

REVITALIZÁCIA VODNÝCH TOKOV – PREHĽAD METÓD NÁVRHU KORYTA RIVER RESTORATION – REVIEW OF METHODS FOR CHANNEL DESIGN

Peter Halaj

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

ABSTRACT

In Slovakia river regulation measures often urge priority of exploitation aspects. This approach depreciates other important functions of natural rivers that are recovered in process of river restoration. Revitalized river also requires a new approaches connected to channel design. This task may be solved by use of one or combination of three possible methods - analog, empirical and analytical one. Each of these methods has certain application area and limits that simultaneously predetermine their role and place in river channel design of restoration projects.

KEY WORDS:

River restoration, Channel, Design, Morphology, Methods

ÚVOD

Metódy v minulosti realizovaných úprav vodných tokov na Slovensku sa opierali o STN 73 6820 a STN 73 6823 Úpravy vodných tokov a úpravy vodných tokov s malým povodím, ktoré poskytovali solídny projekčno-technologický štandard opierajúci sa o v tej dobe rešpektované teoretické východiská. Pri aplikácii týchto noriem v projekčnej praxi však často prevážili hlavne exploatačné hľadiská, ktoré v krajnej extrémnosti obmedzili funkciu tokov na ochranu proti povodniam a plnenie si úloh hlavných melioračných zariadení (recipient, odbery vody, prípadne ochrana voči cudzím vodám). Jednostranné zameranie úprav na abiotickú zložku tokov a zároveň zúžený pohľad na procesy prebiehajúce v neupravenom toku (dynamika a charakter morfológických procesov, vplyv inundačného územia) vyúsťovali nezriedka v technokraticky poňaté návrhy. Pre tento charakter zmien tokov sa zaužíval pojem „*kanalizovanie vodných tokov*“. Kanalizovaný vodný tok identifikujeme podľa napriamenej trasy, uniformného a neprirodzeného tvaru priečného profilu (veľký sklon svahov, pomer šírky dna a hĺbky profilu), sprievodných znakov nestability koryta (agradáčne resp. degradačné procesy), ako aj množstva negatívnych prejavov súvisiacich s vytvorenými podmienkami pre biotu toku. Pri už spomenutom prístupe k úpravám dochádzalo k podceňovaniu ďalších, významom minimálne rovnocenných funkcií tokov: ekologickej, biologickej, krajnotvornej a estetickej, ktoré sa snažíme obnovovať práve v procese revitalizácie vodných tokov. Degradácia tokov sa však prejavila aj na neupravených úsekoch a nachádzame ju i na úpravami nedotknutých, prirodzených vodných tokoch, pričom symptómy sú obdobné, aj keď nie tak výrazné a mnohostranné ako v prípade kanalizovaných tokov.

Táto skutočnosť súvisí spravidla so zmenenými podmienkami v povodí, vrátane redukcie sprievodnej vegetácie vodných tokov a následnými zmenami v hydrologickom a splaveninovom režime tokov.

Revitalizácia vodných tokov a úpravy tokov v súlade s požiadavkami kladenými na revitalizovaný vodný tok si vyžadujú nové, komplexnejšie poňaté prístupy už v štádiu ich navrhovania. To umožní zachovať, resp. prinavrátiť vodnému toku jeho prírodný charakter a zároveň vytvorí podmienky pre čo najúplnejšie zabezpečenie funkcií vodného toku v krajinnom prostredí.

Súčasťou renaturácie tokov, resp. jednou z možných alternatív riešenia revitalizácie tokov, s ktorou sa môžeme stretnúť po uskutočnení prieskumných a analytických prác je návrh úpravy koryta vodného toku. V súčasnosti publikované metodiky návrhu koryt v oblasti revitalizácie tokov a tokárstva (FISWRG, 1998), (SOAR et al., 2001), (WATSON et al., 1999), (SHIELDS et al., 2003) naznačujú potrebu komplexného prístupu. Spoločným znakom týchto metodík je ich cieľ: dosiahnuť stav ku ktorému konverguje prirodzený vodný tok a ktorý znamená stav rovnováhy medzi tvarom koryta na jednej strane a vplyvom hydrologických vstupov a prísunom splavenín na strane druhej (LEOPOLD a MADDOCK, 1953). Presnejšie definuje tieto vplyvy SKIDMORE et al., (2003), ktorý uvádza, že tvar koryta je ovplyvňovaný nezávislými premennými ako prietok vody, prietok splavenín a charakter materiálu koryta vrátane vplyvu brehových porastov. Za závislé premenné považuje morfológické charakteristiky koryta vodného toku (šírka v hladine, hĺbka, sklon dna a parametre pôdorysného tvaru), ktoré sú výstupom použitej metodiky. Koryto s optimálnymi rozmermi a tvarom potom zostáva stabilné za predpokladu konzistentných podmienok v celom povodí (DOYLE et al., 1999). Zároveň pre udržanie stability je nutné, aby koryto s optimálnymi parametrami umožnilo vode prúdiť takou profilovou rýchlosťou, ktorá je potrebná len k transportu splavenín z vyššie položených úsekov (MACKIN, 1948). Z hľadiska revitalizácie tokov je preto dôležitý pojem „*dynamická rovnováha*“, ktorý sa po prvý raz objavuje v článkoch, ktoré publikovali na prelome 50-tych a 60-tych rokov napr. STRAHLER (1957) a HACK (1960) a ďalší (In: LEOPOLD, 1964). Tento termín pomenúva otvorený systém v ustálenom stave, v ktorom existuje spojitý materiálový tok, pričom tvar, resp. charakter systému (v našom prípade koryto) zostáva nezmenený. Práve takto definovaný stav koryta sa pri spoločenskej akceptovateľnosti zmien vo využití inundačného územia snažíme dosiahnuť.

Návrh úpravy koryta, pokiaľ je jednou z alternatív možného riešenia, sa stáva jedným z kľúčových prvkov, na ktorom závisí úspech revitalizačného projektu. Týka sa všetkých morfológických parametrov koryta toku t.j. priečného profilu, pôdorysného tvaru a pozdĺžneho sklonu dna.

MATERIÁL A METODIKA

Vo všeobecnosti prichádzajú do úvahy tri rozdielne prístupy pri riešení návrhu koryta:

1. Metódy analogónu si osvojujú šablónu (vzor) historickej podoby koryta, alebo k nemu prilahlých úsekov. Pri ich aplikácii sa predpokladá existencia rovnováhy medzi tvarom koryta a hydrologickými pomermi spolu s bilanciou splavenín.

2. Empirické metódy, ktoré môžeme rozdeliť na:

- teóriu režimov a

- metódy hydraulickej geometrie a

ktoré využívajú rovnice vyjadrujúce vzájomné vzťahy medzi charakteristikami koryta. Rovnice sú odvodené buď z regionalizovaných (určitá oblasť), alebo univerzálnych súborov dát (bez teritoriálneho vymedzenia), čo spolu s ďalšími podmienkami určuje rozsah ich platnosti.

3. Metódy analytické používajú matematické resp. numerické modely hydraulických javov, ktoré spolu s rovnicami vyjadrujúcimi prietok splavenín umožňujú definovať rovnovážne podmienky. Preto sú aplikovateľné v situáciách, keď aktuálne podmienky v koryte toku nie sú v rovnovážnom stave s existujúcimi hydrologickými pomermi a bilanciou splavenín.

Metódy analogónu

Vo svojej najjednoduchšej forme predstavujú využitie vzoru, šablóny úseku vodného toku pre návrh revitalizačných úprav. Ako šablónu môžeme použiť úsek toku z inej lokality, alebo aj úsek z tej istej lokality ako revitalizovaný tok, ale vo svojej podobe z minulosti.

Metódy analogónu majú v zahraničí pomerne veľkú popularitu, za čo vďaka svojej jednoduchosti, ktorá spočíva v reprodukcii charakteristík optimálneho koryta prirodzeného vodného toku (analogónu) na revitalizovaný vodný tok. Úspešnosť revitalizácie bude závisieť od toho, do akej miery sú reprodukované abiotické podmienky zhodné s cieľovým stavom systému. Tento spôsob reprodukcie vlastností koryta vodného toku je aplikovateľný nie len pre revitalizáciu úseku toku, ale aj pre obnovu mezohabitatu resp. mikrohabitatu vodného toku (brodové a medzibrodové úseky, detailná morfológia priečného profilu). Použitie metódy vyžaduje realizáciu podrobného terénneho zamerania geometrických charakteristík koryta vodného toku a ich následné využitie pri návrhu revitalizácie koryta. Vlastný návrh už nevyžaduje analýzu hydrologických podmienok a vyhodnotenie bilancie splavenín. Na druhej strane je vo fáze výberu prístupu veľmi dôležité dôkladné posúdenie stability povodia, čo je nevyhnutnou podmienkou použitia metód analogónu.

V literatúre sa rozlišujú 4 metódy založené na princípe analogónu:

1. Metóda referenčného (reprezentatívneho) úseku, ktorú popisuje napr. ROSGEN (1996) vychádza z realizácie terénnych meraní v referenčných úsekoch a následnom použití zistených parametrov koryta (šírka, hĺbka, sklon dna, zrnitostné zloženie dnového materiálu, šírka inundačného územia, vlnitosť trasy atď.) pre revitalizáciu určeného úseku toku. ROSGEN (1998) popisuje postup využitia svojho klasifikačného systému pre návrh revitalizácie koryta. Ním navrhnutý postup zatriedi referenčný úsek do konkrétneho typu vodného toku v rámci klasifikačného systému. Návrh úprav koryta potom vychádza z bezrozmerných charakteristík (napr. relatívna šírka koryta – šírka v hladine B/ hĺbka vody h, atď.), ktoré tento typ toku popisujú a ktoré sa aplikujú na revitalizovaný úsek koryta toku.
2. Metóda „cez kopirák“ (carbon copy) (FISRWG, 1998) je založená na návrate k predchádzajúcej, resp. historickej podobe koryta revitalizovaného toku. Najčastejšie sa využíva pri obnove pôvodnej trasy, ktorá bola úpravnými opatreniami napriamená. Historickú podobu trasy toku zisťujeme pomocou terénnych meraní, leteckých snímok, alebo na základe mapových podkladov.

3. Metóda cieľového analogónu (FISRWG, 1998) využíva špecifické prvky existujúceho koryta toku, ktoré sa považujú za vzory, a ktoré zabezpečia dosiahnutie požadovaných cieľových podmienok v revitalizovanom úseku toku.
4. Metódu analogónu priečného profilu (FRIPP, J.R. et al., 2001) zo stabilných úsekov toku môžeme využiť pri odhade dominantného prietoku, odvádzaní mernej krivky prietoku a pri posudzovaní charakteru splaveninového režimu toku. Na základe týchto údajov navrhujeme úpravu koryta v príľahlých nestabilných úsekoch.

Empirické metódy

Pri týchto metódach návrhové parametre morfológických charakteristík koryta vodného toku vypočítame pomocou empirických rovníc, kde ako vstupné hodnoty zadávame nezávislé premenné, alebo konštanty. SKIDMORE et al. (2001) definuje štyri podmienky, ktorých splnenie je nevyhnutné pre využitie tejto metódy:

1. Povodie, v ktorom sa pre revitalizáciu navrhnutý tok nachádza musí byť stabilné a v súčasnej fáze bezo zmien.
2. Povodie a koryto vodného toku, z ktorého získavame referenčné dáta je stabilné a je v rovnovážnom stave.
3. Existuje podobnosť charakteristík povodia a koryta referenčného toku, z ktorého sme empirické dáta získali a povodia s korytom revitalizovaného toku.
4. Rozptyl hodnôt charakteristík získaných pomocou empirických rovníc musí byť v rámci ich intervalov platnosti.

Rôzni autori uvádzajú prehľad empirických rovníc patriacich buď do *teórie režimov* a *hydraulickej geometrie*, napr.: WILLIAMS (1986), NALDER (1997), (FISRWG, 1998) Tieto rovnice sú aplikovateľné len v určitom rozsahu, ktorý je daný typom toku pre ktorý boli závislosti odvodené. Môžu mať lokálnu, regionálnu, alebo univerzálnu platnosť. Z hľadiska spoľahlivosti, sú z rovníc popisujúcich vzťah medzi rozmermi koryta a charakteristickým prietokom najvhodnejšie rovnice pre vyjadrenie šírky koryta a najmenej vhodné rovnice pre výpočet sklonu dna. Slabé miesta týchto rovníc spočívajú napríklad v tom, že šírka koryta je ovplyvňovaná vlastnosťami materiálu a brehovou vegetáciou a práve tieto faktory nie sú spravidla vo vzťahoch zohľadňované, čo môže ovplyvniť presnosť odhadu.

Empirické rovnice používame pre určenie základných, prvotných charakteristík koryta (šírka koryta), z ktorých odvádzame ďalšie charakteristiky a ktoré môžeme upresniť jednou z ďalších metód.

Analytické metódy

Analytické metódy (SHIELDS, F.D. Jr. et al., 2003; SHIELDS, 1996; FISRWG, 1998; SKIDMORE et al., 2001) sa v poslednom období stávajú čoraz populárnejším hlavne pri riešení revitalizácie tokov v zastavanom území, alebo v podmienkach degradovaných ekosystémov. Vo svojej podstate sú tieto metódy založené na riešení riadiacich rovníc popisujúcich zásadné fyzikálne deje odohrávajúce sa vo fluvialných systémoch a ktoré ovplyvňujú formovanie koryta vodného toku. Preto sa opierame v podstate o tri rovnice:

rovnicu kontinuity, základnú rovnicu ustáleného nerovnomerného prúdenia a jednu z množstva rovníc vyjadrujúcich prietok splavenín. Ich riešenie vyžaduje spravidla niekoľko nezávislých premenných pomocou ktorých sa vyčíslia hľadané parametre koryta.

Tieto metódy sa považujú za najhodnotnejšie práve pre ich schopnosť špecifikovať resp. odhadnúť nezávislé premenné a na ich základe predpovedať, alebo určiť hľadané hodnoty závislých premenných. Zvlášť významné je to v situáciách, pri ktorých nemôžeme z rôznych dôvodov použiť ani jednu z predchádzajúcich metód.

Analytické metódy môžeme využiť pri výpočte nasledovných charakteristík:

1. Prietok splavenín a bilancia splavenín.
2. Trvanie prietokov resp. dobu opakovania prietokov pomocou simulačných modelov.
3. Geometrické parametre koryta vodného toku.

Pomocou týchto metód môžeme tiež otestovať v dlhodobej prognóze vertikálnu stabilitu upraveného koryta, hodnoty tangenciálneho napätia a profilových rýchlostí. Používajú sa aj ako kontrolné nástroje pre korytá, ktorých úpravy boli navrhnuté podľa metódy analogónu, alebo vychádzali empirického prístupu. Pred použitím týchto metód je však dôležité dôkladné zváženie jej aplikovateľnosti pre konkrétny projekt.

Analytické metódy môžeme kategorizovať podľa špecifickej oblasti, ktorá je cieľom revitalizačných opatrení napr. hydraulika a hydroológia toku, geometria toku, alebo problematika splavenín. Takto môžeme skúmať hydraulické a hydrologické návrhové parametre ako napr.: priebeh vodných stavov, tangenciálne napätia, rozsah a trvanie inundácií atď., geometrické prvky návrhu: tvar a rozmery koryta pre daný sklon, pôdorysný tvar koryta a charakteristiky týkajúce sa splavenín - priemer efektívneho zrna (pri stabilizácii koryta), analýza splaveninového režimu vo vzťahu k stabilite geometrie koryta atď.

Pri využití týchto metód sú nápomocné rôzne softvérové prostriedky – matematické resp. numerické modely ako napr. HEC-6 , GSTARS, FLUVIAL-12 atď., ktoré majú svoje konkrétne miesto v postupnosti úloh pri návrhu revitalizačných opatrení. Detailnejší prehľad používaných modelov uvádza napr. FISRWG (1998).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Všetky spomenuté metódy sú založené na predpoklade, že prirodzené toky majú tendenciu približovať sa rovnovážnemu stavu, ktorý existuje medzi morfológiou koryta toku na jednej strane a prísunom splavenín a hydrologickými podmienkami na strane druhej. Činitele charakterizované nezávislými premennými (prietok vody a prietok splavenín) spolu s vplyvom okrajových podmienok (geomorfológia riečného údolia, vlastnosti materiálu koryta a brehovej vegetácie) vyvolávajú proces formovania koryta. Závislé premenné sú reprezentované charakteristikami popisujúcimi morfológiu koryta (šírka toku v hladine, hĺbka, pozdĺžny sklon a pôdorysný tvar) a tieto selektívne využívame v už spomenutých prístupoch.

Metóda analogónu sa zaobíde bez špecifikácie akejkoľvek nezávislej premennej. Empirický prístup spravidla vyžaduje kvantifikáciu určitého charakteristického prietoku (brehová voda, korytotvorný prietok,

n-ročná voda, dlhodobý ročný prietok atď.) bez uvažovania prietoku splavenín. Pri analytickom prístupe je potrebné zadávať všetky už spomínané nezávislé premenné. Každá z vymenovaných metód má určité obmedzenia, ktoré musíme brať do úvahy pri ich aplikácii.

Obmedzenia v použití metód analogónu

Nevyhnutnou podmienkou použitia tejto metódy je podmienkami identické povodie a zhoda okrajových podmienok analogónu a pre revitalizáciu určeného úseku. Procesy formovania koryta vodného toku sú v hlavnej miere závislé od troch základných charakteristík: bilancia splavenín (prietok, charakteristiky a uloženie splavenín), odtokový režim (časové rozdelenie a kvantita) a okrajové podmienky (mechanické vlastnosti materiálu brehov a vplyv vegetácie). Použitie metód analogónu je preto obmedzené len pre prípady podobnosti analogónu a revitalizovaného úseku v týchto troch faktorov.

Metódy analogónu sú aplikovateľné len pri platnosti predpokladu rovnováhy medzi už spomínanými nezávislými a závislými premennými. Preto tieto metódy nepoužívame v prípade neustále sa meniacich podmienok v povodí (zastavané územia), alebo v prípade nestability podmienok v koryte toku (výskyt agradačných procesov).

Ďalšou nevýhodou týchto metód je fakt, že sa pri ich aplikácii ignorujú relatívne dôležité závislé a nezávislé premenné. Napr. zlý odhad drsnosti koryta pri výpočte brehovej vody môže spôsobiť značné rozdiely vo výsledkoch výpočtu. Preto pri použití metód analogónu musíme dokonale prekopírovať i drsnostné charakteristiky (vegetácia, substrát, morfológická diverzita dna) a tým zaručiť rovnosť podmienok medzi analogónom a revitalizovaným úsekom.

Obmedzenia v použití empirických metód

Pri použití tejto metódy je potrebný kritický prístup, pretože voľba neadekvátnych rovníc pri odvádzaní geometrických charakteristík koryta vodného toku môže viesť k neúspechu celého revitalizačného projektu. Použitie týchto metód sa neodporúča v prípade:

1. nestabilných koryt tokov procesoch agradácie resp. degradácie,
2. priestorových obmedzení pre rozvinutie optimálneho pôdorysného tvaru koryta.
3. Použitie empirických rovníc, ktoré nešpecifikujú prietok splavenín sú použiteľné len pre toky s relatívne malými hodnotami tejto charakteristiky.
4. Absencia empirických rovníc vhodných pre použitie na revitalizovaný tok.

Obmedzenia a riziká pri použití analytických metód:

Obmedzenia pre analytické metódy, ktoré vďaka svojej detailnosti a relatívnej vierohodnosti popisu a kvantifikácie hydraulických, hydrologických a morfológických javov procesov, sa v porovnaní s predchádzajúcimi metódami týkajú úplne odlišných položiek:

1. Dostupnosť a kvalita vstupných údajov.
2. Schematizácia procesov a náhrada premenných konštantami pri zadávaní vstupných údajov.
3. Nepresnosti pri výpočtoch prietoku splavenín i pri správne použitých rovniciach.

4. Výstupné hodnoty predstavujú presné absolútne hodnoty, pričom väčšina charakteristík má prirodzenú variabilitu napr. charakteristiky pôdorysného tvaru koryta.
5. Finančná náročnosť a potreba odbornej zdatnosti pri aplikácii analytických metód (zber údajov, výpočtové prostriedky, multidisciplinárny prístup).

Parametre koryta vodného toku, ktoré získame pomocou jednej z vymenovaných metód predstavujú priemery, okolo ktorých sú rozptýlené ich reálne hodnoty v prirodzenom vodnom toku (týka sa to hlavne empirických metód). Pri návrhu týchto parametrov je preto potrebné zohľadňovať túto prirodzenú variabilitu morfológických vlastností koryta.

Návrhovým prvkom, ktorý z pohľadu renaturácie a revitalizácie prirodzených tokov získava nový rozmer je stanovenie hodnoty návrhového prietoku. Pri jeho určovaní sa spravidla opierame o hodnoty korytotvorného prietoku, alebo brehovej vody, ktoré zistíme výpočtom na základe údajov z analógónu. Pri použití empirických metód je spravidla prietok kvalitatívne určený v rámci popisu nezávisle premenných v rovniciach. V analytických metódach pracujeme s prietokovými radami, prípadne s čiarami prekročenia.

Pretože takto kvantifikované hodnoty návrhového prietoku dosahujú úroveň maximálne 1 až 2-ročného prietoku a spolu s ďalšími opatreniami v koryte znamenajú často zníženie pôvodnej prietokovej kapacity priečného profilu a výskyt frekventovanejších záplav v inundačnom území. A tak ako aj rozvinutie vlnovitej trasy v údolnej nive, musia byť tieto skutočnosti najskôr akceptované vlastníckmi, resp. užívateľmi pozemkov priľahlých k vodnému toku.

V prípadoch revitalizácie upravených tokov, kde nie je možné dosiahnuť zníženie úrovne protipovodňovej ochrany, hľadáme iné varianty riešenia revitalizácie koryta.

Krokom nasledujúcim po návrhu koryta revitalizovaného toku je riešenie a následné posúdenie kvality mezo a mikrohabitatu (vytvorenie brodových a medzibrodových úsekov, výstavba revitalizačných objektov, návrh obnovy, resp. výsadby brehových porastov, využitie vhodnostných kriviek pri návrhu mikrohabitatu), ktoré uzatvárajú proces formovania morfológie koryta vodného toku.

Nakoniec zhrnieme základné faktory, ktoré ovplyvňujú výber prístupu použitého pri návrhu revitalizačných úprav koryta vodného toku:

- stabilita povodia a koryta vodného toku,
- možnosť využitia metódy analógónu, alebo empirického prístupu,
- miera, s akou môžeme nezávislé premenné popisujúce hydrologické podmienky a charakteristiky súvisiace so splaveninami kvantifikovať

SÚHRN

Pri návrhu úprav vodných tokov na Slovensku často prevažovali hlavne exploatačné hľadiská. Pri tomto prístupe dochádzalo k podceňovaniu ďalších dôležitých funkcií vodných tokov, ktoré sa snažíme obnovovať práve v procese ich revitalizácie. Revitalizácia vodných tokov a úpravy tokov v súlade s požiadavkami kladenými na revitalizovaný vodný tok si vyžadujú nové, komplexnejšie poňaté prístupy už v štádiu

navrhovania koryt tokov. Pri riešení tejto úlohy prichádzajú do úvahy tri rozdielne skupiny metód. Metódy analogónu, empirické metódy a analytické metódy. Každý z týchto rozdielnych prístupov má určitý aplikačný rozsah a obmedzenia, ktoré zároveň predurčujú ich úlohu a postavenie v procese návrhu revitalizovaného koryta vodného toku.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Revitalizácia, vodný tok, koryto, návrh, metódy

LITERATÚRA

- DOYLE, M.W. et al.: River Restoration Channel Design : Back to the Basics of Dominant Discharge. In: Proceedings of The Second International Conference on Natural Channel Systems. Niagara Falls, Canada 1999. s. 12
- FISRWG: Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)(15 Federal agencies of the US gov't). GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN 3/PT.653, 1998. ISBN-0-934213-59-3.
- FRIPP, J.R. et al.: An overview of the USACE Stream Restoration Guidelines. In: Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, vol. II., Reno, 2001 s.1-8
- HALAJ, P: Revitalizácia vodných tokov (v tlači).
- LEOPOLD, L.B. et al. : The Hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implication. U.S. Geological Survey Professional Paper 252, Washington DC, 1953. s. 57. ISBN 0607694602
- LEOPOLD, L.B. et al.: Fluvial Processes in Geomorphology. W.H. Freeman and Co.: San Francisco, 1964. 522 s.
- MACKIN, J.H.: Concept of the graded river. In: Geol. Soc. Am. Bull., vol. 59, 1948. s. 632-636
- NALDER, G.: Aspects of flow in meandering channels. IPENZ Transactions, vol. 24, no.1/GEN, 1997. s.41-48
- ROSGEN, D.L.: Applied River Morphology. Wildland Hydrology Books , Pagosa Springs, 1996. s. 390
- ROSGEN, D.L.: The Reference Reach – A Blueprint for Natural Channel Design. In: Proceedings ASCE Wetlands Engineering and River Restoration Conference, Denver, Colorado, 1998. s.9
- SHIELDS, F.D. Jr.: Chapter 2: Hydraulic and hydrologic stability. In: River Channel Restoration. Wiley : Chichester, 1996. s. 23-74
- SHIELDS, F.D. Jr. et al.: Design for Stream Restoration. In: Journal of Hydraulic Engineering, vol. 129, no. 8, 2003. s. 575-584
- SKIDMORE, P. B. et al.: A categorization of approaches to natural channel design. Proceedings of the 2001 ASCE Wetlands Engineering and River Restoration Conference, Reno, Nevada, 2001. II. s. 42-54
- SOAR, P.J. et al.,: Channel restoration design for meandering rivers. In: Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, Reno, 2001. II.- s. 152-160
- WATSON, C.C. et al., : Channel Rehabilitation: Processes Design and Implementation. Guidelines prepared for workshop presented by US EPA, 1999. s.12

WILLIAMS, G.P.: River meanders and channel size. Journal of Hydrology 88, 1986. s. 147-164

STN 73 6820 Úpravy vodných tokov

STN 73 6823 Úpravy vodných tokov s malým povodím

Kontaktná adresa:

Ing. Peter Halaj, CSc., Katedra krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva,
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Hospodárska 7, 949 76 Nitra tel.č: 037/6514527, fax.:
037/6512941. email: Peter.Halaj@uniag.sk