

AZ ÁRTEREK GEOMORFOLÓGIAI OSZTÁLYOZÁSAI A NEMZETKÖZI SZAKIRODALOMBAN

LÓCZY DÉNES

GEOMORPHOLOGICAL CLASSIFICATIONS OF FLOODPLAINS
IN THE INTERNATIONAL LITERATURE

Abstract

Floodplains are interpreted in different ways in the different disciplines (hydrology, natural risk assessment, cartography, geomorphology, geology-sedimentology), but a hydrogeomorphological definition appears to be the most common. A river floodplain is a land form built of generally horizontally bedded alluvial deposits transported by the present-day flow-regime; it is adjacent to a channel, but separated from that by banks. Floodplain classifications are closely related to river channel typologies, but the publications in the former topic count by far less in number. Nevertheless, worldwide various systems have been elaborated based on fluvial landforms, geomorphological processes or for practical purposes. The widest accepted genetic classification is presented in detail. Classifications serving practical purposes have been proposed – among others – in Australia, Austria and Germany and they are imparted special emphasis as the recognition of flood and drought hazard in the floodplains of channelized rivers increasingly calls for floodplain rehabilitation measures, for which a detailed hydromorphological survey is inevitable.

Keywords: floodplain definitions, geomorphological floodplain, geomorphometry, genetic classification, floodplain rehabilitation

Bevezetés

Folyó és ártér szoros kölcsönkapcsolatára már nagyon korán felfigyeltek a geográfusok. JAMES DWIGHT DANA és CHARLES LYELL korai megjegyzései után az amerikai GILBERT, G. K. (1877) a Henry-hegység geológiájáról írt jelentésében már egyértelműen kifejti az *ártérostályozás alap gondolatát*: mivel az ártér a folyómeder folyamatos áthelyeződése, vándorlása során épül, az ártér alakja a folyómeder változásaihoz idomul. A folyóvízi geomorfológusok előbb a horizontális akkréciót hangsúlyozták mint fő felhalmozó folyamatot, később az ártér vertikális épülését emelték ki (SCHUMM, S. A. 1963, 1973), majd a többi fontos akkumulációs (illetve helyenként eróziós – KOCHER, R. C. 1988; ZWOLIŃSKI, Z. 1992) folyamatot is felismerték (BRIERLEY, G. J. – FRYIRS, K. A. 2005).

Nyilvánvalónak tűnik tehát, hogy az árterek osztályozásakor a folyómedrek tipológiájából (LÓCZY D. 2012) kell kiindulni. Ugyanakkor még a természetes állapotú árterek is bizonyos mértékig függetlenednek a folyóvízi folyamatoktól, fajtáik talán még nagyobb változatosságot mutatnak, mint a folyómedrek (BREMER, H. 1960). Arról sem szabad megfeledkezni, hogy a Föld sűrűbben lakott, gazdaságilag fejlettebb tájain a folyómedrek mind szabályozottak, lecsapolt és művelésbe fogott árterükkel csupán nagyon laza kapcsolatban állnak, ezért az ártereken a természeteseektől jelentősen eltérő folyamatokkal kell számolnunk (pl. DISTER, E. 1991; STEIGER, L. et al. 1998; LÓCZY D. 2011).

Ártér-definíciók

Mielőtt a különböző osztályozási rendszereket taglalnánk, vizsgáljuk meg, mit is takar az *ártér fogalma*. Ezt a – nem túlságosan bonyolultnak tűnő – fogalmat a nemzetközi szak-

irodalomban számtalan megközelítésben igyekeznek megragadni (KELLERHALS, R. et al. 1976; LEWIN, J. 1978; MARRIOTT, S. B. 2004; LÓCZY, D. 2010a, b; LÓCZY, D. et al. 2011). Mivel az áradás elsősorban hidrológiai jelenség, a vízügyi definíció a leggyakoribb, de – mint látni fogjuk – az egyéb megközelítéseknek is van létjogosultságuk – legalább elméleti, nem ritkán pedig gyakorlati megfontolásból is. A szakirodalmi források az ártér több színvonalát is említik, természetesen rendszerint kissé eltérő (gyakran szűkebb vagy tágabb) jelentéssel.

Hidrológiai szempontból az ártér azt a parti sávot jelenti, ahol a folyó mentén bizonyos gyakorisággal jelenleg is elöntés várható (BREN, L. J. 1993; WARD, R. C.–ROBINSON, M. 2000). A magyar jogalkotásban alkalmazott, nem igazán pontos kifejezéssel ez a „*nagyvízi meder*”. A 21/2006. sz. kormányrendelet ugyanis így nevezi a mértékadó árvízszinthez tartozó területsávokat, amelyek beépíthetőségét szabályozza (korlátozza). A vízügyi szakemberek számára a *mértékadó árvíz*nek az árvízvédelem tervezésekor figyelembe veendő szintjét az elöntés-gyakoriság (visszatérési idő) szabja meg, ami azonban a sérülékenység mértéke szerint változó (HANKÓ Z. et al. 2003):

- a fő védvonalak mentén rendszerint: 100 év;
- városi és ipari területeken: 120–150 év;
- kiemelt fontosságú térségekben (pl. a főváros körzetében): 1000 év;
- a nemzetgazdaság számára kevésbé értékes ártérszakaszokon: 60–80 év.

A nagyvízkor megemelkedett talajvízszint azonban – kiöntéstől függetlenül is – a mentesített ártér széles sávjában is belvízelöntést okoz (MERTES, L. A. K. 1997).

A *természeti veszélyforrások* listáját világszerte az árvizek vezetik. A katasztrófák *kockázata* szempontjából az ártér általában száraz állapotban levő, de legalább 1%-os valószínűséggel víz alá kerülő terület, ahol kimutathatók a korábbi árvizek nyomai (HUDSON, P. F. 2003). (Ezért ártereknek szokás nevezni azokat a *tengerparti* sávokat is, amelyek a tengerszint megemelkedésekor – például hurrikán miatt, mint New Orleans alacsonyan fekvő részei a Katrina idején, 2005 augusztusában – átmenetileg víz alá kerülnek. Sőt, a nagyobb tavaknak is van ártere.) A továbbiakban ártérnek szűkebb értelemben csak a folyók mentén húzódó sávot tekintjük, amelyre a folyómeder folyamatainak valaha hatása volt, és amelyet a nemzetközi (főleg olasz és spanyol) szakirodalom néha „*perifluviális zónának*” nevez (pl. PIÉGAY, H. et al. 2000).

A felszínalaktani meghatározás felé az első lépés, ha csupán *domborzata* alapján igyekszünk megragadni az ártér fogalmának lényegét. (Mivel az árterek azonosítása ilyenkor a *topográfiai* térkép elemzésével történik, akár *térképészeti* definícióról is beszélhetünk.) Domborzatilag az árterek vízfolyások menti sík felszínek. Ezt a korábbi, az R. W. FAIRBRIDGE által szerkesztett geomorfológiai enciklopédiában olvasható meghatározást (SCHMUDE, T. H. 1968) az új kiadás (MARRIOTT, S. B. 2004) is változatlanul megismétli. Az árterek felszíne ritkán tökéletesen lapos, gyakran enyhén domború (BUTZER, K. W. 1986), a mikrodomborzatban éles szintkülönbségek mutathatók ki. Mivel a természetföldrajzi elemzésekben mostanában döntő szerepe van a *földrajzi információs rendszerek*nek, érdemes egy ilyen célra szolgáló ártér-definíciót is kidolgozni. A GIS-ben értelmezhető ártér morfológiai paraméterek (görbülség, tengerszint feletti magasság) alkalmazásával, automatizált módszerrel kijelölhető sík felszín a folyó mentén (LÓCZY, D. 2010b).

A szűkebb értelemben vett *geomorfológiai* ártér-definíció alapja nem egyedül a domborzat, hiszen a felszínalaktan dinamikus jelenségnek tekinti az árteret, felszínfejlődésének jellegzetességeit is figyelembe veszi. Az így elhatárolt ártér jóval nagyobb kiterjedésű, mint a hidrológiai – bár a hidrológiai és a geomorfológiai ismérveket újabban együtt szokás említeni (GREGORY, K. J. 1979), ekkor *hidromorfológiai* ártér-definícióról beszélhetünk,

mint az az Európai Unió Víz Keretirányelvében (European Commission 2000) is szerepel. Geomorfológiai megközelítésben az ártér az alluviális folyók felszínalakító munkájának terméke (CARLING, P.–PETTS, G. E. 1992; JAIN, V. et al. 2008). Az ártér sík felszín a folyómeder szomszédságában, amely kritikus vízálláskor elöntés alá kerül, a jelenlegi éghajlati viszonyok mellett a folyó építi hordalékának lerakásával (LEOPOLD, L. B. 1994). Egy általánosan elfogadott *genetikus* definíció szerint (amely már üledéktani ismerveket is tartalmaz): a genetikus ártér „nagyreszt vízszintesen rétegzett alluviális felszínforma meder szomszédságában, attól partok által elválasztva, amelyet a folyó jelenlegi hidrológiai rendszerében lerakott üledékek építenek fel” – NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992, p. 460). Az utolsó kitétel azért szükséges, hogy az egy korábbi hidrológiai rendszerhez tartozó folyóteraszoktól is elhatárolja a jelenlegi árteret. A geomorfológiai ismérvet egyszerűbben megfogalmazva: az ártér alluviális felszínformák együttese, amely a partokon túl kíséri a folyó medrét (LÓCZY D. 2005). Minden olyan területet hozzá kell sorolnunk, ahol jellegzetes folyóvízi eredetű formaegyüttes található (övezatok, folyóhátak, elhagyott medrek, ártéri lapályok stb. – KNIGHTON, A. D. 1998; BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 2005). A stabil vagy lassan vándorló folyómedrek mentén, a medertől távolabb gyakran megtalálhatók a korábbi hidrológiai rendszerek üledékei is, ezért az ilyen sík *többszörű ártér* (NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992). A korábbi hidrológiai viszonyok (pl. jégolvadékvíz táplálta vízjárás) hatása sokáig érvényesülhet, és tartósan egyensúlytalan állapotban tarthatja az árteret (mint pl. a Lengyel-Kárpátokban – FROELICH, W. et al. 1977). Mások (MARRIOTT, S. B. 2004) viszont minden olyan árteret *poligenetikusnak* neveznek, amelynek felépüléséhez a korábbi földtörténeti korokban fennállt hidrológiai rendszerek is hozzájárultak. (Ez számunkra félreérthető lehet, hiszen a magyar geomorfológiai szakirodalomban a poligenetikus felszínformák azok, amelyeket többféle felszínalakító folyamat hozott létre.) Amerikai természetvédők a folyó medrét és árterét *aktív folyami terület* (*active river area*) néven fogják egybe (SMITH, M. P. et al. 2008).

Az ártér elöntéssel leginkább (leghamarabb) fenyegetett helyeit a felszínformák részletes térképezésével és értékelésével lehet a legegyszerűbben meghatározni (KIS É.–LÓCZY D. 1985). Ilyen módon információt nyerhetünk az ártér „alapszerkezetéről”, amely az ártér tájökölógiai mintázatát is meghatározza.

A geomorfológiai definícióhoz hasonlóan, a *geológiai-szedimentológiai* értelemben vett ártér addig terjed, ameddig a meder két oldalán folyóvízi üledékek fordulnak elő, illetve ahol hordalék áttelepítése folyik (ALLEN, J. R. L. 1965, 2001). Tehát az ártér a folyó által lerakott üledékekkel borított terület a meder közvetlen közelében (HUDSON, P. F. 2003). A felhalmozódó üledék vastagsága befolyásolja az ártér alatt kialakuló talajvízáramlást (azaz a hiporheális zóna kiterjedését). A vízgyűjtő lejtős területeiről lepusztuló hordalékot a folyó – részleges völgyi korlátozottság mellett – teljes aktív ártere mentén továbbítja a felhalmozódási szakaszára (ez a „vízgyűjtő méretű hordalék-szállítószalag” – KONDOLF, G. M. 1995). A szállítószalag működési sebessége a táj szerkezetének (konnektivitásának) függvénye, amit pedig az szab meg, hogy a folyó milyen módon és ütemben alkalmazkodik a környezet változásaihoz. Az elképzelésnek gyakorlati jelentősége van például a folyómederből történő anyagkitermelés környezeti hatásainak feltárásában. Az ártér fogalom fenti, statikus földtani megközelítésének is van egy dinamikusabb párja, amit főként az ártér funkcióinak értékelésekor alkalmaznak. Eszerint „az ártér a folyórendszer olyan földrajzi területeként határozható meg, amely földtani időskálán együtt fejlődött a folyórendszerrel, ökoszisztémáinak működésére pedig az időszakos elöntés jellemző” (GREN, I. M. et al. 1995; p. 334).

A fentiekén kívül az ártér értelmezhető még számos egyéb (biogeográfiai, tájökölógiai vagy akár jogi) szempontból is (LÓCZY D. 2011). Alapvető különbség van a szabályozott

folyók árterének kétféle felfogása között: szűkebb értelemben egyesek csak a jelenleg is folyóvízi hatásra aktívan fejlődő hullámteret, míg mások a teljes egykori árteret tekintik ártérnek (pl. HOHENSINNER, S. et al. 2004).

Osztályozási rendszerek

A különböző ártérosztályozások történeti áttekintéséből (NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992) háromféle alapvető megközelítés határozható meg:

1. A különböző ártéri felszínformák épülésére, esetleg összetételére összpontosítanak a *morfológiai* osztályozások.
2. A folyó energiája és az üledéket felhalmozó/áttelepítő folyóvízi folyamatok viszonya szerint tipizál a *genetikus* megközelítés.
3. Ugyanakkor számos más tudományág és a *gyakorlati* élet különböző területei is igényelték az árterek csoportosítását. Így keletkeztek az ártéri gazdálkodást segítő műszaki, vízgazdálkodási, rekreációs, biológiai (pl. MOSELEY, M. P. 1987) vagy rehabilitációs szempontú rendszerezések, amelyek azonban nem használnak egységes ismérveket.

Morfológiai alapú osztályozások

A *morfológiai osztályozások* jelentős részben felszínformáik szerint különböztetik meg az ártérfajtákat. Az egyes felszínformákat lajstromozza PETTS, G. E.–FOSTER, I. D. L. (1985), akik típusaikat az alapján különítik el, hogy az árteret meanderező, fonatos vagy elágazó folyómeder építette-e fel. LEWIN, J. (1978) is a megfigyelhető formaegyüttesekből kiindulva állapítja meg ártértípusait, ezért rendszere meglehetősen *statikus*.

A *dinamikusabb* tipológiával kísérletező geomorfológusok az ártérfejlődést két, egymástól nagyrészt független folyamat, a *feltöltődés* és a *lepusztulás* egyenlegeként fogják fel (MOODY, J. A.–TROUTMAN, B. M. 2000). Kevésbé köztudott, hogy az ártérfejlődéshez az erózió ugyanúgy hozzátartozik, mint az akkumuláció. Erózió az áradás két szakaszában léphet fel: amikor a vízállás hirtelen megemelkedik, illetve amikor hirtelen lecsökken (ZWOLIŃSKI, Z. 1992). A feltöltődő árterek szintje tehát egy-egy árvíz során (napi, heti időskálán) pozitív és negatív irányban egyaránt változhat, ugyanakkor összességében, több egymást követő árvíz sorozatában (tehát évtizedes időskálán) a lerakódás dominál, szintjük monoton nő. A katasztrófális árvizek ugyan több hordalékot raknak le, ugyanakkor erősebben is pusztítják az árteret, ezért ilyenkor a tiszta ártéri felhalmozódás nem arányos a levonuló vízhozammal (MOODY, J. A.–TROUTMAN, B. M. 2000). (Ez volt a helyzet a Mississippin 1993. évi nagy árvizekor is, amikor csupán minimális mértékű akkumulációt tapasztaltak – GOMEZ, B. et al. 1997).

Egyfajta morfológiai megközelítésű osztályozás az, amely a hordalék-felhalmozódás két alapvető módja, a *laterális* és a *vertikális akkréció* (COLLINSON, J. D. 1978) *aránya* szerint két alaptípust különböztet meg:

- A legtöbb kisebb és közepes vízhozamú folyó, elsősorban a nedves mérsékelt övben, felszínformákban szegényebb, *lapos árteret* épít. Ezek elsősorban övzátöny-képződéssel, vízszintes irányban terjeszkednek (laterális akkréció). Legkorábban, a daviszi geomorfológián alapuló művekben (pl. COTTON, C. A. 1941) felszín-elegyengetéssel („lateral corrosion” vagy „lateral planation”) magyarázták a lapos ártér keletkezését. Később a folyami hordalékszállítás behatóbb tanulmányozásával kimutatták, hogy a lapos árterek elsősorban fonatos medrek durva fenékhordalékából épülnek fel (BUTZER, K. W. 1986).

- Az igazán nagy, főként szubtrópusi-trópusi folyamok többségének (de a mérsékelt övieknek is) kis esésű *ártère* enyhén, alig észrevehetően „*domború*” (*konvex*) keresztmetszetű, a meder mentén felmagasított. Az üledékképződés üteme a mederben (ahol a fenékhordalék halmozódik fel) és annak közvetlen szomszédságában (ahol a legdurvább lebegtetett hordalék kerül nyugalomba) a leggyorsabb (BUTZER, K. W. 1986). A jellegzetes ártéri formakincset jórészt az árvízkor, vertikális akkréció során lerakódott hordalék alkotja. Klasszikus példájuk a Tigris–Eufrátesz alföldje vagy nálunk a Szatmári- és a Beregi-síkság.

Hasonló megközelítést alkalmaz SCHIRMER, W. (1995) is, amikor a közép-európai holocén folyóteraszok (azaz tulajdonképpen ártéri szintek) két típusát különbözteti meg:

- a vertikális akkrécióval képződött *V-szinteket* (a hordalék-felhalmozódás közben a folyómeder egyre magasabb helyzetbe kerül) és
- a laterális akkrécióval épülő *L-szinteket* (a folyómeder azonos szintben marad).

A folyó mechanizmusa, a mederfejlődés módja, az ártéri üledékek átdolgozásának mértéke szerint a holocén ártéri szintek (amelyeket a német nyelvű szakirodalom félreérthető módon teraszoknak nevez) a következő mintázattípusokban települhetnek egymásra (SCHIRMER, W. 1995):

- *egyöntetű ártér* (Monoauen-Muster) – kis folyók függőlegesen alig tagolt ártère;
- *szegélyterasz*-mintázat (Saum-Terrassenmuster) – a meder partjával nagyjából párhuzamos peremek nagy esésű folyók mentén vagy neotektonikus hatást mutató völgyekben;
- *mozaikos* teraszmintázat (Mosaik-Terrassenmuster) – hegyvidéki és síksági szakaszokon egyaránt a leggyakoribb, összetett mintázat;
- *hurkos terasz*mintázat (Schlingen-Terrassenmuster) – lapos völgytágulatok meanderező medrek által kialakított mintázata, gyakran völgyszűkületek feletti szakaszon.

Ez a közép-európai viszonyokra kidolgozott ártér-osztályozási rendszer jól alkalmazható a magyarországi folyókra is.

Más megközelítésben az osztályozás fő ismérve az *ártéri üledékek* minősége. Egy amerikai elképzelés szerint az ártéren lerakódó hordalék gyakran azért viszonylag egynemű, mert a folyóban szállított *hordalékmennyiségnek* az árvíz előrehaladottabb szakaszában csak a legfelső, *homogén eloszlású* hányada jut ki az ártérre (MOODY, J. A.–TROUTMAN, B. M. 2000). Ez a Montana államból származó megfigyelés – az örvényesség függvényében – feltehetően a Föld más vidékeinek olyan nagy folyóira is kiterjeszhető, ahol a fenékhordalék a lebegtetett hordalék mennyiségének 10%-át sem teszi ki. Ennek ellenére az üledék-felhalmozódás különböző módjai felhasználhatók az árterek tipizálására. KNIGHTON, A. D. (1998) a folyószakaszok helyzetéből, hegyvidéki vagy alföldi jellegéből kiinduló rendszerében például a folyó energiájával kapcsolja össze az ártéren lerakódott üledékeket:

- a hegyvidéki folyók, amelyek nagy vagy közepes energiával rendelkeznek, főleg görgeteget, kavicsot és/vagy homokot szállítanak, ezért *nem kohézív* anyagú árteret építenek;
- a finomabb (iszapos, agyagos) hordalékot szállító, kis energiájú, alluviális medrek ártère *kohézív* anyagú.

Sajátos megközelítés a *CM-módszer*, amely *szedimentológiai* alapon osztályozza az ártereket. Az elsősorban árvizek idején épülő ártereken már régen kimutatták, hogy az árvízi üledéksor alul durvább lerakódásokkal kezdődik, és felfelé finomodik. Az ártéri üledékeket a legdurvább frakció (a szemcseeloszlásban a felső 1%, jele: C) és a szemcse-

méret mediánja (M) aránya jellemzi, amelyet logaritmikus eloszlásgörbén szokás ábrázolni (BRAVARD, J.-P. – PEIRY, J.-L. 1999). Az üledék osztályozottságából következtetni lehet arra, hogy milyen arányban szállított lebegtetett hordalékot az árteret felépítő folyó (ha ez a szállításmód uralkodott, a jele: RS), illetve az ugráltatás (QR) dominált-e, esetleg vegyesen fenék- és ugráltatott (PQ) vagy inkább csak fenékhordalék (NO vagy OP típus) szállítottott túlnyomó részben (MARRIOTT, S. A. – ALEXANDER, J. 1999). Ártértípusok állapíthatók meg az árterek fejlődéstörténetének (felhalmozódási és eróziós szakaszainak, a nagy árvizek hatásainak, az üledékek áttelepítési ciklusainak) elemzésével is (pl. GÖLZ, E. – DRÖGE, B. 1989; GAUTIER, E. et al. 2009).

Az 1980-as években keletkezett az az elképzelés, hogy az ártérfajtákat hatás-ellenhatás alapon, azaz a folyók felszínalakító hatása és az *ártéri „ellenállás”* viszonya szerint kellene elkülöníteni egymástól (RICHARDS, K. S. 1982; CARSON, M. A. 1984). A változatos ártérformáló folyamatokat, különös tekintettel a vízáramlások összetettségéből fakadó hatásokra, részletesen tárgyalják az ANDERSON, M. G., WALLING D. E. és BATES, P. D. által szerkesztett ártér-monográfia (1996) egyes fejezetei. A legújabb kutatások részleteikben is igazolták azt az ellenállást, amelyet árvízkor az ártér formakincse (BRUNSDEN, D. – THORNES, J. B. 1979), csakúgy, mint növényzete (OSTERKAMP, W. R. – HUPP, C. R. 2010; ABERLE, J. – JÄRVELÄ, J. 2013) fejt ki a vízáramlás ellenében. A folyóvízi eredetű felszínformák és a növényzet dinamikája között szoros, kétirányú kölcsönhatások működnek (STEIGER, J. et al. 2005; CORENBLIT, D. et al. 2007; 2009).

Genetikus ártérosztályozás

A valódi geomorfológiai, *genetikus ártérosztályozáshoz* még ennek az irányzatnak az úttörője, MELTON, F. A. (1936) sem rendelkezett megfelelő szedimentológiai és hidraulikai adatokkal. Az ilyen empirikus osztályozási rendszerre csak a 20. század legvégén érett meg a helyzet. Részletes kidolgozása NANSON, G. C. és CROKE, J. C. (1992) nevéhez fűződik. Az Ausztráliában és az amerikai kontinensen, többé-kevésbé természetes állapotú folyók árterének több évtizedes vizsgálatán alapuló, logikus ártérosztályozás valamennyi korszerű geomorfológia tankönyvbe bekerült, gyakran kizárólagos megoldásként – Magyarországon azonban csak mostanában válik ismertté (LÓCZY D. 2005).

Az osztályozás alapja a *folyó energiája* és a parton lerakott folyóvízi *üledék szemcsemérete* közötti egyensúly megléte vagy hiánya. A folyó energiáját – teljesen CHOLNOKY szellemében – „munkavégző képességének” („the stream’s ability to do work” – NANSON, G. C. – CROKE, J. C. 1992, p. 460) tekintik. Hétféle ártéralakító folyamatot különböztetnek meg:

1. laterális akkréció a mederben (amely övzátonyok sorozatát építi fel);
2. vertikális akkréció részben korlátozott völgyben;
3. vertikális akkréció széles ártéren;
4. fonatos meder akkréciója (mederközepi zátonyokból szigetek, régi medrek feltöltődésével az ártérhez kapcsolódnak);
5. ferde akkréció (a meder szegélyén, dőléssel);
6. „átellenes” akkréció (angolul: counterpoint accretion, üledéklerakódás a folyás-szétválási zóna holtvizében, a meanderek pusztuló oldalán);
7. holtág-akkréció (régii medrek feltöltődése).

A folyó felszínalakító tevékenységének fizikai alapja a mederfenéken tapasztalható nyírófeszültség. A helyzeti energia mozgási energiává alakul, ezért – a nyírófeszültség bizonyos küszöbértéke felett – a folyó képessé válik bizonyos szemcseméretű hordalék elragadására, szállítására, majd pedig lerakásakor az ártér felépítésére (KNIGHTON, A. D.

1998). A nyírófeszültség a folyó specifikus energiájával, tehát az egységnyi keresztmetszetre jutó energiával arányos.

Korábban a folyó energiáját csak a vízmércék helyeire lehetett kiszámítani, manapság azonban a centiméteres felbontású lézeres távérzékeléses (pl. Light Detection And Ranging, LiDAR) adatok, földrajzi információs rendszerek segítségével kisebb-nagyobb vízgyűjtőkre (REINFELDS, I. V. et al. 2004; JAIN, V. et al. 2008), pontról pontra meghatározható. A folyó fajlagos energiájának (ω , $W \cdot m^{-2}$) kiszámítási módja (BULL, W. B. 1979):

$$\omega = \gamma \cdot Q \cdot S \cdot w^{-1},$$

ahol γ = a víz sűrűsége ($= 9810 N \cdot m^{-3}$); Q = a folyó mederkitöltő vízhozama ($m^3 \cdot s^{-1}$); S = a folyómeder esése ($m \cdot m^{-1}$); w = a meder szélessége mederkitöltő vízhozam esetén (m).

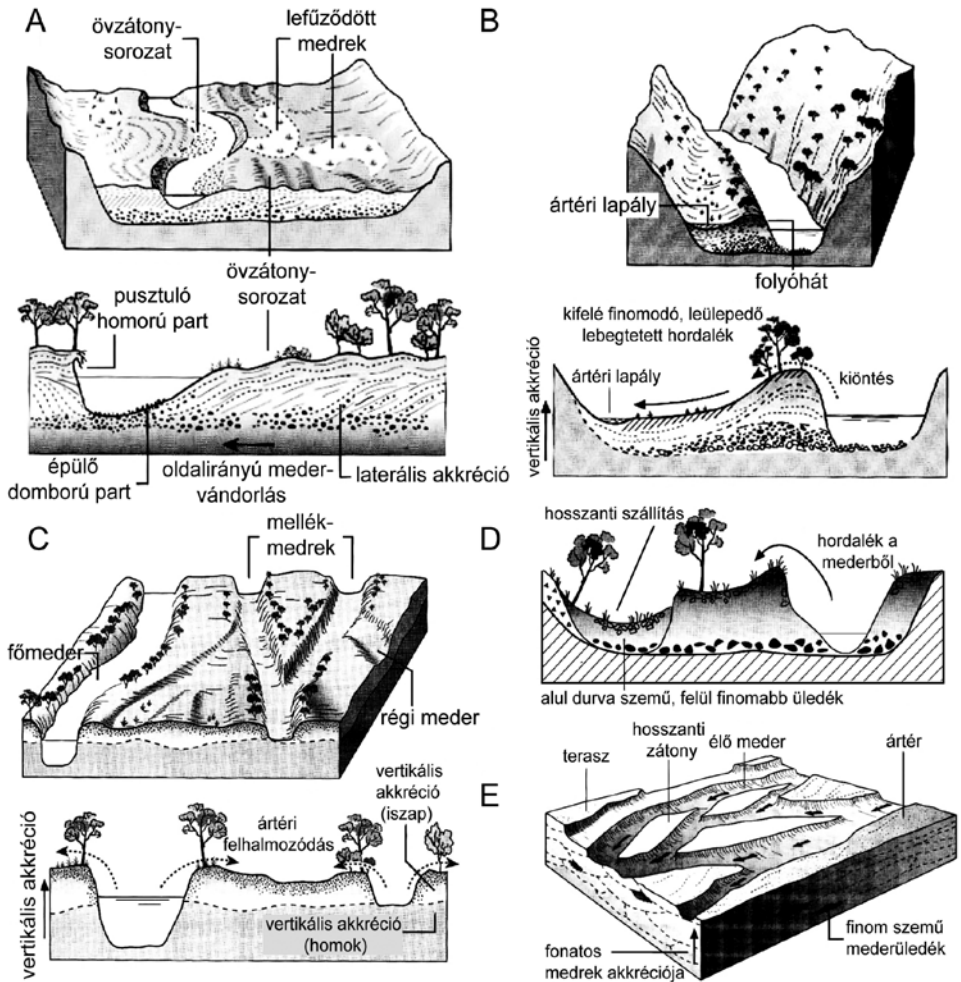
A folyó teljes energiája helyett azért célszerű a specifikus energiával számolni, mert ez jellemzi az energia eloszlását (disszipációját) a mederben. A specifikus energia szoros összefüggésben áll a medervándorlás mértékével (HICKIN, E. J.–NANSON, G. C. 1984), a hordalékszállítással (BAGNOLD, R. A. 1977), a mederfenék alakzataival (LEWIN, J. 1976) és egyéb geomorfológiai jellemzőkkel. A folyó energiájából fakadó erózióval szemben az ellenállást a szállított hordalék és a folyópart anyaga jelenti, amelyet az uralkodó szemcsemérettel lehet kifejezni (KNIGHTON, A. D. 1998).

A három főttípuson belül a folyómeder mintázata és az ártéri üledékek fajtája differenciál (NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 – *1. táblázat*). A feltöltődési folyamatok szerint pedig öt főttípus különíthető el – az előző genetikus osztályozás kategóriáinak megfelelően (*1. ábra*).

1. táblázat – Table 1

Az árterek rendszerezése a folyó energiája szerint
(NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 nyomán, kiegészítve)
Typology of floodplains by stream power
(modified after NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992)

Sorszám	Típus	A folyó fajlagos energiája	Üledéktípus
1.	Nagy energiájú (hegyvidéki) árterek		nem kohézív (laza) üledék
1. a.	Bevágódó/feltöltődő, viszonylag szabadon fejlődő árterek	$\omega \approx 300 W \cdot m^{-2}$	változatos üledék (homok, kavics)
1. b.	Korlátozott szélességű árterek	$\omega \geq 1000 W \cdot m^{-2}$	durva hordalék (kavics, görgeteg)
2.	Közepes energiájú árterek		nem kohézív üledékek (homok, iszap)
2. a.	Szétágazó medreket kísérő árterek	$\omega = 50-300 W \cdot m^{-2}$	nem kohézív üledékek (homok, iszap)
2. b.	Meanderező, oldalirányban vándorló medreket kísérő árterek	$\omega = 10-60 W \cdot m^{-2}$	nem kohézív üledékek (homok, iszap)
3.	Kis energiájú árterek	$\omega \leq 10 W \cdot m^{-2}$	
3. a.	Egyszerű medreket kísérő árterek		kohézív (agyagos) üledékek
3. b.	Többágú medreket kísérő árterek		szerves üledékek (tőzeg)
3. c.	Többágú medreket kísérő árterek		szervetlen üledékek (finom homok, iszap)



1. ábra Az árterek fő típusai eredetük szerint (NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 és BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 2005 nyomán) – A – közepes energiájú árterek (laterális akkréció jellemző; 2. b típus).
 B – nagy energiájú (hegyvidéki) árterek (vertikális akkréció részleges völgyi korlátozottság mellett; 1. típus).
 C – kis energiájú (alföldi) ártér (vertikális akkréció széles síkságon; 3. c típus). D – kis energiájú ártér feltöltődő elhagyott medrekkel (3. b típus). E – kis energiájú ártér feltöltődő fonatos medrekkel (3. a típus)

Figure 1 Main genetic floodplain types (after NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 and BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 2005).
 – A – medium-energy floodplains (typically with lateral accretion; type 2. b).
 B – high-energy (upland) floodplains (vertical accretion in partially confined valleys; type 1); C – low-energy (lowland) floodplains (vertical accretion in broad lowland; type 3. c). D – low-energy floodplain with upfilling abandoned channels (type 3. b). E – low-energy floodplain with upfilling braided channels (type 3. a)

Az ausztrál rendszer a fő típusokat további 13 rendre, illetve alrendre osztja 9 ismérv szerint (2. táblázat). Az egyik alapvető ismérv a völgyi korlátozottság, a többi mind valamilyen felszínalakító (laterális vagy vertikális akkréciós) folyamat. Az akkréció sajátos fajtájának tekintik a fonatos medrek feltöltődését, ami adott esetben szintén hatékonyan hozzájárul az ártér felépüléséhez. Ez háromféle folyamat eredménye: a fonatos medrek

eltolódnak, mederközepi zátonyaik stabilizálódnak; a helyi feltöltés-kimélyítés hatására az inaktív zátonyok tartósan szárazra kerülnek; a nagy árvizek új, kiterjedt zátonyokat építenek, amelyeket alacsonyabb vízálláskor már nem önt el a folyó.

A keletkező ártéri felszínformákat rendekbe/alrendekbe sorolják (3. táblázat). Magyarországi példákat elsősorban a 2. (egyensúlyi) és a 3. főtípusra tudunk hozni, hiszen nagy esésű vízfolyásaink vízhozama túl kicsi ahhoz, hogy nem kohézív anyagú, nagy energiájú árterek jöhessenek létre.

2. táblázat – Table 2

Az ártéri főtípusokat differenciáló, a rendeket és az alrendeket megadó felszínalakító folyamatok (NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 nyomán).

A táblázat nem tartalmazza azokat a típusokat, amelyek Magyarország éghajlati viszonyai között nem fordulnak elő

Geomorphic processes differentiating between main floodplain types and defining orders and suborders (after NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992), excluding types not occurring under the climate of Hungary

<i>Megkülönböztető felszínalakító folyamatok</i>							
<i>Rend/ alrend</i>	Helyi kimélyítés, feltöltés	Fonatos medrek feltöltődése	Övzátonyok épülése	Ártér vertikális akkréciója	Meder- elágazás, avulzió	Gyűrűs zátonysor képződése	Szerves feltöltődés
A1	+	–	+	++	+	–	–
A2	+	–	+	++	–	–	–
A3	–	+	+	++	+	–	–
A4	++	–	+	+	–	–	–
B1	–	++	+	+	+	–	+
B2	–	+	++	+	+	+	+
B3a	–	–	+	+	–	++	–
B3b	–	–	++	–	–	+	–
B3c	–	–	+	+	–	+	+
C1	–	–	–	++	–	–	++
C2a	–	–	–	+	++	–	+
C2b	–	+	–	+	++	–	+

Ha végigkövetjük NANSON és CROKE gondolatmenetét, világossá válik, hogy az általuk választott megoldás korántsem tökéletes. Elismerten nem közvetlenül az ártérrel foglalkozik, hanem a meder hidraulikai (a mederkitöltő vízhozamra vonatkozó) paramétereiből indul ki azon az alapon, hogy a folyómeder és az ártér szoros kölcsönhatásban fejlődik. A rendeket és alrendeket meghatározó tényezők kiválasztása kissé önkényes (természet-szerűleg erősen támaszkodik a szerzők ausztráliai kutatási tapasztalataira). A genetikus ártér-osztályozási rendszer nem vesz figyelembe olyan tényezőket, amelyek ugyan kétségkívül befolyásolják egyes ártértípusok kialakulását, de hatásuk nehezen számszerűsíthető (folyóparti növényzet, emberi beavatkozások, tömegmozgások, eolikus módosító hatások).

Az ártér fő típusainak további osztályozása jellegzetes felszínformák szerint
(NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992 nyomán)
Further subdivisions of floodplain types according to characteristic landforms
(after NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992)

<i>Rend/ alrend</i>	<i>Jellegzetes felszínformák</i>								
	Üstök	Folyó- hátak	Homok- (kavics-) foltok	Elhagyott, feltöltődő medrek	Övzá- tonyok	Gyűrűs zátony- sor	Morot- vák	Tavak	Ártéri lapályok
A1	+	++	+	+	–	–	–	–	–
A2	+	++	–	+	–	–	–	–	–
A3	–	–	–	++	–	–	–	–	–
A4	++	–	–	+	–	–	–	–	+
B1	–	–	–	++	+	+	–	–	+
B2	–	–	–	++	+	+	+	–	–
B3a	–	–	–	–	+	+	++	–	+
B3b	–	–	–	–	+	++	+	–	+
B3c	–	–	–	–	+	++	+	+	+
C1	–	+	–	–	–	–	–	+	++
C2a	–	+	+	–	+	+	+	++	+
C2b	–	++	+	–	+	+	+	+	+

Osztályozások ártér-helyreállítási céllal

Többféle meder- és ártérosztályozás készült gyakorlati célból, ahol az ártér *természetes* „helyreállási” képessége (recovery potential), illetve helyreállításának lehetőségei (restoration potential) egyaránt fontos értékelési szempontok. Ausztráliában BRIERLEY, G. J. és FRYIRS, K. A. (1997, 2005) egymásba ágyazott, hierarchikus jelenségeknek, folyamatoknak tekinti a folyó geomorfológiai típusát, mechanizmusát és dinamikusságát (a meder/ártér összekapcsoltságot, az ártér „helyreállási” képességét – KELLERHALS, R. et al. 1976). A *folyóstílusok (River Styles)* módszer kidolgozója a folyóstílusokat nem mérhető paraméter-értékekkel osztályozza, nem mennyiségi alapon, inkább csak iránymutatásként tipizálnak. A módszer folyóknak a változó környezeti viszonyokra adott reakcióját (alkalmazkodóképességét) és medrük, árterük helyreállíthatóságát minősíti (BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 1997, 2005), ezzel a rehabilitáció legcélszerűbb megoldásait igyekszik megtalálni. Az osztályozás egyik fő ismérve a medrek *völgyi korlátozottsága* (valley confinement), hiszen ez szabja meg a meder alkalmazkodásának mértékét. További ismérvek: a völgy keresztmetszélyének alakja; a meder esése, mintázata; az ártér szélessége, folytonossága, formakincse; az ártéri felhalmozódások anyagának szemcsemérete stb. A folyóstílusok jól összehangba hozhatók az Európai Unió Víz Keretirányelvével (European Commission 2000) (pl. referencia-szakaszokhoz viszonyított jó, közepes vagy gyenge hidromorfológiai állapot). A módszer nem csupán leíró jellegű, a meder és az ártér alakulásának okait is feltárja.

Újabbán Németországban a Szövetségi Természetvédelmi Hivatal (Bundesamt für Naturschutz) megbízásából, a *németországi* folyami árterek típusok szerinti referencia-viszonyainak feltárására irányuló projekt keretében, vízgyűjtőrendezési céllal *ártértipológiát* dolgoztak ki (KOENZEN, U. 2006). Ennek a rendszernek közvetlen előzménye a Bajorországra

vonatkozó osztályozás volt (BRIEM, E. 2002), amely a domborzat (tengerszint feletti magasság) és a földtani viszonyok (felszínközeli kőzetek) alapján általános „folyóvízi tájakat” (Gewässergrößlandschaften) határozott meg, amelyeket ökológiai szempontból is lehet értékelni (NIEHOFF, N. 1996). A nagyobb folyók (mint a Weser, amelynek árterére a tipológiát először alkalmazták) a saját maguk által feltöltött völgyekben futnak, saját maguk alakítják ki a „folyóvízi tájat” (FOLLNER, K. et al. 2010), tehát külön kategóriába sorolandók.

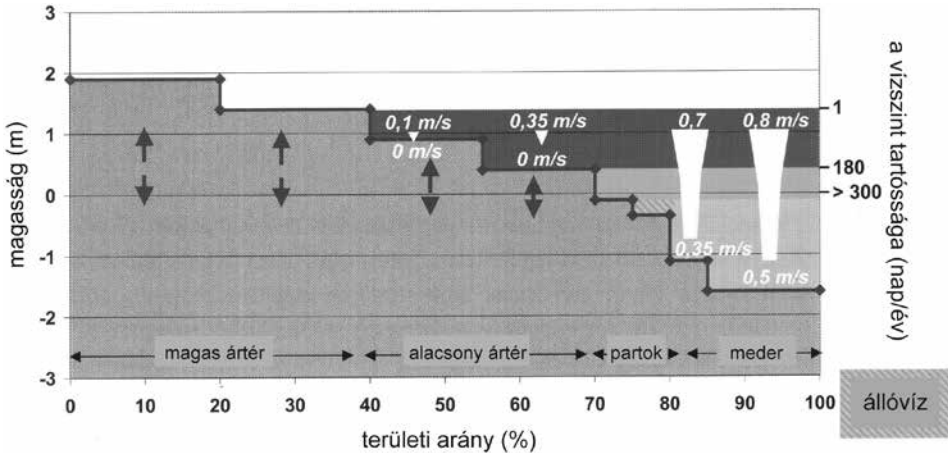
KOENZEN, U. (2006) a tervezési célként kijelölt állapotokat (Leitbilder) a Víz Keretirányelvben meghatározott referencia-állapotokkal azonosnak tekinti. Ezek nem csupán az ártér-rehabilitáció elérendő eredményének felelnek meg, hanem még fontosabb, hogy segítségükkel annak sikerességét értékelni lehet. Ebben a rendszerben az *ártértípusok* elkülönítésének ismérvei a „folyóvízi táj” jellegén kívül a folyó vízjárása és az ártér esése. Az ártértípusokon belül pedig a felépítő üledékek, a folyómeder kanyargóssága és mintázati típusa, a vízjárás jellege, az árvízi elöntés időtartama, a talajvíztükör átlagos helyzete és ingadozása, valamint összesített indikátorként az általános hidromorfológiai dinamika alapján lehet *ártérszakaszokat* meghatározni (4. táblázat). Az ártérszakaszok

4. táblázat – Table 4

A német ártér-tipológia mutatói (KOENZEN, U. 2006 nyomán)
Indicators in the German floodplain typology (after KOENZEN, U. 2006)

<i>Ártértípus</i>	<i>Osztályok</i>
„folyami táj” típus	alföld/dombvidék; mezozoikumai üledékes és vulkáni hegységek; magmás és metamorf kőzetekből álló hegységek; Alpok/alpi előtér
lefolrásrendszer	pluviális; nivopluviális; nivális
az ártér esése	<0,00001; 0,00001–0,00005; 0,00005–0,0001; 0,0001–0,0002; >0,0002
<i>Ártérszakasz típusa</i>	
az ártér alapja	szerves anyag; homok; kavics; durva kavics; görgeteg
az ártér fedőüledékei	szerves anyag; agyag/vályog; homok; kavics; durva kavics
kanyargósság	egyenes; enyhén kanyargó; kanyargó; meanderező; erősen meanderező
a folyómeder mintázata	egyetlen meder; mellékágak; anasztomizáló; fonatos
a lefolrás dinamikája	kiegyenlített (≤ 10 -szer a közepes kisvíz); dinamikus (10–25); szélsőségesen dinamikus (> 25)
a fajlagos lefolrás mértéke	kicsi ($\leq 10 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$); közepes ($10\text{--}25 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$); nagy ($> 25 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$)
az ártérelöntés időtartama	nagyon hosszú (évente > 150 nap); hosszú (50–150 nap); közepes (5–50 nap); rövid (< 5 nap)
a talajvíztükör mélysége	nagyon magas helyzet ($< 0,2$ m mélyen); magas helyzet (0,2–0,4 m); közepes helyzet (0,4–0,8 m); mély helyzet (0,8–1,6 m); nagyon mély helyzet ($> 1,6$ m)
a talajvíztükör ingadozása	kis ingadozás ($\leq \pm 0,2$ m); mérsékelt ingadozás ($\pm 0,2\text{--}0,4$ m); közepes ingadozás ($\pm 0,4\text{--}0,8$ m); nagy ingadozás ($\pm 0,8\text{--}1,6$ m); nagyon nagy ingadozás ($> 1,6$ m)
hidromorfológiai állapot	állandó; dinamikus; szélsőségesen dinamikus

jellemzésére, összehasonlítására ún. *hidromorfogram*okat is használnak (2. ábra). Ezek az ártéri szintek kiterjedéséről, viszonylagos magasságáról, elöntésük időtartamáról, az egyes szinteken a talajvíztükör helyzetéről és ingadozásáról, valamint a vízáramlás közepes sebességéről is tájékoztatnak.



2. ábra Kis esésű ártérszakasz hidromorfogramja téli és nyári magas vízállással, a Duna Ulm–Passau közötti szakasza mentén (forrás: KOENZEN, U. 2005), a talajvíztükör ingadozásának és a vízáramlás sebességének feltüntetésével

Figure 2 Hydromorphogram of a low-gradient floodplain segment with winter and summer high water stages, along the Danube from Ulm to Passau (source: KOENZEN, U. 2006), showing groundwater table fluctuation and current velocities

Az *osztrák PRO FLOODPLAIN* az árvízi kockázat kezelésére indított CRUE projekt terméke. Olyan ártérvértékelő eljárás, amelyben hidromorfológiai (hidraulikai), ökológiai és társadalmi tényezőcsoportokat együtt mérlegetnek. Az egyes tényezőket folyószakaszonként jelentőségük szerint rangsorolják: a legnagyobb prioritást 5-ös, a közepeset 3-as, a legalacsonyabbat 1-es értékkel szokás ellátni. Az összefoglalás az ún. *ártér-értékelő mátrix* formájában jelenik meg. A szerzők hangsúlyozzák a széleskörű összefüggésrendszert: ha a folyók menti vizes élőhelyek (árvízvédelmi, ökológiai) funkcióinak megőrzése, illetve helyreállítása nem kap kellő figyelmet, a társadalom fenntartható fejlődésének lehetőségét is kockára tesszük (CRUE 2008).

A hidromorfológiai tényezők arra vonatkoznak, hogy az egyes ártérszakaszok milyen mértékben járulnak hozzá az árvízkor tapasztalható vízvisszatartáshoz (5. táblázat). Ebben a mellékfolyók és az ártér pereme felől érkező vízbevételek (pl. a köztés lefolyás) is szerepelnek. Az *árvízi vízhozam mérséklése* paraméter azt fejezi ki, hogyan módosítja az ártér az árvízcsúcs nagyságát. Egy- vagy kétdimenziós hidrodinamikai numerikus modelleléssel egykilométeres folyószakaszokra kiszámítják, hogyan aránylik az ártér bevonásával elérhető vízhozam-csökkentés az adott folyószakaszon mérhető összvízhozamhoz.

Hasonló paraméter az ártérnek az *árhullám tartósságára* gyakorolt hatása, amelyet az árhullám levonulási idejének mérséklésével jellemeznek. Helyreállítási szempontból lényeges, hogy a mentesített ártér (ún. polderek, helyesebben árapasztó tározók) megnyitásával milyen mértékben növelhető a vízvisszatartás (a *tényleges és a potenciális vízvisszatartás* aránya). Az *ártér esése, érdessége* befolyásolja, hogy milyen mértékben csökken a *vízáramlás sebessége* az ártéren a mederhez képest.

Az ökológiai értékelés hét tényezője arra vonatkozik, hogyan befolyásolja az ártér rehabilitációja az élőhelyek jövőbeli állapotát. A kérdőíves szociológiai felmérés (percep-

ció-vizsgálat) pedig mindezt azzal kívánja kiegészíteni, milyen módon tudatosul a lakosságban a célként kitűzött állapot és a beavatkozások kockázata.

5. táblázat – Table 5

Az árterek osztrák értékelésében figyelembe vett tényezők (forrás: CRUE 2009)
Factors included in the Austrian floodplain assessment system (source: CRUE 2009)

<i>Hidromorfológia</i>	<i>Ökológia</i>	<i>Társadalom</i>
árvízi vízhozam mérséklése	földhasználat	az ökoszisztéma állapotának észlelése
árhullám levonulási ideje	a vízjárás dinamikája	a strukturális és a nem strukturális beavatkozások kockázatának becslése
tényleges/potenciális vízviasszatartás	a vízáramlás mintázata, az elöntés mélysége	a területi identitás észlelése
az ártér esése, érdessége	ártéri domborzat átalakulása	az árvízvédelmi helyzet észlelése
a vízáramlás sebessége az ártéren és a mederben	a víztestek konnektivitása	
<i>Hidraulika</i>	az ártéri élőhelyek változatossága	
vízállás, áramlási sebesség, vízhozam	az élőhelyek veszélyeztetettsége	
nyírófeszültség a mederfenéken		
ásványi hordalékszállítás, feltöltés/erózió		
uszadékfa		
jégtorlaszok képződése		

Összefoglalás

A fentiekben bemutatott ártérosztályozások kiindulópontjai hidromorfológiai paraméterek voltak, amelyekről azonban bebizonyosodott, hogy önmagukban nem elegendők az árterek teljes körű jellemzésére. Az osztályozási eljárások áttekintéséből az a tanulság szűrhető le, hogy még nem sikerült ugyan általánosan elfogadott ártértipizálást kidolgozni, de az erre irányuló kísérletek számos új kutatási irányt nyitottak a folyóvízi geomorfológiában / ökológiában, a szedimentológiában, a biogeomorfológiában és egyéb tudományterületeken. Az ártér-rehabilitációt megalapozó, az Európai Unió által támogatott újabb projektek is nyilvánvalóvá teszik, hogy – nagy gyakorlati jelentősége miatt – az árterek tipizálására érdemes ugyanolyan figyelmet fordítani, mint a folyómedrekére.

LÓCZY DÉNES
PTE TTK Földrajzi Intézet, Pécs
loczyd@gamma.ttk.pte.hu

- ABERLE, J.–JÄRVELÄ, J. 2013: Flow resistance of emergent rigid and flexible floodplain vegetation. – *Journal of Hydraulic Research* 51.1. 33–45.
- ALLEN, J. R. L. 1965: A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. – *Sedimentology* 5. 89–191.
- ALLEN, J. R. L. 2001: *Principles of Physical Sedimentology*. – Reprint of First Edition (1985), with corrections. Blackburn Press, Caldwell, NJ. 272 p.
- ANDERSON, M. G.–WALLING, D. E.–BATES, P. D. (eds) 1996: *Floodplain Processes*. – John Wiley and Sons, Chichester, UK. 658 p.
- BAGNOLD, R. A. 1977: Bed load transport by natural rivers. – *Water Resources Research* 13. 2. pp. 303–312.
- BRAVARD, J.–PEIRY, J.–L. 1999: The CM pattern as a tool for the classification of alluvial suites and floodplains along the river continuum. – In: MARRIOTT, S. B.–ALEXANDER, J. (eds): *Floodplains: interdisciplinary approaches*. Geological Society Special Publication, 163. pp. 259–268.
- BREMER, H. 1960: Neuere flußmorphologische Forschungen in Deutschland und ausgewählte Probleme der Flußmorphologie deutscher Ströme. – *Berichte zur deutschen Landeskunde*, 25. 2. pp. 283–299.
- BREN, L. J. 1993: Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. – *Journal of Hydrology*, 150. pp. 277–299.
- BRIEM, E. 2002: *Fließgewässerlandschaften in Bayern*. – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München. 178 p.
- BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 1997: River Styles in Bega catchment: Implications for management. – LWRDRC Project MQU1, Workshop and Field Days, October 1–3, 1997. 24 p.
- BRIERLEY, G. J.–FRYIRS, K. A. 2005: *Geomorphology and River Management*. Blackwell, Malden, MA. 398 p.
- BRUNSDEN, D.–THORNES, J. B. 1979: Landscape sensitivity and change. – *Transactions, Institute of British Geographers*, 4. pp. 463–484.
- BULL, W. B. 1979: Threshold of critical power in streams. – *Geological Society of America Bulletin*, 90. pp. 453–464.
- BUTZER, K. W. 1986: A földfelszín formakincse. – Gondolat Kiadó, Budapest. pp. 147–222.
- CARLING, P.–PETTS, G. E. (eds) 1992: *Floodplain Lowland Rivers*. – John Wiley and Sons, Chichester, UK. 302 p.
- CARSON, M. A. 1984: The meandering-braided river threshold: A reappraisal. – *Journal of Hydrology*, 73. pp. 315–334.
- COLLINSON, J. D. 1978: Alluvial sediments. – In: READING, H. G. (ed.): *Sedimentary environments and facies*. Elsevier, New York–Amsterdam. pp. 15–60.
- CORENBLIT, D.–TABACCHI, E.–STEIGER, J.–GURNELL, A. M. 2007: Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. – *Earth-Science Reviews*, 84. pp. 56–86.
- CORENBLIT, D.–STEIGER, J. 2009: Vegetation as a major conductor of geomorphic changes on the Earth surface: toward evolutionary geomorphology. – *Earth Surface Processes and Landform*, 34. 6. pp. 891–896.
- COTTON, C. A. 1941: *Landscape as developed by the processes of normal erosion*. – Cambridge University Press, Cambridge, UK. 301 p.
- CRUE 2008: Flood risk reduction by PReserving and RestOring river Floodplains (PRO_Floodplain). CRUE Research Report No 1-3. 151 p. http://www.crue-eranet.net/Calls/Final_Report_PRO_Floodplain.pdf
- DISTER, E. 1991: Folgen des Oberrheinausbaus und Möglichkeiten der Auen-Renaturierung. – *Laufener Seminarbeiträge*, 4. Laufen. pp. 8–16.
- EHLERT, T. 2005: Typologie und Leitbilder für Flussauen in Deutschland. – *Natur und Landschaft*, 80., 2. pp. 69–70.
- European Commission 2000: Directive 2000/60/EEC. Establishing a framework for community action in the field of water policy. – *Official Journal of the European Communities*, Luxembourg. L327. 1–71.
- FOLLNER, K.–EHLERT, T.–NEUKIRCHEN, B. 2010: The status report on German floodplains. – 38th International Association for Danube Research Conference, 22–25 June 2010, Dresden, Germany. 5 p. http://www.bfn.de/fileadmin/MDb/documents/themen/wasser/Follner_et_al_Abstract_IAD_conference.pdf
- FRISSELL, C. A. 1986: A hierarchical framework for stream classification: viewing streams in a watershed context. – *Environmental Management*, 10. pp. 199–214.
- FROELICH, W.–KASZOWSKI, L.–STARKEL, L. 1977: Studies of present day and past river activity in the Polish Carpathians. – In: GREGORY, K. J. (ed.): *River Channel Changes*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. pp. 411–422.
- GAUTIER, E.–CORBONNOIS, J.–PETIT, F.–ARNAUD-FASSETTA, G.–BRUNSTEIN, D.–GRIVEL, S.–HOUBRECHTS, G.–BECK, T. 2009. Multi-disciplinary approach for sediment dynamics study of active floodplains. – *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2009/1. pp. 65–78.
- GÁBRIS GY.–LÓCZY D. 2013: A felszínen lefolyó víz munkája. – In: GÁBRIS GY. (szerk.): *Általános természetföldrajz*, II. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. pp. 142–178.

- GILBERT, G. K. 1877: Report on the Geology of the Henry Mountains. – Department of the Interior, US Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountain Region. 170 p.
- GOMEZ, B. – PHILLIPS, J. D. – MAGILLIGAN, F. J. – JAMES, L. A. 1997: Floodplain sedimentation and sensitivity: Summer 1993 flood, upper Mississippi valley. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 22. pp. 923–936.
- GÖLZ, E. – DRÖGE, B. 1989: Zur morphologischen und sedimentologischen Charakteristik des Rheins. – *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilug*, 33. 3–4. pp. 85–91.
- GREGORY, K. J. 1979: Hydrogeomorphology: how applied should we become? – *Progress in Physical Geography*, 3. pp. 84–101.
- GREN, I. M. – GROTH, K.-H. – SYLVÉN, M. 1995: Economic values of Danube floodplains. – *Journal of Environmental Management*, 45. pp. 333–345.
- HANKÓ Z. – BAUER M. – KISS Z. 2003: A mértékadó árvíz: múlt és jövő. – *Vízügyi Közlemények. Különszám*, IV. pp. 117–132.
- HICKIN, E. J. – NANSON, G. C. 1984: Lateral migration rates of river bends. – *Journal of Hydraulic Engineering*, 110/111. pp. 1557–1567.
- HOHENSINNER, S. – HABERSACK, H. – JUNGWIRTH, M. – ZAUNER, G. 2004: Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube river (1812–1991). – *River Research and Applications*, 20. pp. 25–41.
- HUDSON, P. F. 2003: Floodplains: environment and process. – *Geomorphology*, 56. 3–4. pp. 225–352.
- JAIN, V. – FRYIRS, K. – BRIERLEY, G. 2008: Where do floodplains begin? The role of total stream power and longitudinal profile form on floodplain initiation processes. – *Geological Society of America Bulletin*, 120. pp. 127–141.
- KELLERHALS, R. – CHURCH, M. – BRAY, D. I. 1976: Classification and Analysis of River Processes. – American Society of Civil Engineers, New York. pp. 813–829. (Report 102 [HY7])
- KERN, K. 1994: Grundlagen naturnahen Gewässergestaltung – geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. – Springer Verlag, Berlin–Heidelberg. 272 p.
- KIS É. – LÓCZY D. 1985: Geomorfológiai térképezés környezetminősítési céllal. – *Földrajzi Értesítő*, 34. 4. pp. 475–482.
- KNIGHTON, A. D. 1998: Fluvial Forms and Processes. – 2nd edition. Edward Arnold, London. 218 p.
- KOCHEL, R. C. 1988: Geomorphic impact of large floods: review and new perspectives on magnitude and frequency. – In: BAKER, V. R. – KOCHEL, R. C. – PATTON, P. C. (eds): *Flood Geomorphology*. John Wiley and Sons, New York. pp. 169–187.
- KOENZEN, U. 2006: Fluss- und Stromauen in Deutschland – Typologie und Leitbilder. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn–Bad Godesberg. 327 p.
- KONDOLF, G. M. 1995: Geomorphological stream channel classification in aquatic habitat restoration: Uses and limitations. – *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5. pp. 127–141.
- LAZOWSKI, W. 1996: Auen in Österreich – Vegetation, Landschaft und Naturschutz. – Monographien des Umweltbundesamt, 81. Wien.
- LEOPOLD, L. B. 1994: A View of the River. – Harvard University Press, Cambridge, MA. 290 p.
- LEWIN, J. 1976: Initiation of bed forms and meanders in coarse-grained sediment. – *Geological Society of America Bulletin*, 87. pp. 281–285.
- LEWIN, J. 1978: Floodplain geomorphology. – *Progress in Physical Geography*, 2. pp. 408–437.
- LÓCZY D. 2005: Folyóvízi felszínformálás. – In: LÓCZY D. – VERESS M.: *Geomorfológia, I. Földfelszíni folyamatok és formák*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs. pp. 17–130.
- LÓCZY D. 2010a: Az árterek tájökölógiai jelentősége. – In: KERTÉSZ Á. (szerk.): *Tájökölógiai kutatások 2010. IV. Magyar Tájökölógiai Konferencia, Kerekegyháza, 2010. május 13–15. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest*. pp. 147–154.
- LÓCZY, D. 2010b: Flood hazard in Hungary: a re-assessment. – *Central European Journal of Geosciences*, 2. 4. pp. 537–547. <http://www.springerlink.com/index/V278623108647T07.pdf>
- LÓCZY D. 2011: A Kapos árterének hidromorfológiai és tájökölógiai értékelése. – MTA doktori értekezés. Pécsi Tudományegyetem, Pécs. 166 p.
- LÓCZY, D. – PIRKHOFFER, E. – GYENIZSE, P. 2011: Geomorphometric floodplain classification in a hill region of Hungary. – *Geomorphology*, 147–148. pp. 61–72.
- LÓCZY D. 2012: A folyómedrek morfológiai tipizálásának hierarchiája a nemzetközi irodalomban. – *Földrajzi Közlemények*, 136. 2. pp. 124–137.
- LÓCZY, D. 2013: Hydromorphological-geoecological foundations of floodplain management. – Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 392 p.
- MARRIOTT, S. B. 2004: Floodplain. – In: GOUDIE, A. S. (editor-in-chief): *Encyclopedia of Geomorphology*, I. Routledge, London. pp. 381–384.
- MARRIOTT, S. B. – ALEXANDER, J. (eds) 1999: Floodplains: Interdisciplinary Approaches. – Geological Society London, Special Publications, 163. pp. 330 p.

- MELTON, F. A. 1936: An empirical classification of flood-plain streams. – *Geographical Review*, 26, pp. 593–609.
- MERTES, L. A. K. 1997: Documentation and significance of the perirheic zone on inundated floodplains. – *Water Resources Research*, 33, pp. 1749–1762.
- MOODY, J. A. – TROUTMAN, B. M. 2000: Quantitative model of the growth of floodplains by vertical accretion. – *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, pp. 115–133.
- MOSELEY, M. P. 1987: The classification and characterization of rivers. – In: RICHARDS, K. (ed.): *Rivers – Environment and Process*. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 295–320.
- NANSON, G. C. – CROKE, J. C. 1992: A genetic classification of floodplains. – *Geomorphology*, 4, pp. 459–486.
- NIEHOFF, N. 1996: Ökologische Bewertung von Fließgewässerlandschaften. – Springer Verlag, Heidelberg–Berlin, 330 p.
- OSTERKAMP, W. R. – HUPP, C. R. 2010: Fluvial processes and vegetation — Glimpses of the past, the present, and perhaps the future. – *Geomorphology*, 116, pp. 274–285.
- OTTO, A. 1991: Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche. – *Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe*, 180, Karlsruhe.
- PETTS, G. E. – FOSTER, I. D. L. 1985: *Rivers and Landscape*. – Edward Arnold, London, 274 p.
- PIÉGAY, H. – BORNETTE, G. – CITTERIO, A. – HEROUIN, E. – MOULIN, B. 2000: Channel instability as a control on silting dynamics and vegetation patterns within the perfluvial aquatic zones. – *Hydrological Processes*, 14, 16–17, pp. 3011–3029.
- RICHARD, N. – BRUNOTTE, E. – KOENZEN, U. 2003: Geomorphologische Leiboldentwicklung eines Fließgewässers mittels Geographischer Informationssysteme (GIS) am Beispiel der nordrhein-westfälischen Ems. – *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 36, 6, pp. 165–170.
- RICHARDS, K. S. 1982: *Rivers: Form and process in alluvial channels*. – Methuen, London, 357 p.
- SCHIRMER, W. 1995: Valley bottoms in the late Quaternary. – In: HAGEDORN, J. (ed.): *Late Quaternary and present-day fluvial processes in Central Europe*. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplement*, 100, pp. 27–51.
- SCHMUDDE, T. H. 1968: Floodplain. – In: FAIRBRIDGE, R. W. (ed.): *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold, New York, pp. 359–362.
- SCHUMM, S. A. 1963: A Tentative Classification of Alluvial River Channels. – U. S. Geological Survey Circular, 477, Washington D. C. 10 p.
- SCHUMM, S. A. 1973: *River Morphology*. – In: *Benchmark Papers in Geology*. Dowden, Hutchinson, and Ross, Stroudsburg, PA, 429 p.
- SMITH, M. P. – SCHIFF, R. – OLIVERO, A. – MACBROOM, J. 2008: *The Active River Area: A Conservation Framework for Protecting Rivers and Streams*. – The Nature Conservancy, Boston, MA, 64 p. http://www.floods.org/PDF/ASFPM_TNC_Active_River_Area.pdf
- SOMMERWERK, N. – HEIN, T. – SCHNEIDER-JACOBY, M. – BAUMGARTNER, CH. – OSTOJIĆ, A. – SIBER, R. – BLOESCH, J. – PAUNOVIĆ, M. – TOCKNER, K. 2009: The Danube River Basin. – In: TOCKNER, K. – UEHLINGER, U. – ROBINSON, CH. T. (eds): *Rivers of Europe*. Elsevier, London, pp. 59–112.
- STEIGER, J. – JAMES, M. – GAZELLE, F. 1998: Channelization and consequences on floodplain system functioning on the Garonne River, SW France. – *Regulated Rivers Research and Management*, 14, pp. 13–23.
- STEIGER, J. – TABACCHI, E. – DUFOUR, S. – CORENBLIT, D. – PEIRY, J.-L. 2005: Hydrogeomorphic processes affecting riparian habitat within alluvial channel–floodplain river systems: a review for the temperate zone. – *River Research and Applications*, 21, pp. 719–737.
- TOCKNER, K. – SCHIEMER, F. 1997: Ecological aspects of the restoration strategy for a river–floodplain system on the Danube River in Austria. – *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6, pp. 321–329.
- WARD, R. C. – ROBINSON, M. 2000: *Principles of Hydrology*. – 4th edition. McGraw Hill, New York, 365 p.
- ZWOLIŃSKI, Z. 1992: Sedimentology and geomorphology of overbank flows on meandering river floodplains. – *Geomorphology*, 4, pp. 367–379.