



Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Katedra fyzickej geografie a geoekológie

Nezisková organizácia EDULAB
Klub učiteľov geovied

odborná skupina pri Slovenskej geologickej spoločnosti pri SAV

Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov
Projekt KEGA č. 088UK-4/2013

Ako funguje rieka? / Pozor, veľká voda!

TEXT K PREDNÁŠKE

RNDr. Milan Lehotský, CSc.

2015

Realizáciu prednášky podporila:

KEGA č. 088UK-4/2013: Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov

Úvod

V súvislosti s vodou bola rieka považovaná za symbol času a pomínutelnosti a súčasne aj ako symbol stálej obnovy. Vyústenie riek do mora predstavuje symbol spojenia individuality a absolútna. Štyri rajske rieky sú známe v židovskom a kresťanskom náboženstve. Ich zobrazenie ako vytekajú z horského masívu, na vrchole ktorého stojí Ježiš Kristus je v kresťanskom maliarskom umení častý symbol personifikácie štyroch evanjelistov. Už len z tejto symboliky vidíme, že rieky (pod nimi chápeme vodný tok všeobecne) hrali v histórii ľudstva vždy významnú úlohu. Ich hodnota je multidimenzionálna a vzťah človeka k nej sa mení v časovej aj priestorovej polohe. Z jeho premenlivosti vyplývajú aj konkrétne prejavy interakcie človek - rieka. Sú obdobia, keď sa interakcia rieka - človek odohrávala v čisto utilitárnej a regulatívnej rovine. Inokedy zasa prevažujú snahy o ochranu prírodných hodnôt vodných tokov. V čase poznávania nových území rieky fungovali ako prístupové cesty a kolonizačné koridory. Vyvinuli sa z nich gravitačné osi ako lokalizačný líniový fenomén pre sídelnú a dopravnú sieť. Vodné toky však mnohokrát pôsobia pre rozvoj socioekonomických štruktúr ako prekážka, bariéra, ktorú je treba prekonávať investovaním nemalých finančných nákladov.

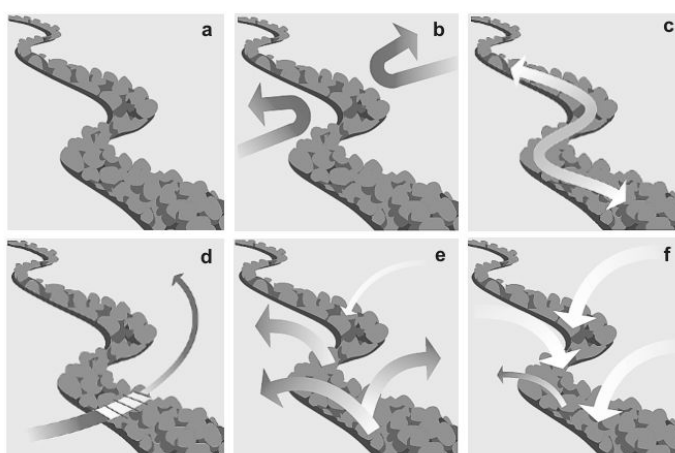
Počas minulých dvoch desaťročí, v súvislosti s klimatickými zmenami podmieňujúcimi zvýšený výskyt a mohutnosť povodní a sucha a v súvislosti s nástupom paradigmy udržateľnosti sa mení aj pohľad na rieky a ich okolie v poznávacej aj v pragmatickej rovine. Poznávanie a hodnotenie tejto priestorovej entity za účelom zachovávanie a zvyšovania prírodnej diverzity, pochopenia jej spávania počas záplav, riešenia problémov revitalizácie (obnovy) a integrovaného manažmentu sú trendom vo všetkých vyspelých krajinách. Tento trend sa odzrkadľuje aj v aktivitách Európskej únie, kde sa komplex snáh zameraných na zlepšenie stavu povrchových tokov a nív legislatívne fixuje v podobe „Rámcovej smernici o vodách“ (RSV). Tým sa od vodohospodárov a projektantov začína vyžadovať environmentálne orientovaný prístup manažovania riek založený skôr na spolupráci s prírodou ako proti nej. Podstata tohoto prístupu tkvie v prvom rade v prijatí holistického pohľadu na rieku a jej okolie, pričom sa rieka so svojim okolím definuje ako priestorový systém – riečna krajina, riečny systém, hydrosystém. V takejto, komplexnej polohe sa na jej výskum a hodnotenie aplikuje metodológia a metódy hydrológie, fluvialnej geomorfológie, hydrobiológie, hydroekológie, krajinskej ekológie, ekonómie, sociológie a legislatívy, čím sa

poskytuje vhodný aparát na integrované manažovanie, ochranu, resp. revitalizáciu riečnej krajiny. Príklady implementácie týchto ideí nachádzame v mnohých zahraničných vedecky orientovaných prácach, vo výskumných a monitorovacích programoch, ako aj v konkrétnych renaturačných a revitalizačných projektoch. Na Slovensku, na rozdiel od susedných krajín ako aj napríklad Poľska, Českej republiky, Rakúska ako aj mnohých iných vyspelých krajín sa tejto problematike v takejto polohe vo výskume a v praxi doteraz venovala len malá pozornosť. Opodstatnenosť venovať riečnej krajine náležitú pozornosť je podmienená okrem faktu potreby starať sa o vodný tok ako prírodný zdroj, udržiavať substrátovo-morfologickú diverzitu (geodiverzitu) a biologickú diverzitu, sofistikovane manažovať tento multifunkčný, mnohokrát konfliktný fenomén s vysokou koncentráciou aktivít spoločnosti, aj potrebou vyrovnať sa s realitou klimatických zmien s následkami povodní a sucha.

Riečna krajina – holistický pohľad

Pod pojmom riečna krajina chápeme koridorovú entitu nachádzajúcu sa na dne doliny, resp. inej zníženiny s vodným tokom, ktorá je „produktom“ fluviálnych procesov a ktorej základnú substrátovo-morfologickú bázu predstavujú fluviálne sedimenty morfologicky sa prejavujúce ako niva, koryto s dnom a brehmi (korytovo-nivný geosystém). Na ňu je viazaná faciálno – pôdna a habitatová štruktúra s vegetačnými a živočíšnymi spoločenstvami a napokon štruktúra krajinnej pokrývky. Priestorovo sa na najvyššej úrovni v laterálnej dimenzii diferencuje na koryto toku s jeho dnom a brehmi, na nivu s pririekou (ripariálnou) zónou a prechodnú úpätnú obrubu. Na riečnu krajinu je možné nazerať tromi spôsobmi: a) ako na prvok krajinnej mozaiky, b) ako na entitu spojenú so svojím okolím prostredníctvom dynamiky hraníc, c) ako na vnútorne heterogénnu krajinu a v naj všeobecnejšom slova zmysle nehierarchicky - ako maticu, koridor alebo mozaiku, alebo hierarchicky, ako systémom taxónov. V systémovom ponímaní jej hydrologicko-substrátovo-morfologická báza predstavuje líniový geosystém typu proces-odozva, resp. typ riadeného geosystému s hydrologickou kaskádou. Treba podčiarknuť, že nie je zhodná s morfologicky chápaným typom fluviálneho reliéfu ako ho poznáme napríklad v Atlase SSR (1980). Fluviálny typ reliéfu je na rozdiel od riečnej krajiny chápaný omnoho užšie a predstavuje taký typ reliéfu, ktorý bol na rozdiel od iných typov reliéfu ako napríklad ľadovcový, eolický a pod., formovaný činnosťou vodných tokov spolu s vodou iniciovanými svahovými procesmi. Riečna krajina

v našom ponímaní predstavuje priestorovú entitu, krajinnú štruktúru, ktorá nebola v našej geografii doteraz explicitne definovaná. Zvyčajne je prezentovaná ako nivný rádovo najnižší, neštrukturalizovaný-homogénny taxón v rámci terestrickej krajiny. Podobná situácia je aj v krajinskej ekológii, kde je riečna krajina prezentovaná a chápaná buď podobne ako vo fyzickej geografii alebo len ako biokoridor. Tento stav odpovedá skutočnosti, že hoci tieto disciplíny u nás proklamujú holistické chápanie krajiny, doteraz ho boli schopné postihovať len na malomierkových-regionálnych úrovniach a v porovnaní so štandardnou úrovňou fyzickej geografie vo vyspelých krajinách len v relatívne všeobecnej polohe. Obrazom tohoto stavu v oboch disciplínach je výskum realizovaný zvyčajne v podobe inventarizácie vlastností komponentov krajiny, vyhraničovania geoekologických, resp. iných krajinných jednotiek, definovania ich hraníc zdôrazňujúc pritom viac komponentný ako procesový aspekt geosystémov. Tento prístup výskumu krajiny sa uplatňuje pri jej geoekologickom výskume, v metodike krajinných syntéz a LANDEP-u. Jeho prvotným produktom je mapa, vzorka areálov - disjunktívny priestor, prezentovaná zvyčajne v hierarchizovanej podobe kategórie vecí. Po tejto operácii nasleduje zvyčajne proces hodnotenia areálov, resp., a to treba zdôrazniť, výskum ich formálnych, nepríčinných vzťahov. Riečna krajina so svojou hydrologicko-substrátovo-morfologickou bázou predstavuje dynamicky systém determinovaný hydrologickou kaskádou, ekologickými väzbami a napokon väzbami scio-ekonomických štruktúr. V súčasnosti, keď



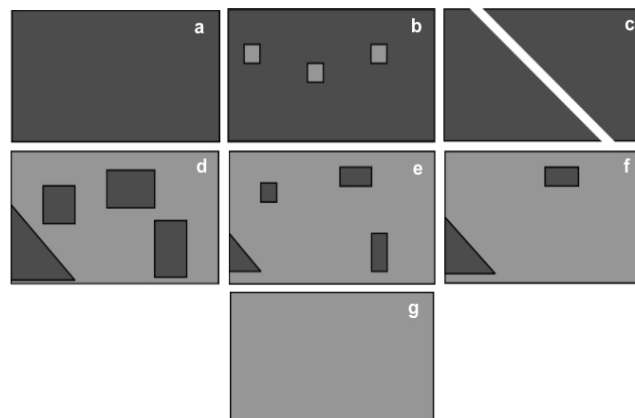
Obr. 1. Funkcie riečnej krajiny.

s katastrofickými následkami, je pri výskume priestorových systémov riečnej krajiny potrebné okrem klasifikácie krajinného priestoru mať na zreteli práve aspekty procesu, reťazenia, sekvencie či odozvy procesov. Dotýkajú sa tak prírodných zložiek riečnej krajiny, ktoré sú najtesnejšie zviazané s globálnou solárnou a hydrologickou kaskádou a najrýchlejšie a najintenzívnejšie reagujú na vyššie uvedené zmeny ako aj človeka ako perceptoru a biologickej i spoločenskej bytosti a nim vytvorených krajinných štruktúr. Z funkčného environmentálne-ekologického hľadiska riečna krajina predstavuje prostredie (a), bariéru (b), kanál (c), filter (d), zdroj (e) a recipient (f), (Obr. 1).

Koncepty riečnej krajiny

Ako vyplýva z viacerých prác Lehotského a Greškovej, pri narábaní s riečnou krajinou, či už ako objektom vedeckého výskumu alebo ako objektom manažmentu, je z prírodovedného hľadiska potrebné mať na zreteli, že jej charakter a správanie vyplýva v prvom rade z priebehu súborov procesov, ktoré sú iniciované vodou v toku, a to fyzikálne definovaných procesov prúdenia, sedimentácie, agradácie a erózie, ich priestorovej variability a odpovedajúcej štruktúre morfológických foriem. Na ne sú potom naviazané biotické štruktúry so špecifickými priestorovo-ekologickým a trofickými väzbami. Pre pochopenie genézy, priestorovej štruktúry, dynamiky a vývoja abiotických a biotických zložiek riečnej krajiny sa hľadali princípy, ktoré grupujú procesy a štruktúry na základe mechanizmov fungovania. Na takomto základe sa sformulovali nástroje-koncepty, ktoré umožňujú pochopiť priestorové formovanie štruktúr, dynamiku a vývoj riečnej krajiny a súčasne slúžia ako metodologické východiská k jej hodnoteniu a manažmentu. Podľa toho akej oblasti, či zložky sa dotýkajú ich rozdeľujeme do 9 skupín (vynechali sme oblasť chemických a biochemických a socio-ekonomických procesov):

1. koncepty riečnej krajiny vychádzajúce z **hydrológie a hydrauliky**, t. j. koncepty hydrologického cyklu a jeho priemetu v laterálnej a vertikálnej dimenzii (koncepty intercepcie, transpirácie a evapotranspirácie, infiltrácie, pôdne vlhkosti, povrchového a podpovrchového odtoku) a longitudinálnej dimenzii (koncepty korytotvorného prietoku, frekvencie a mohutnosti prietokov, hydraulickej geometrie koryta, environmentálneho prietoku),
2. koncepty **sedimentológie a hydrogeológie** (koncepty stratifikácie, triedenia a bilancie sedimentov v pozdĺžnej a laterálnej dimenzii, charakteru akviferu),
3. koncepty **fluviálnej geomorfológie** (koncepty laterálnej a vertikálnej erózie, transportu a depozície sedimentov, geomorfologického riečneho kontinua a troch zón, koncepty vývojového modelu koryta, laterálneho gradientu, rovnovážneho (režimového) stavu koryta a s ním súvisiaceho konceptu stavu plného koryta, prahov a komplexnej odozvy riečnej siete),
4. **pedologické koncepty** (koncepty pedogenézy fluvizení a koluviálnych pôd, pôdnej vlhkosti, typizácie),
5. **mikro a mezoklimatické koncepty** (koncept aktívnych povrchov, advekcie, koridorového prúdenia vzdušných mäs),
6. koncepty vychádzajúce z **krajinnej ekológie a geoekológie** (koncept štyroch dimenzií, koncepty matrice, koridoru, plôšok a ich transformácií (Obr. 2), sietí, gradientu, diverzity, rezistencie, zraniteľnosti, stability, a pod.),



Obr. 2. Grafické modely procesov transformácie priestorovej štruktúry riečnej krajiny:

a) prirodzená homogenizácia pôvodnej krajiny, b) perforácia, c) rezanie, d) fragmentácia, e) zmenšovanie, f) strácanie, g) homogenizácia substitúciou iného typu krajiny.

7. koncepty vychádzajúce z **ekológie, hydroekológie a hydrobiológie** (*koncepty riečneho kontinua, sériovej diskontinuity, rozšírenej sériovej diskontinuity, hyporeálneho koridoru, teleskopický, povodňového pulzu, cyklu expanzia-kontrakcia*),
8. **klasifikačné koncepty** (*hierarchické- Frissellov, Naimanov, Lehotského-Greškovej, nehierarchické-(Rosgenov, Montgomery-Buffingtonov)*),
9. koncepty **modelov priestorovej organizácie druhotných štruktúr** riečnej krajiny (*koncepty gravitačných modelov, polí, prírodného kapitálu, zón, a pod.*).

Hierarchický model priestorovej štruktúry riečnej krajiny

Jedným z kľúčových nástrojov poznávania krajinných štruktúr v geoekológii a krajinej ekológii je koncept hierarchickej kompozície geosystémov (plôšok). Prijatie takéhoto pohľadu na priestorové systémy sa všeobecne z metodologického hľadiska považuje za jeden z najdôležitejších. Na jeho základe je možné priestor „rozložiť“, klasifikovať, pochopiť genézu a fungovanie. Aj na riečnu krajinu s definovanou polohu v povodí je možné, ba potrebné pozeráť cez prizmu hierarchie. Riečna krajina má zákonitú priestorovú hierarchickú štruktúru determinovanú štruktúrou morfológie riek ako efektu klimaticko-hydrologických procesov. Na základe morfodynamických kritérií ako vedúceho faktora a hierarchickej klasifikácie morfológie riek - RMHC (River Morphology Hierarchical Classification) - reliéfu, podobne ako je to u terestrických typov krajiny, prezentujeme sedem úrovňový klasifikačný systém riečnej krajiny – RLHC (Riverine Landscape Hierarchical Classification). Prezentovaný model je zložený z nasledovných taxónov:

1. **Povodie** – zemský povrch, ktorý prispieva vodou a sedimentmi do nejakej riečnej siete v danom riečnom profile. Rozdeľuje sa na časti s dominanciou svahových, alebo fluvialných procesov. Zvodnencové (akviferové) prvky sú determinované variabilitou riečnej siete, litológiou povodia, krajinnou pokrývkou a všeobecnou geografickou pozíciou.

2. **Zóna** – predstavuje areál vnútri povodia, homogénny z hľadiska odtoku a produkcie sedimentov a krajinej pokrývky. Základnú typológiu zón prezentujú vo svojej práci Lehotský, Novotný.

3. **Segment** – časť zóny, koridor, ležiaci na dne doliny s kvázi homogénnym typom doliny a jej dna a riečnej siete v prislúchajúcej časti povodia, s rovnakou veľkosťou prietoku a sedimentovej záťaže, zvyčajne po sútok s prietokovo významnejším prítokom. Klasifikovaná je indexom pomeru sediment/prietok, a to vo vzťahu k pozdĺžnemu profilu a špecifickej riečnej sieti (prítoky).

4. **Riečna krajinná jednotka** – integrovaný jednoduchý koridor skladajúci sa z koryta, ripariálnej zóny, nivy, prechodnej zóny a aluviálneho zvodnenca s rôznou formou interakcie s terestrickými geosystémami. Jej hranice sú determinované riečnym typom (pôdorysnou vzorkou), frekvenciou a trvaním inundácie a morfológickými a ekosystémovými parametrami a krajinou pokrývkou.

5. **Riečny úsek** – časť koryta v longitudinálnej dimenzii, v rámci ktorej sú hranice koryta (obmedzenie) a morfológické jednotky uniformné, čím vzniká charakteristické zoskupenie geosystémov a ekosystémov. Hranice sú determinované hrubšími geomorfologickými črtami. Riečne úseky na základe typu materiálu koryta v podmienkach Slovenska načrtli Lehotský, Grešková.

6. **Korytová jednotka** – základná štruktúra koryta formovaná geomorfologickými jednotkami s rastlinnými a živočíšnymi spoločenstvami – mezohabitatmi. Hranice taxónu sú určované jemnými geomorfologickými črtami.

7. **Habitatová jednotka** – priestorovo zreteľné vodné prostredie. Determinované je časovo variabilnými hydraulickými a substrátovými charakteristikami asociovanými s korytovými jednotkami. Hranice taxónu sú určované zmenami zrnitosti, typu prúdenia, pozíciou v toku a vodnými rastlinnými spoločenstvami a spoločenstvami bezstavovcov.

Každý taxón sa od druhého odlišuje špecifickými vlastnosťami foriem mikroreliefu, jeho vzorkou, procesmi a štruktúrou ostatných komponentov riečnej krajiny. Sú navzájom prepojené na princípoch riečneho kontinua v pozdĺžnej, laterálnej, vertikálnej a časovej dimenzii. Na rozdiel od geosystémov nachádzajúcich sa v terestrických typoch krajiny (svahových), existujú tu intenzívnejšie medzitaónové vzťahy výrazne ovplyvňujúce vlastnosti a formovanie hierarchicky vyšších taxónov. Procesy prebiehajúce medzi

jednotlivými hierarchickými úrovňami riečnej krajiny prebiehajú zhora nadol, ale na rozdiel napríklad od svahových katén, aj zdola nahor.

Základná terminológia riečnej krajiny

Realizácia výskumu riečnej krajiny vyžaduje precizovanie a budovanie vlastnej terminológie, ktorá jednoznačne zadefinuje chápanie procesov, javov, genetických, geometrických foriem, vzoriek riek a pod. Pri zapájaní sa do medzinárodnej spolupráce a komunikácie s biologickými, geologickými a technickými disciplínami je nutné zabezpečiť kompatibilitu tejto terminológie so všeobecne používanou anglickou terminológiou jednotný výklad základných pojmov zabezpečuje nielen komunikáciu s inými disciplínami, ale umožňuje jasné pomenovanie vedeckých problémov a špecifikovanie oblasti výskumu.

- **agradácia - aggradation:** zvyšovanie dna koryta alebo povrchu nivy ukladaním riečnych sedimentov
- **akumulácia - accumulation:** hromadenie materiálu, resp. vody
- **aluviácia - alluviation:** proces vyplňovania dna doliny riekou transportovanými sedimentmi
- **aluviálna rieka - alluvial river:** rieka, ktorá preteká alúviom vytvoreným jej vlastnými sedimentmi
- **alúvium - alluvium:** náplavové sedimenty riečnej nivy
- **bifurkácia toku - bifurcation:** rozdelenie vodného toku na dve ramená. K tomuto javu dochádza spravidla pri náhlom zmenšení pozdĺžneho sklonu toku.
- **bočné (vedľajšie) rameno - anabranch, side channel:** aktívne rameno odčlenené od hlavného toku a neskôr sa s ním spájajúce. Odvádza v porovnaní s hlavným korytom menej vody, v období nízkych vodných stavov môže byť suché, obyčajne má úroveň dna vyššie ako hlavné koryto.
- **bystrina - torrent:** všeobecný termín pre horský prirodzený tok so značným a nepravidelným sklonom koryta, zvyčajne s nevyvinutým priečnym profilom, značným pohybom splavenín a náhlým výraznými zmenami prietokov.

- **divočiaci tok (koryto) - braided river (channel):** vodný tok s vetviacimi a spájajúcimi sa viacerými aktívnymi plytko zarezanými korytami od seba oddelenými lavicami vytvárajúcimi typickú zapletenú (vrkočovú) nepravidelne klúkatú riečnu vzorku
- **dolina toku - stream (river) valley:** pozdĺžna zníženina na zemskom povrchu s korytom toku na jej dne, ktorá je výsledkom činnosti vodného toku
- **ekologické fungovanie rieky - ecological functioning of river:** potencionálne fungovanie toku približujúce sa pôvodnej štruktúre a diverzite stanovišť
- **ekologický stav vodného toku - ecological status of a river:** stav vodného toku definovaný kvalitou štruktúry a fungovania vodných ekosystémov
- **hierarchická klasifikácia morfológie riek - river morphology hierarchical classification:** model hierarchického usporiadania morfológických taxónov fluvialneho (korytovo-nivného) geosystému
- **inundácia - inundation:** zaplavenie územia priľahlého k vodnému toku pri prietokoch presahujúcich kapacitu koryta toku
- **koryto toku - stream channel:** geomorfologický útvar, pozdĺžna ohraničená časť zemského povrchu, zložená z dna a brehov po brehovú čiaru, v ktorej trvalo alebo občasne prúdi voda
- **korytovo-nivný geosystém – channel-floodplain geosystem:** morfológický produkt činnosti vodného toku na dne doliny predstavujúci špecifickú geomorfologicky-substrátovú bázu riečnej krajiny
- **povodňový stupeň - bench:** stupeň brehu nad priemernou hladinou vody toku vytvorený kombináciou procesov akumulácie a erózie počas povodní
- **lavica - bar:** takmer permanentne zatápaný splaveninový korytový útvar rôzneho granulometrického zloženia s prevládajúcim dĺžkovým rozmerom, (pretiahnutý tvar).
- **meander, meandrová zákruta - meander, meander bend:** zákruta vodného toku väčšej dĺžky ako je polovica obvodu kružnice nad jeho tetivou, uhol je väčší ako 180°
- **migračné bariéry - migration barriers:** prirodzené alebo umelé prekážky vo vodnom toku obmedzujúce migráciu rýb
- **mokrad' - wetland:** prechodné územie medzi suchozemskými a vodnými ekosystémami, kde je hladina podzemnej vody zvyčajne pri povrchu alebo ho pokrýva plytká vrstva vody

- **vertikálne naplavovanie – vertical accretion:** všeobecný pojem pre proces zvyšovania povrchu nivy depozíciou materiálu neseného vodným tokom počas vybreženia
- **náplavový kužel/vejár - alluvial fan:** kužeľovitý útvar sedimentovaného materiálu premiestneného vodou vznikajúci pri náhlej zmene unášajúcej schopnosti stálego, občasného alebo efemérneho toku. Vzniká pri vyústení rieky z pohoria do roviny a pri sútoku vodných tokov
- **niva - floodplain:** prirodzená mierne jednostranne naklonená pozdĺžne aj priečna diferencovaná akumulčná rovina pozdĺž vodného toku s nekonsolidovanými sedimentmi transportovanými a špecificky usadenými vodným tokom spravidla zaplavovaná v čase povodní
- **protipovodňová hrádza - embankment, dyke, artificial levée:** líniová stavba pozdĺž toku slúžiaca na zadržanie vody počas vysokých vodných stavov a chrániaca pozemky a objekty pred zaplavením
- **perej - rapids:** strmší úsek horskej bystriny, charakteristický vyššou turbulenciou prúdu vody
- **potok - brook, creek:** všeobecné označenie menšieho prirodzeného vodného toku
- **povodeň - flood:** fáza hydrologického režimu vodného toku vyznačujúca sa náhlým výrazným zvýšením hladiny vody v toku a jej vybrežením
- **povodie - river (drainage) basin, catchment, watershed:** depresný útvar povrchu Zeme ohraničený rozvodnicou a ústím s riečnym systémom, z ktorého voda steká do daného profilu vodného toku.
- **prirodzený vodný tok - natural stream:** vodný tok, ktorého koryto vzniklo pôsobením tečúcej vody a ďalších prírodných faktorov (bystrina, potok, rieka)
- **rameno toku - stream branch:** bočné, podružné alebo rovnocenné koryto prirodzene alebo umelo odčlenené od hlavného toku
- **riečna krajina – riverine/river landscape/scape:** koridorová časť krajinnej sféry odpovedajúca korytovej a príľahlej nivnej zóne, ktorej šírka je ohraničená celou nivou rieky

- **riečna terasa - river terrace:** stupňovitý, plochý alebo mierne sklonený povrch ohraničený strmšími svahmi z vnútornej aj vonkajšej strany vznikajúci zvetrávaním sa vodného toku, predstavujúci staršiu úroveň povrchu nivy
- **riečny koridor - river corridor:** dohovorom stanovený pás pozdĺž rieky
- **riečny ostrov - river island:** veľký stabilizovaný veľmi zriedkavo zatápaný vnútro riečny útvar sedimentov
- **riečny sediment - alluvial deposits:** materiál transportovaný a uložený riečnou vodou
- **riečka - river:** všeobecné označenie väčšieho prirodzeného toku
- **rozvodie - watershed divide:** geomorfologický útvar tvoriaci prirodzenú hranicu medzi povodiami. Čiara, ktorá vymedzuje oblasť povodia sa nazýva rozvodnica
- **sedimentačný materiál - sediment material:** sedimenty (íl, piesok, štrk, kamene, balvany) klasifikované podľa intervalov veľkosti častíc
- **sedimentácia - sedimentation:** usadzovanie, ukladanie materiálu
- **umelý tok - artificial stream:** vodný tok, ktorého koryto bolo vytvorené umelo (kanál, náhon a pod.)
- **úprava toku - channelization, river training:** súhrn stavebných prác a stavieb vykonaných k dosiahnutiu zámeru úpravy
- **ústie toku - outlet, stream mouth, river mouth:** miesto, kde vodný tok vteká do toku vyššieho rádu, mora a pod.
- **vodná erózia - water erosion:** rozrušovanie zemského povrchu vodou
- **vodný stav - water stage:** výška hladiny vody nad zvoleným pevným bodom (napr. nad nulou vodočtu) alebo porovnávacou rovinou. Predstavuje obvykle relatívnu výšku hladiny vody.
- **záatarasa - debris dam:** prirodzená bariéra toku vzniknutá nahromadením prirodzeného alebo umelého materiálu

Morfologická štruktúra korytovo-nivného (fluviálneho) geosystému

Morfometrické parametre koryta sú odvodené z pôdorysu koryta, pozdĺžneho profilu a priečného profilu. Môžu byť rozdelené na 1, základné – priamo merateľné a 2, odvodené –

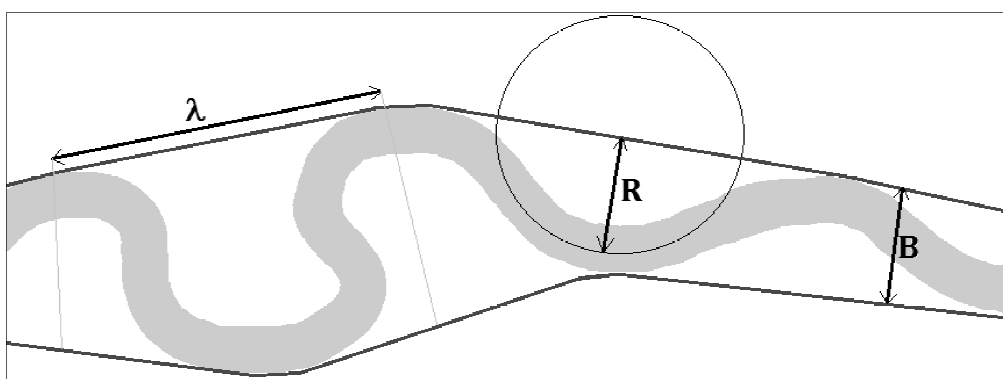
získané matematickou operáciou základných parametrov. Morfometrické charakteristiky pôdorysu koryta sú merateľné z topografických máp a snímok diaľkového prieskumu Zeme (DPZ). Pre lepšie pochopenie niektorých charakteristík je potrebné uviesť príslušné definície:

Riečna zákruta – riečný úsek s indexom klukatosti (I_k) väčším ako 1.

Krivosť zákruty – je definovaná obrátenou hodnotou polomeru R najmenej možnej vpísanej kružnice do osi koryta v oblúku (obr. 3).

Inflexný bod – bod, kde sa mení znamienko krivosti zákruty.

Meander – typ riečnej zákruty. Meandrujúci tok je definovaný indexom klukatenia $I_k > 1,5$.



Obr. 3 Aspekty geometrie pôdorysu koryta. λ – dĺžka zákrutovej vlny, R – polomer krivosti zákruty, B – šírka zákrutového pásu.

Parametre na priečnom profile koryta sú vzťahované k stavu plného koryta. V hydrologickom ponímaní je to stav koryta pri výške hladiny dosahovanej v priemere raz za 1,5 roka. Na zjednodušenom priečnom profile koryta, ktoré býva vykresľované so zreteľnými hranami brehov je vytyčovanie hladiny plného koryta bezproblémové a jednoznačné. Reálne je to však často náročné, keďže v prírodných korytách môžu nastať situácie, kedy hrany buď absentujú, alebo sú brehy dokonca zložené (obr. 4). V takýchto prípadoch sa definuje plné koryto na základe vlastností sedimentov alebo vegetácie.

Za základné geneticky a morfológicky homogénne formy, identifikovateľné ako individuálne podoby špecifickej priestorovej štruktúry reliéfu koryta, sú stanovené *morfológické jednotky*.

Základné typy morfológických jednotiek sú:

lavica – takmer permanentne zatápaný bahenný, pieskový alebo štrkový útvar v koryte.

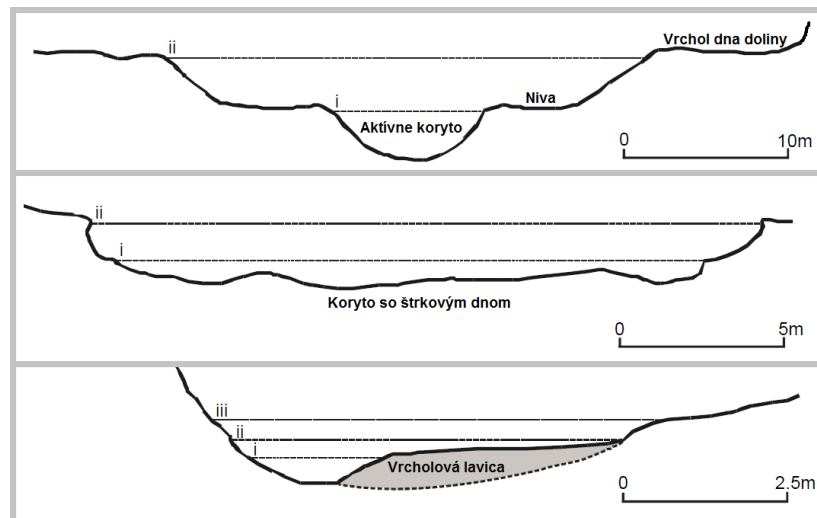
Existujú rôzne typy lavíc (Lehotský a Grešková 2004a), sú členené podľa:

1 vzhľadu k prúdnici – pozdĺžna, priečna (diagonálna)

2 polohy v koryte – centrálna (prostredná), vrcholová (vo vrchole zákruty), bočná, sútoková

3 vzťahu k iným formám – pripojená, oddelená

4 špecifických podmienok vzniku – prekážková, zbrázdená



Obr. 4 Rôzne možnosti stanovenia hladiny plného koryta (i, ii, iii).

lavicové zákutie – prúdom vyerodovaný útvar v nespevnených lavicových sedimentoch,

lavicová ryha (oblúková, lineárna) – znížené formy mikroreliéfu medzi nánosovou lavicou a brehom, súčasť systému lavica – ryha,

lavicový výplav – forma vznikajúca kĺzavým prúdom, na chvoste lavice,

zátočina – priehlbina so stagnujúcou vodou mimo hlavného prúdu utvárajúca sa za prekážkou,

plytčina – plytký úsek systému plytčina/priehlbina vyšším sklonom (zvyčajne nad 4 %),

príbrežná plytčina – väčšia pozdĺžna plytčina, mimo centrálnej časti koryta, pozdĺž brehov, vyvíjajúca sa zvyčajne v rozšírenom úseku koryta nad aj pod ktorým sa nachádzajú užšie úseky,

priehľbeň – hlbší a širší úsek ako úseky nad ním a pod ním s nižšou rýchlosťou prúdenia, kde voda za nízkych stavoch vytvára bazény. Typický pre korytá so sklonom okolo 1 %.

výhlbeň (dnový výmol) – depresia za prekážkou,

alkov – širšie a plytšie depresie pozdĺž brehu,

sútokový výmol – depresia v priestore sútoku,

rožný výmol – depresia pod nárazovým brehom podmienená laterálnym vymieľaním,

centrálny výmol' – depresia v koryte zaberajúca viac ako 60 % jeho omočeného profilu,

bočný výmol' – depresia v koryte zaberajúca menej ako 60 % omočeného profilu,

podprekážkový výmol' – depresia v priestore pod prekážkou. Vznikla nasmerovaním prúdu do priestoru pod prekážkou.

vírový výmol' – depresia na okraji, alebo v strede koryta, ktorej vývoj je podmienený intenzívnym vírom,

dnová brázda – úzka a dlhá, relatívne hlboká depresia vyskytujúca sa u zarezaných korýt v hrubozrnných a skalných substrátoch,

tíšina – plochá časť dna s nízkym sklonom s hĺbkou < 5 % šírky koryta na jemnejších substrátoch,

sklz – strmý úzky úsek so skalnatým dnom, ktorým tok prudko klesá do nižšie položeného úseku,

výbeh – morfológická jednotka so sklonom nad 4 % na prechode medzi plytčinou a priehlbínou, charakteristická zvlneným, čerinovým typom prúdenia, charakter substrátu a rýchlosť prúdenia je podobná plytčine, je však hlbšia a má väčší sklon,

pereje – longitudinálne planárne vysokogradientové (4 – 8 %) dno s hrubozrnným (kamenitým až balvanovitým) substrátom,

berma (konzola) – brehový stupeň,

skok – vertikálny stupeň v koryte tvorený podloží, balvanmi alebo zvyškami dreva, ktorého výška je väčšia ako výška brehu,

vodopád – vertikálneho korytový stupeň na pozdĺžnom profile toku, kde voda padá (klesá vertikálne),

vývarisko – okrúhla priehlbina pod skalnou stenou vodopádu,

vnútro korytové rebrá – balvany a kamene uložené naprieč v bystrinách a v systémoch stupňov a priehlbín,

krútnavový (obří hrniec) – vyhlbenina okrúhleho, misovitého tvaru, ktorá vznikla v skalnom podloží koryta rieky evorziou,

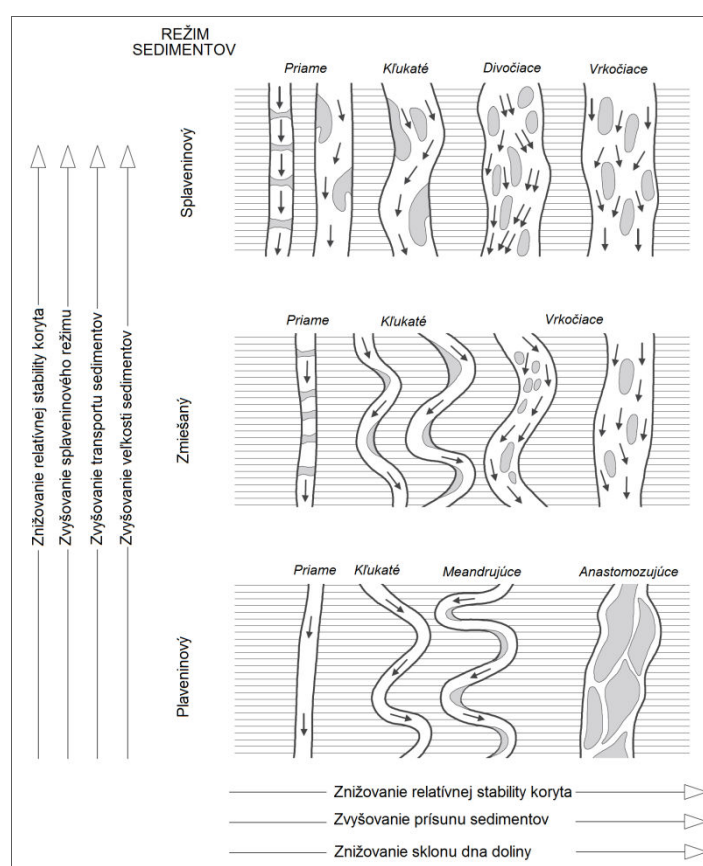
balvanové zhluky – skupina z vody vyčnievajúcich balvanov a kameňov. Uložené sú zväčša pozdĺž brehu (pribrežné balvanové zhluky).

zvyšky dreva – zvyšky kmeňov a konárov stromov nachádzajúce sa v koryte,

záatarasa – prirodzená bariéra toku vzniknutá nahromadením prírodného alebo umelého materiálu.

Typológia riečnych korýt vychádza z ich komplexnej klasifikácie na základe morfometricko-sedimentologických vlastností.

Klasifikácia pôdorysnej vzorky koryta na báze režimu transportu sedimentov a stability koryta. Základným kritériom je režim sedimentov, konkrétne podiel transportu splavenín k celkovému transportu sedimentov. Stabilita koryta je vyjadrená sedimentovou záťažou. Pri nedostatku sedimentov sa koryto degraduje, pri nadmernej sedimentovej záťaži agraduje. Vstupné premenné sú veľkosť častíc a sklon dna doliny. Špecifickému pomeru sedimentovej záťaže a transportného režimu prislúcha úroveň kľukatenia a výsledný tvar pôdorysnej vzorky (obr. 5).

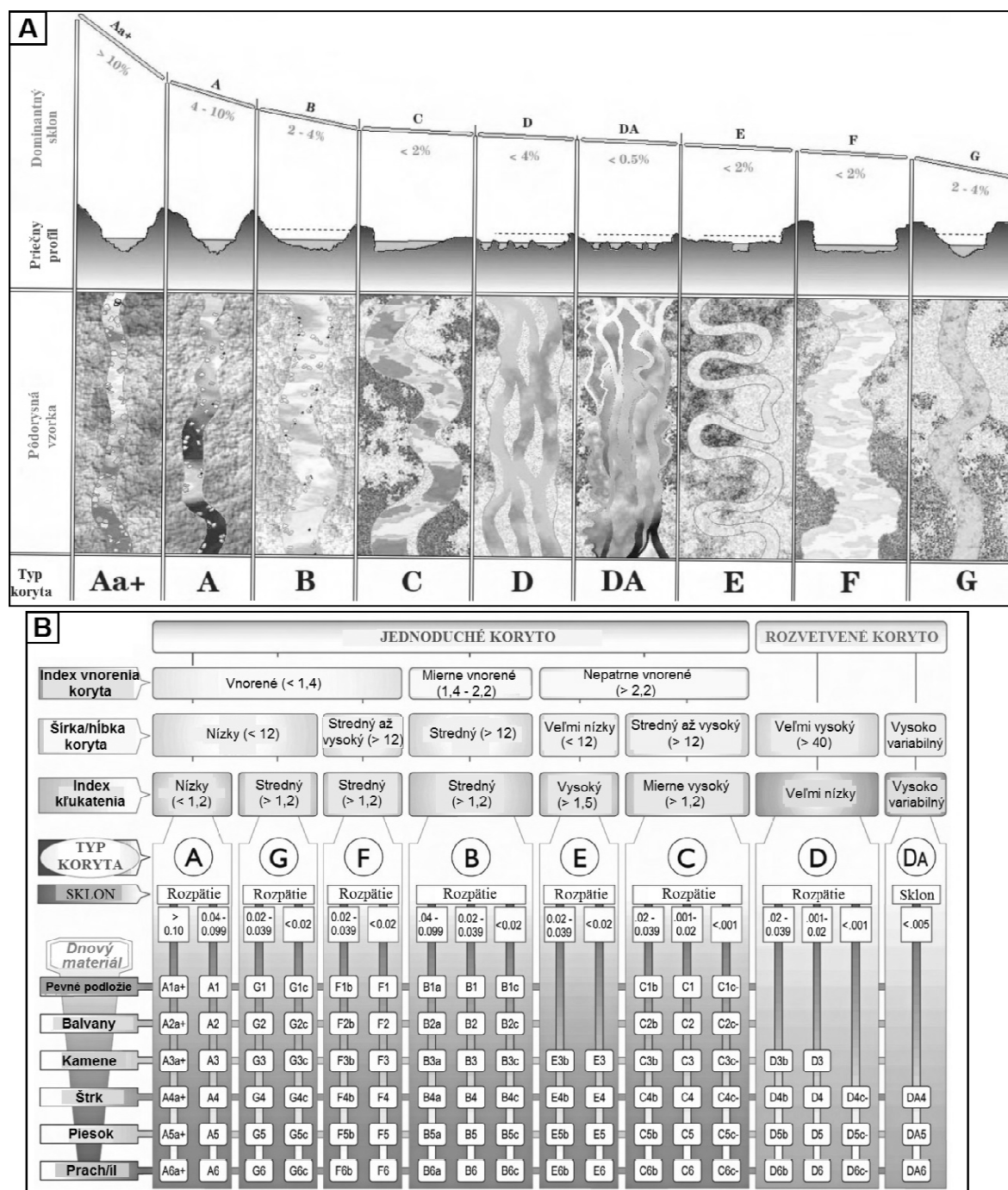


Obr. 5 Klasifikácia pôdorysnej vzorky.

V praxi najpoužívanjšou klasifikáciou korýt je *Rosgenova klasifikácia*. Definuje sedem základných a dva prechodné typy riečnych korýt na základe morfometrických parametrov pôdorysnej vzorky, pozdĺžneho a priečneho profilu (obr. 6).

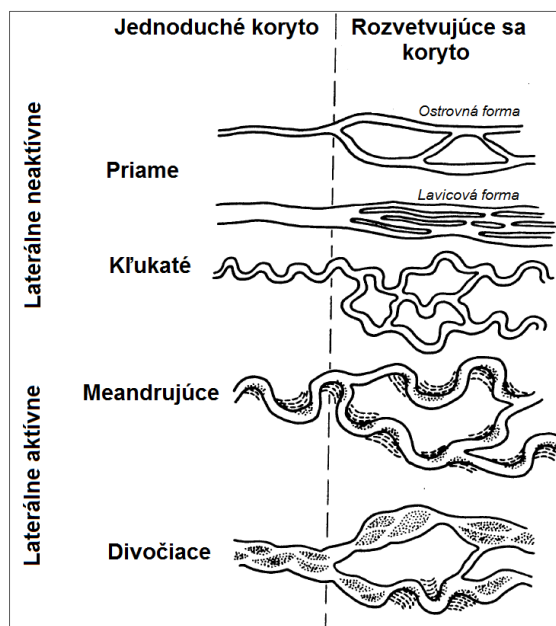
Z morfometrických parametrov je kľúčový počet korýt, index vnorenia koryta, pomer šírka/dĺžka koryta, stupeň kľukatenia a sklon koryta. Rozhodujúce bolo zakomponovanie kritéria veľkosti dnových sedimentov podľa Wentworthovej stupnice. Oveľa jednoduchšou

klasifikáciou je *klasifikácia pôdorysnej vzorky na základe stupňa kľukatosti a počtu korýt* popísané na obr. 7. Štúdiom morfológie koryta horských tokov sa dospelo ku klasifikácii vodných tokov na úrovni úsekov, postavenej na dominantných procesoch (obr. 8). Klasifikácia člení toky na vyššej úrovni na tri typy segmentov dolín; skalného dna, aluviálny a koluviálny. Na nižšej úrovni prislúchajú segmentom skalného dna a koluviálnym segmentom rovnomenné typy riečnych úsekov.

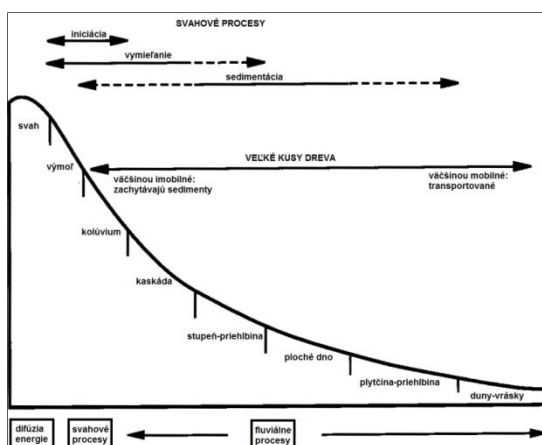


Obr. 6 Klasifikácia riečnych korýt podľa Rosgena. A – základné typy. B – rozšírené klasifikácia s kľúčom.

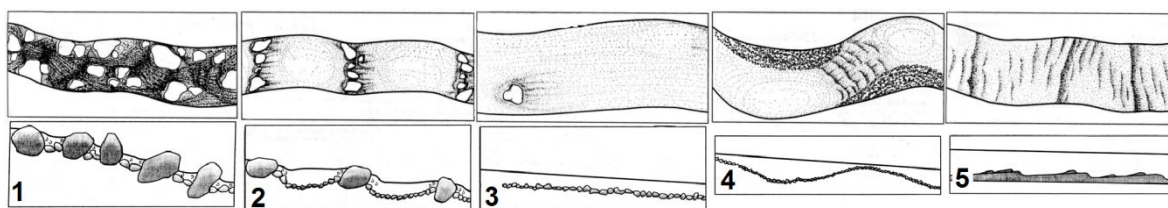
Aluviálny segment riečnej doliny je ďalej členený na päť typov riečnych úsekov; kaskádový, systém stupeň-priehlbina, planárny, systém plytčina-priehlbina, a dunovo-vráskový (obr. 9). Uvedené klasifikácie charakterizujú buď koryto ako celok, alebo dno koryta. Variabilitu v priestore vykazujú však aj brehy koryta. Morfológiu brehu je definovaná ako odraz bilancie erózných a akumulačných procesov indukovaných energiou a smerom prúdenia toku pri rôznych vodných stavoch. Súčasne je funkciou charakteru materiálového zloženia, z ktorého je tvorený.



Obr. 7 Typy jednoduchých a rozvetvených koryt podľa stupňa kľukatosti.

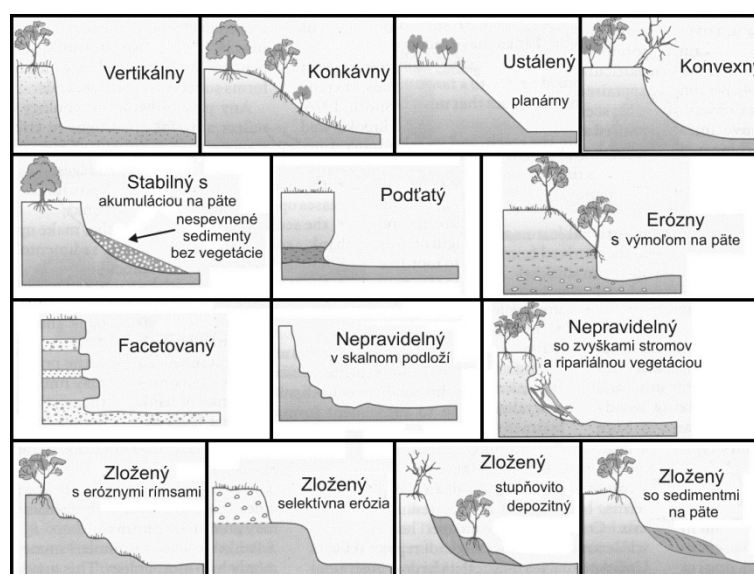


Obr. 8 Idealizovaný pozdĺžny profil údolnice od chrbta, zobrazujúci všeobecnú distribúciu aluviálnych typov riečneho koryta a vplyvov na vnútrokorytové procesy v horských povodiach.



Obr. 9 Aluválne typy riečnych úsekov zobrazené pomocou pôdorysu a pozdĺžneho profilu; 1 – kaskádový, 2 – systém stupeň-priehlbina, 3 – planárny, 4 – systém plytčina-priehlbina, 5 – dunovo-vráskový.

Pozícia brehu voči prúdnicí toku podmieňuje vznik pobrežných erózných a akumulčných morfológických jednotiek. Akumulačné morfológické jednotky sú ploché a charakteristické nízkym sklonom. Predstavujú ich bočné a vrcholové lavice a stupne, balvanové bermy a pod. Tieto formy nasvedčujú o všeobecnej tendencii zužovania koryta. Erózne formy predstavujú systémy lavicových rýh a brehové výklenky. Morfológia brehu (obr. 10) je výsledkom rôznych scenárov, ktoré sú determinované a) pozíciou brehu v rámci



Obr. 10 Typy brehovej morfológie.

riečného úseku a korytovo-nivnej jednotky za rôznych vodných stavov, b) bilanciou erózných a akumulčných brehových a pobrežných procesov, c) vlastnosťami sedimentov brehu, resp. pevnej horniny a mixáciou materiálu na jeho povrchu, d) štádiom vývoja brehu, e) primárnym pôvodom pobrežných akumulčných foriem, t. j. či sú produktom brehu alebo je ich vývoj podmienený prínosom materiálu z riečnych úsekov nachádzajúcich sa nad nimi

proti toku, f) vzťahmi procesov fluválnej erózie a procesov svahových porúch, g) agradačno-degradačnou bilanciou riečneho úseku.

Morfológia riečneho koryta, najmä jeho dna je vo vzájomnom vzťahu s vlastnosťami fluválnych sedimentov. Ich parametre sú odrazom morfológických a hydrologických vlastností koryta. V zdrojových zónach tokov odzrkadľujú najmä litologicko-štruktúrne vlastnosti povodia, ktoré môžu významne ovplyvniť morfológiu rieky. Pri hodnotení sedimentov sú generálne identifikovateľné tri aspekty; 1, vlastnosti jednotlivých častíc, 2, priestorové usporiadanie sedimentov, 3, dynamika sedimentov. Základnou morfológickou vlastnosťou sedimentu je jeho veľkosť. Každá častica je definovaná troma rozmermi, osami a , b , c , ktoré vzájomne zvierajú pravý uhol. Os a definuje najväčšiu dĺžku, os c najmenšiu a os b

Veľkosť [mm]	STN 73 1001 STN EN 933		Wenworth (1992)		Φ	
512	balvany		boulders		-9 až -8	
256					-8 až -7	
128	kamene		cobbles		-7 až -6	
64	štrk	hrubý	pebbles		-6 až -5	
32		stredný			-5 až -4	
16					-4 až -3	
8		jemný	granules		-3 až -2	
4		-2 až -1				
2	piesok	hrubý	sand	very	-1 až 0	
1				coarse	0 - 1	
0,5		stredný		medium	1 - 2	
0,25				fine	2 - 3	
0,125	prach	jemný	silt	very fine	3 - 4	
0,063				very	4 - 5	
0,032				coarse	5 - 6	
0,016				medium	6 - 7	
0,008	íl		clay	fine	7 - 8	
0,004						8 - 9
0,002						9 - 10
0,001						10 - 11
0,0005						11 - 12

Obr. 11. Zrnitostné klasifikácie sedimentov.

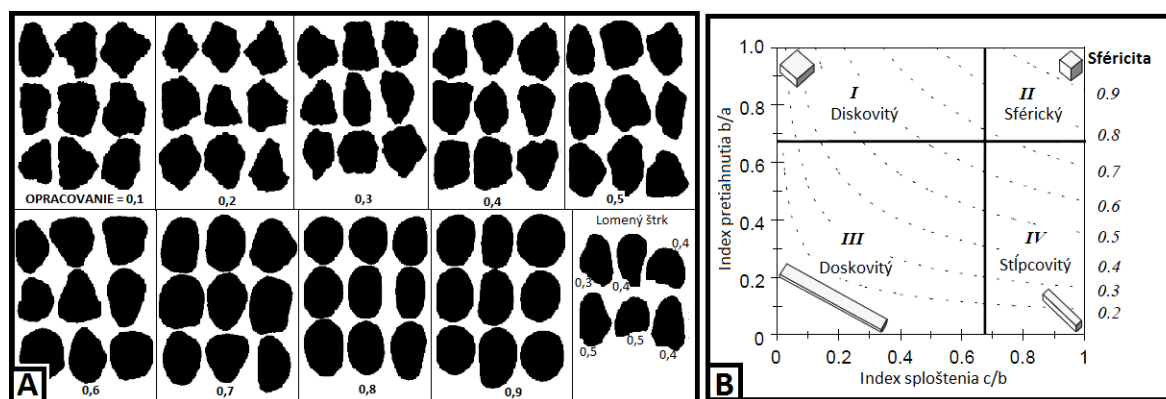
strednú, ktorá zároveň predstavuje veľkosť častice D . Veľkostí častíc sú klasifikované Wentworthovou stupnicou, u nás sa používa klasifikácia stanovená STN (obr. 11). Rozdelenie

veľkosti častíc vykazuje logaritmickú funkciu, preto pre potreby ich štatistického spracovania a nevyhnutnosti štandardizácie dát bola definovaná jednotka veľkosti Φ , ktorá je vyjadrená ako záporný logaritmus veľkosti častice D , meranej v mm:

$$\Phi = -\log_2 D$$

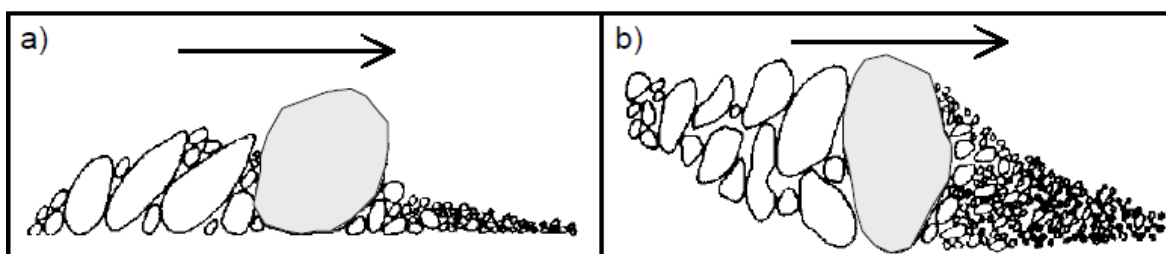
Riečne korytá sú členené aj podľa klasifikačného kritéria mediánu veľkosti dnových sedimentov D_{50} na korytá s balvanovým, kameňovým, štrkovým a pieskovým dnom.

Ďalšou morfológickou vlastnosťou častice sedimentu je jeho tvar, podľa ktorého sú sedimenty definované na základe zaoblenosti (opracovania) a sféricity – pomeru osí častice. (Bunte a Abt 2001). Diagramy na určovanie tvaru častice sú zobrazené na obrázku 12.



Obr. 12 Diagramy na určovanie tvaru sedimentov; A – opracovanie, B – sféricita.

Priestorové usporiadanie sedimentov je v najväčšom rozlíšení vyjadrené stupňom pokryvnosti a usporiadania častíc. Pokryvnosť sa určuje vizuálnym odhadom, ako percentuálna areálová pokryvnosť častice určitej veľkosti. Stupeň vytriedenia materiálu predstavuje mieru rozptýlenia častíc určitého zrna v dnovom substráte. Určuje sa taktiež vizuálne, alebo výpočtom.



Obr. 13 Schéma zhľuku sedimentov na dne koryta, a) – pozdĺžny rez, b) pôdorys. Šípka znázorňuje smer toku, šedý balvan predstavuje kontrolujúcu časticu.

Poruchy v pravidelnosti usporiadania dnových sedimentov sú spôsobené buď prítomnosťou dreva, veľkých balvanov, alebo dnových štruktúr v koryte. Najtypickejšie dnové štruktúry sú vnútrokorytové rebrá, zátarasy (prične, diagonálne), zhluky (obr. 17) a imbrikácie.

Správanie morfológického systému rieky a povodne

Procesy odnosu, transportu a akumulácie sedimentov sú výsledkom interakcie síl ako mechanickej práce. Schopnosť vodného toku vykonať prácu je energiou toku. Energetická kapacita toku v čase je determinovaná *výkonom toku* (Ω) pre metrový úsek [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$], je vyjadrený:

$$\Omega = \rho g Q S$$

Kde: ρ = hustota vody, (v ideálnom prípade vody a sedimentov) [kg/m^3]

g = gravitačné zrýchlenie [m/s^2]

Q = prietok [m^3/s]

S = gradient hladiny toku [m/m].

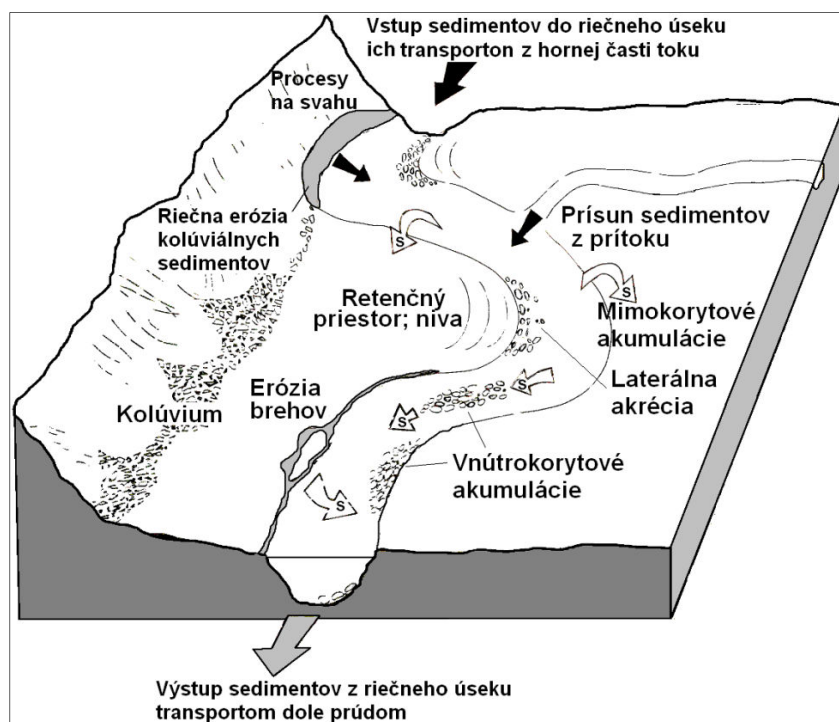
Výkon toku vzťahnutý na priečny profil koryta je *špecifický výkon toku* (ω):

$$\omega = \Omega/W \quad \text{kde } W \text{ je šírka koryta [m].}$$

Transport sedimentov v koryte je limitovaný z dvoch strán; obmedzením prísunu sedimentov (rieka začne degradovať) alebo obmedzením transportnej kapacity toku (rieka agraduje). Kritickou podmienkou je veľkosť transportovaného materiálu. Miera transportu sedimentov je v prírodných korytách variabilná v rámci úseku, priečneho profilu a v čase. Na morfológii koryta sa prejavuje zanášaním a vymieľaním, čím sa v rôznych časových intervaloch mení organizácia dnových morfológických jednotiek koryta.

Dynamika sedimentov vybraného korytového úseku je okrem transportu cez priečny profil koryta vyjadriteľná ich bilanciou v rámci korytového úseku na základe kvantifikácie objemu erózných a akumulačných foriem (obr. 14). Najčastejšími prejavmi zvýšenej dynamiky koryta počas povodní je jeho erózia. Proces vymieľania je determinovaný sedimentologickými, morfometrickými a hydraulickými vlastnosťami dna koryta. Zarezávanie

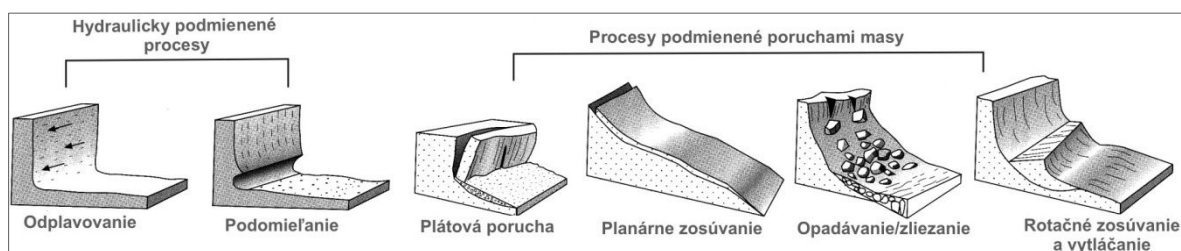
sa toku do podložia je typické pre zdrojové riečne zóny, v úsekoch so skalným dnom. Najčastejšie príčiny sú znižovanie eróznej bázy, zmena klimatických podmienok a zmena využitia zeme v povodí. Zarezávanie sa koryta do pevného podložia prebieha predovšetkým v tektonicky sa dvíhajúcich územiach. Štruktúrne litologické vlastnosti podložia, ako pevnosť, rozpustnosť, vrstevnatosť, puklinatosť, orientácia vrstiev a pod. determinujú zarezávanie na úrovni korytového úseku. Zarezávajúci sa vodný tok je väčšinou primknutý k svahu a sleduje tektonické alebo štruktúrne poruchy. Vysoký vplyv na zarezávanie majú litologické štruktúry so striedaním sa rôzne odolných hornín (napr. flyš). Pri prekonaní odolnejšej vrstvy je zahlbovanie sa do menej odolného materiálu oveľa rýchlejšie. Zahlbovanie koryta inhibuje brehovú eróziu, ako aj procesy na príľahlých svahoch. Z environmentálneho hľadiska je zahlbovanie sa koryta vážny problém, ktorý vedie k destabilizácii korytovo-nivného geosystému. Nielenže dochádza k narušeniu



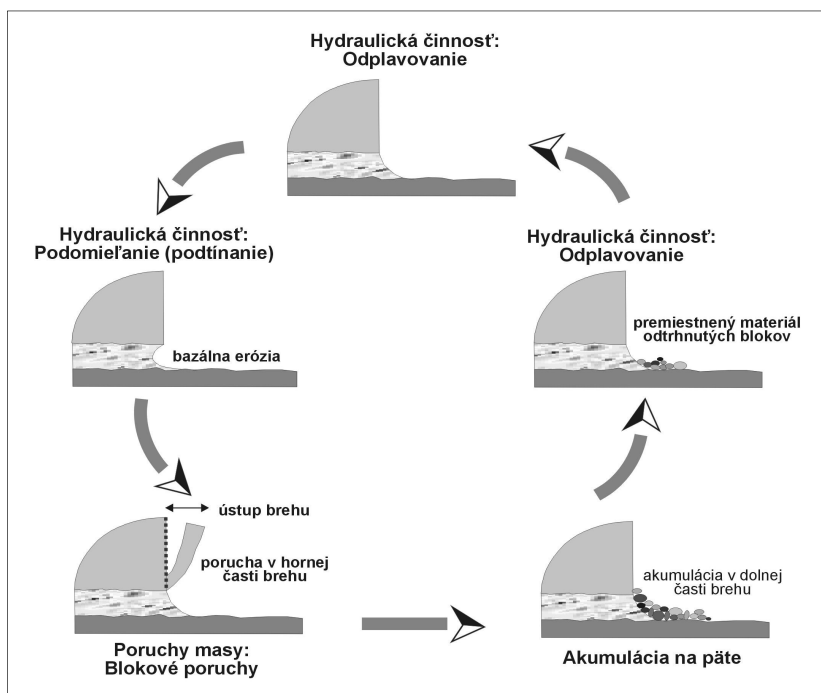
Obr. 14 Komponenty bilancie sedimentov korytového úseku. Čierna šípka znázorňuje vstup do korytovo-nivnej jednotky, šedá výstup a biela presuny v rámci retenčných priestorov v úseku.

antropogénnych štruktúr (najmä komunikácií, mostov a pod.), ale najmä k poklesu hladiny podzemnej vody, čo sťažuje prístup človeka, ale aj ripariálnej vegetácii k vode. Geosystémy na nivách sú zahlbovaním príslušného koryta kvôli zníženej hladine podzemnej vody transformované najmä v subsystémoch pôdnej pokrývky a vegetácie. Často dochádza k obmene alebo až k zániku ekologicky hodnotných mokradí.

Proces erózie brehov koryta prebiehajúci hlavne počas povodní je na rozdiel od erózie dna omnoho komplikovanejší, keďže brehy predstavujú prepojenie koryta s nivou/svahom. Morfológia a dynamika brehu koryta je výsledkom pôsobenia subaerických, fluvialných a gravitačných procesov a taktiež vplyvu špecifickej kompozície brehu a vplyvu vegetácie. Proces erózie brehov je významným zdrojom sedimentov, najmä v transferovej zóne rieky, v úsekoch retenčných priestorov. Materiál budujúci breh koryta vykazuje oproti dnovým sedimentom vyšší podiel jemných častíc, zabezpečujúcich kohézne sily. K erózii brehu dochádza dvoma spôsobmi (obr.15); hydraulickým vymieľaním alebo gravitačným zrútením masy, najčastejšie však k erózii brehu dochádza za spolupôsobenia týchto procesov (obr. 16). Hydraulické vymieľanie, buď v celej omočenej časti brehu, alebo na jeho päte, je vyjadriteľné princípmi uvedenia častice danej veľkosti do pohybu za pôsobenia kritického šmykového napätia toku. K brehovým poruchám dochádza ak kohézne sily vnútorného šmykového trenia sú prekonané šmykovým napätím.



Obr. 15 Procesy erózie brehov



Obr. 16 Cyklus ústupu zloženého brehu.

K oslabeniu kohéznych síl dochádza pri nadmernom prevlhčení. Dôležitým mechanizmom k predpríprave brehovej erózie je jeho rozrušovanie vplyvom vysušania, alebo striedaním sa zamrzania a topenia kryštálikov vody. Na eróziu brehov vplýva aj ripariálna vegetácia, no výsledok tohto vplyvu môže byť dvojaký. Na jednej strane koreňový systém brehových porastov brehy spevňuje, no niekedy podmyté stromy môžu svojou váhou prispieť k zrúteniu brehu.

Morfologický systém rieky takmer nikdy nevykazuje statický stav. Jeho dynamika je potlačená azda len vtedy keď v ňom chýba vodná zložka, a to počas období extrémneho sucha alebo mrazov. Avšak aj vtedy v ňom prebiehajú procesy mechanického i chemického zvetrávania, procesy rozrušovania brehov, procesy iniciované pohybom snehovej masy, resp. eolické procesy. Fluviálny geosystém je produktom energetickej bilancie medzi *hnacími silami* a *silami odporu*. Hnacie sily vykonávajúce geomorfologickú prácu sa dajú zjednodušene prezentovať v podobe pôsobenia daného objemu vody po danom sklone. Na danej korytovej lokalite sú určované potenciálnou energiou vyplývajúcou zo sklonu a relatívnej výšky a kinetickou energiou objemu vody, ktorý je schopný konať prácu. Množstvo vykonanej práce daného vodného telesa na danom sklone určuje výkon rieky. Energetické pomery v závislosti od veľkosti zrna a dostupného objemu predurčujú množstvo erodovaného, vlečeného, transportovaného a ukladaného materiálu. Sily odporu na pozdĺžnom profile dne doliny diferencovane determinujú distribúciu a využívanie kinetickej energie a tým aj mozaiku erózných v depozitných foriem. Indukované sú litológiou, tvarom doliny, krajinnou pokrývkou a polohou lokality na pozdĺžnom profile (segmentová úroveň odporu), vegetáciou a typom riečneho úseku (korytová úroveň odporu), veľkosťou zrna a charakterom sedimentov v koryte (zrnová úroveň odporu). Správanie fluviálnych gosystémov nie je lineárne. Nelinearita ich správania spočíva v neustálom prispôbovaní sa *pulzovým* alebo *tlakovým* rušivým vplyvom. Pod pulzovými udalosťami sa chápu epizodické udalosti s nízkou frekvenciou, mohutnosťou, limitovaným trvaním a lokálnym efektom. Typickým príkladom pulzov sú pravidelné povodne s minimálnymi a krátkodobými „off-site“ efektmi, ako napríklad reorganizácia dnového materiálu. Počas tlakových rušivých udalostí, ako permanentnejšie zmeneného charakteru vstupov do morfológie korytovonivnej jednotky sa jej základné parametre dostávajú na novú kvalitatívnu úroveň. Tlakové zmeny majú postupný priebeh, postihujú väčšie plochy a predstavujú evolučné stupne vývoja morfológie rieky. Ich zretľazené efekty trvajú dlhšie a ovplyvňujú aj úseky, kde priamo

udalosť neprebehla. Prispôsobovanie korytovo-nívných geosystémov má však aj časový aspekt. Prebieha sezónne, ročne, v desaťročnom, stáročnom a tisícročnom rytme, resp. geologickom, geomorfologickom a inžinierskom čase. V geomorfologickom čase sa dá stav fluvialneho systému charakterizovať ako stav dynamickej metastabilnej rovnováhy s fungujúcimi negatívnymi spätnými väzbami. Jeho prejavom je *správanie* ako kvázi nemenné dlhodobé (stovky až tisíce rokov) fungovanie erózných a depozitných mechanizmov, prostredníctvom ktorých voda utvára, pretvára a reorganizuje fluvialne formy reliéfu (morfológické jednotky) vytvárajúc ich charakteristické súbory so špecifickou priestorovou štruktúrou. Riečny geosystém javí stabilný vtedy, keď nevykazuje anomálne náhle, občasné alebo postupné zmeny polohy na dne doliny, geometrie, sklonu alebo pôdorysnej vzorky. Ak systém vykazuje zreteľný posun vlastností a priestorového usporiadania geomorfologických jednotiek od typických prejavov ich vlastností a správania, t. j. neprispôobil sa, ale naopak, prekročil prahy a prispôobil sa novým podmienkam, považujeme takýto stav za *zmenu* morfológie riečneho systému a jeho správania má odozvoový character. Stabilita korytovo-nívného systému je funkcia priestorového a časového rozloženia rezistenčných a rušivých síl. Rezistenčné sily umožňujú riečenému systému zotrvať v nezmenenom stave aj za vplyvu rušivých síl a predstavujú pevnostnú rezistenciu (geologická štruktúra a geomorfologická hodnota hornín), morfológickú rezistenciu (energia reliéfu a jeho sklon ako potenciál pre prestup energie systémom), štruktúrnú rezistenciu (predstavuje aktuálny obraz systému, jeho komponentov, polohu, väzby, prahy a je určovaná blízkosťou systémových elementov k procesom generujúcim zmeny ako napríklad blízkosť koryta k svahu doliny), filtrovú rezistenciu (spôsob akým systém riadi a prepúšťa energiu, ako napríklad vodopád filtruje úsek koryta nad ním pre vplyvmi z úseku pod ním) a napokon rezistenciu stavu systému (každý riečny systém je jedinečný s jedinečným vývojom, štruktúrou a udalosťami a možno ju postihovať stupňami voľnosti a takými vlastnosťami ako je senzitivita, pružnosť, elasticita, hysteréznosť, maleabilita). Rieka môže radikálne zmeniť charakter svojich morfológických črt dvoma spôsobmi. Prvý predstavuje *prirodzenú evolúciu*, druhý odpovedá ich *odozve na zásahy človeka*. Prirodzená zmena morfológie rieky je podmienená endogénnym (geologicko-substrátovými) a exogénnymi (klíma, krajinná pokrývka) faktormi, rušivými silami. Ich efekt môže byť lokálny (zosun), regionálny (povodeň, zemetrasenie) alebo globálny character (zaľadnenie, odľadnenie). *Zmeny morfológie riek vyvolané rušivými silami vyvolanými činnosťou človeka*

členíme na dva základné druhy, a to *zmeny priame a zmeny nepriame*. Medzi priame zmeny patria tie, ktoré bezprostredne ovplyvňujú charakter koryta ako: 1) regulácie, 2) stavba mostov, 3) ťažba korytových sedimentov, 4) odstraňovanie zvyškov dreva a ripariálnej vegetácie. Iný typ zmien súvisí s budovaním priehrad a nádrží a odvádzaním vôd do iných systémov (napríklad závlahy). Nepriame zmeny sú zmeny vyvolávané: 1) zmenami štruktúry krajiny pokrývky, 2) technikami aplikovanými v poľnohospodárstve, lesníctve a pod., 3) urbanizáciou, výstavbou budov, infraštruktúry a dopravných systémov a 4) banskou činnosťou.

Geomorfologický efekt povodne závisí predovšetkým od veľkosti prietoku (veľkosti povodne) a fyzických vlastností koryta a brehu (resp. nivy), kde k povodni dochádza. Lokálne faktory, ako je stratigrafia brehu, drenáž brehov a ich geotechnické charakteristiky pritom v konkrétnom úseku sú nemenné a prejav erózie preto najviac ovplyvňuje deštruktívna sila prietoku. Pre vyhraničenie potenciálnej erózie ako hrozby sa využívajú viaceré prístupy. Historická analýza založená na nakladaní pozícii koryta z minulých období na základe údajov získaných z diaľkového prieskumu zeme a historických máp, poskytuje výborne výsledky pre definovanie mobility a identifikovanie stabilných a nestabilných úsekov. Menej využiteľná je však pre predikciu budúcej nestability a laterálneho posunu. Tento prístup má viacero geomorfologických a ekologických výhod, ktoré však musia byť stále v rovnováhe s ekonomickými záujmami a výhodami aktívnej ochrany majetku a infraštruktúry.

Aby bola povodeň geomorfologicky efektívna v zmysle eróžno-akumulačných procesov na korytovo-nivnej jednotke, musí dôjsť k zhode okolností; dostatočne vysoké hodnoty prietoku a vhodné fyzikálne vlastnosti koryta a nivy, kde bude príslušná sila toku aplikovaná. So zvyšujúcou sa intenzitou povodňových udalostí klesá rezistencia koryta a geomorfologické efekty sú dramatické, čo korešponduje s koncepciou povodňového pulzu. Geomorfologický efekt každej extrémnej zrážkovo-odtokovej udalosti je výsledkom equilibrácie aplikovanej sily toku a rezistencie korytovo-nivnej jednotky. Geomorfologické vnímanie povodne ako príčinnej udalosti vylučuje rovnaký erózny a sedimentačný efekt dvoch po sebe nasledujúcich udalostí na jednom toku s rovnakým meraným prietokom. Katastrofická povodeň premodeluje koryto vždy tak, s dôrazným ohľadom na jeho erodibilitu, aby bolo morfologicky prispôsobené príslušnej udalosti, najčastejšie rozšírením koryta. Ďalšia rovnaká povodeň aplikuje svoju silu na ďalšie zmeny; rozšíri koryto v úsekoch, kde prvou povodňou rozšírené nebolo, ale ak je koryto dostatočne široké, rieka spotrebuje extrémnu silu na

zahľbenie sa. Geomorfologický efekt katastrofických udalostí do istej miery závisí od ich časovej distribúcie. Aj keď sú definované ako vzácne sa vyskytujúce, neznamená to, že sú rovnomerne rozložené v čase ale zdá sa, že vo viacerých prípadoch sa dve katastrofické povodne zopakujú po sebe s relatívne krátkym časovým odstupom, čo nedovolí korytovonivnej jednotke zotaviť sa ešte z prvej udalosti stabilizáciou prostredníctvom vegetácie a preto je výsledný geomorfologický efekt takýchto dvoch povodňových udalostí väčší, ako keby bol medzi nimi štatisticky relevantný časový odstup.

Výskum a manažment riečnej krajiny

Na holistický prístup vo výskume a jeho aplikáciu v manažmente riečnej krajiny poukazujú mnohé vedecky orientované práce a množstvo manuálov a príručiek. V poznávacej a aplikačnej polohe sa venuje riečnej krajine pozornosť vo všetkých vyspelých krajinách sveta. Z mimoeurópskych sú to hlavne mnohé štáty USA, Kanada, Austrália, Japonsko, Nový Zéland a Juhoafrická republika. V štátoch EÚ má najdlhšiu tradíciu a najviac pozornosti sa venuje riečnej krajine vo Veľkej Británii, Nemecku, Francúzsku, Taliansku a Rakúsku, ale, a to treba zdôrazniť, aj v Poľsku a v Českej republike. V poslednom období tento trend bol oficiálne podporený aj Radou EÚ v podobe Rámcovej smernici o vodách 2000/60/EÚ (Water Framework Directive - WFD), ktorá vyzýva po aplikácii integrovaných, environmentálne a ekologicky orientovaných postupov poznávania, hodnotenia a manažmentu riečnej krajiny s cieľom dosiahnuť jej „dobrý ekologický stav“. V poznávacej polohe odštartovalo tento trend „First International Symposium on Riverine Landscapes“ konané v marci 2001 v Ascone vo Švajčiarsku. Na ňom bolo traktované 6 základných okruhov výskumu riečnej krajiny: a) diverzita riečnej krajiny, b) zmeny riečnej krajiny, c) vzťahy riečnych (vodných) a terestrických systémov, d) život v dynamicky chápanej riečnej krajine, e) diaľkový prieskum a modelovanie a f) vzťahy „človek-riečna krajina“ a výsledky boli publikované v podobe monotematického čísla časopisu „Freshwater Biology“ (2002). Okrem tejto publikácie existuje samozrejme množstvo starších aj novších vedeckých článkov a knižných publikácií. Čo sa týka aplikačnej polohy, tlak potrieb spoločnosti, rozvinutá metodologická báza ako aj množstvo empirických dát a adekvátne legislatíva podmienili vo vyššie uvedených krajinách kreáciu množstva manuálov prieskumu, hodnotenia a manažmentu riečnej krajiny z rôznych aspektov, a to či už z aspektu parciálnych komponentov (vody, bioty, morfológie), rizík (povodne, sucho),

typov (lesná, poľnohospodárska, urbánna riečna krajina), revitalizácie alebo komplexne ako koridoru, resp. ako súčasti integrovaného manažmentu povodí. Hoci sa na Slovensku úspešne realizuje výskum našich riečnych koridorov v ekologicko-biologickej rovine a vykonávajú sa hydrologické metania, výskumu morfológie, sedimentológie, resp. aplikovaniu integrovaného prístupu bola doteraz venovaná len veľmi malá pozornosť.

Literatúra:

- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. ISBN 1-4051-1516-5; Blackwell Publishing: Malden, US, 2005; pp. 398.
- FRANDOFER, M., LEHOTSKÝ, M. Morfológicko-sedimentová diferenciácia horského vodného toku a jeho odozva na povodňové udalosti. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2014, roč. 14, č. 1, s. 7-86.
- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M. Vplyv lesných brehových porastov na správanie a morfológiu riečneho koryta. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2007, roč. 7, č. 1, s. 36-42.
- GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M. Morfológia vodných tokov ako súčasť integrovaného manažmentu povodí. *Životné prostredie : revue pre teóriu a tvorbu životného prostredia*, 2009, roč. 43, č. 6, s. 340-343.
- KIDOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M. Časovo-priestorová variabilita morfológie divočiaceho a migrujúceho vodného toku Belá. In *Geografický časopis*, 2012, roč. 64, č. 4, s. 311-333.
- LEHOTSKÝ, M. River morphology hierarchical classification (RMHC). *Acta Universitatis Carolinae : Geographica*, 2004, roč. XXXIX, č. 1, s. 33-45.
- LEHOTSKÝ, M. Metodologické aspekty správania a zmien korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 2005, roč. 5, č.1, s. 34-50.
- LEHOTSKÝ, M., FRANDOFER, M. Response of a mountain bedrock-alluvial river in flysh geological setting to contemporary environmental conditions (case study the Topľa River, Slovakia). *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 2013, roč. 13, č. 1, s. 48.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. Geomorphology, fluvial geosystems and riverine landscape (methodological aspects). *Geomorphologia Slovaca*, 2003, roč. 3, č. 2, s. 46-59.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. Riverine landscape and geomorphology: ecological implications and river management strategy. *Ekológia (Bratislava) : international journal of the biosphere*, 2004, vol. 23, supplement č.1, s. 179-190.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. Korytovo-nivné geosystémy a riečna krajina: prieskum a hodnotenie. *Geografie : Sborník České geografické společnosti*, 2004, roč. 109, č. 4, s. 277-288.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. Základné klasifikačné systémy a morfometrické charakteristiky korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 2005, roč. 5, č. 1, s. 5-20.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. Riečna krajina - integrovaný výskum a environmentálne plánovanie. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 2006, no. 47, s. 187-195.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J., SZMAŇDA, J. B., GREŠKOVÁ, A. A suburban inter-dike river reach of a large river: Modern morphological and sedimentary changes (the Bratislava reach of the Danube River, Slovakia). *Geomorphology*, 2010, vol. 117, no. 3-4, s. 298-308.
- RUSNÁK, M., LEHOTSKÝ, M. Time-focused investigation of river channel morphological changes due to extreme floods. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 2014, vol. 58, no. 2, p. 251-266.