

NÉMETH KÁROLY

# Maarvulkánosság

Konferencia Magyarországon

**A** Második Nemzetközi Maarkonferencia az elsőt négy évvel követve Magyarországon kerül megrendezésre 2004. szeptember 21. és 26. között, a Lajosmizse melletti Gerébi-Kúriában. Az első konferenciát 2000-ben, a maarvulkanizmus típusterületén, a németországi Daunban, a Vulkaneifel-hegységben tartották. Mivel Magyarországon és Szlovákiában a maarvulkánok és a velük kapcsolatos hasonló vulkáni területek vizsgálatainak legalább olyan hosszú a története, mint Németországban, a konferencia szervezését Magyarország kezdeményezésével, magyar-szlovák-német együttműködésben sikerült elfogadtatni. A konferencia a Nemzetközi Vulkanológiai Társaság (International Association for Volcanology and Chemistry of the Earth Interior – IAVCEI) első magyarországi jelentős konferenciája. Ez alkalomból adunk összefoglalót a maarvulkánok jelentőségéről.

## Mi és miért fontos a maarvulkanizmus?

A maarok olyan kis térfogatú vulkánok, melyek robbanásos kitörések során jönnek létre, s a folyamatban a kráter talpa a kitörés során eltávolított alapközetek hiánya miatt beszakad; ún. „lyuk a felszínen” (hole on the ground) szerkezet jön létre. Így a maarok kráterének belső falában az alapközet táruul fel. Attól függően, hogy a maarok milyen alapközeten alakulnak ki, a kráter fala lehet igen meredek, vagy lankás. Az előbbi eset akkor gyakori, ha az alapközet kemény, pl. mészkő, kristályos kőzetek, lávamező vagy éppen metamorf pala. Ilyenkor a maarkráter talpa gyakran igen mély, és valóban látványos lyukat képezhetünk el a felszínen. Ilyen típusú maar ismert többek között Mexikó közepén, San Luis de Potosí mellett, a Joya Honda maar, mely erősen gyűrt mészkőfelszínbe vág 300 méteres mélyedést. Hasonlóan látványosak a meredek falú maarkráterek Észak-Mexikóban, a Pinacate vulkáni mezőn. Ezek leglátványosabb maarjának neve is jelzi szépségét: Elegáns Kráter (Crater Elegante). Ez a maar „csak”



Tufagyűrű Új-Zélandon, Auckland közelében

240 méter mély lyukat jelent az amúgy egyhangú bazaltlávamezőn. Igen jó példája annak, hogy hiába vulkáni kőzet az, ami feltáruul a maarkráter belső falában, az nem a maar keletkezésével kapcsolatos; annak létrejöttét időben megelőzi. Hasonlóan mély kráterek ismertek a maarvulkanizmus típushelyének, a németországi Vulkaneifel-hegységnek a területéről is. Itt a maarok devon időségi fillitekbe vágnak be mélyen. A nyugatmagyarországi bazaltvulkáni területek egy része is hasonló mély maarkráter lehetett, különösen ott, ahol triász képződményekbe vágódhattak a maarkráterek.

A stabil maarkráterekkel ellentétben lapos, a kitörések során folyamatosan beomladozó, széles, de sekély kráterek alakulhatnak ki azokon a területeken, ahol a maar laza törmelékes üledéken van (pl. homok, agyag, különböző vulkáni töremlék). Ilyen széles, sekély maarok ismertek Oregonból, Idahóból az Ege-sült Államok északnyugati területeiről, vagy éppen az Auckland Vulkáni Területéről, Új-Zéland Északi-szigetének északi területeiről.

Mindkét esetben a maarok kialakulásában a felnyomuló magma és az útjába eső felszín alatti vizek, vagy magas víztartalmú üledékek találkozásokkor kialakuló robbanásos kitörések játszzák a kulcsszerepet. Ezeket a kitöréstípusokat

nevezik freatomagmás robbanásos kitöréseknek. Természetesen, amikor a magma egy rideg kőzet repedéseiben halad a felszín felé, a kőzet repedéseiben, hasadékaiban tárolt vizek és a magma között jön létre a kölcsönhatás. Ha a magma nagy víztartalmú üledékeket harántol, a robbanás kiváltásában a laza, nedves üledékek porusvíztartalma játssza a főszerepet. Mindkét esetben a robbanás során kiszakított alapközet vagy üledékek töredékeit a robbanásakor keletkezett ún. alapi torlóárak terítik a kráter körül a törmelék minden irányban, melyekhez a légkörből visszahulló törmelékanyag is hozzáadódik. Mivel a robbanás a felszín alatt következik be, a kitörési felhő túlnyomó részben a kiszakított kőzetekből, vagy azok teljesen szétzúrt anyagából áll. Így a keletkező vulkáni üledékek is alapvetően a felszakított kőzettöredékekből állnak. Ha a vulkáni robbanás kemény kőzetekben jön létre, azok fizikai ellenálló képességének függvényében a keletkező tefrában a szögletesen töredezett kőzettöredékek lesznek túlsúlyban. Természetesen e kőzettöredékek mellett vulkáni üvegek is jelen vannak a tefrában. Ezzel ellentétben, ha a kitörések laza kőzetekben következnek be, a tefra e kőzettöredékekben lesz gazdag. Mivel a laza üledékeket könnyebb (kisebb energiát igényel) szétrobbantani, a tefra fi-

nomszemcsés lesz, és gyakran a finomszemcsés por összeragadásával ún. akkréciós lapillit tartalmaz. Az akkréciós lapilli kialakulásában a szemcsék elektrosztatikus töltése mellett a kitörési felhőben megjelenő kicsapódott vízcseppek játsszák a főszerepet. Mivel egy-egy ilyen robbanás során keletkezett kitörési felhő hőmérséklete a kürtő közelében a 200–300 °C-os tartományban mozog, szabad vízcseppek csak akkor jelenhetnek meg, ha a kitörési felhő hőmérséklete 100 °C alá süllyed. Ez úgy 700–1500 méterre a kitörési központtól következik be.

Akár ilyen, akár olyan alapközetben következik be a freatomagmás, magma/víz kölcsönhatásaként létrejött robbanás, a létrejövő kráter körül jellegzetes tefragyűrű alakul ki. Ennek vastagsága néhány métertől a százméteres nagyságrendig terjedhet. E rétegsor általában geológiai mércével igen rövid idő alatt alakul ki. Az egyik megfigyelt maar-vulkán kitörése Alaszkában mindössze 3 egyedi alkalomra volt tehető, 9 napos időtartam alatt. A tefragyűrű néhányszor tíz méteres lett. Pont ez az egyszerűség, egység az, ami miatt a maarokat mint ún. monogenetikus vulkánokat tartják számon. Ezen azt kell érteni, hogy a vulkán működési ideje alapvetően egyszeri magmafeláramláshoz köthető. Ezzel ellentétben a poligenetikus vulkánosság ugyanazon a helyen (pl. kürtő) évezredek át ismétlődő magmafeláramlások által keltett kitörések során felépített vulkánokat jelenti. A két típus közötti határ, persze, nem ilyen éles, és friss kutatások arra utalnak, hogy egy alapvetően maar vulkáni rendszer is (az esetek többségében) sokkal komplexebb vulkántípus. E kérdésre többek között a nyugat-magyarországi neogén, lemezen belüli vulkanizmus tanulmányozása is rávilágított.

Maarok kialakulásával két igen jellegzetes vulkáni környezet jön létre. Az egyik a maarkráter alatt kialakuló, erősen töredezett, visszahullott vulkáni törmelékekből, az egykori alapközetekből, illetve utólagos hidrotermális hatásokra elváltozott anyagok mállástermékeiből létrejött diatréma. Ezt a jellegzetes közet-típust a gazdasági földtan igen jól ismeri, mert az Afrikai-pajzs déli területén, Dél-Afrikában, Botswanában, vagy a Kanadai-pajzsban e közetek egyik típusa, a kimberlit tartalmazza a gyémántot. Sokáig, a kimberlit jellegzetes ásványtársulásaira alapozva, e közetet úgy modellezték, hogy egy speciális magmatípus, a magas gáztartalmú kimberlitmagma hozza létre, aktívan. Azaz, a magma a feláramlása során utat vág a földkéregben, és ennek az útnak a maradványa e közetbreccsa. Ezt ma már megkérdőjelezzik azok a kutatók, akik a víz szerepére

hívták fel a figyelmet. A magma és víz kölcsönhatásaként keletkező vízgőz feszítőereje óriási (gondoljunk a gőzgép erejére). Ez az erő az, ami kirobbantja az alapközetet, és a robbanás központja a kialakuló nyomáscsökkenés hatására felülről lefelé mintegy összetöri a kitörési csatornában lévő közeteket, egy akár néhány kilométeres hosszúságú vulkáni közetbreccsát hagyva maga mögött. E kitörések között csak egy speciális eset a gyémánttartalmú diatrémák kérdése, melyek gyémánttartalma a stabil, vastag és hideg közettáblákon áthatoló magmával hozható kapcsolatba.

### A maarok élete a robbanásos kitörések után

Természetesen a maarvulkánok fejlődése nem áll meg a robbanásos kitörések befejeztével. A kráter kialakulásában alapvetően nem a kirobbantott anyagoknak van szerepe, hanem a felszín alatti üregeknek, melyek instabillá teszik a vulkán kürtőjét, így a kitörés során amúgy is összetöredezett alapközetek egyszerűen beszakadnak. A maarkráter képződésében elsősorban e folyamatnak van szerepe. A robbanás maga csak destabilizálja a rendszert, mely azután összeomlik. Így a maarkráter lényegesen nagyobb átmérőjű is lehet, mint azt bármely, a robbanás energiáját kalkuláló összefüggésből várhatnánk. A gyakran mély kráter azonban a kitörések elmúltával tovább süllyedhet. Ez alapvetően két okra vezethető vissza: 1. a maarkráter alatt húzódó diatréma alapvetően frissen összetöredezett kaotikus közettörmelékkel áll, mely gyakran igen különböző fizikai tulajdonságú közetek halmaza, s köztük rengeteg hézag lehet; 2. a diatréma sok vizet tartalmazhat, mert a kitörés maga feltörte a felszín alatti vízzáró rétegeket, így azokból a kitörés után víz töltheti fel a diatrémazónát. Az első esetben nyilvánvaló, hogy amíg a diatréma nem kerül bizonyos fokú stabil helyzetbe, a benne lévő közetek lassan összeroskadnak. A diatrémát hirtelen kitöltő víz is ezt segítheti. A víz eltávozásával (pl. a vízbefolyás elzáródásával) további süllyedés is várható. Ugyanakkor a maar maga egy hirtelen támadt mélyedésként jelentős üledékgyűjtővé léphet elő. A gyakran 100–200 méteres mélyedést mind a felszín alatti víztárolókból belépő vizek, mint a felszíni vizek táplálhatják, így gyakran mély tó tölti ki a krátert. E tóban több tíz méter vastagságban tavi üledékek halmozódhatnak fel, gyakran vulkáni törmelékárrakkal, zagyárrakkal közbe települve, melyek súlya ugyancsak nem elhanyagolható a diatréma, és így a maarkráter kitörést követő süllyedés-történetében. A maartó igen különleges



Cerro Colorado, tufagyűrű

ökológiai fülkévé válhat, melyben a szárazföldi környezet változásait, így paleoklimatikus változásokat követhetünk nyomon, akár több százézer éves időtartamra vetítve. E fényképszerű, akár napi felbontású paleoklimatológiai jegyzőkönyv, mely egy maarban felismerhető, a felhalmozódott üledékek tanulmányozásával igen fontos geológiai jelenségekkel emeli a maarokat. A maarok kitűnőek a magma/víz kölcsönhatás tanulmányozására. Az elsődleges piroklasztit üledékeik alapvető kérdésekre adhatnak választ a piroklasztiszállítás, leülepedés és köztette válás problémáiban, míg a maartavi üledékek paleoökológiai és klimatológiai kérdésekben segíthetnek választ adni olyan kérdésekre, mint a globális felmelegedés/hűlés a földtörténet más időszakában. A maarok tanulmányozása jelenleg az egyik legkomplexebb kutatási területe a vulkanológiának.

### Mi más kapcsolatos a maarvulkanizmussal?

Maarvulkánok alapvetően bázisos összetételű (pl. bazalt) magma és felszín alatti vizek robbanásos kölcsönhatása következtében alakulnak ki. Ismertek olyan maarok is, melyek savanyúbb, pl. fonolit összetételű magmával kapcsolatosan keletkeztek. Ezen maarok ugyan ritkábbak, de pl. óceáni szigeteken, különösen az azok alapját felépítő pajzsvulkáni ciklust követő ún. posztpajzs-vulkanizmus során keletkező monogenetikus vulkáni mezők kialakulása során gyakoriak (pl. Kanári-szigetek).

Ha a felnyomuló magma eléri a felszín és a magma/víz kölcsönhatás a magma és a felszíni vizek között jön létre, akkor a vulkánkitörés csak sekély mélységű krátert nyit, mely egyáltalán nem, vagy nem jelentősen vág az alapközetekbe, mert a kitöréskor felépülő kúp az alapközet fölé emelkedik. Ilyen esetben tufagyűrűk keletkeznek, melyek igen szoros kapcsolatban állnak a maarokkal. Ugyanígy,

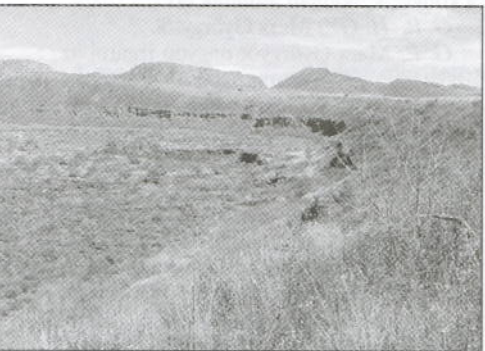


A Crater Elegante

amikor a feláramló magma jelentős mélységű (pl. mélyebb, mint a hullámbázis) vízbe nyomul, a robbanásokat a vízszlop súlya elfojtja, és a vulkáni törmelék szállítására a vízfenékre „szorítva” terítik szét anyagukat a tó, vagy tenger fenekén. Ezen kitérősek ún. piroklasztalombokat építenek fel, melyek lencseszerűen ülnek a víz fenekén. Azonban amint a piroklasztalom tovább épül, teteje fokozatosan kiemelkedhet a vízből, szabad utat adva a magának, mind kevesebb vízzel, de mind több vízes üledékkel érintkezve. A piroklasztalom felett egy meredeken dőlő vulkáni felépítmény, tufakúp épülhet fel. Ilyen pl. a Honolulu melletti Koko-kráter. Az egyik legszebb, tökéletesen feltárt, vízből kiemelkedő tufahalom, tufakúp található Utah állam északi részén (Pahvant Butte).

A maarvulkánok szoros kapcsolatban állnak a salakkúpokkal is. Salakkúpok alapvetően a magma kigázosodás miatt széttépett magma/láva fragmentumokból épülnek fel. Itt a magma/víz kölcsönhatásnak nincs, vagy csak alig van jelentősége. Egy maarban is felépülhet salakkúp azt követően, hogy a magma/víz kölcsönhatáshoz szükséges vízutánpótlás megszűnik (Rothenberg-salakkúp, Németország), vagy éppen egy salakkúpból is kifejlődhet maar, ha a salakkúp műkö-

A La Berna maar



dése során hirtelen víz jut a rendszerbe (Crater Elegante, Mexikó).

### Tudományos fórum mindenről, ami a maarvulkanizmussal kapcsolatos

A magyarországi maarkonferencián kiemelt hangsúllyal szerepelnek azon kutatások bemutatásai, melyek a maarok és azok üledékeivel foglalkoznak. Hallhatunk új eredményeket a negyedidőszaki maarüledékekről az észak-csehországi Eger-riftből. Az első dokumentált maarvulkánokat ismerhetjük meg a Kamcsatka-félszigetről, melyek a nagy rétegvulkánok árnyékában eddig kevés figyelmet kaptak. Hasonlóan üledékföldtani leírást láthatunk a közép-anatóliai ignimbrizmezőn keletkezett fiatal maarokról. Hogy a maarvulkanizmus klasszikus lelőhelye, a Vulkaneifel se maradjon ki, jénai kutatók mutatnak be fontos terepi megfigyeléseket maarvulkánok belső kráterfalán felismerhető beszakadásos folyamatokról. A mexikói vulkanológusok előadása ismét felhívja a figyelmet, hogy vulkáni veszélyforrás lehet egy maar is. Összehasonlítást láthatunk két mexikói maar vizsgálatáról (Crater Elegante – Cerro Colorado), melyek érdekessége, hogy mindkettő kialakulásában a magma/víz kölcsönhatás egy „száraz”, magmás gázok által vezérelt magmaszétválasztás után következett be. Hogy a hazai maarüledékek se maradjanak említés nélkül, a konferencián hallhatunk részletes beszámolót a Balaton-felvidéki Fekete-hegy környéki térképezésről, mely megerősíti, hogy a Fekete-hegy a középpontja egy igen komplex maarvulkáni szerkezetnek, ahol ugyanazon helyen több kürtő is működhetett.

Természetesen a diatrémák szerkezetének tanulmányozásairól is hallhatunk előadásokat. Norvég kutatócsoport ismertet néhány fontos új eredményt az Oslo-árokban szeizmikus szelvényeken felismerhető, jelentős vulkáni teleptelésekhez kapcsolható kürtőkről, melyeket a dél-afrikai, jura Karoo-bazaltokhoz kapcsolódó teleptelék mellett a felszínen is megtalálni vélnek. E felismerésből komoly paleoklimatológiai következtetéseket is levonnak. Itt hallhatunk elsőként összefoglaló leírást azon hatalmas freatomagmás piroklasztitmezőkről, melyek az Antarktiszon át több ezer km hosszan követhetők. Az új-zélandi Otago Egyetem kutatócsoportjának véleménye szerint a képződmények a Karoo-trapp-bazaltvulkanizmus idején a felszín közelében található nagy vastagságú nedves üledékekbe benyomuló óriási térfogatú magma freatomagmás robbanásos kitérései következtében jöttek létre, ún. széles, egymásba kapcsolódó freatomagmás

„megamaarokat” kitöltve. A diatréma-üledékek vizsgálatára alapozva a Würzburgi Egyetem kutatói arról számolnak be, hogy a maarvulkán hogyan modellezhető fizikai szempontból, mint egy gőzgép (maargép).

Mivel a maarok igen gyakran salakkúpmezőkkel kapcsolatosak, melyeken a maarok és salakkúpok közötti összes lehetséges átmenetet is képviselő vulkáni szerkezet is megjelenik, így a monogenetikus-poligenetikus vulkanizmus összehasonlítása is hangsúllyal szerepel a konferencián. Hallhatunk néhány előadást a bazaltok kormeghatározási problémáiról, mely kutatásokban az MTA debreceni Atommagkutató Intézet munkatársainak vannak jelentős eredményei a nyugat-magyarországi és dél-szlovákiai neogén bazaltvulkáni területekről. Szlovák példákat hallhatunk arról, hogy egy maarmedencében miként épülhet fel egy lávadóm, és az hogyan befolyásolja a maar üledékképződési környezetet. Hasonló jelenséget dokumentáltak Kanadából is, de ennek megfelelő leírásokat láthatunk a Keszthelyi-hegységtől északra eső vidékek vulkanológiai leírásaiban is. Klasszikus salakkúpmezők bemutatására is sor kerül a Rio Grande-rift (USA), illetve a Ceboruco-vulkán környezetéből is (Mexikó). A hazai kutatások között úttörő jelleggel hallhatunk az első eredményekről a dunántúli neogén bazaltok börtartalmáról, és azok lehetséges értelmezéséről.

Hallhatunk a szeizmikus módszerektől a mágneses módszerekig mindenről, melyek az eltemetett maarok felismerésében segíthetnek. Az előadók olyan típusokról adnak hírt, mint Új-Zéland, Dél-Németország, vagy éppen Szlovákia. Érdekes ötlettel találkozhatunk az Amerikai Geológiai Szolgálat munkatársától, aki arra hívja fel a figyelmet, hogy abban az esetben, amikor a magma a felszínközeli kerület kapcsolatba a nedves, sárszerű üledékkel, akkor igazi fizikai értelemben vett robbanás helyett sokkal inkább az olvadék „átló” ezen zónán, miközben darabokra tépdök.

A maarok gazdaságföldtani jelentősége sem marad figyelmen kívül. Gyémántlelőhelyek Kanadából, vagy aranylelőhelyek Romániából a legfontosabbak a bemutatottak között. A maarvulkanizmus vulkáni katasztrófarehetőségeiről láthatunk általános összefoglalót, Fülöp-szigeteki példakkal láthatunk alátámasztva. A konferencián a maarvulkanizmussal kapcsolatos természetvédelmi problémák tárgyalásaként az elsők között láthatunk bemutatót a Balaton-felvidéki Nemzeti Park terveiről egy vulkánpark létrehozására. Hasonló tervek első eredményeiről hallhatunk német, szlovák és mexikói példákból.