

Hol várható buzgár megjelenése?

Where will occur a sandboil?

Nagy László

BME Geotechnikai Tanszék, lacinagy@mail.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A történelmi adatok gyűjtése segít értékelni azokat a szempontokat, melyek sem elméleti úton nem magyarázhatók, sem modellkísérlettel nem vizsgálhatók. Ilyenek a buzgár kialakulásának geológiai körülménye, a buzgárok megjelenési helye, a kialakult hidraulikus gradiens, a talajrétegződés, a buzgár térbeli elhelyezkedése stb.

Amikor a buzgárok eredetét vizsgáljuk, elsősorban a geológiai múlttal, a folyók vándorlásával és a természetbe történő emberi beavatkozással kell foglalkozni. Mindezeket az éghajlaton, az időjáráson, a csapadékviszonyokon és a domborzati viszonyokon keresztül kell értékelni. Ezek határozzák meg a folyók viselkedését, az árvizek jellegét és az elönthető terület nagyságát. Magyarország és a Kárpát-medence árvízvédelmi helyzete szükségessé teszi azt, hogy a fenti kérdésekkel bővebben foglalkozunk (Varga 2002, 2003).

Kulcsszavak: buzgár, hidraulikus gradiens, gátszakadás

1 BUZGÁROK

Buzgárnak nevezzük azt az árvízi jelenséget, amikor a mentett oldalon finom szemcsés anyag kimosódásával víz tör fel az altalajból. A hidraulikus talajtörés elméletét a hidraulika és a talajmechanika pontosan leírja, azonban a törvényszerűségek ellenére olyan helyeken is kialakul buzgár, ahol az elmélet azt kevésbé támasztja alá, illetve az elmélet által indokolt helyeken nem minden esetben tapasztalunk buzgárt.

Meg kell említeni, hogy a buzgár szót, mint fogalmat angolszász nyelvterületen két kifejezés is helyettesíti „sandboil” és „piping”. Ugyanakkor a jelenség megítélésénél a talajmechanikai meghatározás „hidraulikus talajtörésként”, vagy „belső erózióként” szerepel. Mindkét megnevezés elfogadható, ugyanazt a tönkremeneteli folyamatot fedi.

2 A FOLYÓVÖLGYEK KIALAKULÁSA

Magyarország az Alpok nyugati lábánál és a Kárpátok hegyláncának legmélyebb pontján helyezkedik el. Az 1800-2500 m magas csúcsokkal jellemezhető vízgyűjtőt a Duna és a Tisza vízteleníti. Az ország területének 52 %-a síkság, csak a terület 1 %-a magasabb 500 méternél.

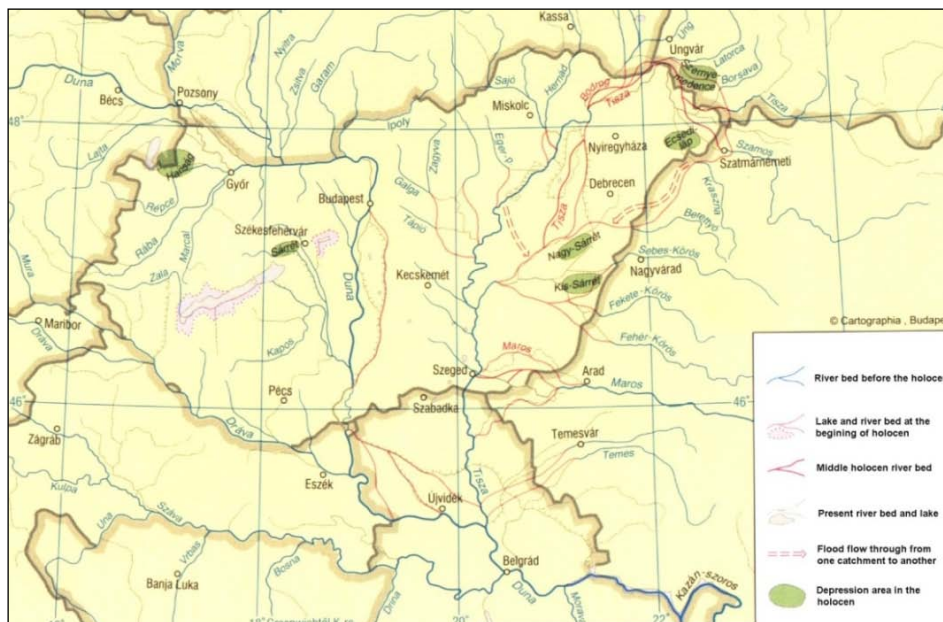
Az Alpok és a Kárpátok tekintélyes tömege a középső miocén korban emelkedett ki, felszínre hozva a korai terciér, többnyire oligocén és eocén tengeri üledékeket. A medence középső részén lévő tömbök különböző mértékben kezdtek lesüllyedni. A Pannon tenger transzgresszió útján alakult ki, mely legnagyobb kiterjedését a pliocén korban érte el. A hegyekből erodálódó üledékek a tengerből, mint szigetek emelkedtek ki, elkezdtek feltölteni a tengeri mélyedéseket. Azok a felszíni folyamatok, melyek a mai folyóhálózat kialakulásához vezethettek, körülbelül 20 millió éve zajlottak le.

A pliocén idején a Pannon beltenger fedte a Kárpát-medence nagy részét kommunikálva az Erdélyi medencével, és azon túl is a jelenlegi Fekete-tenger elődjével (a Pontuszi-medencével). A sós víz fokozatosan kiédesedett, és a medence feltöltődött.

A korai pleisztocén idején mintegy 1-1,5 millió évvel ezelőtt, a Pannon tenger kiszáradt, visszahúzódott és kis tavak maradtak vissza az erdélyi-medence helyén. Nem maradt fenn nyoma a folyórendszernek ebből az időszakból. (A Duna felső folyásának geológiai viszonyai ebben az időben alakultak ki Németország és Ausztria területén. Nagy mennyiségű víz rohant le a hegyekből alluviális hordalék-kúpokat lerakva.

A jelenlegire emlékeztető alakzat kialakulása a középső pleisztocén idején (4-500 000 évvel ezelőtt) játszódott le, nagy mélyedések kialakulásával, melyek magukhoz vonzották az északi, észak-keleti hegyekből érkező folyókat.

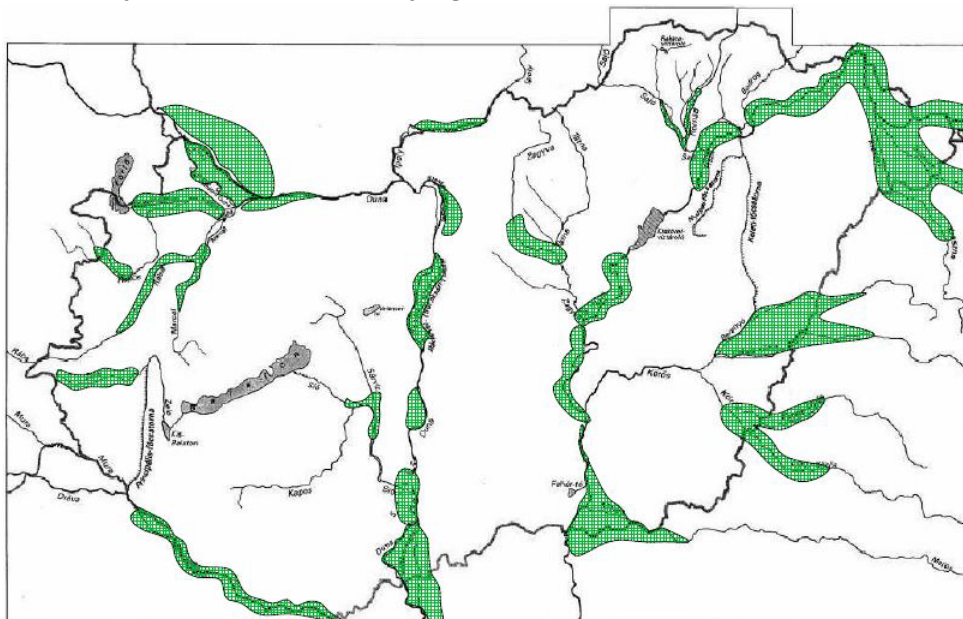
A jelenlegi folyó hálózat alakja mintegy 200000 évvel ezelőtt kezdett kialakulni, amikor is a mélyföldre ömlő folyamok gyakori áthelyeződése bonyolult mintát hozott létre alluviális hordalékkúpok, patkó alakú kanyarulatok és tavak szövevényeként. Még az ősi Duna is erre a területre kanyargott. A folyamatos klímaváltozások száraz időszakaiban szél fújta alakzatok tarkították a terület topográfiáját. Az ősi Körös és Maros hordalékkúpja később nyugaton az egyre erősebben kiemelkedő vetődési vonalak fokozatosan eltolták a folyóhálózat fő áramlási vonalát a mai vízszerkezet irányába.



1. ábra. A Kárpát-medence folyói a holocénben

A jégkorszak kialakulásakor érkező hatalmas üledék mezők, együtt a nagymértékű hegykiemelkedéssel és az azt kísérő mélyföld lesüllyedéssel, továbbá a mai Közép-Tisza mentén kialakult mély árok magához vonzotta a folyókat és elterelte a Dunát a mai folyóágyba a késő pleisztocén korban kb. 100000 évvel ezelőtt. Ezek a folyamatok egészen a holocén kor rövid 10 000 évén keresztül egészen napjainkig fennállnak. A meanderek továbbra is túlfejlődnek és leválasztódnak; a kéregmozgások következtében a folyók változtatják lefolyásukat. Néhány mai folyóágy változást mutat az 1. ábra.

A hidrológiai hálózat folyamatosan változik, amennyiben a tájképet változtatják a kialakuló meanderek, mivel a folyókat az emberi tevékenység is alakította az utolsó 3-500 évben.



2. ábra. Alluviális hordalékkúpok a Kárpát-medencében. A buzgárok jelentős része ezekre a területekre esik

A hegyekből a síkságokra kifutó folyók a görgetett hordalékot alluviális hordalékkúpokon rakták le. Ezekre a homok-kavics hordalékkúpokra a pleisztocénben finomabb rétegek rakódtak le, megteremtve a buzgárok kialakulásának lehetőségét a gátak megépítése után. Az alluviális hordalékkúpok potenciális veszélyforrások buzgár kialakulása szempontjából. Azonban nemcsak a Kárpátokból lefutó folyók-nál jelentkezett jó vízvezető réteg a felszín alatt néhány deciméterrel, hanem a középhegységéből lefutó folyóknál is, így például a Sajónál, vagy a Zagyvánál.



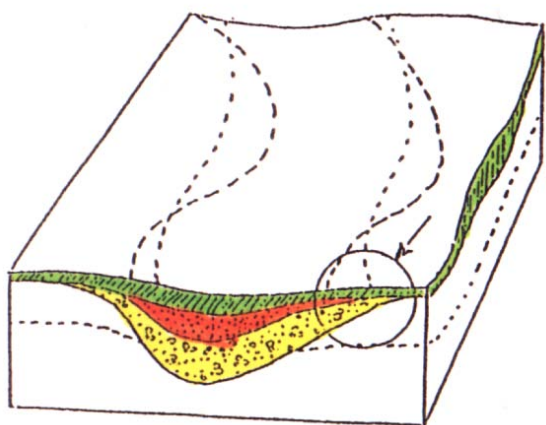
3. ábra. Az alluviális hordalékkúpon éri el a Tisza a síkságot Tiszabecs felett

3 FOLYÓVÁNDORLÁS

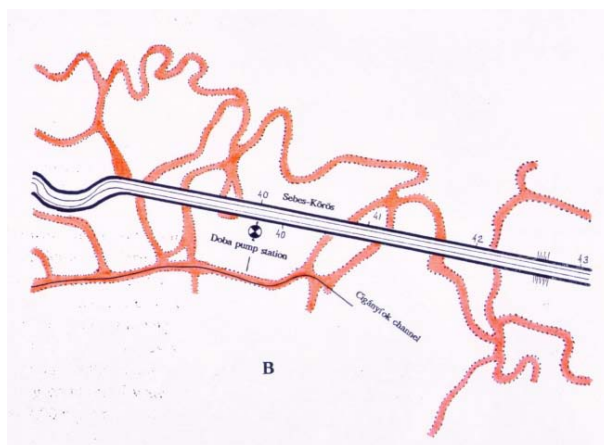
Magyarország alapvetően nagyrészt sík terület, nagy árterekkel. A Kárpátokból lefutó folyók 23 helyen lépnek be Magyarországra, egyesülnek az ártéren, és csak két folyó hagyja el Magyarország területét a Duna és a Tisza. A XIX. század közepéig az alföldi folyók, de a Duna is az alacsony esés miatt széles kanyarokat írt le, a túlfejlődött kanyarok lefűződtek, majd az idő múlásával feltöltődtek. A feltöltődést a folyó hordaléka végezte, rétegenként lerakva a szállított talajt (többnyire a domború partszakaszon, ld. 5. ábra, bár egy-egy nagyobb árvíznél minden elérhető helyre). A lerakott talaj szemcsenagysága a vízjárástól függött. Sok ilyen holtmedret ma már csak légifelvétel alapján lehet azonosítani, azonban az altalaj változékonysága miatt erózió, buzgár veszélyes helyeknek számítanak.



4. ábra. A Tisza vándorlása következtében egymással párhuzamosan kialakult folyómedrek maradványai Szórópusztánál



5. ábra. A vándorló alföldi folyók homorú és domború partján eltérő rétegződés alakul ki



6. ábra. Árvízvédelmi gát holtmeder keresztezései a Sebes-Körös ázott medrénél

A hatalmas alluviális alföldön a folyók alsó folyószakaszra jellemző folyási viszonyokkal rendelkeznek, a hosszesésük alacsony volt, csak 2-6 cm/km. Ezért az első szabályozási elképzelések a XIX. század elején a nagy holtág kanyarulatok szabályozásával, túlnyomórészt átvágásával képzelték el az árvízi kérdés megoldását.



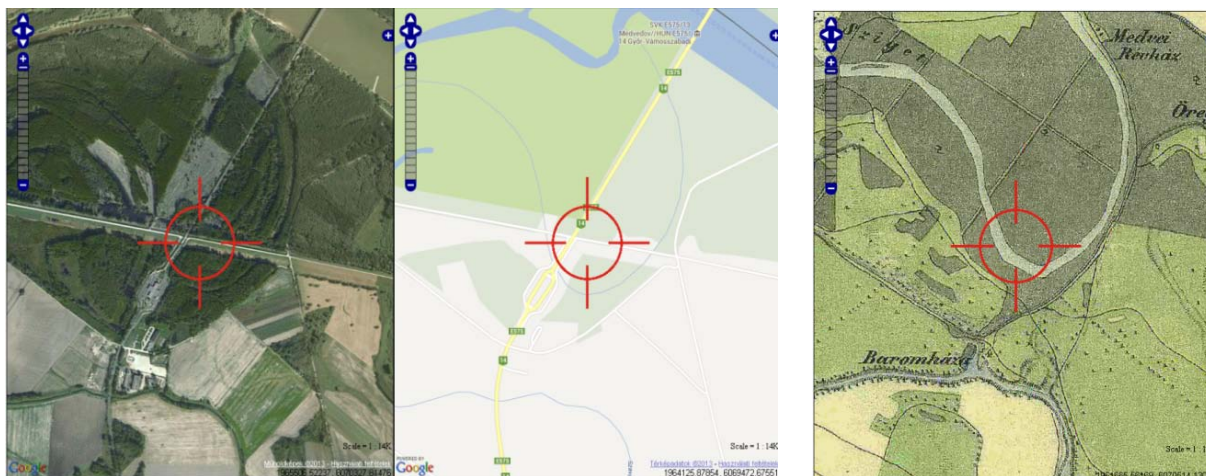
7. ábra. Dombrádi buzgár a holtmeder keresztezés szélén.

A kis esésű szakaszokon a folyók meandereztek, a jelentősebb folyókon több mint kétszáz átmetszést készítettek (csak a Tiszán 105-t), aminek következtében a folyómeder esése nagyobb lett, mint 3-9 cm/km. A kanyarulatok átmetszésével a folyók is rövidültek, a Tisza hossza például az eredeti hossz kétharmada lett. A folyamatosan vándorló folyókról készült topografikus felmérések az árvízvédelmi rendszerről megállapították, hogy a jelenlegi 4200 km hosszú gátrendszer (9. ábra) 2997 holtmeder keresztezi. Mindegyik egy veszélyforrás az eltérő viselkedés miatt.

A kanyargó holtmedrek és holtágak figyelmet érdemlő különleges tulajdonságai, melyeket figyelembe kell venni a jelenlegi gátrendszer állékonyság vizsgálatánál:

- a kereszteződés távolsága a gát lábától,
- a fő folyómeder alakja a kereszteződés környezetében (egyenes, konvex-, vagy konkáv part, inflexió),
- az ősmeder alakja és szöge a kereszteződésben.

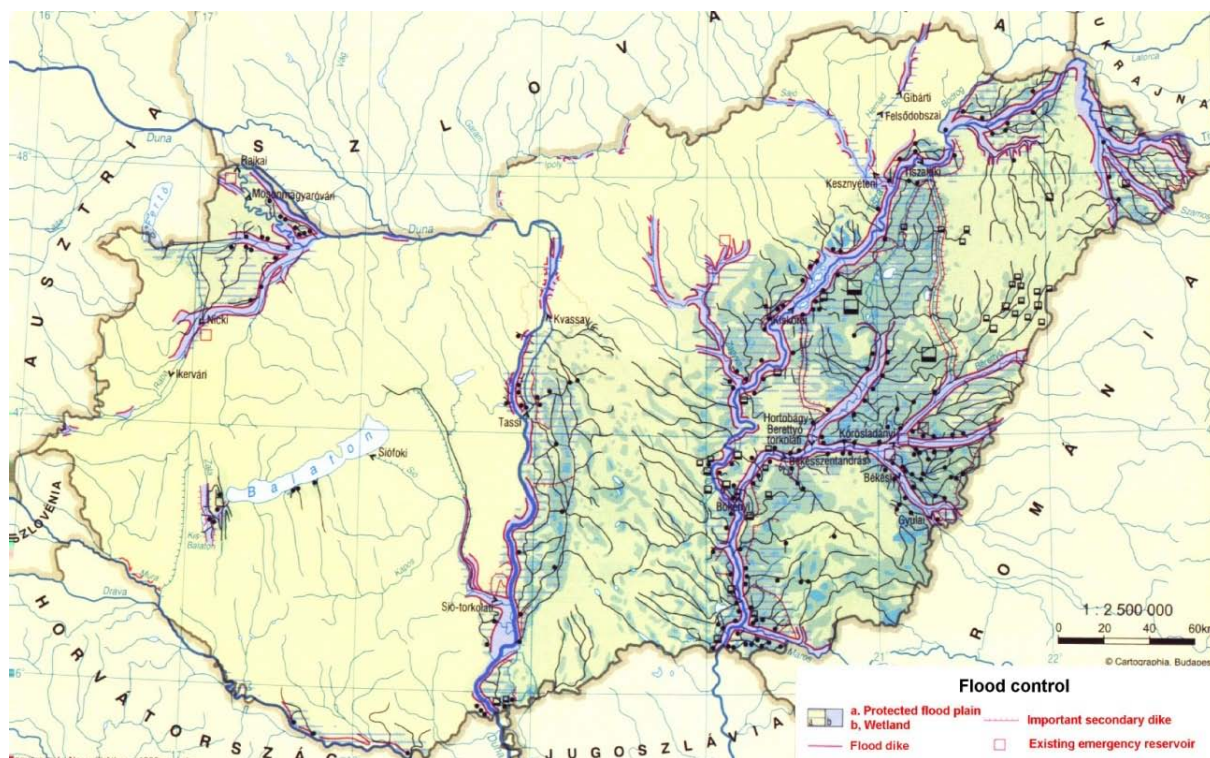
Ez a morfológiai osztályozás (Baló 1983) valamint az altalaj horizontális geoelektromos mintavétellel történő folyamatos rétegfeltáráásával kiegészítve (Hrehuss és Fehér 1985) megfelelő módszernek bizonyul a buzgáros területek térképezésére, a kereszteződések azonosítására, jellemzőinek, tulajdonságainak meghatározására. A technika fejlődésével ma már könnyen hozzáférhetőek a különböző térképek, melyek segítségével differenciáltan lehet értékelni a környezetet és a környezet változásait (8. ábra).



8. ábra. A műholdkép, a térkép és az első katonai felmérés részlete segít eligazodni, megtalálni a buzgár kialakulásának morfológiai okait a Nagy-Duna jp. 11+035 szelvény környezetében. A térképek léptékének összehangolása lehetővé teszi a gyors tájékozódást. Bár a térképeken csak egy holtmeder van, a növényzet azt sejteti, hogy a holtágon belül az erdőben egy egész holtág rendszer található, vagyis a buzgár is egy olyannál alakult ki. (Gombás Károly összeállítása)

4 EMBERI BEAVATKOZÁS

Az emberi beavatkozás eredményeként a természetes ártérben és a folyókban megváltozott a vízjárás. Ennek legszembetűnőbb eredménye a folyó vízszintjeinek folyamatos növekedése volt. Ezt követték értelemszerűen a gátmagasítások, illetve a hozzá tartozó keresztiszelvény növekedések. Gátépítés nélkül soha nem lett volna buzgár.



9. ábra. Árterek és gátak Magyarországon

Mindamellet, hogy a folyóknak sokat változott a helye a XIX. században több vízfolyásnál a folyó esését úgy növelték, hogy új medret ástak. Ezen ástott medrek kialakításánál az egyetlen szempont az volt a legkevesebb földmunkával a legnagyobb esés biztosítása. A meder nyomvonalát így a „két pont

közötti legrövidebb távolság az egyenes” elv határozta meg. Ennek következtében az új meder számos korábbi kanyargó folyómedret érint, keresztez.

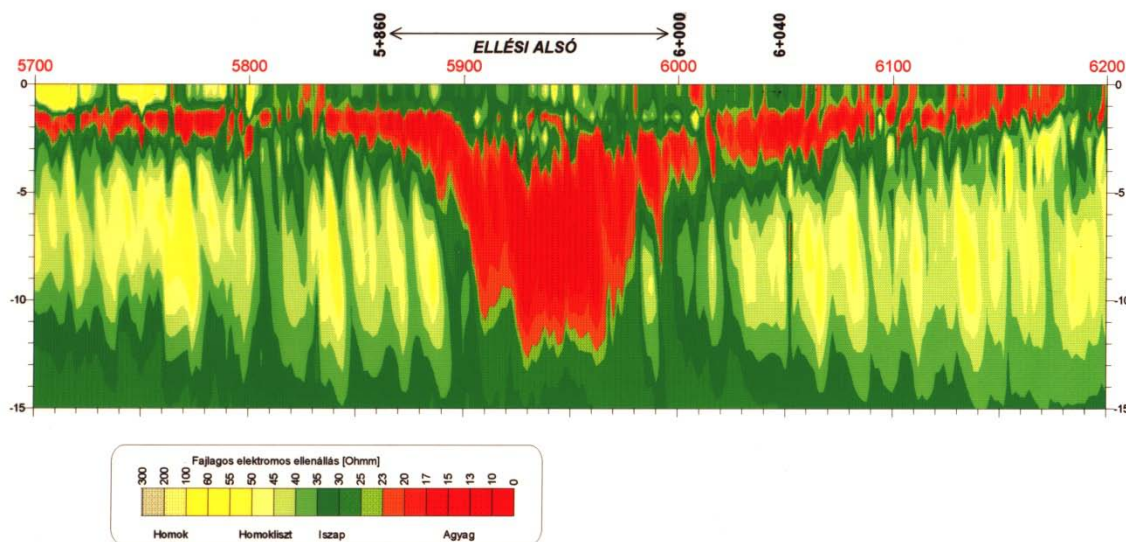
Az ősi folyamágó interpretációjának segítségével azonosíthatjuk azok kereszteződését gátakkal, ugyanúgy, mint ahogy értékelhetjük a gátak gyenge pontját ezekben a keresztszelvényekben morfológiai szempontból, hogy a későbbi vizsgálatokat és beavatkozásokat fontossági sorrendbe állíthassuk.

Szepessy (1983) vizsgálatai hozták azt a megállapítást, hogy a töltés nyomvonala alatti anomáliák, a talajban kialakult helyi rétegzettség okozza a hidraulikus talajtörés veszélyét. A gát hosszában tehát folyamatosan változik a biztonság. Megoldás a gát hossz-szelvényi szakaszolása, az azonos viselkedésű gátszakaszok felvétele (ezt tartalmazza az MSZ 15295). Az azonos viselkedésű szakaszok több szempontú értékelése légifelvételek végzésével megoldható, az ősi folyómedrek keresztezése légifelvételekkel könnyen azonosítható (ld. 4. és 8. ábra).

Az ősi folyómeder rendszer bemutatására példa a 6. ábrán látható, ahol a Sebes-Körös hét kilométer hosszú ásott medrének gátjai 9 holtmedret kereszteznek.

A folyamatos gátmagasítások következtében megváltozott az árvíz alatt fellépő gátkárosodások típusa és mechanizmusa: míg az árvízvédelem történetének elején a gátszakadások fő oka a meghágás volt, melyet a gáttest teljes elmosása követett, a megemelt gátmagasság megnövekedett altalajterhelést okozott.

Olyan helyeken, mint a Közép-Tisza, ahol a Tisza esése 3 cm/km, nem szabad elfelejtenünk olyan emberi hatásokról, mint a felszín alatti vízkészlet kinyerése Szolnokon, ami több centiméteres felszín süllyedést okozott már eddig is (Timár-Gabris 2008).



10. ábra. Geoelektromos vizsgálattal azonosított ősi folyómeder keresztezés.

5 BUZGÁROK MEGOSZLÁSA EREDETÜK ALAPJÁN

A buzgár elleni védekezésre évszázadok alatt kialakult módszerekkel rendelkezünk a Kárpát-medencében, de ugyanakkor keveset tudunk a buzgár kialakulásáról, működéséről és az ellene történő megelőzés tervezhetőségéről.

Buzgárok leggyakrabban alluviális hordalékkúpon, vagy régi holtág-keresztezésekben alakulnak ki. A harmadik csoport buzgárveszélyesség szempontjából sok viszonylag ritkán előforduló lehetőségek összege, mint például a műtárgyak mellett kialakult buzgárok, gátszakadás szélén kialakult buzgárok, korhadt fa vagy fúróállatok járatán keresztül kialakult buzgárok, stb. Buzgárok egy-egy nagyobb árvíznél tucatjával is keletkezhetnek, azonban csak kevés közülük, amelyik igazán veszélyes.

Jelenleg 36 olyan gátszakadást tartunk számon, amelyeket buzgár okozott a Kárpát-medencében 1873 óta (Nagy 2011). Ezek közül 14 db hordalékkúpon, 15 db ősi folyóágyban, holtág-keresztezésben, 2 db egyéb ismert helyen alakult ki, míg 5-nél nem rendelkezünk ismerettel a buzgár okával kapcsolatban (1. táblázat). Azonban az árvízvédekezés ideje alatt hozott ellenintézkedések során ezeken kívül több száz buzgárt hatástalanítottak.

Az 1965 óta eltelt 48 év alatti időszakból 27 nagyobb buzgár van felsorolva a 1. táblázatban. Tekintettel arra, hogy néhány buzgárnál több eredet is fel van sorolva, ezek száma meghaladja a 27-et a követ-

kező megoszlásban: 9 db hordalékkúpon, 9 db ősi folyóágyban, holtág-keresztezésben, 9 db egyéb ismert helyen alakult ki, míg 1-nél nem rendelkezünk ismerettel a buzgárt kiváltó eredettel kapcsolatban

A gátszakadáshoz vezető, illetve a gátszakadáshoz nem vezető (nagyobb) buzgárokkal kapcsolatban megállapítható, hogy a buzgárok eredetének három fő összetevője közel hasonló arányt képvisel (1. táblázat).

1. táblázat. Buzgárok osztályozása eredetük alapján

	Gátszakadáshoz vezető buzgárok 1873-tól	Gátszakadáshoz nem vezető jelentősebb buzgárok 1965-től
Hordalékkúpon	14	9
Holtágkeresztezésben	15	9
Egyéb ismert helyen	2	9
Nem ismert	5	1
Összesen	36	28

Sokszor nehéz meghatározni, hogy a hordalékkúp, vagy a holtágkeresztezés a mértékadó. A Kisalföldön a Duna és ágrendszere 250-300 méter vastag hordalékkúpon kanyarog. Holtág-holtmeder volt az egész terület az utóbbi 35000 évben, egyszer itt, máskor ott folyt a Duna. Valójában minden gát végesen hordalékkúpon és holtágkeresztezésen áll.

A külföldi irodalom, a statisztikai felmérés szintjén a belső erózió szempontjából különbséget tesz abban, hogy az eróziós járat hogyan vándorol a gát különböző részei között. Ennek oka az, hogy a vízgátak elsősorban nagy gátakra készültek.

Árvízvédekezés szempontjából mindegy, hogy „valódi egy buzgár” tehát az altalajon keresztül alakul-e ki a talajrétegekben keletkező nyomásviszonyok hatására, vagy nem. Több helyen is buzgárként kellett védekezni, holott nem a klasszikus geológiai szerkezettel, az altalajon történő szivárgással kapcsolatos volt a buzgár:

- Szentendre sziget Duna jobb part 1997, a kavics töltésen keresztül áramló víz a mentett oldali homok feltöltésben jelent meg törpe buzgárként (Szlávik-Nagy 2007)
- Makó nagybuzgár 1970, az altalajban lévő korhadt gyökér helyén indult meg a buzgár járatának fejlődése.
- Tiszasas 2000 (Közép-Európa legnagyobb buzgárja), a laza töltésben kialakult szemcsekimosódás miatt a vízóldali korona kétszer beszakadt, az árvíz után nagy üregek voltak azonosíthatók a töltésben (Nagy 2000, Horváth 2001).
- Nagybajcs 2002, 2006, 2013 árvizek idején, XIX. század végi gátszakadás feltöltött kopolyájában a kavics feltöltés nem oldalra, hanem felfelé vezet ki a vizet a talajszemcsék kimosódásával.
- A sor folytatható a Tiszaroffi technológiai buzgárral, a Tivadari buzgárral, stb.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A buzgárképződés, a hidraulikus talajtörés az árvízvédelmi gátak tönkremenetelének műszakilag talán a legérdekesebb és a suvadással együtt a „leglátványosabb” módja. A folyók vízszintjének emelkedése, és az ezt követő gátmagasítások várhatóan egyre több buzgár megjelenését okozza majd a jövőben.

A buzgárképződés folyamata, a talajtörést kiváltó belső és külső tényezők napjainkban még mindig nem elég ismertek. Továbbra sem tudjuk paraméterbe foglalni a buzgárképződés kritériumait, nem tudjuk egyértelműen előre meghatározni azt, hogy hol és milyen vízállásnál kell katasztrófára számítanunk, és a növekvő árvízi vízállások mellett a szivárgási úthossz növelésén kívül nincs más javaslatunk megelőzésre. Azonban az ismertetett vizsgálat sorozat is közelebb vitt a buzgár megértéséhez, a buzgáros talajtörés folyamatának megismeréséhez. Bár Magyarországon a hetvenes években a buzgárképződéssel kapcsolatos intenzív kutatások a nyolcvanas években teljesen abbamaradtak, nem így külföldön, a fejlett árvízvédelemmel rendelkező országokban. Az ezredforduló után több, mint 10 évvel célszerű volna a rendszerezett ismereteinket feleleveníteni, jobban megismerni a fejlett árvízvédelemmel rendelkező országokban összegyűlt tapasztalatot és a jelenlegi ismeret és tudásszintet felhasználva a buzgáros talajtörés jobb megismerésére fókuszálni. Ezt indokolja az élet is, a 2013. évi árvizeknél jó sok buzgár volt (Takács 2013).

Sem a hidraulikai, sem az anyagszerkezeti kritériuma egy buzgárnak nem kellően feltárt. Tudjuk bizonyos paramétereikről, hogy szerepük van a buzgár kialakulásában, azonban pontos hatásukat számszerűsíteni még nem lehet. A kifejlődött buzgároknál az átlagos hidraulikus gradiens értéke rendszerint a megengedett érték ötödét sem éri el, mégis kialakul talajtörés (Nagy és tsai. 1994).

A műszaki tudományos megismerésben fontos helye van történelmi adatok gyűjtésén alapuló tapasztalok levonásának. Összeállítva a buzgárokból kialakult gátszakadásokról és a jelentősebb buzgárok előfordulásáról rendelkezésre álló információkat térben és időben a Kárpát-medencében, több relatív gyakorisági adat határozható meg.

Összegyűjtésre került a talajtörés okozta gátszakadások a Kárpát-medencében amelyekből megállapítható, hogy 2858 összes gátszakadásából 36 gátszakadásnál (1,3 %), szerepelt hidraulikus talajtörés, belső erózió a tönkremenetel mechanizmusaként, míg az ismert mechanizmusok között ez 4,5 %-ot jelent (Nagy 2012).

A történelmi adatok feldolgozása alapján megállapítható, hogy amióta gátszakadások vannak, átlagosan 7-8 évente volt olyan árvíz a Kárpát-medencében, amikor a belső erózió miatt gátszakadás alakult ki. Legalább minden 12. - 13. gátszakadás buzgár miatt következett be. Egy-egy ilyen gátszakadásnál az elöntött terület átlagosan 12000-16000 ha között változott (Nagy 2013).

7 HIVATKOZÁSOK

- Baló Z. (1983): Investigation of the intersections of dikes with ancient river bed with the help of arial photographs and maps, *Hidrológiai Közlöny* 1983/1, pp. 21-23.
- Horváth E. (2001): A Tiszasasi buzgár: a „Kinizsi vár”, *Hidrológiai Közlöny*, 81. évf. 3. szám, pp. 177-188.
- Hrehuss Gy., Fehér Á. (1985): A teljes gátrendszer feltárási programja, OVH Kutatás-fejlesztési kiadványok, 1 szám.
- Nagy L. (2000): Talajmechanikai vizsgálatok végzése a Tiszasasi buzgár környékén, Talajmechanikai szakvélemény, Kézirat.
- Nagy L. (2011): Történelmi buzgárok, *Hidrológiai Közlöny*, 90. évfolyam, 3. szám, pp. 55-60. ISSN 0018-1323.
- Nagy L. (2012): Statistical evaluation of historical dike failure mechanism, *Riscuri si Catastrofe*, X. évfolyam, 2/2012 szám, pp. 7-20, Ed. Sorocovschi V., Editura Casa Cartii de Stiinta, Cluj-Napoca.
- Nagy L. (2013): Az elöntött öblözetek a mai Magyarország területén, In: Szilávik L. (szerk.) XXXI. MHT Vándorgyűlés. Gödöllő, Budapest, Magyar Hidrológiai Társaság, Paper 17.
- Nagy L., Zabó T., Fehér Á., Hrehuss Gy. (1994): Engineering Geophysical Method for Risk Mapping of Flood Protection Sub-catchment Defended by Levees. 7th Int. IAEG Congress, Lisboa, 2215-2222
- Szepessy J. (1983): Erosion and liquefaction of sedimental and cohesive soils in flood protecting dikes, The degree of the danger and its reduction, *Hidrológiai Közlöny* 1983/1, pp. 11-20.
- Szilávik L., Nagy L. (1997): A surányi jelenség, Veszélyes töltés meghibásodások az 1997. évi júliusi dunai árhullám levonulásakor, *Víztükör*, XXXVIII. évf., 4. szám, p. 35.
- Takács A. (2013): Újabb tapasztalatok a buzgárokból kimosott talajokból készült szemeloszlási vizsgálatokról. *Hidrológiai Közlöny*, p.4. (megjelenés alatt)
- Timár G.; Gabris Gy. (2008): Estimation of water conductivity of the natural flood channels on the Tisza flood-plain, the Great Hungarian Plain, *Geomorphology*, **98**, 3-4.: 250-261.
- Varga G. (2002): The Future of Hungarian Flood Management with Respect to the European Union Water Framework Directive. I.Ph.D. Civilexpo. Budapest, pp. 171-178.
- Varga G. (2003): Magyarország árvízvédelmi rendszere. ÉPKO2003, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia. Csíksomlyó, pp. 295-300.