](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(01)00239-6)
- Wilson, C.J.N., & Houghton, B.F., (2000), Pyroclast Transport and Deposition. In: Sigurdsson, H., Houghton, B.F., McNutt, S.R., Rymer, H., Stix, J., (eds.) *The Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, USA, 545-554.
- Wilson, L., Sparks, R.S.J., Walker, G.P.L., (1980), Explosive volcanic eruptions – IV. The control of magma properties and conduit geometry on eruption column behaviour, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 63, 117-148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1980.tb02613.x>
- Winchester, J.A., & Floyd, P.A., (1977), Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Product Using Immobile Elements, *Chemical Geology*, 20, 325-343. [http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541\(77\)90057-2](http://dx.doi.org/10.1016/0009-2541(77)90057-2)
- Wohletz, K.H., (1983), Mechanisms of hydrovolcanic pyroclast formation: Grain-size, scanning electron microscopy, and experimental studies, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 17, 31-63. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(83\)90061-6](https://doi.org/10.1016/0377-0273(83)90061-6)
- Wohletz, K.H., (1986), Explosive magma-water interactions: Thermodynamics, explosion mechanisms, and field studies, *Bulletin of Volcanology*, 48, 245-264. <https://doi.org/10.1007/BF01081754>
- Wohletz, K.H., & McQueen, R.G., (1984), Experimental studies of hydromagmatic volcanism. In: Boyd, F.R., et al., (eds.) *Explosive Volcanism; Inception, Evolution, and Hazards*, National Academy Press, Washington, 158-169.
- Wohletz, K., & Sheridan, M., (1983), Hydrovolcanic explosions II Evolution of basaltic tuff rings and tuff cones, *American Journal of Science*, 283. <https://doi.org/10.2475/ajs.283.5.385>
- Wones, D.R., (1989), Significance of the assemblage titanite + magnetite + quartz in granitic rock, *American Mineralogist*, 74, 744-749.
- Woodhead, J., Eggins, S., Gamble, J., (1993), High field strength and transition element systematics in island arc and backarc basin basalts: Evidence for multi-phase melt extraction and a depleted mantle wedge, *Earth and Planetary Science Letters*, 114, 491-504. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(93\)90078-N](https://doi.org/10.1016/0012-821X(93)90078-N)

- Woods, A.W., Sparks, R.S.J., Ritchie, L.J., Batey, J., Gladstone, C., Bursik, M.I., (2002), The explosive decompression of a pressurized volcanic dome: the 26 December 1997 collapse and explosion of Soufrière Hills Volcano, Montserrat, Geological Society London Memoirs, 21, 457-465. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2002.021.01.20>
- Wright, J.V., & Walker, G.P.L., (1981), Eruption, transport and deposition of ignimbrite: a case study from Mexico, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 9, 111-131. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(81\)90001-9](https://doi.org/10.1016/0377-0273(81)90001-9) .
- Wright, J.V., Smith, A.L., Self, S., (1980), A working terminology of pyroclastic deposits, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 8, 315-336. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(80\)90111-0](https://doi.org/10.1016/0377-0273(80)90111-0)
- Zellmer, G.F., Annen, C., Charlier, B.L.A., George, R.M.M., Turner, S.P., Hawkesworth, C.J., (2005), Magma evolution and ascent at volcanic arcs: constraining petrogenetic processes through rates and chronologies, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 140, 171-191. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2004.07.020>
- Zimanowski, B., Büttner, R., Lorenz, V., (1997), Premixing of magma and water in MFCI experiments, Bulletin of Volcanology, 58, 491-495. <https://doi.org/10.1007/s004450050157>
- Zimmerman, A., Stein, H., Hannah, J., Koželj, D., Bogdanov, K., Berza, T., (2008), Tectonic configuration of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie belt, Balkans-South Carpathians, constrained by high precision RE-Os molybdenite ages, Mineralium Deposita, 43, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s00126-007-0149-z>