

# A 4-es számú metróvonal Rákóczi téri állomásának mérnökgeológiai elemzése

Bodnár Nikolett Katalin

ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, bodnar.nikolett@gmail.com

Török Ákos

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, torokakos@mail.bme.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Rákóczi tér környékének földtani viszonyait a környékét ismertető szakvélemények, szakirodalmi adatok és a területet feltáró fúrások rétegsorából kapott adatokat, valamint helyszíni rétegleírást és mintavételezést követő laborvizsgálatokat alkalmaztunk. Az állomás térségében a feltöltés és a kavicsos-homokos dunai hordalék alatt a bádeni korú árapály övi-folyóvízi-tavi, zömében terrigén fációsú Perbáli Agyag Formáció kőzetei találhatóak meg. Az üledékképződési környezet miatt a rétegtípusok mind laterálisan, mind vertikálisan igen változatosak. A rétegek korrelációját erősen megnehezíti, hogy hosszán követhető, az összes fúrásban megjelenő marker szintek nem várhatók, a kivételt az egyes tufaszórásos szintekkel azonosítható bentonitos rétegek jelentik. A laborelemzések alapján meszes-homokos agyag sorozatok kisebb mértékben duzzadó agyagásvány tartalmú rétegek jelennek meg az állomás területén, amelyek egy része plasztikusan viselkedik. A fúrások korrelációja során egy vető jelenlétét lehetett igazolni az állomás térségében.

*Kulcsszavak:* Rákóczi tér, bentonit, metróépítés, korreláció

## 1 BEVEZETÉS

Az elmúlt száz évben számos terv került kidolgozásra Budapest metróhálózatának kiépítése kapcsán. A tervek között egyezés volt abban, hogy a 4-es számú vonal kösse össze Dél-Budát (Móricz Zsigmond körtér) a városközponton keresztül Zuglóval (Bosnyák tér), úgy hogy kapcsolódjon a 2-es és a 3-as számú vonalakkhoz is.

A 60-as évek közepétől a 80-as évek elejéig a metró vonalak építéséhez, az UVATERV és a METRÓBER megbízásából, az OFKFB kivitelezésében mintegy 500 kutató magfúrás mélyült, melyből 180 darab a 4-es vonal szakaszvariációinak közelébe esett (Szlabóczky, 1998).

Az 1970-es évek elején elővették a korábbi nagyvonalú tanulmányokat, és ezzel megkezdődött a közel 30 évet igénybe vevő „építést előkészítő” tevékenység. A pénzügyi és ütemezési előirányzatok folyamatos változása, és sok huzavona után azonban csak 2003-ban parafálták a metrószerződést, így a metróberuházás is csak ekkor indulhatott el. Végül 2006-ban a város több pontján megindultak az állomásépítések, illetve az alagútépítés.

A 4-es metró építése egyelőre két szakaszban zajlik. Az első szakasz a Kelenföldi pályaudvartól a Keleti pályaudvarig tart, egy 7,3 km hosszúságú alagútpárból és 10 megállóhelyből áll. A tervezett második szakasz a Keleti pályaudvar és a Bosnyák teret kötné össze, ami további öt állomást és 4 km hosszúságú alagút megépítését jelentené. A vonal a 2-es metróhoz a Keleti pályaudvarnál, a 3-as metróhoz pedig a Kálvin térenél kapcsolódik.

## 2 FÖLDTANI VISZONYOK

Budapest változatos domborzatát a Duna kétfelé választja. Ny-i oldalán hegyvidék (Budai-hegység), K-i oldalán pedig síkvidék (Pesti-síkság) terül el. A Budai-hegység területének morfológiáját a tektonikai mozgások következtében kiemelt alaphegység rögvonulatai adják. A Pesti-síkság tektonikailag szerkesztett, melyet a Duna ártéri hordalékokkal töltött fel (Schafarzik et al., 1964).

A Dél-Buda – Rákospalota 4. számú metróvonal Kelenföldi pályaudvar és Baross tér, Keleti pályaudvar közötti szakaszának a legnagyobb felszíni szintkülönbsége mindössze 11 m. Legmagasabban a Kelenföldi pályaudvar (114-112,5 mBf), míg legalacsonyabban az Etele tér és Bártfai utca találkozásától a Sárbogárdi útig, illetve a Fővám tér és a Rákóczi tér közötti terület (103-104 mBf) fekszik. A

terület sík, alig változó felszínét elsősorban az emberi tevékenység alakította ki. A Duna közvetlen környékének kivételével az intenzív tereprendezés, elsősorban a feltöltés volt meghatározó.

A felső-triász rétegekre (Dachsteini Mészke és Fődolomit Formáció) diszkordánsan települnek az eocén képződmények. A területen csak a késő-eocéntól van bizonyítható üledékképződés (Kecskeméti, 1998). A nyomvonal mentén előforduló eocén, oligocén és miocén képződményeket diszkordanciával települő kvarter üledékek fedik.

A metróvonal földtani-tektonikai szempontból három nagymértékben eltérő vonalszakaszra osztható: a budai szakasz (a Kelenföldi pályaudvartól a Szent Gellért térig), a Duna alatti szakasz (a Szent Gellért tér nyugati részétől a Pesti Alsó rakpartig) és a pesti szakasz (a Fővár tértől a Keleti pályaudvarig, Dózsa György útig) (Rainscák, 2000).

A budai szakaszra homogén földtani felépítés és viszonylag kismértékű tektonizáltság jellemző. A nyomvonalszakaszon az alagút végig az alsó-oligocén, bathiális kifejlődésű Kiscelli Agyagban halad. A Tardi Agyagra konkordánsan települő összlet vastagsága a tektonikai helyzetének függvénye. A Kelenföldi lapályon 250-400 m, míg a kiemeltebb helyzetű Szent Gellért tér közelében erősen lepusztult, mindössze 13-22 m vastag. A nyomvonal közelében mindenhol típusos megjelenésű: tömeges, vastagpados, szürke-kékesszürke szín jellemzi, erősen pirites, a repedések mentén gipszes, közepes karbonáttartalmú, enyhén csillámos (Geovil, 2001, 2005).

A Duna alatti átvezető szakasz a Gellért-hegy DK-i oldalán lévő tektonikus, aszimmetrikus sasbércect harántolja. Az aszimmetriát az ÉK-i szárny erősebb térrövidülése okozta. Többnyire ÉNy-DK-i törésekkel tagolt. A budai oldalon található alsó-oligocénnél idősebb korú képződmények a Gellért-hegyet dél felől határoló ÉNy-DK-i illetve É-D-i irányú vetők mentén a mélybe sülyedtek (Rózsa & Fáy, 1980). Ugyanezen kőzeteket a pesti oldalon körülbelül 1000 m-es mélységben, fúrásokkal tárták fel, tehát K-DK felé lépcsőzetes lezökkenés tapasztalható.

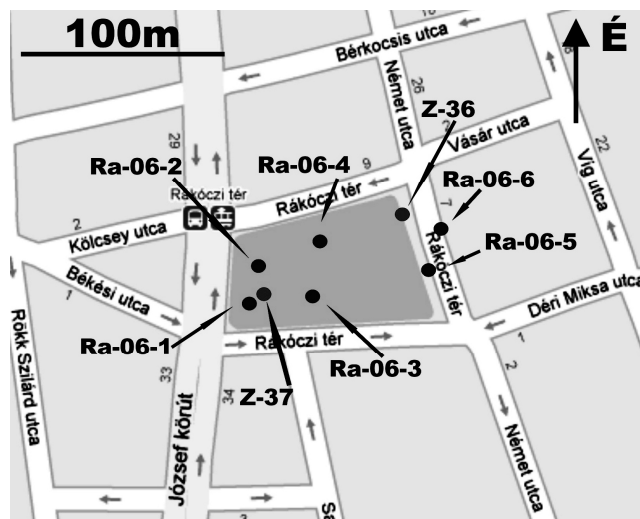
A pesti szakasz DNy-ról ÉK felé fiatalodik, a nyomvonal felső-oligocén és miocén korú képződményekben halad. Litológiailag nagyon változatos, a medencesülyedéshez kapcsolható, tenziós tektonika jellemző. Gyakoriak a jelentősebb rétegvizet tartalmazó kőzetrétegek vagy lencsék. A képződményeket mindenhol a felszín alatti vízzel gyakran telített homokos, kavicsos dunai üledék fedi. A pesti rakparttól körülbelül 150 m-re a Kálvin térig az alagút a felső-oligocén, partszegélyi kifejlődésű, homokos Törökbálinti Formációban, majd a Törökbálinti Formáció és a Szécsényi Slír összefogadásában halad. A pesti hídfő után a Törökbálinti Formáció jelentkezik, majd a Fővár tér és Kálvin tér között több vetőnek köszönhetően ennek fedője, a slír. A Kálvin tér DNy-i része, illetve az előtte lévő megközelítőleg 150 m-es szakasz a kavicsos, homokos, agyagos, litorális kifejlődésű Budafoki Formációban halad. A Kálvin tértől a Fiumei útig az alagút, az eggenburgira diszkordanciával települő, középső-miocén badeni üledékekben halad, melyet tufigén bázisösszletre, terrigén, és felső-badeni tengeri összletre lehet osztani. A badeni összlet alsó tufás, bitumenes rétegei a Tari Dácittufa („középső riolittufa”) formációhoz tartoznak (Bubics, 1978), ami részben a szárazföldre részben a partszegélyi tengerbe hullott vulkáni anyagból áll, és nagyszámú homokos, agyagos vagy kavicsos betelepülést tartalmaz. A nyomvonal a Kálvin tér után megközelítőleg 200 m-en keresztül halad a tufigén összletben, innentől a Rákóczi téren keresztül egészen a Fiumei útig a metró az erre települő árapályövi-folyóvízi-tavi terrigén összletben fut, mely a Perbáli Formációval („tarka aleurit”) azonosítható. A Rákóczi téri és Köztársaság téri megálló közötti területet újabb három haránt irányú vető tagolja. A Fiumei úttól a Baross térig (Keleti pályaudvarig) az alagút a felső-badeni – szarmata tengeri összletben halad, ami molluszka faunája alapján a Rákosi Mészke, illetve a Tinnyei Formáció.

A felszín alatti víz áramlását elsődlegesen a Duna határozza meg. Két fő áramlási irány állapítható meg. Az egyik a Duna, mint erózióbázis felé történő szivárgás, a másik a Duna völgyére jellemzően ÉÉNy-DDK irányú. Az általános áramlási képet néhol kissé torzítja a dombokról lefutó kisebb patakmedreket követő áramlás. A Duna mindenkor vízállása hatással van a környezetében lévő terasz vízszintjére is (Juhász, 2000).

### 3 KORÁBBI FÚRÁSI ADATOK FELDOLGOZÁSA

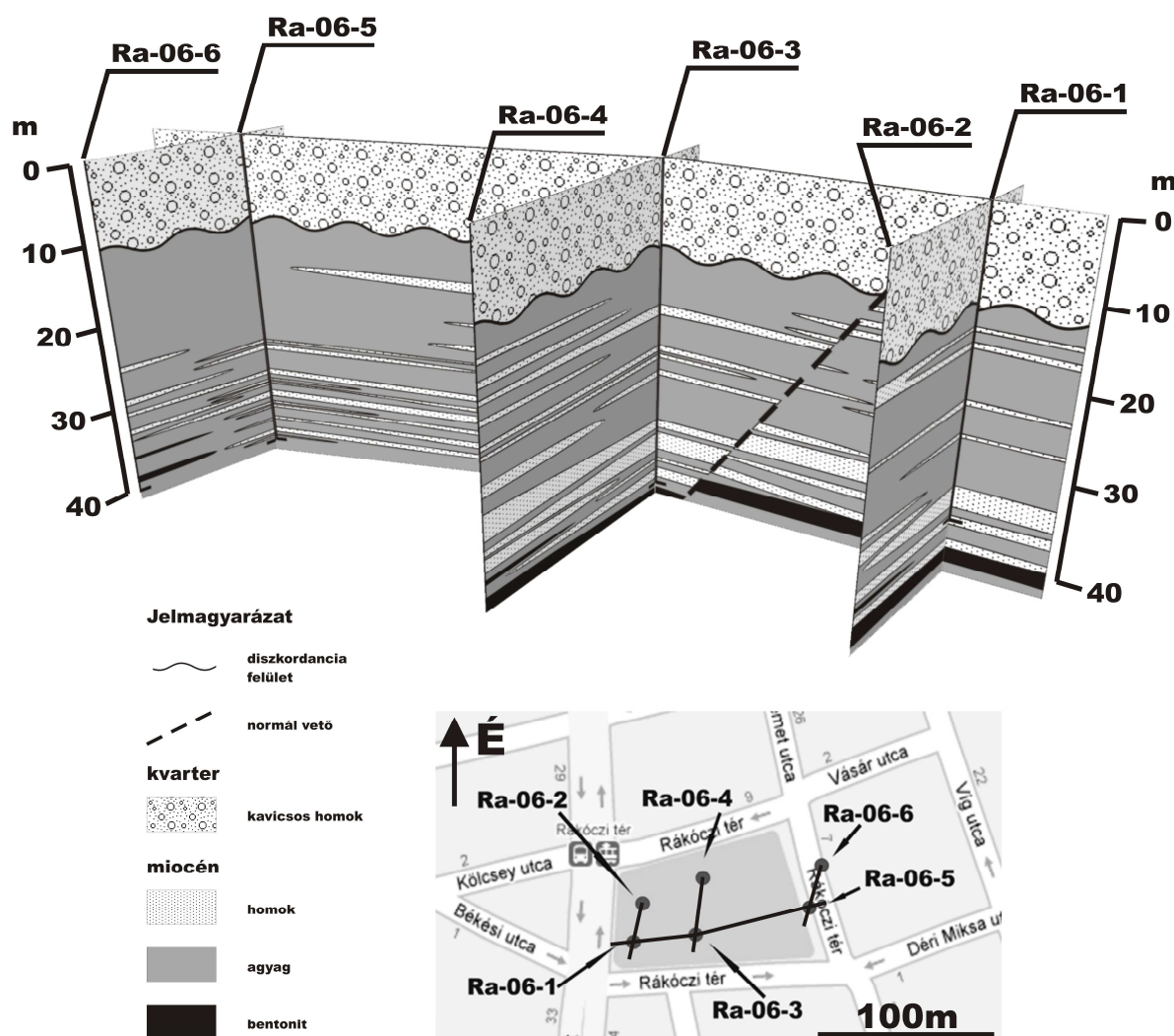
#### 3.1 Szelvények

A felhasznált fúrások közül mind az 1972-es Z, mind a 2006-os Ra jelűek a Rákóczi téren helyezkednek el (1. ábra). Ábrázolástechnikai és geológiai szempontokat is figyelembe véve az egyes rétegtípusok összevonására volt szükség, ezért a szelvényeken a kavics-homok rétegek homokként (elkülönítve a miocén és a kvarter képződményeket), az iszap-sovány agyag-közepes agyag-kövré agyag rétegek agyagként, a bentonit-bentonitos agyag rétegek pedig bentonitként szerepelnek.



1. ábra. A Rákóczi téri fúrások elhelyezkedése

A Ra jelű fúrások térben való elhelyezkedése lehetővé tette 3 dimenziós kerítésszelvény elkészítését, mellyel teljesebb képet kaphatunk a terület földtani felépítéséről (2. ábra). A szelvényen látható, hogy egy alapvetően agyagos képződménybe homok, és bentonit csíkok, rétegek, lencsék települtek. Ezen kívül egységesen, jól elkülöníthető a badeni rétegekre diszkordánsan települő, felső 10-12 m vastag dunai kavicsos-homokos üledéket, antropogén feltöltést és talajréteget tartalmazó kvarter összlet. Megállapítható, hogy a betelepülések száma és vastagsága 30 méteres mélységben ugrásszerűen megnő. A homok és bentonit betelepülések nem csak síkban, hanem térben is nyomon követhetők.

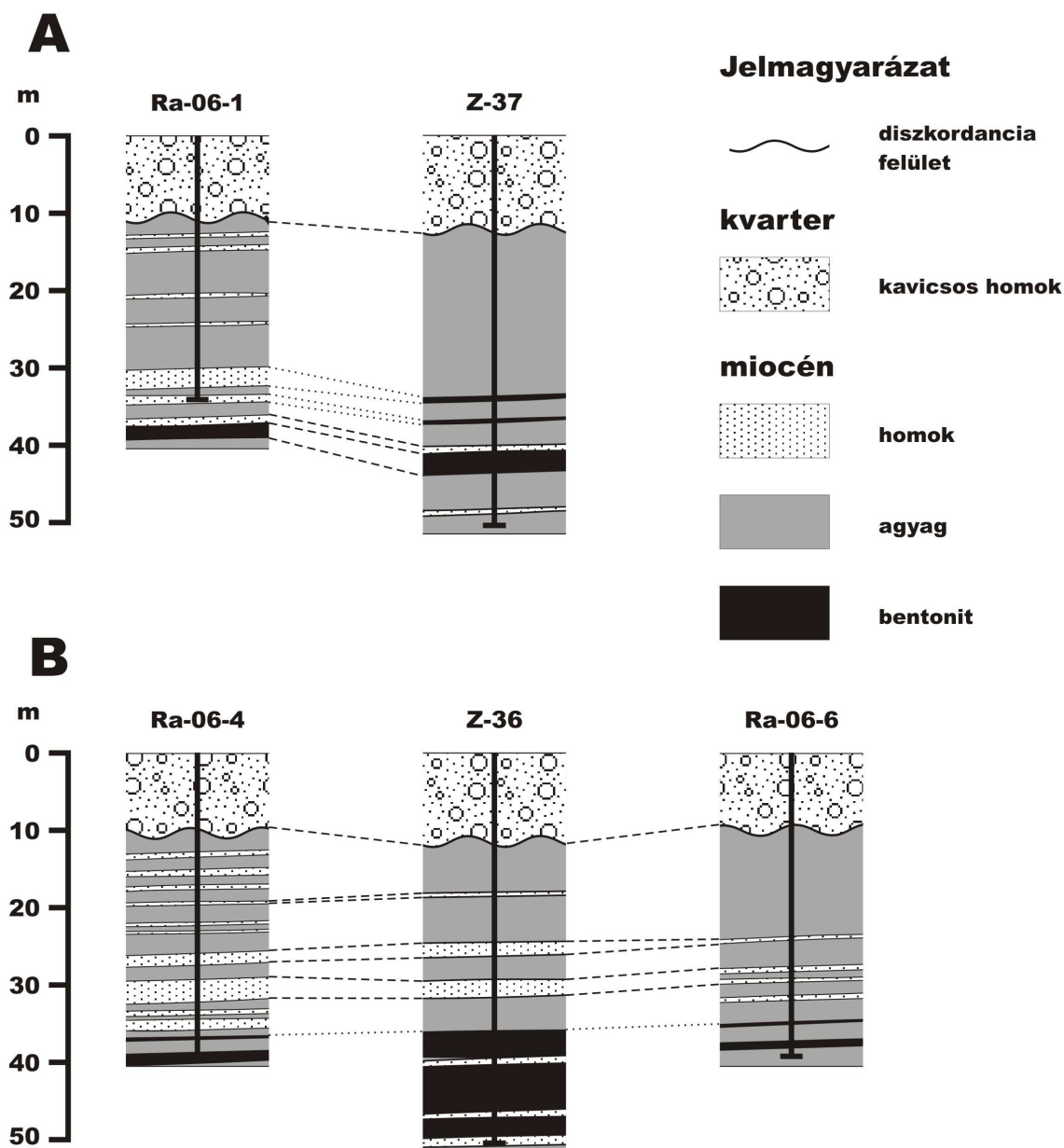


2. ábra. A Ra jelű fúrások kerítésszelvénye

## 3.2 Fúrások korrelálása

Az 1972-es Z fúrásorozat és a 2006-os Ra fúrásorozat mélyítése s leírása között eltelt 34 év alatt, a technikai feltételek javulása, a vizsgálati módszerek fejlesztése, valamint az egyes rétegtípusok beazonosításához, csoportosításához szükséges szabványok változása miatt a leírásokban eltérések lehetnek, ami előidézheti, hogy ugyanazon réteget más rétegtípusként írják le. A fúrási technika fejlődése egyre pontosabb leírást eredményez, ezért fordul elő, hogy a Z fúrásokban látható relatív vastag betelepülések a Ra fúrásokban sokkal részletesebben vannak ábrázolva. A fúrások korrelálása földtani viszonyok pontosítása és a leírások esetleges korrigálása miatt fontos.

A Ra-06-1-es és Z-37-es fúrások között (3. ábra, A szelvénye) több korreláló és több nehezen követhető, más fúrásban nem feltárt vagy leírt réteg található. A felső kvarter üledék, illetve a szaggatott vonallal összekötött homok és bentonitréteg nagy valószínűséggel ugyanazon réteggel azonosítható. A felső, körülbelül 20 m vastagságú, a felszíntől számítva 10 méteres mélységben kezdődő agygréteg a Z-37 fúrásban a geológiai leírás szerint helyenként homokzsínóros, de sem a rétegek helye, sem a vastagsága nem volt megadva. A Ra-06-1 fúrás ugyanezen szakaszában található homokrétegek meghosszabbítása kirajzolhatja a Z-37-es fúrás betelepüléseinek pontos helyét és vastagságát. A pontozott vonallal összekötött rétegek esetén valószínűsíthető, hogy ugyanazon rétegről van szó, csak a változó szabványok, vizsgálati módszerek és a különböző leírások miatt Z fúrások leírásánál bentonitként meghatározott réteget, az Ra fúrások leírásakor már homokként értelmezték.



3. ábra. A Z és a Ra jelű fúrások összehasonlítása

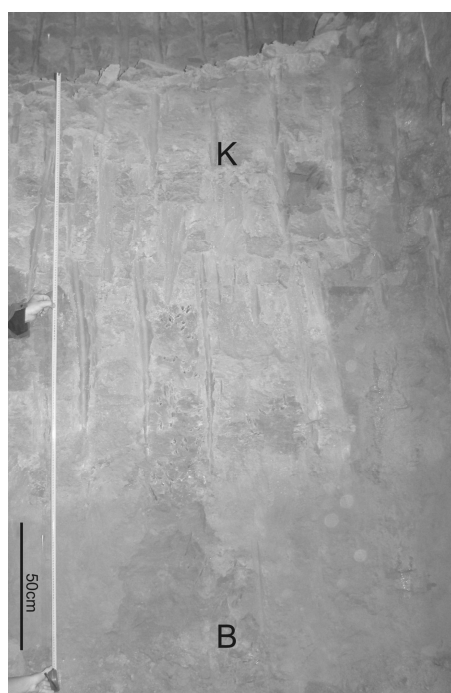
A 3. ábra B szelvényén látható, hogy a Ra-06-4 és Ra-06-6 fúrás közé helyezett Z-36-os szinte teljesen illeszkedik. A felső vastag homokos összlet, illetve az alatta, nagyjából 35 méteres mélyséig, elhelyezkedő homokbetelepülések is biztonsággal összeköthetők. A pontozott vonallal jelzett bentonitos-agyagos összletben látható különbségek abból fakadnak, hogy a Ra fúrások leírása sokkal részletesebb. Amit a Z-36-os fúrásban egynemű bentonit rétegnek írtak le, azt a Ra jelű fúrásokban több vékonyabb rétegre, bentonit és agyag váltakozására bontották.

#### 4 A RÁKÓCZI TÉR SZELVÉNYEZÉSE

A terepi mintagyűjtéskor csak az éppen akkor aktuálisan feltárt alagútszakaszból lehetett mintát venni (4. ábra). A mintavételezés vertikális irányultságú volt. A mintavételezés az építkezési munkálatok miatt két ütemben történt (I. és II. sorozat), ezért nem folytonos a rétegsor, kisebb megszakítás van benne. Az I. sorozat rétegsora és a feltárás az 5. ábrán látható. A mintákon, a BME Mérnökgeológiai laborjában, szemeloszlási, víztartalom mérési, plastikus index és röntgendiffrakciós vizsgálat készült. A makroszkópos kőzetleírások, és a szemeloszlási vizsgálat alapján a minták uralkodóan homokos, vagy agyagos iszapok.

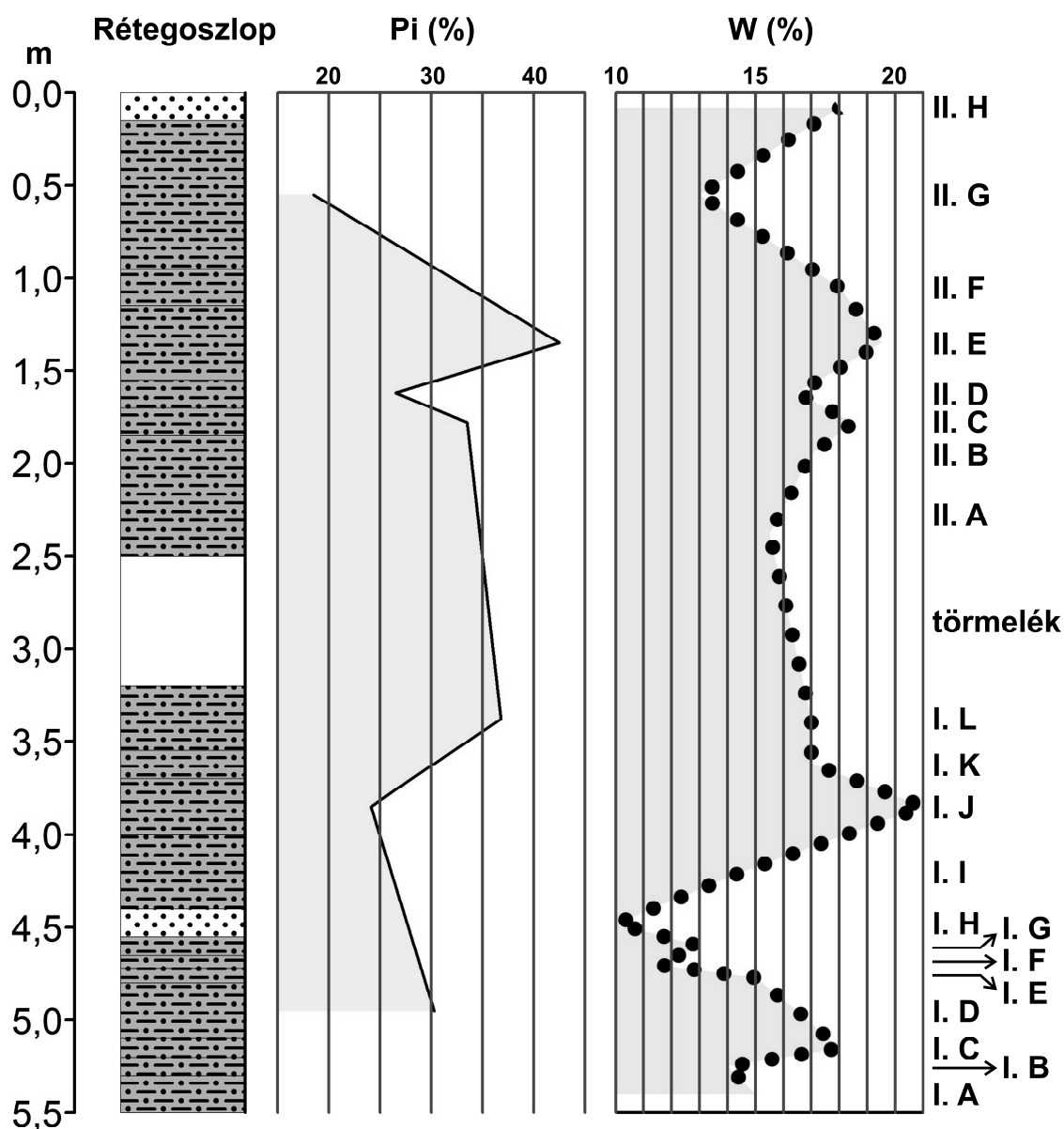


4. ábra. Építkezés a Rákóczi téren



5. ábra. Az I. mintasorozat szelvénye (az I.B és az I.K. minták helyének feltüntetésével)

A 6. ábra bemutatja a minták egymáshoz viszonyított térbeli elhelyezkedését, a rétegek valós vastagság értékével, valamint a hozzájuk tartozó víztartalommal, és plastikus index értékkel. A víztartalom értékek 10-21% között mozognak, az átlag 16%. A plastikus index vizsgálat alapján a minták a sovány agyag, közepes agyag illetve a kövér agyag csoportba tartoznak, miszerint közepesen vagy nagyon plastikusak.



**6. ábra.** Az I. és II. mintasorozat szelvénye a plastikus index és víztartalom értékekkel

A röntgendiffrakció segítségével meghatározhatók a legfontosabb ásványos összetevők. A vizsgált minták ásványos összetétele nagyon hasonló, csak kisebb eltérések, változások vannak. Minden mintában található agyagásványok, karbonátok, földpátok, csillámok és a kvarc. Az alapvető ásványos összetétel: kvarc, kalcit, kaolinit, dolomit, szmektit-félék, muszkovit, albit, klinoklór és illit. Ezen kívül előfordul ortoklász, sziderit, hematit, apatit, bárium-karbonát, diopszid, krisztobalit, korund, valamint a második sorozat mintáiban helyenként megjelenik az anhidrit.

A vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy az 5,5 méteren megmintázott szakasz kőzettilag hasonló. Az átlagos víztartalom körülbelül 16 %, az uralkodó szemcseméret az iszap tartományba esik, de előfordulnak agyagosabb vagy homokosabb minták, az agyagosabb minták közepesen (mért értékek: 18,50-26,47 %) vagy nagyon (mért értékek: 30,25-42,53 %) plastikus agyagok közé tartoznak. A minták ásványos összetétele alig változik, végig megtalálhatók benne az agyagásványok és a homokra utaló ásványok (földpátok, csillámok, kvarc) is. Ezen kívül a kalcit és a dolomit állandó előfordulása karbonátos szemcsék jelenlétére utal, vagy diagenetikus karbonát kiválás következménye. A szakirodalom szerint, a területen az alagút badeni rétegekben halad. Ezt, valamint a laborvizs-

gálatok alapján levonható kőzettani tulajdonságokat figyelembe véve megállapítható, hogy a metróvonal mintázott szakasza a Perbáli Agyag Formációt harántolja.

## 5 ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1972-ben mélyített Z jelű és a 2006-ban fúrt Ra jelű fúrások együttes feldolgozása és térképi megjelenítése során kiderült, hogy a két fúrásorozat között eltelt mintegy 34 év leforgása alatt a technika intenzív fejlődése, a szabványok és leírások változása, valamint a kutatási cél esetleges módosulása miatt, az egymástól alig néhány méterre elhelyezkedő fúrások anyagát is eltérően értelmezték az eredeti leírásakor. A két fúrásorozat elemeinek korrelációja nem volt mindenhol egyértelmű, azonban fontos a földtani viszonyok precízebb megismeréséhez. Eltérések voltak a fúrásorozatok rétegtípusba sorolása, és a leírások részletessége között is. Előfordult, hogy egyazon réteget a Z jelű fúrásokban bentonitként, a Ra fúrásokban homokként írtak le, a szelvények szerkezetesékor viszont kiderült, hogy ugyanazon rétegről van szó. A részletességben való eltérés szintén a fúrások egymás mellé helyezésekor volt szembeötlő. A Ra fúrások részletesebb leírása több helyen is kiegészítette, pontosította a Z jelű fúrásokban homogénnek vélt vastagabb rétegeket.

A fúrásokból szerkesztett szelvényeken látható, hogy abban a mélységben, ahol a metróalagút halad (a felszíntől számított mintegy 22-28 m) egy alapvetően agyagos-iszapos képződményben homokos betelepülések vannak. A képződmény lencses szerkezetű. A Rákóczi téren vett mintákon végzett vizsgálatok alapján kapott kőzettani jellemzők, fizikai tulajdonságok, kőzettani jelleg, valamint a szakirodalom alapján kialakított képből, az üledékképződésre vonatkozó információk alapján, az alagút mintázott és vizsgált szakasza a középső-miocén (badeni), árapály övi-folyóvízi-tavi, zömében terrigén fációs Perbáli Agyag Formációban halad. Az üledékképződési környezet miatt a rétegtípusok mind laterálisan, mind vertikálisan igen változatos kőzettani jelleggel bírnak, és ennek megfelelően fizikai paramétereik is változhatnak. Az árapályövitől a folyóvízi környezetig terjedő fációs az egyes rétegek korrelációját erősen megnehezíti, hiszen hosszan követhető, az összes fúrásban megjelenő marker szintek nem várhatók, a kivételt az egyes tufaszórásos szintekkel azonosítható bentonitos rétegek jelentik. Ennek megfelelően, csak ezen rétegek azonosításával lehetett, még ilyen kis területen is az egymás melletti, de eltérően ismert fúrásokat korrelálni.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Horváth Tibornak a rendelkezésünkre bocsátott adatokért, Kleb Bélának és Görög Péternek, Barsi Ildikónak a szakmai tanácsokért, valamint Kopecskó Katalinnak, Kovács Bélánénak, Árpás Endre Lászlónak és Emszt Gyulának a laborvizsgálatokban nyújtott segítségért. Horváth Ferenc, Buri János és Buri Zoltán a Rákóczi téri állomás építési területén biztosította a munkához szükséges feltételeket. Virág Attila a rajzok elkészítésében nyújtott segítséget.

## 6 IRODALOMJEGYZÉK

- Bubics I. 1978: A budapesti metróépítés földtani eredményei. *Mérnökgeológiai Szemle*, **21**: 5-87.
- Geovil Kft. 2001: *A metróvonal és környezetének földtani felépítése (B. fejezet)*. kézirat, Szentendre, Geovil Kft., 34.p.
- Geovil Kft. 2005: *Budapest 4. metróvonal, I. szakasz, Összefoglaló mérnökgeológiai, hidrogeológiai és geotechnikai szakvélemény, „A” kötet, Természetföldrajzi és földtani adottságok a nyomvonal mentén*. kézirat, Szentendre, Geovil Kft., 25.p.
- Juhász J. 2000: A 4. sz. Metró kutatásának hidrogeológiai eredményei, *Földtani Kutatás*, **37/2**: 25-35.
- Kecskeméti T. 1998: *Magyarország epikontinentális eocén képződményeinek rétegtana*. In: Bérczi, I., Jámber, Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. A MOL Rt. és a MÁFI kiadványa, Budapest, 403-417.
- Raincsák Gyné. 2000: A Budapest 4. sz. Metróvonal és környezetének földtani viszonyai. *Földtani Kutatás*, **37/2**: 4-19.
- Rózsa, L., Fáy, M. 1980: Újabb adatok Budapest talajviszonyairól a metró feltárások alapján. *Mélyépítéstudományi Szemle*, **30/1**: 1-8.
- Schafarzik F., Vendl A., Papp F. 1964: *Geológiai kirándulások Budapest környékén*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 296.p.
- Szlabóczky P. 1998: *Szemelvények a tervezett budapesti IV-s metró vonalat érintő régebbi földtani kutatásokból*. előadás kivonat, Geotechnika '98 Konferencia, Ráckeve

