

A magyarországi bentonitok keletkezési lehetőségeinek áttekintése

(A vonatkozó irodalmi és kéziratoss adatok, valamint saját megfigyeléseink alapján)

JÁMBOR Áron, KOVÁCS-PÁLFFY Péter, KÓNYA Péter

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14,
e-mail: kovacs.palfy.peter@gmail.com, konya.peter@mfgi.hu

Review of the genetic possibilities of Hungarian bentonites

(Based on the data of existing literature and manuscripts, and on observations gathered for the paper presented below)

Abstract

This paper presents details about the known bentonite occurrences in Hungary. The definition of bentonite is determined, as well as its main laboratory and industrial characteristics. The earlier known forms of the processes involved with bentonitization and their main base elements are also mentioned.

The genetic types of Hungarian bentonite occurrences are presented in detail and these are illustrated with examples. According to the investigations carried out for this study, 171 bentonite occurrences can be found in Hungary and these belong to thirteen genetic types.

Keywords: Hungary, bentonite, genetic types, pyroclastite, volcanism, geological ages

Összefoglalás

Dolgozatunkban a Magyarországon eddig megismert bentonit-előfordulásokat mutatjuk be. Meghatároztuk a bentonit fogalmát, annak laboratóriumi és ipari jellemzőit. Bemutattuk a bentonitosodás szakirodalomban eddig használt modelljeit és fontosabb alapelemeit.

Részletesen bemutatjuk a magyarországi bentonit-előfordulások általunk kialakított genetikai típusait, példákkal illusztrálva. Ennek megfelelően térképen és táblázatban tüntetjük fel a 171 lelőhely fontosabb adatait.

Kulcsszavak: Magyarország, bentonit, genetikai típusok, piroklastit, vulkanizmus, földtani kor

Bevezetés

A bentonit elnevezés KNIGHT-tól származik (1898), aki a Wisconsin állambeli Fort Benton mellett a kréta üledékek közé települő különleges agyagkőzetet nevezte el így. Ez aztán a 20. század elején sok országban lassanként kiszorította az ösztönös geológia által már több mint két évezred óta meghonosított helyi neveket.

Hazánkban is régóta ismerték már ezt a kőzetet „fullerföld”, kallóföld, ványolóföld, derítőföld, csapóföld, szappanosföld, kővelő, esztonit stb néven.

A bentonit különleges, többnyire üledékes, ritkábban hidrotermális környezetben megjelenő kőzet, amelyet *terepen*, szabad szemmel, illetve kézi nagyítóval nagy (az 50%-ot

általában meghaladó) agyagfrakció (0,005 mm átmérőjűnél kisebb szemcse)-tartalma (és a bezáró összlet kőzeteitől eltérő színe) alapján lehet többé-kevésbé biztosan felismerni és megkülönböztetni a közönséges pelites kőzetektől, amelyek (majdnem mindig) durvább szemcseösszetételűek.

Ugyan a kaolinnak és a bauxitnak is hasonlóan nagy az agyagfrakció-tartalma, de előbbi fehér, utóbbi vörös színe, továbbá eltérő megjelenési környezetük segítségével szabad szemmel is többnyire elég megbízhatóan különíthetők el, mert a bentonitok általában halvány zöldesszürke színűek.

Sok esetben azonban a bentonit megbízható meghatározását csak röntgendiffrakciós, illetve termoanalitikai vizsgálat teszi lehetővé (NAGY 1954, FÖLDVÁRINÉ 1958, NEMECZ 1973).

Ipari szempontból bentonitnak az olyan agyagkőzetet nevezzük, amely egyrészt sok és nagyon kis szemcseeloszlású montmorillonit vagy rokon agyagásványt tartalmaz, és ennek következtében általában különleges tulajdonságokkal, mint derítőképesség, duzzadóképeség, kationcserélő képesség, nagy viszkozitás, kis vízleadás, jó peptizáció, nagy fajlagos felület, nagy nyerskötőképesség, ragasztóképesség, tixotróposság stb. rendelkezik. Ezek a sajátosságok azonban az esetek többségében (Ca- és Mg-bentonitok esetében) csak szódás vagy savas kezelés, aktiválás után teljesednek ki.

Láthatjuk tehát, hogy a bentonit kőzet terepi meghatározása a bányászat számára nem ad olyan megbízható alapot, mint a fekete kőszén, vagy a tömeges ércek. Csak laboratóriumi, vagy ipari minősítő vizsgálatok alapján lehet biztosan megállapítani, mi minősül bentonit nyersanyagnak, és mi meddőnek.

Hazai kutatástörténet

Magyarország gazdag bentonit-előfordulásokban, szinte az ország egész területén, a pleisztocén képződményektől egészen a triászig.

Hazánkban először SZABÓ (1879) a budatétényi szarmata, cerithiumos mészkőrétegek közé települő vékony „biotit-trachit tufa” rétegen figyelte meg, hogy az nagyrészt „zöldes agyaggá mállott”. Megfigyelését HOFMANN (1871) a budai-hegységi eocén tufa hasonló elagyagosodásának észlelése alapján megerősítette. Bár nyilvánvalóan felismerték, hogy különleges képződményekről van szó, külön közzétani nevet nem adtak nekik.

Ithon a bentonit kőzetelnevezést először SCHMIDT írta le 1933–1935-ben Csepel-szigeti fúrások szarmata képződményeiben (de csak 1939-ben publikálta!), majd VENDL M. 1937-ben deklarálta annak a fullerfölddel vagy a derítőfölddel azonos voltát, amelyet Budatétényben ezt megelőzően már hosszú ideje használhattak, hiszen Klein Elemér vállalkozó 1933-ban már foglalkozott a nagytétényi bentonit felkutatásával-bányászatával, majd itt 1937-ben derítőföld gyárat létesített a szarmata mészkőrétegek közötti bentonitbetelepülés felhasználására.

VENDL M. (1938a) egyidejűleg a fertőrákosi Lajta Mész-kőben is azonosított vékony bentonitbetelepüléseket.

VITÁLIS S. (1938f) az egyik salgótarjáni vízkutató fúrásban az alsó riolittufa agyagos elváltozását észlelte, de annak bentonitos voltát még nem állapította meg.

A Tokaji-hegységben először 1936-ban, a pirit- és kaolinkutatás közben ismerték fel a fullerföldet, majd 1937-ben feltárták egy komlóskai kutató vágatban (Máriatáró), aminek termelését mélyfúrás-, szappangyártási- és öntödei felhasználásra indították be (FRITS 1949, BARNA 1952a).

Pár évvel később Mádton feltárták a rátkai és később a koldui bentonit-előfordulásokat. Ez utóbbi bányákból az első bentonitszállítványok 1941-ben öntödei, 1942-ben, pedig szappantöltő anyag céljaira szolgáltak.

1938-ban a salgótarjáni Kőszénbánya Rt. kutatót a bándi Farkasóli-dűlőben (GEDEON 1949), majd 1939–1940-ban a Terrachemia vállalat több fúrást mélyített a bándi-medencebeli bentonit megkutatása céljából (BARNA 1952b).

Az istenmezei telep már 1922-ben is ismeretes volt, azonban szállítási problémák miatt elhanyagolták. Majd 1937–1938-ban Szentes Ferenc térképezte ezt a területet, és részletesen jellemezte (SZENTES (1943, 1947, 1956) az akkor még felső-oligocénnek tartott alsó-miocén (SZTANÓ & TARI 1993) bentonit-előfordulást.

A későbbiekben ez a telep adta Magyarország szükségletének és exportjának nagy részét (BARNA 1952a).

SZÉKYNÉ FUX (1948) Budapest-Kőbányán ismerte fel a budatétényivel azonos szintbeli szarmata bentonitot.

Az egész ország érdemi nyersanyagait bemutató számos tanulmány közül először SCHMIDT (1947) említette meg a bentonit budatétényi és a tokaji-hegységi lelőhelyeit.

Barna János kezdeményezésére 1949-ben megalakult a Bentonit Bizottság a hazai bentonitkutatás megtervezésére és ellenőrzésére.

A hazai bentonitok a múlt század ötvenes éveinek elején kerültek előtérbe. A szocialista nehézipar építéséhez erre a nyersanyagra is egyre nagyobb szükség lett. Annál is inkább, mivel a hazai felhasználók ezt megelőzően az USA-ból vásárolták azt, de az 1945–1990 közötti hidegháború időszakában gyakorlatilag lehetetlenné vált a beszerzése.

Az ekkoriban intenzívebbé váló földtani kutatások során, több helyen találtak bentonit-előfordulást hazánkban. DANK (1953) a Herend–Szentgáli-medence torton szentlepes összletéből ismertetett több szintben megjelenő bentonitbetelepüléseket. Ezzel egyidejűleg BEM (1953) a tokaji-hegységbeli komlóskai bentonit-előfordulásról számolt be, melyet aztán SZÉKYNÉ FUX (1957b) és KULCSÁR (1957) tovább vizsgáltak. Tolcsva környékén VARJÚ (1957) térképezett bentonitot.

BARNA (1956b) és BARTKÓ (1961–1962) megtalálták a Salgótarján környéki eggenburgi–ottnangi alsó-riolittufából képződött Na-bentonitot, továbbá BARNA (1956a) felismerte a felső-pannóniai összletben az első bazaltbentonitlencsákat a Bakony-hegységi Monostorapáti mellett, majd VÉGH (1961) a bándi, ódörögdi, várpalotai és herendi miocén lelőhelyekről adott rövid áttekintést. KÓKAY (1966) a bándi bentonit pontos (késő-badeni) korát határozta meg.

A mád–koldui (BARNA 1952a, b), végardói (FRITS 1959) és a komlóskai előfordulások jobb ismertségi foka eredményeképpen felfejlődött a bentonit bányászata és ipari feldolgozása is megindult.

A komlósi helvétai andezit hasadékaiból TOKODY 1955-ben hidrotermális genetikájú bentonitot írt le. Ez Magyarországon újdonságnak számított, elsősorban az irodalmi ismeretek hiányában. Ezideig hazánkban a bentonitok keletkezésére a halmirolízis elméletét fogadták el (VENDL 1937, 1938a, b; VITÁLIS I. 1937; SZÉKYNÉ FUX 1948).

SZÁDECZKY KARDOSS (1958) a korábbi irodalmi adatok alapján áttekintette a vulkáni kőzetek elváltozási folyamatát és rögzítette, hogy a bentonitok egyrészt halmirolitikusan,

másrészt posztvulkáni hidrotermális folyamatok hatására a vulkanitokból képződnek.

A halmirofizis (HUMMEL 1922) fogalmával kapcsolatban azonban megjegyzendő, hogy ez az elnevezés pontatlan, mert jelentése szerint csak a tengeri képződményeket foglalja magában. Sokkal átfogóbb NEMECZ (1973) hidrogenetikus fogalma, mert az egyaránt magában foglalja a vulkáni tufákból folyóvízi, tavi, csökkent sós vízi, normál sós vízi és hiperszalin körülmények között képződött bentonitokat.

Az alginít kutatások melléktermékeként fedezték fel a kemenesháti bazaltbentonit-telepeket (BENCE et al. 1979; SOLT 1988, 1989), majd a Sajó-medencei (Sajóabony) szarmata bentonitok kőzetek kutatása is megkezdődött (PÜSPÖKI et al. 2005, 2008).

Kiseb előfordulásokat találtak Dél-Zalában (DANK 1962), a Keleti-Mecsekben (RAVASZNÉ BARANYAI 1962, 1964; FÖLDI 1966), a Mátyás-Zsámbéki-medencében (JÁMBOR 1977), a Nyugati-Mecsekben (CHIKÁN 1991, HORVÁTH et al. 1998), a Keleti-Mecsekben, a hidasi torton kőszéntelepes összetételben (HÁMOR G. 1970), Szirákon (HÁMOR T. 1992), a Borsodi-medencében (RADÓCZ 1969, PÜSPÖKI 2003), a budapesti Metró előkészítő fúrásaiban (BUBICS 1978, SZLABÓCZKY 1989, HALMAI 1974), a Mátrában (BÁRDOSY & HAJÓS 1963), Cinkotán (SZATMÁRI 1962).

A következő 25–30 év alatt a bentonit-perspektívák meghatározása érdekében bizonyos területeken, mint Erdőbénye–Sima és Pétervárasza környékén, új külfertéses művelésre alkalmas bentonittelep került megismerésre. Hasonlóképpen Egyházaskeszőn és Várkeszőn egy-egy maar kráterekhez kapcsolódó felső-pannóniai bentonit-előfordulást kutattak meg. A későbbiekben a fejlesztések eredményeképpen Rátka–Herceggövesen kvarcit- és bentonitbánya létesült (ZELENKA 1998, 2011).

A bentonitok kutatásának másik iránya a laboratóriumokban folyt. NAGY 1954-ben, először a Magyar Állami Földtani Intézetben, majd CSAJÁGHY et al. 1957-ben határozták meg több előfordulás (Istenmezeje, Bánd, Komlóska, Mád–Koldu) bentonitjainak montmorillonit-tartalmát röntgendiffrakciós, termoanalitikai és mikroszkópos módszerek együttes alkalmazásával, majd NEMECZ (1973) számos új kémiai és fizikai jellemzőit ismertette.

BARNA (1952a, b, 1956a, b, 1957, 1965–1966) a Bányászati Kutató Intézetben fontosabb bentonit-előfordulásaink sokoldalú rendszeres vizsgálatát végezte, hogy ezek felhasználhatósága minél többféleképpen váljon lehetővé. JUHÁSZ (1989) a kemenesháti bentonitok ipari alkalmazhatóságáról számolt be. ZELENKA & JUHÁSZ (1998) a magyarországi nemfémes ásványi nyersanyagok földtani és ásványelőkészítésének kutatásairól készített összefoglaló anyagot.

A sokféle vizsgálat eredményeként magas színvonalú terepi földtani összefoglalások születtek (MÁTYÁS 1966a, b, 1970, 1973, 1975; CSILLAG & ZELENKA 1989; ZELENKA 1994; SOLT 1996 stb.) és az agyagásványok tulajdonságait és genetikáját összefoglaló művek láttak napvilágot (NEMECZ 1973, VICZIÁN 2010).

Az egész Kárpát-medence legfontosabb bentonit-előfordulásait KOVÁCS-PÁLFFY (1998) mutatta be, egyelőre még kéziratban lévő, a terepi és a laboratóriumi vizsgálataira egyaránt széleskörűen támaszkodó munkájában. A hazai előfordulások általános ásványtani, geokémiai, rétegtani és tektonikai helyzetét PÜSPÖKI et al. (2005, 2008) mutatták be.

A gazdasági szükségszerűség és a hazai bentonitok gazdag felhasználási lehetőségeinek felismerése nyomán több magyar szakember foglalkozott a bentonitok, sőt a kapcsolódó egyéb agyagásvány-telepek (kaolin, illit, beidellit, rectorit) keletkezésének kérdésével is (NEMECZ 1973; NEMECZ & VARJÚ 1963; VARJÚ 1964–66, 1966; MÁTYÁS 1966a, b, 1975; BENCE et al. 1979; SOLT 1988; ZELENKA 1994).

Ami a bentonitok felhasználását illeti, hazánkban valószínűleg csak a 19. század második felében alkalmazták az ipari üzemek kis mennyiségben „fullerföldet” (bentonitot), elsősorban a textil- és az élelmiszeriparban. Az ipar fejlődésével és egyre sokrétűbbé válásával mind több területen fedezték fel ennek a különleges kőzetnek a sokoldalúságát.

A bentonit hasznos tulajdonságai lelőhelyenként eltérőek a szerkezeti felépítés, töltéseloszlás, a kationok milyensége, szemcseméret stb. különbözősége és változatossága folytán. A mindenkori alkalmazásnak legmegfelelőbb tulajdonság elérése érdekében a bentonitokat fizikai és vegyi feldolgozásnak vethetik alá. Ez az osztályozástól, szárítástól és őrléstől kezdve a savakkal, alkáli elemekkel és szerves anyagokkal történő aktiválásig terjedhet.

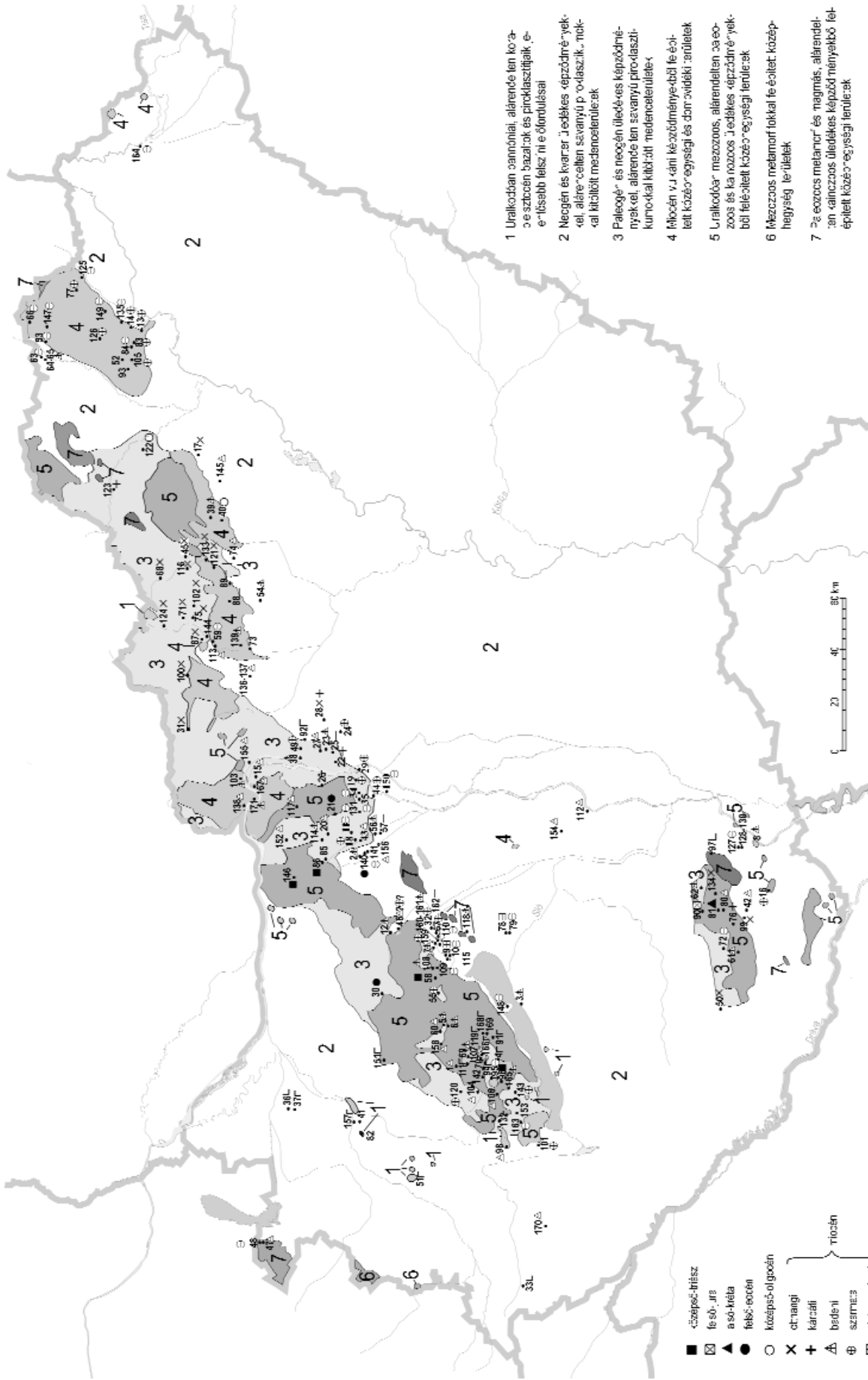
Az itthon termelt bentonitok fő felhasználási területei: öntődei, derítőföld, fúrási, vízpítési, talajjavítási, organofil és gyógyászati bentonit voltak (VARJÚ 1964b, 1966). Magyarországon a kitermelt bentonit mennyiség 90%-át három fontos területen alkalmazták: derítőföld, mélyfúrás és öntődei ipar (SOLT 1983), kisebb mértékben a műtrágyaiparban.

A bentonitok fontosabb felhasználása a következő területeken valósul(hat) meg: mezőgazdaság, talajjavítás, környezetvédelem, építőipar, élelmiszeripar, takarmányipar, hobbi és kisállat alom, öntészet-öntőde, festékipar, kerámia ipar, műanyagipari töltőanyag, heterogén katalizátor-hordozók.

A kérdéskör hazai földtani, bányászati és technológiai helyzetképét 1986-ban tíz szakember részvételével a Magyarhoni Földtani Társulat alkalmi bizottsága állította össze (DORMÁN et al. 1987). Mindezek a dolgozatok elsősorban a tokaji-hegységi savanyú-intermedier és a dunántúli bazaltos vulkanizmusához közvetlenül kapcsolódó bentonit-előfordulásokkal foglalkoztak, mivel gyakorlati szempontból ezek voltak a legnagyobb jelentőségűek.

Jelen munkánkban igyekeztünk a többi hazai előfordulás alapadatait is összegyűjteni és ezek körülményeinek együttes értékelésével áttekinteni a bentonitok keletkezési lehetőségeit.

Adatgyűjtő munkánk a korábbi évek terepi megfigyeléseire, földtani, térképezési és ipari kutatásokra, továbbá természetesen a tárgykorban született adattári jelentésekre és a publikációkra támaszkodott. Ezekből állítottuk össze az



1. ábra. Magyarország bentonit előfordulásai (az előfordulások sorszámai azonosak az I. mellékletben szereplőkkel)

Figure 1. Bentonite occurrences in Hungary (the number of occurrences is equal to those in Enclosure I.)

1 – Basins filled with Neogene and Quaternary sedimentary formations and subordinately with acidic pyroclastic rocks, 2 – Basins filled with Neogene and Quaternary sedimentary formations and subordinately with acidic pyroclastic rocks, 3 – Basins filled with Paleogene and Neogene sedimentary formations and subordinately with acidic pyroclastic rocks, 4 – Hilly and mountain regions with dominantly Mesozoic, subordinately Palaeozoic or Cenozoic sedimentary formations, 5 – Mountains with Palaeozoic igneous and metamorphic formations subordinately with Cenozoic sedimentary sequences

1. mellékletet és a hozzátartozó térképet (1. ábra), amelyek a hazai előfordulások főbb adatait tartalmazzák (földtani kor, kiindulási kőzet, genetikai típus, települési mélység, gazdasági jelentőség). Ezek — kiegészítve a néhány leglényesebb erdélyi adattal (KOVÁCS-PÁLFFY 1998) — értékelése alapján alakítottuk ki a hazai bentonitok keletkezési rendszerét. A táblázatban a bentonitelfordulásokat elsőként publikáló szerzők neveit szerepeltetjük.

Bár viszonylag sok időt fordítottunk az irodalmi, továbbá az adattári kéziratos anyagok feldolgozására természetesen nem állíthatjuk, hogy táblázatunk teljes. A sok ezernyi, túlnyomórészt teljesszelvényű módszerrel mélyített víz- és szénhidrogénkutató fúrás dokumentációját több év munkájával sem lehetne tételesen áttekinteni. A szilárdásványi nyersanyagkutató fúrások ezreiből kénytelenek voltunk csak a publikációkban fellelhető adatokat és az interpretációs lehetőségeket felhasználni. Mégis tekintettel a bentonitelfordulásokról készült eddigi összefoglalások óta eltelt időre (VARJÚ 1964–1966, 1966; VÉGHNÉ 1967; GRIM & GÜVEN 1978; DORMÁN et al. 1987; ZELENKA 1994) és táblázatunknak az előbbieknél lényegesen nagyobb területet felölelő voltára, indokoltnak látjuk az alábbi genetikai elképzeléseink felvázolását.

Dolgozatunkban nem foglalkozunk a bentonitok ásványtani-kőzettani, geokémiai, teleptani és alkalmazhatósági jellemzőivel, ezeket reményeink szerint majd későbbi közleményekben mutatjuk be.

A bentonitok keletkezésének alapelemei

A bentonitok eddigi ismereteink szerint mindig másodlagos képződmények, amelyek különböző kőzetek arra hajlamos ásványainak (kőzetüveg, földpát, piroxének, amfibolok stb.) agyagásványosodásával keletkeznek üledékes, vagy hidrotermális környezetben. A bentonit képződéséhez elsősorban tehát megfelelő kőzet szükséges. A montmorillonit és a többi rokon agyagásvány (nontronit, beidellit stb.) főként vulkáni kőzetek, azokon belül is a nagy üveg tartalmú vulkáni tufák, másodsorban különböző eredetű, földpátokban gazdag kőzetek — magmatitok, metamorfitek — víz hatására történő elagyagásványosodása (átalakulása) következtében keletkeznek.

Az 1950-es évekig ezt a nyersanyagot Magyarországon „fullerföld”-nek nevezték, az azonban attapulgitot tartalmazó kőzet (ÁRKOSI & BARNA 1952), míg a hazai előfordulásaink montmorillonitot tartalmaznak.

Ha a fentiek szerint képződött új kőzetben a montmorillonit mennyisége számottevő (25–90%), akkor bentonitról beszélünk. Némely kőzet már 25%-nyi montmorillonittartalomnál is mutathat olyan különleges tulajdonságokat, amelyek a kőzetet (aktiválása után) derítőföldként, öntödei formák készítésénél, fúróiszap stabilizálásánál stb. felhasználhatóvá teszik.

A hazai gyakorlatban ipari bentonitnak tekintették az olyan agyagos üledékes kőzetet, amelynek montmorillonittartalma meghaladta a 20–25%-ot, de a bentonitoknak

legalább 50% montmorillonit tartalma kell, hogy legyen [VARJÚ 1964–1966, VARJÚ 1966 in JANTSKY (szerk), VICZIÁN 2010]. Más vélemények szerint az adott kőzet montmorillonit-tartalmának el kell érnie a 75%-ot (ÁRKOSI & BARNA 1952, BARNA 1952a), ahhoz hogy bentonitnak nevezhessük. A magyar szabványok 50% montmorillonittartalmat követelnek meg (SOLTI 1983).

Áttekintve az I. melléklet adatait megállapíthatjuk, hogy bentonitelfordulásaink 77%-a riódácitos vulkanitokhoz, ezen belül egy kivétellel a piroklasztitokhoz kötődik. Gyakoriság szerinti sorrendben a bazaltos vulkanitok (14%) következnek, s az andezitekhez kötődők részaránya a legkisebb (9%).

Kor szerinti megoszlásuk szerint a miocén korú bentonitelfordulások részaránya 79%. Ezen belül a kora-miocén (ottnangi–kárpáti) 14%, a középső-miocén (badeni) 35%, a késő-miocén (szarmata, kora-pannóniai) 30% képviseli. A mezozoikumban (középső-triász, késő-jura és kréta) 4%, a paleogénben (késő-eocén, középső-oligocén) 3%, a késő-pannóniai–pleisztocénben 14%-uk alakult ki.

A bentonitok túlnyomó részének anyagozetét adó piroklasztitok földtani helyzete alapvetően háromféle lehet (BALLA et al. 1977), ami az agyagásványosodás szempontjából is meghatározó:

1. A rétegvulkáni felépítményt alkotó, a kitérés központtól csak kis távolságra (0,1–5 km) eljutott andezites, bazaltos összetételű általában durvaszemű tufák.

2. A vulkáni kitérés során általában közepes távolságra (5–50 km) gördülő felhőkben (pirokalasztárként) eljutó, s azokból lerakódott savanyú (riolitos, dácitos) kemizmusú, nem összesült közepes szemcseméretű tufák.

3. A kitérés során az atmoszférába került és a szelek szárnyán nagy távolságra (10–300 km) elszállított, majd onnan lerakódott, többségében finom–aprószemű, uralkodóan ugyancsak riolitos–dácitos összetételű tufák. Ezek négy rétegtani szintben jelentkeznek: az eggenburgi-ottnangi, a kárpáti–badeni határon, valamint a szarmatában (CSILLAG & ZELENKA 1989), és az alsó-pannóniaiban (RADÓCZ 1969, ill. JÁMBOR 1977).

Az első csoport piroklasztitjai a fluidumforgalom szempontjából sok esetben kapcsolatban maradnak a kitérés csatornák magas hőmérsékletű vizeivel, gőzeivel, amelyek ezekbe beszivárogva megeremtik az agyagásványosodás lehetőségét.

A vulkáni kitérés központok körül felépülő kiemelkedések lepusztulása jószereivel bármilyen éghajlati körülmények között azonnal megkezdődik. A lehordott, áthalmazott vulkanittörmelékek a síkságokra érve különböző (folyóvízi, tavi, tengeri) vizes környezetben rakódnak le.

A második csoport gördülő felhőből lerakódott tufa rétegei messze eljuthatnak a kitérés központoktól. Annak közelében nagyrésztük összesül, a távolabbi területekre eljutott és ott lerakódtak laza, viszonylag jó vízvezető képességű üledékréteget alkotnak. Ezek vastagsága a morfológiai süllyedésekben szárazföldön, vagy vízi környezetben is nagyobb lesz, mint a kiemelkedéseken. Az agyagásványosodásra elsősorban a vizes közegbe lera-

kódott, jó vízvezető tulajdonságú rétegekben kerül sor.

A harmadik csoport hullott tufái viszonylag azonos vastagságú rétegben borítják be a szárazföldi felszínt. A vízzel borított üledékgyűjtők süllyedékeiben az áramlási viszonyok miatt a hullotttufa-rétegek vastagsága általában megnövekszik, a kiemelkedéseken pedig lecsökken. Bentonitosodásra elsősorban a nagy dinamikájú, mozgásokkal jellemzett vizes környezetben kerülhet sor. Ilyenek a parti hullámveréses zónák, a víz alatti hordalékkúpok.

A piroklasztitokból a bentonitképződés elsődleges- (szin- és diagenetikusan), másodlagos- (hidrotermális elváltozási övek) és harmadlagos úton (áthalmazott) történt (VARJÚ & NEMECZ 1976, CSILLAG & ZELENKA 1989, ZELENKA 1994).

A pelites üledékképződéssel jellemzett süllyedékekben a bentonitosodás általában csak elkezdődik, de kellő mennyiségű víz hiánya miatt csak ritkán tud teljesen végbemeni. A tufarétegek összességében csak 3–7%-nyi, a bentonitok viszont 12–17%-nyi H_2O -t tartalmaznak. A tufarétegben bezáródó rétegvíz így nem elegendő az agyagásványok kiépüléséhez, s a fekü és fedő pelitjei pedig általában vízzárók.

Az állóvízi üledékgyűjtők partközeli részeinek — a nem piroklasztit anyagú — üledékei között ismételtelen megjelenhetnek a közeli lepusztulási területről rendkívüli időjárási események következtében behalmozott — többnyire tisztán piroklasztit összetételű (nek tűnő) — vagy kevert, tufitos betelepülések, amelyek a korábbi mállási hatások következtében bentonitosodásra többnyire már alkalmasabbak, mint a hullott tufák. Így értelmezhető egy-egy azonos felépítésű rétegsorban tufa- és bentonitrétegek egymáshoz közeli megjelenése. Továbbá az is, hogy a partoktól távolabbi területeken sokkal kevesebb tufaszint jelenik meg, mint az egykori partközeliekben.

A piroklasztikumok után a második leggyakoribb anyag-közet csoportot azok az üveges (alap)anyagú láva eredetű kőzetek alkotják, amely hasadozottságuk következtében alkalmasak a mélyből feltörő magas hőmérsékletű (utó)-vulkáni fluidumok átvezetésére.

A bentonitosodás — agyagásványos átalakulás — folyamata azonban nem csak a kőzetüveg és földpát alkotókat érinti, hanem előrehaladása során az anyaközet többi ásványi alkotóinak túlnyomó részét is elbontja.

A vulkáni tufáknak a mállással szemben legellenállóbb ásványai, mint a cirkon, az apatit, a kvarc, a biotit, a magnetit és az ilmenit — egyelőre vizsgálatok hiányában ismeretlen mennyiségű része — a bentonitosodási folyamat végbemenetele után, azaz még a bentonitban is megtalálható. Az olivin, a piroxének és amfibolok a bentonitképződési folyamat áldozatául esnek, agyagásványokká, és/vagy Fe-oxi-hidroxidokká alakulnak át. Az átalakulás a bentonitoknak a tufákénál lényegesen nagyobb H_2O -tartalma miatt allokimikusnak tűnik. A színes ásványok Fe, Mg, Al, Zr, P, Ti stb. elemeinek sorsára eddig nem történtek részletes vizsgálatok. Egy részük nyilván beépül az agyagásványok

kristályrácsába, más részük, pedig az agyagásványlemezek közötti térben helyezkedik el, esetleg eltávozik a bentonit rétegből.

A keletkező montmorillonit felépítése után maradó SiO_2 -ből főleg krisztobalit, ritkábban tridimit képződik, illetve a rétegvízbe, vagy a migráció számára még elérhető üledékgyűjtő vizébe kerül át.

A bentonitok kialakulásához az anyaközetten túl, elengedhetetlenül szükséges alkotó elegyrész a víz. Ez alapvetően háromféle lehet: 1. gőz, 2. meleg, vagy 3. hideg hőmérsékletű víz. A forró gőz és a meleg víz már csak a kémiai folyamatokat gyorsító magasabb hőmérséklet következtében is hatékonyabban segíti elő az agyagásványosodást. A gőzöknek a kőzetek pórusaiba, hasadékaiba való behatolási képessége is jelentősen nagyobb, mint a különböző kemizmusú (CO_2 , H_2S , Cl_2 , F_2 , CH_4 , Na_2CO_3 , HBO_3 , NH_4 stb. tartalmú) vizeké.

A forró vizeket, a gőzöket és a gázokat a vulkáni környezetben hidrotermák, fumarolák, mofetták szolgáltatják, amelyek itt nem csak a piroklasztitokat, hanem a láva eredetű, vagy egyéb kőzeteket is agyagásványokká alakíthatják. Feltűnő, hogy ez az átalakulás egyes esetekben nagyon rossz vízvezető képességű kőzetekben is bekövetkezhessen.

A forró fluidumokban lévő sokféle oldott anyag erőteljesen befolyásolja ezeknek a kőzetre gyakorolt hatását, az agyagásványosodás mikéntjét. Ma még azonban kevésbé ismert, hogy miért képződik egyes esetekben montmorillonit, máskor meg illit, kaolinit, vagy rectorit. Egyes irodalmi adatok szerint (NEMECZ 1973, ZELENKA 1994) a savas közeg a kaolinit, a lúgos közeg a montmorillonit kialakulásának kedvez.

Meleg víz hatása alá kerülhetnek a vulkánoktól távoli karsztos területek egyes bentonitosodásra alkalmas kőzettestei a medenceperemeken a medencefejlődési folyamatok eredményeként feltörő langyos források működése következtében.

A medence belsejébe szórt, vulkáni tufarétegek a süllyedés, illetve az egyéb tektonikai mozgások hatására bekövetkező rétegvíz-áramlási változások következtében a későbbi korokban meleg víz többletet kaphatnak, s így részlegesen bentonittá alakulhatnak át.

A hazai bentonitok kor szerinti jellemzése

Az I. mellékletben felsorolt magyarországi bentonit-előfordulások kivétel nélkül vulkáni tevékenységhez kapcsolódnak, vagy csak a kiindulási kőzetük keletkezése révén, vagy annak posztvulkáni hatásra történő átalakulása következtében is.

Hazánk területe a földtörténet során vulkáni kitérésekben gazdag volt. Paleozoos (ordovíciumi, devon és permi) képződményeinkben ugyan előfordulnak vulkáni tufák, de ezekhez az eddigi megfigyelések szerint bentonitok nem kapcsolódnak, annak ellenére sem, hogy a Görcsönyi-

hátság fiatal üledékekkel fedetten jelentős méretű permi riolitos vulkáni felépítmény található.

Hegységeink többségének felépítésében nagy szerepe van a triász képződményeknek, de eddig csak a Dunántúli-középhegységben, pontosabban a Bakonyban (ILLÉS & KOBLENCZ 1954) és a Gerecsében figyeltek meg a középső-triász rétegek közötti, karbonátplatform környezetben képződött tefra eredetű, jelentéktelen vastagságú bentonitokat. Triász vulkáni tufák ugyan a Bükkben is ismertek, de bentonitokat eddig nem találtak közöttük.

Jura képződményeink között (CSÁSZÁR Géza szóbeli közlése) kizárólag a Mecsekben, a felső-jura Mávári Mészak Formáció alatti helyzetben a Csörge-patak bejáratánál ismertek zöld bentonitos agygrétegek.

A délkelet-dunántúli alsó-kréta bazaltok között jelentős elterjedésük és fációs gazdagságuk (CSÁSZÁR 1997, 2002) ellenére csak kismértékű agyagásványos elváltozást mutató bazalttufák kerültek elő a Hidasivölgyi Formációból (CSÁSZÁR 1997).

A Dunántúli- és az Északi-középhegység eocénjében is ismertek andezites vulkanitok, bentonitokat eddig Budakeszi (HOFMANN 1871), Tabajd (SZABÓ 1969) és Csesznek körzetében találtak. Kiseb méretű bentonitosodás figyelhető meg a Mátra hegység északkeleti részében (Recsktől DK-re: Tiszta-far-tető, Miklós-völgy), ahol az alsó riolittufa vízbe hullt alsó részében bentonitos lencsék és zsinórok ismertek fel (KUBOVICS 1964). A recski eocén korú ércesedéssel kapcsolatban bentonitosodás is kialakult (GEDEON 1949).

Az alsó-oligocén Tardi Formációban Budapest környékén már régen felfedezték a vékony — milliméteres–deciméteres — andezittufa-betelepüléseket, amelyek egy része többé-kevésbé bentonitosodott (LÖRENTHEY 1903).

Eger–Demjén körzetében a Kiscelli Formáció 4. foraminifera szintjében közbetelepülő mangánkarbonátos rétegek kutatása során találtak centimétertől kétméteresig terjedő vastagságú, zöldesszürke–sötétszürke színű andezittufa eredetű lencsés kifejlődésű bentonitrétegeket (PANTÓ & MOLNÁR 1954, MOLNÁR 1953).

Vulkanitokban neogén képződményeink a leggazdagabbak.

Négy nagyelterjedésű riolácitos tufaszint (alsó = Gyulakeszi Formáció, középső = Tari Formáció, felső = Galgavölgyi Formáció, legfelső = Csereháti Formáció) tagolja medence képződményeinket.

A középső és a felső (továbbá talán a legfelső) riolittufa a Tokaji-hegységben jelentős méretű vulkáni felépítményt alkot, amely délkelet felé a felszín és egyre vastagodó pannóniai–pleisztocén összlet alatt a keleti országhatáron messze túlnyúlik. Legjelentősebb bentonitelfordulásaink a Tokaji-hegységben (BOCZÁN et al. 1966, VARJÚ 1964–1966, ZELENKA 1964–1966, ZELENKA 1994), a Bükk hegység északi előterében (PÜSPÖKI et al. 2005) a szarmata vulkanizmushoz kapcsolódnak, a legrégebben ismert távolabbi budafok–nagytényi előfordulás is szarmata korú (SZABÓ 1879).

A középső riolittufához kapcsolódó ipari jelentőségű

bentonittelepeket Bánd–Szentgál és Ódorögd környékén (VITÁLIS S. 1938c, d, e; ROZLOZSNIK 1939) művelték.

Az alsó riolittufa és a szárazföldi eredetű Zagypálfalvai Formáció alatt képződött bentonittelepet Istenmezeje, Pétervására és Kazár mellett termelték (VITÁLIS S. 1936c; CSAJÁGHY et al. 1954; SZENTES 1947, 1955; RADOVITS 1984; JÓZSA 1996).

Figyelemreméltó andezites bentonitindikáció ismert a Mátra É-i részén, Rózsaszálláson (RADOVITS 1981), amely az ún. alsó andezit piroklasztitjaiból képződött.

A felső riolittufa faunás, szarmata, agyagos képződményei közé települt bentonitosodott tufák Hollóháza térségében (ZELENKA et al. 2005) és a Mád–Rátka–Szerencsi-öböl (GYARMATI & ZELENKA 1968a, b) bentonitosodott legfelső riolittufaszintje képezik a hazai jelentős bentonittelepeket.

A hazai vulkanizmus záró epizódjának képződményei a bazaltok. Ezek kiömlése a Duna–Tisza köze középső részén a kora-pannóniaiiban kezdődött, a késő-pannóniaiiban kulminált a Dunántúli-középhegységben és a paleogén medencében, Salgótarjától É-ra, majd a kora-pleisztocénben fejeződött be Mohácstól D-re (Bár mellett), valamint a Kisalföldön és Salgótarjától É-ra is. Számos bentonitindikáció ismert a Dunántúlon a bazaltokkal kapcsolatban, sőt Várkeszön és Egyházaskeszőn jelentős méretű, részben művelt bazaltbentonit-telepet tártak fel (BENCE et al. 1979, Solti 1988).

Bár jelentősebb vastagságú bentonitréteg az itteni mélyfúrásból még nem került elő, említésre méltónak tartjuk a Karasica-patak Villánytól D-re DK-re kialakult késő-pliocén?–kora-pleisztocén hordalékkúpját, továbbá a hasonló korú és felépítésű, a Bodrog-völgy, a Tisza és az É-i országhatár által közbezárt vidéket. Mindkettőn a felső-pannóniai szürke agyagmárga- és homokrétegek váltakozásából felépített, átlagos kifejlődésű összlet felett tarka bentonitos agyag, vörös bentonitos agyag, szürke agyag, sárga homok változásából álló rétegsor települ.

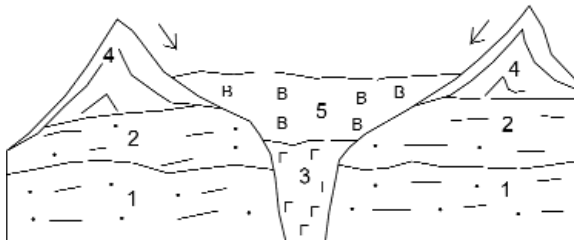
A Karasica hordalékkúpjának anyaga a Mecsek DK-i és a Mórággyi-rög D-i előteréből származik, esetleg a Bári Bazalt Formáció Ny felé elnyúló vonulata is szolgáltathatott anyagot hozzá. Az említett időszakban a két utóbbi mállásából létrejöhetnek bentonitos agyagok, de valódi bentonitok nem alakultak ki.

Az ország ÉK-i sarkában lévő terület pleisztocén, ill. pannóniai bentonitos kőzetváltozatai a szlovákiai és a kárpát-ukrajnai vulkanitok lepusztulásából származtathatók.

Említésüket azért tartjuk fontosnak, mert ezeket a bentonitos agyagokat még nem vizsgálták meg olyan szempontból, hogy futóhomokos vidékeken fel lehetne-e őket használni talajjavítási célokra.

A bentonitok genetikai típusai

Áttekintve az összegyűjtött 171 bentonit előfordulást, majd végiggondolva a hozzájuk tartozó jelentéseket és pub-

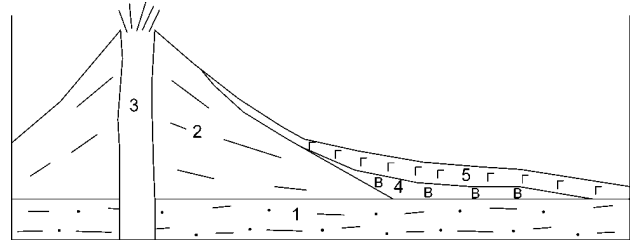


6. ábra. Maar krátermedence kitöltése

1-2 – pannóniai pelit- és homokrétegek váltakozásából álló összlet, 3 – bazaltkitöltés a kitörési csatornában, 4 – bazalttufából álló tufasánc, 5 – a tufasáncból lepusztult és a kráterben felhalmozódott tufitból képződött bentonit

Figure 6. Maar crater filled by bentonite

1-2 – Pannonian sequence of pelitic and sand beds, 3 – Basalt in vent, 4 – Tuff ring of basaltic tuff, 5 – Bentonite formed from the tuffaceous material reworked from the tuff ring of the crater

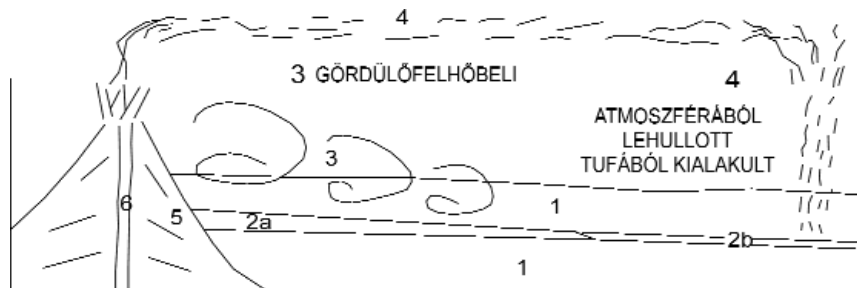


7. ábra. Láványelv alatti (pseudohidroterm) bentonit előfordulás

1 – pannóniai pelit- és homokrétegek váltakozásából álló összlet, 2 – vulkáni felépítmény, 3 – vulkáni kitörési csatorna, 4 – vörös bentonittá alakult bazalttufa, 5 – bazalt láványelv

Figure 7. Bentonite occurrence under lava flow (pseudohydrotherm)

1 – Pannonian pelite and sand beds, 2 – Volcanic build-up, 3 – Vent, 4 – Basalt tuff changed into red bentonite, 5 – Basalt lava flow



8. ábra. Vízbe hullott bentonitelőfordulás

1 – miocén medenceüledék, 2a – a gördülő felhőből a medence peremi részén kialakult dácittufaréteg, 2b – a levegőből aláhullott vulkáni porból kialakult részben bentonittá alakult riódácittufa-réteg, 3 – gördülő (turbulens) tufatömegek, 4 – az atmoszférába felkerült és onnan aláhulló riódácit vulkáni por, 5 – vulkáni felépítmény, 6 – vulkáni kitörési csatorna

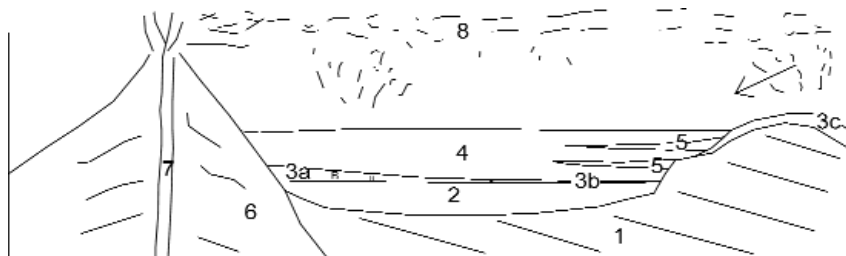
Figure 8. Bentonite occurrence formed from material fallen into subaquatic environ

1 – Miocene sedimentary formations, 2a – Dacite tuff of ignimbrite reaching the basin margin, 2b – Partially bentonitized rhyodacite tuff bed formed from the falling volcanic dust, 3 – Ignimbrite masses, 4 – Rhyodacite dust tuff emerged into and fallen from the atmosphere, 5 – Volcanic structure, 6 – Vent

Vízbe hullott: A vulkánkitörések során az atmoszférába feljutott, majd a légáramlásokkal 10–300 km távolságra elszállított és molasz fáciesű tengeri (beltengeri), tavi üledékgyűjtők pelites, pelites-homokos rétegsorába lerakódott, főként riódácitos összetételű tefrarétegekből képződött, általában nagy területeken kiváló korrelációs szinteket alkotó tufákból képződött bentonitok (pl. Budapest környéki szarmata és badeni bentonitok, Fertőrákos stb. — 8. ábra).

Hegységelőtéri medencékben: A beltengeri hegységperemi beöblösödések lepusztulási környezetébe hullott, vagy tufaárak által felhalmozott riódácitos tufatakarókból az üledékgyűjtő 1–5 km széles peremi területeire az egyéb üledékek közé ismételtelen behordott, sokszor átlagos hullott piroklasztitnak tűnő tufitrétegek áthalmozásából képződött bentonitok (pl. Várpalota, Herend, Zsámbéki-medence, Hidasi-medence, badeni — 9. ábra).

Karbonátplatformi: Nyílttengeri karbonátplatform-

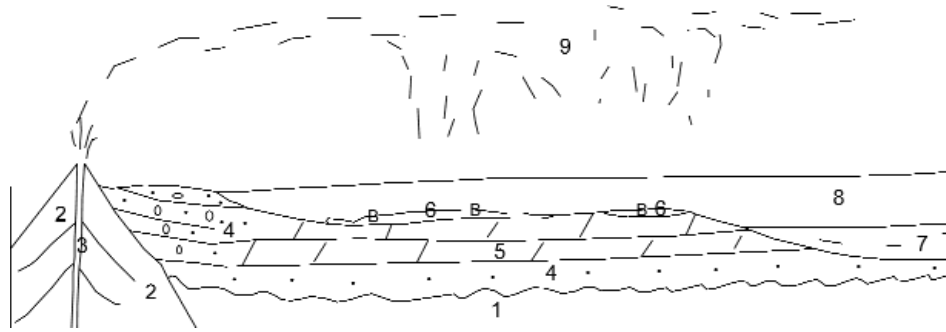


9. ábra. Vulkanai porfelhőből történt ismétlődő áthalmozódással létrejött bentonitelőfordulás

1 – idős alaphegységi képződmények, 2. és 4 – neogén tengeri pelites üledékek, 3a – Az atmoszférából vízbe hullott finomszemű vulkáni törmelésekből képződött riódácittufa rétegek, 3b – a 3a. réteg bentonitosodott része, 3c – az üledékgyűjtő közelében a szárazföldön felhalmozódott riódácittufa-réteg, 5 – a szárazföldről behalmozódott, részben bentonitosodott riódácittufa-rétegek, 6 – vulkáni felépítmény, 7 – vulkáni kitörési csatorna, 8 – az atmoszférába felkerült vulkáni por

Figure 9. Bentonite occurrence formed by multiple reworking from the surrounding

1 – Palaeozoic/Mesozoic basement, 2. and 4 – Neogene, marine pelitic sediments, 3a – Rhyodacite dust tuff fallen from the atmosphere into subaquatic environs 3b – Bentonitic part of the bed 3a, 3c – Rhyodacite tuff deposited on dry lands near the basin, 5 – Partially bentonitic rhyodacite tuff reworked from the dry lands, 6 – Volcanic build-up, 7 – Vent, 8 – Volcanic ash/dust in the atmosphere

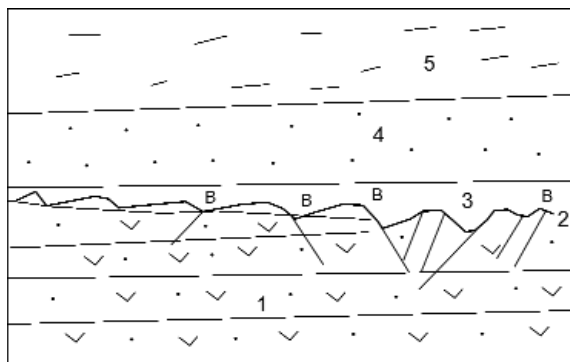


10. ábra. Karbonátplatformon kialakult bentonit-előfordulás

1 – idős alaphegységi képződmények, 2 – vulkáni felépítmény, 3 – vulkáni kitörési csatorna, 4 – parti fáciesű üledékek, 5 – karbonátplatform, 6 – bentonit, 7 – bathiális képződmények, 8 – tengervíz, 9 – az atmoszférába felkerült vulkáni por

Figure 10. Bentonite occurrence on carbonate platform

1 – Palaeozoic/Mesozoic basement, 2 – Volcanic build-up, 3 – Vent, 4 – Sediments of the shoreline, 5 – Carbonate platform, 6 – Bentonite, 7 – Bathial formations, 8 – Seawater, 9 – Volcanic ash/dust in the atmosphere



11. ábra. Diszkordanciafelszínen kialakult bentonit-előfordulás

1 – eocén andezitpiroklasztikum vetőkkel, litoklázisokkal, 2 – diszkordanciafelszín, 3 – bentonittá alakult andezitpiroklasztit, 4 – neogén tengeri homok, 5 – neogén tengeri agyag

Figure 11. Bentonite occurrence on unconformity surface

1 – Eocene andesitic pyroclastic rock with faults and joints, 2 – Unconformity surface, 3 – Andesitic pyroclastic changed into bentonite, 4 – Neogene marine sand, 5 – Neogene marine clay

környezetbe hullott tufákból képződött bentonitok (pl. Tarján, Hajmáskér, Monostorapáti, triász — 10. ábra).

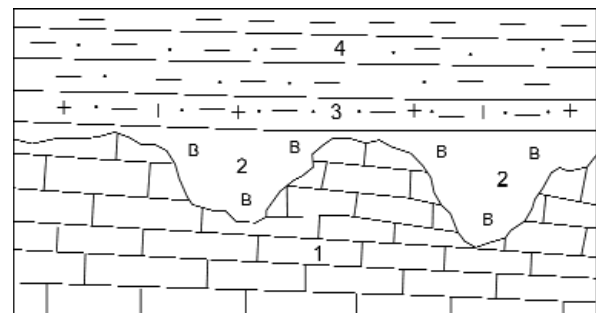
Diszkordanciafelületekhez kötődő: Diszkordanciafelszínnek alatti piroklasztitok agyagásványosodása által képződött bentonitok (pl. Tabajd, eocén — 11. ábra).

Karsztüregbeli: Karsztos kőzetek diszkordanciafelszínére hullott riodácittufa, amely tengeri üledékfedő alatt később bentonitosodott (pl. Hetvehely, alsó-kárpáti — 12. ábra).

Bár az előbbieken röviden jellemzett 13 db bentonitkeletkezési lehetőség földtani szempontból viszonylag élesen elkülönül, mégis azt tapasztaljuk, hogy ezeket ásványtani és kémiai tulajdonságaik alapján egyelőre nem tudjuk elválasztani.

A bentonitok kialakulásával kapcsolatban természetesen felmerül keletkezési időtartamuk kérdése. Ezt NEMECZ (1973) próbálta megközelíteni egy tokaji-hegységi obszidiándarab vékony, üveges szerkezetet (már) nem mutató kérgének vizsgálatával. Ennek kialakulására több millió éves adatot kapott.

A Mányi-medence mintegy három darab végig mag-



12. ábra. Karsztos mélyedésekben kialakult bentonit-előfordulás

1 – karsztosodott felszínű mezozoos mészkő, 2 – a karsztos mélyedésekben felhalmozódott bentonitosodott riodácittufit, 3 – tufitos, tengeri üledékes kőzetek, 4 – tengeri homok és agyagmárga

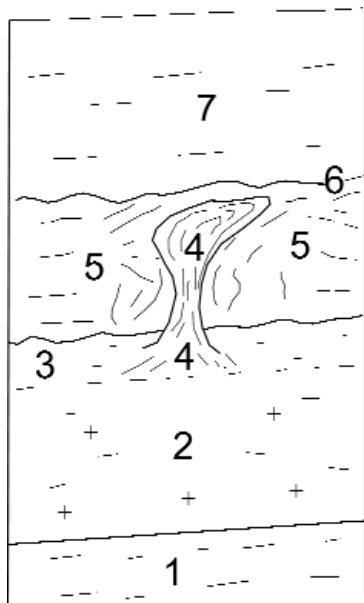
Figure 12. Bentonite occurrence in karstic pit

1 – Karstic Mesozoic limestone, 2 – Bentonitic rhyodacite tuffite deposited in karstic pits, 3 – Tuffaceous marine sedimentary rocks, 4 – Marine sand and clay marl

vételes fúrásának szelvényében sikerült megfigyelni, hogy a szarmata felső riolittufa (= Galgavölgyi Formáció) rétegének felső részén a leülepedés után kialakult bentonitréteg az agyagásványosodás miatt megnövekedett rétegyomás következtében áttörte a felette időközben lerakódott 5–10 cm vastag szürke márga jellegű aleuritot (13. ábra), eközben meggyűrte, breccsás szerkezetűvé változtatta azt. Ezt követően mintha mi sem történt volna zavartalanul folytatódott az előbbi márga tartalmú aleurit képződése.

Évenkénti 2 mm-es üledékfelhalmozódási sebességet (BALOGH 1991, OLSEN 1978) valószínűsítve ebből 20–50 év időtartamot, azaz csupán pár évtizedet számíthatunk az apró-finomszemű riolittufa bentonitosodásának végbemenetelére a szarmata tenger kb. 10–12 °C-os hőmérsékletű, kissé hipersalin összetételű vizének környezetében (JÁMBOR 2010). Ez ugyan erősen ellentmond NEMECZ (1973) adatának, de itt nagy felületű, apró horzsaüveg-szemcsékről és nem masszív tömör obszidiánról van szó.

A vulkániüveg-szemcsék gyors agyagásványosodási folyamatának végbemeneteléhez valószínűnek tartjuk a beltenger vizéből a lerakódás során bekerült apró élő szerve-



Méretarány = 1:2

13. ábra. A szarmata Kozárdi Formációban közbetelepülő Galgavölgyi Riolituffa Formáció felső részén kialakult bentonitréteg különleges felépítési módja a Mátyás-medencében

1 – szürke, molluskás, 4-5°-os dőlésű, zavartalan településű agyagmárga, 2 – aprószemű, alulról felfelé finomodó, rétegzéssel párhuzamos biolitokat tartalmazó, 4-5°-os dőlésű, Galgavölgyi Riolituffa, 3 – zöldesszürke, 4-5°-os dőlésű, a letelepedés után a riolituffából hidrogenetikusan kialakult bentonit, amelynek agyagásvány-tartalma alulról felfelé növekszik, 4 – zöldesszürke, gyűrű szerkezetű, a bentonitosodás következtében megnövekedett nyomás miatt a néhány cm vastag szürke molluskás agyagmárgán átnyomult bentonit, 5 – szürke, a bentonitbenyomulás miatt meggyűrű, ill. breccsás szerkezetűvé vált molluskás agyagmárga, 6 – a szerkezetileg megzavart agyagmárga felszínén víz alatti áramlások következtében kialakult helyi diszkordanciafelszín, 7 – szürke, molluskás, zavartalan településű szarmata agyagmárga
Megjegyzés: 1, 5, 7 sorszámú rétegek = Kozárdi Formáció, 2, 3, 4 sorszámú rétegek = Galgavölgyi Formáció

Figure 13. Special appearance of the bentonite bed formed in the upper part of the Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation interbedded into the Sarmatian Kozárd Formation in the Mátyás Basin

1 – Grey fossiliferous clay marl with conform bedding and dip of 4-5°, 2 – Fineing upward bed of the Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation containing shell fragments along the bed surfaces, the dip is 4-5°, 3 – Greenish grey bentonite formed from the deposited tuff by hydrogenetic alteration, the clay mineral content increases upward, the dip is 4-5°, 4 – Greenish grey bentonite of folded structure breaking through the bed of grey fossiliferous clay marl of several centimetres in thickness; the deformation is related to the increased pressure generated by the bentonitic alteration, 5 – Grey fossiliferous clay marl folded and fragmented by the deformation of the bentonite, 6 – Local unconformity on the surface of the deformed clay marl bed, the unconformity surface was formed by subaqueous currents, 7 – Grey fossiliferous Sarmatian clay marl with conform bedding. Notes: beds nr. 1, 5, 7 = Kozárd Formation, beds nr. 2, 3, 4 = Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation

zetek — algák, baktériumok, kovavázás mikroplankton élőlények, szivacsok stb. — aktív közreműködését is. Az ezen a téren megkezdett vizsgálatok — BUCZKÓ Krisztina és SZEGŐ Éva — szerint a bentonitok jelentős részében jellemző a kovaszivacsstűk jelenléte.

Ezek után joggal merülhet fel az olvasóban, hogy ezen kérdések körüljárásának van-e, lehet-e valamilyen gazdasági haszna? A felvetés annál inkább indokoltnak tűnik, mivel DORMÁN et al. már 1987-ben megfogalmazták a bányászat és a felhasználó számára ideális bentonit nyersanyagot, amely szerintük legyen fehér színű, megfelelő vastagságú, egynemű, vetőkkel nem tagolt és a felszín közelében helyezkedjen el. Ilyen előfordulás a táblázatban felsorolt 171 db megismert között egy sincs, és kicsi az esély hazánkban ilyen telep feltárására.

Hazánk bentonit-előfordulási területei

Ugyan jelen pillanatban, az alábbiakban felsorolt bentonit-előfordulások csak reménybelinek tűnnek, de amennyiben gazdasági igény lép fel a jövőben, akkor ezek a javaslatok kiinduló alapul szolgálhatnak.

Időrendben haladva elsőnek a *Tabajd* melletti felső-eocén piroklasztitok felszínén kialakult, 4,7 m vastag bentonitot említjük. Ez néhány méterrel települ a pleisztocén futóhomok alatt, s elterjedése akár jelentős nagyságú is lehet. Tulajdonságainak megvizsgálása és azok pozitívna bizonyuló volta után lehatárolása indokoltnak látszik.

Az *Eger–Demjén* környezetében 1953-ban végzett mangánérc kutatások közben számos 5–200 cm vastag andezit eredetű bentonitréteget találtak a Kiscelli Formációban (MOLNÁR 1953, PANTÓ & MOLNÁR 1954). A laboratóriumi vizsgálatok egyik minta esetében tulajdonságait az istenmezei bentonittelep nyersanyagáénál jobbnak találták. A bentonitrétegek azonban lensés kifejlődésűek, s az összlet vetőkkel tagolt.

Az alsó riolituffa két nagy kifejlődési területén érdemi eredmények várhatók. A délkelet-dunántúli területen a szekszárdi riodácit kiterjedési központhoz csatlakozóan ugyan csak két kicsiny indikáció (*Szászvár–Máza és Gálosfa*) ismert (SZÉKYNÉ FUX 1957a). Szekszárd és Gálosfa között jelentős mélységben össze nem sült gördülő felhőből lerakódott otnangi tufarétegek jelenléte valószínűsíthető, melyek esetleg bentonitosodottak.

A Mátra É-i előterében Kazár és Egercsehi között két jelentős, korábban már termelt bentonitelőfordulás — *Istenmezeje és Pétervársára* — ismert. Mindkettő az alsó–legalsó riolituffa egyik rétegéből képződött.

A hazai bentonit ipari központja vitathatatlanul a Tokaji-hegységben található. A már ismert és részben termelt telepek érdemi fejlesztésének lehetősége valószínűnek tűnik. A Szerencsi-öbölben természetes Na-bentonit-előfordulások is ismertek.

A Dunántúli-középhegységben sok kárpáti, badeni és szarmata bentonitindikáció ismert. Az előfordulások közül a bánd–szentgálit, az ódörögdi és a budafok–nagy-tétényit már a két világháború között is termelték, majd a tokaji-hegységi telepek feltárása után művelésüket abbahagyták. A *herendi* alsó-badeni lignittelepek között azonban jelentős vastagságú és elterjedésű, de nagy mélységben lévő (100 m alatti) bentonittelepek ismertek (DANK 1953).

A hazai bazaltvulkanizmushoz átlagos zöldesszürke, továbbá vörös és tarka bentonit-előfordulások kapcsolódnak. A két nagy zöldesszürke telep (Várkesző és Egyházaskesző) körzetében *Magyargencs–Malomsok–Rábaszentandrás* határában a kora-pleisztocénben 10–20 m-es mélységben áthalmozott, lensés kifejlődésű, folyóvízi bentonitos agyag-előfordulást tártak fel korábbi fúrásaink (BENCE et al. 1979). Ezeknek a laboratóriumi és ipari vizsgálata akkor elmaradt.

Hasonló alsó-pleisztocén előfordulást tárt fel jelentős mélységben (125 m) a Kisalföld ÉK-i részén a *Dör–Ijelű*

fúrás. Bentonitrétegeinek vizsgálatát ugyancsak időszerűnek tartjuk.

A Déli-Bakonyban (*Vigántpetend, Kab-hegy*), a Kisalföld ÉK-i részén (*Dör*) és Mohácstól D-re (*Bár* mellett) a bazalt piroklasztitokhoz kapcsolódó vörös bentonitok kerültek elő (I. I. melléklet, továbbá CSIMA 1989, CSIMA & MÉSZÁROS 1979). Ezeket sem vizsgálták

meg akkoriban, mert a nagy vas-oxid tartalmú bentonitokat eleve felhasználhatatlannak ítélte az ipar. Alátámasztás nélküli „leírásukat” azonban túlzott egyszerűsítésnek tartjuk. Ezért szükségesnek véljük laboratóriumi és ipari vizsgálatuk elvégzését. Vízépítési és talajjavítási felhasználásnál a bentonit színének ugyanis nincs jelentősége.

Irodalom — References

- ÁRKOSI K. & BARNA J. 1952: Hazai bentonitok elektronmikroszkópos vizsgálata. — *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* **13**, Budapest, 1–6. (Bn. 44).
- BALLA, Z., ZELENKA, T. & BALÁZS, E. 1977: O razmescsenyii neogenovüh vulkanov Karpatszkovo regiona. — *Acta Geologica Hungarica* **21/4**, 387–398.
- BALOGH K. (szerk.) 1991: *Szedimentológia I.* — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 264.
- BARNA J. 1952a: Hazai bentonitok tulajdonságai a felhasználhatóság szempontjából. — *Kézirat*, Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatából: BA.6., Budapest, 33 p.
- BARNA J. 1952b: Kutatási zárójelentés. Hazai bentonitok kémiai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Adattár, Bn. 45, 31 p.
- BARNA J. 1956a: A Monostorapáti bazalt bentonit. — *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* **1/2**, 97–103.
- BARNA J. 1956b: Nátriumbentonit tartalmú riolituffa (Salgótarján környékéről) vizsgálata — *Bányászati Kutató Intézet Közleményei*, **2**, 10–14, Budapest.
- BARNA J. 1957: A komlóskai bentonit iparilag hasznosítható tulajdonságai. — *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* **2/1**, 97–113.
- BARNA J. 1965–1966: Mád-környéki illites tufák vizsgálata és dúsítása. — *Bányászati Kutató Intézet Közleményei* **10**, 225–241.
- BARNA J. 1966: Fehér bentonit töltőanyag előkészítése a golopi bentonitból. — *Kézirat*, Kutatási jelentés, Bányászati Kutató Intézet
- BÁRDOSSY GY. & HAJÓS M. 1963: A szurdokpüspöki diatomás rétegösszletek üledékföldtani és geokémiai jellemzése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1960-ról*, 121–141.
- BARTKÓ L. 1952: II. számú jelentés az Istenmezeje környékén végzett bentonit-kutatásokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 49.
- BARTKÓ L. 1961–1962: A nógrádi barnaköszénterület földtani vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Tudományos Akadémia Kandidátusi értekezés, 117 p.
- BEM B. 1953: Komlóska környékének bányaföldtani viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1950. évről*, 21–23.
- BENCE G., JÁMBOR Á. & PARTÉNYI Z. 1979: A Várkesző és Malomsok környéki alginít (olajpala) és bentonitkutatások eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1977-ről*, 257–266.
- BOCZÁN B., FRANYÓ F., FRITS J., LÁNG S., MOLDVAY L., PANTÓ G., RÓNAI A. & STEFANOVITS P. 1966: *Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához M-34–XXXIV. Sátoraljaiújhely.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 199 p.
- BUBICS I. 1978: A budapesti metróépítés földtani eredményei. — *Mérnökgeológiai Szemle* **21**, 5–87.
- BUDAI T. & CSILLAG G. 1998: A Balaton-felvidék középső részének földtana. — *A Bakony Természettudományi Kutatásának Eredményei* **22**, Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, 118 p.
- CHIKÁN G. 1991: A Nyugati-Mecsek kainozoos képződményei. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **72**, 281 p.
- CSAJÁGHY G., EMSZT M. & SZEPESI K. 1957: Az istenmezei bentonit. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1954. évről*, 35–43.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 1997: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 114 p.
- CSÁSZÁR, G. 2002: Urgan formations in Hungary. — *Geologica Hungarica, series Geologica* **25**, 209 p.
- CSESZKÓ M. 1958: A szobi Csákhegy környékének kőzet-földtani jellemzése. — *Földtani Közöny* **88/3**, 315–331.
- CSILLAG J. & ZELENKA T. 1989: A magyarországi neogén tufák elváltozásából képződött nemérces ásványi nyersanyagok. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1987. évről*, Budapest, 145–150.
- CSIMA K. 1989: Uzsabánya Lázi hegyek bazaltterület D-i részének részletes fázisú földtani kutatási terve. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.16649.
- CSIMA K. & MÉSZÁROS J. 1979: *Magyarország a Bakony hegység 20 000-es földtani térképsorozatához Úrkút.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 77 p.
- DANK V. 1953: A Herend–Szentgáli barnaköszén medence. — *Földtani Közöny* **83/1–3**, 13–20.
- DANK V. 1962: A Dél-Zalai-medence mélyföldtani vázlata. — *Földtani Közöny* **92/2**, 150–158.
- DORMÁN J., KAKASY GY.-NÉ, KANYÓ L.-NÉ, MÁTYÁS E., MIZSER J., RADOVITS L., SASS P., SOHA I., SOLTÍ G., SZÉPVÖLGYI GY., SZÜCS I. & ZELENKA T. 1987: A hazai bentonitok földtani, bányászati, előkészítési, feldolgozási, kereskedelmi helyzete és távlati fejlesztési lehetőségei. — *Kézirat*, Magyarhoni Földtani Társulat, 202 p.
- FÖLDI M. 1966: A hidasi terület földtani felépítése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1964-ről*, 93–110.

- FÖLDEVÁRI A. 1942: Jelentés a M. kir. Földtani Intézet Igazgatójának rendelete értelmében Sima, Erdőbénye és Szezilong között az 1973. évben végzett kaolin kutatásról. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése az 1936–38. évről*, 1245–1258.
- FÖLDEVÁRINÉ VOGL M. 1958: A differenciális termikus elemzés szerepe az ásványtanban és a földtani nyersanyagkutatásban. — *Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa* **82**, Budapest, 90 p.
- FRITS J. 1949: Adatok a magyar bentonitkérdéshez a Komlósikai (Tokaj-Hegyalja) előfordulással kapcsolatban. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 34.
- FRITS J. 1950a: Előzetes jelentés a monoki bentonit-előfordulásról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 39.
- FRITS J. 1950b: Feljegyzés a mádi és komlósikai bentonit vizsgálatának eddigi eredményeiről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 40.
- FRITS J. 1950c: Komlósa és Telkibánya bentonit-kaolin-előfordulásainak bányaföldtani viszonyai. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 38.
- FRITS J. 1950d: Mádi kaolin, bentonit és kvarcelőfordulások bányaföldtani viszonyai. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 37.
- FRITS J. 1959: A végardói bentonit- és kaolin-előfordulás. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1955–1956 évről*, 47–54.
- GEDEON T. 1949: Adatok a fullerföld előfordulásokhoz. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 35.
- GRIM, R. E. & GÜVEN, N. 1978: Bentonites – Geology, Mineralogy, Properties and Uses. — *Developments in Sedimentology* **24**, Elsevier, Amsterdam, 256 p.
- GYARMATI P. & ZELENKA T. 1968a: *Magyarázó a Tokaji-hegység földtani térképéhez, 25 000-es sorozat, Tállya*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 50 p.
- GYARMATI P. & ZELENKA T. 1968b: *Magyarázó a Tokaji-hegység földtani térképéhez, 25 000-es sorozat, Mád*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 70 p.
- GYOVAI L. 1975: Összefoglaló földtani jelentés Sümeg–Sarvaly-hegy bazalt területének bazalt kutatásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.5182.
- HALMAI J. 1974: A Fót és Csamád közötti terület harmadidőszaki képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1972-ről*, pp.65–86.
- HÁMOR G. 1970: A kelet-mecseki miocén. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/1**, 483 p.
- HÁMOR T. 1992: Szirák 2. sz. alapfúrás földtani eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1990-ről*, 130–167.
- HOFMANN K. 1871: A Buda-Kovácsi hegység földtani viszonyai. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **1**, 199–273.
- HORVÁTH Z., LORBERER Á., & RÓZSA E. 1998: Miocén tengerparti fáciesek Hetvehely környékén (Nyugat-Mecsek). — *Földtani Közlemények* **128/4**, 573–584.
- HUMMEL, K. 1922: Die Entstehung eisenreicher Gesteine durch Halmirolyse (=submarine Gesteinszersetzung). — *Geologische Rundschau* **13/1**, 40–86 és 97–136.
- ILLÉS GY. & KOBLENCZ V. 1954: Évi jelentés a Hajmáskér–Bánd–Várpalota környéki felderítő bentonit-kutatásról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 54.
- ISMERETLEN SZERZŐ 1951–1952: Bánd–Szentgál–Márkó környéki bentonit-előfordulások földtani viszonyai. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 50.
- JÁMBOR Á. 1977: A Mányi-medence neogén képződményei felépítésének vázlata. — *Földtani Közlemények* **20/4**, pp. 25–27.
- JÁMBOR Á. 2010: A „felső-riolittufa” magyarországi előfordulásainak általános földtani jellegei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2008-ről*, 63–85.
- JÓZSA G. 1996: Székvölgy II. működő külfejtés K-i határvetője mentén található bentonitos–zeolitos riolittufára vonatkozó készlet-számítás. — Kazár IV–V. (Székvölgyi II. akna) barnakőszén védőnevelő bányatelek bővítése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- JUHÁSZ A. Z. 1989: A várkeszői bentonittípus technológiai tulajdonságai. — *Földtani Kutatás* **32/4**, 65–70.
- KNIGHT, W. C. 1898: Bentonit. — *Engineering and Mining Journal* **66/17**, 491 p.
- KÓKAY J. 1966: A herend-márkói barnakőszénterület földtani és őslénytani vizsgálata. — *Geologica Hungariae, series Palaeontologiae* **36**, 36–149.
- KÓKAY J. 1967: A Bakony-hegység felsőtortonai képződményei. — *Földtani Közlemények* **97/1**, 74–87.
- KÓKAY J. 1988: Tengeri kifejlődésű kárpáti rétegek előfordulása Alcsútdobozon. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1986-ről*, 263–279.
- KÓKAY J. 1991: A várpalotai déli neogén medence (Bakony-hegység). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1991-ről*, **2**, 129–140.
- KÓKAY J. 2006: Nonmarine mollusc fauna from the Lower and Middle Miocene Bakony Mts. W Hungary. — *Geologica Hungarica, series Palaeontologica* **56**, 196 p.
- KOVÁCS-PÁLFFY P. 1998: Harmadidőszaki bentonit típusú ásványi nyersanyagtelepek ásványtani, geokémiai és genetikai összehasonlító vizsgálata. — *Kézirat*, Kossuth Lajos Tudomány Egyetem PhD értekezés, 128 p.
- KUBOVICS I. 1964: Die mineralogisch-petrographische Untersuchung des unteren Rhyolithuffs und seiner Einschlüsse aus dem nördlichen Mátra-Gebirge. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica*, **8**, 121–137.
- KULCSÁR L. 1957: A komlósikai bentonit földtani helyzete. — *Földtani Közlemények* **87/2**, 147–153.
- LÓCZY L. ID.1913: A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. — *A Balaton Tudományos Tanulmányozásának eredményei* **1/1**, 617 p.

- LŐRENTHEY I. 1903: Pteropodás márga budapesti óharmadkori képződményekben. — *Földtani Közlöny* **33/4**, 472–475.
- MAJZON L. & TELEKI G. 1940: A városligeti II. számú mélyfúrás. — *Hidrológiai Közlöny* **20/1**, 33–67.
- MÁTYÁS E. 1966a: A Mád környéki felsőszarmata vulkáni utóműködés. — *Földtani Kutatás* **9/2**, 17–27.
- MÁTYÁS E. 1966b: A rátkai felsőszarmata édesvízi medence földtani és teleptani viszonyai. — *Földtani Közlöny* **96/1**, pp. 27–41.
- MÁTYÁS E. 1970: Hydrothermal mineral parageneses in some fields of postvolcanic activity. — *IXth Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association IV*, 400–417.
- MÁTYÁS E. 1973: Mád környékének földtani-teleptani viszonyai. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **106/1**, 55–66.
- MÁTYÁS E. 1975: A Tokaji-hegységi nemérces ásványi nyersanyagok földtani teleptani viszonyai. — *Kézirat*, Magyar Tudományos Akadémia kandidátusi disszertáció.
- MOLNÁR J. 1953: Eger–Demjén környéki bentonitkutatás. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 56.
- NAGY K. 1954: A montmorillonit mennyiségének és kristálykémiai formulájának meghatározása néhány magyarországi bentonitban. — *Földtani Közlöny* **84/1–2**, 3–14.
- NEMECZ E. 1973: *Agyagásványok*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 507 p.
- NEMECZ E. & VARJÚ GY. 1963: Na-bentonit, klinoptilolit és kálicföldpát képződése a Szerencsi-öböl riolituffjából. — *Földtani Közlöny* **93**, Agyagásvány-füzet, 77–91.
- OLSEN, C.R. 1978: Sedimentation rates. — In: FAIRBRIDGE, R.W. & BOURQUEOIS, J. (eds.): *The Encyclopedia of Sedimentology*. Strousburg, Dowden, Hutchinson & Ross, 687–692.
- PANTÓ G. & MOLNÁR J. 1954: Az Eger-demjéni mangánérc. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, 307–319.
- PÜSPÖKI Z., 2003: A Tardonai-dombság miocén medencefejlődés az üledékes szekvenciák fácies- és rétegtani adatainak tükrében. — *Kézirat*, PhD értekezés, Debreceni Egyetem, 128 p.
- PÜSPÖKI, Z., KOZÁK, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M., MCINTOSH, W. & VINCZE, L. 2005: Eustatic and tectonic/volcanic control in sedimentary bentonit formation – a case study of miocene bentonit deposits from the Pannonian Basin. — *Clays and Clay Minerals* **53/1**, 71–91.
- PÜSPÖKI Z., KOZÁK M., KOVÁCS-PÁLFFY P., SZEPESI J., MCINTOSH R.W., KÓNYA P., VINCZE L. & GYULA G. 2008: Geochemical records of a bentonitic acid-tuff succession related to a transgressive systems tract – indication of changes in the volcanic sedimentation rate — *Clays and Clay Minerals* **56/1**, 23–38.
- RADÓCZ GY. 1969: Előzetes jelentés a cserhádi apafúrások eredményeiről. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1967-ről*, 281–283.
- RADOVITS L. 1981: A Mátra rózsaszállási felderítő fázisú bentonit kutatás jelentése és készletszámítása. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.10602.
- RADOVITS L. 1984: Az Istenmezeje – Hangyabolyos Ny-i terület 1983–1984 évi felderítő fázisú kutatásának értékelése. — *Kézirat* Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Salgótarján, (ÉMO 2765)
- RAVASZNÉ BARANYAI L. 1962: Az Ellend–I. sz. földtani alapfúrás közettani vizsgálata. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1959-ről*, 439–462.
- RAVASZNÉ BARANYAI L. 1964: A Mecsek hegység miocén tufái. — *Kézirat*, Doktori értekezés, ELTE Közettan–Geokémiai Tanszék., 64 p.
- ROZLOZNSNIK P. 1939: Jelentés az Ódörögdpusza mellett felkutatott derítőföldről = Zalahaláp ötk. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 32.
- SCHMIDT E. R. 1939: Adatok Csepelsziget É-i részének sztratigráfiai tektonikai és hidrológiai viszonyaihoz. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1933–1935-ről*, **2**, 986–1016.
- SCHMIDT E. R. 1947: *Magyarország ásványi nyersanyagai*. — Faust Könyvkiadó, Budapest, 79 p.
- SOLTI G. 1983: A kemenesháti bentonit prognózis javaslat (prognózis). — Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, 184 p. (T:12332)
- SOLTI G. 1988: Az egyházaskeszői tufakráterben települő bentonit és alginít telep. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1986-ről*, 379–397.
- SOLTI G. 1989: A magyarországi olajpalakutatások 1987. évi eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1987-ről*, 173–177.
- SOLTI G. 1996: *A Kárpát-medencében végzett olajpala (alginít) és bazaltbentonit kutatásának története és további lehetőségei*. — Alginít Alapítvány, Budapest, 89–96.
- SZABÓ J. 1879: *Budapest geológiai tekintetben*. — Magyar Királyi Egyetemi Könyvnyomda, Budapest, 50 p.
- SZABÓ J. 1888: Göd környéke, forrásainak geológiai és hidrográfiai viszonyai. — *Értekezések a Természettudományok Köréből* **17**, 1–44.
- SZABÓ I. 1969: A Bicskei-medence torton-szarmata képződményeinek radiológiai kutatása (zárójelentés). — *Kézirat*, MÉV Adattár (J-0114), Pécs.
- SZÁDECZKY-KARDOSS E. 1958: A vulkáni hegységek kutatásának néhány alapkérdéséről. — *Földtani Közlöny* **88/2**, 171–200.
- SZALAI T. 1949: A hazai fullerföld-bentonit előfordulások. — *Kézirat*, Magyar állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn 36., 2 p.
- SZATMÁRI P. 1962: Adatok a Cinkota környéki miocén ismeretéhez. — *Földtani Közlöny* **92/2**, 100–106.
- SZÉKYNÉ FUX V. 1948: Bentonitosodott riolituffa Budapest-kőbányáról. — *Földtani Közlöny* **78/2**, 185–196.
- SZÉKYNÉ FUX V. 1957a: Adatok a dunántúli medence harmadkori vulkánosságához. — *Földtani Közlöny* **87/1**, 63–68.
- SZÉKYNÉ FUX V. 1957b: A komlóskai bentonit keletkezése. — *Földtani Közlöny* **87/2**, 135–146
- SZENTES F. 1943: Salgótarján és Pétervására közötti terület. — *Magyar Tájak Földtani Leírása* **5**, 57 p.
- SZENTES F. 1947: Fedémes környékének hegyszerkezeti viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1945–1947-ről*, **2**, 157–159.

- SZENTES F. 1955: Az istenmezejei bentonitelfordulás összefoglaló földtani jelentése és készletszámítása. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn 58, 68 p.
- SZENTES F. 1956: Az istenmezejei bentonittelep. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1954. évről*, 179–185.
- SZLABÓCZKY P. 1989: A IV-es Metró Móríczi Zsigmond körtér– Hungária körút közötti szakaszának mérnökgeológiai jellemzése. — *Mérnökgeológiai Szemle* **38**, 79–89.
- SZTANÓ O. & TARI G. 1993: Early Miocene basin evolution in northern Hungary — Tectonics and eustasy. — *Tectonophysics* **226/1–4**, 485–502
- TOKODY L. 1955: Komlói bentonit. — *Földtani Közlöny* **85/3**, 389–390.
- VADÁSZ E. 1960: *Magyarország földtana*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 646 p.
- VARGA GY. 1962: A Mátra-hegységi dácit és dácittufa genetikai összefüggéseinek vizsgálata. — *Földtani Közlöny* **92/3**, 375–386.
- VARJÚ GY. 1957: Tolcsva környéki földtani térképezés. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1955–1956-os évekről*, 375–403.
- VARJÚ GY. 1964–1966: Magyarország bentonitelfordulásainak katasztere és távlati kutatásának terve (1964–1980). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.1820.
- VARJÚ GY. 1966: Nemércei ásványi nyersanyagok. — In: JANTSKY B. (szerk.): *Ásványtelepeink földtana*. — Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 238–312.
- VARJÚ GY. & NEMECZ E. 1976: Die geologischen Besonderheiten der Tonrohstoffe und die Tonforschung in der Ungarischen Volksrepublik. — *Schriftenreihe für geologische Wissenschaften* **5**, 243–261.
- VÉGH S. 1961: A Bakony-hegység bentonit-képződményeinek áttekintése. — *Bányászati és Kohászati Lapok* **94/3**, 155–157.
- VÉGH S.-NÉ 1967: *Nemércek földtana*. — Tankönyvkiadó, Budapest, 238 p.
- VENDL M. 1937: Neuere Daten zur Kenntniss der Walkerde (Bentonit) von Tétény. — *A Soproni Magyar Királyi Bánya- és Erdőmérnöki Főiskola Bánya- és Kohászati Osztály Közleményei* **9**, 320–326.
- VENDL M. 1938a: Bentonit (kallóföld) a fertőrákosi lajtamészakóból. — *Földtani Közlöny* **68/1**, 89–102.
- VENDL M. 1938b: Újabb adatok a tétényi kallóföld (bentonit) ismeretéhez. — *Matematikai és Természettudományi Értesítő* **57/3**, 1108–1115.
- VICZIÁN I. 2010: Agyagásványok földtana. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet Könyvtár (104 698), 124 p.
- VITÁLIS I. 1936: Jelentés a budapestvidéki fullerföld előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 5.
- VITÁLIS I. 1937: Fullerföld-előfordulások Fót-Fótújfalú térségében. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.3420.
- VITÁLIS S. 1936a: Budafokon és Nagytétényben a derítőfölddel kapcsolatosan végzett munkálatokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 1.
- VITÁLIS S. 1936b: Jelentések a nógrádverőcei derítőföld előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 2.
- VITÁLIS S. 1936c: Jelentés az Istenmezejei nemesagyag (derítőföld) előfordulásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 6., 2p.
- VITÁLIS S. 1938a: Előzetes jelentés Gyulafirátót és Öskü környékének geológiai bejárásáról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 30.
- VITÁLIS S. 1938b: Jelentés a Márkó, Bánd és Herend községek határában lévő fullerföld előfordulásokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 16.
- VITÁLIS S. 1938c: Jelentés Bánd és Szentgál községek határában előforduló kvarchomok, vasérc, bauxit és fullerföldről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 14.
- VITÁLIS S. 1938d: Jelentés egy újabb fullerföldelőfordulásról Szent Gálon. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 28.
- VITÁLIS S. 1938e: Összefoglaló jelentés a szentgáli fullerföld kutatásokról. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Bn. 12.
- VITÁLIS S. 1938f: Salgótarján megyei város vízellátása. — *Hidrológiai Közlöny* **18/1**, 461–479.
- ZELENKA T. 1964–1966: Tokajhegyalja DNY-i részének kőzetföldtani viszonyai. — *Kézirat*, Doktori Disszertáció, ELTE, TTK, Budapest, 108 p.
- ZELENKA T. 1994: Genetic relationships of hungarian clay deposits (kaolin, bentonite). — *Acta Mineralogica–Petrographica Szegediensis*, Supplementum **35**, 97–101.
- ZELENKA T. 1998: Helyzetkép a hazai szilárd nyersanyagok kutatásáról. — *Földtani Közlöny* **128/1**, 173–178.
- ZELENKA T. & JUHÁSZ A. Z. 1998: Magyarország nemfémes ásványi nyersanyagainak földtani és ásványelőkészítési kutatása az elmúlt 5 évtizedben. — *Építőanyag* **50/4**, 128–133.
- ZELENKA T., KOVÁCS-PÁLFFY P. & TRAUER N. 2005: The role of expanding clay minerals in mass movements at Hollóháza, Tokaj Mts. — *Acta Mineralogica–Petrographica* **46**, 63–67.
- ZELENKA T. 2011: Helyzetkép s hazai nemfémes ásványbányászati (ipari ásványok) nyersanyagokról. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **144/3**, 20–24.

Kézirat beérkezett: 2012. 01. 13.

I. melléklet. A magyarországi bentonit előfordulások főbb adatai
Enclosure I. Important data of bentonite occurrences in Hungary

	Az előfordulás helye	Az adat származása	A bentonit kora	Kiindulási közege	Genetikai típusa	Települési mélysége m-ben	Termelés	Kis indikáció	Jelentős indikátor	Gazdaságilag hasznosítható
1	Ajka	VEGH 1961	Mb	pt	4,5	180	?	+	?	?
2	Acsútdoboz	KÓKAY 1988	Mb ₁ (?)	pt	4	50	?	+	?	?
3	Balatonföldvár	id. LÓCZY 1913	Mb	pt	4,5	kb. 280	?	+	?	?
4	Balatonhenye	SM 1973-74	Pa ₁	βt	4	33, 64	?	+	?	?
5	Bánd	VITÁLIS S. 1938c	Mb ₂	pt	5	felszíni	?	+	+	?
6	Bánd Szentgál	VITÁLIS S. 1938d	Mb ₁	pt	5	20, 50	volt	?	?	+
7	Bántapuszta	SM 1978-79	Mb ₁	pt	4,5	felszíni	?	+	?	?
8	Bár	SM 1978 79	Q ₁	pt	4	60	?	+	?	?
9	Berhida	SM 1986	Pa ₁	pt	4	116	?	+	?	?
10			Ms	pt	4	141		+	?	?
11	Bia	VITÁLIS I. 1936	Ms	pt	4	felszíni	?	+	?	?
12	Bodajk	SM 1976	Mb	pt	4,5	43, 58	?	+	?	?
13	Bodrogkisfalud	BOCZÁN et al. 1966	Ms	pt	2c	7	?	+	?	?
14	Bodrogszegi	BOCZÁN et al. 1966	Ms	pt	2c	?	?	+	?	?
15	Bogdány (Duna?)	Ismeretlen 1951 52, Bn. 50	Mb	pt	2b	?	?	+	?	?
16	Bóly	SM 1981-82	Ms	pt	4	568	?	+	?	?
17	Borsodszentgyörgy	Ismeretlen 1951 52, Bn. 50	Mo	pt	3	?	?	+	?	?
18	Botpuszta	FRITS 1949	Ms	pt	4	?	?	+	?	?
19	Budafok Nagytétény	SZABÓ 1879	Ms	pt	4	20	volt	?	?	?
20	Budajenő	SM 1975	Mb	pt	5	472	?	+	?	?
21	Budakeszi	HOFMANN 1871	E ₁	αt	5	felszíni	?	+	?	?
22	Budapest Kálvin tér	BUBICS 1978	Mk	pt	4	18	?	+	?	?
23	Budapest Keleti pu.	SM 2002-2003	Mb	pt	4	39	?	+	?	?
24	Budapest Kőbánya	SZÉKYNÉ FUX 1948	Ms	pt	4	20	?	+	?	?
25	Budapest Rákóczi tér	SM 2006	Mk	pt	4	39	?	+	?	?
26	Budapest Szabadság-hegy	SCHUEER 1995 szóbeli	Pa ₁	αt*	5	3	?	+	?	?
27	Budapest Városliget	MAJZON & TELEKI 1940	Mb	pt	4	135	?	+	?	?
28	Cinkota	SZAIMÁRI 1962	Mo Mk	pt	3,4	felszíni	?	+	?	?
	Csák-hegy lásd Szob									
29	Csepel-sziget	SCHMIDT 1939	Ms	pt	4	50	?	+	?	?
30	Csesznek	SM 1977	E ₁	αt	4	105	?	+	?	?
31	Csesztve	SZALAI 1949	Mo	pt	4,5	?	?	+	?	?
32	Csór	SM 1968	Ms	pt	4,5	252	?	+	?	?
33	Csőde	SM 1991	Q ₂	βt*	4	felszíni	?	+	?	?
34	Diósd	SM 1978 79	Ms	pt	4	51	?	+	?	?
35			Mb	pt	4	104	?	+	?	?
36	Dör	SM 1990	Q ₁	βt*	5	124	?	+	?	?
37		SM et al. 1990	Pa ₁	βt	2b	203	?	?	+	+
	Dörgöcse lásd Mencshely									
38	Dunakeszi	SZABÓ 1888	Mb	pt	4,5	felszíni	?	+	?	?
39	Eger	GEDÉON 1949	Mb	pt	2b	felszíni	?	+	?	?
40	Eger-Demjén	MOLNÁR 1953	Ol ₁	αt	4	100	?	?	+	?
41	Egyházaskesző	SOLTI 1988	Pa ₁	βt	2c	5	+	?	+	+
42	Filend	RAVASZNÉ BARANYAI 1962	Mb	pt	4	836	?	+	?	?
	Erdőbénye lásd Sima									
43	Fityek	SM 1969	Mb	pt	4	115	?	+	?	?
44	Érd	Ismeretlen 1951 52	Ms	pt	4	20	?	?	+	?
45	Fedémes	SZENTES 1947	Mo	pt	3	felszíni	?	?	+	+
46	Fehérvárcsurgó	FRITS 1949	Ms? Mb?	pt	4,5	207	?	+	?	?
47	Fertőrákos	VENDI M. 1938a	Mb ₁	pt	4	5	?	+	?	?
48		SM 1978 79	Ms	pt	4	166	?	+	?	?
49	Fót	VITÁLIS I. 1937	Mb	pt	4,5	50	?	+	?	?

I. melléklet folytatása

Continuation of Enclosure I

	Az előfordulás helye	Az adat származása	A bentoni kora	Kiindulási közege	Genetikai típusa	Települési mélysége m-ben	Termelés	Kis indikáció	Jelentős indikáció	Gazdasági hasznosítható	
50	Gálósfa	SM 1978 79	Mo	pt	3,4	890, 907	?	+	?	?	
51	Gérece	SOIT in DORMÁN et al., 1987	Pa ₃	βt	4	7	?	+	?	?	
52	Golop	VARJÚ 1957, BARNA 1966	Ms	pt	2d	30	-	-	+	+	
53	Gönc	BOCZÁN et al. 1966	Ms	α	2a	?	?	+	?	?	
54	Gyöngyös	GEDEON 1949	Mb	αt	2b	?	?	+	?	?	
55	Gyulafehérvár	VITÁIS S. 1938a	Ms	pt	4,5	felszíni	?	+	?	?	
56	Gyúró	SM 1969	M ₁ b	pt	4	167	?	+	?	?	
57			Mk	αt	4	208	?	+	?	?	
58	Hajmáskér	ILLÉS & KOBLÉNCZ 1954	T ₁	βt	8	felszíni	?	+	?	?	
59	Hasznos	VADÁSZ 1960	Ms	pt	4	felszíni	?	+	?	?	
60	Herend	DANK 1953	Mb ₁	pt	4,5	175	?	?	+	+	
61	Hetvehely	HORVÁTH et al. 1998	Mb	pt	8	felszíni	?	+	?	?	
62	Ilidas	FÖLDI 1966	Mb ₂	pt	5	200	?	?	+	+	
63	Ilidasnémeti	SM 1981-82	Ms	pt	4	732	?	+	?	?	
64			Mb ₂	pt	4	1198	?	+	?	?	
65			Mb ₁	pt	4	1338	?	+	?	?	
66	Hollóháza	DORMÁN et al. 1987	Ms	pt	2c	?	?	?	+	?	
	Inászó lásd Salgótarján										
67	Inota	ILLÉS & KOBLÉNCZ 1954	Ms	pt	5	felszíni	?	+	?	?	
68	Istenmezeje	VITÁIS S. 1936c	Mo	pt	3	felszíni	+	?	+	+	
69	Kab-hegy	VADÁSZ 1960	Pa ₃	βt	2b	felszíni	?	?	+	?	
70	Kapolcs	SM 1973	Pa ₃	βt	4	14	?	+	?	?	
71	Kazár	JÓZSA 1996	Mo	pt	3	felszíni	van		+	+	
72	Kishajmás	CITKÁN 1991	Ms	pt	4,5	felszíni	?	?	+	?	
73	Kisjobbágyi	GEDEON 1949	Mb	αt	2b	?	?	+	?	?	
74	Kisnána	GEDEON 1949	Mb	αt?	?	?	?	+	?	?	
75	Kisterenye	DORMÁN et al. 1987	Mo	pt	3	?	?	+	?	?	
76	Komló	TOKODY 1955	Mk	α	2a	felszíni	?	+	?	?	
77	Komlóskő	FRIIS 1949	Ms	ρ, pt	2a	30	volt	?	?	?	
78	Lajoskomárom	SM 1980	Pa ₁	pt	4	670	?	+	?	?	
79			Ms	pt	4	674	?	+	?	?	
80	Magyaregregy	FRIIS 1949	Mb	pt	4,5	felszíni	?	+	?	?	
81		Császár 2002	K ₁	β, βt	2c	felszíni		+	?	?	
82	Magyargencs Macaltó	BENCE et al. 1979	Q ₁	βt*	5	20, 53	?	?	+	?	
83	Mád-Danczka	VARJÚ 1957	Ms	pt	2d	27 40			+	+	
84	Mád-Rátka	FRIIS 1950 b, d	Ms	pt	2a 2d	20	van	?	?	+	
85	Mány	SM 1976	Mb	pt	4,5	229, 304	?	+	?	?	
86		SM 1978 79	T ₁	pt	6	154, 207	?	+	?	?	
87	Mátraverebély	FRIIS 1949	Mo	pt	3	?	?	+	?	?	
88	Mátra-Észak	VARGA 1962	Mk	αt	2b	felszíni	?	+	?	?	
89	Mátra Rózsaszállás	RADOVITS 1981	Mk	αt	2b	felszíni	?	?	+	?	
90	Mecsek-Csörge-patak	Császár (szóbeli közlés)	J ₁	?	?	felszíni		+			
91	Menschely Dörgicse	BUDAI & CSILLAG 1998	Pa ₂	βt	2f	felszíni	?		+	?	
92	Mogyoród	VITÁIS I. 1937	Pa ₃	pt*	5	felszíni	?	+	?	?	
93	Monok	FRIIS 1950a	Ms	pt	2c	felszíni	?	?	+	?	
94		BARNA 1956	Pa ₂	βt	4	felszíni	?	+	?	?	
95		Monostorapáti	SM 1973	Ms	pt	4	20	?	+	?	?
96				T ₁	pt	6	50	?	+	?	?
97	Mórág	SZALAI 1949	Mb	pt	4	?	?	+	?	?	
98	Nagygyöngyös	SM 1971-72	Mb	pt	4	752	?	+	?	?	
99	Nagykozár	SM 1983	Mo	pt	3	358, 456	?	+	?	?	
100	Nagyloc	BARIKÓ 1961 62	Mo	pt	3	150	?	+	?	?	

I. melléklet folytatása

Continuation of Enclosure I

	Az előfordulás helye	Az adat származása	A bentonit kora	Kiindulási kőzete	Genetikai típusa	Telepítési mélysége m-ben	Termelés	Kis indikáció	Jelentős indikátor	Cozzobaságilag hasznosítható
147	Telkibánya	BARIKÓ 1952	Ms	ρt	2c	423	?	+	?	?
148	Tihany	SM 1973	Ms	ρt	4	117		+	?	?
149	Tolesva	FRIIS 1949	Ms	ρt	2c	?	?	?	+	?
150	Tököl	SM 1980	Ms	ρt	4	755	?	+	?	?
151	Úgod	SM 1977	Pa ₂	βt	4	8	?	+	?	?
152	Uny	SM 1976	Mb	ρt	4	86	?	+	?	?
153	Újsza	CSIMA 1989	Pa ₃	βt	2h	felszíni	?	+	?	?
	Úrkút lásd Kab-hegy									
154	Vajta	SM 1974	Mb	αt	4	857	?	+	?	?
155	Vác	SZALAI 1949	Mb?	$\alpha t?$?	?	?	+	?	?
156	Vál	FRIIS 1949	Mb	ρt	4	?	?	+	?	?
157	Várkesző	BENCE et al. 1979	Pa ₃	βt	2e	5	volt		+	+
158	Városlöd	BARTRÓ 1952	Mb	ρt	5	?	?	+	?	?
159	Várpalota	ILLÉS & KOBLÉNCZ 1954	Ms	ρt	4,5	50	?	+	?	?
160			Mb ₂	ρt	4,5	305	?	+	?	?
161			Mb ₁	ρt	4,5	350	?	+	?	?
162			Mk	ρt	4	209	?	+	?	?
163	Várvölgy	SM 1983-85	Ms	ρt	4	172	?	+	?	?
164	Vásárosnamény	SM 1978	Ms	ρt	3	552, 947	?	+	?	?
	Vérőce lásd Nógrádverőce									
	Vérgárdó lásd Sárospatak-Vérgárdó									
165	Véndek-hegy	SM 1974	Mb	ρt	4,5	24	?	+	?	?
166	Vigántpetend	SM 1973-74	Pa ₃	βt	2f	9	?	+	?	?
167	Visegrád	GEDFON 1949	Mb	αt	4	?	?	+	?	?
168	Vöröstó	SM 1973 74	Pa ₃	βt	3	9	?	+	?	?
169			T ₂	ρt	6	28	?	+	?	?
170	Zalai-medence	DANK 1962	Mb	ρt	4	2000	?	+	?	?
171	Zebegény	VITÁJIS S. 1936 b	Mb	αt	2b	5	?	+	?	?

SM	saját megfigyelés
Q ₂	középső-pleisztocén
Q ₁	kora-pleisztocén
Pa ₃	késő-pannóniai-pliocén
Pa ₂	késő-pannóniai
Pa ₁	kora-pannóniai
Ms	szarmata
Mb ₂	késő-badeni
Mb ₁	kora-badeni
Mb	badeni
Mk	kárpáti
Mo	ottnangi
Ol ₂	középső-oligocén
E ₃	középső-eocén
K ₁	kora-kréta
J ₃	késő-jura
T ₂	középső-triász
α	andezit
αt	andezittufa
β	bazalt
βt	bazalttufa
ρ	riodácit
ρt	riodácit tufa

*-gal az áthalmazott kiindulási kőzeteket jelöltük.