

A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszeptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján

Fogarassy-Pummer Tímea¹, Markos Gábor¹, Vári Zoltán¹, Mekker Julianna¹, Szabó Zsóka¹, Bauer Márton¹, Gál Nóra Edit¹, Kun Éva¹, Szűcs Andrea¹, Szócs Teodóra¹, Fancsik Tamás¹, Püspöki Zoltán¹

¹ Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, 1123 Budapest, Alkotás utca 50. (e-mail: timea.pummer@sztfh.hu)

DOI:10.59258/hk.17594



„Dr. Urbancsek János emlékének”

Kivonat

Nagy felbontású rétegtani tagolás és ezt megalapozó mélyfúrás geofizikai adatrendszer hiányában a Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések kényszerűen egyszerű földtani alapra épülnek. A tanulmányban 593 közelmúltban digitalizált mélyfúrás karotázs korrelációjára alapozva mutatjuk be a térség negyedidőszaki rétegsorát. Az üledékföldtani egységek korát a terület magfúrásainak mágneses szuszeptibilitás adatokra épülő, közelmúltban publikált rétegtani beosztására alapozva adtuk meg. A negyedidőszaki rétegsor alapvető tagolására a pleisztocén közepi klímaromlás (Mid Pleistocene Transition) idejének (1,2 millió év) megfelelő korrelációs felszín szolgált („MPT felület”). Alatta döntően egyveretű homok sorozatokból álló rétegsor települ, fölötté finomszemű üledékek közé ágyazott kis vastagságú homokrétegek összességében fölfelé durvuló sorozata látható. Előbbit nagy méretű, intenzív oldalazó eróziót kifejtő vagy elágazó vízfolyás hozhatta létre, utóbbi kisméretű vízfolyások által épített hordalékkúp jelenlétére utalhat. Elkülöníthető egy a hordalékkúppal laterálisan érintkező, a mai Duna-völgygel párhuzamos, attól K-re eső, ártéri üledékeket csak alárendelten tartalmazó homok összlet is, melynek kora 450–250 ezer év közé tehető, s amely ismét nagyméretű vízfolyás (Duna) jelenlétét igazolja.

A mágneses szuszeptibilitás és fauna adatok figyelembevételével az MPT felület alatti folyóvízi rétegsor további három egységre, a hordalékkúp összlet ugyancsak három kisebb, egyenként fölfelé durvuló üledékciklusra tagolható. Az utóbbiak bázisa fölött települő finomszemű képződmények felszín közeli regionális vagy lokális vízrekesztők lehetnek.

A térképezett rétegtani egységek száma a korábbi 1–3-ról 8-ra, a térképezés alapjául szolgáló értékelt mélyfúrások száma az 1970-es években meghatározott 66-ról 593-ra emelkedett, ami a földtani modell felbontásában nagyságrendi növekedés. A bemutatott korrelációk területi kiterjesztésének és a megbízható rétegtani tagolás következetes alkalmazásának eszköze lehet a mágneses szuszeptibilitás – mint paleoklíma változások kimutatására alkalmas fizikai mennyiség – számításba vétele a vízkutató fúrások mélyfúrási geofizikai vizsgálatának tervezésekor.

Kulcsszavak

Duna-Tisza-köze, nagy felbontású karotázs korreláció, negyedidőszak.

Quaternary formations of the Danube–Tisza Interfluvium based on magnetic susceptibility and wireline log-correlations

Abstract

Hydrogeological models of the Danube–Tisza Interfluvium are compelled to consider oversimplified geological models, due to the lack of an appropriate stratigraphy of adequate resolution and that of a wire-line log data system establishing this stratigraphy. This study presents the Quaternary formations in the region based on high-resolution log correlation of 593 recently digitized hydrogeological wells. The geochronology of the stratigraphic units is established on recently published magnetic susceptibility records of the long cores representing this area.

The primary stratigraphic key surface within the Quaternary series is related to the Mid Pleistocene Transition (1.2 Ma) referred to as ‘MPT surface’. Below this, a monotonous succession of multi-storey sand bodies can be observed, while above, an upward coarsening succession of small sand complexes embedded into fine materials. The former was accumulated by a large river braided or of intensive lateral erosion, the latter was accumulated by small channels possibly on a fluvial fan. A separated sand unit of 450–250 ka was also identified and mapped attached laterally to the fluvial mega-fan, East of, but almost parallel with the recent Danube valley that can be related to the occurrence of a large watercourse (Danube) again.

Based on magnetic susceptibility and paleontological data, the fluvial succession below the MPT surface was sub-divided into three stratigraphic units, while the fan complex is dissected into three upward coarsening cycles. The lower, finest parts of the latter represent shallow potential aquitard layers extending locally or regionally.

As a result, the number of the mapped units increased from the former 1–3 to 8, the number of the interpreted logs increased from 66 determined in the 1970s to 593, which means the increase of the resolution of geological models by an order. The spatial extension of the correlations together with the regular use of the presented stratigraphy could be significantly supported by the consideration of the magnetic susceptibility – as a physical parameter detecting paleoclimate changes – when planning the wireline log measurements of the hydrogeological wells.

Keywords

Danube-Tisza Interfluvium, high-resolution log correlation, Quaternary.

BEVEZETÉS

A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki rétegsorának vízföldtani célú megismerés-története évszázados. A kutatásokat egyszerre inspirálta a lakossági és ipari vízbeszerzés (Erdélyi 1967, Schmidt 1962, Urbancsek 1963, 1977), illetve a mezőgazdasági célú talajvíz térképezés (Rónai 1961). A vizsgálatoknak az 1970-es évektől új lendületet adott a talajvízszint csökkenése (Major–Neppel 1988, Pálfi 1993, 2010, Szilágyi–Vörösmarty 1997, Kovács és társai 2017), az ezzel kapcsolatos vízpótlási lehetőségek felmérése (Orlóci 2003, Stevanovic és társai 2008, Kozák és társai 2009, Alföldi–Kapolyi 2011, Nagy és társai 2016, Nemere, 1994, Gyirán 2009, Szabó és társai 2023) valamint az a tény, hogy a térség, adottságainál fogva, a medence léptékű vízföldtani modellezések egyik típusrületévé válhatott (Mádl–Szőnyi és Tóth 2009).

Az egyre nagyobb felbontást igénylő, módszertani megközelítésükben egyre komplexebb vízföldtani modellek ugyanakkor mindmáig egy az 1950-es 70-es években megalapozott földtani modellel számolnak. Ennek lényege egy az Ős-Duna által a plio–pleisztocén során felhalmozott, nagyméretű „legyezőszerű” hordalékkúp (Borsy 1992, Gábris 1994, Kiss és társai 2015), melynek Ny-i szárnyán a pleisztocén fiatalabb időszakában bevágódott a mai Duna-völgy. E földtani kép további fejlesztésének két feltétele van. Egyik a plio–pleisztocén folyóvízi rétegsorok geokronológiai tagolása, másik a medenceanalízis szempontjából értékelhető korszerű mélyfúrás geofizikai adatrendszer létrehozása.

Az elmúlt években mágneses szuszeptibilitás vizsgálatokra alapozva megtörtént a Körös-medence, a Jászság, a Duna–Tisza-köze, a Makói-árok, valamint a Maros hordalékkúp alapfúrásainak rétegtani tagolása, párhuzamosítva a klímaciklusokat dokumentáló mélytengeri oxigénizotóp adatsorokkal (Püspöki és társai 2020, 2021a,b, 2023). E vizsgálatok lehetővé tették a negyedidőszaki folyóvízi rétegsor felosztását 10 paleoklimatológiai definiált rétegtani egységre, ún. „mágneses szuszeptibilitás ciklusra”. Mivel a korbeosztást magnetosztatigráfiai adatok csak a körös-medencei alapfúrások esetében támogatták, fontos adalék, hogy a Körös-medence (Dévaványa, Vésztő), Jászság (Jászládány) és Makói-árok (Mindszent) közötti paleoklimatológiai korrelációkat aminosav-sztratigráfiai vizsgálatok is megerősítették (Nelson és társai 2023).

Az Alföld negyedidőszaki rétegsorára vonatkozó karotázs korrelációs szelvények készítésének elősegítésére a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál (SZTFH) 2014 óta zajlik az „Új Urbancsek adatbázis” fejlesztése. A feldolgozás során adatbázisba kerül a Vízföldtani naplók szöveges földtani leírása (litológia, szín, karbonát tartalom) rétegenként, a szűrőrakatok mélységközei és a releváns mélyfúrás geofizikai görbék (SP, ellenállás, természetes gamma, esetenként sűrűség és neutron porozitás) numerikus értékei (10 cm-es lépésközzönként). A Duna–Tisza-köze területére vonatkozó fúrásfeldolgozások az elmúlt években 1 290 db vízföldtani naplót érintettek.

Tanulmányunk célja, hogy a digitalizált fúrásnaplókra alapuló és a már publikált magfúrások geokronológiai eredményeire támaszkodó karotázs korrelációs szelvényháló segítségével átfogó, a korábbinál részletesebb földtani képet mutassuk be a Duna–Tisza-köze negyedkori üledéksoráról, felülvizsgálva egyben a negyedidőszaki fejlődéstörténettel kapcsolatos néhány korábbi megállapítást.

A DUNA–TISZA-KÖZE NEGYEDIDŐSZAKI RÉTEGSORÁNAK ISMERETESSÉGE

Az első szisztematikus földtani térképezés (Sümeghy 1950) kimutatta (1) egy Pesttől DK-re szélesedő és mélyülő „Levantei árok” jelenlétét, valamint (2) a Duna hordalékszállító és felhalmozó tevékenységében a „középső–felső–pleisztocén” során bekövetkező jellegváltást. A jellegváltást követő „középső–felső–pleisztocén” üledékek fluviális vagy eolikus eredetének kérdése később több évtizedes vitát szült (Sümeghy 1950, Mihály 1953, 1973 1977).

A rendszeres vízföldtani adatgyűjtés évtizedek óta a MÁFI, később a VITUKI, ma az SZTFH szervezetén belül működő Kútdokumentációs Csoport tevékenységében zajlik. A vízföldtani naplók célirányos feldolgozása során sok tekintetben tisztázódott a földtani felépítés hatása a fajlagos vízhozamra és rétegnyomásra (Urbancsek 1960, 1963). Az adatgyűjtés eredményeként közreadott karotázs korrelációs szelvényeken (Urbancsek 1977) egyaránt megjelenik a Duna–Tisza-köze területén korábban felismert „Levantei árok” és a vitatott genetikájú „középső–felső–pleisztocén” képződmények fekvő felülete. Megbízható faunaadatok hiányában ugyanakkor bizonytalan maradt a negyedkori képződmények fekvő felé történő lehatárolása, s ezzel a nagy vastagságú folyóvízi összlet geokronológiai besorolása, illetve tagolása.

A feltételezett szerkezeti árkok helyzetének, kialakulásuk korának meghatározása érdekében később Jaskó S. végzett kutatásokat (Jaskó és Kordos 1989, Jaskó és Krolopp 1991). A jelenlegi Duna-völgy korának pontosítására vonatkozóan az utóbbi évtizedben OSL elemzési adatok születtek (Tóth és társai 2017). A Duna–Tisza köze fejlődéstörténetének egyik legfrissebb áttekintésében Sebe és társai (2019) a Duna több szakaszban történő Ny-ra tolódását állapították meg.

A szedimentológiai és biosztratigráfiai adatok pótlását szolgálták az Alföld-kutatási program (Rónai 1985) keretében a Duna–Tisza-közi hordalékkúp síkság és Makói-árok területén folyamatos magvétellel mélyült fúrások (1. ábra). Megtörtént a magfúrások szedimentológiai (Franyó 1980, Gedeonné 1973, Borsy és társai 1982, 1987), és paleontológiai (Széles 1977, Krolopp 2002) feldolgozása, megbízható, folyamatosan regisztrálható paleoklíma indikátor hiányában azonban a nagy felbontású rétegtani tagolásra vonatkozó célkitűzések nem teljesültek.

Az elmúlt években az Alföld magfúrásainak vizsgálata révén sikerült a kvarter elkülönítésére és tagolására alkalmas paleoklíma indikátort azonosítani. Világossá vált, hogy a mágneses szuszeptibilitás értéke a vízgyűjtő terület mállási folyamatainak klímáfüggő változásaival

van kapcsolatban (Püspöki és társai 2016). Hideg időszakokban a hegyvidéki területek alapkőzetének ásványai fagyaprózódás révén kiszabadulnak a kőzetből, s a hegyvidék permafroszt talajaiba fagyva helyben konzerválódnak. A felmelegedések kezdetén a permafrosztok kiolvadásával e magnetit is tartalmazó éretlen törmelék a folyóhordalékba kerülve gyorsan lejut a medencébe, extrém módon megnövelve a hordalék mágneses szuszeptibilitását. A felmelegedések későbbi szakaszában a lehordási terület talajosodásával, a magnetit szemcsék kémiai mállása rövid idő alatt (100–1000 év) bekövetkezik, ami a folyóhordalék mágneses szuszeptibilitásának gyors csökkenéséhez vezet. E klímacyklusonként ismétlődő jelenség bármilyen, magnetit szolgáltató magmás vagy metamorf képződmény esetén érvényesül, s erre alapozva a pleisztocén üledéksor megbízhatóan tagolható, illetve elválasztható a hasonló litológiájú idősebb képződményektől (Püspöki és társai 2020, 2021a, 2021b, 2023).

ANYAG ÉS MÓDSZER - A KAROTÁZS KORRELÁCIÓS SZELVÉNYHÁLÓ KIALAKÍTÁSA

A karotázs korrelációs vizsgálatra történő kiválasztás során elsőbbséget élveztek a negyedidőszaki rétegsort teljesen vagy közel teljesen harántoló, a nyitott szakaszban teljes hossz, legalább két megbízható mérési adattal reprezentált fúrások. A szelvényháló kialakítása során elkészítettünk a területet lefedő és a földtani viszonyok bemutatására alkalmas 11 regionális korrelációs szelvényt (5 É–D, 6 K–Ny irányban) (1. ábra). A regionális szelvények által összekötött fúrások száma 81 db, ami áttekinthető képet ad a területre, 3D modellezéshez azonban nem biztosít kellő adatsűrűséget.

A regionális szelvényekkel közel párhuzamosan, azok mentén és azok között sűrítő szelvények készültek. Ezekbe bekerültek az áttekinthető szelvények értelmezett fúrásai, ugyanakkor „felfűznek” minden a szelvényirány közelébe eső kellő mélységű és megbízhatóan szelvényezett mélyfúrás. A sűrítő szelvények révén az értelmezett fúrások száma 513-ra emelkedett. Végül a nagy fúrássűrűséggel jellemezhető vízbázisok, illetve az értelmezésből első lépésben kimaradt területrészek fúrásait rövid szelvényekkel beillesztettük a már elkészült szelvényhálóba. Ezzel további 80 fúrás értelmezése vált lehetővé.

Az így elkészült korrelációs szelvényháló segítségével összesen 593 fúrás került értelmezésre. Ez az adatbázisban a területre eső 1290 digitalizált fúrás közel fele (46%), ami a korábbi szisztematikus feldolgozáshoz képest (Urbancsek 1977) nagyságrendi adattartalom növekedés (66-ról 593-ra).

EREDMÉNYEK – KAROTÁZS KORRELÁCIÓ ALAPULÓ ÜLEDÉKFÖLDTANI EGYSÉGEK

A negyedidőszaki rétegsor általános felosztása

A vízkutató fúrások karotázs szelvényein jól azonosítható, így regionálisan térképezhető az a felület, amely a

pleisztocén összlet alsó részét képező, uralkodóan homokos összletet elválasztja a fölötté települő, finomszemű ártéri üledékeket és homok betelepüléseket egyaránt tartalmazó kifejlődéstől (2-ABC. ábra sor). Ez a legfontosabb, elsődleges korrelációs felszín. Teljes kifejlődés esetén jellemzően 100–200 m mélységben található ez a felület.

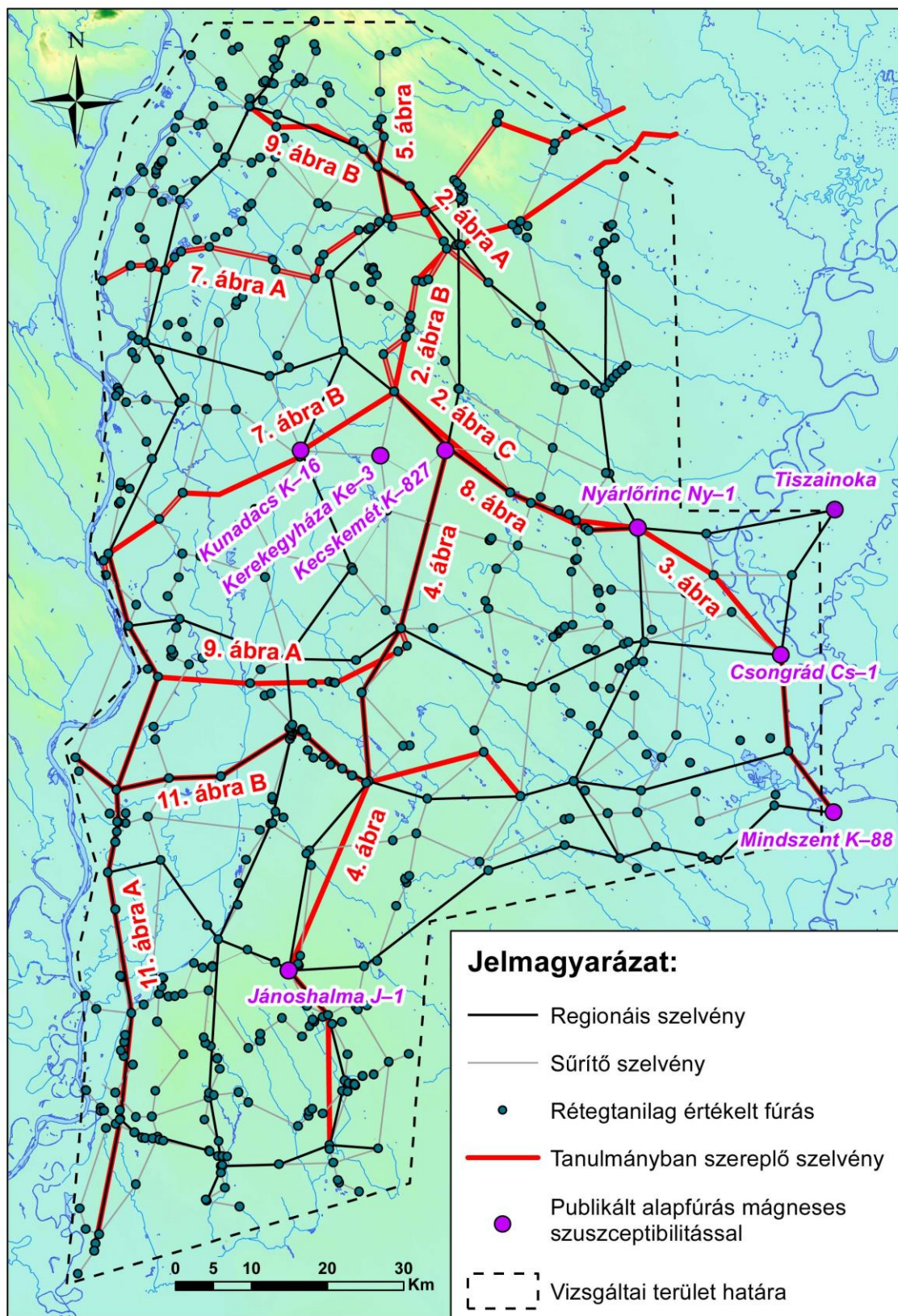
Az elsődleges korrelációs felszín alatt megjelenő, vékony agyag–kőzetliszt rétegekkel elválasztott homokrétegek vastagsága eléri vagy meghaladja a 10 métert. A homokrétegek között a finomszemű betelepülések vékonyak, gyakran teljesen hiányoznak, így 60–100 m monoton durvaszemű homok sorozat jelentkezik a geofizikai szelvényeken (pl. Dánszentmiklós K–382, Ladánybene B–11) (2-A., 2-B. ábra).

A felület fölött ezzel szemben a homokrétegek vastagsága rendszerint 5 m alatt marad, sok esetben a 2 m-t sem éri el, s e vékony homokrétegek kőzetlisztos–agyagos finomszemű üledékbe ágyazva jelennek meg. Jellemzője ennek a szakasznak a fölfelé durvuló szemcseméret, ami a mérési körülményektől függően (vontatási sebesség, érzékenység) jelentkezhet az ellenállás értékek fokozatos eltolódásában (Dánszentmiklós K–382), vagy a betelepülő homokrétegek ellenállás maximumainak egyre nagyobb értékében is (pl. Nyáregyháza K–9, Ladánybene B–11, Táborfalva B–15). A fölfelé durvuló jelleget megszakíthatják vastagabb homok betelepülések (pl. Mikebuda K–32). A Pesti-síktól dél, délkelet felé távolodva (2-C. ábra) a fölfelé durvuló jelleg mértéke csökken, ami azonban nem a homok betelepülések eltűnéséből vagy megvastagodásából, hanem a vékony homokrétegek ellenállás maximumainak közel azonos értékéből adódik (pl. Kecskemét K–893, Városföld K–19).

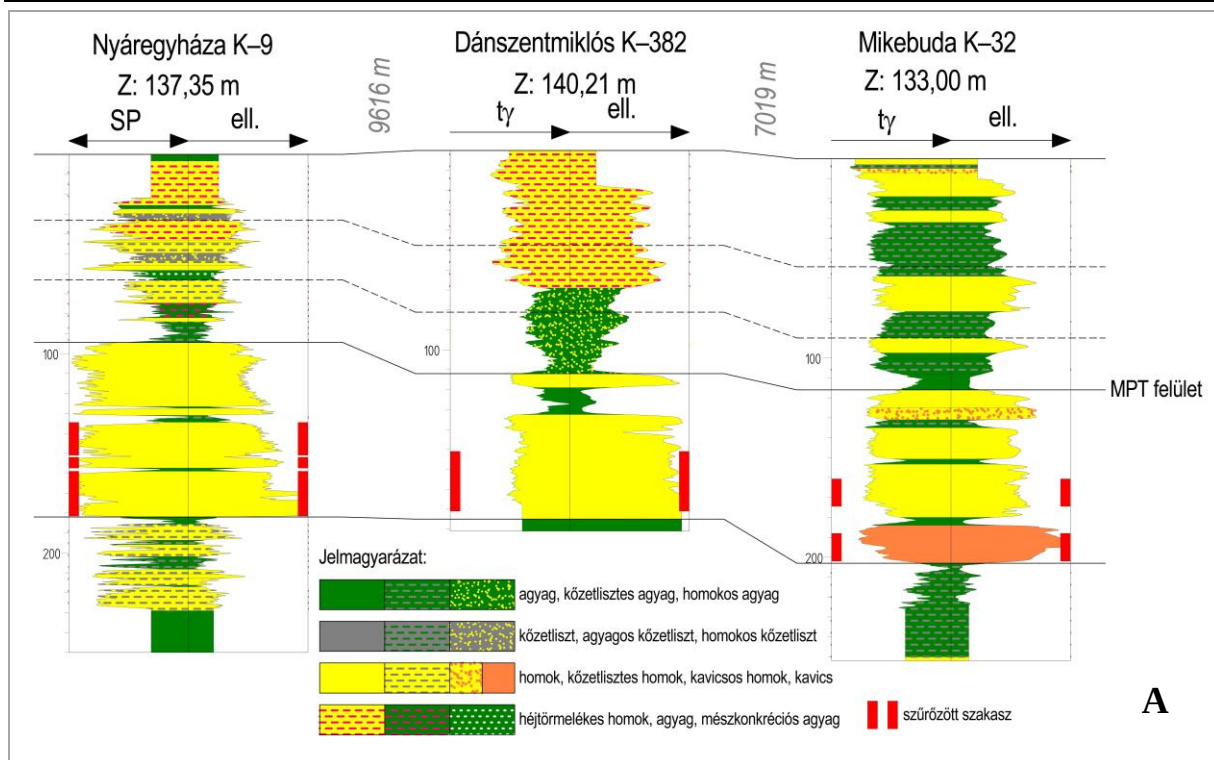
Az elsődleges korrelációs felszín Mindszent K–88 fúrásban 295 m-ben található, s az aminosav sztratigráfiai vizsgálatok által is megerősített szuszeptibilitás vizsgálatok alapján MIS (=Marine Isotope Stage) 36-al (~1,2 millió év) korrelálható felület. Ez alapján időben egybe esik a pleisztocén közepi fokozatos lehűlés (Mid Pleistocene Transition – Gibbard és Levin 2009) kezdetével. Erre való utalásként a továbbiakban a felületet MPT felületnek nevezzük.

Az MPT felület alatti homok összlet elkülönítése a pre-kvarter képződményektől, tagolása, elterjedése

Az MPT felület alatt található homok összlet vastagsága a Duna–Tisza-köze nagy részén 100 m-t megközelítő vagy kevéssel meghaladó. Mivel ártéri betelepüléseket alig tartalmaz, a karotázs szelvényeken nagy területen könnyen azonosítható. A homoksorozat megjelenése azonban a Makói-árok irányában megváltozik. Vastagsága több száz méterre nő, a 10 m vastag homokrétegek között 10 m vagy ennél is vastagabb finomszemű iszapos-agyagos betelepülések jelennek meg (3. ábra).

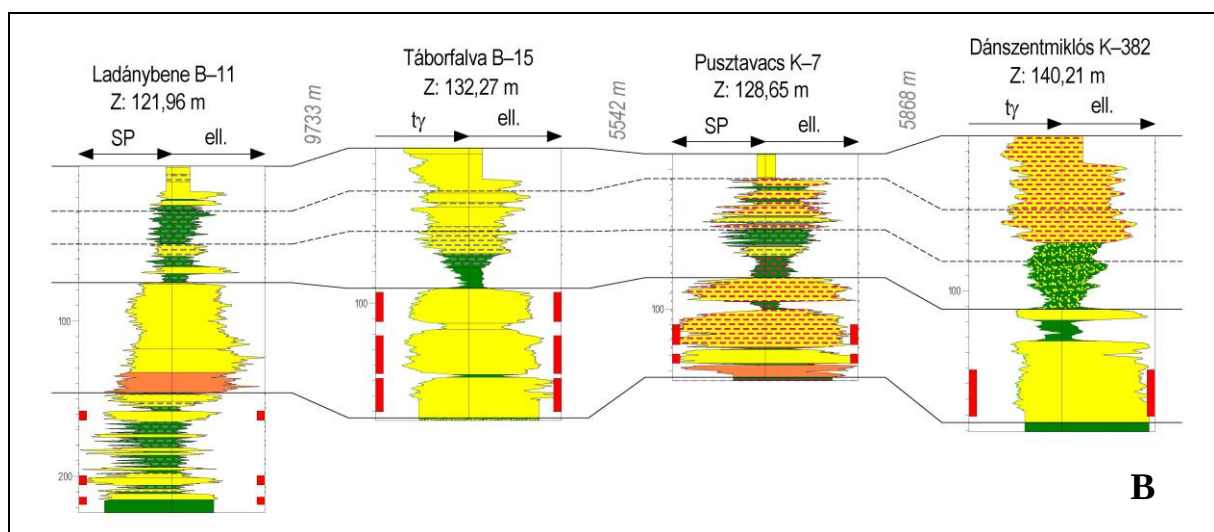


1. ábra. A Duna-Tisza köze domborzati és a bemutatott adatrendszer térképe
 Figure 1. Geographical outline and the presented data base of the Danube-Tisza Interfluve



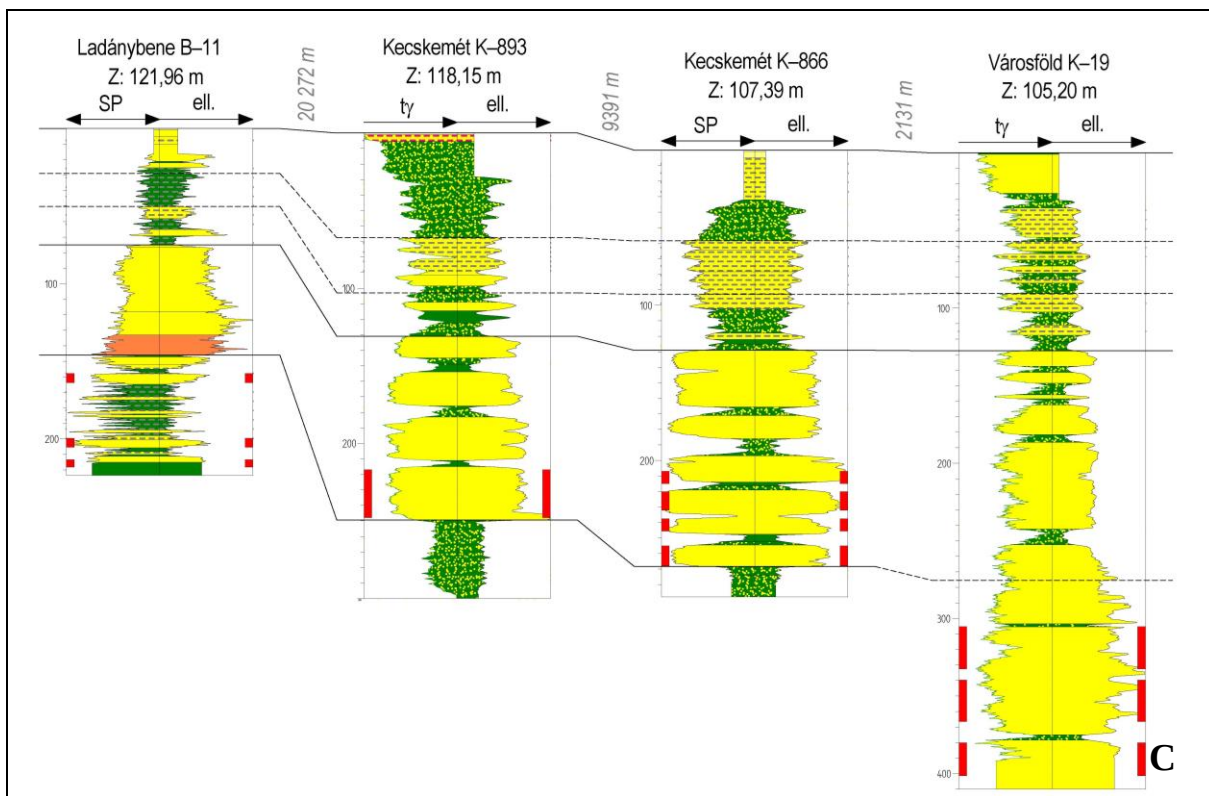
2-A. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

Figure 2-A. General appearance of Quaternary sediments in the Danube-Tisza Interfluvium on wireline logs (for the place of sections see figures 1 and 10-A)



2-B. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

Figure 2-B. General appearance of Quaternary sediments in the Danube-Tisza Interfluvium on wireline logs (for the place of sections see Figures 1 and 10-A)



2-C. ábra. A Duna-Tisza köze negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken (a szelvények nyomvonalát ld. az 1. és 10-A. ábrákon)

Figure 2-C. General appearance of Quaternary sediments in the Danube–Tisza Interfluve on wireline logs (for the place of sections see Figures 1 and 10-A)

A negyedidőszaki homokrétegek a litológia megjelenés alapján nem különíthetők el a többnyire hasonló megjelenésű prekvarter képződményektől. A Mindszent K–88 alapfúrásban a fektől való elkülönítés alapja 630 m-en az első nagy szuszceptibilitást tartalmazó homokréteg. Csongrád Cs–1 fúrásban ugyanakkor jól láthatóan alacsony szuszceptibilitású homokrétegre települ megnövekedett szuszceptibilitás értékű finomszemű iszap, benne a negyedidőszakra jellemző kiugró értékkel (3. ábra kinyitott részlete). Nyárlőrinc Ny–1 fúrás esetében közel 300 méterrel magasabban található meg a mindsentihez hasonló települési határ, jölehet egy viszonylag alacsony szuszceptibilitás maximumot mutató homoktest besorolása 320 m-en bizonytalan. Kecskemét–Ladánybena irányában újabb 100 m emelkedéssel már a tagolatlan homokosorozat jelentkezik mágneses szuszceptibilitással továbbra is igazolhatóan.

A mágneses szuszceptibilitás adatok az erodált medenceperemeken is lehetővé teszik a kvarter és prekvarter homok sorozatok szétválasztását. Jánoshalma–Bácsalmás térségében (4. ábra) a vízműkutak által szűrőzött, 120–170 m között települő homoktest kora hosszú ideig bizonytalan volt. Jánoshalma B–60 fúrásból 160,00–162,50 méterközből, héjtöredékes homokból pannóniai fauna került elő (*Viviparus sadleri*, *Melanopsis decollata*, *Valvata aderoboides*) (határozta Széles M.). Ugyanakkor a Jánoshalma J–1 alapfúrás 150,4–152,4 m-éből „*Viviparus böckhi* szint” vált ismertté (Krolopp 1980), amit megerősít a később 149 m-ből előkerült juvenilis *V. böckhi* forma is (határozta Szapannos B.). Ez

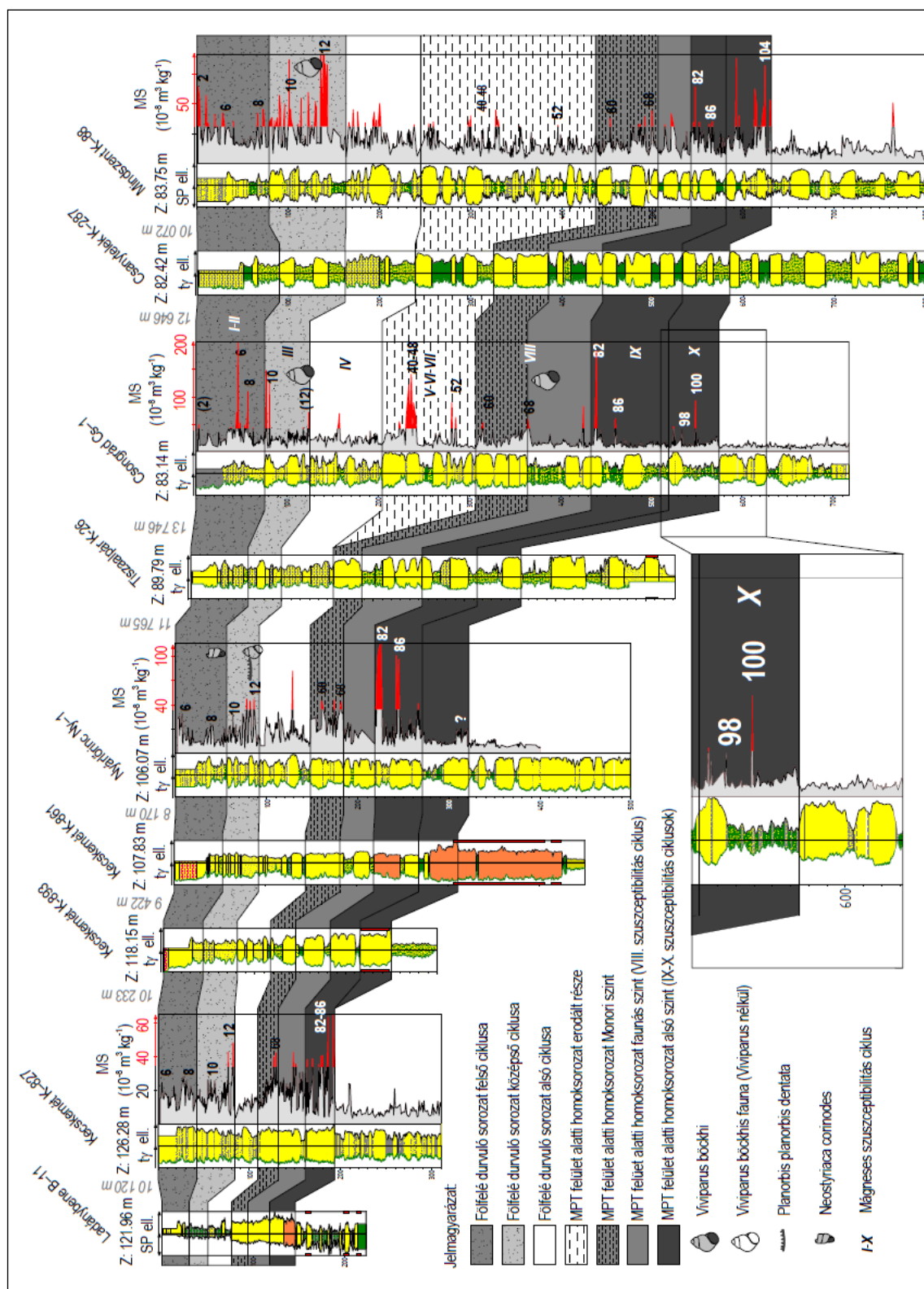
alapján a homoktest pleisztocén korúnak tekinthető, s felmerült a pannon faunaelemek áthalmozott jellege.

Ugyanakkor a Jánoshalma J–1 alapfúrásban a kérdéses homokréteg 150 méterétől lefelé a szuszceptibilitás teljesen megváltozik. A homokréteg alsó 10 m-e, karotázs képét illetően teljesen hasonló a föltötte települő homokréteghez, viszont nem jelennek meg benne a negyedidőszak kora-posztglaciális szuszceptibilitás maximumai. Ez alapján a Jánoshalma–Bácsalmás térségében a 120–170 m között települő vízműves szintet homokos pannóniai és rá közvetlenül települő homokos alsó pleisztocén rétegek alkotják, valószínűleg diszkordánsan. A Jánoshalmától észak felé Soltvadkert–Kaskantyú irányában kivastagodó, a 120 métertől egészen 190 m mélységig terjedő homoktest a Kecskeméti alapfúrás szuszceptibilitás adatsorát figyelembe véve már teljes egészében alsó pleisztocén, amely a Bácsalmás–Jánoshalma térségében még megtalálható pannóniai szintet erodálta.

A Makói-árokban 300 m-re kivastagodó rétegsornak a 100 m vastag tagolatlan homokösszlettel való rétegtani korrelációja ismét csak a fauna és szuszceptibilitás adatok együttes figyelembevételével lehetséges. Ezen belül is kiemelt szerepe van a VIII. sz., a *Viviparus böckhi* első előfordulása (FAD Vb) révén paleontológiailag is definiált szuszceptibilitás ciklusnak (Püspöki és társai 2021a, 2021b). Ez alapján volt meghatározható a Kecskemét–Jánoshalma–Bácsalmás vonalon kiemelt helyzetű homokosorozat rétegtani helyzete és korrelációja a VIII. sz. szuszceptibilitás ciklussal (4. ábra). Az ábrán az is látszik, hogy a faunával megerősített VIII ciklus (MIS 68–60) nagyobb területen megtalálható,

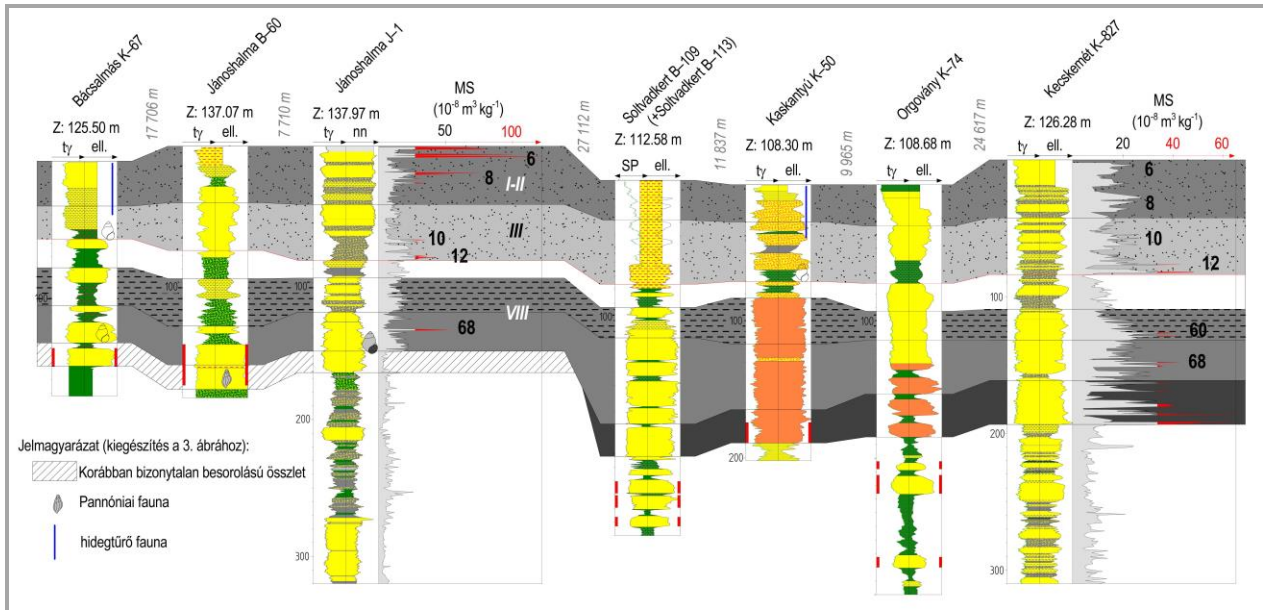
mint a fölfelé növekvő csúcspárt (MIS 86–82) tartalmazó IX, és a kvarter talpra jellemző nagy értékeket tartalmazó X. ciklusok ezért utóbbiakat elkülönítve kezeltük. A szuszcep-

tibilitás ciklusok (VIII, IX, X) publikált kora alapján, a teljes homoksorozat kora MIS 104–60 közötti időintervallumra (~2,6–1,7 millió év) tehető.



2. ábra. A kvarter képződmények elkülönítése és tagolása a Duna–Tisza-köze és a Makói-árok viszonylatában (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 3. Identification and dissection of the Quaternary succession in the Danube–Tisza Interfluvium and Makó Trough (for the place of section see Figure 1)



4. ábra. A kvarter és pre-kvarter képződmények szétválasztása csapás irányú Jánoshalma–Bácsalmás térségében (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 4. Discrimination of Quaternary and pre-Quaternary beds around Jánoshalma and Bácsalmás (for the place of section see Figure 1)

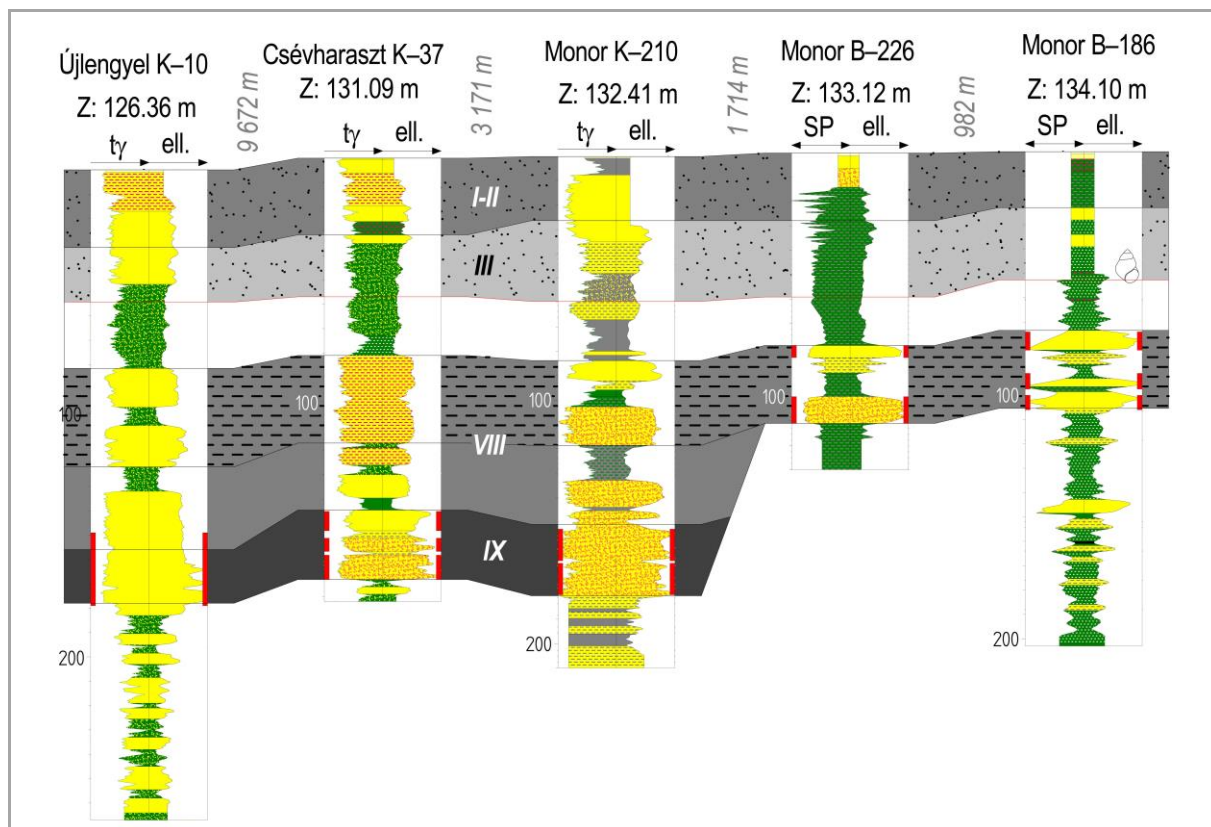
Az MPT felület alatti homokösszlet VIII. szuszceptibilitás ciklussal azonosított részének mintegy 30 m vastag felső része ismét túlterjedően települ. Erre a felismerésre a Monor–Pilis környéki vízműkutak rétegsorának vizsgálata vezetett (5. ábra). A Monor K–210 fúrásban 85–120 m között települő, finomszemű üledékekkel elválasztott, 10 m vastagságú homokrétegek megbízhatóan az MPT felület alatt települnek, ugyanakkor jól láthatóan elkülönülnek az ártéri üledékek nagyobb részarányában. A rétegsor megbízhatóan követhető észak felé (Monor B–226, Monor B–186), rálapolódva az idősebb képződményekre, de a fekében megőrződött ártéri betelepülések alapján jól korrelálható déli irányban Újlengyel térségében is (Újlengyel K–10). Az azonosítás és értelmezés szempontjából fontos geofizikai és faunaadatokat is tartalmazó típusterületre utalva e túlterjedően települő felső részt „Monori szint” néven különböztettük meg az alatta található sorozattól. Kora a VIII szuszceptibilitás ciklus felső részének feleltethető meg, így a MIS 68–60 közötti időintervallum (~1,9–1,7 millió év) fiatalabb részére tehető.

A Makói-árok irányában a „Monori szint” fölött és az MPT felület alatt 100 m-t meghaladó vastagságú üledékes összlet található (3. ábra). Kora feltehetően a teljes ~1,7–1,2 millió év időszakot reprezentálja, a terület jelentős részén azonban lepusztult.

A homoksorozat területi elterjedését két alegység vastagságtérképével illusztráljuk. Egyik a paleontológiai megerősített VIII. ciklus fekéjében található, de nagy

területen jól korrelálható IX. szuszceptibilitás ciklus (6-A. ábra). A másik a VIII. ciklus felső részét képező Monori szint térképe (6-B. ábra). A IX. ciklus ÉNy-DK-i tengelyű vastagság eloszlása feltűnően hasonlít egyes szerzők (Franyó 1992) kvarter talpmélység térképére (6-C. ábra), amit szinte minden esetben szerkezeti árok („Levantei árok” Sümeghy 1950) jelenlétével magyaráztak.

E szerkezeti árok lehetőségének vizsgálatára szeizmikus szelvényekkel való összevetést végeztünk. Az Is-5 (7-A. ábra) és Ki-58–Is-6 (7-B. ábra) szeizmikus szelvényeken jól láthatók a terület nagyobb szerkezeti elemei. A szeizmikus szelvények fölött a szelvényekhez legközelebb eső rétegtanilag feldolgozott fúrások alapján készített, földtani szelvények láthatók, 40x-es túlmagasításban. Az Is-5 szelvény esetén a vízműves szint enyhén ÉK-felé lejtő medencealjzat fölött található. Tőle DNy-ra a fekében az aljzatfelszint áttörő vulkáni szerkezet látható, ÉK-re ugyanakkor semmilyen feltűnő szerkezeti elem – felszín közelbe hatoló vető – nem kapcsolódik a vízműves szint laterális elvégződéséhez. Az előbbivel közel párhuzamos Is-6 szeizmikus szelvény mentén ettől teljesen eltérő szerkezeti helyzet látható, amennyiben a vízműves szint éppen aljzati kiemelkedés fölött található. A két szelvény és az aljzatdomborzat (6-D. ábra) alapján az ÉNy-DK-i csapású süllyedékben található vízműves szint elterjedése nem szerkezeti árkot követ, hanem gyakorlatilag merőleges egy gravitációs és szeizmikusan is kimutatható aljzatdomborzati magaslatra. Ez alapján a „Levantei árok” – mint szerkezeti értelmezés – nem nyert megerősítést.



5. ábra. Kvarter üledékek túlterjedő települése Monor térségében (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)
Figure 5. Onlap of Quaternary formations in the vicinity of Monor (for the place of section see Figure 1)

Az MPT felület fölötti homokszorozat tagolása, kora és elterjedése

Az MPT felület fölött megjelenő, gyakran 100 m-t meghaladó, vékony homok rétegeket tartalmazó fölfelé durvuló sorozat fektől való elkülönítése az MPT felület mentén rendszerint litológiai alapon is megoldható, tagolása azonban karotázs korreláció alapján bizonytalan. A mágneses szuszceptibilitás és paleontológiai adatok együttes figyelembevétele az alapfúrások környezetében ugyanakkor lehetővé teszi a viszonylag egyveretű rétegsor három geokronológiai egységre történő tagolását (8. ábra). A legalsó egység az MPT felülettől a *Viviparus böckhi* utolsó megjelenésével (Nyárlőrinc Ny-1 – 72 m) egybeeső extrém SUS csúcssorozat talpáig (MIS 12) tart, s kora ennek megfelelően 1,2–0,45 millió év. A középső, szakasz a MIS 12 csúcssorozat talpától a hidegtűrő faunaelemek (pl. *Neostyriaca corinodes* Nyárlőrinc-1 48 m) megjelenéséig terjed, paleontológiailag megerősíti a „*Viviparus böckhi*-s fauna” jelenléte (III mágneses szuszceptibilitás ciklus) kora 450–250 ezer év. A legfelső, szakasz a mágneses szuszceptibilitás értékek újbóli növekedésével és hidegtűrő faunával jellemezhető, s feltehetően fiatalabb 250 ezer évnél (MIS 8) (ld. *Neostyriaca corinodes* előfordulásai: MIS 6, 8, 10, 150–350 ezer év, *Sümei és társai* 2018).

A többi fúrásban fauna és szuszceptibilitás adatok hiányában csak karotázs korrelációra van lehetőség. Ezekben a fúrásokban az azonosítás ismerve a geokronológiai ciklusok bázisán megjelenő finomszemű üledék. Ennek megfelelően a korrelációs felszíneket a fúrásszakaszok finomszemű betelepüléseinek bázisán jelöltük ki. Az MPT felület közvetlen fedőjében a finomszemű üledékek

megjelenése általános, így az azonosítás biztos. A középső és felső ciklus bázisán található finomszemű betelepülések azonban az ellenállás értékek alapján feltehetően kisebb porozitás kontrasztot képviselnek és nem is folyamatosak, így bizonytalanul követhetők.

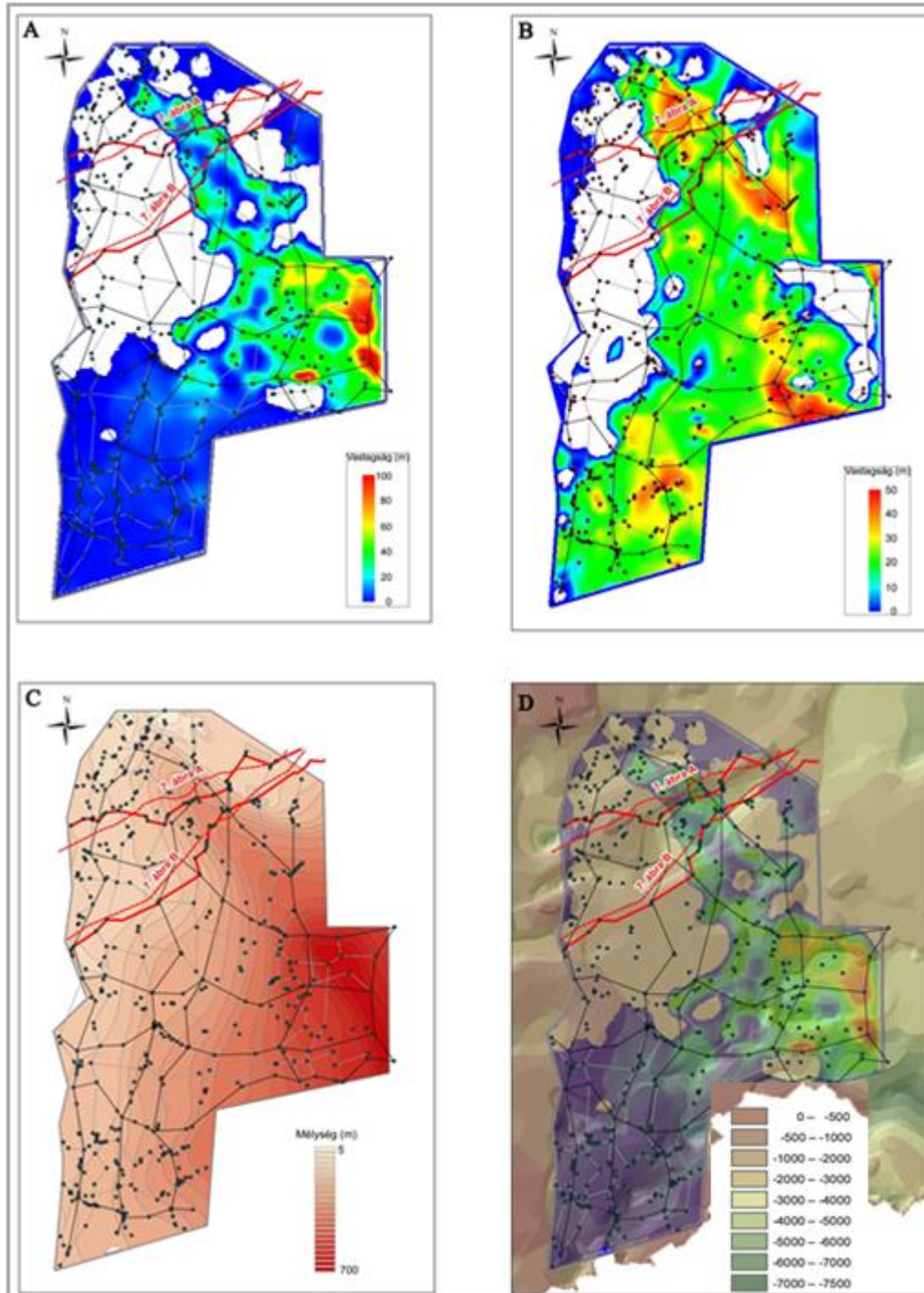
Az MPT felület fölött települő összefüggő finomszemű képződmény egyben a teljes negyedidőszaki rétegsor legjelentősebb és regionálisan legerjedtebb vízrekesztő képződménye lehet, míg a középső és felső ciklusok bázisa fölött csak foltokban jelentkező iszapos betelepülések regionálisan nem összefüggő kifejlődések, inkább csak lokálisan befolyásolhatják a vízáramlások irányát és sebességét. Mivel a mélyfúrás geofizikai görbéken ezek azonosítása bizonytalan, korrelációjukat nagyban segítené a mágneses szuszceptibilitás mérések bevonása a mélyfúrási geofizikai gyakorlatba.

A III mágneses szuszceptibilitás ciklussal megegyező középső (450–250 ezer éves) ciklus litológiai jellege a Ny-i területrezen megváltozik (9. ábra). Az uralkodóan finomszemű és többnyire csak vékony homokbetelepüléseket tartalmazó sorozattal Orgovány–Páhi és Vasad–Üllő térségében oldalirányban jól láthatóan 20 m vastagságot elérő, finomszemű üledékeket nem tartalmazó homokösszlet érintkezik. Mivel fedőjében Páhi–Tabdi és Üllő térségében is jól láthatóan a felső üledékciklus finomszemű anyaga települ, kialakulása lényegében megegyezhet a középső ciklussal, de mivel a homokrét nagy vastagsága és a finomszemű üledékek hiánya miatt a litológiai jelleg eltér a középső ciklus anyagától, önálló egységként térképeztük.

Az MPT felület fölött települő fölfelé durvuló ciklusok (2-ABC. ábrarész, 8. ábra) vastagság térképét befo-

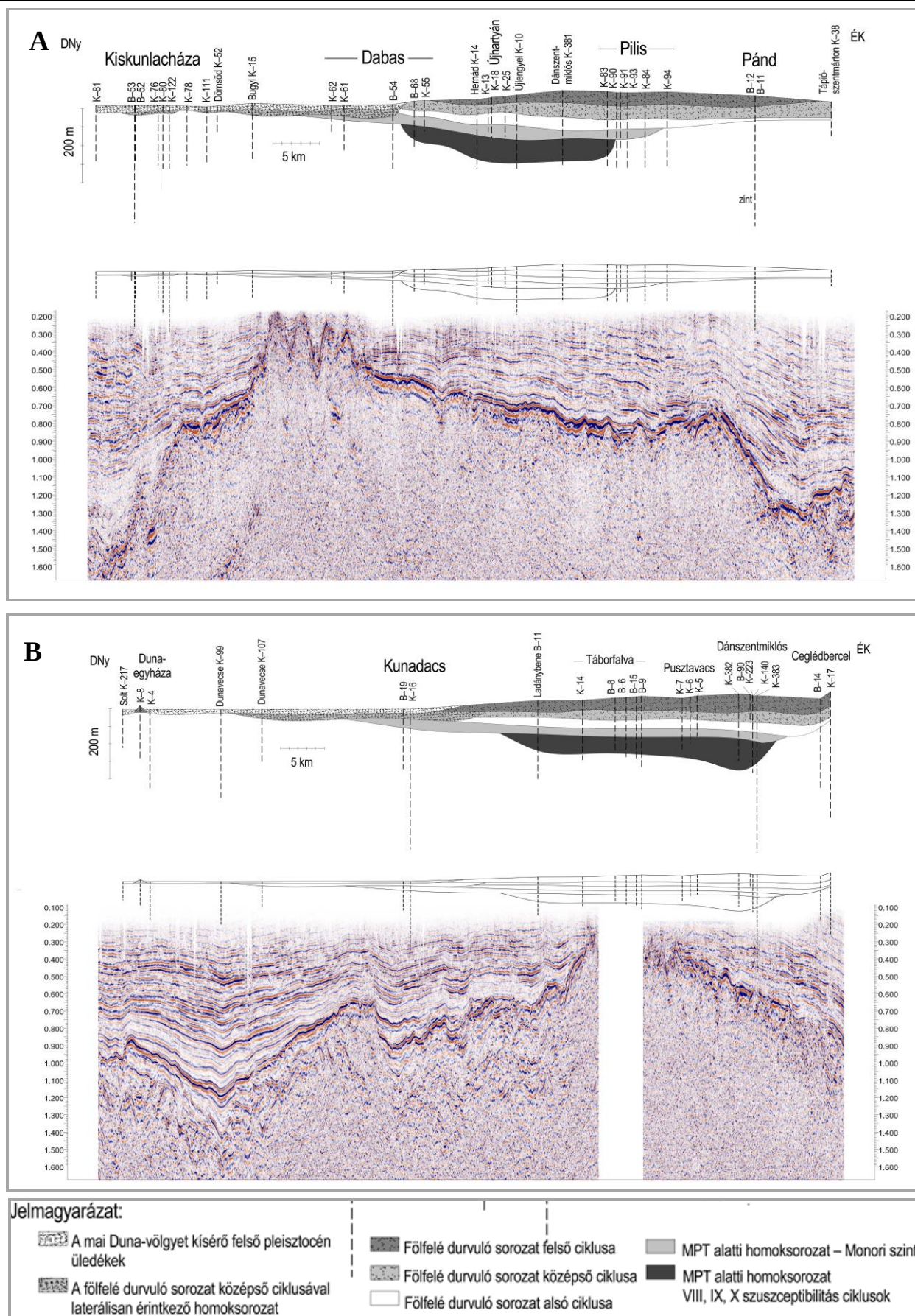
lyásolja a Duna-menti síkság peremén jelentkező erózió, illetve a középső ciklussal Ny-i irányban érintkező nagy vastagságú homokösszlet. Az elterjedés illusztrálására ezért a legnagyobb kiterjedést mutató legfelső ciklus vastagsági térképét mutatjuk be (10-A. ábra) és külön ábrázoltuk a középső ciklus finomszemű anyagához laterálisan

kapcsolódó összefüggő homoksorozatot (10-B. ábra). A legfelső ciklus gyakorlatilag a teljes Duna-Tisza között lefedi, a középső ciklussal laterálisan érintkező homoksorozat ugyanakkor a vastagságtérkép alapján egy közel É-D-i lefutású üledék összlet, amely a mai Duna-völgy területével részben átfed, részben attól keletre található.



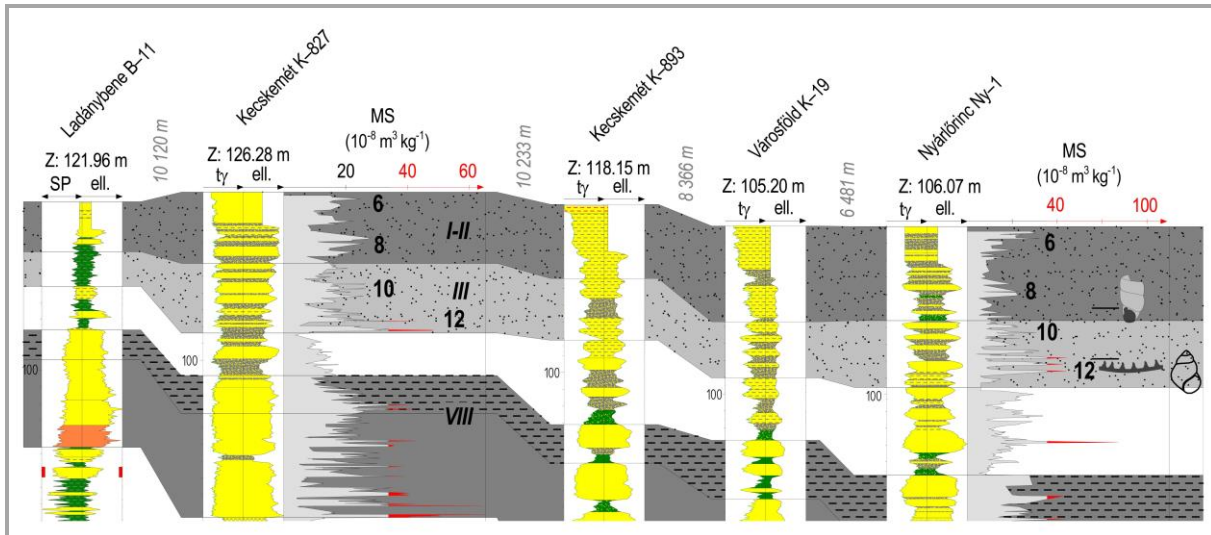
6. ábra. Kvarter üledékes egysége vastagságviszonyai A: a IX. szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat, B: Monori szint, C: kvarter talpmélység térkép (Franyó 1992) D: a IX. szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat az aljzatdomborzattal összehasonlítva (Haas és társai 2014)

Figure 6. Isopach maps of Quaternary sedimentary units A: sand series correlated with the IXth magnetic susceptibility cycle, B: Monori Unit, C) topography of the Quaternary base (Franyó 1992), D: comparison of the sand series correlated with the IXth magnetic susceptibility cycle and the basement topography (Haas et al. 2014)



7. ábra. Kvarter üledékes egységek elterjedésének összevetése az aljzatszerkezeti elemekkel A: IS-5 migrált időszelvény, B: KI-58–IS-6 migrált időszelvények (a szelvények nyomvonalát lásd az 1 és 6. ábrákon)

Figure 7. Comparison of spatial distribution of Quaternary sedimentary units and basement structure A: IS-5 migrated time section, B: KI-58–IS-6 migrated time sections (for the places of sections see Figures 1 and 6)



8. ábra. Az MPT felület fölött települő fölfelé durvuló rétegsor tagolása mágneses szuszceptibilitás és fauna adatok alapján (a szelvény nyomvonalát lásd az 1. ábrán)

Figure 8. Dissection of the upward coarsening unit based on magnetic susceptibility and palaeontological data (for the place of section see Figure 1)

A Duna-völgy homokos üledékeinek tagolása kora és elterjedése

A Duna-völgy talpán található 10–15 m vastag homok összlet mélyfúrási geofizikai vizsgálatát akadályozza a furat állékonyosságát biztosító vezércső. Vastagsága így elsősorban a földtani naplók szöveges leírásából derül ki, melynek bizonytalanságát növeli a szitaminta mélységének pontos meghatározása. Jelentős változást a karotázs korrelációk ezen a területen elsősorban a Kalocsa–Baja térségében közismerten 60–70 m-re vastagodó homok összlet megítélésében hoztak.

É–D-i szelvényen (11. ábra A) jól látható a Solt–Harta–Uszód viszonylatában jelentősen megváltozó homokvastagság. A nagy vastagságú homokrétteg a benne található „*Viviparus böckhi*-s fauna” alapján bizonyosan idősebb a Duna-völgy felszínén található mintegy 10–15 m vastag homokréttegnél, s Uszód–Kalocsa–Csátalja között összefüggően jelentkezik, fedőjében Baja–Sükösd térségében a fölfelé durvuló homokösszlet legfelső ciklusával. Ny–K-i szelvényen ugyanakkor (11-B. ábra) ez a nagy vastagságú homokösszlet jól láthatóan folytatódik kelet felé a Duna–Tisza köze irányában, elterjedése tehát – a gyakori vélekedéssel ellentétben – nem korlátozódik egy Duna-völgyet kísérő, Kalocsa–Baja térségében kialakult fiatal árkos sülyledékre. A Soltól D-re eső homoksorozat alsó, nagy vastagságú részét ennek megfelelően nem tekintettük a Duna-völgy felszínét borító fiatal üledéksor részének, ami az üledékvastagsági térképen is tükröződik (12. ábra).

DISZKUSSZIÓ

A térképezett üledékföldtani egységek őskörnyezeti-fejlődéstörténeti értelmezése

Az MPT felület alatt található, uralkodóan homokos összletet a korai térképezésektől folyóvízi összletnek tekintik (Sümeghy 1950, Miháltz 1953, Molnár 1977). A karotázs korrelációs szelvényeken jelentkező 10 m vastag, vertikálisan egyveretű homoktestek megerősítik egy nagy, Duna méretű vízfolyás jelenlétét. Az ártéri üledékek hiánya, illetve erősen alárendelt jellege intenzív late-

rális erózióra vagy fonatos vízfolyásrendszerre utalhat. A vastagságtérkép alapján az alsó folyóvízi összlet üledék-képződése Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől ÉNy-ra egy ÉNy–DK-i tengelyű sülyledéket tölt ki, ami azonban nem szerkezeti árok (Sümeghy 1950) hanem feltehetően völgybevagódás. Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől DK-re a Makói-árok irányában ez az irányítottág megszűnik, a rétegsor kivastagszik, a finomszemű értéri üledékek részaránya jelentősen megnő. Itt akár medencebeli legyezőszerű hordalékkúp épülésével is számolhatunk. A Monori szint vastagságtérképe (6-B B) jelzi, hogy a folyóvízi felhalmozódás idővel a medenceperemi területre is túlterjedt az egykori völgy területén.

Az MPT felület fölött települő uralkodóan finomszemű, fölfelé durvuló összlet őskörnyezeti értelmezése vitatott. E finomszemű képződménysor folyóvízi vagy eolikus karakterének eldöntésére a magfúrássok (Franyó 1980) mélyítése során számos kiegészítő anyagvizsgálat született. A malakológiai adatok (Krolopp in Franyó 1980) és a homokszemcsék pásztázó elektronmikroszkópos felvételei (Borsy és társai 1987) egyaránt azt igazolták, hogy a felső 100–200 m-es finomszemű összlet sokkal inkább folyóvízi, tavi és eolikus környezetek gyakori váltakozásaként értelmezhető, mintsem uralkodóan eolikus képződmények monoton sorozataként. Ehhez járul hozzá a karotázs korrelációkon nagy területen megfigyelhető fölfelé durvuló jelleg, ami a folyóvízi rétegsorok körében elsősorban a hordalékkúpok sajátja (Weissmann és társai 2010, Ventra és Clarke 2018). A finomszemű üledékbe ágyazott homokrétteg jellemzően kis vastagsága ugyancsak arra utal, hogy a mai Dunánál jóval kisebb vízfolyásokhoz köthető az üledékfelhalmozódás.

A vízfolyások méretének megváltozására vonatkozóan Sümeghy (1950) spontán mederfejlődéssel számolt, az MPT felület korának (1,2 millió év) ismeretében ugyanakkor a változás klímátörténeti eseménnyel is magyarázható. A pleisztocén közepi klímaromlás következtében számolni lehet a csapadékmennyiség csökkenésével, a lehulló csapadék jelentős részének hó és jég formájában

történő visszatartásával, illetve a keletkező törmelék mennyiségének megnövekedésével egyaránt.

A hordalékkúp középső ciklusával laterálisan érintkező homokosorozat egy a mai Duna méretű vízfolyás jelenlétére utal. Mederüledékeinek elterjedése átfedett a mai Duna-völgygel, de K-i irányban benyúlik a mai Duna–Tisza-köze területére. Felhalmozódása a középső ciklus korával számolva 450–250 ezer év közé tehető. Ez a karotázs korrelációból, faunaadatokból és szuszceptibilitás vizsgálatokból adódó érték arra utal, hogy a fiatal Duna üledékek alatt megismert, a 30 ezer éves minták alatt következő, de 200 ezer évet megközelítő OSL kor (*Sebe és társai 2019*) már ennek a vízfolyásnak az üledékét reprezentálja. A hordalékkúp ÉNy-DK-i tengelyétől Ny-ra, de a mai Duna-völgytől keletre térképezett homokosorozat teljesen egybeesik a korábban publikált fejlődéstörténeti képpel miszerint a Duna fokozatosan tolódtott Ny-felé (*Sebe és társai 2019* 6. ábra).

A Duna-völgysíkon található felszíni üledékek kora OSL méréseken alapuló vizsgálatok alapján 30 ezer éves vagy annál fiatalabb (*Tóth és társai 2017*). A Kalocsától D-re megtalálható nagy vastagságú homokosorozat ugyanakkor *Viviparus böeckhi*-s faunával rendelkezik, azaz még a Bugyi kavicsbányában előkerült nagyemlős fauna (*Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, *Bison priscus*, *Megaloceros giganteus*, *Rangifer tarandus*, *Alces sp.*, *Bos primigenius*) alapján a felső pleisztocén hűvöshideg szakaszára tehető (*Jaskó és Kordos 1989*) kavicsos homok sorozatnál is idősebb. Ezt figyelembe véve az Uszód–Kalocsa térségében bekövetkező „kivastagodás” egyszerűen annyit jelent, hogy ettől Északra a felső pleisztocénben a Duna pannóniai, ettől délre pedig alsó pleisztocén folyóvízi képződményekből felépített térszínen futott.

Mágneses szuszceptibilitás mérések perspektívái a karotázs korrelációkban

A közölt szelvényeken látható, hogy a mágneses szuszceptibilitás – mint a paleoklíma változásoktól függő, mélyfúrási geofizikai módszerekkel is mérhető fizikai paraméter – alkalmas a kvarter–pre-kvarter képződmények megbízható szétválasztására a medencebelső és az erodált medenceperem területén egyaránt, ráadásul függetlenül attól, hogy a geokronológiai határ alatt és fölött homokos vagy agyagos üledékek települnek. Emellett, különösen kiegészítő faunaadatokkal megerősítve alkalmas az MPT felület alatt és fölött jelentkező, nehezen tagolható folyóvízi összletek geokronológiai tagolására is.

A bemutatott szelvényháló (*1. ábra*) területi kiterjedéséből látható, hogy az általunk végzett karotázs korrelációs vizsgálatok, különösen a medencebelső irányában, alig haladják meg a mágneses szuszceptibilitás adatok területi elterjedését. A mágneses szuszceptibilitás bevonása a vízkutatás mérési gyakorlatába lehetővé tenné a vizsgálá-

tok kiterjesztését Szeged, vagy a D-i határmenti területek irányában. Ugyancsak elősegítené a felszínközeli akár csak lokálisan, részlegesen vízrekesztő képződmények regionális azonosítását. E mélyfúrási geofizikai módszertani lehetőség elméleti és gyakorlati megalapozottságát a Maros-hordalékkúp területén készült kísérleti mérésekre alapozott korreláció és a Tótkomlós III/P paraméterfúrási laboratóriumi és terepi mérési adatainak összevetése már igazolta (*Püspöki és társai 2023, 11. ábra*).

KONKLÚZIÓK

A bemutatott elemzés célja a Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések földtani alapjának pontosítása.

1. 593 mélyfúrási nagy felbontású karotázs korrelációja alapján a Duna–Tisza-köze negyedidőszaki üledéksora alapvetően két részre tagolható a pleisztocén közepi klímaromlás (Mid Pleistocene Transition) idejének (1,2 millió év) megfelelő korrelációs felszín („MPT felület”) mentén.

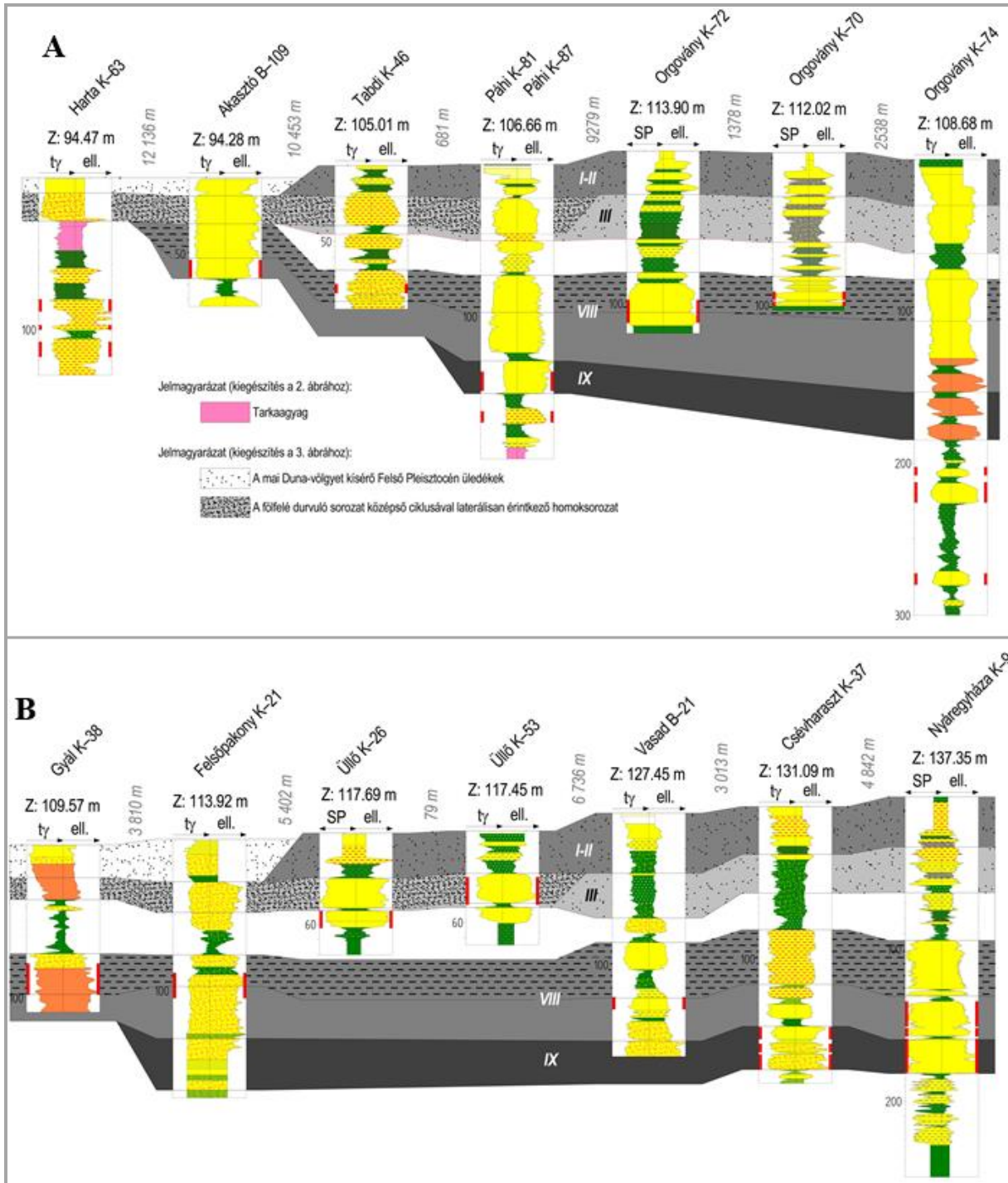
2. Az MPT felület alatt monoton homokosorozat, fölötté finomszemű ártéri üledéksorba ágyazott kis vastagságú homokrétegek összességében fölfelé durvuló sorozata jelentkezik. Előbbi intenzív oldalezó eróziót kifejtő, vagy elágazó medrekben lerakódó ösztlet, utóbbi kis vízfolyások által létrehozott hordalékkúp jelenlétére utal. Az alsó homokosorozat Nyárlőrinc–Lajosmizse vonalától É-ra egy ÉNy-DK-i süllyedéket tölt ki, ami a korábbi elképzelésekkel szemben nem szerkezeti árok, hanem feltehetően völgybeágódás.

3. Elkülönítésre került az MTP felület fölött települő hordalékkúppal laterálisan érintkező, a mai Duna-völgygel közel párhuzamos, annál idősebb, 450–250 ezer év közé tehető homokosorozat, mely igazolja egy nagyméretű vízfolyás (Duna) korábbi jelenlétét.

4. Fauna és mágneses szuszceptibilitás adatok, illetve a medenceperemi szelvények vizsgálatával lehetséges az alsó folyóvízi rétegsor további tagolása három szintre, illetve a felső hordalékkúp ösztlet tagolása ugyancsak három kisebb üledékciklusra, utóbbiak bázisán finomszemű üledékek települnek.

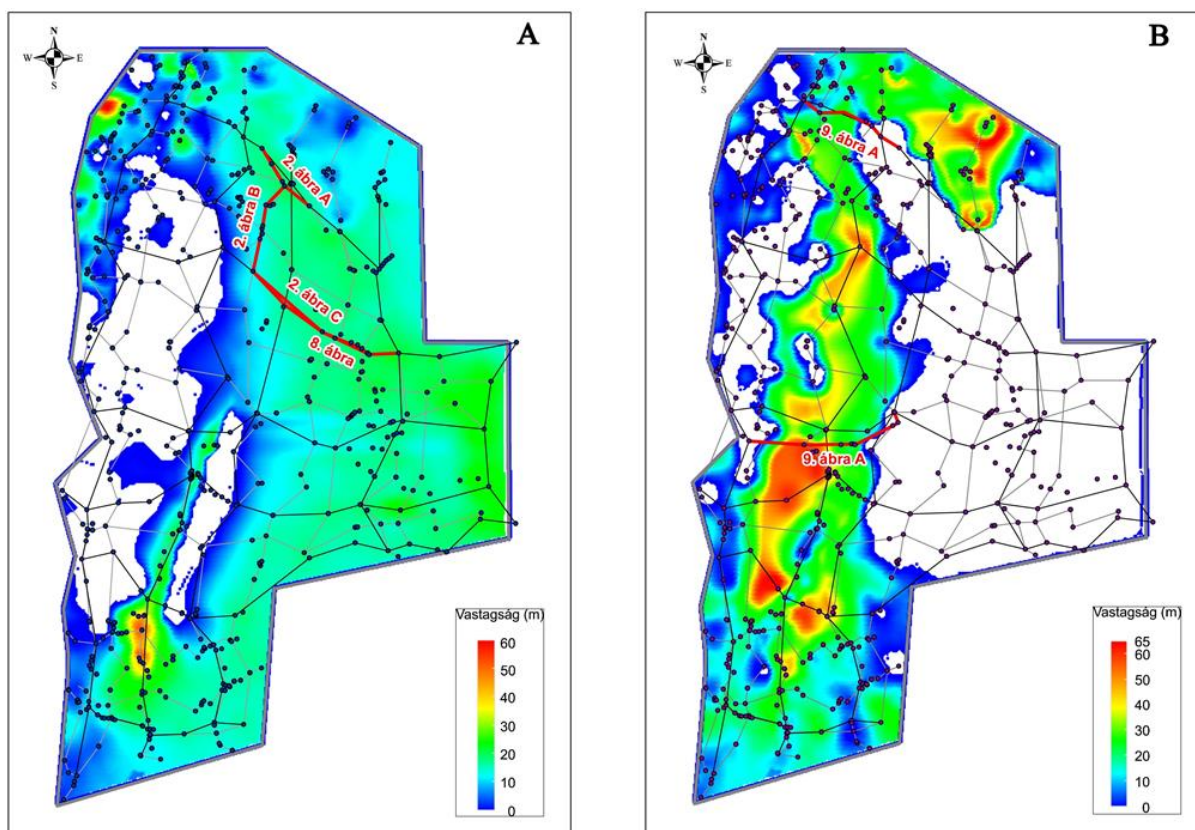
5. A fiatalabb és idősebb Duna-völgyekkel együtt így a térképezett rétegtani egységek száma a korábbi 1–3-ról 8-ra, a térképezés alapjául szolgáló értékelt mélyfúrássok száma a korábbi 66-ról 593-ra emelkedett, ami a földtani modell felbontásában nagyságrendi növekedés.

6. A bemutatott korrelációk területi kiterjesztésének és az 5. pontban leírt nagyobb rétegtani felbontás következtetés alkalmazásának eszköze lehet a mágneses szuszceptibilitás – mint paleoklíma változások kimutatására alkalmas fizikai mennyiség – számításba vétele a vízkutatás fúrássok mélyfúrási geofizikai vizsgálatának tervezésekor.



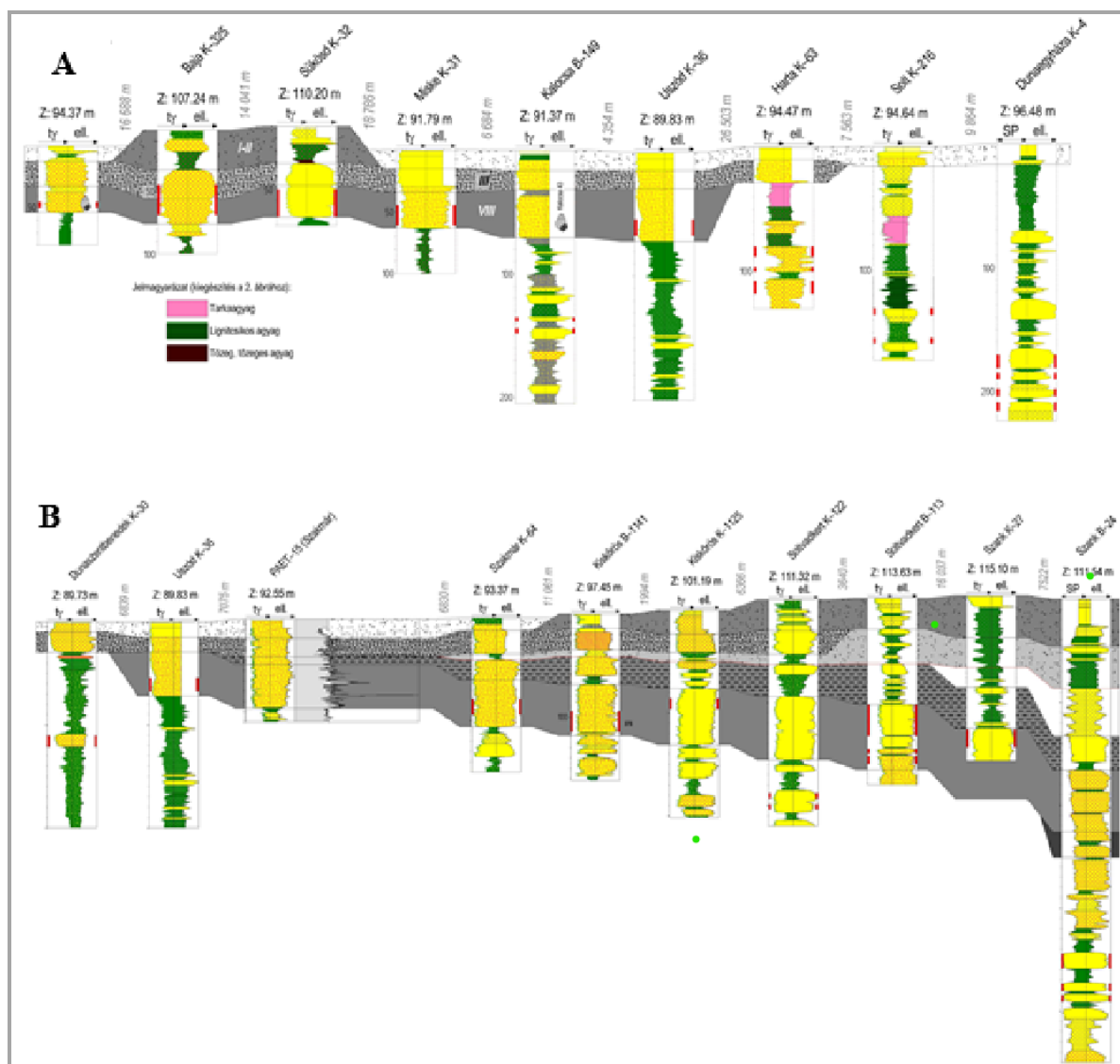
9. ábra. A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homokosorozat A: Páhi–Orgovány térségében, B: Üllő térségében (a szelvények nyomvonalát lásd az 1. és 10-B. ábrákon)

Figure 9. Sand unit attached laterally to the middle cycle of the upward coarsening unit A) Around Páhi–Orgovány, B) in the vicinity of Üllő (for the places of sections see Figures 1 and 10 B)



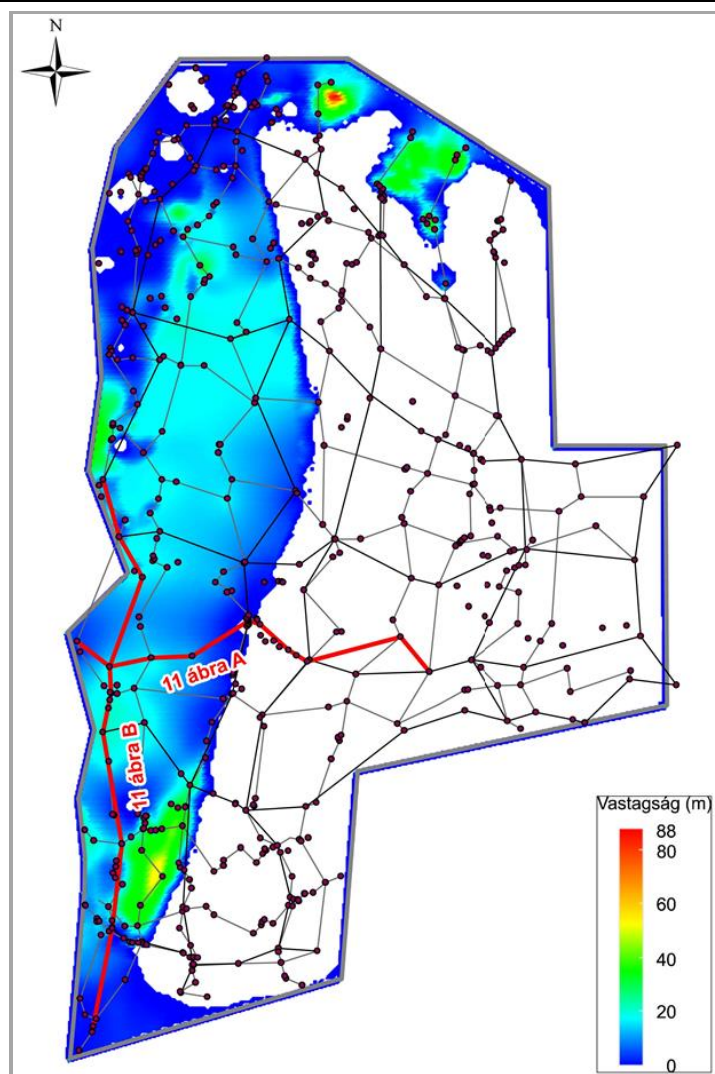
10. ábra. A: A fölfelé durvuló sorozat felső ciklusának vastagsági térképe B: A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homokszorozat vastagsági térképe

Figure 10. A: Isopach map of the upper cycle of the upward coarsening unit, B: Isopach map of the sand unit attached laterally to the middle cycle of the upward coarsening unit



11. ábra. Kvarter üledékek települési viszonyai Kalocsa és Baja között A: É–D-i szelvény, B: Ny–Ki szelvény (a szelvények nyomvonalát lásd az 1. és 12. ábrákon)

Figure 11. Stratigraphic architecture of the Quaternary sediments between Kalocsa and Baja. A: N–S section B: W–E section (for the places of sections see Figures 1 and 12)



12. ábra. Felső-pleisztocén üledékek izovastagsági térképe a Duna-völgy mentén
Figure 12. Isopach map of the Upper Quaternary sediments along the Danube valley

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnénk megköszönni a lektoroknak, Sztanó Orsolyának és Szanyi Jánosnak, hogy kritikai észrevételeikkel, útmutatásukkal nagyban hozzájárultak a tanulmány végleges formájának kialakulásához.

IRODALOMJEGYZÉK

Alföldi L., Kapolyi L. (2011). Szükséges-e a Tisza térség vízhiányának a pótlására és/vagy a hajózó útvonal lerövidítésére Duna-Tisza csatornát építeni? Ha igen, miért nem, és ha nem, miért igen? Hidrológiai Közlöny, 91. évf. 1. szám, pp. 1-28.

Borsy, Z. (1992). Evolution of the alluvial fans of the Alföld. In Rachocki, A. H., Church, M. (eds.). Alluvial Fans. A Field Approach, pp. 229-246. John Wiley & Sons, New York.

Borsy Z., Félserfalvi J., Lóki J. (1982). A Jánoshalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. Acta Geographica Debrecina 20, pp. 35–50.

Borsy, Z., Félserfalvi, J., Lóki, J., Franyó, F. (1987). Electron Microscopic Investigations of Sand Material in the Core Drillings in the Great Hungarian Plain. Geo-Journal 15.2, pp. 185-195.
<https://doi.org/10.1007/BF00157946>

Erdélyi M. (1967). A Duna–Tisza közének vízföldtana. Hidrológiai Közlöny, 47. évf. 8. szám, pp. 331-340.

Franyó F. (1980). Újabb felszínfejlődéstörténet és vízföldtani eredmények a Duna-Tisza közti kutatófúrások alapján. Földrajzi Értesítő 29. pp. 409-442.

Franyó F. (1992). Quaternary isopachmap of Hungary 1:200 000. Mining and Geological Survey of Hungary, Budapest

Gábris, G. (1994). Pleistocene Evolution of the Danube in the Carpathian Basin. Terra Nova, 6, pp. 495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1994.tb00893.x>

Gedeoné Rajetzky M. (1973). A mindszei és csongrádi kutatófúrások mikromineralógiai vizsgálata, különös tekintettel az anyagszállítás egykori irányaira. MÁFI Évi Jel. 1971. pp. 169-186.

Gibbard, P.L., Lewin, J. (2009). River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. Tectonophysics 474, pp. 41-55.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.11.017>

Gyirán I. (2009). A Duna-Tisza Közi Homokhátság vízgazdálkodásának fenntartható fejlesztése. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése, 2. Szekció, Baja, 2009. július 1-3.

- Haas, J., Budai, T., Csontos, L., Fodor, L., Konrád, G., Koroknai, B. (2014). Geology to the pre-Cenozoic basement of Hungary. Explanatory notes of the "Pre-Cenozoic geological map of Hungary" (1: 500000). Geological and Geophysical Institute of Hungary, Budapest.
- Jaskó S., Kordos L. (1989). A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. MÁFI Évi Jel. 1988. pp. 153-166.
- Jaskó S., Krolopp E. (1991). Negyedidőszaki kéregmozgások és folyóvízi üledékfelhalmozódás a Duna-völgyben Paks és Mohács között. MÁFI Évi Jel. 1989. pp. 65-82.
- Kiss, T., Hernesz, P., Sümeghy, B., Györgyövcics, K., Sipos, Gy. (2015). The evolution of the Great Hungarian Plain fluvial system – Fluvial processes in a subsiding area from the beginning of the Weichselian. Quaternary International, 388, pp. 142-155.
- Kovács, A.D., Hoyk, E., Farkas, J.Z. (2017). Homokhátság – A Special Rural Area Affected by Aridification in the Carpathian Basin, Hungary. Eur. Countrys., 9, pp. 29–50. <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0003>
- Kozák, P., Sztevanovity, Z., Kovács, B., Lazic, M., Szanyi, J., Polomcic, D., Török, J., Milanovic, S., Koch, Gy., Ágoston, B. (2009). Duna-Tisza közti homokhátság vízgazdálkodási problémáinak megközelítése hidrodinamikai modellezés alkalmazásával. In: Szilárd, Lajos (szerk.) Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlés Baja 2009. július 1-2., pp. 170-177.
- Krolopp, E. (1980). A jánosalmi mélyfúrás mintáinak malakológiai vizsgálata (2 minta). Kézirat SZTFH Adattár 3. p.
- Krolopp, E. (2002). Taxonomic, faunistic, stratigraphic and paleoecological evaluation of the Hungarian Pleistocene mollusc fauna. Malacological Newsletter 31, pp. 4-57.
- Mádl-Szőnyi, J., Tóth, J. (2009). A Hydrogeological Type Section for the Duna-Tisza Interfluvium, Hungary. Hydrogeol. J., 17, pp. 961-980. <https://doi.org/10.1007/s10040-008-0421-z>
- Major P., Neppel F. (1988). A Duna-Tisza Közi Talajvízszint-Süllyedések. Vízügyi Közlemények, 70, pp. 605-623.
- Miháلتz I. (1953). A Duna–Tisza köze D-i részének földtani felvétele. MÁFI Évi Jel. 1950. pp. 113-138.
- Molnár B. (1977). A Duna–Tisza köz felsőpleiocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete. Földtani Közlöny 107. pp. 1-16.
- Nagy I., Tombác E., László T., Magyar E., Mészáros S., Puskás E., Scheer M. (2016). Vízügyi tartási mintaprojektek a homokhátságon. „nyugati és keleti” mintaterületek. Hidrológiai Közlöny, 96. évf. 4. szám, pp. 42-60.
- Nelson, E., Püspöki, Z., McIntosh, R.W., Presslee, S., Szappanos, B., White, D., Penkman, K. (2023). Constraining the chronology of Quaternary fluvial sediments in the Pannonian Basin. XXI INQUA Congress 2023, poster session on Marine and terrestrial records. new perspectives for Quaternary climatic changes.
- Nemere P. (1994). Javaslat a Duna-Tisza Közi Hátság mélységi vízkészletének pótlására. Vízügyi Közlemények, 76, pp. 339-342.
- Orlóci I. (2003). A Tiszát a Dunával Összekötő Csatorna. A Duna-Tisza Csatorna. Hidrológiai Közlöny, 83. évf. 4. szám, pp. 243-250.
- Pálfai I. (1993). Talajvízszint-Süllyedés a Duna-Tisza Közén. Vízügyi Közlemények, 75, pp. 431-434.
- Pálfai I. (2010). A Duna-Tisza Közi Hátság Vízház-tartási Sajátosságai. Hidrológiai Közlöny, 90. évf. 1. szám, pp. 40-44.
- Püspöki, Z., Kovacs, I. J., Fancsik, T., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Tóth-Makk, Á., Udvardi, B., Konya, P., Fűri, J., Bendő, Zs., Zilahi-Sebess, L., Stercel, F., Gulyás, Á., McIntosh, R. W. (2016). Magnetic susceptibility as a possible correlation tool in Quaternary alluvial stratigraphy. Boreas 45, pp. 861-875. <https://doi.org/10.1111/bor.12196>
- Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T., Faragó, E. (2020). High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). Boreas 49, pp. 181-199. <https://doi.org/10.1111/bor.12412>
- Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P., Fancsik, T. (2021a). High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluvium based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). Boreas 50, pp. 205-223. <https://doi.org/10.1111/bor.12471>
- Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümeghy, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T., Fancsik, T. (2021b). Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. Boreas 50, pp. 806-825. <https://doi.org/10.1111/bor.12520>
- Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Kiss, L. F., McIntosh, R.W., Thamó-Bozsó, E., Krassay, Z., Szappanos, B., Maigut, V., Kovács, P., Karácsony, D., Stercel, F., Visnovitz, F., Demény, K., Bereczki, L., Szőcs, T., Rotár-Szalkai Á., Fancsik, T. (2023). Obliquity-driven mountain permafrost-related fluvial magnetic susceptibility cycles in the Quaternary mid-latitude long-term (2.5 Ma) fluvial Maros Fan in the Pannonian Basin. Boreas. ISSN 0300-9483. <https://doi.org/10.1111/bor.12618>
- Rónai A. (1961). Az Alföld talajvíztérképe. Földtani Intézet alkalmi kiadványa, Budapest, p. 102.
- Rónai A. (1985). Az Alföld negyedidőszaki földtana. Geologica Hungarica Series Geologica Tomus 21. p. 455.
- Schmidt E.R. (1962). Magyarország vízföldtani atlasza. Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, p. 146

Sebe, K., Csillag, G., Pazonyi, P., Ruszkiczay-Rüdiger Zs. (2019). Quaternary evolution of the river Danube in the central Pannonian Basin and its possible role as an ecological barrier to the dispersal of ground squirrels. *Historical Biology*, <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1666838>

Stevanovic, Z., Kozak, P., Lazic, M., Szanyi, J., Polomcic, D., Kovács, B., Török, J., Milanovic, S., Hajdin, B., Vass, I. (2008). Towards sustainable management of transboundary Hungarian-Serbian aquifer. In: IV. International Symposium on Transboundary Waters Management, Thessaloniki, Greece Thessaloniki, Görögország (2008) Paper: 242114528

Sümegei, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümegei, B. P., Almond, P. C., Vandenberghe, J., Zhou, L., Pál-Molnár, E., Törőcsik, T., Hao, Q., Smalley, I., Molnár, M., Marsi, I. (2018). New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes. *Quaternary Science Reviews* 19. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.04.012>

Sümegey J. (1950). A Duna–Tisza-közének földtani vázlata. MÁFI Évi Jel. 1950. pp. 233-262.

Szabó, Zs., Sziártó, M., Tóth, Á., Mádl-Szőnyi, J. (2023). The Significance of Groundwater Table Inclination for Nature-Based Replenishment of Groundwater-Dependent Ecosystems by Managed Aquifer Recharge. *Water*, 15, 1077. <https://doi.org/10.3390/w15061077>

Széles M. (1977). A Kecskemét Ke–3. sz. mélyfúrás pannóniai korú faunája. MÁFI Évi Jel. 1975. pp. 163-186.

Szilágyi, J., Vörösmarty, C.J. (1997). Modelling Unconfined Aquifer Level Reductions in the Area between the Danube and Tisza Rivers in Hungary. *J. Hydrol. Hydromech.*, 45, pp. 328-347.

Tóth, O., Sipos, Gy., Kiss, T., Bartyik, T. (2017). Dating the Holocene incision of the Danube in Southern Hungary. *Journal of Environmental Geography* 10, pp. 53-59. <https://doi.org/10.1515/jengeo-2017-0006>

Urbancsek, J. (1960). Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozama és abból levonható vízföldtani és ösföldrajzi következtetések. *Hidrológiai Közlöny*, 40. évf. 5. szám, pp. 398-403

Urbancsek J. (1963). A földtani felépítés és a rétegyomás közötti összefüggés az Alföldön. *Hidrológiai Közlöny* 43. évf. 3. szám, pp. 205-218.

Urbancsek J. (1977). Magyarország mélyfúrású kútjának katasztere, VII. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, p. 546

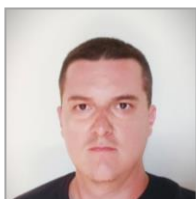
Ventra, D., Clarke, L.E. (2018). Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. In Ventra D. & Clarke L. E. (eds.): *Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives*. 1-21. Geological Society, London, Special Publications 440. <https://doi.org/10.1144/SP440.16>

Weissmann, G.S., Hartley, A.J., Nichols G.J., Scuderi L.A., Olson M., Buehler H., Banteah R. (2010). Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. *Geology*, 38, pp. 39-42. <https://doi.org/10.1130/G30242.1>

A SZERZŐK



FOGARASSY-PUMMER TÍMEA A Debreceni Egyetem Földtudományi szak geológus szakirányán végzett 2012-ben, majd a Miskolci Egyetemen folytatta tanulmányait, ahol 2014-ben szerzett földtudományi mérnöki MSc diplomát. Doktori tanulmányait a Debreceni Egyetemen végzi, a végzés várható éve 2025, kutatási területe az Alföld negyedidőszaki ivóvíztartó rétegsorainak vizsgálata. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál dolgozik a Földtani és Laboratóriumi Osztályon. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2024 óta.



MARKOS GÁBOR az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán 2015-ben szerzett okleveles geológus diplomát. Szakiránya öslénytan-földtan – szerkezetföldtan specializációval. Doktori (PhD) tanulmányait 2022 óta a Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolájában végzi. Az abszolutóriumot várható 2027 első félévében fogja teljesíteni. Doktori témájának címe: Kvarter fácies-korreláció a Berettyó-Körös vidéken. Témavezetői: Budai Tamás (PTE TTK) és Püspöki Zoltán (SZTFH). 2012 óta a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Szolgálat és annak jogelődjeinél dolgozik. Jogelődök: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (2012-2017), Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (2017-2021).



VÁRI ZOLTÁN 2020-ban szerzett Földtudományi MSc diplomát a Szegedi Tudományegyetemen. Ezt követően 2020-2024 januárig geotermikus rendszerek fenntarthatósága témában kezdte meg doktori képzését, amelyet később abbahagyott. 2022 novemberétől Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának földtudományi szakreferense, fő munkaköre a vízföldtani észlelőhálózat fenntartása terepi karbantartással, projektmunkák, GIS, adatbáziskezelések, vízkémia és statisztika.



MEKKER JULIANNA a Miskolci Egyetemen szerzett hidrogeológus mérnöki diplomát 2021-ben. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál végzett hidrogeológus munkája mellett a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolájában végez kutatást a Jászsági medence fenntartható vízgazdálkodásával kapcsolatban. Tagja a Magyarhoni Földtani Társulatnak, a Nemzetközi Hidrogeológiai Társulatnak és a Magyar Hidrológiai Társaságnak 2023 óta.



SZABÓ ZSÓKA az ELTE-n szerzett földtudományi BSc (2016) és geológus MSc (2018) diplomát, majd doktori fokozatot (2024) környezeti földtudomány szakterületen. Doktori kutatása során a célzott felszín alatti vízutánpótlás hazai lehetőségeinek vizsgálatával, valamint a Duna-Tisza közének vízgazdálkodási problémáival foglalkozott. Jelenleg az SZTFH Vízföldtani Osztályán dolgozik. 2019 óta tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak, valamint a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH), mely Magyar Nemzeti Tagozatának 2023 óta titkára.



BAUER MÁRTON a Szegedi Tudományegyetem Földtudományi szakán 2011-ben szerzett okleveles földtudományi kutató végzettséget, majd ott folytatta tanulmányait doktori képzésen. Doktori kutatási témájában karbonátos rezervoárok repedésrendszerét vizsgálta. Fokozatot 2017-ben szerzett az SZTE Földtudományok Doktori Iskolában. Jelenleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának Ásványi Nyersanyagkutatási Osztályán dolgozik.



GÁL NÓRA EDIT hidrogeológus, az SZTFH Földtani Szolgálatában a Vízföldtani Osztályának munkatársa. 1986-ban szerzett geológus diplomát az ELTE TTK-n, PhD fokozatát 2000-ben védte meg a University of Massachusetts, Amherst Geotudományok tanszékén. Kutatási területei felszín alatti vizek regionális vagy országos léptékű értékelése, fenntartható vízgazdálkodása, víz-kőzet kölcsönhatás vizsgálata, annak modellezése, geotermia.



KUN ÉVA a Miskolci Egyetemen diplomázott osztatlan képzésben földtudományi mérnöki szakon, hidrogeológia-mérnökgeológia szakirányon. Doktori fokozatot (2022) a Szegedi Tudományegyetemen szerzett geotermia szakterületen. Doktori kutatása során hidrodinamikai és hőtranszport modellvizsgálati tárgykörben végzett tanulmányokat, doktori tanulmányában a Battonya–Pusztaföldvári-hát energia- és póruster-hasznosítását vizsgálta modellezéssel. 2015 óta az SZTFH (és elődszervezeteiben) Vízföldtani osztályán dolgozik, számos projektet vezetett. Tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak 1997 óta, a Magyarhoni Földtani Társaságnak, valamint a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH).



SZŰCS ANDREA PhD fokozatát 2006-ban szerezte meg a svédországi Uppsala Egyetemen, savas bányavizek környezetgeokémiai hatásainak vizsgálata témában. Egyetemi tanulmányai befejezése óta a Földtani Szolgálat (SZTFH) Vízföldtani Osztályának munkatársa, ahol a felszínalatti vizek vízminőségéhez kapcsolódó feladatokban vesz részt. Kiemeltebb témái között szerepelnek a vízkémiai paraméterek időbeni változásainak trendvizsgálata, a felszíni és a felszínalatti vizek kapcsolatának komplex vízgeokémiai vizsgálata, valamint a termálvizek monitoringfejlesztésének vízkémiai, vízgyűjtőgazdálkodási vonatkozásai.



SZŐCS TEODÓRA hidrogeológus, az SZTFH Földtani Szolgálatában a Vízföldtani Osztály vezetője. 1991-ben geológus diplomát, majd 2006-ban PhD fokozatot szerzett az ELTE TTK-n. Kutatási területei felszín alatti vizek, víz-kőzet kölcsönhatás, geotermia, határral osztott felszín alatti víztartók fenntartható gazdálkodása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2018 óta, a Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetségének (IAH) elnökhelyettese. Vendégoktató a ME Műszaki Földtudományi Karán. A Felszín Alatti Vizekért Alapítvány Ezüstpharasz kitüntetettje. Több, mint 60 publikáció és 150 kéziratot jelentés szerzője.



FANCSIK TAMÁS a műszaki tudomány kandidátusa, PhD. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Földtani Szolgálatának igazgatója, a Miskolci Egyetem címzetes egyetemi tanára, valamint a Szegedi Tudományegyetem címzetes egyetemi docense. 1992-ben végzett a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán geofizikus mérnökként. Szakterülete a rugalmas hullámok terjedésének elmélete, jelanalízis, szeizmikus kutatási módszerek, litoszférakutatás, inverzióelmélet és reológia.



PÜSPÖKI ZOLTÁN LÁSZLÓ 1995-ben a Debreceni Egyetemen szerzett biológia-földrajz szakos tanári diplomát, 2003-ban ugyanitt földtudományi PhD fokozatot majd 2009-ben földtudományi habilitációs címet. 2011 óta a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága és elődintézményeinél dolgozik, kezdetben tudományos főmunkatársi, később földtudományi szakreferensi munkakörben. Itt főképp a hazai szénbányászati régiókra, illetve az Alföld negyedidőszaki ivó- és öntözővízes rendszereire vonatkozó projektek megfogalmazásában és végrehajtásában vesz részt.