

## MAPOVÁNÍ MORFOLOGIE DNA KORYTA ŘEKY MORAVY NA LOKALITÁCH KVASICE A BĚLOV

Mapping of the Morava river bed morphology at the locality Kvasice and Bělov

Martin Faměra<sup>1,2</sup>, Ondřej Bábek<sup>1,2</sup>, Pablo Rigual Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ústav geologických věd, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: mafam@mail.muni.cz

<sup>2</sup> Katedra geologie PřF UP, třída Svobody 26, 771 46 Olomouc; e-mail: mafam@mail.muni.cz

(25-31 Kroměříž)

**Key words:** river regulation, depositional architecture, image analysis, sonar, StreamPro

### Abstract

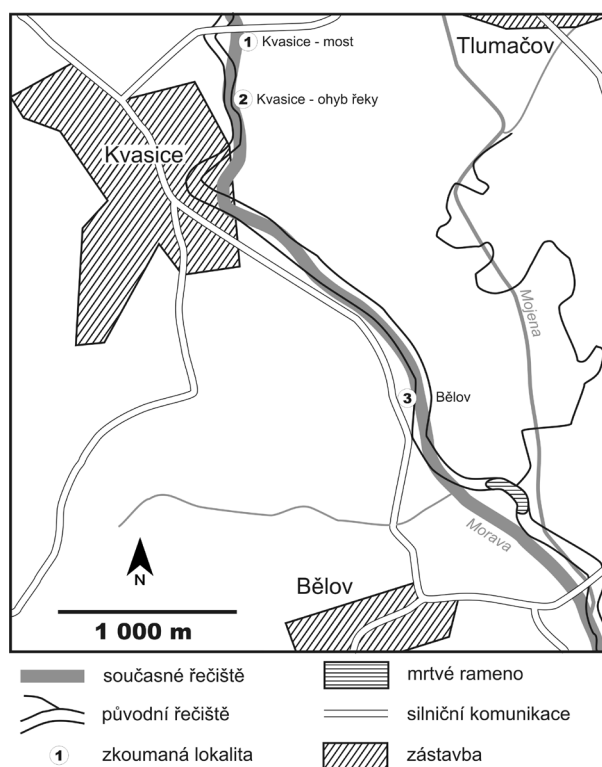
Sedimentary bodies in recent water courses represent potential accumulations of anthropogenic heavy metals and persistent organic pollutants. Three techniques were used for the mapping of underwater topography of rivers and the shape of the sediment bodies in the Morava River: single-beam sonar bathymetric profiles, flow area measurement using the StreamPro device, and image analysis of aerial photography. In this paper, we compare the above-mentioned methods with respect to their accuracy and time consuming. Despite its limited accuracy, image analysis of aerial photographs can give a quick overview of the distribution and topography of major underwater sedimentary bodies.

### Úvod

Meandrující řeky představují dynamické systémy, ve kterých je morfologie toku výsledkem sedimentace a eroze. Morfologie řek tedy úzce souvisí s ukládáním sedimentů a distribucí těles a sedimentárních facií v korytech řek. Chování sedimentu v regulovaných řekách je odlišné od přirozených systémů a jejich faciální modely nejsou příliš známé (Hesselink et al. 2003, Robert 2003, Miall 1996). Cílem této práce je studovat výskyt a morfologii sedimentačních těles v řece Moravě na základě batymetrických měření. Chování sedimentu v regulovaném řečišti nám může pomoci objasnit pohyb kontaminantů v říčních systémech. Jednou z náplní výzkumného záměru MSM 0021622412 (INCHEMBIOL) je získání přehledu o výskytu sedimentárních těles v řečišti řeky Moravy v úseku mezi obcemi Kvasice a Kostelany na Moravě. Tato sedimentární tělesa mohou představovat dočasné akumulace těžkých kovů a organických látek („chemické časované bomby“). Níže popsané metody mapování byly testovány na třech lokalitách v severní části zájmového území

### Území výzkumu

Sledovaný úsek řečiště řeky Moravy leží v prostoru mezi obcemi Kvasice a Bělov (obr. 1). Zkoumány byly lokality Kvasice - u mostu ( $49^{\circ}14'48,504''N$ ,  $17^{\circ}28'40,395''E$ ), Kvasice - ohyb řeky ( $49^{\circ}14'30,986''N$ ,  $17^{\circ}28'40,21''E$ ) a Bělov ( $49^{\circ}13'37,641''N$ ,  $17^{\circ}29'26,275''E$ ). Tato část toku prošla v průběhu 20. století protipovodňovými opatřeními v podobě regulace toku, výstavby ochranných hrází a zpevnění výsepních břehů betonovými bloky (lokality Kvasice – zatáčka). I přes uvedené zásahy zde místy dochází k ukládání sedimentu v podobě valů, které za nízkého stavu vody vystupují nad hladinu a tvoří ploché mělčiny o šířce zhruba 15 m (Kvasice – ohyb řeky). Geologicky je území tvořeno fluvialními sedimenty, převážně písčitymi hlínami, šterkovitými



Obr. 1: Schematické znázornění zájmového území s vyznačením zkoumaných lokalit.

Fig. 1: Schematic visualization of the study area with marked localities.

písky a písky. V místech starých slepých ramen a mokřadů se vyskytují i organické sedimenty (Novák et al. 1997).

### Metodika

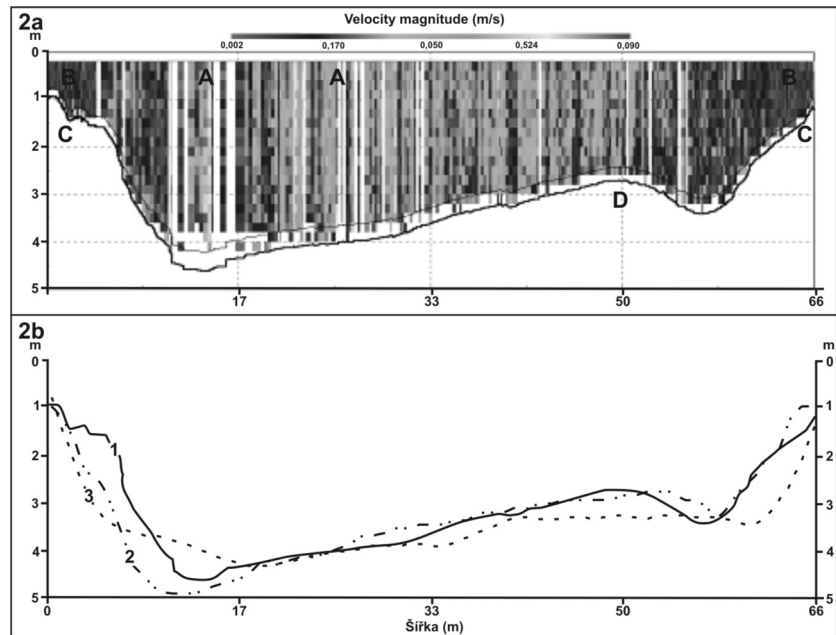
Pro pochopení pohybu sedimentů v řečišti řeky Moravy bylo nutné zmapovat výskyt sedimentárních těles v korytě

řeky a jejich rozsah. K zjištění jejich rozsahu bylo zvoleno několik metod nepřímého pozorování.

Jako první metoda bylo zvoleno měření zařízením ADCP StremPro, provedeného pracovníky ČHMÚ Brno na lokalitě Kvasice – u mostu (obr. 1). Tento akustický měřič průtoku je založený na Dopplerově jevu (Acoustics Doppler Current Profiler) a umožňuje měření rychlosti vody v úseku mezi senzorem a dnem měřeného profilu. S úspěchem je běžně používán při extrémních průtocích za povodňových stavů, ale lze jej využít i při měření ve vodních tocích s rozpětím hloubek 15 cm až několik metrů (Kolektiv autorů 2005). Zařízení (člun s měřičem) je ovládáno pomocí lana z mostu nebo za využití lanovky. Na lokalitě Kvasice – u mostu byly za použití lana (délka 60 m) změřeny 3 příčné profily (ve vzdálenosti 20, 40 a 60 metrů od mostní konstrukce). Výstupem z prováděných měření je rozložení rychlostí proudění vody v měrných profilech (obr. 2) s vyznačenou dráhou člunu a vektory rychlostí, rozložení rychlostí v jedné konkrétní vybrané svislici a její číselné charakteristiky (Kocman et al. 2006).

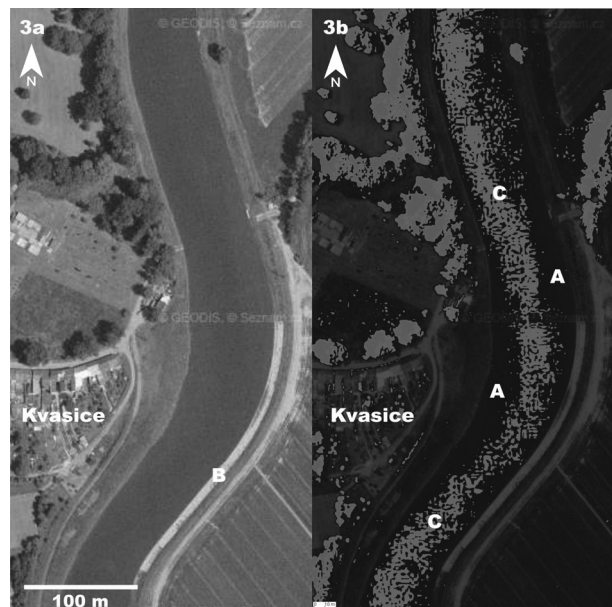
Druhou metodou měření bylo využití sonaru Garmin GPSMAP 188/238 Sounder, který je určen původně pro sportovní rybářství. Měření sonarem připevněným ke gumovému člunu bylo prováděno podél lana nataženého napříč přes koryto řeky. Jednotlivé body byly měřeny v metrových intervalech. V jednom měřeném profilu bylo tedy získáno přibližně 60 až 70 údajů o hloubce koryta a rychlosti proudění vody. Jednotlivé měřené profily byly rozmístěny v patnáctimetrových intervalech a pokrývaly tak zhruba dvousetmetrový (Kvasice – u mostu, Kvasice ohyb řeky) a 250 metrový (Bělov) úsek řeky. Ze získaných údajů byly sestaveny příčné profily řečiště a následně i 2D model řečiště (obr. 4).

Třetí metodou byla obrazová analýza digitálních ortofotomap řečiště programem pro analýzu obrazu JMicroVision 1.25. Základním předpokladem metody je, že viditelné světlo se odráží ode dna řeky a intenzita odraženého světla je v důsledku pohlcení části spektra vodou funkcí hloubky vody (Roberts – Anderson 1999). Hodnotu barevné intenzity každého pixelu lze v konečném důsledku interpretovat jako změnu v mocnosti vodního sloupce. Pro analýzu jsme použili mapy dostupné na mapovém serveru mapy.cz. Mapy byly kalibrovány na reálnou vzdálenost v metrech. V rámci této studie jsme provedli měření tří profilů intenzity v každé z uvedených lokalit. Výkyvy intenzity v rozmezí jednotek pixelů byly vyhlazeny

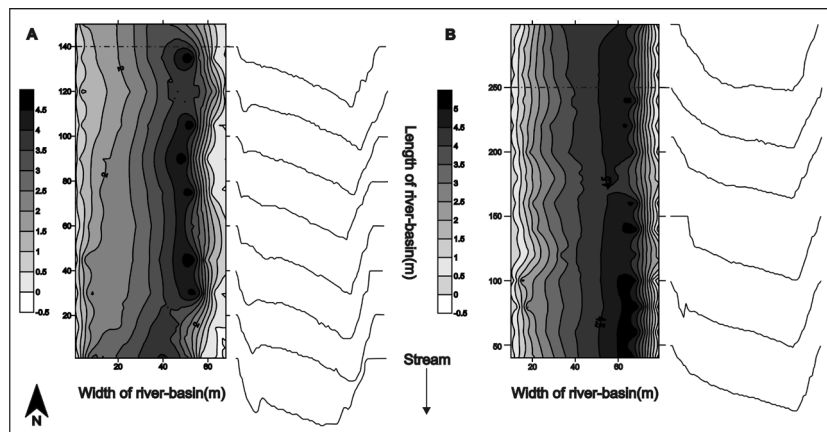


Obr. 2: Srovnání metod použitých na lokalitě Kvasice – most ke zjištění morfologie dna řeky. Obrázek 2a znázorňuje profil korytem řeky získaný zařízením StreamPro. Svislé čáry (původně barevné) značí rychlost říčního proudu v profilu řečištěm. A – nejrychlejší proudění vody, B – nejpomalejší proudění vody, C – drobná příbřežní sedimentární tělesa, D – podélné těleso uprostřed řeky. Obrázek 2b srovnává výsledné křivky. 1 – StreamPro, 2 – sonar, 3 – obrazová analýza.

Fig. 2: Comparison of the methods used for the river bed morphology survey at the locality Kvasice-bridge. The picture 2a shows river bed profile obtained by StreamPro. Vertical lines (colored in original) indicate stream velocity in the profile of the river-bed. A – fastest stream, B – slowest stream, C – sediment bars, D – diamond bar. The picture 2b compares the resulting curves. 1 – StreamPro, 2 – echo-sounder, 3 – image analysis.



Obr. 3: Ortofotomapa úseku řeky Moravy u Kvasic (3a) a stejný úsek řeky upravený v pseudobarvě v programu JMicroVision 1.25 (3b). A – sedimentární tělesa, B – zpevnění výsepního břehu betonovými bloky, C – nejhlubší část koryta řeky (proudnice). Fig. 3: Aerial photograph of the part of the River Morava near Kvasice (3a) and the same area shown in pseudocolor using JMicroVision 1.25 platform (3b). A – sedimentary bodies, B – reinforcement of river bank by concrete blocks, C – the deepest part of the river bed (thalweg).



Obr. 4: Srovnání morfologie dna na lokalitách Kvasice – most (A) a Bělov (B). Nejhlubší místa koryta jsou znázorněna tmavými odstíny. Měření provedeno sonarem Garmin GPSMAP 188/238 Sounder.

Fig. 4: Comparison of river bed morphology on the locality Kvasice – bridge (A) and Bělov (B). The deepest parts of river bed are marked in dark tints. Measured by single-beam sonar Garmin GPSMAP 188/238 Sounder.

pomocí low bandpass filtru založeném na dvojnásobné aplikaci 11-bodového klouzavého průměru. Kvalitativní vyjádření batymetrie bylo provedeno pomocí vizualizace v pseudobarvách (obr. 3b). Křivka obrazové analýzy byla získána v programu JMicroVision úpravou snímku, který vyjadřuje změny intenzity barev vody (obr. 3) na linii, po které probíhala měření StreamPro a sonarem.

### Výsledky

Výsledkem měření provedených na studovaných lokalitách byla série profilů korytem řeky Moravy. Zařízení StreamPro ukázalo dvě maximální hloubky (obr. 2a), 5,5 m (levá strana koryta) a 3,5 metru, mezi kterými se nachází podélné sedimentární těleso (obr. 2a), široké přibližně 20 metrů. Drobnější tělesa sedimentů o šířce do jednoho metru (lokality Kvasice – most a Bělov) se nachází při břehu řeky (obr. 2a). Tato příbřežní tělesa se na lokalitě Kvasice – ohyb rozšiřují až na přibližně 20 m a tvoří zde plochou mělčinu. Z profilu je patrné i rozložení rychlostí proudění v měrném profilu na lokalitě Kvasice – most (obr. 2a), kde nevyšší rychlost je ve svislici nad nejhlubším místem koryta (A) a nejnižší při obou březích řeky (B), což podmiňuje i ukládání sedimentu v korytě. Křivka sonarového měření (obr. 2b) se příliš neliší od křivky StreamPro. Údaje o hloubce vody ze sonarových měření lze dále zpracovat např. pomocí aplikace Surfer 7.0 a konstruovat 3D nebo 2D modely koryta řeky.

Křivka StreamPro na obrázku 2b není výsledkem terénních měření, a proto se odlišuje od křivek předchozích. Úpravou ortofotomap lze získat informace o velikosti sedimentárních těles a průběhu nejhlubší části koryta v řečišti (obr. 3). Jakákoliv změna kvality povrchu, v našem případě hloubka vody, se projeví změnou odstínu zvolené barvy. Pro naše účely jsme zvolili barvu červenou. Každá hloubková úroveň pohlcuje jiné množství červeného spektra. Směrem do hloubky je červená barva pohlcována více, což se nám na snímku projeví barevnou změnou.

### Závěr

Získaná data nám dovolují srovnání prezentovaných metod. Obrazová analýza ortofotomap je velice rychlá, levná a pohodlná cesta k získání prvotní představy o výskytu sedimentárních těles pod vodní hladinou a orientační hloubce vody ve vybraném úseku řeky. Změna intenzity barev je relativní, proto je nutné brát výsledky pouze orientačně. Sonarová měření jsou sice přesná, ale časově velice náročná a vyžadují použití člunu při měření.

Zařízení StreamPro je naopak metoda velice rychlá a poměrně přesná. Jednou z nevýhod je nutnost tažení zařízení pomocí lana z mostní konstrukce nebo za pomoci lanovky. Nevýhodou je i cena tohoto zařízení nebo samotného měření realizovaného jako služby.

### Poděkování

Studium bylo podporováno výzkumným záměrem MSM 0021622412.

### Literatura

- Hesselink, A. W. – Weerts, H. J. T. – Berendsen, H. J. A. (2003): Alluvial architecture of the human-influenced river Rhine, The Netherlands. – *Sedim. Geology*, 161, 129–248.
- Kocman, T. – Sklenář, J. – Žalio, R. (2006): Měření průtoku – Kvasice. – 3–8, ČHMÚ Praha, Odd. hydrologické přístrojové techniky. MS Archiv autora. Praha.
- Kolektiv autorů (2005): Hydrologická ročenka České republiky 2004. Kapitola 5.3 [online]. c2005, poslední aktualizace 25.2.2008. [cit. 2008–20–2]. Dostupné z WWW: <<http://www.chmi.cz/hydro/hr/index1.html>>
- Miall, A. D. (1996): *The Geology of Fluvial Deposits*. – 1–582, Springer. Berlin.
- Novák, Z. – Havlíček, P. – Pálenský, P. – Holásek, O. – Svatoška, M. (1997): Geologická mapa ČR. List 25-31 Kroměříž, 1:50 000. – Česká geologická služba. Praha.
- Robert, A. (2003): *River processes. An introduction to Fluvial Dynamics*. – 1–240, Hodder Arnold. London.
- Roberts, A. C. B. – Anderson, J. M. (1999): Shallow water bathymetry using integrated airborne multi-spectral remote sensing. – *Int. J. Remote Sensing* 20, 3, 497–510.