

2023. december 2.



Dr. Németh Károly

Válasz Dr. Rózsa Péter bírálataira

Köszönettel tartozom a Bírálóm gondos és alapos munkájáért. Az alábbiakban tételesen válaszolok a Bírálóm által felvetett észrevételekre, javaslatokra, illetve a feltett kérdésekre.

1) A Disszertáció felépítése.

Köszönöm a pozitív megjegyzéseket. Lényegesnek tartom megjegyezni, hogy az MTA Nagydoktori Szabályzatát figyelembe véve magam is komoly nehézségekkel küzdöttem a dolgozatom formai-, és tartalmi részét illetően. Ez elsősorban annak volt köszönhető, hogy a választott témakörben számos publikációm jelent meg, viszont a Szabályzat által meghatározott terjedelmi megszorítások megnehezítették a végleges döntésem meghozatalát.

Viszont úgy gondolom, hogy végül a csatolt cikkek/tanulmányok segítségével sikerült olyan dolgozatot összeállítanom, amely az érdeklődő kollégák és hallgatók számára a modern vulkanológiai ismeretek gyarapítása vonatkozásában hasznos munkának tekinthető.

A monogenetikus vulkanizmus kutatásának reneszánszáról az elmúlt években valóban számos publikáció jelent meg. Az ezzel kapcsolatos legfontosabb cikkek listáját igyekeztem minél alaposabban figyelembe venni az általam összeállított irodalomjegyzékben, de ennek ellenére nem zárható ki annak lehetősége, hogy még néhány „alpmű” behivatkozása indokolt lett volna. Bizonyára a 70-es évek azért tekinthetők a monogenetikus vulkanizmus kutatásának első, de talán meghatározó időszakának, mert főleg a NASA földönkívüli kutatásainak köszönhetően a kistérfogatú bazaltvulkánok ebben az időben kerültek a figyelem középpontjába. (Shoemaker et al. 1962; Allen 1963; McBirney 1963; Searle 1964; Fisher and Waters 1969; Fisher and Waters 1970; Lorenz 1970; Lorenz et al. 1970; Waters and Fisher 1970; Lorenz 1974). De ezekben az években történtek az alternatív energiaforrások kutatásában (pl. atomenergia) a legkomolyabb befektetések.

Az atomreaktor fűtőelemeinek és hűtőrendszerének kölcsönhatása, szintén az alap- és alkalmazott kutatások meghatározó szerepét képezték (a klasszikus MFCI (molten-fuel coolant interaction) folyamatának pontos ismerete, illetve kezelése (Ritzman et al. 1972)). A szisztematikus vizsgálatok alapján ismertté vált, hogy az MFCI folyamata nagymértékben hasonló a természetben lejátszódó freatomagmás vulkáni tevékenységhez (Thorarinsson et al. 1964; Collins 1965; Lauder 1965; Peterson 1965; Reeves and Dehon 1965; Thorarinsson 1965; Burton and Wickens 1966; Dehon and Reeves 1966; Moore et al. 1966; Moore 1967; Noll 1967; Ollier 1967; Thorarinsson 1967; Fisher 1968; Heiken 1968; Jones 1969; Ulrich 1969; Waters and Fisher 1969; Nakamura and Kraemer 1970; Bradbury 1971; Heiken 1971; Büchel 1987). Fontos feladat volt a freatomagmás vulkanizmus energiaegyensúlyának tanulmányozása, ezen belül a lehetséges maximális kráter méret meghatározása, amelyet adott térfogatú és hőmennyiséggel rendelkező olvadék képes létrehozni. Ezeket a fontos adatokat a későbbiekben a hadiiparban is rendszeresen felhasználták (Sheridan and Wohletz 1983). Erre az

időszakra esett az egyik legjobban megfigyelt maar vulkánkitörés (az Ukinrek maar 1977-es kitörése), gazdagítva az ismereteinket arról, hogy mivel kell számolni, ha a külső környezet kellő nedvességet tartalmaz a freatomagmás robbanásos kitörésekhez (Kienle et al. 1980; Self et al. 1980). Bár ezekben a cikkekben ez így soha nem merült fel, ezek a munkák tekinthetők azoknak, melyekre a monogenetikus vulkanizmus külső és belső kontrolláló tényezőinek relatív hatását a születő vulkánokra vonatkozóan a modellbe beépítették. A monogenetikus vulkanizmus és a Föld leggyakoribb vulkánformájának, a salakkúpoknak a morfológiai jellemzése komoly előrelépést jelentett a korábban más radiometrikus kormeghatározási módszerrel korolható vulkánok relatív kormeghatározásában, valamint a kis salakkúpok lepusztulási folyamatainak dokumentálásában, amit a NASA a tervezett Naprendszer kutatásban a távérzékeléssel együtt látott kutatásra érdemes területnek minősítette (Thorarinsson 1969; Porter 1972; McGetchin and Head 1973; McGetchin and Settle 1975; Settle 1978; Sinclair et al. 1978; Gutmann 1979; Wohletz 1979; Wood 1980a; Wood 1980b; Hasenaka and Carmichael 1985). Ugyancsak ebben az időszakban történtek olyan kutatások, melyek a kimberlit geológia, a diatréma-kutatás és az azokkal kapcsolatos ásványkincs előfordulásokra koncentráltak (Hearn 1968; Kopecky et al. 1968; Francis 1970; McGetchin et al. 1970; Lorenz 1971; Griffin et al. 1984; Sillitoe and Bonham 1984; Sillitoe et al. 1985a; Sillitoe et al. 1985b; Sillitoe 1988). Ezekben az években kezdődtek a Dunántúlon előforduló alkáli bazaltok modern vulkanológiai vizsgálatai, különös tekintettel azok öskörnyezeti viszonyainak megismerése céljából (Jugovics 1969, 1970, 1971c, a, b; Solti et al. 1988). A Kárpát-Pannon Régió (KPR) kis térfogatú alkáli bazaltok geológiájának alapjait Konecny és munkatársai 1969-ben publikálták.

A tézis szerkezetére vonatkozó megjegyzéseket elfogadom. Valóban részletesebb leírást érdemelt volna a földtani örökség és azon belül a monogenetikus vulkanizmus szerepe, a társadalmi kapcsolatok kérdésköre vonatkozóan. Úgy gondolom, hogy ebben a témakörben végzett sokéves munkám eredményei alapján ez könnyen megoldható lett volna, de elsősorban a terjedelmi megszorítások miatt inkább a megjelent publikációimra való hivatkozást választottam. A monogenetikus vulkánok előfordulásai, és azok földtani öröksége kitűnő lehetőséget kínál a földtudományok (azon belül is annak egyik leglátványosabb területe: a vulkanológia) és a társadalomtudományok egymásra találására és szorosabb kapcsolatára. Ez alapvetően annak is köszönhető, hogy a monogenetikus vulkáni formák „ember léptékűek”, ezért azok előfordulásait sokkal könnyebb bemutatni a társadalom széles körének. További előnynek számít, hogy a monogenetikus vulkánok (akár fiatalok, akár lepusztult állapotban lévőek) szinte minden geotektonikai helyzetben megtalálhatók. Ennek köszönhetően az érdeklődők számára nemcsak a monogenetikus vulkanizmusról, de általában a vulkáni folyamatokról is számos új ismeret adható. Ez a gondolat szinte mindegyik munkámban megjelent, így nem éreztem szükségesnek a dolgozatban azok részletesebb kifejtését.

Igen, a kilenc alfejezetet úgy próbáltam összeállítani, hogy abból kiderüljön, hogy az eddigi munkásságom nem egy specifikus helyhez kötődik, hanem azok minden kontinensre és a legváltozatosabb geotektonikai környezetekre kiterjedtek. A munkáim közül egyedül az antarktiszi Deception Island kutatás az, amelyik nem igényelt konkrét terepi munkát., Ezért ez a munkám a begyűjtött minták és az azokon általam elvégzett vizsgálatokra alapozódik. Az összes többi kutatási eredményem, amit a dolgozatomban és a megjelent cikkeimben felhasználtam különböző kutatási program forrástámogatásából születhetett meg, igen sok terepi munkával, és gyakran közvetlen témavezetői szereppel, melyben PhD, vagy posztdoktori kutatóprogramok részeként számos fiatal kutatónak elősegítettem a szakmai boldogulását (Kamerunból, Marokkóból, Japánból, Kolumbiából, Chiléből, Argentínából, Szamoáról, Egyiptomból, Líbiából, Kínából vagy Szaúdi Arábiából, csak a legfontosabbakat kiemelve). Ezen munkákból kivétel nélkül több tudományos cikk született, és ezen eredményekre alapozva születhetett meg számos gondolat a vulkán geológia területén, mely a 2016-ban megjelent összefoglaló cikkemnek is a vezérfonalát jelentette.

2) Forma és stílus

Köszönöm a Bíráló megjegyzéseit. A fejezetek előtti „Chapter” kifejezésre nem figyeltem eléggé. Nagyon ritkán használok magyar nyelvű Office programot. A dolgozat megírásáért szereztem be magyar billentyűzetet és töltöttem le magyar nyelvi készletet is az Office szolgáltatásokhoz. Mivel az esetek 99%-ában angol nyelven dolgozom, így előfordul, hogy elfelejtem átállítani az alapnyelvet a számítógépeimen, vagy egyszerűen észre sem veszem, hogy angolul maradt. Ez azért is meglepő számomra, mert erre a lehetséges hibaforrásra külön figyelmet szenteltem, ezért nem zárható ki annak a lehetősége sem, hogy ezek a hibák a számítógépeimen történő automatikus frissítések következményei lehettek. Köszönöm a magyar kifejezések írásmódjára vonatkozó megjegyzéseit, amelyeket igyekeztem kijavítani.

3) Tartalmi értékelés

Nagyon köszönöm a Bíráló pozitív értékelését. A dolgozatom összeállításánál meghatározó szempontnak tartottam, hogy az inkább egy életmű összefoglalása legyen, mintsem egy önálló tudományos mű. Az eddigi geológiai tudományos munkásságom közel felét jelentik a monogenetikus vulkanizmussal kapcsolatos kutatásaim. Ez a tudományos téma volt az, amihez szinte mindig visszatértem. Folyamatosan újabb és újabb problémákat próbáltam megoldani ezen a területen. Ilyen megközelítésben szinte elkerülhetetlen volt, hogy ilyen stílusban állítsam össze dolgozatomat. A rövid tézis formátum egyszerűen nem tette volna lehetővé a gondolataim töredékének kifejezését sem, míg az önálló kutatási témára/eredményre építkező technikai jellegű dolgozat egyszerűen nem mutatta volna azt a változatosságot, amit a munkásságom alatt sikerült megteremtennem, megmaradva a monogenetikus vulkanizmus kutatásánál. A technikai jellegű eredményeim pedig amúgy is megjelentek komoly, vezető szaklapokban, hiszen a kezdetektől fogva ezt a formát választottam az eredményeim nyilvánosságra hozatala érdekében. Ennek a stratégiának eredménye lett a dolgozat beadása során az MTMT adatbázis szerint is visszaigazolt magas publikációs szám (1. táblázat). Összehasonlításként, a doktori folyamat elindításakor (2021. november 29.) számított értékekhez képest is jelentős változás történt (1. táblázat). Ilyen nagyszámú tudományos publikáció esetén, nem volt más választásom, mint egy olyan tézist összeállítani, ami erre a munkára épül.

Kategória	MTA X. osztály követelmény	2021. november 29. állapot a doktori folyamat elindításakor	2023. november 11. állapot
SCI-ben és Scopusban referált folyóiratban megjelent tudományos közlemény	12	133	158
A tudományos fokozat megszerzése óta SCI-ben és Scopusban referált folyóiratban megjelent tudományos közlemény	6	127	152
Független idézések száma	150	1669	3797
SCI- és Scopus-idézések száma	50	3378	4607
Összesített impaktfaktor	8	259.918	358.818
Hirsch-index	9	35	42

1. Táblázat *Ásvány- és Kőzettan, Geokémia, Földtan, Geofizika, Meteorológia, Paleontológia összehasonlító táblázat (kivonat az MTMT adatbázisból), a doktori folyamat elindításakor számított és a 2023. november 11. érvényes paraméterek alapján.*

Nagyon köszönöm a gondolatébresztő kérdéseket. Az alábbiakban csak röviden válaszolok a feltett kérdésekre.

- i) Tökéletes felvetés. Valóban a magma térfogat akár több nagyságrendnyi különbséget is mutathat. Például a teljes Auckland Vulkan Mező nagyjából 250 ezer év alatt az 53 vulkánjával együtt, és az azokból származó, általában csak pár km hosszúságú lávafolyásaival még a legoptimistább becslésekkel sem produkálhatott 4 km^3 felszínre jutott magmánál többet (Hopkins et al. ; Lindsay and Leonard 2009; Lindsay et al. 2011). Ez a térfogat becslés a legújabb geológiai megfigyeléseket is figyelembe vevő módszerrel $\sim 1,7 \text{ km}^3$ (amiből $1,33 \text{ km}^3$ láva) adódott, azaz lényegesen kevesebb, mint azt korábban gondoltuk. A Columbia River Basalt (CRB) kb. 300 egyedi lávafolyás, ami erősen vitatott, ennél lényegesen nagyobb számú lávafolyás lehetett (ez a szám inkább a rétegtanilag egyértelműen elkülöníthető láva egységekre vonatkozik). Ezeknek a lávafolyásoknak mindegyike úgy $500 - 600 \text{ km}^3$ magma felszínre ömlésével született (Self et al. 1996; Camp et al. 2017). A teljes platóbazalt a becslések szerint $175000 \text{ km}^3 - 210000 \text{ km}^3$ magma felszínre ömlését adta (Reidel et al. 2013). Fontos megjegyezni, hogy a CRB az összes ismert platóbazalt Nagy Magmás Provincia (Large Igneous Province) közül az egyik legkisebb (Macdougall 1988; Bryan et al. 2010). A CRB lágáinak 85%-a (Grande Ronde Basalt) minimum 149000 km^3 magma kibocsátással, maximum $2 - 2,5$ millió év alatt született, vagyis nagyjából tízszer annyi idő alatt, mint Auckland. Újabb mérések szerint ez az idő akár csupán 400000 év is lehet (Reidel et al. 2013). Ez idő alatt (ha $2,5$ millió évet veszünk) nagyjából százezerszer nagyobb térfogatú magma került a felszínre. Tehát térfogati nézőpontból két teljesen más léptékű eseménnyel állunk szemben, ha a teljes térfogatot nézzük. Egy riftesedéssel kapcsolatos vulkán mező, mint amilyenek Szaúd-Arábia nyugati részén vannak, általában néhány száztól néhány ezer évenként ismétlődő vulkanizmus során növekszik (Runge et al. 2016; Downs et al. 2018), gyakran többmillió éven át. Ha feltételezzük, hogy minden száz évben volt egy lávaöntő kitörés a $2,5$ millió év alatt a CRB területén, akkor az 25000 individuális kitörést jelent, mind átlagosan úgy 6 km^3 lávakibocsátással. Még ilyen megközelítésben is, ugyan már nem annyira drámai a platóbazalt kitörés, de szinte minden egyes lávaöntő epizód majd egy nagyságrenddel nagyobb térfogatú magma mozgásra utal, mint amit más monogenetikus vulkánmezőkről tudunk, azok teljes élettartamát is figyelembe véve. Fontos megjegyezni, hogy a 25000 -es kitörésszám 100 éves periodicitás alatt értendő. Ha ezt 1000 éves periodicitásra számítjuk, „csupán” 2500 kitöréssel kell számolni. Ez a szám már igen közeli ahhoz az értékhez, amit jelenlegi térképezési módszerekkel kimutattak (350 láva egység), bár a megjelent publikációk alapján ez a szám ennek duplája is lehet. Külön meg kell jegyezni, hogy azért igen nagyszámú megfigyelés utal arra, hogy azok a lávafolyások, amelyek egy eseményhez lettek kötve, belső szerkezetük alapján arra engednek következtetni, hogy azokon belül is el lehet különíteni egyedi lávafolyásokat. Összességében tehát elmondható, hogy egy ilyen nagy magmás provinciában is pár ezer évente lehetett egy kitörési esemény, ami talán hónapokig tarthatott, de a tipikus monogenetikus vulkanizmusnál megszokott magma kibocsátásánál $2-3$ nagyságrenddel több magma kerülhetett a felszínre viszonylag gyorsan. A tézisemben az utalás inkább arra vonatkozott, hogy vannak kutatók, akik ezirányban is vizsgálják a plató láva területeket, és felvetődött annak lehetősége, hogy a kitörések jól elkülöníthető szinguláris volta hasonló a monogenetikus vulkanizmusnál felismert ún. „one shot” mechanizmussal. Az ötlet érdekes és mindenképp tovább gondolásra érdemes. Ez a „one shot” megközelítés, ami például a kalderavulkanizmus esetében is felvetette a monogenetikus jelleget különösen a kisebb méretű kalderák ($<10 \text{ km}$) esetében. Erről a

témáról ugyancsak érintőlegesen egykori PhD diákkal (Kósik Szabolcs) egy közös cikkünkben is említést tettünk (Kósik et al. 2020). A kérdés ebben az esetben is hasonló, mint a plató bazaltoknál, azaz mekkora térfogatú magma és milyen gyorsan hozza létre a kaldera vulkánt. Azaz mennyire lehet az adott kaldera vulkánt, mint „one shot” esemény értelmezni. A Taupo Vulkan Zónában Új-Zélandon, a kisebb kalderák esetében az a lehetőség, hogy maga a kaldera kialakulása rövid időt vett igénybe (napok, hetek), és alapvetően viszonylag kis térfogatú magma részvétellel történt a vulkánkitörés itt is felveti annak monogenetikus jellegét. Ugyancsak felmerült a maar vulkánok és kalderák kapcsolatának a kérdése a kaldera vulkánok monogenetikus jellegét illetően is (Palladino et al. 2015). A fenti kérdések is azt mutatják, hogy a monogenetikus vulkanizmus és a vulkánok esetleges monogenetikus viselkedése nem ugyanaz. A monogenetikus vulkanizmus alapos tanulmányozása a vulkanizmus folyamatának és eredetének pontosabb megértését segíti elő, mert azok egyszerűsége fontos adatokat/információkat szolgáltat arra vonatkozóan, hogy hogyan juthat a magma a felszínre, és hogyan történik a magma fragmentációja, stb.

- ii) Nagyon jó felvetés a nagyobb térfogatú (tömegű) és komplexebb szerkezetű „száraz” monogenetikus vulkánokat egy olyan típusnak tekinteni, melyek átmenetet jelentenek a poligenetikus vulkánok felé. A Paricutin vulkán bő kilenc éves (1943. február 20. – 1952. március 4.) működési periódusa során a kitörések között gyakran hosszabb szünetek voltak (Foshag and Gonzalez 1956; Luhr and Simkin 1993) összesen 22 jól elkülöníthető egyedi lávafolyással, összesen 1,6 km³ magma kibocsájtással (Becerril et al. 2021). Ez azt jelenti, hogy újabb magmacsomagoknak kellett elindulnia a magma forrástól, ugyanazon a helyen, ugyanabban a kúrtőben., ami poligenetikus vulkanizmusra jellemző. Ugyancsak a teljes magmakibocsájtás 1,6 km³ értéke magasnak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy a Paricutin már egy átmeneti vulkántípust képvisel, de még mindig magmakibocsájtásában nincs túl távol a tipikus monogenetikus vulkánok magma kibocsájtás értékeitől (<1 km³). A minimum 22 elkülöníthető magmaöntő esemény ebben az esetben önálló (?) kitörés is messze alulmarad a poligenetikus vulkánoknál megszokott akár több száz eseményhez képest [<https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/stratovolcano>]. A vulkán mezők elkülönítésére merült fel a poligenetikus vulkán mező fogalma, mint definíció, mely olyan vulkánok csoportjából áll, melyek hosszú életű és nagy térfogatú vulkánokból állnak (Walker 2000). A legtöbb monogenetikus vulkán mezőn vannak jelentősebb méretű vulkánok, mint például a szaúd-arábiai Rahat Vulkan Mezőn (1. ábra). Bár egyértelmű, hogy ezek a vulkánok hónapokig lehettek aktívak, és a kitörési folyamatukban rövid szünetek is történhettek, összességében a valódi poligenetikus vulkánokhoz képest igen rövid ideig működtek. Ritkán az eredendően monogenetikusnak induló vulkánkitörések állandósuló kitörési ciklusokkal eljutnak abba az állapotba, hogy már átmeneti vulkánról beszélhetünk. Ilyen vulkán például a Mt Kaimon vagy Kaimondake Kyushu (Japán) szigetének déli részén az Ibusuki vulkán mezőben. Ez a vulkán a tengerszintből 924 méterre emelkedik impresszív kúpformája a „nagy” vulkánokra emlékeztet. Kaimondake úgy 4000 évvel ezelőtt kezdett el működni, míg utolsó kitörése 885-ben volt (Shimoyama 2003). Ezalatt összesen 3.1 km³ tefrát és 2,3 km³ lávát produkált (Fujino and Kobayashi 1997; Okuno et al. 1997; Moriwaki et al. 2016). Ezekkel az adatokkal elkülönül a monogenetikus vulkánoktól, és világosan mutatja azt a folyamatot ahogyan az Ibusuki vulkáni mező egykori salakkúpjából hogyan született egy kisebb poligenetikus rétegvulkán. Érdekes megjegyezni, hogy az új-zélandi Tongariro vulkán komplexum is egy vertikálisan növekvő vulkán mezőre emlékeztet, melynek egyik tagja a Ngaurahoe vulkán, hasonló kitörési paraméterekkel és aktivitási időtartománnyal rendelkezik, mint a

Kaimondake Japánban. Itt is a későbbben kialakult poligenetikus vulkánok egy eredetileg monogenetikusnak tekinthető vulkán mezőből fejlődtek ki (Hobden et al. 1996; Heinrich et al. 2020). Összefoglalva elmondhatjuk, hogy monogenetikus vulkánok tovább fejlődhetnek egy-egy vulkán mezőn belül is, és a vulkán mező érettségével eljuthatunk oda, hogy viszonylag egyszerű poligenetikus vulkánok szülessenek, mint azt láthatjuk a mexikói Chichinaultzin vulkán mezőn (Siebe and Macías 2006; Jaimes-Viera et al. 2018; Torres et al. 2023).



1. ábra Nagyméretű átmeneti salakkúp a Rahat Vulkan Mezőről, mely méreténél fogva is biztosan legalább hetekig, hónapokig lehetett aktív. Ugyan térfogata közelít a tipikus monogenetikus vulkánok térfogatainak felső határához, a vulkán tipikus egyedi kitörési sorozat termékének tekinthető.

Megköszönöm a téziseim elfogadását, és a nagyon pozitív összegzést. Remélem a válaszaimmal sikerült megerősítenem ezt a véleményt és felhívni a figyelmet néhány igen izgalmas geológiai kutatási témára a monogenetikus vulkanizmus világából.

Irodalomjegyzék

- Allen JRL (1963) The classification of cross-stratified units with notes on their origin. *Sedimentology* 2:93-114
- Becerril L, Larrea P, Salinas S, Mossoux S, Ferrés D, Widom E, Siebe C, Martí J (2021) The historical case of Paricutin volcano (Michoacán, México): challenges of simulating lava flows on a gentle slope during a long-lasting eruption. *Natural Hazards* 107(1):809-829

- Bradbury JP (1971) Limnology of Zuni Salt Lake, New Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 82(2):379-398
- Bryan SE, Peate IU, Peate DW, Self S, Jerram DA, Mawby MR, Marsh JSG, Miller JA (2010) The largest volcanic eruptions on Earth. *Earth-Science Reviews* 102(3-4):207-229
- Burton AN, Wickens GE (1966) JEBEL MARRA VOLCANO SUDAN. *Nature* 210(5041):1146-&
- Büchel G (1987) Geophysik der Eifel-Maare. 1: Erkundung neuer Maare im Vulkanfeld der Eifel mit Hilfe geomagnetischer Untersuchungen. *Mainzer geowiss. Mitt.* 36:227-274
- Camp VE, Reidel SP, Ross ME, Brown RJ, Self S (2017) Field-trip guide to the vents, dikes, stratigraphy, and structure of the Columbia River Basalt Group, eastern Oregon and southeastern Washington. In: *Scientific Investigations Report*. Reston, VA, pp 1-88
- Collins BW (1965) The volcanoes of Auckland: review. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics* 8(4):738-739
- Dehon RA, Reeves CC (1966) A Maar Origin For Hunts Hole Dona Ana County New Mexico. *Texas Journal Of Science* 18(3):296-&
- Downs DT, Stelten ME, Champion DE, Dietterich HR, Nawab Z, Zahran H, Hassan K, Shawali J (2018) Volcanic history of the northernmost part of the Harrat Rahat volcanic field, Saudi Arabia. *Geosphere* 14(3):1253-1282
- Fisher RV (1968) Puu Hou littoral cones, Hawaii. *Geologische Rundschau* 57:837-864
- Fisher RV, Waters AC (1969) Bed forms in base-surge deposits: Lunar implications. *Science* 165(3900):1349-1352
- Fisher RV, Waters AC (1970) Base surge bed forms in maar volcanoes. *American Journal of Science* 268:157-180
- Foshag WF, Gonzalez RJ (1956) Birth and development of Paricutin volcano, Mexico. *United States Geological Survey Bulletin* 965-D:355-489
- Francis EH (1970) Bedding in Scottish (Fifeshire) Tuff-pipes and Its Relevance to Maars and Calderas. *Bulletin of Volcanology*:687-712
- Fujino N, Kobayashi T (1997) Eruptive History of Kaimondake Volcano, Southern Kyushu, Japan. *BULLETIN OF THE VOLCANOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN* 42(3):195-211
- Griffin WL, Wass SY, Hollis JD (1984) Ultramafic xenoliths from Bullenmerri and Gnotuk maars, Victoria, Australia: Petrology of a sub-continental crust-mantle transition. *Journal of Petrology* 25:53-87
- Gutmann JT (1979) Structure and eruptive cycle of cinder cones in the Pinacate Volcanic Field and the controls of Strombolian activity. *Journal of Geology* 87:448-454
- Hasenaka T, Carmichael ISE (1985) A compilation of location, size, and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacan-Guanajuato volcanic field, central Mexico. *Geofisica Internacional* 24(4):577-608
- Hearn BCJ (1968) Diatremes with kimberlitic affinities in North-Central Montana. *Science* 159:622-625
- Heiken G (1968) Tuff rings and cones (maars) in the Fort Rock-Christmas Lake Valley Basin, south-central Oregon. *Transactions - American Geophysical Union* 49(4):757-757
- Heiken GH (1971) Tuff rings: examples from the Fort Rock-Christmas Lake Valley Basin, South-Central Oregon. *Journal of Geophysical Research* 76(23):5615-5626
- Heinrich M, Cronin SJ, Pardo N (2020) Understanding multi-vent Plinian eruptions at Mt. Tongariro Volcanic Complex, New Zealand. *Bulletin of Volcanology* 82(3)
- Hobden BJ, Houghton BF, Lanphere MA, Nairn IA (1996) Growth of the Tongariro volcanic complex: New evidence from K-Ar age determinations. *New Zealand Journal Of Geology And Geophysics* 39(1):151-154
- Hopkins JL, Smid ER, Eccles JD, Hayes JL, Hayward BW, McGee LE, van Wijk K, Wilson TM, Cronin SJ, Leonard GS, Lindsay JM, Németh K, Smith IEM Auckland Volcanic Field magmatism, volcanism, and hazard: a review. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*

- Jaimes-Viera MC, Martin Del Pozzo AL, Layer PW, Benowitz JA, Nieto-Torres A (2018) Timing the evolution of a monogenetic volcanic field: Sierra Chichinautzin, Central Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 356:225-242
- Jones JG (1969) A lacustrine volcano of central France and the nature of peperites. *Proceedings of the Geological Association* 80:177-188
- Jugovics L (1969) A dunántúli bazalt és bazalttufa területek. [Basalt and basaltic tuff regions of Transdanubia]. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése = Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 1967:75-82*
- Jugovics L (1970) A Kisalföld bazalt és bazalttufa előfordulásai. *A Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése (1970):79-101*
- Jugovics L (1971a) A Balaton-felvidék és a Tapolcai-medence bazaltterületeinek felépítése. [The structure of the basalt regions in the Balaton upland and the Tapolca basin]. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése = Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 1968:223-244*
- Jugovics L (1971b) Észak-magyarországi-Salgótarján környéki-bazaltterületek. [The basalt regions of the Salgotarjan area, northern Hungary]. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése = Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 1968:145-165*
- Jugovics L (1971c) Kabhegy és a körülötte települő bazaltterületek (kabhegyi bazaltcsoport). [Geologic features of the basalt in the Kab mountain area, Kab mountain basalt group]. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése = Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 1968:245-255*
- Kienle J, Kyle PR, Self S, Motyka RJ, Lorenz V (1980) Ukinrek Maars, Alaska 1. April 1977 Eruption sequence, petrology and tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 7(1-2):11-37
- Konecny V, Bagdasarjan GP, Vass D (1969) Evolution of Neogene volcanism in central Slovakia and its confrontation with absolute ages. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae = Magyar Tudományos Akadémia Földtani Közlönye* 13(1-4):245-258
- Kopecky L, Pisova J, Pokorny L (1968) Pyrope-bearing diatremes of the Ceske stredohori Mountains. *Sbor. Geol. Ved. G.* 12:81-130
- Kósik S, Bebbington M, Németh K (2020) Spatio-temporal hazard estimation in the central silicic part of Taupo Volcanic Zone, New Zealand, based on small to medium volume eruptions. *Bulletin of Volcanology* 82(6):50
- Lauder WR (1965) Volcanic risk at Auckland: letter to the editor. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics* 8(3):565-566
- Lindsay J, Leonard G, Smid E, Hayward B (2011) Age of the Auckland Volcanic Field: a review of existing data. *N Z J Geol Geophys* 54
- Lindsay JM, Leonard G (2009) Age of the Auckland Volcanic Field. In: *Institute of Earth Science and Engineering, Auckland, New Zealand*
- Lorenz V (1970) Some Aspects of the Eruption Mechanism of the Big Hole Maar, Central Oregon. *Geological Society of America Bulletin* 81:1823-1830
- Lorenz V (1971) Collapse structures in the Permian of the Saar-Nahe area, Southwest Germany. *Geologische Rundschau* 60:924-948
- Lorenz V (1974) On the Formation of Maars. *Bulletin Volcanologique* 37(2):183-204
- Lorenz V, McBirney AR, Williams H (1970) An investigation of volcanic depressions. Part III. Maars, tuff-rings, tuff-cones and diatremes. *Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Va., Houston, Texas, p 196*
- Luhr JF, Simkin T (1993) Paricutin. The volcano born in a Mexican cornfield. *Geosciences Press, Phoenix, p 427*
- Macdougall JD (1988) Continental Flood Basalts. In: *Nicolas A (ed) Petrology and Structural Geology. Springer, Dordrecht, p 341*
- McBirney AR (1963) Breccia pipe near Cameron, Arizona: discussion. *Geol.Soc.Am.Bull.* 74: 227-232

- McGetchin TR, Head JW (1973) Lunar Cinder Cones. *Science* 180(4081):68-71
- McGetchin TR, Settle M (1975) Cinder cone separation distances: implications for the depth of formation of gabbroic xenoliths. *EOS* 56(12):1070
- McGetchin TR, Silver LT, Chodos AA (1970) Mineral Inclusions In Pyropes From Colorado Plateau Kimberlite Pipes. *Transactions-American Geophysical Union* 51(4):448-&
- Moore JG (1967) Base surge in recent volcanic eruptions. *Bulletin of Volcanology* 30:337-363
- Moore JG, Nakamura K, Alcaraz A (1966) The 1965 eruption of Taal volcano. *Science* 151(3713):955-960
- Moriwaki H, Nakamura N, Nagasako T, Lowe DJ, Sangawa T (2016) The role of tephras in developing a high-precision chronostratigraphy for palaeoenvironmental reconstruction and archaeology in southern Kyushu, Japan, since 30,000 cal. BP: An integration. *Quaternary International* 397:79-92
- Nakamura K, Kraemer F (1970) Basaltic ash flow deposits from a maar in West-Eifel, Germany. *Neues Jahrbuch fuer Geologie, Paleontologie, Mineralogie* 8:491-501
- Noll H (1967) Maare und maar-aehnliche Explosionskrater in Island; ein Vergleich mit dem Maar-Vulkanismus der Eifel. *Sonderveroeffentlichungen des Geologischen Instituts der Universitaet Koeln* 11:117-117
- Okuno M, Nakamura T, Kobayashi T (1997) AMS ¹⁴C Dating of Historic Eruptions of the Kirishima, Sakurajima and Kaimondake Volcanoes, Southern Kyushu, Japan. *Radiocarbon* 40(2):825-832
- Ollier CD (1967) Maars, their characteristics, varieties and definition. *Bulletin of Volcanology* 31:45-73
- Palladino D, Valentine G, Sottili G, Taddeucci J (2015) Maars to calderas: end-members on a spectrum of explosive volcanic depressions. *Frontiers in Earth Science* 3
- Peterson NV (1965) Hole-in-the-Ground; Fort Rock; Devils Garden area field trip; Geologic summary. *Bulletin - Oregon, Department of Geology and Mineral Industries*:19-28
- Porter SC (1972) Distribution, morphology, and size frequency of cinder cones on Mauna Kea Volcano, Hawaii. *Geol.Soc.Am.Bull.* 83:3613-3626
- Reeves CC, Dehon RA (1965) Geology Of Potrillo Maar New Mexico And Northern Chihuahua Mexico. *American Journal Of Science* 263(5):401-&
- Reidel SP, Camp VE, Tolan TL, Martin BS (2013) The Columbia River flood basalt province: Stratigraphy, areal extent, volume, and physical volcanology. In: Reidel SP, Camp VE, Ross ME, Wolff JA, Martin BS, Tolan TL, Wells RE (eds) *The Columbia River Flood Basalt Province*. Geological Society of America, 497, p 0
- Ritzman RL, Genco JM, Morrison DL (1972) MOLTEN FUEL-COOLANT INTERACTIONS IN WATER REACTOR SAFETY. *Transactions of the American Nuclear Society* 15(1):315-&
- Runge MG, Bebbington MS, Cronin SJ, Lindsay JM, Moufti MR (2016) Integrating geological and geophysical data to improve probabilistic hazard forecasting of Arabian Shield volcanism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 311:41-59
- Searle EJ (1964) Volcanic Risk in the Auckland metropolitan area. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics* 7(1):94-100
- Self S, Kienle J, Huot JP (1980) Ukinrek Maars, Alaska 2. Deposits and formation of the 1977 craters. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 7(1-2):39-65
- Self S, Thordarson T, Keszthelyi L, Walker GPL, Hon K, Murphy MT, Long P, Finnemore S (1996) A new model for the emplacement of Columbia River Basalts as large, inflated pahoehoe lava flow fields. *Geophysical Research Letters* 23(19):2689-2692
- Settle M (1978) Structure of Terrestrial Cinder Cone Fields. *Transactions-American Geophysical Union* 59(4):311-311
- Sheridan MF, Wohletz KH (1983) Hydrovolcanism - Basic considerations and review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 17(1-4):1-29

- Shimoyama S (2003) Volcanic disasters and archaeological sites in Southern Kyushu, Japan. In: Natural Disasters and Cultural Change. pp 326-341
- Shoemaker EM, Roach CH, Byers FM, Jr. (1962) Diatremes and uranium deposits in the Hopi Buttes, Arizona. United States (USA)
- Siebe C, Macías JL (2006) Volcanic hazards in the Mexico City metropolitan area from eruptions at Popocatepetl, Nevado de Toluca, and Jocotitlán stratovolcanoes and monogenetic scoria cones in the Sierra Chichinautzin Volcanic Field. In: Siebe C, Macías JL, Aguirre-Díaz GJ (eds) Neogene-Quaternary Continental Margin Volcanism: A perspective from México. Geological Society of America, Boulder, Colorado, Special Paper of the Geological Society of America: 402, pp 253-329
- Sillitoe RH (1988) Ores in volcanoes; opening lecture. Proceedings of the Quadrennial IAGOD Symposium 7:1-10
- Sillitoe RH, Baker EM, Brook WA, Anonymous (1985a) Gold deposits and hydrothermal eruption breccias associated with a maar volcano at Wau, Papua New Guinea. Institution of Mining and Metallurgy, London, London, United Kingdom (GBR)
- Sillitoe RH, Bonham HF, Jr. (1984) Volcanic landforms and ore deposits. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists 79(6):1286-1298
- Sillitoe RH, Graubeger GL, Elliott JE (1985b) A diatreme-hosted gold deposit at Montana Tunnels, Montana. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists 80(6):1707-1721
- Sinclair PD, Tempelmankluit DJ, Medaris LG (1978) Lherzolite Nodules from a Pleistocene Cinder Cone in Central Yukon. Canadian Journal of Earth Sciences 15(2):220-226
- Solti G, Lobitzer H, Ravasz C (1988) Az osztrák maar bazalttufa kráterek alginít célu vizsgálata. [Monitoring of potential oil shale deposits of basaltic tuff maars in Austria]. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése = Annual Report of the Hungarian Geological Institute, 1988 (1):439-450
- Thorarinsson S (1965) The Surtsey eruption: Course of events and development of Surtsey and other new islands. Surtsey Research Progress Report II:113-135
- Thorarinsson S (1967) Surtsey. The new island in the North Atlantic. The Viking Press, New York, p 47
- Thorarinsson S (1969) The Lakagigar eruption of 1783. Bulletin of Volcanology 33:910-929
- Thorarinsson S, Einarsson T, Sigvaldason G, Elisson G (1964) The submarine eruption of the Vestmann Islands 1963-64. A preliminary report. Bulletin of Volcanology 27:435-445
- Torres AN, Del Pozzo ALM, Groppelli G, del Carmen Jaimes Viera M (2023) Risk scenarios for a future eruption in the Chichinautzin monogenetic volcanic field, South México City. Journal of Volcanology and Geothermal Research 433
- Ulrich GE (1969) Maar deposits in the san francisco volcanic field, arizona (abs.). Special Paper - Geological Society of America:575-575
- Walker GPL (2000) Basaltic volcanoes and volcanic systems. In: Sigurdsson H, Houghton BF, McNutt SR, Rymer H, Stix J (eds) Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, San Diego, pp 283-290
- Waters AC, Fisher R (1969) Maar volcanoes, western united states (abs.). Northwest Science 43(1):44-44
- Waters AC, Fisher RV (1970) Maar volcanoes. In: Proceedings of the 2nd Columbia River Basalt Symposium, 1969. Eastern Washington State College Press, Cheney Washington, pp 157-170
- Wohletz KH (1979) Evolution of tuff cones and tuff rings. Abstracts with Programs - Geological Society of America 11(7):543-543
- Wood C (1980a) Morphometric analysis of cinder cone degradation. Journal of Volcanology and Geothermal Research 8:137-160
- Wood CA (1980b) Morphometric evolution of cinder cones. Journal of Volcanology and Geothermal Research 7:387-413