

Změny odtokového procesu v krajině – indikační a interpretační přístupy k výzkumu vývoje krajiny

Jan Kopp

kopp@kge.zcu.cz

*Katedra geografie, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni,
Veleslavínova 42, 30619 Plzeň*

Jan Kopp: *The changes of runoff process in the landscape – indicative and interpretative approaches to the landscape development research.* This paper is a methodological review concentrated on research of runoff process changes in the context with the landscape development. We present on one hand hydrological and geomorphological methods, which indicate landscape changes (runoff or water quality time series analysis, river morphology research, river network reconstruction). On the other hand we can interpret landscape development (land use and landscape structure changes, environmental history) as changes of fluvial system. We classify these methods in ecohydrological approaches as an interdisciplinary field of research concentrated on application of hydrological knowledge in landscape ecology. The use of concrete methods is illustrated by examples.

Key words: runoff process, landscape development, ecohydrology, environmental history

1 Úvod

Vývoj krajiny je možné souhrnně charakterizovat jako změny její horizontální i vertikální struktury. Mezi změny horizontální struktury můžeme zahrnovat jak změny rozlohy, tvaru a využití ploch, tak změny parametrů koridorů (křivolakosti, hustoty, šířky atd.). Vertikální struktura se mění především v důsledku změn využití krajiny – změnou vegetačního a půdního krytu s dopadem na energomateriálové toky. S uvedenými změnami struktury krajiny dochází i ke změně fluviálního systému, například změnou retenční schopnosti krajiny, změnami v procesech oběhu vody nebo změnou morfologie vodních toků. Antropogenní přeměna krajiny přináší dočasné i trvalé změny v režimu povrchových a podpovrchových vod, v evapotranspiraci, v hydrologické bilanci atd.

Uvedený vztah mezi vývojem krajiny a odtokovými procesy je možné ve výzkumu využít dvěma způsoby. Na jedné straně jsou v příspěvku prezentovány příklady metod, jež na základě změn odtokového procesu indikují vlastní vývoj krajiny (indikační přístupy). Na druhé straně se v příspěvku uvádějí příklady metod používaných ve výzkumu vývoje krajiny jako potenciální zdroje informací o změnách odtokového procesu (interpretační přístupy). Přehled metodických přístupů uvádí tabulka 1. Vybrané indikační a interpretační přístupy jsou odkazovány na příklady zpracování.

2 Přehled vybraných přístupů k výzkumu vývoje krajiny

Změny v krajině mohou být indikovány na základě **hodnocení erozně-akumulačních procesů**. Tyto procesy je možné registrovat terénními metodami, např. mapováním výskytu eroze nebo erozně-akumulačních tvarů koryt vodních

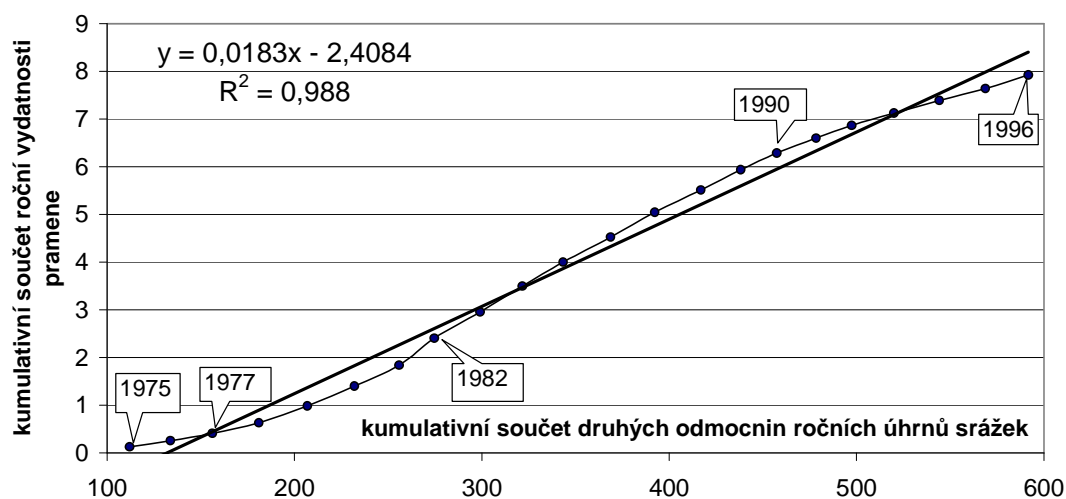
toků. Lze tak posuzovat stabilitu fluvialního systému a jako významný parametr celkové ekologické stability krajiny. K posouzení stability fluvialního systému se doporučuje sledování kontinuity transportu sedimentů, ohodnocení efektivity tvaru koryta nebo posouzení vztahů mezi charakteristikami fluvialního systému. Velmi průkazně byly například zjištěny odezvy fluvialních systémů italských toků na antropogenní změny v povodí v práci SURIANA A RINALDIHO (2003).

K dokonalejšímu poznání vlastností fluvialních systémů je potřeba dlouhodobého monitoringu jejich parametrů, zejména splaveninového režimu a změn morfologie koryta v souvislosti se změnami nezávislých proměnných, především parametrů srážko-odtokových procesů (KOPP 2007). V tomto směru je možné využít historické dokumentace (zejména podélných profilů říčního dna), ale také provádět stálý nebo opakovaný monitoring, tak jak u nás probíhá od 80. let 20. století u odtoku plavenin (KLIMENT A KOPP 1997).

Tab. 1: Přehled metodických přístupů k výzkumu vývoje krajiny v kontextu změn odtokového procesu

| Metodické přístupy | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---|---|---|---|---|---|
| hodnocení erozně-akumulačních procesů | ■ | | | | ■ | |
| analýza časových řad odtoku pomocí podvojných součtových čar | ■ | | ■ | | | |
| kvantifikace antropogenního odtoku | ■ | | | | | |
| analýza vývoje kvality vody | ■ | ■ | ■ | | | |
| rekonstrukce hydrografické sítě | ■ | ■ | | | ■ | ■ |
| analýza změn využití krajiny | | ■ | | ■ | | ■ |
| analýza změn v říční nivě | | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| analýza změn krajinné struktury | | ■ | | ■ | | ■ |
| rekonstrukce environmentální historie krajiny | | ■ | | | ■ | |

- 1– indikační přístupy
 2– interpretační přístupy
 3– nutná kontinuální časová řada měření
 4– nutné srovnání aspoň 2 historických úrovní
 5– vhodný terénní výzkumu
 6– vhodné využití GIS
- Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 1: Podvojná součtová čára mezi druhou odmocninou ročních úhrnů srážek ve stanici Líně a roční průměrnou vydatností pramene PP781 Dobřany (Vodní Újezd) za období 1975 - 1996
 Zdroj: vlastní zpracování, primární data ČHMÚ

Pro posouzení hypotézy antropogenního vlivu krajinných změn na odtokový proces je možné použít **metodu podvojně součtové čáry** s využitím časové řady srážek jako antropogenně neovlivněné řady (obr. 1, KOPP 2004a, KLIMENT A MATOUŠKOVÁ 2005).

Roční charakteristické hodnoty včetně srážkových úhrnů jsou zpravidla vztaženy k hydrologickému roku. Na základě požadavku homoskedasticity vstupních dat se doporučuje hodnoty ročních úhrnů srážek transformovat druhou odmocninou, protože po transformaci vykazují data normální rozdělení (BUDÍK A BUDÍKOVÁ 2001). Jako potenciálně ovlivněnou časovou řadu používáme charakteristiky povrchového odtoku (průtok), případně ukazatele režimu podzemních vod, např. výšku hladiny podzemní vody, vydatnost pramene, odtokovou výšku apod. (podrobně KŘÍŽ H. 1996).

Pro kvantitativní vyjádření antropogenního ovlivnění odtokového procesu byl zaveden termín **antropogenní odtok** (KAŇOK 1997, KŘÍŽ V. 2003), vyjadřující absolutní míru změny přirozeného odtoku, resp. průtoku. Pro porovnání mezi povodími použil KAŇOK (1997) vyjádření antropogenního vlivu v jednotkách specifického odtoku. Zjištění antropogenního odtoku lze provádět různými metodami a to především statistickou analýzou časových řad průtoků. Výsledky hodnocení povodí Odry v její pramenné části a v oblasti hornoslezské pánve ukázaly, že rozhodující vliv na velikost antropogenního odtoku zde mají vodohospodářské stavby (KAŇOK 1997, KŘÍŽ V. 2003).

Fluviální systém na úrovni povodí tvoří řídicí prvek ve vztahu ke kvalitě vody. Změny ve využití krajiny se proto mohou projevit ve změnách kvality vody ovlivňované plošnými (popřípadě i difúzními a bodovými) zdroji znečištění. Metodiky **modelování transportu látek v povodí** umožňují na základě látkové bilance indikovat změny využití krajiny (indikační přístup) nebo modelovat vliv změn ve využití krajiny na kvalitu vody (interpretační přístup).

Vývoj říční sítě (často ovlivněný antropogenními úpravami) je možné zařadit mezi zásahy do struktury krajiny. Pokud nelze rekonstruovat původní říční síť na základě historických metod, je možné přistoupit k odvození původních hydrografických poměrů **na základě digitálního modelu reliéfu** v prostředí GIS. Využití modulu hydrologické analýzy umožňuje odvodit předpokládané polohy koryta generováním rastru vodních toků (JEDLIČKA A MENTLÍK 2002, PECHANEC 2003). Rastr vodních toků se odvozuje z rastru akumulace odtoku a vyjadřuje proto pravděpodobné polohy koryt v přírodní krajině za předpokladu, že je odtok ovlivňován pouze reliéfem. Modelujeme vlastně povrchový odtok a přepokládáme, že podzemní odtok dotuje rastrové buňky vodou stejným způsobem jako povrchový odtok. Použití modulu hydrologické analýzy v praxi ukázalo, že je výsledek značně závislý na volbě velikosti rastru (KOPP 2004a). Rastr akumulace odtoku se ukázal jako dobré vodítko pro rekonstrukci říční sítě v místech předpokládaných antropogenních změn. Detailní umístění koryta, zvláště v ploché nivě, nedokáže hydrologický modul v prostředí GIS na základě vstupních dat určit.

Vegetace je ve studiích změn odtoku zaměřených na extrémní odtokové situace zpravidla vnímána jako faktor retenční schopnosti povodí (CUDLÍN 2000). Změny v retenční schopnosti v důsledku změn využití krajiny umožňuje vyjádřit **metoda čísel odtokových křivek (CN-křivek)**. Tuto metodu zavedla Služba na ochranu

půdy USA (SCS) pro výpočet přímého odtoku způsobeného přívalovým deštěm z povodí o ploše od 5 do 10 km² (JANEČEK AJ. 2002). Základním vstupem je srážkový úhrn. Objem srážek se transformuje pomocí čísel odtokových křivek (CN) na objem přímého odtoku. Číslo CN-křivky závisí na hydrologických vlastnostech půd, na obsahu vody v zóně aerace, skladbě vegetačního krytu a způsobu obhospodařování pozemků (JANEČEK AJ. 2002). Průměr potenciální retence (R, mm) se počítá podle vztahu (JANEČEK AJ. 2002):

$$R = 25,4 (1000/CN - 10).$$

Hodnoty potenciální retence slouží jako vstupní hodnoty do modelů odtokového procesu (KOVÁŘ 1998), k vymezení retenčních prostorů v povodí (PECHANEC 2003) nebo modelování erozních procesů (JANEČEK AJ. 2002). KOVÁŘ (1998) použil metodu čísel odtokových křivek k modelování vlivu možných změn land use na změny hydrologické bilance v povodí Srbického potoka. Jeho studie prokázala, že změny relativního zastoupení travních porostů o $\pm 10\%$ přináší významné změny povrchového odtoku a dotace podpovrchových vod infiltrací se mění o $\pm 17\%$. Využití půdy a způsob hospodaření v povodí považují autoři za rozhodující faktor ovlivňující hydrologickou bilanci (KOVÁŘ 1998).

Změny ve využití říčních niv významně ovlivňují odtokový proces při povodňových situacích. Podle zjištění LANGHAMMERA A VAJSKREBA (2005) představuje zkrácení říční sítě důležitý parametr, zvyšující riziko povodňových škod v případech povodní s nižší dosaženou extremitou, kdy řeka k rozlivu nevyužívá celý prostor údolní nivy, ale zůstává v korytě řeky, resp. v zóně vymezené protipovodňovými hrázemi. LANGHAMMER (2004) ve své studii změn v říční nivě Otavy uvádí též zjištěný vliv využití půdy na transformaci povodňové vlny. Orná půda v nivě má nepatrnou retenční kapacitu a neumožňuje účinnou transformaci povodňové vlny. Zároveň působí jako zdroj materiálu pro intenzivní plošnou erozi. Zásadní problémy rozvoje erozně-akumulačních procesů při povodních pak představují antropogenní překážky v toku a v říční nivě. Metodicky je možné zjišťovat vývoj změn říční nivy zejména s využitím starých mapových zdrojů. Podrobně je stav niv zachycen na mapách stabilního katastru z 1. poloviny 19. století. Odvozovat možné změny odtokového procesu je možné srovnáváním historického využití pozemků přilehlých k vodnímu toku se současným stavem (KOPP 2004b).

Všeobecně je velmi málo systematicky studována problematika **vlivu struktury krajiny na odtok** (CUDLÍN AJ. 2000). Například důsledkem vyšší mozaikovitosti krajiny může být zvýšení její retenční schopnosti, pokud srovnáváme povodí se stejným podílem využití půdy, ale rozdílnou strukturou. Tento poznatek prokázal CUDLÍN AJ. (2000) výzkumem na malých povodích na Moravě. Problematikou statistického vyhodnocení vlivu ploch v městské krajině se podrobně zabývali na příkladu Mnichova PAULEIT A DUHME (2000). Studie prokázala velký rozptyl hydrologických charakteristik jednotlivých ploch v městské krajině. Analýze změn struktury krajiny by měla být věnována zvýšená pozornost jak v krajině ekologické při rozvoji kvantitativních metod jejího hodnocení, tak v hydrologii při analýze vlivu na odtokové poměry.

Studium environmentální historie krajiny s využitím historických metod může být důležitým příspěvkem k poznání fluviačního systému. K hlubšímu studiu

historických pramenů nebo výsledků již provedených historických výzkumů přistupujeme, pokud se krajina vybraného povodí vyznačuje rozsáhlými historickými změnami a hodnocení současného stavu nedostačuje k pochopení potřebných souvislostí (KOPP 2004a).

3 Závěrečné shrnutí

Hlavním cílem příspěvku je upozornit na možnosti využití některých hydrologických metod ve výzkumu vývoje krajiny a zároveň uvést doporučení pro výzkum krajiny, tak aby mohl sloužit hydrologickému výzkumu. Přestože existuje poměrně široké spektrum indikačních i interpretačních přístupů ve vazbě odtokový proces – vývoj krajiny, je nutné zároveň vnímat některá metodologická omezení používaných postupů.

V příspěvku je kladen důraz na interdisciplinární spolupráci, především mezi obory hydrologie, fluviální geomorfologie a krajinná ekologie. V průniku uvedených oborů se konstituuje obor ekohydrologie, vymezený v geografickém pojetí jako interdisciplinární pole výzkumu zaměřeného na aplikaci hydrologických poznatků v krajinné ekologii.

Literatura

- BUDÍK, L., BUDÍKOVÁ, M. 2001. Statistické zpracování měsíčních a ročních srážkových a odtokových charakteristik povodí řeky Moravy. Práce a studie ČHMÚ, sešit 28, Praha : ČHMÚ, 118 s. ISBN 80-85813-81-5.
- CUDLÍN, P. AJ. 2000. Hodnocení podmínek vzniku extrémních hydrologických jevů v krajině metodami hydrologického modelování a GIS. In Sborník příspěvků z workshopu 2000 ke grantovému projektu GAČR „Extrémní hydrologické jevy v povodích“, Praha.
- JANEČEK, M. aj. 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha : ISV nakladatelství, 199 s. ISBN 80-85866-86-2.
- JEDLIČKA, K., MENTLÍK, P. 2002. Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS. In Geoinformatika : sborník z XX. sjezdu ČGS, Ústí nad Labem : UJEP, 2002, s. 46-58.
- KAŇOK, J. 1997. Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kožle. Spisy prací PřF Ostravské univerzity 103. Ostrava : Ostravská univerzita, 188 s.
- KLIMENT, Z., KOPP, J. 1997. Hodnocení plaveninového režimu na zdrojnicích Berounky. Geografie – Sborník ČGS 102, 2, 130-138.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. 2005. Změny ve vývoji odtoku ve vybraných povodích horské a podhorské části Šumavy. In Hydrologické dni. Bratislava : SHMÚ. s. 702-717.
- KOPP, J. 2004a. Ekohydrologické hodnocení povodí v příměstské krajině - případová studie povodí Lučního potoka : disertační práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 266 s.
- KOPP, J. 2004b. Hodnocení ekohydrologické kvality koridorů malých vodních toků - případová studie Lučního a Zálužského potoka v povodí Radbuzy. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitas Ostraviensis 216, Geographia-Geologia 9, s. 45-60.
- KOPP, J. 2007. Vliv antropogenních změn na stabilitu fluviálních systémů. In Změny v krajině a povodňové riziko. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, s. 143-151.
- KOVÁŘ, P. 1998. Hydrologické a krajinařské zásady revitalizace potoků a hrazení bystřin. Praha : LF ČZU.

- KŘÍŽ, H. 1996. Groundwater Regimes and Resources Forecasting. Methods and practical applications. Brno : PC-DIR Publisher, 299 s.
- KŘÍŽ, V. 2003. Změny a zvláštnosti vodního režimu řeky Ostravice. Geografie – Sborník ČGS 108, 1, s. 36-48.
- LANGHAMMER, J. 2004. Analýza vlivu antropogenních změn v krajině na průběh a následky extrémních povodní.
- LANGHAMMER, J., VAJSKEBR, V. 2005. Historical Shortening of River Network in the Otava River Basin. Acta Universitatis Carolinae - Geographica, 2003 , 2, s.107-122.
- PAULEIT, S., DUHME, F. 2000. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. Landscape and Urban Planning 52, s. 1-20.
- PECHANEC, V. 2003. Identifikace a prostorová lokalizace ploch s nízkou retencí. Geoinfo speciál 2003, s. 70-72.
- SURIAN, N., RINALDI, M. 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. Geomorphology 50, s. 307–326.

Příspěvek vznikl jako výstup specifického výzkumu FPE Západočeské univerzity v Plzni.