

SÚČASNÝ MORFOLOGICKÝ VÝVOJ MEDZIHRÁDZOVÉHO PRIESTORU (DUNAJ, BRATISLAVA)

JÁN NOVOTNÝ*, MILAN LEHOTSÝ*, ANNA GREŠKOVÁ*

Ján Novotný, Milan Lehotský, Anna Grešková: Morphological development of the inter-dike space (Danube, Bratislava). *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 7, 2007, 2, 4 figs., 24 refs.

Radical changes in land use, especially the complex process of urbanisation, have led to marked decrease of biodiversity and ecological health of riverine landscape. Therefore in many communities in different countries are in operation various projects of restoration or rehabilitation of fluvial systems. Important role in these interdisciplinary projects plays knowledge about river morphology and interactions between channel and floodplain. The aim of this paper is to present preliminary results of our investigations in the field of morphological development of active floodplain area of river Danube in Bratislava, confined by system of flood protective dikes constructed in the 1950s. Our research, based on analyses of aerial photos, historical maps and field mapping, shows important changes in geodiversity, which manifest mainly in widening of the main channel, reduction of floodplain space and destruction of abandoned channels system. We have also identified continuous vertical accretion with the rate about 1,5 cm per year. Morphology of the study reach is modified mainly by sedimentation through extreme flood events. Flood in 2002 has brought 20 – 60 cm of new sandy sediment in the space of levees.

Key words: fluvial geomorphology, urban river systems, geodiversity of floodplain, vertical accretion, Danube

1 ÚVOD

Dunaj, pri dĺžke takmer 2 900 km, patrí medzi najväčšie európske veľtoky. Veľké rieky sú jedným z najvýznamnejších a najdynamickejších činiteľov formujúcich morfológiu i celkový charakter krajiny. Sú teda nesporne fenoménom, ktorý si vyžaduje osobitnú pozornosť, a to tak bádateľskú ako aj manažérsku. Tieto skutočnosti reflektuje aj sformovanie pracovnej skupiny zameranej na výskum veľkých riek (WORKING GROUP ON LARGE RIVERS - WGLR) na pôde Medzinárodnej asociácie geomorfológov (IAG) v roku 1997. Za jeden z hlavných cieľov si skupina stanovila vytvorenie fóra pre diskusiu o komplexnosti problematiky výskumu morfológie veľkých riek (internetová stránka WGLR). Ako upozorňujú napr. GUPTA et al. (2002), veľká časť poznatkov fluvialnej geomorfológie pochádza zo štúdií menších tokov a v poznaní dynamiky veľkých fluvialných systémov existujú isté medzery. Tento stav býva pripisovaný najmä veľkej logistickej náročnosti výskumu veľkých riek (GUPTA 2002).

Predmetom tejto štúdie je sledovanie dynamiky vývoja morfológie časti medzihrádzového priestoru rieky Dunaj na území mesta Bratislava. Okrem proble-

matiky veľkých riek je preto potrebné brať do úvahy aj špecifika výskumu fluvialných systémov v krajine silne zmenenej človekom. GREGORY a CHIN (2002) zdôrazňujú potrebu využitia špecifických metód pri charakterizovaní a klasifikácii korytového systému v urbanizovaných areáloch. Morfológické vlastnosti by mali byť považované za vedúci faktor pri vytváraní komplexných plánov manažmentu takýchto povodí. FINDLAY a TAYLOR (2006) konštatujú, že vo väčšine prípadov urbanizácia spôsobila degradáciu funkčnosti fluvialných systémov, najmä zmenou erózo-sedimentačného cyklu. Urbanizácia vplyva najmä zvyšovaním výmery nepriepustných plôch, čím sa urýchľuje odtok vody z územia a obmedzuje prísun sedimentov do koryt, ktoré sa prispôbujú zahlbovaním a rozširovaním (PAUL a MEYER 2001). Spomenuté zmeny nepôsobia negatívne len na ekosystémy, ale zmenený režim fluvialných procesov veľmi často spätne ohrozuje existujúcu infraštruktúru sídiel. V mnohých krajinách preto silnie snaha o aspoň čiastočnú obnovu prírodného charakteru fluvialných systémov, čo si v husto osídlených a intenzívne využívaných oblastiach vyžaduje aj od vedcov špecifické prístupy, týkajúce sa najmä komunikácie a prezentácie výsledkov výskumu nevedeckej komunite (napr. RHOADS et al. 1999, FIN-

*Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: geognovo@savba.sk, geogleho@savba.sk, greskova@savba.sk

DLAY a TAYLOR 2006). Požiadavky na zlepšovanie ekologického stavu vodných tokov a ich zázemie majú často aj legislatívny rámec (napr. rámcová smernica EU o vode – EU WATER FRAMEWORK DIRECTIVE 2000).

Riečne koridory patria medzi najhodnotnejšie prírodné zdroje a významne prispievajú k celkovej biodiverzite daných regiónov (WARD et al. 2001). Viaceré štúdie (napr. PAUL a MEYER 2001, MORLEY a KARR 2002, HOHENSINNER et al. 2004, FINDLAY a TAYLOR 2006, Chovanec et al. 2006) sa zhodujú v konštatovaní, že ľudské aktivity viedli k zmenám habitatov, k poklesu ekologického zdravia a biodiverzity a k degradácii ekologických funkcií celej riečnej krajiny. Z hľadiska biodiverzity zohráva kľúčovú úlohu **geodiverzita**, teda vlastnosti reliéfu a podložia. Hydromorfologické procesy určujú rozloženie habitatov (Schabuss et al. 2006) a porozumenie ich priestorovo-časovej dynamike a komplexu interakcií medzi korytom a nivou je teda nevyhnutným predpokladom pre správne vyhodnotenie ekologického stavu riek a pre úspešné projekty ich obnovy (napr. GREGORY a CHIN 2002, SCHABUSS et al. 2006, WEIGELHOFER et al. 2006). Koplexny prístup zdôrazňujú aj WARD et al. (2001) a pripomínajú, že tradičné opatrenia, zamerané na ochranu ohrozených druhov či riešenie špecifických ekologických problémov, zvyčajne nevedú k očakávaným výsledkom.

Do týchto problémových okruhov je začlenený aj náš výskum, zameraný na pochopenie dynamiky morfológického vývoja nivy Dunaja v Bratislave. Systematický výskum v tejto oblasti sme začali v roku 2006.

Jeho základné ciele možno zhrnúť do troch okruhov: 1. identifikácia morfológického vývoja po konštrukcii hrádzového systému v 50-tych rokoch 20. storočia; 2. zmapovanie geodiverzity; 3. datovanie vertikálnej akrecie a postihnutie efektu aktuálnych povodní. V tomto príspevku chceme načrtnúť základné riešené problémy a priniesť prvé predbežné výsledky, týkajúce sa vývoja tohto územia.

2 ŠTUDOVANÉ ÚZEMIE

Študovaná výskumná plocha je situovaná v oblúkovom úseku Dunaja, na jeho pravom brehu. Pravidelné hydrologické merania na Dunaji začali už v roku 1877 a prietoky sú vyhodnocované od roku 1901 (zdroj: SHMU). Priemerný ročný prietok je $2\,045\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, $Q_{100} = 11\,000\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a $Q_{1000} = 13\,500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (zdroj: SHMU). Ako uvádzajú už Lukniš a Mazúr (1959), rieka po prechode Devínskou bránou opúšťa pohorie Malých Karpát a „vlieva“ sa do poklesávajúcej Podunajskej nížiny, kde sa sformoval rozsiahly aluviálny vejár (**obr. 1**). Dunaj pôvodne na území dnešnej Bratislavy vytváral rozvetvený anastomózný systém meandrujúcich ramien a ostrovov, ktorý bol postupne vplyvom ľudských zásahov výrazne zredukovaný. Vývoj tohto systému podrobne študoval PIŠŮT (2002) na základe analýz historických máp a ďalších archívnych materiálov. Súčasnú koryto, ako aj celý pôvodný systém, sa stáča zo smeru Z – V do smeru S – J. Tento ohyb je podmienený tektonikou. Na území Bratislavy sa dolina Dunaja viaže na zlom v smere Z – V, datovaný do vrchného pleistocénu až holocénu (MAGLAY et al. 1999). Spomínaný ohyb



Ob. 1 Poloha študovaného územia

je potom ovplyvnený neotektonickým poklesom Gabčíkovej panvy, ktorej západný okrajový zlom v smere cca SV – JZ je datovaný do pleistocénu (MAGLAY et al. 1999). Študovaný úsek, v dĺžke cca 4 km (riečne km cca 1867 - 1863), leží v oblúku, ktorého polomer je približne 1,5 km. Dunaj v týchto miestach dosahuje v priemere šírku 350 m. Výskumná plocha predstavuje súčasnú aktívnu nivu s priemernou šírkou 300 – 600 m, oddelenú od zvyšku územia protipovodňovou hrádzou. Z hľadiska fluvialných procesov ide o najaktívnejšiu časť urbanizovaného územia Bratislavy. V rámci geomorfologického členenia je súčasťou Podunajskej roviny (MAZÚR a LUKNIŠ 1980). V rámci geomorfologickej regionalizácie Žitného ostrova charakterizujú LUKNIŠ a MAZÚR (1959) príslušné územia na ľavom brehu ako *subregión recentného divočenia Dunaja medzi ochrannými hrádzami s prevahou rozplavovania*. Geologické pomery boli podrobne študované v rámci prípravných prác pred výstavbou príslušného sídliska Petržalka v 70-tych rokoch dvadsiateho storočia (HULMAN et al. 1974). Na pleistocénom, prevážne štrkovom podklade, tu leží súvislý pokryv holocénnych nivných (fluvialných) piesčitých alebo hlinito-piesčitých sedimentov, pretkaný výplňou starých zaniknutých ramien Dunaja (piesky, hliny, ílovité zeminy, hnilokaly, slatiny). Hrúbku mladých náplavov odhadujú LUKNIŠ a MAZÚR (1959) od niekoľko dm do 3-4 m.

Študované územie je zaujímavé z viacerých hľadísk. V rámci plánov protipovodňovej ochrany (zdroj: SVP – Slovenský vodohospodársky podnik) je vyčlenené ako záplavové územie (inundácia). Je preto dôležité poznať, ako sa mení jeho štruktúra a aký vplyv môžu mať zmeny na jeho funkciu. Okrem toho je súčasťou Dunajského biokoridoru a jeho časť je vyčlenená ako chránený areál Hrabiny. Slúži tiež ako prímestská rekreačná zóna.

3 METÓDY

Ako bolo naznačené v úvode, výskum veľkých fluvialných systémov si vyžaduje využitie niektorých špecifických metód a prístupov. Ich výber okrem toho do veľkej miery závisí od charakteru rieky a cieľov výskumu. V našom prípade sme sa zamerali na pochopenie súčasnej dynamiky fluvialných procesov a zmapovanie základných priestorových jednotiek – **morfostratigrafických jednotiek**, vyčleňovaných na základe charakteru uloženia sedimentov a formy reliéfu. Tradičná časová i priestorová mierka geomorfologického výskumu zväčša na pochopenie súčasnej dynamiky procesov formujúcich aktívnu nivu nepostačuje. Zväčša nie je možné opierať sa o dosta-točne detailné podkladové materiály, existujúce topografické alebo geologické mapy spravidla slúžia len na základnú orientáciu. Výskum preto musí vychádzať predovšetkým z podrobného terénneho mapovania. Tvary reliéfu sme zameriavali pomocou nivelačných meraní na profiloch a zaznamenávaním pozície jednotlivých bodov a línií prostredníctvom systému GPS (v súčasnom štádiu výskumu s horizontálnou presnosťou 1-5 m). Úda-

je o podloží boli získavané z kopaných sond a pedologických vrto. Odoberané vzorky boli analyzované z hľadiska zrnitostných charakteristík. Pri datovaní sedimentov sme sa opierali o existujúce historické artefakty (vojenský bunker z predvojnovnej ČSR) a využili sme dendrochronologické metódy. Zaznamenávali sme tiež informácie o krajinnej pokrývke.

Vývoj priestorovej štruktúry skúmaného územia sme analyzovali na základe historických topografických máp (z rokov 1929 a 1947) a leteckých snímok, resp. ortofotomáp (z rokov 1949, 1969, 1985, 2004). Identifikovali sme najmä pozíciu a rozsah hlavnej koryta a jednotlivých ramien v jednotlivých časových horizontoch, ako aj charakter krajinnej pokrývky.

4 MORFOLOGICKÝ VÝVOJ PO KONŠTRUKCII HRÁDZOVÉHO SYSTÉMU

Na začiatku 18. storočia vytváral Dunaj na území Bratislavy rozvetvený anastomózo – meandrujúci systém, s dominanciou dvoch hlavných paralelných ramien a s aktívnou dynamikou meandrovania (PIŠŤ 2002). V priebehu ďalších desaťročí dochádzalo k postupnému zjednodušovaniu tejto pôdorysnej vzorky, jednak v dôsledku prirodzeného, klimatickými zmenami podmieneného poklesu fluvialnej aktivity rieky, ako aj nárastom efektivity ľudských zásahov (PIŠŤ 2002). Tie vyvrcholili v 50-tych rokoch 20. storočia, kedy bol vybudovaný súčasný systém pravobrežných hrádzí. Vývoj po ich konštrukcii môžeme rozdeliť do troch etáp.

Prvá etapa je vymedzená približne rokmi 1950 – 1970. Vybudovanie súvislého hrádzového systému znamenalo predovšetkým spútanie rieky do obmedzeného priestoru, redukcii pôvodnej aktívnej nivy a zmenšenie plochy potenciálne zaplavovaného územia. Fluvialne procesy modelujú výrazne menšie územie ako pôvodne. Na druhej strane to znamená, že práve v tomto území môže byť ich intenzita väčšia ako predtým.

Jednou z významných ekologických vlastností korytových systémov je, že zabezpečujú konektivitu v rámci riečnej krajiny (WARD et al. 2001). Vybudovaním hrádzí tak vznikla bariéra, ktorá túto dôležitú funkciu výrazne narúša. Zvyšky pôvodného systému vedľajších koryt a mŕtvych ramien boli odrezané od zázemia a ich rozsah sa postupne redukuje.

Do tejto etapy sa datuje tiež začiatok výstavby vodných elektrární na rakúskom úseku Dunaja. V prvej fáze boli vybudované 4 vodné nádrže – Jochenstein, Ybbs-Persenbeug, Aschach a Wallsee-Mitterkirchen (zdroj: wikipedia.org). To spôsobilo progresívne zmeny v režime plavenín a splavenín, keďže časť sedimentov, pôvodne nesených riekou, zostáva v priehradách.

Druhá etapa vývoja trvala do roku 1992. Najvýraznejšie zmeny v tomto období nastali v dôsledku začatia výstavby veľkého panelového sídliska Petržalka pre cca 150 000 obyvateľov. Ako stavebný materiál bol do veľkej miery využívaný štrk, ťažený jednak z koryta

Dunaja, ako aj v viacerých lokalitách v rámci nivy. Ťažba štrkov prebiehala aj v záujme zlepšenia plavebných podmienok, koryto Dunaja bolo prehĺbované, rozširované a postupne dochádza k napriamovaniu toku práve v mieste skúmaného oblúkového úseku. Tieto opatrenia by tiež mali zlepšiť odtokové vlastnosti počas povodňových udalostí (zdroj: SVP). V 70-tych a 80-tych rokoch 20. storočia bola veľká časť študovaného územia odlesnená a na viacerých miestach zbavená vegetačnej pokrývky a splanirovaná až na úroveň štrkového horizontu.

Ďalším vplyvom, ktorý sa začal prejavovať už v tejto etape vývoja medzirádzového priestoru, bola plánovaná výstavba VD Gabčíkovo – Nagymaros. V rámci prípravných prác boli na viacerých miestach spevňované brehy rieky budovaním blokových násypov. Okrem toho pokračovala výstavba vodných nádrží v Rakúsku, vzniklo 5 ďalších priehrad: Ottensheim-Wilhering, Altenwörth, Abwinden-Asten, Melk a Greifenstein (zdroj: wikipedia.org), čo ešte prehĺbilo zmeny v režime sedimentov nesených riekou.

Tretia etapa začína spustením VD Gabčíkovo do prevádzky v roku 1992. Jeho horný stupeň – Čunovská priehrada, ktorej hrádza leží cca 13 km po prúde od sledovaného úseku, spôsobila protiprúdne vzdutie hladiny Dunaja, ktoré ovplyvňuje dokonca merania vo vodomernej stanici Bratislava. Tieto zmeny ovplyvnili aj morfológiu koryta a sedimentačné procesy. Dochádza k postupnej agradácii koryta, ktorá sa najvýraznejšie prejavuje v stredných hĺbkach. Výskumom na priečnom profile, v mieste vodomernej stanice Bratislava, bol dokumentovaný nárast výšky dna v takýchto pozíciách až o takmer jeden meter za desať rokov od vybudovania VD Gabčíkovo (BLAŠKOVIČOVÁ et al. 2006).

V roku 1996 bola spustená do prevádzky vodná elektrárňa Viedeň – Freudenu. Následné výskumy na úseku Dunaja medzi Viedňou a slovensko-rakúskou štátnou hranicou preukázali zmeny v morfológii koryta. Všeobecným trendom je prehĺbovanie plytčín a zanášanie hlbocín dnovým materiálom (FISCHER-ANTZE a GUTKNECHT 2004). Celkovo prevláda erózia, priemerná miera dnovej erózie tu je 2,3 cm ročne (FISCHER-ANTZE a GUTKNECHT 2004) a tento trend sa nedarí zastaviť ani napriek pravidelnej dotácii zrnitého materiálu do rieky zo strany prevádzkovateľa priehrady. Tieto výsledky ilustrujú vplyv priehrad všeobecne a poukazujú na trend, ktorý do istej miery ovplyvňuje aj nižšie ležiaci bratislavský úsek Dunaja.

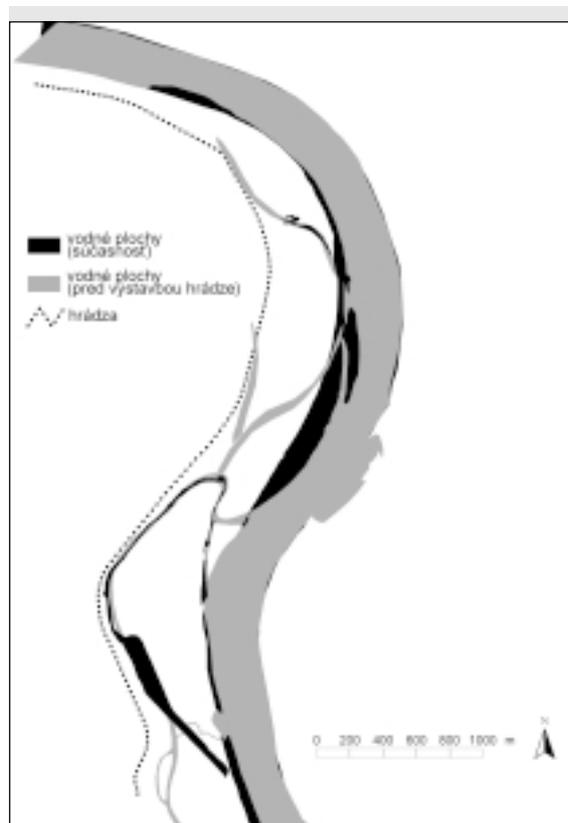
V posledných rokoch môžeme v študovanom území sledovať postupnú sukcesiu lesa a nárast porastov (topole, vrby, rákos), ktoré zvyšujú drsnosť povrchu a pôsobia na prúdenie vody počas povodňových udalostí. Počítat tiež treba s hydrologickými dôsledkami klimatických zmien, ktoré sa zrejme prejavujú nárastom frekvencie extrémnych prietokov, aj keď tento trend vzhľadom na pomerne krátke obdobie ešte nie je možné jednoznačne potvrdiť.

Celkový rozsah najvýznamnejších zmien v morfológii územia počas sledovaného obdobia ilustruje **obr. 2**.

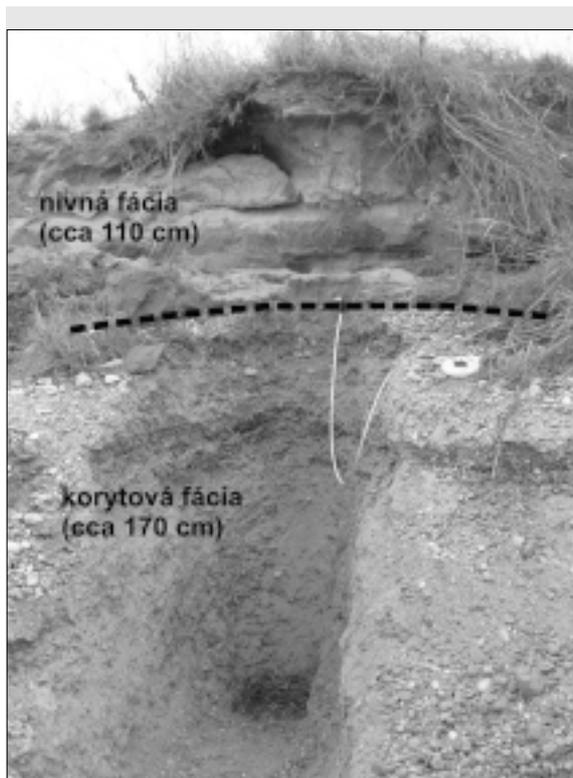
Zmenšil sa rozsah mŕtvych ramien, namiesto nich na niektorých miestach vznikli zátočiny. Výrazne sa tiež rozšírilo a napriamilo hlavné koryto, posun pravého brehu dosahuje cca 50 – 150 m.

5 VERTIKÁLNA AKRÉCIA

Ako konštatujú NANSON a CROKE (1992) medzi dominantné procesy formujúce riečne nivy patrí **mimokorytová vertikálna akrécia**, čiže sedimentácia počas povodňových udalostí. Tento proces je typický najmä pre korytá s nízkym gradientom, ktorých energia toku (stream power) neumožňuje ich migráciu. Vertikálna akrécia je teda dôležitá aj v prípade študovaného úseku nivy Dunaja. Pre sedimentáciu, počas situácií kedy sa voda vylieva z koryta, je charakteristické to, že unášacia schopnosť prúdu veľmi rýchlo klesá a najväčší objem sedimentov býva uložený v bezprostrednej blízkosti brehu. Takýmto spôsobom sa formuje pribrežný agradačný val – **levee** (BRIERLEY et al. 1997). Najčastejšie sa takéto formy vytvárajú na konkávných brehoch oblúkov. Bývajú výrazne pretiahnuté v smere pozdĺž toku, v priereze hrebeňovitého alebo klinovitého tvaru. Smerom k brehu (proximálna časť) sú výrazne strmšie ako smerom k nive (distálna časť). V tomto zmysle sa aj zjemňuje ich sedimentárna výplň, od hrubého piesku až po íl (BRIERLEY et al. 1997).



Obr. 2 Vývoj korytového systému v období 1947-2004



Obr. 3 Profil brehu

Výskum v študovanom území naznačuje, že uvedené predpoklady zrejme platia aj v prípade Dunaja. Poukazuje na to topografia nivy, ktorej povrch stúpa smerom k brehu a v miestach, kde zostali brehy v pôvodnom prirodzenom stave, sa vytvorili strmé, takmer kolmé brehové steny, ktorých výška sa pohybuje v rozmedzí 1 až 3 metre (obr. 3). Spodná časť týchto brehov je budovaná štrkovými horizontmi, v ktorých je súčasne koryto zarezané, zrejme v dôsledku jeho antropogénneho prehlbovania. Vrchná časť je budovaná už len jemnejšími frakciami. Prechod medzi korytovou (štrkovou) a nivnou (jemnejšou) fáciou je ostrý. Hrúbka vrchnej časti dosahuje približne jeden meter a naznačuje tak hrúbku agradačného valu.

Dôležitou otázkou súvisiacou s vertikálnou akreciou nivy je rýchlosť sedimentácie, rýchlosť zanášania

priestoru novými sedimentmi. Na celkovú mieru poukazuje výskum v blízkosti vojenského bunkra, ktorý leží v južnom cípe študovaného územia. Tento historický atrefakt je súčasťou opevnenia, ktoré budovala Československá armáda pred druhou svetovou vojnou (obr. 4). Na základe štúdia archívnych materiálov je možné určiť, ako vtedy vyzeralo jeho okolie. V súčasnosti sedimenty siahajú do výšky viac ako jeden meter nad úroveň vchodu do bunkra. Keďže bol vybudovaný v roku 1937, miera vertikálnej akrecie zrejme presahuje 1,5 cm/rok. Takýto objem sedimentácie je výsledkom približne desiatich povodňových udalostí, kedy došlo k vyliatiu vody do priestoru nivy (zdroj: SVP).

K poslednej významným povodniám došlo v roku 2002. Zaznamenané boli dve extrémne udalosti: 23. marca – vodný stav 831 cm, prietok 8474 m³.s⁻¹ a 16. augusta – vodný stav 948 cm, prietok 10 370 m³.s⁻¹. Ich efekt sme sa pokúsili identifikovať pomocou dendrochronologických analýz. Na viacerých miestach v relatívnej blízkosti brehu boli nájdené stromy, ktorých kmene boli zasypané pieskovými nánosmi sivej farby. Podľa veku jednotlivých rastlín (odčítaná na základe letokruhov) a hĺbky ich koreňových zväzkov, sme určili vrstvi zodpovedajúce povodniám z roku 2002. Ich hrúbka sa pohybuje v rozmedzí 20 až 60 cm. Presnejší obraz o časovej a priestorovej dynamike vertikálnej akrecie predmetného priestoru bude spresňovaný ďalším výskumom.

6 ZÁVER

Na základe predbežných výsledkov nášho výskumu môžeme konštatovať, že študovaná časť nivy Dunaja prešla a prechádza v posledných desaťročiach veľmi dynamickým vývojom. Po vybudovaní hrádzového systému v 50-tych rokoch dvadsiateho storočia nastali radikálne zmeny v geodiverzite územia, ktorých najviditeľnejšími prejavmi sú redukcia priestoru aktívnej nivy a postupný zánik pôvodného systému živých i mŕtvych ramien, ktoré ešte v 50-tych rokoch 20. storočia vytvárali hustú sieť, v priemere pokrývali 20 až 40 ha/km² (LUKNIŠ a MAZÚR 1959). V dôsledku multifaktoriálne podmienených zmien v hydrologickom režime Dunaja (klimatické zmeny, prehlbovanie koryta,



Obr. 4 Vojenský bunker z roku 1937 krátko po výstavbe (vľavo) a v súčasnosti (vpravo)

ťažba štrkov, regulácia toku, vodné nádrže, urbanizácia) dochádza takisto k zmenám v sedimentácii počas povodňových udalostí. Tieto zmeny viedli tiež k postupným zmenám v krajinskej pokrývke, dochádza k sukcesii lesa.

Tieto zistenia môžu mať vplyv na ďalší manažment využitia tohto územia. Stretajú sa tu viaceré, pomerne protichodné záujmy. Z hľadiska protipovodňovej ochrany (v technickom zmysle slova) je ideálne ponechať priestor bez využitia, krajinná pokrývka by mala čo najmenej spomaľovať odtok vody a úpravy by mali viesť k zastaveniu sukcesie lesa. Kapacita inundačného priestoru sa v dôsledku postupného zanášania sedimentmi znižuje, toto riziko však nie je akútne, keďže hrádze boli projektované až na tisícročnú vodu (zdroj: SVP). Väčšiu pozornosť je potrebné venovať zaniknutým mŕtvym ramenám, ktoré na viacerých miestach križujú hrádzu v jej podloží. Počas povodňových udalostí môže dôjsť k ich oživeniu a stabilita hrádze by mohla byť ohrozená.

Ako už bolo spomenuté, hrádza ako aj príľahlý medzihrádzový priestor slúži tiež ako prímestská rekreačná zóna Bratislavy. V súčasnosti v študovanom území zatiaľ nie je infraštruktúra, zodpovedajúca takýmto záujmom (chodníky, záhradné úpravy lesných porastov, výsadba drevín, športoviská a iné rekreačné objekty), snahy o jej vybudovanie sa však objavujú a nesporne budú v budúcnosti silnieť. Takýto vývoj by však bol v rozpore so záujmami protipovodňovej ochrany a ešte viac by narušil pôvodný charakter krajiny.

Je teda zrejmé, že pri hľadaní optimálnych scenárov pre budúcnosť tohto územia bude potrebné uplatňovať interdisciplinárne prístupy. Ideálne by bolo obnoviť prírodný charakter riečnej krajiny, aspoň do určitej miery. Dobrým príkladom môže byť rakúsky úsek Dunaja medzi Viedňou a Bratislavou. Bolo vypracovaných viacero projektov pre hodnotenie ekologického stavu fluviaálnych ekosystémov (napr. CHOVANEC et al. 2006) a predpovedanie efektov rôznych scenárov obnovy vybraných častí riečnej krajiny (napr. RECKENDORFER et al. 2006, WEIGELHOFER et al. 2006). Pre národný park Donau – Auen tu existuje „Integrovaný projekt inžinierstva rieky (SCHABUSS et al. 2006), ktorého cieľom je práve harmonizácia protichodných záujmov (ochrana prírody, lodná doprava, protipovodňová ochrana). Aj keď teda na Slovensku snahy o zlepšovanie ekologického zdravia vodných tokov nie sú príliš silné, dá sa očakávať, aj v dôsledku implementácie smerníc Európskej únie (napr. CHOVANEC et al. 2006), vývoj aj v tomto smere.

POĎAKOVANIE

Štúdia vznikla vďaka podpore vedeckého projektu „Typy a vývojové modely dolinových a korytovo-nivných geosystémov“ č. 2/6040/26, podporovaného grantovou agentúrou VEGA. Ortofotomapa © Geodis Slovakia, s.r.o. 2004; Letecké snímkovanie a Digitálna ortofotomapa © Eurosense s.r.o. 2004.

LITERATÚRA

- BLAŠKOVIČOVÁ, L., MARTINKA, M., POÓROVÁ, J. (2006). Changes of river cross-sections on Slovak part of Danube in the period 1986 – 2005. In *Proceedings 23rd Conference of the Danube countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management*. Belehrad, CD-ROM.
- BRIERLEY, G. J., FERGUSON, R. J., WOOLFE, K. J. (1997). What is a fluvial levee? *Sedimentary Geology*, 114, 1-9.
- EU WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000). European Commission 2000/60/EC.
- FINDLAY, S. J., TAYLOR, M. P. (2006). Why rehabilitate urban river systems? *Area*, 38, 3, 312-325.
- Fischer-Antze, T., Gutknecht, D. (2004). Morphological changes of the Danube river east of Vienna over the last nine years. In *Proceedings of the XXIInd Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management*. Brno (ČHMU), CD-ROM.
- GREGORY, K. J., CHIN, A. (2002). Urban stream channel hazards. *Area*, 34, 3, 312-321.
- GUPTA, A. (2002). Large rivers. *Geomorphology*, 44, 173-174.
- GUPTA, A., LIM, H., HUANG, X., CHEN, P. (2002). Evaluation of part of the Mekong River using satellite imagery. *Geomorphology*, 44, 221-239.
- 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, 25-41.
- HULMAN, R., ŠAJGALÍK, J., VÁMOŠ, F. (1974). Geotechnické pomery výstavby Petržalky. *Mineralia Slovaca*, 6, 1, 41-53.
- CHOVANEC, A., WARINGER, J., STRAIF, M., GRAF, W., RECKENDORFER, W., WARINGER-LÖSCHENKOHL, A., WAIDBACHER, H., SCHULTZ, H. (2006). The Floodplain Index - a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain-systems according to the EU Water Framework Directive. In *Proceedings 36th International Conference of IAD*. Austrian Committee Danube Research / IAD, Vienna, 23-26.
- LUKNIŠ, M., MAZÚR, E. (1959). Geomorfologické regióny Žitného ostrova. *Geografický časopis*, XI, 3, 161-206.
- MAGLAY, J., ed. (1999). *Neotektonická mapa Slovenska (1:500 000)*. Bratislava (GSSR).
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. (1980). *Regionálne geomorfologické členenie (mapa 1:500 000)*. Bratislava (Geografický ústav SAV).

- MORLEY, S. A., KARR, J. R. (2002). Assessing and Restoring the Health of Urban Streams in the Puget Sound Basin. *Conservation Biology*, 16, 6, 1498-1509.
- NANSON, G. C., CROKE J. C. (1992). A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4, 459-486.
- PAUL, M. J., MEYER, J. L. (2001). Streams in the Urban Landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333-365.
- PIŠŮT, P. (2002). Channel evolution of the pre-channelized Danube river in Bratislava, Slovakia (1712 – 1886). *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 369-390.
- RECKENDORFER, W., BARANYI, CH., FUNK, A., SCHIEMER, F. (2006). Floodplain restoration by reinforcing hydrological connectivity: expected effects on aquatic mollusc communities. *Journal of Applied Ecology*, 43, 474-484.
- RHOADS, B. L., WILSON, D., URBAN, M., HERRICKS, E. E. (1999). Interaction Between Scientists and Nonscientists in Community-Based Watershed Management: Emergence of the Concept of Stream Naturalization. *Environmental Management*, 24, 3, 297-308.
- SCHABUSS, M., SCHIEMER, F., HABERSACK, H., LIEDERMANN, M. (2006). A comprehensive concept for an eco-hydrological assessment of large scale restoration programmes of floodplain rivers. In *Proceedings 36th International Conference of IAD*. Austrian Committee Danube Research / IAD, Vienna, 41-46.
- WARD, J. V., TOCKNER, K., UEHLINGER, U., MALARD, F. (2001). Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regulated Rivers: Research & Management*, 17, 311-323.
- WEIGELHOFER, G., BLASCHKE, A. P., HAIDVOGL, G., HOHENSINNER, S., RECKENDORFER, W., REITER, K., SCHUH, B., HEIN, T. (2006). Optima Lobau: An interdisciplinary scientific approach evaluating future scenarios in an urban floodplain. In *Proceedings 36th International Conference of IAD*. Austrian Committee Danube Research / IAD, Vienna, 55-60.