

A Szigetköz földtani kutatásai¹

HAJÓSY ADRIENNE², SCHAREK PÉTER³, TÓTH LÁSZLÓ⁴, TÓTH GYÖRGY³

A dunai vízlépcsők tervezését nem előzte meg a térség szükséges mértékű földtani kutatása. A súlyos hiányosságokat jelzi, hogy a Szigetközt magába foglaló földtani egység, a Kisalföld általános földtani ismertségét célzó kutatási program csak 1982-ben kezdődött, holott a tervezés folyamata már az 1960-as években megindult.

A dolgozat vázlatos képet ad a Szigetköz geológiai, geofizikai megkutatottságáról, az e kérdés-körben született kutatási jelentések, értékelések alapján összefoglalja a térség földtani felépítéséről rendelkezésre álló ismereteket. Köszönetet mondunk a Bős–Nagyvarosi Vízlépcsőrendszer ügyében az utóbbi két évben készített tanulmányok szerzőinek.

A. HAJÓSY, P. SCHAREK, L. TÓTH, Gy. TÓTH: Geological Surveys of the Szigetköz Area

Planning of the barrages on the river Danube has not been proceeded by the necessary geological investigations. The serious insufficiency is indicated by the 1982 start of the research programme aiming the general geological knowledge of the Kisalföld geological unit, including the Szigetköz, although the planning process started in the 1960s.

The paper gives a schematic picture on the geological and the geophysical investigations of the Szigetköz, summarizes the available information of the geological structure of the area based on the survey reports of that particular territory.

1. Bevezetés

A földtan — a Föld megismerésének tudománya — két nagy területet, a geológiát és a geofizikát fogja össze, a köztük lévő különbség a vizsgálódás eltérő módszereiből fakad. A két tudományterület kialakulása időben eltérő: a több száz éves hagyományokkal rendelkező geológiához a fizika és a technika múlt század végi új eredményei révén társult a geofizika. A gyakorlat azután számos más diszciplínával alakított ki határ-szakterületet (pl. mérnökgeológia, mérnökgeofizika, talajtan).

A földtani kutatás céljait tekintve kétféle:

- valamilyen terület általános földtani ismertségének megteremtése,
- egy területrészeiről célirányos földtani ismeretek szerzése, többnyire valamely gazdasági célból.

Az általános földtani ismertség — melynek megszerzése többnyire hosszú éveket, évtizedeket jelent — fontos eleme egy területtel kapcsolatos távlati hasznosítási célok meghatározásának, a célkutatásokra reménybeli területek lehatárolásának. A módszerek fejlődése időről időre szükségessé tesz új kutatásokat, amelyek — a korábbi adatokkal együtt értékelve — az általános földtani ismertség növekedéséhez vezetnek.

Az emberi tevékenységek általában kockázatokkal járnak. Földtani kutatás szempontjából a kockázatot az jelenti, ha nem elegendő ismeret, kutatási hiány folytán veszélybe kerül valamilyen tevékeny-

ség gazdasági célja (például egy nem kellően feltárt területen kockázatos dolog bányát nyitni). A földtani kockázat elkerülésére (tekintve, hogy túl nagy gazdasági károk forrása lehet) a fejlett országok jogalkotása is figyelemmel van: rendeletek, szabványok szabályozzák a tervezést megelőző földtani kutatások mértékét. Ez a mérték a tervbe vett tevékenység függvényében értelemszerűen változik (kevesebb kutatást igényel például egy kavicsbánya, mint egy mélyművelésű bánya nyitása).

A dunai vízlépcső-építkezéssel kapcsolatos geológiai-geofizikai kutatások és kockázatok

A dunai vízlépcsők tervezését nem előzte meg a térség szükséges mértékű földtani kutatása. A súlyos hiányosságokat jelzi, hogy a Szigetközt magába foglaló földtani egység, a Kisalföld általános földtani ismertségét célzó kutatási program csak 1982-ben kezdődött, holott a tervezés folyamata már az 1960-as években megindult. A hiányokat mutatja, hogy a vízlépcsők hatásterületén egyetlen szerkezetkutató mélyfúrást sem mélyítettek az előkészítés korszakában. Ugyanezt tükrözi „A dunai vízlépcsőrendszerrel kapcsolatban végzett kutatások összefoglalása 1951-1988” című kötet [VIZITERV, 1989], amely „geológia”, „geofizika” címszót nem is tartalmaz, a földtan egészét „topográfia”, „mérnökgeológia” tárgykörökre szűkíti. A hiányokat figyelembe véve érthető, hogy az építők nem rendelkeztek a magyar földtani hatóság engedélyével.

Az építőcégek magukra vállalták a földtani kutatások szervezését, geológusokat, geofizikusokat csak részfeladatok elvégzésére kértek fel. Így semmi sem garantálta, hogy kellő mennyiségű és minőségű földtani ismeret szerzése előzi meg a tervezést. A szakszerűség hiányát mutatja, hogy a BNV magyarországi szakaszáról geológiai, geofizikai, szeizmológiai kutatások adatait összefoglaló zárójelentés (va-

¹ Beérkezett: 1993. június 21-én

² ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

³ Magyar Állami Földtani Intézet, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

⁴ MTA GGKI Szeizmológiai Observatórium, H-1112 Budapest, Mérédek u.18.

gyis a kutatási részjelentéseket szintetizáló és szakértő zsűri által elfogadott értékelés, jogszabályban is rögzített szempontok szerint) nem készült, az ehhez szükséges kutatások jelentős része hiányzott.

További problémát jelent, hogy mind ez ideig nem történt meg a magyar és a szlovák oldal földtani ismereteinek összessítése. (Például magyar területen feltáratlan a szlovák oldalon ismeretessé vált nevezetes bősi törésvonal. Pedig emiatt változtatták meg a 70-es évek elején a bősi gát helyét, azonban az eredeti tervhez képest csak mintegy 600 m-rel, ami földtani dimenzióban nem érdemi távolság. A gát így — szlovák szakvélemény szerint — egy földtani értelemben fiatal törésvonal térségében épült.)

Földtani szempontból tehát a területre vonatkozó ismeretek hiánya kockázatot jelentett és jelent, hiszen számos előkészítő és tervezési feladat — például a környezeti hatásvizsgálat vagy a műszaki tervezés — csak a hatásterület geológiai-geofizikai ismeretsége birtokában vezethet megalapozott eredményekhez.

2. A Kisalföld földtani felépítése

A Szigetköz földtani értelemben nem önálló egység, hanem a Kisalföld részét képezi, mely mai állapotában a Keleti-Alpok és a Nyugati-Kárpátok között lévő alpi orogén területnek a középső miocén kezdete óta tartó besüllyedésével és üledékes feltöltődésével jött létre.

A Kisalföld ÉK-i irányban elnyújtott és szélesedő, közel háromszög alakú süllyedék. Legmélyebb része a Győri-medence ($h > 6\text{ km}$), amely nagyjából a terület közepén, a magyar-szlovák határon átnyúlva helyezkedik el. Délkeleti irányban a Dunántúli-középhegység felé a medence aljzata közel egyenletesen emelkedik. Északnyugati irányban azonban az elnyúlt és 2 km mélység fölé is emelkedő Mihályi-hát húzódik, mely után ismét mélyzóna, a Csapodí-árok található. Hasonló „basin and range” jellegű morfológia alakult ki a medence északi peremén is, ahol a Nyugati-Kárpátok ujjszerűen benyúló nyúlványai (Inovec, Tribec és Selmecei-hegység) között 3–4 km mélységű árokszerű medencék helyezkednek el.

a) A Kisalföld magyarországi részének aljzatát alkotó fő tektonikai egységek

A. Kőszeg—Rohonci egység

Zöld-, helyenként kékpala metamorf faciést elért, jura és alsó kréta korú palák, fillitek és ultrabázitok alkotják. Megfelel a Központi-Alpokban definiált Dél-Penninikumnak, amely a mezozóos Tethys belső, óceáni aljzatu üledékeit és kéregfoszlányait képviseli.

B. Soproni—Fertőrákosi egység

Erősen metamorfizálódott ópaleozóos korú gneisz, fillit és kvarcit alkotja. A Keleti-Alpokban nagy kiterjedésben felszínen lévő Wechsel sorozat Grobgneiss kifejlődésének magyarországi folytatását képviseli, amely az alsó-ausztróalpi takarórendszerhez tartozik.

C. Rába menti egység

Kisfokú és igen kisfokú metamorfózist szenvedett szilur és devon korú homokkő, agyagpala, vulkanit és dolomit építi fel, amely azonosítható a felső-ausztróalpi takarórendszerhez tartozó Gráci Paleozóikummal.

D. Dunántúli-középhegységi egység

Az előbbieknél jóval fiatalabb és változatosabb kifejlődésű képződményeket tartalmaz. Legidősebb tagja a szilur korú, gyengén metamorf fillit, amelyre diszkordánsan a permii vöröshomokkő települ. Az egység fő tömegét alsó triász márga, mészkő és dolomit, valamint felső triász földolomit és Dachstein mészkő alkotja. Ezt folyamatos üledékképződéssel, a terület nagy részén azonban eróziósan lepusztulva, jura mélyvízi mészkő és radiolarit követi, amely alsó kréta, sekélyebb tengeri kifejlődésű mészkőben és márgában folytatódik. A mezozóos sorozatot — markáns üledékhézag és helyi bauxitképződés után — felső kréta márga zárja. Új tektonikai ciklushoz tartozó képződmények a középhegység északnyugati szárnyán meglévő középső és felső eocén korú mészkövek és márgák, valamint mészkalkali vulkanitok. A Dunántúli-középhegységi egység a felső-ausztróalpi takarókkal mutat rokonságot, különösen annak a Periadriatikus-vonalhoz közel eső részeivel.

E. Ipoly menti kristályospala összlet

A Dunántúli-középhegységi egységet északkeletről lezáró, a Nyugati-Kárpátok Veporikumának zömében fedett folytatását képviselő, zöldpala faciésben metamorfizált palákból, gránit-gneiszből, ennek fedőjében pedig újpaleozóos és mezozóos üledékekből álló összlet.

b) A tektonikai egységeket elválasztó elsőrendű szerkezeti vonalak

A szerkezeti vonalak:

- a Csapod-vonal az A/C és B/C egységek határán,
- a Rába-vonal a C/D egységek határán,
- az Ógyalla (Hurbanovo)–Diósjenő vonal az E/D és talán az E/C egységek határán.

A Kisalföld szerkezetfejlődésének kérdése lényegében nem más, mint ezen vonalak tektonikai stílusának, valamint e stílus időbeli változásának a megértése.

A Kisalföld aljzatában a Rába-vonal és az ettől északnyugatra eső további nagyszerkezeti vonalak mentén végbement legutóbbi tektonikai aktivitás jellemzője a normálvetődéssel kombinált balos elnyíródás volt. Annak megítélésére, hogy mi maradt meg ebből a geológiaiilag recens időkre aktív tektonikaként, a földrengés tevékenység vizsgálata a legalkalmasabb. A Kisalföld szélesebb környezetében észlelt földrengések epicentrumának eloszlásából kitűnik, hogy a területen aktív törésvonal azonosítható: a Mur-Mürz vonal és ennek szlovákiai folytatása. Részletesebb vizsgálatok szerint a kirajzolódó széles földrengéses sáv valójában két közel párhuzamosan haladó vető menti tevékenységből áll össze. Egyik a Pieniny-szirtöv, a másik pedig a Kis-Kárpátok Kisal-

föld felé eső peremén haladó Semmering—Vág vonal. Ez a szeizmoaktív törésvonal igen közel (10 km) halad Dunakiliti térségéhez. Részletes sekély és mélyszeizmikus szelvényezésre lenne szükség annak meghatározására, hogy ezt a törésvonalat kísérő másodlagos vetők mennyire közelítik meg és ezúton szeizmikus kockáztatják a Szigetköz körzetét. Semmiképpen nem megnyugtató az, hogy geoelektromos vizsgálatok alapján leszámított pleisztocén vastagságtérkép gyors és nagy amplitúdójú (több száz méteres) változásokat mutat e térségben.

c) A Szigetköz földtani felépítése

A Szigetköz térségében tehát két szerkezeti egység található, melyeket a Rába-vonal nagyszerkezeti öve választ el egymástól. Ez a mezozoikum végétől többször aktivizálódva, rányomta bélyegét a Szigetköz medencéjének kialakulására, hatása a jelenkori földtani képződményekben is megfigyelhető.

A szerkezeti vonal ÉNy-i oldalán az ismert legidősebb képződmények paleozóos, különböző időben és eltérő mértékben metamorfizált gneiszek, csillámpalák, melyekre közvetlenül középső miocén durva törmelékek települnek. A másik oldalon (kb. a Rába—Mosoni Duna—Gönyű vonaltól DK-re) a Dunántúli-középhegység triász mészkő és dolomit vonulatai találhatóak a mélyben, ezekre a korábban említettél kissé fiatalabb, miocén rétegsor települ. A bádeni emeletől kezdve a két terület földtani fejlődésviszonyai hasonlókká váltak. A Kárpátok felgyűrődésével jellemezhető nagyszerkezeti mozgások következtében a szerkezeti „árnyékban” maradt terület folyamatosan süllyedni kezdett, és ezzel a süllyedéssel a kialakult hegyvidék (Alp—Kárpáti övezet) pusztulása is felgyorsult, több ezer km³-nyi törmelékanyag rakódott le folyamatosan a Pannóniai medencében. A süllyedés a negyedidőszak során is tovább folytatódott, és az intenzívebb kiemelkedés hatására immár durvább kavicsos, homokos-kavicsos hordalék töltötte fel a medence legmélyebb részét. E feltöltésben a Duna mellett a felvidéki folyók és a Rába is részt vettek. Ez a hordalékkúp-képződés a jelenkorban is tart, bár a folyószabályozás és árvízvédelem bizonyos határt szab a friss üledékek szétterülésének. A Rába-vonal fiatalkori aktivitását jelzi, hogy a negyedidőszak folyamán nagyjából e mentén alakult az a szerkezeti öv, amely a korai pleisztocén hordalékkúpot két részre, egy tovább süllyedő medencére, és egy kiemelt teraszra formált zónára osztja.

A Szigetköz ivóvízkincsét tartalmazó, nagy vastagságú, folyóvízi pleisztocén-holocén üledékösszetnek lito- és krono-sztratigráfiai besorolása — a durva törmelékes üledékek jellemző faunaszegénysége miatt — mindeddig szinte lehetetlennek bizonyult. A Kisalföldi Kutatási Program keretében telepített araki szerkezetkutató fúrás, mely 358 m-es mélységben érte el a negyedidőszaki képződmények fekvését, jelentős sztratigráfiai eredményeket hozott. Ez annak köszönhető, hogy a geofizikai mérésekkel szinte homogénnek tetsző durva törmeléket az összvastagsághoz viszonyítva elhanyagolható méretű finomszemű üledékek tagolják, melyekben a mechanikai utóhatásoktól védetten viszonylag gazdag gerinces és mollusca fauna őrződött meg. Az üledékek álló vagy gyengén folyó elsekélyesedő vízben lefű-

ződő holtágakban keletkeztek, és 10 szintben tagolják a durva törmelékes összletet.

A vizsgálatok arra a meglepő eredményre vezettek, hogy a hordalékkúp anyagának nagyobb része az alsó pleisztocénben halmozódott fel. A malakológiai vizsgálatok szerint az araki fúrásban 16 m-es mélységből holocén, 71,8 m mélységből alsó pleisztocén fauna került elő.

A térség legfiatalabb képződménye a holocén alacsony és magas ártér üledékösszlete. A magas ártér kialakulásának kora — a fauna és radiokarbon vizsgálatok szerint — óholocén, az alacsony ártéré újholocén. A folyószabályozás előtt, az árvizek alkalmával az alacsony árteret elöntötte a Duna, a nagyobb árvizek esetében a magas ártér is víz alá került. Az elöntések következtében iszapos fedőüledék fedte be a hordalékkúp homokos kavics képződményeit.

d) A Szigetköz geomorfológiája

A Szigetközi Duna-szakasz jelenlegi arculatának kialakulása döntően három folyamat hatására alakult ki:

- a Kisalföld területének több millió éve tartó és jelenleg is folyó süllyedése,
- a Kis-Kárpátok vonalát elhagyó Duna hatalmas legyezőszerű hordalékkúpjának épülése,
- a több évszázada megkezdődött, majd 1886-tól kiteljesedett ármentesítő és folyószabályozási munkálatok.

aa) A Kisalföld területének süllyedése

A süllyedés mértékét jól jellemzi, hogy az Északi-Bakonyban és a Gerecsében felszínen lévő felső triász korú mészkövek és dolomitok a medence legmélyebb részén, Győrzámoly térségében 8500 m mélyen találhatóak. A süllyedés területileg differenciáltan, csupán néhány száz négyzetkilométer kiterjedésű tömbökben-üstökben történik, így a medencealjzatban hátságok és árkok különülnek el. A süllyedés különösen az utolsó 12 millió évben vált intenzívvé, amikor is sebessége helyenként elérte a 0,5 mm/év értéket.

A maihoz hasonló jellegű Duna 2 millió éve jelent meg a Kisalföld középső részén. A dunai durva kavicsösszlet maximális vastagsága a Szigetköz területén meghaladja a 700 métert. A folyóhordalék vastagsága a medencealjzat mélységével függ össze, ez valószínűsíti, hogy a több millió éve megkezdődött süllyedési folyamat lényegében változatlanul folytatódik. Különösen figyelemre méltó az utolsó 10 ezer év — a holocén — üledékének nagy vastagsága, amely a Mosonmagyaróvár—Abda vonaltól ÉK-re lévő terület jelenleg is tartó gyors süllyedésével magyarázható.

A Kisalföld süllyedése az ember által nem befolyásolható természetes folyamat. Aktuálgeológiai jelentősége még nyilvánvalóbbá válik, ha figyelembe vesszük, hogy Vénektől K-re a terület abszolút értelemben is emelkedik. (Az Ásványrórónál még 700 m mélyen eltemetve található pannon képződményeket Gönyűnél a Duna már a felszínen erodálja.) A Duna kizárólag azáltal tudta az elmúlt 2 millió évben kelet felé tartó folyását megőrizni, hogy a süllyedő Kisalföldet feltöltötte, az emelkedőben lévő visegrádi

sziklaküszöböt pedig hordalékával folyamatosan koptatta, mélyítette.

bb) A Duna kisalföldi hordalékkúpjának kialakulása

Ha egy süllyedő területre a vízfolyások nem szállítanak a feltöltéshez elegendő hordalékot, ott viszonylag gyorsan mocsár vagy tó alakul ki (így alakult a Balaton vagy a Fertő tó). Ezekben az ún. kompenzálatlan süllyedésekben agyagos és iszapos mocsári-tavi üledékek rakódnak le. A Szigetköz területén az utóbbi 2 millió évben azonban mindig a folyóvízi kavicsos feltöltődés dominált. A feltöltött területen nincsenek nagy kiterjedésű agyagos vízzáró rétegek.

A süllyedő Kisalföldre lépő Duna esése, hordalék-szállító képessége erősen lecsökken, a magával hozott törmelék nagy részét lerakja. A folyó medre a folytonos törmelék felhalmozás miatt állandóan emelkedik, környezeténél magasabbra kerül. Egy-egy katasztrofális méretű árvíz alkalmával a Duna — medrét hirtelen megváltoztatva — az alacsonyabb térszín felé keresett lefolyást, a feltöltést arrafelé folytatva. Így alakult ki Pozsony alatt a Duna nagyméretű, legyezőszerűen szétterülő hordalékkúpja. Az utóbbi idők nagymértékű meder-változásai a történelmi idők térképein is nyomon követhetők.

A Szigetköz mai vízrajzi képén figyelemre méltó a Duna és a Mosoni-Duna jellege közti különbség. Míg a szabályozás előtti Duna erősen zátonyosodó, több ágra szakadozó, ún. fonatos medrű volt, addig a Mosoni-Duna élesen kanyarogva, meanderezve szeli át a hordalékkúpot. A folyószakaszok jellegét az adott szakasz hordalékháztartása határozza meg. Elzátonyosodó, fonatos mederszakaszok ott alakulnak ki, ahol a leülepedő görgetett hordalék jelentősen több, mint az onnan elszállított. Ezzel szemben a saját hordalékában kanyargó, meanderező vízfolyások hordalékegyenlege közel nulla. Ez azonban nem zárja ki a meanderező szakaszon belüli jelentős hordalék áthalmozódást, ami a kanyarulatok szüntelen vándorlását eredményezi.

A kisalföldi hordalékkúp kialakításában elsődleges szerepe a legnagyobb vízszállítású medernek van, a fonatos főmeder végzi a süllyedő terület feltöltését. A hordalékkúp palástján vándorló, kisebb vízhozamú, meanderező folyóágak a főmeder által lerakott hordalék egyenletes szétterítését végzik. Ennek a törvényszerűségnek megfelelően a Duna ma magasabban folyik, mint a Mosoni-Duna és a Rábca. A törmelékkúp lábánál a Hanság és a Gutai-mocsár nem a süllyedés centrumai, hanem csupán kompenzálatlan süllyedékterületek. Így a Szigetköz területén a talajvizet a függő medrű Duna táplálja mederhordalékán keresztül, a talajvíz jelentős eséssel áramlik Dél felé, a Rábca irányába.

cc) A folyamszabályozás következményei a hordalékkúp alakulására

A múlt század 80-as éveiben kezdődő mederrendezés eredményeképpen az ún. középvízi Duna-medder 300–380 m szélességű, párhuzamművek közé szorított csatornává vált. A főmederben javultak a hajózási és lefolyási viszonyok, de az egyensúlyi állapot nem következett be: a középvízi meder túlzott szélessége miatt a folyó a felülről érkező hordalékot

továbbszállítani nem tudta. Folytatódott a meder feltöltődése, a zátonyképződés és a zátonyvándorlás.

A jelen század elején kezdtek hozzá a kisvízszabályozáshoz. Sarkantyúkat, mellékág-elzárásokat építettek, nagymértékű gázlókotrásokat kezdtek, de a mederemelkedés folyamatát ez sem tudta megállítani.

A további folyószabályozás során a hangsúlyt a nagyvízi meder rendezésére, a mellékágrendszerek hordalékcsapdáinak kialakítására, a középvízi művek magasítására, újabb sarkantyúk építésére és az intenzív gázlókotrásra helyezték. 1946 és 1963 között 850 ezer m³ követ építettek be, 6,4 millió m³ kavicsot kotortak ki. A 60-as évek közepétől — az eddigi szabályozások eredménytelenségét közvetve beismerve — a „vízerőhasznosítással kapcsolatos folyamszabályozási irányelvek” kidolgozása került előtérbe.

Aktuálgeológiai szempontból tekintve a főmeder múlt század végi „helyhez kötése”, irányváltoztatásainak megakadályozása felborította a Kisalföldön az elmúlt 2 millió év során fennálló egyensúlyi helyzetet. A folyószabályozási munkálatok óta ugrásszerűen megnőtt a feltöltődéssel kompenzálatlan süllyedékterület nagysága. Az árvizek szétterülésének meggátlása, a lerakódások kisebb térre koncentrációja miatt a Rajka—Szap közötti folyószakasz túl magasra töltődött fel, elfajulttá vált.

3. A Kisalföld földtani kutatásainak áttekintése

A földtani kutatások eredményeinek összefoglalása általában tematikus térképek és ezek magyarázóinak közzétételével történik. A nagy értékű feltáró létesítmények száma (például szerkezetkutató mélyfúrások) mellett a térképek méraránya jelzője a megkutatottság mértékének.

a) Korábbi geológiai kutatások

A Kisalföld részletes földtani kutatása — az ország más területeihez hasonlóan — a múlt század hatvanas éveiben kezdődött. Elsőként a Dunántúl 1:144 000 méretarányú, kéziratos földtani térképe készült el a MÁFI-ban. A múlt század végén kezdődött Magyarország talajtani, agrogeológiai térképezése, ennek eredménye 1918-ban Magyarország klímazonális talajtérképe [TREITZ P.].

A két világháború között a Kisalföld és szomszédos területek földtani kutatása fellendült. A már meglévő artézi kutak alapján folyt a medence negyedidőszaki és pliocén képződményeinek feltárása [HORUSITZKY H.], a durvatörmelékes összlet leírását SZÁDECZKY KARDOSS Elemér kezdte 1938-ban. A talajismereti térképezés befejezése — KREYBIG L. irányításával — az ötvenes években volt, az eredményeket 1:25 000 méretarányú térképeken közölték. A részletes síkvidéki földtani térképezés megindítása SÜMEGHY J. nevéhez fűződik, az 1952-ben elkészült 1:25 000 méretarányú térképek a medence legnagyobb részét lefedik.

Az 1950-es évek végén morfológiai, hidrológiai, hidrogeológiai kutatások folytak [LANG S., KÁRPÁTI

L., PÉCSI M., GÓCZÁN L., ÁDÁM L., UBELL K., RÓNAI A.]

Magyarország 1:200 000 méretarányú földtani térképsorozatának Kisalföldet fedő lapjaihoz a reambuláló felvételek 1966—68-ban fejeződtek be. E munka kapcsán áttekintő értékelések is készültek: a negyedidőszaki képződményeket FRANYÓ F. [1967], a szerkezetföldtant WEIN Gy. [1971], a mélyföldtani szerkezeteket KÖRÖSSY L. [1963, 1965] összefoglalásai ismertetik.

Hydrogeológiai értékeléseket ERDÉLYI M. [1971] és KORIM K. [1973] készített. A Kisalfölddel kapcsolatban a Magyarország tájféldrajza sorozatban 1975-ben jelent meg földrajzi összefoglalás ÁDÁM L. — MAROSI S. szerkesztésében, a szigetközi morfológiai kutatásokat GÓCZEI I. folytatta.

b) Korábbi geofizikai kutatások

A Kisalföld geofizikai kutatása az 1930-as években kezdődött. A MAORT megbízására az ELGI végzett Eötvös-inga méréseket, melynek eredményeként kimutatták a Mihályi gerincet. A kutatófúrások igazolták a kiemelkedést, de egy kisebb CH-gáztelep kivételével csak CO₂-gázt tártak fel ipari méretekben. Az Eötvös-inga mérésekkel párhuzamosan már a kezdeti időkben is végeztek földmágneses méréseket. Az Eötvös-ingát már a negyvenes években felváltotta a graviméter, a kezdeti területi méréseket pedig az országos áttekintő hálózati mérés. A terület rendszeres földmágneses felmérése 1951—61 között, az országos mágneses mérések keretében történt. Ezen országos mérések eredményeiből szerkesztett térképek képezik minden további geofizikai kutatás alapját.

c) A Kisalföldön és a vele közvetlenül határos területeken végzett korábbi nyersanyagkutató tevékenység vázlatos áttekintése

Az első kisalföldi mélyfúrás a gravitációs mérésekkel kimutatott szerkezet tetővidékén mélyült 1935-ben Mihályi térségében, és széndioxid gázt tárt fel. Ezt követően igen kis volumenű fúrások kutatás folyt a medence nyugati felén gravitációs és fotoregisztrálású szeizmikus mérésekre alapozva, kis megszakításokkal 1962-ig (M-, Vát-, Bü-, Pi- jelű fúrások). Az intenzív fúrások kutatás 1962-67 között folyt, volt olyan év, amikor 25 fúróponton több, mint 40 ezer métert mélyítettek! Ekkor fúrták az összes Ike-, Vasz-, Öl-, Sót-, Tak-, Pá-, Kol- jelű fúrásokon kívül a mihályi kutak többségét, valamint a Káld-, Mes-, Bor-, Vi-, Iv-, Pe-, Tét-(1,2), Ukk-, Cell-, Da- jelű kutakat. 1967 után napjainkig a fúrások kutatás a CH-szempontú eredménytelenség miatt erősen lecsökkent, volt olyan összefüggő 4 év, amikor egy kút sem mélyült.

A fúrások kutatás során az összes lefúrt kút 60%-a viszonylag kis területre, a CH-kutatás szempontjából mezőnek minősülő részre koncentrált, így kutatási célú fúrásnak csak kb. 60 db mélyfúrás minősíthető, ami a Kisalföld teljes területéhez képest igen kevés. A medence aljzatának megismerése szempontjából különösen hátrányos, hogy a medence tengelyének környezetében igen kevés fúrás mélyült. Így a 3000 m-nél mélyebb aljzatú területen 9 fúrás található

csupán, és ezek közül is csak 3 érte el a neogén üledékek feküjét (Gysz-3, Csapod-1, Tét-5).

További nehézséget jelent a medence földtani térképezésekor az ismertett nyersanyagkutató fúrások felhasználásánál az a tény, hogy kevés olyan magmintával rendelkezünk, melyekből litológiai és koradatok nyerhetők, mert a CH-kutató fúrások döntően teljes szelvényrel mélyülnek, így az átfúrt kőzetanyag felaprítva, csak furadékként kerül a felszínre. A medencealjzat eltérő korú és litológiájú egységeinek térképezését a Ny-i és a K-i peremeken felszínre került képződmények földtani analízise segítette, valamint azok a szerkezet-, víz- és nyersanyagkutató fúrások, melyek közül néhány a talpig magfúrással mélyült.

d) A '80-as és '90-es évek földtani kutatásai

A legutóbbi évtizedben két nagyszabású kutatási programot is folytattak a Kisalföldön: az egyiket a Geofizikai Kutató Vállalat (GKV), a másikat a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) közösen. Bár a cél a két kutatási programban határozottan eltérő volt, a mérésekkel lefedett terület közelítőleg megegyezett.

Az 1991—1992. években — kormányzati felkérésre — egy akadémiai ad hoc bizottság vizsgálta a térséggel kapcsolatos földtani, hidrológiai, biológiai és ökológiai kérdéseket, ennek keretében mind geológiai, mind geofizikai kutatásokra sor került. Megjegyezzük, hogy ezen utóbbi kutatás során a feltáró létesítmények száma nem nőtt érdemben. Ezt nemcsak a pénzügyi korlátok indokolták, a feladat főként a dunai vízlépcsőrendszer elhagyásához kötődő, a környezeti értékeket számbavevő elemzés, valamint a további kutatótevékenység fő feladatainak meghatározása volt.

aa) Világbanki program

A GKV kisalföldi kutatási programja az OKGT világbanki kölcsönének keretében folyt az Egyesült Államok Földtani Szolgálatának (USGS) szakemberei és hazai szakemberek közreműködésével. A medenceanalízis célja a Kisalföld CH-potenciáljának meghatározása és további konkrét szénhidrogénkutató mérések előkészítése volt. A mérési anyag minősége általában jó, sajnos a Kisalföld északi részén, a fiatal harmadkori vulkánosság következtében, a mérési anyag minősége hirtelen romlik, ezért a szeizmikus méréseket Pásztortól északra nem is terjesztették ki. A szeizmikus mérések elsődleges célja a nagyszerkezeti összefüggések felismerése volt. A kutatás alapján, amely — céljából következően — csak érintette a Szigetköz keleti határát, nem indokolt további szénhidrogénkutató feltárások létesítése, így a területen a Föld mélyéből kinyerhető egyetlen „nyersanyag” a víz: a mélyebben lévő hévízek és a dunai hordalékkúpban tárolt jó minőségű vízkészlet. Ezek tematikus feltárása még hiányzik.

bb) Kisalföld Kutatási Program

A Bős—Nagymarosi Vízlépcsőrendszer megvalósításának '80-as évek elején történő újbóli megindítása után — látva a beruházás földtani, hydrogeológiai előkészítésének hiányosságait — a MÁFI kez-

deményezte a térség átfogó földtani térképezésének megkezdését. Az 1982-ben indított MÁFI—ELGI kisalföldi kutatási komplex program célja az egész kisalföldi régió földtani ismertségének a mai igényeknek megfelelő szintre emelése. Az eredmények hasznosítására a következő területek jöhetnek számításba: regionális földtani értelmezés, területi vízgazdálkodás, környezetvédelem, mezőgazdaság és településfejlesztés, de egyes térképek a szénhidrogén- és termásvíz kutatásban is használhatóak.

A felszínközeli rétegek (0—20 m) térképezésének terepi munkafázisa során minegy 2000 darab sekélyfúrás mélyítették, ezeket mérnökgeofizikai szondázási vonalak rendszere (MGS) egészítette ki. A fúrásokból a 2—6 m mélységzszakaszból, majd tovább minden méterből történt mintavételezés, a talajvíz szintjének rögzítésével párhuzamosan vízkémiai elemzések folytak. Az igen nagy mennyiségű minta (kb. 25 000 db) szedimentológiai, talajtani, mérnökgeológiai vizsgálatát nyomelem kutatások, spórapollen és részletes ásványtani meghatározások egészítik ki.

A mérnökgeofizikai szondázásokat nem hálózatosan telepítették, hanem szelvények mentén, a MÁFI földtani térképezésének elősegítésére, a sekélyfúrásokkal párhuzamosan. A szelvények távolsága 4–6 km, a szelvényeken a szondázási pontok egymás közti távolsága 500 m körüli, a szondázások mélysége 2—20 méter. Ezek adatai a különböző vízföldtani, agrogeológiai, építésföldtani térképekbe beépítve jelennek meg. Ezek a szelvények szinte kivétel nélkül merőlegesen a Dunára, így a hasonló irányú esetleges tektonikai vonalak nyomozására alkalmatlanok.

A Kisalföld közepes és nagy mélységű tartományainak feltárására a csekély számú mélyfúrás és geofizikai mérések alapján került sor.

A Kisalföld különböző kutatási programjai során az alaphegységet is harántoló mélyfúrások adatait (a fúrás jelét, helyét, talpmélységét és mélyítésének időpontját) tünteti fel az *I. táblázat*. Az alaphegység

netotellurikus szondázásokat a szeizmikus szelvények mentén, illetve azokkal közel párhuzamosan, összesen 10 szelvény mentén végeztek. A szeizmikus szelvények illeszkednek a GKV hálózatához, a legészakibb szeizmikus vonal, a 70 km hosszú K-1 a Szigetközben halad, az ezzel párhuzamos, 30 km hosszú K-3, 15 km-rel délebbre. A kettő között található a GKV hálózat legészakibb szelvénye.

A Kisalföld program földtani kutatásainak eredményeit térkép-sorozatban folyamatosan jelenteti meg a MÁFI. Az elkészült tematikus térképek 1:100 000 méretarányúak.

cc) A Kisalföld szlovákiai részének geofizikai megkutatottsága

A kutatásokról csak publikált adataink vannak. Legteljesebben az 1:500 000 méretarányú geofizikai térképsorozat tükrözi a megkutatottságot, melynek tagjai a következők:

- Szlovákia Bouguer-anomália térképe
- Szlovákia medence-kitöltő üledékekre korrigált Bouguer-anomália térképe
- Szlovákia gravitációs maradék-anomália térképe
- Törésvonalak indikációi (Linsser, $h=0,5$ km)
- Törésvonalak indikációi (Linsser, $h=4$ km)
- A nehézségi erőter horizontális gradiensének intenzitása
- A földmágneses anomáliák térképei (földi Z, légi T)
- A Moho diszkontinuitás szerkezeti vázlata, fotolineációk, földrengések
- Hőáram és paleomágneses deklinációk térképe.

A térképek elsősorban a potenciálok mérésén és feldolgozásán alapulnak. A Moho felület mélységadatait részben refrakciós szelvénymérésekből, részben kőbányákban végrehajtott nagy robbantásokból, pontszerűen, részben reflexiós szelvénymérésekből kapták. Magnetotellurikus és sekélyszeizmikus méréseket a Duna-program keretében az ELGI végzett szlovák területen is, utoljára 1991-ben a Duna északi partján. A Csallóköz területén gravitációs mérések is folytak. Mivel a geofizikai térképek általában nem a közvetlen mérési eredményeket, hanem azok valamilyen számítási művelettel kapott eredményeit tartalmazzák, így a térképek összevethetősége elsősorban számítási probléma. A Kisalföld szlovákiai és magyar része Bouguer-anomália térképei közvetlenül nem vethetők össze, mert a szlovákiai térképekhez $2,67 \text{ g/cm}^3$, a magyarországihoz $2,0$ illetve $2,4 \text{ g/cm}^3$ sűrűség-korrektiót alkalmaztak. A gravitációs térképsorozat kiinduló térképei sem hasonlíthatók össze egyértelműen. Az ezekből származtatott térképeken a különbségek egyre nőnek: a számítási módszerek és az azokban alkalmazott paraméterek szinte követhetlenné teszik az anomália értékek változásait. Elsőrendű feladat lenne a szlovákiai és a magyarországi térképek egységes feldolgozása.

A fúrás jele	Település	Talpmélység (méter)	Mélyítési időpont
Bo-1	Bősárkány	4517	1969
K-7	Lipót	2206	1968
Mos-1	Mosonszentjános	2613	1971
Mos-2'	Mosonszentjános	2453	1971
Mos-4	Mosonszentjános	2657	1971
Msz-1'	Mosonszolnok	2931	1976
Msz-2'	Mosonszolnok	2240	1977
B-123	Mosonmagyaróvár	1996	1966
Raj-1	Rajka	1785	1976
B-28	Lébénymiklós	2300	1971
Ács-1'	Ács	1848	1972
Gönyü-1'	Gönyü	3193	1972

get is harántoló fúrás „*” jelöli. Közülük mindössze kettő (K-7, Raj-1) esik a Szigetköz területére.

A mélyszerkezet kutatás geofizikai eszköze elsősorban a szeizmika, de a Kisalföldön jelentős szerepe van a magnetotellurikának is. Az ELGI kutatási program keretében három szeizmikus vonalat mértek (K-1,3,4) és negyedikként ide sorolható az 1979—80-ban mért MK-1 szelvény. Mag-

dd) A magyar-csehszlovák közös Duna-szakasz és a kapcsolódó térségek fejlesztésével, rehabilitációjával összefüggő kutatási program

Az 1991—1992. években kormányfelkérésre folyt a fenti című program, melynek keretén belül mind geológiai, mind geofizikai témakörben folytak kutatások. Megjegyezzük, hogy a konkrét vizsgálati szakaszban a két szakterület sok feladat megoldásában közösen vett részt.

Geológiai, hidrogeológiai kutatások

A kutatások három témakörben folytak:

- a szigetközi parti szűrést biztosító meder feltárása és kutatása a MÁFI e témában korábban végzett munkái figyelembevételével,
- hidrogeológiai modell megalapozása, magyar oldalon a korábban a MÁFI által koordinált komplex földtani térképezés és hidrogeológiai kutatások alapján, szlovák oldalon pedig az ezzel egyenértékű információs anyag figyelembevételével,
- a szigetközi térség környezeti információs rendszerének előkészítése az eddigi komplex földtani kutatások alapján.

Az 1991. év során áttekintés készült a térségben végzett földtani-geofizikai kutatásokról, a múlt század hatvanas éveiben végzett 1:28 800 méretarányú földtani felvételezési munkáktól kezdve, az 1980-as évek legjelentősebb hazai földtani-geofizikai térképezésén keresztül a jelen térinformatikai (GIS) fejlesztésig. Az 1991. év vizsgálatai alapján tett kiemelt megállapítások:

- A Kisalföld felszín alatti vizei között két országos jelentőségű érték van. Az egyik a mélyebb helyzetű felsőpannon korú homok-homokkő összletben lévő hévíz, amely a hozamtól függően 65–70 °C kifolyóvíz-hőmérsékletű. A másik a pleisztocén-holocén kavicsos hordalékkúpban tárolt, természetes parti (meder-) szűrésű utánpótlással rendelkező talajrétegvíz összlet.
- Oxigén izotóp összetétel alapján megállapítható, hogy a Szigetközben a Duna-víz a vizsgált legnagyobb mélységű rétegeket is átöblíti. A trícium vizsgálatok azt mutatják, hogy ez az átöblítés gyors, mivel a termonukleáris robbantások utáni (35–40 évnél fiatalabb) Dunavíz található meg a mélyebb rétegekben is.
- A víztároló kavicsösszlet különleges adottságai (igen magas transzmisszibilitás, jelentős anizotropia) miatt a vízszintváltozások 10 km-es távolságig észlelhetően követik a dunai vízszintváltozásokat.
- A térség felszín alatti vízforgalmában és a talajvízszintek alakulásában az öreg-dunai betáplálás hatása mellett a mellékágak, a Mosoni-Duna és a Lajta-ágak elhanyagolható szerepűek.
- A felszínhez közeli „klasszikus” talajvizek minőségét az ágrendszerénél kialakuló anaerob körülmények, míg az ennél mélyebb kavicsvizek minőségét az öreg-dunai aerob körülmé-

nyek határozzák meg. Az ágak mentén beszivárgó vizekre a magasabb oldott anyag, HCO_3 , vas, mangán, ammónia, ólom és arzén, illetve alacsonyabb nitrát, oldott oxigén tartalom és redox érték a jellemző.

- A szerves mikroszennyezőket tekintve csak szórványosan és határérték alatt lehetett kimutatni az illékonyak közül a CHCl_3 -t, a CCl_4 -t, a triklór-etilént és perklór-etilént, míg a nem illékonyak közül az atrazint, lindánt, malathiont és benz(a)pirént. A 2,4-D általában az egész kavicsostben előfordulhat 1–2 mg/l-es nagyságrendben, a meder környékén néha 10 mg/l-es nagyságrendben is.
- Bár a vízminőség vizsgálatához bakteriológiai és virológiai elemzések is járultak, az eddigi adatok még nem teszik lehetővé ezek térbeli változásának meghatározását.

Geofizikai kutatások

A rendelkezésre álló anyagi források és az adott idő több szakterületen (pl. tektonika, mérnökszeizmológia) nem tette lehetővé átfogó, a nemzetközi normákat minden vonatkozásban kielégítő részletességű kutatások elvégzését (a legkritikusabb kérdés a szerkezetkutató mélyfúrás). Ezekben a témákban elsősorban az eddig végzett kutatások áttekintése, kritikai vizsgálata és a jövőbeni teendő programjának kidolgozása lehetett a cél.

A kutatási program néhány szakterületen azonban lehetőséget nyújtott minden eddigi vizsgálatnál részletesebb, átfogóbb elemzésre (pl. szeizmikus kockázat, a laza altalaj rezgésmódosító tulajdonságai, várható max. horizontális gyorsulások becslése).

Az 1991. év kutatásai öt témát öleltek fel:

- a térség szeizmikus kockázatának meghatározása,
- a dunakiliti tározó földgátjainak állapotvizsgálata,
- a terület tektonikai viszonyainak tisztázása,
- töltések, gátak szerkezeti vizsgálata,
- geodéziai adatbázis létesítése, a meglévő és elérhető adatok betöltése.

Az 1991. év vizsgálatai alapján tett kiemelt megállapítások:

- A dunai vízlépcsőrendszer tervezésével kapcsolatban vitatott kérdések egyike volt a földrengéskockázat meghatározása és az ebből fakadó méretezési problémák. Vizsgálataink eredménye szerint a szokásos kockázati szinteken a 10 000 év alatt előforduló földrengés intenzitása 8–9 MSK.
- A terület tektonikai viszonyairól — bár a kutatások megkezdődtek — az eddigi eredmények alapján még nem lehetséges egységes és meggyőző képet kialakítani.
- A dunakiliti tározó földgátjainak állapotvizsgálata során a horizontális ellenállásszelvények egyik lényeges információja olyan kavicsos mederszerkezetek kimutatása a töltések alatt, amelyekhez hasonlók más folyóknál gát-

szakadás és ezt követő árvizek kiindulópontjai voltak.

ee) DANREG program

A dunai vízlépcsőépítkezés magyar oldali munkálatainak leállítása teret engedett a térség egészének ökológiai, humán érdekeltégű egységét szem előtt tartó nézeteknek, hasznosítási javaslatoknak. Elfogadottá vált, hogy a milliók megélhetését jelentő Szigetköz, Csalóköz fejlesztését csak az országhatárokat átlépő, mind az „alvízi”, mind a „felvízi” érdekeket összehangoló nemzetközi összefogással lehet megoldani. Ennek földtani megalapozására az osztrák (GBA), a szlovák (GUDS) és a magyar (MÁFI) állami földtani intézetek DANREG néven közös program kidolgozásába és megvalósításába kezdtek 1991. elejétől. A munkában részt vesz a szlovák GEOCOMPLEX, két osztrák egyetem és az ELGI is.

HIVATKOZÁSOK

- KOLLÁR F., MANTUANO J., PAPP F., ZSILÁK E. 1989: A Dunai Vízlépcsőrendszerrel kapcsolatban végzett kutatások összefoglalása 1951—1988. VIZITERV
- A Kisalföld földtani térképsorozata. MÁFI, 1992.
- SCHAREK P. et al., 1991: A Szigetköz és a kapcsolódó térség földtani viszonya. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 130 oldal és mellékletek
- TÓTH Gy. 1991: A Szigetköz és környékének hidrogeológiai és hidrogeokémiai értékelése. Budapest
- GONDÁR K. 1991: Terepi vizsgálatok A Szigetköz hidrogeológiája című tanulmányhoz. Budapest, 23 oldal
- SZEBÉNYI L. 1991: A Kisalföld hévízföldtani viszonyai. Budapest, 12 oldal és mellékletek
- A földrengések és a földrengésekkel kapcsolatos jelenségek figyelembe vétele atomerőművek, gátak tervezésekor. MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet Szeizmológiai Observatórium, Budapest, 1991. december, 8 oldal
- KOCSIS L. 1991: A történelmi földrengések esetleges megjelenése a régészeti lelőhelyek vizsgálata alapján, különös tekintettel a Kisalföld és a Duna vonalának térségére. Budapest, 23 oldal
- Dunakiliti térségének valószínűségi földrengés veszélyeztetettsége. MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet Szeizmológiai Observatórium, Budapest, 1991. december, 26 oldal
- Kutatási Tervtanulmány a Dunakiliti tározó jobb parti fővédvonalán a töltéstest és az altalaj komplex mérnökgeológiai vizsgálatára. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, 1991, 20 oldal
- Kutatási jelentés a Dunakiliti tározó jobb parti fővédvonalán a töltéstest és az altalaj komplex mérnökgeológiai vizsgálatáról. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, 1991. november, 19 oldal és 22 melléklet
- BALLA Z. 1991: A Dunakiliti térség tektonikai elemzése. Budapest, 117 oldal
- HORVÁTH F. 1992: A Kisalföld térségének tektonikai leírása. ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest, 42 oldal
- KILÉNYI É. 1991: Dunakiliti és Bős környezetének tektonikája. Budapest, 37 oldal és 9 melléklet
- GOSCHY B. 1991: A Bős—Nagymarosi Vízlépcsőrendszer Dunakiliti tározó védőtöltéseinek műszaki alkalmassági vizsgálata. Budapest, 71 oldal és 3 melléklet
- BALLA Z. 1992: A Kisalföld medencealjzatának tektonikája. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 114 oldal és 4 táblázat mellékletben
- DAVID Gy. 1992: A Kisalföld mélyszerkezete a szeizmikus mérések tükrében. Budapest, 25 oldal és 4 melléklet
- SCHWEITZER F. 1992: Komárom és környezetének ösföldrajzi viszonyai, különös tekintettel a szerkezeti mozgásokhoz kapcsolódó geomorfológiai formákra. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, 23 oldal és 3 melléklet
- ZSÍROS T. 1992: Bős földrengés veszélyeztetettség. Kutatási Jelentés, MTA GGKI Szeizmológiai Observatórium, Budapest, 28 oldal
- BONDÁR I. 1992: A lokális geológiai viszonyok hatása a területen várható gyorsulásokra. MTA GGKI Szeizmológiai Observatórium, Budapest, 14 oldal
- GOSCHY B. 1992: A bőszi vízierőmű védőtöltéseinek földrengéssel szembeni veszélyeztetettség. Kutatási jelentés, Budapest, 40 oldal
- TARCSAI Gy., FERENCZ Cs., BÜTTNER Gy., TIMÁR G., BOGNÁR P., PÁSZTOR Sz., SZÉKELY B. 1992: A Bős (Gabčíkovo) környéki létesítmények környezeti hatásainak vizsgálata műholdas távérzékeléssel. Kutatási Jelentés, ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest, 29 oldal
- DOBROVOLNI K. 1992: Jelentés a Szigetköz néhány településének szennyezettség vizsgálatáról. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest, 11 oldal és 12 melléklet
- RÁDAI Ö. 1992: A Szigetköz területéről 1992 októberében készült SLAR felvétel sorozat rövid értékelése. Országos Természetvédelmi Hivatal, Budapest, 2 oldal és 34 db A/4-es felvétel