

# **A hidrológiai viszonyok változásának és a parterózió kapcsolatának vizsgálata a Felső-Rába magyarországi szakaszán**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KÉSZÍTETTE:

**Pusztai-Eredics Alexandra**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,  
Környezettudományi Doktori Iskola,  
Környezeti Földtudomány Doktori Program

Témavezető: Dr. Kolláth Zoltán Sámuel, DSc., egyetemi tanár,  
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Fizika Tanszék  
Konzulens: Dr. Kiss Tímea, DSc.



A Környezettudományi Doktori Iskola vezetője:  
Dr. Turányi Tamás, DSc. egyetemi tanár  
A Környezeti Földtudományi Doktori Program vezetője:  
Dr. Szalai Zoltán, egyetemi docens

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Budapest  
2024

DOI: 10.15476/ELTE.2024.225

## 1. Bevezetés és célkitűzések

A meanderező folyók mederdinamikáját irányító alapvető folyamat a laterális (oldalazó) erózió. A részben szabályozott vagy szabadon fejlődő meanderek parteróziója jelentős mértékű, akár több méter/év lehet. A parterózió hozzájárul a folyók dinamikus kanyarulatfejlődéséhez (Bertalan et al. 2016), a hordalék-háztartás fenntartásához (Nagy és Kiss 2020), és az ártér átdolgozásához (Kiss et al. 2022). Ugyanakkor a parterózió a kiterjedésétől és intenzitásától függően súlyos károkat tud okozni a mezőgazdaság művelés alatt álló területeken vagy az infrastruktúrában (Das et al. 2012).

A parterózió és kanyarulatfejlődés tér- és időbeli változásainak vizsgálatára a Felső-Rába magyarországi szakasza kiváló lehetőséget nyújt, mivel a Rába nagy esése miatt a kanyarulatok fejlődése gyors, így rövid idő alatt jelentős változások figyelhetők meg a parterózió mértékében, kanyarulatok alakjában és a meder vándorlásában.

A kutatásom fő célja a parterózió és kanyarulatfejlődés mértékének és befolyásoló tényezőiknek a vizsgálata a magyarországi Felső-Rába (216,3–86,6 fkm) mentén. Célom a térben és időben változó parterózió és kanyarulatfejlődés számszerűsítése, továbbá a parteróziót befolyásoló néhány környezeti tényező hatásainak vizsgálata is. Mivel a partok eróziójának és a meder alakulásának legfőbb befolyásoló tényezői a vízjárás és a vízfolyás egyéb hidrológiai jellemzői (pl. áradások üteme, kisvizek hossza), ezért kiemelt célom a

vizsgált szakasz fejlődését befolyásoló hidrológiai változások értékelése. Célul tűztem ki a mérnöki létesítmények (pl. partbiztosítás és duzzasztóművek) hatásaként elinduló szemi-antropogén folyamatok elemzését is, mivel ezek a partok anyaga, magassága és növényzete mellett ugyancsak jelentős mértékben befolyásolhatják egyes szakaszok parterózióját. Végső célom, hogy a hosszútávú (1844–2022) és rövidtávú (2022–2024) adatok alapján kijelölni a recens kanyarulatfejlődés által leginkább érintett szakaszokat, felvázolni a meder horizontális változásának dinamikáját leíró általános fejlődési útvonalat, és értékelni a folyó alkalmazkodását a környezeti tényezők tér- és időbeli változásaihoz.

## **2. Alkalmazott módszerek**

A kutatás során először a hazai Felső-Rába mentén elhelyezkedő vízmércék (Szentgotthárd, Körmend és Sárvár) vízrajzi adatait értékeltem. A Rába vizsgált szakaszára vonatkozó vízügyi adatbázist a Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (NYUDIVIZIG) bocsátotta rendelkezésemre, amely tartalmazta a napi vízállás (1901–2024) és vízhozam (1970–2024) adatokat. Az adatok alapján kiszámítottam és elemeztem a parterózió szempontjából meghatározó hidrológiai paramétereket (pl. éves nagyvízi, középvízi és kisvízi vízállás, vízállások és vízhozamok gyakorisága, árvizek visszatérési ideje és két vízmérce közötti vízszint esés).

A meder különböző paramétereinek és a parterózióknak az elemzéshez 17 különböző időpontban készült térképet (1844, 1878, 1951, 1955, 1960, 1983, 1996), légifotót (1967, 1972) és ortofotót (2000, 2005, 2008, 2012, 2015, 2018, 2021, 2022) használtam fel. A különböző forrásokból származó, eltérő formátumú és eltérő vetületű adatokat QGIS program (3.28/Firenze) segítségével dolgoztam fel. A térbeli adatforrásokon a partvonal meghatározása után a parterózió mértékét két időszak között a QGIS NNjoin modulja segítségével mértem meg. Továbbá kiszámoltam a hosszútávú medermorfológiai változások jellemzéséhez alapul vett morfometriai paramétereket, azaz a vízfolyás hosszát, kanyargóssági indexét, és a mederszélességét.

A Felső-Rábán 14 egységet különítettem el a medret érintő antropogén hatások és a parterózió dinamikája alapján.

A Felső-Rába parteróziójának részletesebb értékeléséhez a legintenzívebben fejlődő 20 kanyarulat mentén 2022 áprilisa és 2024 áprilisa között 4 havonta ismételt parteróziós méréseket végeztem (RTK-GPS felmérés). A terepi mérések során az erodálódó partoknál fúrásokat végeztünk, hogy meghatározzam a partok anyagának szemcseösszetételét, illetve a partanyag hatását a parterózióra.

### 3. Eredmények, az értekezés tézisei

A doktori kutatásom során felhasznált adatok és módszerek segítségével elért eredményeimet az alábbi tézisekben foglalom össze:

**1) A Felső-Rába magyarországi szakaszán 1901 és 2024 között alapvetően megváltoztak a hidrológiai viszonyok. A Rába magyarországi szakaszán hidrológiai szempontból több évtizeden át fennálló egyensúlyi állapot volt jellemző 1980-ig, de később a hidrológiai paraméterek jelentősen változtak, ami a hidrológiai egyensúly felbomlására utal.** Az éves nagyvizek magassága egyre szélsőségesebbé váltak, amit jelez a vízjáték fokozatos növekedése: például Szentgotthárdon, míg 2001 és 2005 között a vízjáték 484 cm volt, addig 2021 és 2024 között már 576 cm. Ugyanakkor az egyes időszakokra számított éves nagyvizek átlagos vízszintje csökkent (Szentgotthárd: 1996–2000: 390 cm; 2016–2020: 299 cm), miközben a kisvizek ( $\leq 0$  cm) hossza drasztikusan nőtt, hiszen míg 1901–1980 között egy éven belül a napok 52–81%-át jellemezték, addig 1981–2024 között már 91–97%-ot. Az adott vízszintekhez tartozó vízhozamok közel megduplázódtak, jelezve a meder bevágódását.

A vízjárás éven belüli mintázata is megváltozott. Míg a 20. században gyakoriak voltak a kora tavaszi (március) árvizek, addig ezek a 21. században elmaradtak vagy egy sokkal kisebb februári csúcsban jelentek meg (Körmendnél). A legnagyobb változások egyike a nyári árvizek korábbra tolódása és a kora őszi (augusztus-

szeptember) vízállás maximumok gyakoribb előfordulása. A vízjárás megváltozása a klimatikus okok miatt bekövetkező lefolyás változásra vezethető vissza, ami a korábbinál hevesebb és gyakrabban előforduló nyári és kora őszi esőzésekhez kötődik.

**2) A vizsgált Felső-Rába kanyarulatai mentén 1844 és 2022 között a parterózió erőteljes volt (átl: 3,5 m/év, max: 29 m/év), de jelentős különbségek vannak az egyes időszakok között, illetve a lehatárolt egységek között és az egységeken belül is. A Rába parteróziója kiemelkedően gyors volt az 1955–1959, az 1960–1966, 1967–1971, valamint az 1996–1999 közötti időszakokban, amikor a parterózió átlagosan 4,9–6,1 m/év volt. Ugyanakkor ezen intenzív medereltolódási időszakok után a parterózió erőteljesen lecsökkent (2,1–2,4 m/év). A parterózió legalacsonyabb értékeit (1,6–2,8 m/év) az 1878–1950, 1972–1982, 2000–2004, 2005–2007, 2015–2017, 2018–2020 és 2021–2022 között mértem.**

A hidrológiai egyensúly felbomlása és hidrológiai paraméterek változásai részben magyarázatul szolgálhatnak a parterózió mértékének változásaira. A rövidtávú, 4 havonta ismételt terepi parteróziós mérések lehetővé tették, hogy időben jobb felbontásban is megvizsgáljam a hidrológia és parterózió kapcsolatát. A parterózió mértékét összevetve az időszakokra jellemző vízjárással megállapítható, hogy a partélt elérő, illetve azt meghaladó árhullámoknak kiemelt szerepe van a parterózióban, hiszen mindegyik

időszakban nagymértékű partélelmozdulás zajlott a nagyobb árvizek idején. Az egymást követő nagyobb (200–400 cm) árhullámok a szakasz teljes hosszán jelentős (2,8 m/4 hónap) parteróziót okoztak, de egyes kanyarulatokban ez akár 10–19 m/4 hónap is lehetett. De nem csupán a mederkitöltő vagy afeletti árhullámokhoz kapcsolódik parterózió, hanem gyakorlatilag bármilyen vízállásnál előfordul, csak különböző mértékben. A kisvizes időszakokban, amikor a kisvíz szintjéhez képest 50–150 cm magas árhullámok futnak le a mederben, a parterózió átlagos mértéke  $<1$  m/4 hó. Azonban ilyenkor a part aljánál felhalmozódó leomlott partanyag akadályozhatja vagy jelentősen mérsékelheti a parteróziót.

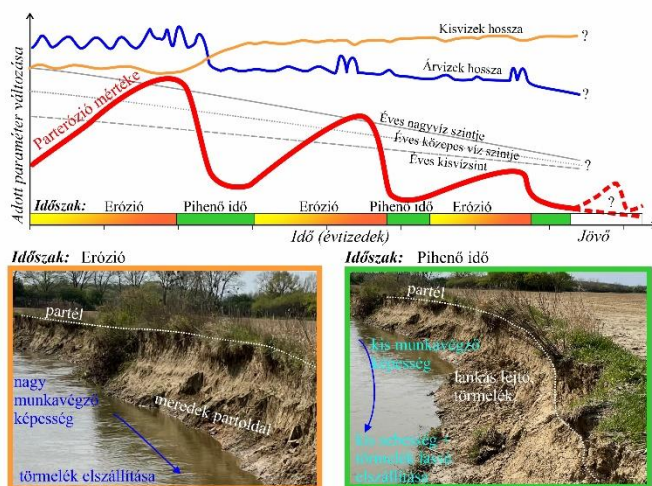
**3) A Felső-Rába hazai szakaszának fejlődését bizonyos szakaszokon alapvetően befolyásolták az 1977 és 1981 között megvalósult lokális mederszabályozási beavatkozások. Az emberi hatás mértéke és a kanyarulatvándorlás alapján a vizsgált Rába szakaszt 14 egységre osztható.** Az egységeket három csoportba soroltam („természetes”, „enyhén módosított” és „erősen módosított”). A parterózió a "természetes" egységekben volt a legnagyobb (átl: 4,3 m/év), ami némileg mérséklődött az "enyhén módosított" egységekben (átl: 3,3 m/év) és minimálisra csökkent az emberi hatás által „erősen módosított” egységekben (átl: 2,0 m/év).

**4) A kanyarulatokban eltérő volt a legnagyobb parterózióval jellemezhető partél helyzete.** Az legtöbb kanyarulatban a legnagyobb mértékű parterózió a kanyarulat csúcspontjánál és attól folyásirányban lefelé volt jellemző. Ugyanakkor voltak olyan kanyarulatok is, ahol a helyi geomorfológiai viszonyok miatt (pl. szigetek és zátonyok áramlásmódosító szerepe miatt) a kanyarulat csúcspontjától folyásirányban felfelé pusztult leginkább a part. Vannak olyan kanyarulatok, amelyek két csúcspontúvá fejlődnek és másodlagos kanyarulatok alakulnak ki rajtuk. Végül, a vizsgált kanyarulatok egy részének fejlődését nagymértékben nehezíti a magaspart jelenléte.

**5) A Rába mentén a meder anyaga változatos felépítésű, ami miatt az egyes kanyarulatok parteróziója még ugyanazon hidrológiai feltételek mellett is eltér.** A legtöbb kanyarulatra (kivéve *O*, *P* és *U* kanyarulatok) jellemző, hogy a partok anyagában felfelé haladva az iszap-agyag tartalom növekszik. Tehát, a partok aljánál rendszerint homokos-kavicsos réteg található, ami magyarázatot adhat arra, hogy miért nagyobb a parterózió mértéke a Rábán, mint más folyókon. Az iszaposabb-agyagosabb partanyagú kanyarulatokban rövid- és hosszú távon egyaránt a parterózió mértéke mérsékelt ( $1,75 \pm 0,42$  m/év). Azonban a nagy homoktartalmú (80-90 %) partokkal rendelkező kanyarulatoknál a partélelmozdulás értékek magasabbak és erősen szóródtak ( $3,0 \pm 2,16$  m/év).



6) A parterrózió periódikusan felélénkülő folyamat, azonban a környezeti tényezők változásai miatt a mértéke fokozatosan csökkent a vizsgált időszakban (1844-2024). A koncepcionális modellem (1. ábra) szerint 20. század közepén (1950–1972) a mederkitöltő vízállások megteremtették a feltételeit az intenzív parterrózióknak.



1. ábra: A hidrológiai változások által irányított csökkenő parterrózió koncepcionális modellje

A meder kitágulása miatt a következő időszak (1972–1996) relaxációs időszaknak tekinthető. Ekkor az egymás után rendszeresen bekövetkező mederitöltő vízszintek ellenére nem mutatható ki intenzív parterrózió. A parterróziós ciklus újakezdődött 1996 és 2000 között, de kisebb magnitúdóval. Ezt az eróziós ciklust is egy nagyon kismértékű partélelmozdulásos időszak (2000-2008) zárta le. Az utolsó, harmadik

parteróziós ciklusban (2008–2012) ismét lassan növekedésnek indult a partélelmozdulás, de már korántsem vált olyan intenzívvé, mint a korábbi ciklusokban. Az elmúlt évtized (2012–2024) egyrészt tekinthető a harmadik eróziós ciklus lezárásának (pihenő idő), másrészt akár egy teljesen új fejlődési irány kezdetének is. Ekkor egyre lassúbbá vált a parterózió.

#### 4. Felhasznált irodalom

- Bertalan, L., Szabó, G., & Szabó, S., (2016). Soil degradation induced by lateral erosion of a nonregulated alluvial river (Sajó River, Hungary), in: Zapletalová, J.; Kirchner, K. (Ed.), *Aktuální Environmentální Hrozby a Jejich Impakt v Krajině (Current Environmental Threats and Their Impact in the Landscape Brno)*. (pp. 8-9). Sborník Abstraktu Z Mezinárodního Workshopu. Ústav geoniky AV ČR, ISBN: 978-80-86407-65-4
- Das, A.K., Sah, R.K., & Hazarika, N., (2012). Bankline change and the facets of riverine hazards in the floodplain of Subansiri-Ranganadi Doab, Brahmaputra Valley, India. *Nat. Hazards* 64, 1015- 1028. DOI:10.1007/s11069-012-0283-5
- Kiss, T., Sipos, Gy., & Vass, R. (2022). Alluvial ridge development and structure: Case study on the Upper Tisza, Hungary. *Geographica Pannonica* 26(3), 230-240, DOI:10.5937/gp26-38365
- Nagy, J., & Kiss, T. (2020). Point-bar Development Under Human Impact: Case Study on the Lower Tisza River, Hungary. *Geographica Pannonica* 24,(1), 1-12. DOI:10.5937/gp24-23011

## 5. Doktori kutatáshoz kapcsolódó publikációk

**Pusztai-Eredics, A., & Kiss, T. (2024).** Declining Bank Erosion Rate Related to Climate-Change Driven Hydrological Alteration of a Small Sub-Alpine River. *Hydrology* 11(8), 1-16. DOI:10.3390/hydrology11080114

**Pusztai-Eredics, A., Kovács, G., Tóth, G., Lenner, T., & Kiss, T. (2024)** Lateral meander migration of a medium-sized lowland river: case study on the Rába River, Hungary. *Geogr. Pannonica* 28(3), 169–181. DOI:10.5937/gp28-49989

## 6. Egyéb publikációk

**Pusztai-Eredics, A., & Tóth, G. (2019).** Feliszapolódási vizsgálatok a Rába-folyó árterén <sup>137</sup>Cs-izotóp gamma-spektrometriai elemzése alapján. *Hidrológiai Közlöny* 99(3), 23-29.

Kovács, G., **Pusztai-Eredics, A., & Varga, N. (2024).** Településfejlődési vizsgálatokhoz (is) használható topográfiai adatforrások Magyarországon: 1950 előtti topográfiai térképművek. *Településföldrajzi Tanulmányok* 13(1), 224-237.

Kovács, G., **Pusztai-Eredics, A., & Varga, N. (2024).** Településfejlődési vizsgálatokhoz (is) használható topográfiai adatforrások Magyarországon: 1950 utáni topográfiai térképművek In: Horváthné Molnár K, Fűzfa B (Eds.), *Teremtő tudomány.* (pp. 80-94). Szombathely: Savaria University Press.

**Pusztai-Eredics, A., Varga, N., & Kovács, G. (2024).** Településfejlődési vizsgálatokhoz (is) használható topográfiai adatforrások Magyarországon: modern topográfiai és térinformatikai adatforrások. *Savaria Természettudományi és Sporttudományi Közlemények* (2630-9653): 21, 49-70.

## 7. Doktori kutatáshoz kapcsolódó konferenciaközlemények

**Pusztai-Eredics, A.** (2020). *Alkalmazható vizsgálati módszerek a feliszapolódás mértékének meghatározására.* In: Pozsgai, A., Puskás, J. (szerk.): XVIII. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok alkalmazása Nemzetközi konferencia, Szombathely, Magyarország, 111-122.

**Pusztai-Eredics, A.** (2021). *Történeti térképek felhasználhatósága a földrajzi kutatásokhoz: A kanyarulatfejlődés meghatározása a Rába folyó Alsószölnök és Sárvár közötti szakaszán.* In: Novák, R., Kardos, L., Pipics, J., (szerk.): Természet és társadalom. Az ELTE SEK Történeti Diákműhely Történet- és Természettudományi Hallgatói Konferenciáján (2021. május 17.) elhangzott előadások kivonatai. Szombathely, Magyarország, ELTE SEK Történeti Diákműhely, 37-41.

**Pusztai-Eredics, A., Kovács, G.** (2021). *Method of dynamic river bed analysis of the Rába River* In: Природничі науки: проєкти, дослідження, перспективи = Natural Sciences: Projects, Research, Prospects: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції Старобільськ, Україна, 21-22. XII. 2021p. = Materials of the IIst International Scientific-Practical Conference Starobilsk, Ukraine, December 21-22, 2021, 65-67.

**Pusztai-Eredics, A., Kovács, G** (2021). *A kanyarulatfejlődés meghatározása és okainak feltárása a Rába folyó Alsószölnök és Sárvár közötti szakaszán* In: Karátson, D., Nagy, B., (szerk.): X. Magyar Földrajzi Konferencia absztrakt kötet. Budapest, Földgömb Alapítvány, 29-29.