

Földtani megfigyelések — amit újra már senki nem láthat

Felszínközeli rétegsorok anomáliái a budai Királyhágó térnél

Shallow subsurface layer anomalies at the Királyhágó square in Budapest

NAGYMAROSY András¹ – PAÁL Tamás²

(2 ábra, 2 lénykép)

Tárgyszavak: talajmechanika, Budai-hegység, oligocén, lejtőmozgás
Keywords: soil mechanics, Buda Hills, Oligocene, slope processes

Abstract

During an everyday engineering geological field study (Budapest, Buda Mts) an extraordinary sedimentary sequence was discovered. Instead of in situ Tard and Kiscell Clay Formations, a 14 m-thick Quaternary slope deposit was exposed consisting of reworked material of the above formations. The inverted sequence of the reworked material and the extremely thick valley-infill refers to slope processes have taken place more complicated indicate than it was once believed.

Összefoglalás

Egy kezdetben hagyományosnak hitt talajmechanikai vizsgálat során (Budapest, Budai-hegység) geológiai rendellenességek mutatkoztak. Még 14 m mélységig sem jelentkezett a földtani térképeken jelzett szálban álló Tardi vagy Kiscelli Agyag, hanem csak áthalmazott lejtőtörmelék, amely kevert, törmelék formájában tartalmazza ezeknek a képződményeknek az anyagát. Az áthalmazott rétegek sorrendje bonyolult lejtőmozgási folyamatokra utal.

Előtanulmányok

A Budapest, XII. kerületi Királyhágó tér közvetlen közelében egy tervezett lakó-épület előkészítő alapozási-talajmechanikai vizsgálatát 1994-ben a FŐMTERV Fővárosi Mérnöki Tervező Rt. végezte. A vizsgálat előtti adatgyűjtések egyik első fontos eredménye volt, hogy a terület közelében jelenik meg a valamikori Német-völgyi-árok és az Orbánhegyi út mentén egykor létező árok, amiből áthalmazott rétegekre lehetett számítani. A környéken több épületnél gyakori a pincevíz, ami összefüggésbe hozható a valamikori árkokat kitöltő üledék jó vízvezető képességével.

A különböző földtani térképek, (HORUSITZKY 1938; SZENTES 1956; KISDINÉ BULLA et al. 1984) és (WEIN 1977) ugyan kissé eltérően, de alapvetően azt mutatják, hogy a terület építésföldtani alaprétege a szálban álló eocén Budai Marga Formáció, amely

¹ELTE, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/C.

e-mail: gtorfo@ludens.elte.hu

²FŐMTERV Fővárosi Mérnöki Tervező Rt., 1024 Budapest, Lövőház utca 37. e-mail: t.paal@fomterv.hu

az Orbán-hegyen és a Németvölgyi út mentén több helyen a felszínen is látható. Erre az oligocénben folyamatos átmenettel agyagmárga, meszes agyagrétegek települtek (a Tardi Agyag Formáció alsó tagozata), melyet a Kiscelli Agyag Formáció követett (BÁLDI 1983). A Kiscelli Agyag Formáció mélyebb része a Tardi Formációhoz hasonlóan szürke színű, felszínközeli rétegei az oxidatív átalakulás következtében sárgás, barnás színűek (VENDL 1932). Mint ismeretes, a kétféle oligocén agyag az ősmaradványokon kívül karbonáttartalmában és szerkezetében is eltér egymástól, ugyanis a típusos Tardi Agyag mikrorétegzett, karbonátokban szegény, míg a Kiscelli Agyagban a lamináció igen ritka.

A csapadékvíz beszivárgása szempontjából ezek a képződmények különbözőképpen viselkednek. A hegyoldal magasabban fekvő részén az erősen töredezett Budai Márga Formáció található a felszíni fedőréteg alatt. Itt a csapadékvíz intenzív beszivárgásának csak a márga agyaggá málló felső kérge jelent valamelyest akadályt, egyébként a víz könnyen jut a mélybe. Völgy felé tartó útja során a lefolyó víz a Tardi Agyag Formációba szivárog be, de még itt is csak viszonylag kis ellenállásba ütközik, mivel mérnökgeológiai tapasztalatok szerint a Tardi Agyag Formáció a réteglapok mentén sokkal jobban vezeti a vizet, mint arra merőlegesen. A Tardi–Kiscelli Formációk határfelületén viszont hirtelen erősen lecsökken a vízáteresztőképesség, s ezért a víz felduzzad, megközelíti a pincéket, sőt a felszínt is. Erre már HORUSITZKY felhívta a figyelmet 1938-ban, amikor azt írta, hogy a Böszörményi úton, közel a Németvölgyi úthoz a villamos vágányzónában víz szokott megjelenni, mert „a leszivárgó talajvíz útja elrekesztődik”.

Az oligocén rétegek felett pleisztocén áthalmazott lejtőlész, majd alsó-holocén lejtőtörmeléken agyag és kőzetliszt található. A lejtőtörmelékben váltakozva követik egymást a kőzettörmeléken és az agyagos környezetből szállított rétegek. Tehát egymás felett több, durvább, permeábilisebb törmeléken réteget is feltételezhetünk, melyeket agyagos rétegek választanak el. A „kvázi” lencsés kifejlődésű, heterogén vízvezető-képességű összetett rétegvizek mozoghatnak, és a meteorológiai viszonyok következtében időnként különböző nyomású, feszített víztestek is lehetségesek.

Az agyagos talajú oligocén és pleisztocén üledékbe bevágódott árkok törmeléken kitöltésének vízvezető szerepe van. Legfelül mesterséges feltöltéssel alakították ki a teret, melynek lejtése KDK irányú volt.

Feltárási adatok

A tervezett épület telkén az 1994-ben készült négy nagytérű (210/160 mm-es), 13–14 m mély gépi fúrás alapján ismeretes a rétegsor (1, 2. ábra).

A talajminták részletes vizsgálata során a zavartalan állapotú magminták belsejében ismételtelen olyan mértékű heterogenitás mutatkozott, amely az ismertett átfogó földtani képpel ellentétes volt. Ennek észlelése nyomán szakértői közreműködés keretében az ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszéke kapcsolódott be a munkába.

A legteljesebb rétegsort a 4. sz. fúrás harántolta, amelyben öt elkülönült rétegtag váltakozását lehetett felismerni, amelyek egy-egy típust képviselnek. A fúrás vázlatos rétegsorát az alábbiakban közöljük:

0–3,3 m *A rétegtag*: váltakozó laza lejtőtörmelék, paleo-talaj és antropogén feltöltés. A lejtőtörmelék mátrixa sárgászürke vagy feketésszürke homokos pelitből áll, amelynek jelentős része talaj eredetű. A pelitben kemény, éles szélű, nem koptatott kőzettörmelék úszik, ennek szemcsemérete 5–150 mm között váltakozik. Anyaga a Budai Márgában gyakori allodapikus mészhomokkő. A sárgászürke mátrix pelitje feltehetően a Budai Márga pelites szakaszainak áthalmozásából származik.

3,3–7,7 m *B rétegtag*: kézzel morzsolható, de az előző anyagnál kompaktabb, áthalmozott, plasztikus, „kövér” agyagból álló lejtőtörmelék. A klasztok anyagát a sárgára oxidálódott Kiscelli Agyag adja, de vannak benne sűrű, oxidálatlan Kiscelli Agyag darabok is. A néhány mm-től 1-2 cm-ig terjedő méretű szögletes agyagrögöket a sárga mátrix fogja össze.

7,7–8,6 m *C rétegtag*: laza, sötétbarnabarnásfekete, oxidált, mállott agyagos mátrixú lejtőtörmelék gipszkristályokkal, a klasztok anyaga a Tardi Agyagból származik.

8,6–9,6 m *D rétegtag*: laza, kevésbé plasztikus, feketésszürke, oxidálatlan áthalmozott agyagos mátrixú lejtőtörmelék. A mátrix és a klasztok is a Tardi Agyag nem laminált változatából származhatnak, kevésbé gipszes.

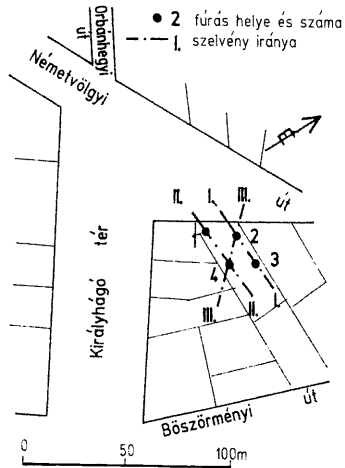
9,6–12,1 m *E rétegtag*: 20–200 mm-es, szögletes, kemény, alig mállott kőzetdarabokból álló lejtőtörmelék. A klasztok anyagát üde mikrorétegzett Tardi Agyag adja.

12,1–13,0 m *D rétegtag*: (ugyanaz, mint a fenti 8,6–9,6 m közötti D rétegtag)

Az egyes rétegtagok eloszlását a négy fúrásban a 2. ábra mutatja, melynek analíziséből kiténik, hogy az E típusú rétegtag egyszerű visszatér, magasabbik szintje kelet felé vastagodik. A D típusú rétegtag is ismétlődik, ez azonban kelet felé vékonyodik, ami arra utal, hogy az E és D típusú rétegtagok ellenkező irányból halmoztak át. Hasonlóan ellentétes tendencia figyelhető meg az A és B típusú rétegtagok között, amelyek közül a B típusú kelet felé vastagodik, míg az A kelet felé vékonyodik. A C szint dél felé mutat mérsékelt vastagodást.

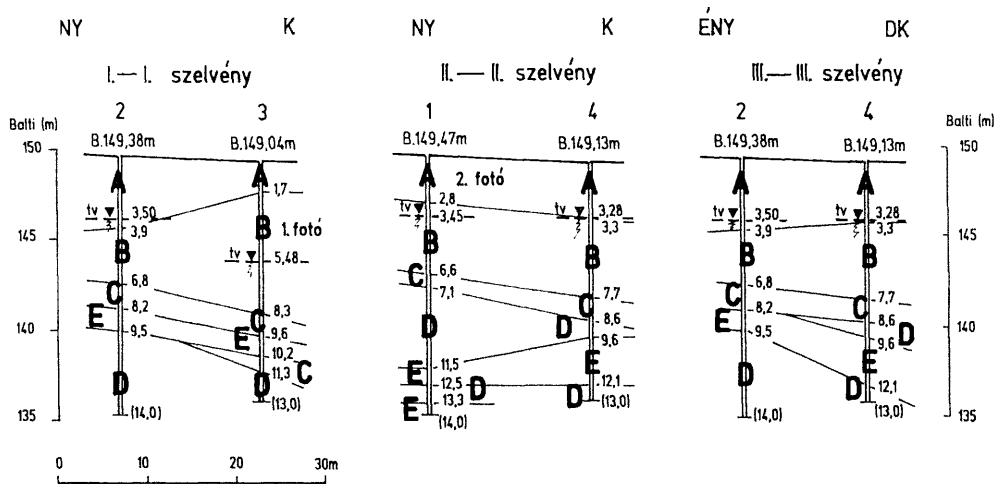
Laboratóriumi vizsgálatok

Az elvégzett talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok alapján az egyes rétegtagokról az alábbi geotechnikai minősítés adható (a rétegsorban felülről lefelé haladva):



1. ábra. A feltárás helyszínrajza a fúrások és a szelvények feltüntetésével

Fig. 1 Location map of the drilling sites and the profiles (dot: borehole location, dotted line: section, É: North)



2. ábra. Földtani szelvények a fúrásokon keresztül a rétegek korrelációjának feltüntetésével

Fig. 2 Geologic profiles with the assumed correlation of strata

A rétegtag: A fedőréteg rendkívüli heterogenitása a plasztikus index (I_p) adatokon is meglátszik: 7–27%-ig terjednek az értékek, vagyis az anyag iszapos homokliszttől közepes agyagig váltakozik, a konzisztencia index (I_c) 0,8–1,2 közötti, azaz kemény, vagy sodorható állapotú. Tömörségi viszonyairól csak négy adat áll rendelkezésünkre, ezserint a hézagtényező (e) = 0,51–0,80, tehát változóan tömör. A rétegtagon belül a természetes lejtőtörmeléket az antropogén résztől csak az esetlegesen talált mesterséges (pl. téglá) anyagdarabkák alapján lehet elkülöníteni.

B rétegtag: Áthalmazott sárga Kiscelli Agyag anyagú lejtőtörmelék, amiben üde kékeszürke Kiscelli Agyag rögök is előfordulnak: $I_p = 26\text{--}33\text{--}38\%$ (az aláhúzott adat az átlagérték), tehát közepes és kövér agyag, $I_c = 1,0\text{--}1,2\text{--}1,4$, vagyis kemény állapotú. (18 adatból) $e = 0,58\text{--}0,67\text{--}0,90$, azaz változó tömörségű, összenyomódási modulusa (E_s) 13,3–17,8–22,2 MN/m², nyírószilárdsági jellemzői (12 adatból): $\phi = 6\text{--}13\text{--}28^\circ$, $c = 36\text{--}72\text{--}140$ kN/m².

C rétegtag: Sötétbarnás-barnásfekete, oxidált, mállott agyagos törmelék, amely színe és az előforduló gipszkristályok alapján feltehetően Tardi Agyag eredetű: $I_p = 25\text{--}26\text{--}27\%$, tehát közepes agyagnak minősül, kemény $I_c = 1,2\text{--}1,3\text{--}1,4$, közepes tömörségű $e = 0,62\text{--}0,66\text{--}0,70$, $E_s = 8,5\text{--}10,7\text{--}14,8$ MN/m², $\phi = 10^\circ$, $c = 171$ kN/m².

D rétegtag: Feketésszürke, lényegében áthalmazott agyag, kevésbé vagy nem mállott Tardi Agyag törmelék, melynek mikrostruktúráját az áthalmazás megsemmisítette. $I_p = 22\text{--}25\text{--}30\%$, $I_c = 1,2\text{--}1,4\text{--}1,5$, $e = 0,43\text{--}0,63\text{--}0,81$, $E_s = 9,5\text{--}14,6\text{--}25$ MN/m², $\phi = 14\text{--}15\text{--}16^\circ$, $c = 97\text{--}134\text{--}172$ kN/m².

E rétegtag: Fekete-feketésszürke, típusos Tardi Agyag alig mállott törmeléke. A törmelékszemek anyagában észlelhető a mikrorétegzett üledékstruktúra: $I_p = 21\text{--}28\text{--}39\%$, $I_c = 1,1\text{--}1,4\text{--}1,5$, $e = 0,48\text{--}0,67\text{--}0,97$, $E_s = 10,0\text{--}13,0\text{--}14,8$ MN/m², $\phi = 10\text{--}12\text{--}14^\circ$, $c = 121\text{--}155\text{--}190$ kN/m².

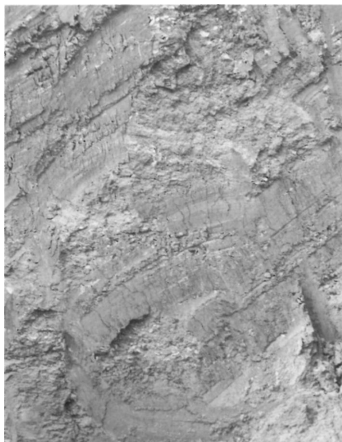
A tervezett épület kivitelezésének megkezdése mintegy tíz esztendeig húzódott. 2005 májusában mód nyílt a már részben kiemelt munkagödör megtekintésére. Az időközben áttervezett épület alapgödre csak a felső két rétegtagot érintette (1. és 2. kép), amint ezt a B típusú rétegtagból kivett talajminta 30%-os I_p -adata, és 39%-os CaCO₃-adata is mutatja (BÁLDI 1983).

A B típusú rétegtag Kiscelli Agyag eredetét a mészvázú nannoplankton vizsgálat is alátámasztotta. Az innen vett mintából az alábbi nannoplankton flóra került elő: *Blackites spinosus* (DEFLANDRE et FERT) HAY et TOWE,



1. kép. Áthalmazott Kiscelli Agyag a B rétegtag felszíni feltárásában (a kalapács kb. 45 cm)

Photo 1 Reworked Kiscell Clay from the outcrop of B bed (length of the hammer is about 45 cm)



2. fotó. Az A rétegtag felszíni feltárásban, mikro-rétegzett pelit törmelékkel (képmagasság kb. 0,5 m)

Photo 2 View of the outcropping A bed with laminated pelite debris (height of the picture is roughly 0.5 m)

Coccolithus pelagicus (WALLICH) SCHILLER, *Cyclicargolithus abisectus* (MÜLLER) WISE, *Cyclicargolithus floridanus* (ROTH et HAY) BUKRY, *Helicopontosphaera recta* HAQ, *Pontosphaera multipora* (KAMPTNER) ROTH, *Reticulofenestra bisecta* HAY, MOHLER et WADE, *Reticulofenestra lockeri* MÜLLER, *Reticulofenestra minuta* ROTH, *Rhabdosphaera perlonga* DEFLANDRE.

Az ősmaradványegyüttes kora késő-kiscelli, ami MARTINI NP 24-es nanno-plankton zónájának felel meg, csak úgy, mint a tipikus Kiscelli Agyag.

Hidrogeológiai megfigyelések

A feltárás idején (1994. május – júniusban) talajvíz minden fúrásban jelentkezett:

A fúrásoknál (2. ábra) feltüntetett vízszintek több napos „nyugalmi szintek”, melyek 3–5 méteres emelkedés után alakultak ki. Az első vízészlelések a fúrások számozásának sorrendjében –6,90, –6,30, –7,87, –8,90 m-en voltak. A fúrás idején még itt állott régi épület pincéjében lévő zsonp vize a B.146,24 szintű pincepadló alatt 18 cm-el, B.146,06 szinten volt, tehát a víz szintje 2 dm-en belül megegyezik három fúrás nyugalmi vízszintjével. Ez arra utal, hogy a pincében a természetes, szabad tükrű talajvíz mutatkozott, amit egyébként a zsonp kiépítése is megerősít. Ez, valamint a környékbeli pincevízpanaszok azt mutatják, hogy a fúrásokban észlelt jelentős vízszintemelkedés nem a „nyugalmi” vízszint beállása útján alakult ki, hanem a mély furatoknak a felső vízvezető rétegből történt feltöltődése révén. (A mélyebb rétegek átfúrásakor újabb vízemeletet, vagy rétegvízet nem észleltek.)

Az észlelt vizek az MI 17.215-86 szerinti II/3. ún. gyengén agresszív osztályba tartoznak (1. táblázat). Egy közeli fúrásban szintén mértek $SO_4 = 2925$ mg/l értéket, ami a II/2. osztály felső határánál van. A talajvíz agresszivitásának közismert

1. táblázat. A fúrásokban észlelt talajvizekre vonatkozó adatok

Table I Data of the groundwater in the boreholes

Fúrás száma	Terepszint mélysége	Talajvíz szintje		SO ₄	Cl	pH
	B. m	-m	B. m	mg/l	mg/l	
1	149,47	3,45	146,02	2750	28	6,8
2	149,38	3,50	145,88	1690	57	6,5
3	149,04	5,48	143,56	3190	64	6,5
4	149,13	3,28	145,85	1920	50	6,4

ingadozása, valamint a talajmintákban sok helyen talált gipszkristályok és a kékes-szürkés agyag törmelék színét adó finom eloszlású pirit (VENDL 1932) jelenléte alátámasztja a 3. fúrásnál észlelt adat realitását. Ezek az értékek az MSZ EN 206-1:2002 szabvány XA3 kitéti osztályának felelnek meg.

Értelmezés

1. A várttal ellentétben a talajtömeg a feltárt teljes (13–14 m-es) mélységig nem a földtani térképeken jelzett autochton, száلبan álló oligocén Tardi vagy Kiscelli Agyag Formáció, hanem későbbi geológiai időben áthalmozott lejtőtörmelék, amely keveredett, töredékes formában tartalmazza a Tardi és Kiscelli Formációk anyagát. Ez jó összhangban van az előzetes adatgyűjtések alapján az – időközben deformált, de a múlt század elején még meglévő – Németvölgyi és Orbánhegyi árkokról szerzett ismeretekkel, de az árkok várt mélységét a tényleges észlelés jelentősen nagyobbak mutatta. Ez korábbi, nagyobb kiterjedésű tömegmozgásokra utal. Ezek felderítése a jelenleginél sokkal átfogóbb térképező munkát igényelne, amely magában foglalná a területen mélyített korábbi összes, főleg a mélyre lehatoló fúrások rétegsorának újraértékelését is. A probléma lényege ugyanis az, hogy kisméretű feltárásokban, alapozásokban, kézi fúrásokban nagyon nehéz – netán lehetetlen – megkülönböztetni a száلبan álló Kiscelli Agyagot annak áthalmozott változatától.

2. A fúrásokon és a munkagödörben végzett vizsgálatok egy másik problémát is felvetnek: a rétegsor tanúsága szerint a felső két rétegtag a negyedidőszakban áthalmozott Budai Marga Formáció és Kiscelli Agyag Formáció anyagát tartalmazza, míg az alatta fekvő rétegek teljesen vagy túlnyomó részben a Tardi Agyag Formáció anyagának törmelékéből állnak. A lepusztulási tipikus folyamatát feltételezve, melyek helyzetben kellene találnunk a fedőben települő Kiscelli Agyag Formáció áthalmozásából képződött kvarter réteget és a fölött kellene lennie az eredetileg fekvő-helyzetben lévő Tardi Agyag Formáció törmelékét.

Az a tény, hogy az itteni áthalmozott rétegsor eltér ettől, arról tanuskodik, hogy a lepusztulási folyamatok és lejtőmozgások más módon zajlottak le, mint ahogyan azt eredetileg feltételezni lehetett. A két (vagy három) irányból lezajlott negyedidőszaki áthalmozás feltételezését az egyes rétegtagok kivastagodási és/vagy kiékelődési tendenciái megerősítik.

3. Az egyes rétegtagok bár megjelenésükben meglehetősen változatoságot mutatnak, de a talajfizikai jellemzőket tekintve – a fedőréteget kivéve – nem térnek el markánsan egymástól. Az e helyen mért jellemzők csaknem mindenhol egyértelműen alacsonyabb értékűek a PAÁL (1976) által ismertetett tömegadatokat átlag értékeinél – ami általában várható lenne. E jelenség jól magyarázható az áthalmozottsággal, de a terület korábbi leírásával szöges ellentétben van.

4. Az A típusú rétegtag alatti lejtőtörmelékes rétegekben (a B–E típusú rétegtagokban) a viszonylag közeli környezetből származó időszakos hegyoldali talajvíz mozog a lejtő irányába. Ez a víz a felszín alatti kötöttebb réteg felszínének vápáiban gyakrabban és koncentráltan jelenik meg, esetenként a réteg belsejében lévő agyag lezárása következtében nyomás alá is kerül. Ez is a jelentősége az árkoknak, melyek betemetés után is – két irányból – vezetnek ide a vizet.

Feltehetőleg a rétegek áthalmazottságával van összefüggésben a talajvíz magas szulfáttartalma, betonagresszivitása, ugyanis a megbontott eredeti kőzetszerkezetből a víz könnyebben kioldhatta a bomló pirit SO_3 és SO_4 oxidációs termékét.

Következtetés

Bármennyire ismertnek tűnik egy tervezett építkezés helyszíne, nemcsak a hatályos jogszabályok kényszere miatt, hanem éppen az előmunkálatokon költségeket megtakarítani akaró megbízó kifejezett érdekében, nem szabad eltekinteni a gondos és körültekintő talajvizsgálattól. A szükség szerint elvégzett – kiegészítő – geológiai vizsgálatok alapvetően megváltoztathatják az előzetesen elgondolt képet és kétséggé tehetik a várt, egyes földtani képződményekre (formációkra) megalapozottan vonatkozó talajmechanikai (szilárdsági és alakváltozási) értékek alkalmazásának jogosságát.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik lektoraik, BÁLDI Tamásné, FODOR László, valamint GRESCHIK Gyula alapos és körültekintő munkáját, hasznos észrevételeit.

Irodalom – References

- BÁLDI T. 1983: Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 293 p.
- HORUSITZKY H. 1938: Budapest dunajobbparti részének (Budának) hidrogeológiája. – *Hidrologiai Közöny* 18, 299–301.
- KISDINÉ BULLA J., RAINCSÁKNÉ KOSÁRY Zs. & SZABÓNÉ DRUBINA M. (szerk.) 1984: Budapest területének fedett és fedetlen földtani térképei. – Magyar Állami Földtani Intézet.
- PAÁL T. 1976: A budai agyagok mérnökgeológiai összehasonlítása matematikai statisztikai alapon. – *Földtani Közöny* 106/2, 229–256.
- SZENTES F. (szerk.) 1956: Budapest és környékének földtani térképe M = 1:50 000. – Magyar Állami Földtani Intézet.
- VENDL A. 1932: A kiscelli agyag mállása. – *Mat. Term. Tud. Ért.* 48, 32–37.
- WEIN Gy. 1977: A Budai-hegység tektonikája. – MÁFI alkalmi kiadványa, 76 p.
- Kézirat beérkezett: 2006. 05. 09.