

Ekologie tekoucích vod

PřFUK, MB162PO2, Katedra ekologie, 2009



*Josef K. Fuksa, Kat. ekologie PřFUK, VÚV T.G.M.,
Zuzana Hořická, Kat. ekologie PřFUK,
Jakub Langhammer, Kat. fyz. geografie etc. PřFUK,
Daniel Mattas, Kat. hydrauliky a hydrologie, FS ČVUT,
Ondřej Slavík, VÚV T.G.M.*



Ekologie tekoucích vod

**Hodnocení upravenosti toků a
údolní nivy jako parametru
povodňového rizika**

RNDr. Jakub Langhammer, Ph.D.

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Přírodovědecká fakulta

Univerzita Karlova v Praze

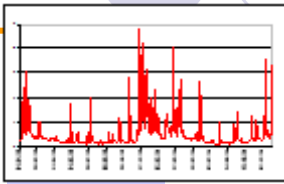
Program

- Upravenost toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující povodňové riziko
- Metodika MUTON
 - mapování upravenosti toků a následků povodní
 - geoinformatické hodnocení
- Výsledky – ukázka hodnocení na povodí Otavy a Blanice



Antropogenní upravenost toků a
nivy jako faktor povodňového
rizika

Složky přírodního rizika



Ohrožení

Přírodní proces.

Ohrožení

RIZIKO

Expozice



Expozice

Prostředí vystavené ohrožení.

Zranitelnost

Zranitelnost

Náchylnost exponovaného prostředí ke vzniku škody



HEM-F

- **Nadstavba metodiky hydromorfologického monitoringu HEM**

- Cíl: získat informace o souvislosti mezi antropogenní upraveností toků a údolní nivou a následky povodní

- Řešení: Vývoj metodiky terénního mapování a geoinformatického vyhodnocení

EN 14614 x HEM x HEM-F

Indicator	Identification of critical elements	EN 14614 standard	HEM hydromorphological monitoring methodology	HEM-F special-purpose mapping
Modifications of stream and floodplain				
River platform modifications	Yes	Yes	Yes	Yes
Longitudinal profile continuity	Yes	Yes	Yes	Yes
Modifications of river bed	Yes	Yes	Yes	Yes
Modifications of river bank	Yes	Yes	Yes	Yes
River bank vegetation structure	-	Yes	Yes	Yes
Riparian zone land use	Yes	Yes	Yes	Yes
Floodplain land use	Yes	Yes	Yes	Yes
Floodplain continuity	Yes	Yes	Yes	Yes
Course and consequences of floods				
Extent and characteristics of flood spill	-	-	-	Yes
Geomorphological effects of flood	-	-	-	Yes
Potential flow obstacles	Yes	Yes	Yes	Yes
Flood protection measures	-	-	-	Yes
Retention potential of the floodplain	-	-	-	Yes

Terénní mapování

- Upravenost říční sítě a příbřežní zóny
- Geomorfologické projevy povodně

- Východiska:

- výsledky odpovídají potřebám hodnocení
- objektivita hodnocení
- možnost mapování velkých území
- efektivita (cost-benefit)
- integrace výsledků do GIS



Terénní mapování

- Princip

- vytvoření nové metodiky pro hodnocení upravenosti toků a příbřežní zóny a metodiky pro mapování geomorfologických projevů povodně
- metodiky sestaveny tak, aby při zapojení většího počtu mapovatelů zůstala zachována objektivita
- využití klasických metod terénního mapování
 - varianta – sběr dat pomocí PDA → delší čas, vyšší náklady, horší ověřitelnost
- digitalizace do struktury, umožňující následné GIS zpracování, propojení s výsledky dalších analýz a geostatistickou analýzu



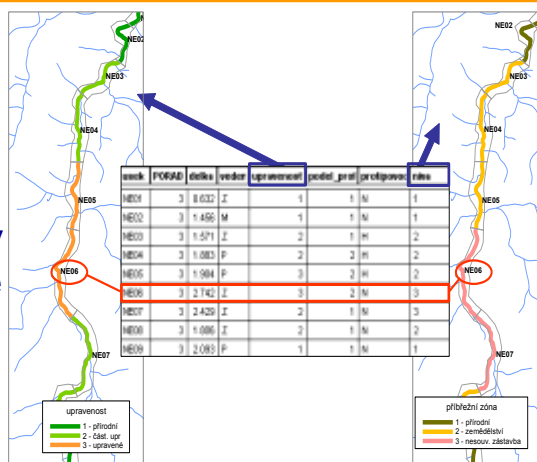
Mapování upravenosti říční sítě

- Cíl:
 - sběr dat o charakteru a intenzitě antropogenní upravenosti toků
 - terénní mapování umožní vytvořit data, která nejsou dostupná ze stávajících analogových a digitálních podkladů
- Metodika
 - zaměření na souvislost antropogenních úprav s ovlivněním odtokového procesu a především na projevy povodně
 - nutnost vytvoření nové metodiky mapování, která umožní:
 - zohlednit specifika zaměření na souvislost s povodněmi
 - zachování objektivitu hodnocení při větším počtu terénních pracovníků
 - možnost mapování velkých území
 - přenositelnost metodiky i do jiných prostředí
 - možnost integrace výsledků do GIS a jejich dalšího geostatistického zpracování



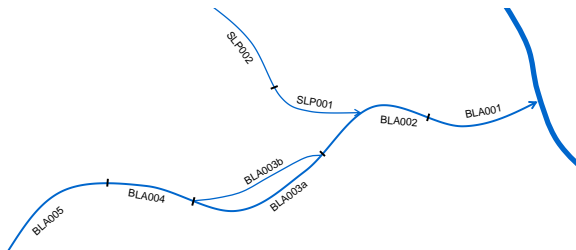
Mapování upravenosti říční sítě

- Rozdělení toků na segmenty.
- Proměnlivá délka úseků
- Segmenty vymezeny podle homogenity ve sledovaných parametrech



- Výsledky jsou přeneseny do digitální podoby a integrovány v prostředí GIS, kde probíhá jejich analýza a vyhodnocení.

Vymezení úseků pro mapování



- Hodnocené úseky jsou vymezeny tak, aby daný úsek byl homogenní v klíčových ukazatelích upravenosti:
 - Půdorysný průběh trasy toku
 - Charakter využití příbřežní zóny
 - Charakter upravenosti koryta toku.

Vymezení úseků pro mapování



- Ukázka vymezení hranic úseků
 - V místech, kde je charakter trasy toku stejnorodý je převládajícím kritériem pro vymezení hranice úseku charakter využití údolní nivy.

Hodnocené ukazatele

- Mapováno je celkem 13 ukazatelů, které popisují rozdílné charakteristiky prostředí toku, jeho upravenosti a identifikovaných následků povodně
- Jednotlivé ukazatele popisují:
 - Charakter koryta toku a údolní nivy
 - Upravenost toku a údolní nivy
 - Charakter následků povodně
 - Charakter rozlivu při povodni
 - Retenční potenciál údolní nivy a charakter protipovodňových opatření
- Výsledky mapování jsou následně rekódovány a klasifikovány tak, aby z nich bylo možné odvodit syntetické ukazatele.

Struktura ukazatelů

- Analytické ukazatele
 - Výsledné hodnoty vzniklé mapováním jednotlivých ukazatelů
 - Intenzitní
 - Identifikační
 - Informační
- Syntetické ukazatele
 - Ukazatele odvozené z výsledků mapování

Intenzitní ukazatele

- Ukazatele upravenosti a následků, u kterých je možné jednotlivé dílčí parametry hodnotit podle intenzity jejich potenciálního vlivu na proudění při povodni. Jednotlivé hodnocené ukazatele jsou z pohledu systému povodňového rizika (Langhammer, 2006) významné z hlediska možnosti ovlivnění proudění při povodni a z hlediska ovlivnění transformace povodňové vlny při průchodu povodím.

Hodnocené ukazatele:

- Upravenost trasy toku
- Upravenost podénného profilu
- Upravenost koryta toku
- Upravenost příbřežní zóny



Trasa toku

Upravenost trasy toku

- 1. Divočící, rozvětvený
- 2. Přirozeně meandrující
- 3. Zákruty přirozeného původu
- 4. Přirozeně přímý úsek
- 5. Zákruty se známkami napřímení
- 6. Napřímený úsek
- 7. Revitalizovaný úsek

Trasa toku - ukázky



1. Divočící, rozvětvený



2. Přirozeně meandrující



3. Zákuty přirozeného puvodu



4. přirozeně přímý



6. Napřiměný úsek

Podélný profil

Upravenost v podélném profilu

- 1. Úsek bez vertikálních překážek
- 2. Přirozené nízké stupně v korytě
- 3. Přirozené vysoké stupně v korytě
- 4. Nízký jez (do 1 m)
- 5. Stupňovitý jez, skluz
- 6. Vysoký jez (přes 1 m)
- 7. Hráz



Úpravy koryta

Upravenost koryta toku

- 1. Přírodní koryto bez známky úprav
- 2. Vegetační opevnění, dřevěná kulatina
- 3. Břeh zpevněný kamenem
- 4. Břeh nebo dno zpevněné trávobetonovou dlažbou
- 5. Břeh nebo dno zpevněné vyzdívkou či betonem
- 6. Souvislé betonové zpevnění břehu i dna
- 7. Zatrubnění

Využití příbřežní zóny

Upravenost příbřežní zóny

- 1. Les
- 2. Louka
- 3. Orná půda
- 4. Opuštěná orná půda
- 5. Zahrady
- 6. Roztroušená zástavba
- 7. Intravilán
- 8. Průmysl, těžba

Identifikační ukazatele

- Prvky, u kterých není hodnocena intenzita působení nebo projevu, ale jejich výskyt z hlediska polohy, struktury a četnosti. Společně s intenzitními ukazateli představují identifikační ukazatele základní stavební kameny následného hodnocení.

Hodnocené ukazatele:

- Potenciální překážky proudění při povodni
- Geomorfologické projevy povodně
- Povodňové škody



Potenciální překážky proudění při povodni

- Most
- Propustek
- Překážka v korytě toku
- Hráz paralelně s korytem
- Budovy v nivě
- Násep silnice / trati napříč nivou
- Jiná překážka



Geomorfologické projevy povodně

- Bez následků na korytě a příbřežní zóně
- Drobné břehové nátrže (do 5 m délky břehu)
- Rozsáhlé břehové nátrže (přes 5 m délky břehu)
- Sesuvy vyvolané povodní
- Drobné fluvialní akumulace (do 100 m²)
- Rozsáhlé fluvialní akumulace (přes 100 m²)
- Přemístění balvanů nebo velkého objemu hmoty



Povodňové škody

- Poškození nebo destrukce budov v nivě
- Poškození nebo destrukce mostů
- Poškození nebo destrukce jezů
- Poškození nebo destrukce komunikací v nivě



1. Most



2. Propustek



4. Hráz paralelně s korytem



5. Budovy v nivě

6. Násep silnice / trati napříč nivou

Informační ukazatele

Přinášejí do hodnocení doplňující informace, které jsou využity při analýza a typologii upravenosti prostředí toků a nivy a následků povodní a jsou zároveň důležité pro podrobné hodnocení, prováděné u vybraných úseků, zejména při klasifikaci kritických úseků a při identifikaci úseků potenciálně vhodných pro rozliv v nivě

Hodnocené ukazatele:

- Šířka údolní nivy
- Šířka koryta
- Zhloubení koryta
- Charakter břehové vegetace
- Retenční potenciál údolní nivy
- Charakter rozlivu při povodni

Geometrie toku a nivy

Šířka údolní nivy	Šířka koryta	Zhloubení koryta
1. údolní niva není vyvinutá	1. do 1 m	1. do 0,5 m
2. do 10 m	2. 1-2 m	2. 0,5 - 1 m
3. 10-50 m	3. 2-5 m	3. 1-2 m
4. 50-200 m	4. 5-10m	a více
5. 200-500 m	5. 10-20 m	
6. 500 m a více	6. 20 m a více	

Břehová vegetace

- Břeh bez vegetace
- Jednotlivé stromy
- Skupiny stromů a keřů
- Pás vegetace podél toku
- Les



Charakter rozlivu při povodni

- Voda neopustila koryto
- Rozliv pouze v rámci protipovodňových hrází
- Rozliv do blízké příbřežní zóny (do 50 m od koryta)
- Rozsáhlý rozliv do údolní nivy s výškou hladiny do 1 m u koryta toku
- Rozsáhlý rozliv do údolní nivy s výškou hladiny vyšší než 1 m u koryta toku

Retenční potenciál údolní nivy

- Opuštěný meandr/rameno toku
- Mokřad
- Poldr
- Povodňová hráz
- Přirozené nebo umělé sníženiny v nivě
- Vodní nádrže v nivě



Charakter rozlivu

Charakter rozlivu

1. Voda neopustila koryto
2. Rozliv pouze v rámci protipovodňových hrází
3. Rozliv do blízké příbřežní zóny (do 50 m od koryta)
4. Rozsáhlý rozliv do údolní nivy s výškou hladiny do 1 m u koryta toku
5. Rozsáhlý rozliv do údolní nivy s výškou hladiny vyšší než 1 m u koryta toku

Mapování geomorfologických projevů povodně

Gravitační tvary:

Sesuv, sesuvné území

Fluviální tvary:

Akumulační:

Náplavový /dejekční/ kužel
Terasa
Údolní niva
Starší /holocenní/ fluviální /povodňová/ akum.
Čerstvá fluviální akumulace

Erozní:

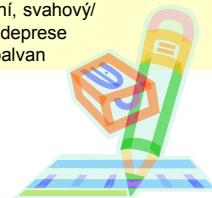
Erozní rýha, Zdrojová oblast plošného splachu
Přeložené koryto, Opuštěné koryto
Výrazné poškození břehu, břehová nátrž
Protřzený val
Čerstvé zařízení toku do sedimentů údol. nivy
Skalní stupeň v korytě

Antropogenní tvary:

Jez
Protipovodňový val, zeď
Antropogenně zpevněné svahy.
Antropogenní val, halda
Most poškozený nebo zničený
Most, lávka
Nevhodně umístěný objekt

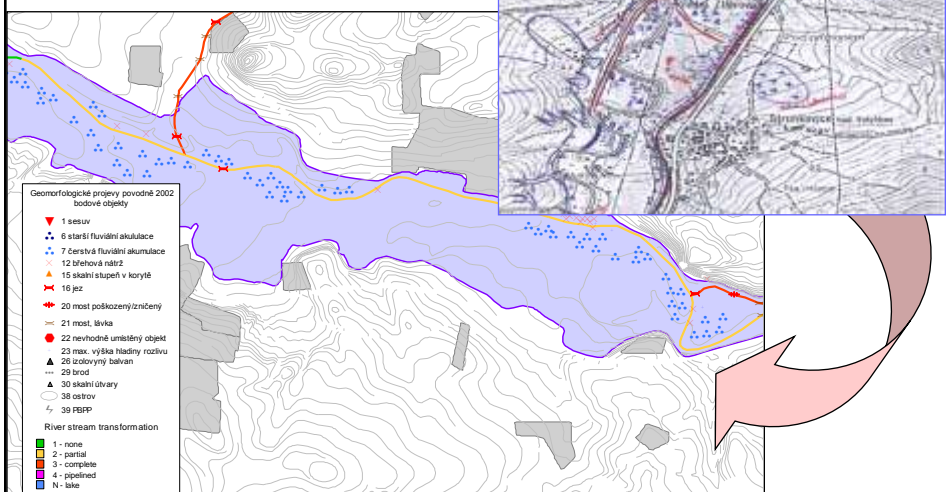
Ostatní:

Maximální výška hladiny rozlivu
Úpad /údolní, svahový/
Bezodtoká deprese
Izolovaný balvan



Mapování geomorfologických projevů povodně

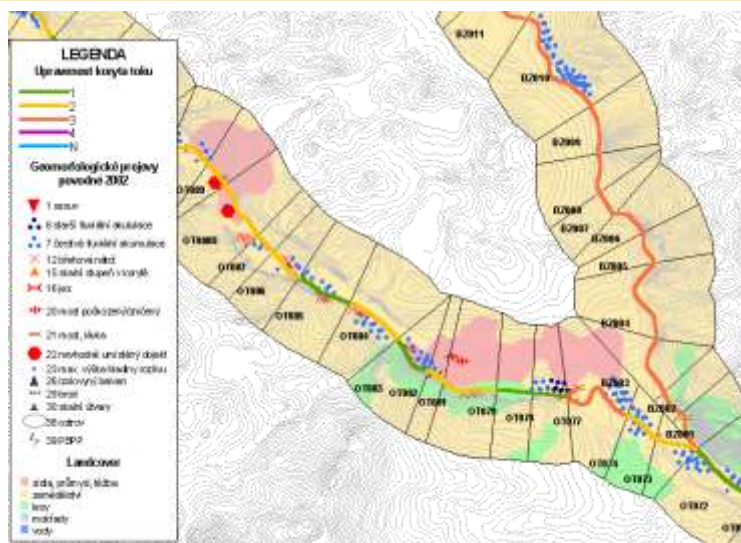
Digitalizace podkladů z terénního mapování



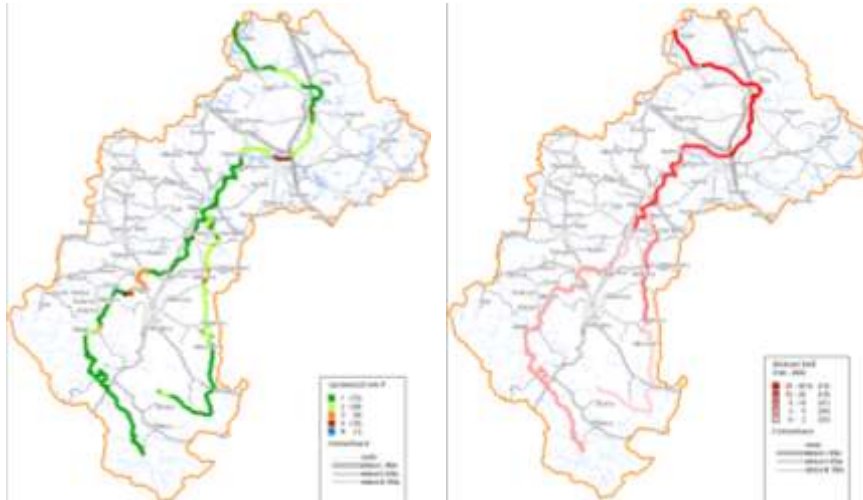
Vyhodnocení

- GIS integrace
- Vyhodnocení analytických ukazatelů
 - oddělené vyhodnocení parametrů
 - statistické vyhodnocení
 - geostatistická klasifikace
- Odvození syntetických ukazatelů
 - Index upravenosti toku a nivy
 - Typologie projevů a následků povodně
 - Identifikace kritických úseků

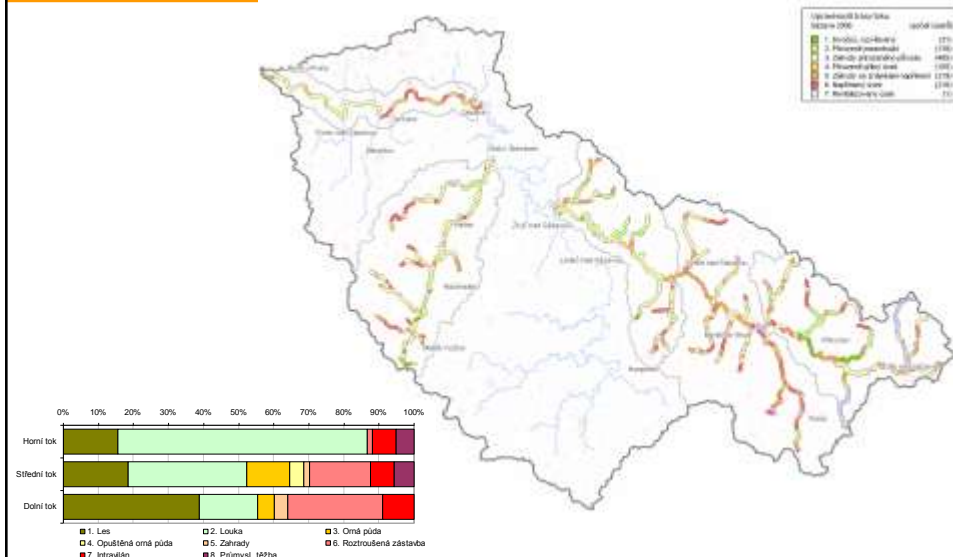
Integrace dat v GIS



Oddělené hodnocení parametrů



Sázava - vyhodnocení analytických ukazatelů



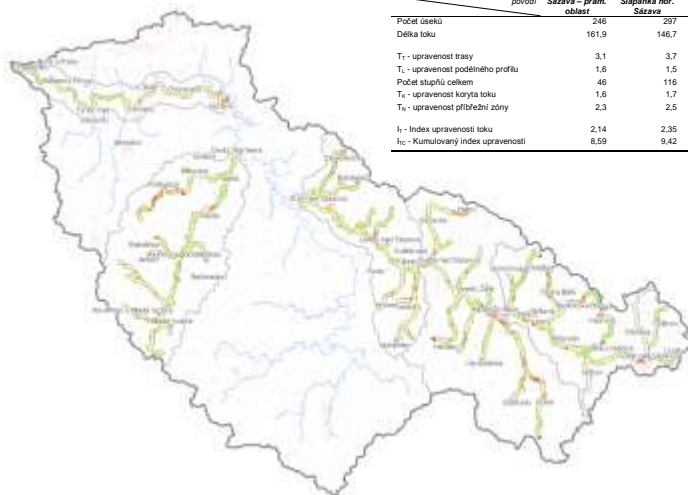
Index upravenosti toku

$$I_T = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TE}}{n}$$

$$I_{TE} = \frac{T_T + T_L + T_B + T_F}{4}$$

- **IT** index upravenosti toku
- **ITE** index upravenosti úseku
- **TT** upravenost trasy toku
- **TL** upravenost podélného profilu
- **TB** upravenost koryta toku
- **TF** upravenost příbřežní zóny

Sázava - index upravenosti toku

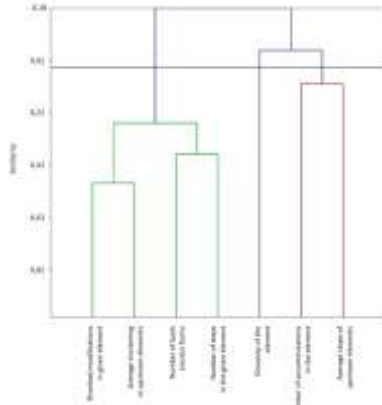
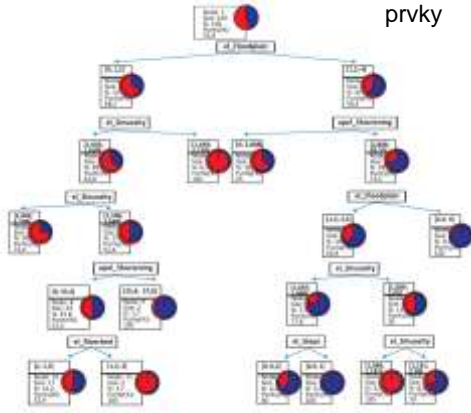


	povodí	Sázava - pram. oblast	Sázava hor. Sázava	Sřední Sázava	Blanice	Dolní Sázava
Počet úseku	248	297	317	306	96	
Délka toku	161,9	146,7	124,0	139,7	54,6	
T _T - upravenost trasy	3,1	3,7	3,0	3,1	4,1	
T _L - upravenost podélného profilu	1,6	1,5	1,4	1,6	1,3	
Počet stupňů celkem	46	116	68	23	84	
T _B - upravenost koryta toku	1,6	1,7	1,9	1,4	1,5	
T _F - upravenost příbřežní zóny	2,3	2,5	2,6	2,6	3,2	
I _T - Index upravenosti toku	2,14	2,35	2,22	2,17	2,51	
I _c - Kumulovaný index upravenosti	8,59	9,42	8,92	8,69	10,15	

Analýza vazeb mezi úpravami říční sítě a následky povodní

Vícerozměrné statistické metody Cíl

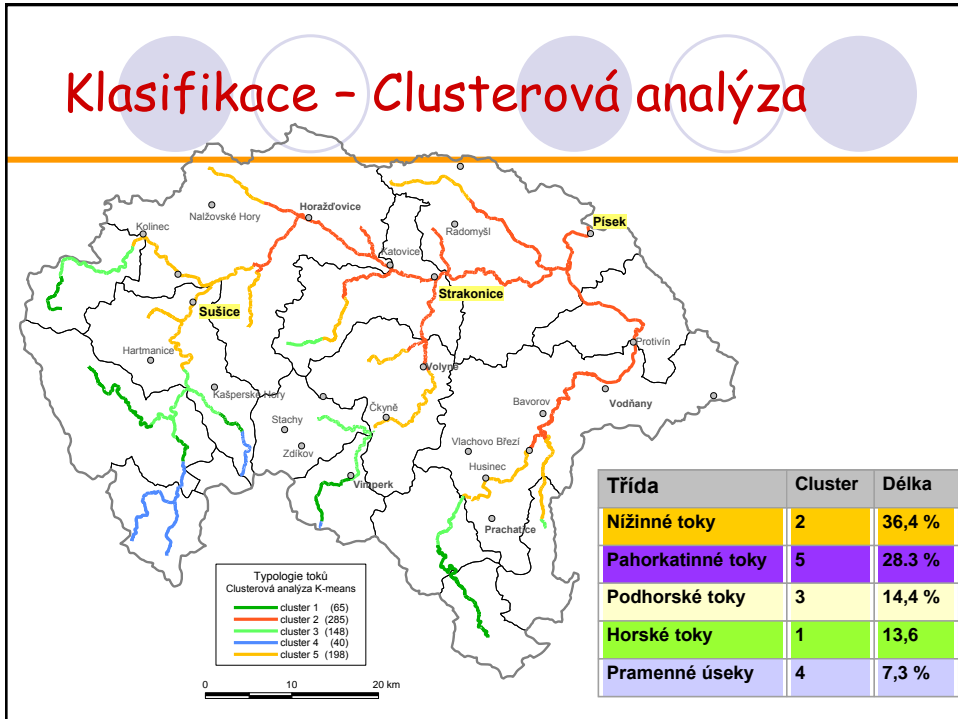
- FA, PCA
- Shluková analýza
- Klasifikační stromy
- Najít funkční vazby mezi určitými typy úprav a následky povodní
- Pomocí GIS následně identifikovat rizikové prvky



Statistické vyhodnocení

	H_mean	sklon	úpravovz	trasa	podletry_prof	niva	počet_akumulací2	počet_břeh_natrzí	počet_jezu	počet_nevhod_obj	počet_mostu	počet_sesuvu	počet_skal_stupnu	podtl_urban	podtl_orne	podtl_zamed	podtl_lesky	podtl_lesa	podtl_voda	zkrceni_2VM_3VM	zkrceni_2VM_2000	zkrceni_3VM_50s	zkrceni_3VM_2000	zkrceni_50s_2000	
H_mean	1.000																								
sklon	0.595	1.000																							
úpravovz	-0.255	-0.083	1.000																						
trasa	-0.099	-0.026	0.285	1.000																					
podletry_prof	-0.167	-0.093	0.330	0.108	1.000																				
niva	-0.124	-0.041	0.312	0.964	0.245	1.000																			
počet_akumulací2	-0.118	-0.115	-0.092	-0.080	-0.035	-0.084	1.000																		
počet_břeh_natrzí	-0.088	-0.094	0.007	-0.005	0.043	-0.005	0.317	1.000																	
počet_jezu	-0.160	-0.110	0.209	0.063	0.421	0.091	0.018	0.067	1.000																
počet_nevhod_obj	-0.053	-0.032	0.018	-0.025	-0.006	-0.013	0.043	0.037	-0.026	1.000															
počet_mostu	-0.031	-0.031	-0.025	-0.011	-0.025	-0.011	0.151	0.222	0.008	-0.009	1.000														
počet_sesuvu	-0.052	-0.054	0.166	0.013	0.147	0.031	0.065	0.150	0.289	0.171	0.032	1.000													
počet_skal_stupnu	0.075	-0.028	-0.044	-0.065	0.014	-0.060	0.024	-0.023	-0.026	-0.012	-0.014	-0.030	1.000												
podtl_urban	0.056	-0.002	-0.017	0.002	0.009	-0.003	-0.021	0.045	0.028	-0.013	0.082	0.007	-0.006	1.000											
podtl_orne	-0.204	-0.147	0.342	0.190	0.241	0.200	-0.094	0.018	0.194	0.025	0.019	0.218	-0.026	-0.031	1.000										
podtl_zamed	-0.587	-0.388	0.136	-0.023	0.055	0.003	0.076	0.024	0.054	0.104	-0.052	0.027	-0.033	-0.026	-0.106	1.000									
podtl_lesky	-0.617	-0.439	0.099	-0.022	0.057	0.004	0.160	0.085	0.058	0.090	0.020	0.014	-0.051	-0.049	-0.270	0.731	1.000								
podtl_lesa	0.147	0.080	-0.050	0.014	0.062	0.007	0.032	0.071	0.010	-0.035	0.054	-0.017	-0.029	0.015	-0.132	-0.360	0.062	1.000							
podtl_voda	0.045	-0.050	-0.092	-0.132	-0.016	-0.135	-0.052	-0.022	0.013	-0.029	-0.035	0.001	0.105	0.014	-0.010	-0.040	-0.141	-0.062	0.008	1.000					
zkrceni_2VM_3VM	0.102	0.131	-0.112	0.039	-0.033	0.020	0.033	0.037	0.014	0.080	0.058	0.069	-0.037	0.010	-0.071	-0.102	-0.090	0.033	0.132	-0.016	1.000				
zkrceni_2VM_2000	-0.408	-0.286	0.263	0.008	0.121	0.015	-0.022	0.010	0.156	0.020	0.019	0.099	-0.015	-0.024	0.106	0.334	0.295	-0.105	-0.362	0.040	-0.028	1.000			
zkrceni_3VM_50s	-0.295	-0.229	0.264	-0.008	0.091	0.006	-0.087	-0.063	0.125	0.000	-0.044	0.058	0.008	-0.025	0.132	0.253	0.185	-0.074	-0.267	0.056	-0.469	0.021	1.000		
zkrceni_3VM_2000	-0.416	-0.316	0.283	0.004	0.119	0.018	-0.033	-0.003	0.157	-0.008	-0.010	0.075	0.002	-0.028	0.137	0.341	0.299	-0.115	-0.383	0.047	-0.415	0.905	0.949	1.000	
zkrceni_50s_2000	-0.421	-0.306	0.121	0.036	0.117	0.038	0.157	0.183	0.209	-0.020	0.087	0.135	-0.017	-0.014	0.042	0.304	0.367	-0.116	-0.396	0.018	0.122	0.488	0.099	0.392	1.000

Klasifikace - Clusterová analýza



Identifikace kritických úseků

- vyběr kritérií
- zkušenosti s mapováním a analýzou následků povodní 1997, 2002 a 2006
- Statistická analýza
- identifikace
- Klasifikace v GIS
- Verifikace s výsledky terénního průzkumu, leteckými snímky či dalšími podpůrnými materiály.

Critical aspect	Indicators used for classification	Selection criteria
Restriction of retention potential of floodplain	Land use of riparian zone Land use of floodplain Floodplain continuity River bed management	(No settlement AND No industry in riparian zone) OR No settlement AND No industry in floodplain AND Dikes parallel to the stream OR Artificial increase of channel capacity Calvert OR high-level weir OR bridge OR dike crossing floodplain
Potential flood course obstacle	Stream continuity Floodplain continuity	Stream shortening AND River bed OR bank consolidation by concrete or stone AND Siltation > 1.05
Modification: speeding stream	Stream reach modification River bed modification Bank modification Siltation	Stream shortening AND River bed OR bank consolidation by concrete or stone AND Siltation > 1.05
Improper modification of stream reach	Stream reach modification Siltation	Stream shortening AND Siltation > 1.05 AND Narrow element Manufacturing or siting in stream reach



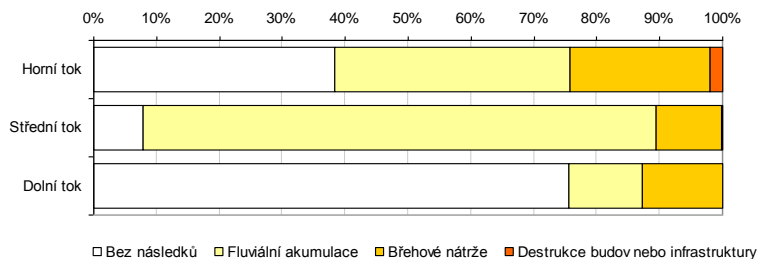
Typologie projevů a následků povodně

Podle nalezených projevů povodně jsou v jednotlivých úsecích identifikovány následující kategorie:

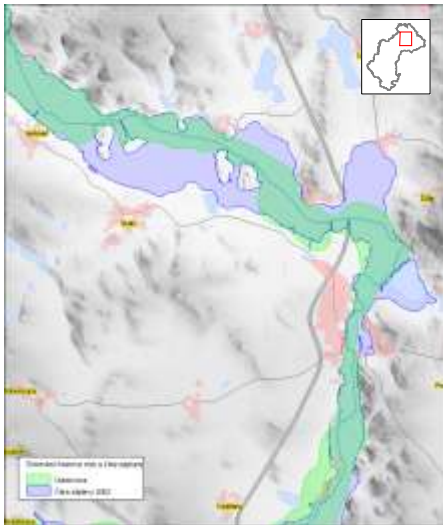
- bez následků
- erozní projevy (břehové nátrže)
- akumulční projevy (fluviální akumulace)
- destrukční projevy (destrukce budov, objektů a infrastruktury)

Sázava - typologie projevů povodně

- Ve struktuře následků jsou zřejmé výrazné rozdíly mezi jednotlivými oblastmi toku. Zatímco na horní části povodí převažují akumulční procesy v podobě fluviálních akumulací, na středním a zejména dolním toku Sázavy je četnější výskyt erozních projevů nejčastěji ve formě břehových nátrží. Destrukční projevy povodně jsou zastoupeny okrajově, nejčastěji se vyskytují v oblasti horní a střední části povodí, kde Sázava protéká intravilány měst a kde zároveň dochází k soutokům s významnými přítoky – Šlapankou, Sázavkou aj.



Srovnání rozsahu záplavy a údolní nivy



- Na řadě lokalit při extrémní povodni dochází k vyplnění celého prostoru údolní nivy
- Problémy
 - Niva není vyplněna
 - antropogenní překážky
 - geomorfologie
 - Rozliv za hranice nivy
 - nesprávné vymezení nivy
 - změny v profilu údolního dna

Identifikace kritických úseků

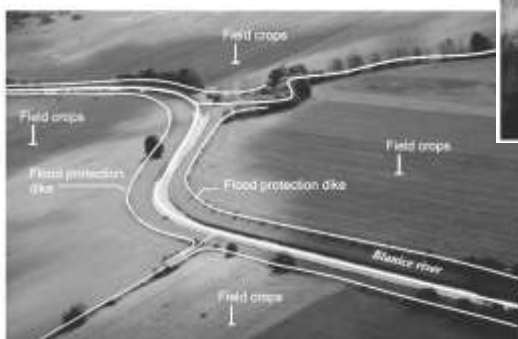
Kritéria pro identifikaci potenciálně kritických úseků stanovena na základě zkušeností s vyhodnocováním následků povodní 1997, 2002, 2006. Zpracování v GIS.

Použitá kritéria

- Úpravy urychlující odtok
- Úpravy omezující využití retenčního potenciálu nivy
- Výskyt kritických typů překážek proudění.
- Nevhodné střídání úprav trasy toku

Kritické typy úprav

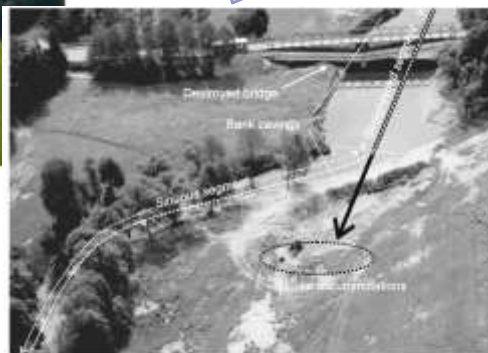
Překážky proudění



Omezení retenčního potenciálu údolní nivy

Kritické typy úprav

Nevhodné střídání úprav trasy toku



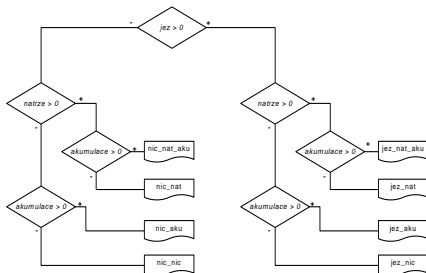
Kritické typy úprav



Komplexní úpravy

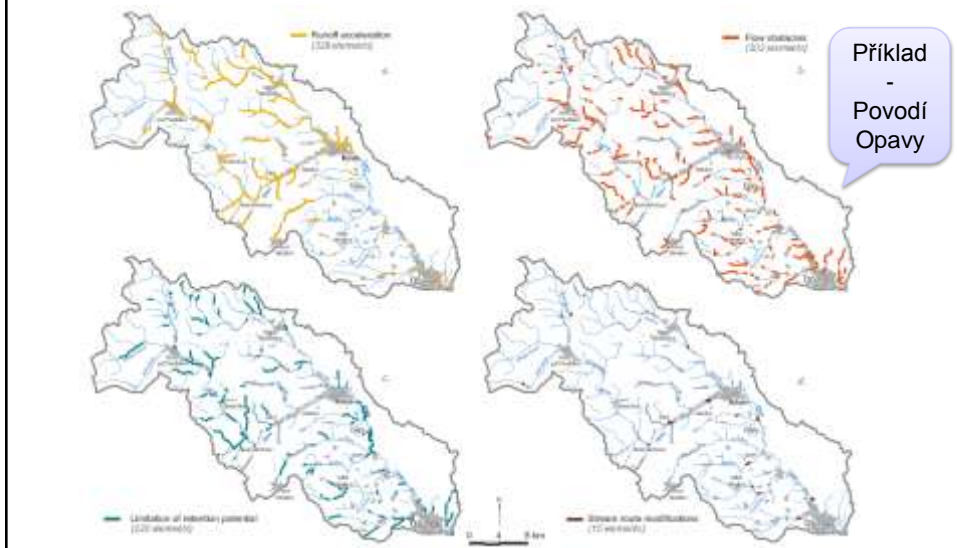
Identifikace kritických úseků

Decision tree



- Řešení
 - Klasifikace podle rozhodovacích pravidel
 - Výběr hlavních typů kritických úprav
 - Zpětná integrace do GIS

Identifikace kritických úseků

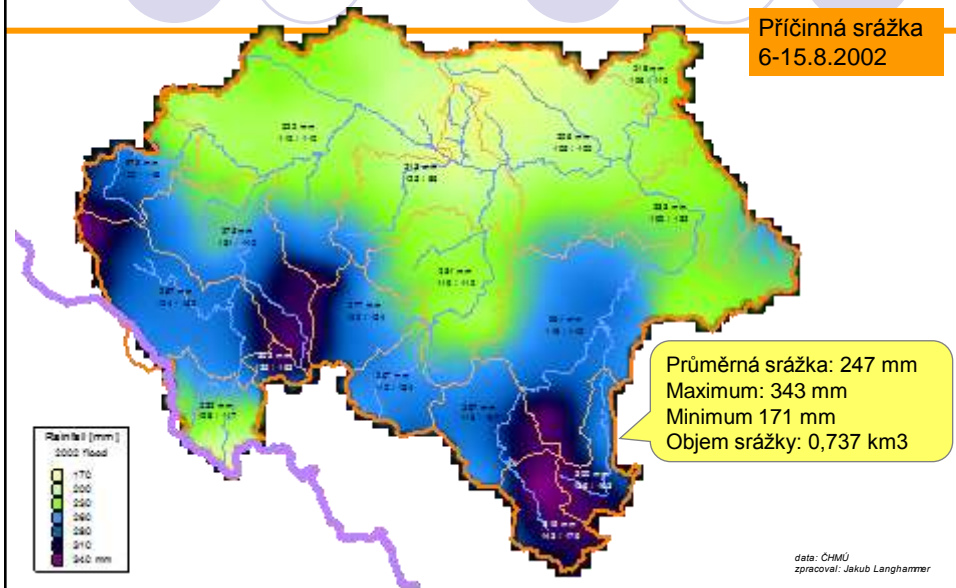


Aplikace metodiky

vyhodnocení následků
extrémních povodní 2002 a
2006 v povodí Otavy,
Blanice a Sázavy

Povodí Otavy - povodeň 2002

Příčinná srážka
6-15.8.2002



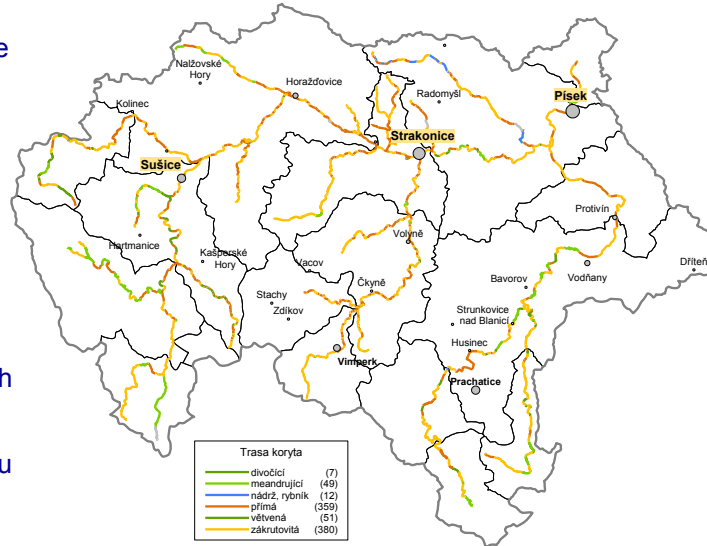
Upravenost trasy toku

- Upravenost trasy toku - nejzjevnější indikátor provedených úprav vodních toků v krajině.
- Zatímco zásahy do geometrie profilu toku a zpevnění, nemusí být po delší době již zřejmé, napřímení trasy koryta je patrné i po desítkách let.
- Příčiny napřímení
 - u drobných toků ponejvíce snaha o protipovodňovou ochranu pomocí zrychleného převedení vody krajinou
 - možnost intenzivnějšího využití zemědělské půdy
 - větší toky – splavnost pro dopravu materiálu

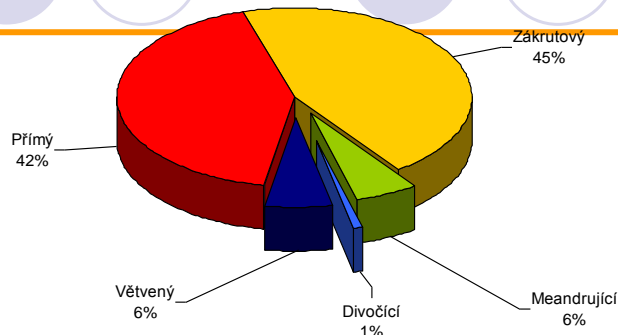


Upravenost vedení trasy toku

- V oblastech dolních toků je přímé vedení koryta možno jednoznačně přisoudit antropogenní činnosti
- V horských oblastech je výskyt přímých úseků zpravidla dán morfologií toku a údolí.



Upravenost trasy - výsledky



- Nejvyšší podíl úseků s přímým vedením toku na střední a dolní části povodí v zemědělské krajině.
- Povodí dolní Blanice, střední Otavy po Katovice či Spůlky vykazují více než 40% podíl úseků toků s přímým vedením koryta toku.
- Nad 30% celkové délky toku s přímým vedením koryta je ve zbývajících dílčích povodích Otavy na středním a dolním toku a v povodí dolní Volyňky.

Analýza historických změn hydrografické sítě

Podklad

- Mapa II. Voj. Mapování
- ZABAGED

Oblast soutoku Otavy a Blanice

Celková změna délky toků až o 38%



Blanice - napřímení dolního toku

Zkrácení říční sítě



Upravenost podélného profilu

Stupně a jezy – místa koncentrace morfologických projevů povodně
Prostorová souvislost upravenosti podélného profilu s mapovanými následky povodní

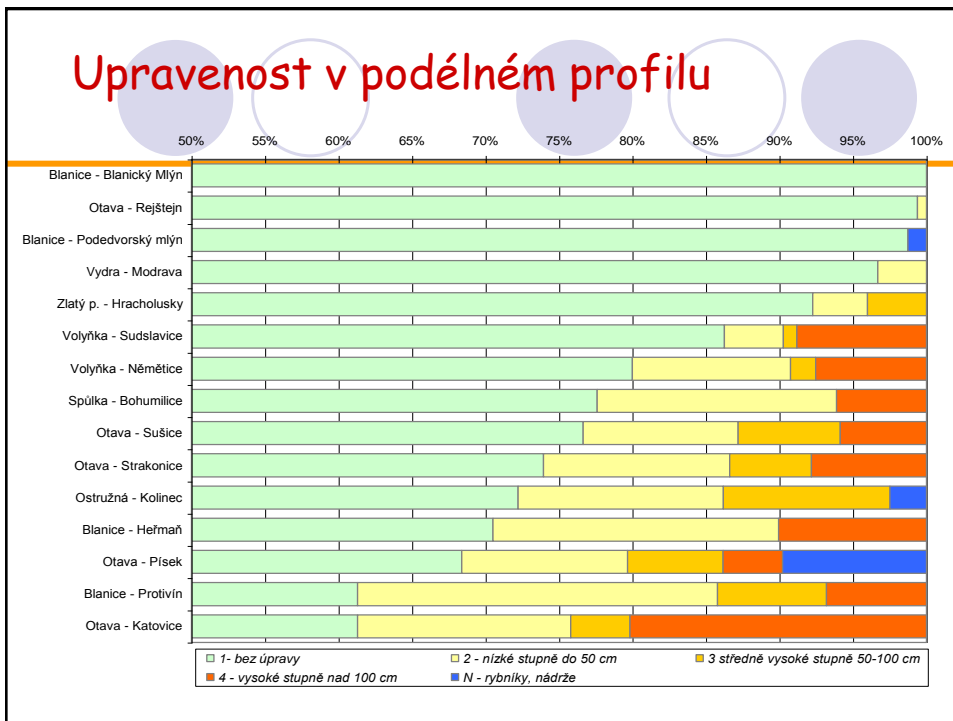


Upravenost v podélném profilu



- Přítomnost umělých stupňů, jezů a drobných hrází v korytě, které mění podélný profil toku.
- Ovlivnění dynamiky proudění v oblasti nad a pod stupněm
 - Nad stupněm dochází ke vzdutí, které působí zpomalení proudění a rozliv vody v nivě
 - Pod stupněm naopak dochází k akceleraci proudění.
- Při povodni jsou regulační objekty na toku místy se zvýšenou intenzitou geomorfologických projevů povodně, neboť představují překážku přirozenému proudění vody.

Upravenost v podélném profilu



Upravenost v podélném profilu

- V povodí Otavy bylo nalezeno celkem 337 stupňů, z toho 169 má charakter jezu.
 - Absolutně nejvyšší počet umělých stupňů nacházíme na Volyňce (60), Otavě (54), Ostružné (39), Spůlce (37) a Blanici (31).
 - Obecně jsou stupně koncentrovány do středních a dolních částí toků.
- Upravenost podle povodí
 - Maximum Otavy a Blanice na dolních a středních úsecích
 - Otava – Katovice a Blanice – Protivín - podíl délky toků s úpravou podélného profilu blíží 40 %,
 - Střední a dolní Otava po Písek či Strakonice – 25-30%
 - Horské části povodí Otavy, Blanice a Vydry pod 5% úhrnné délky toků v bilančním povodí.



Upravenost koryta toku



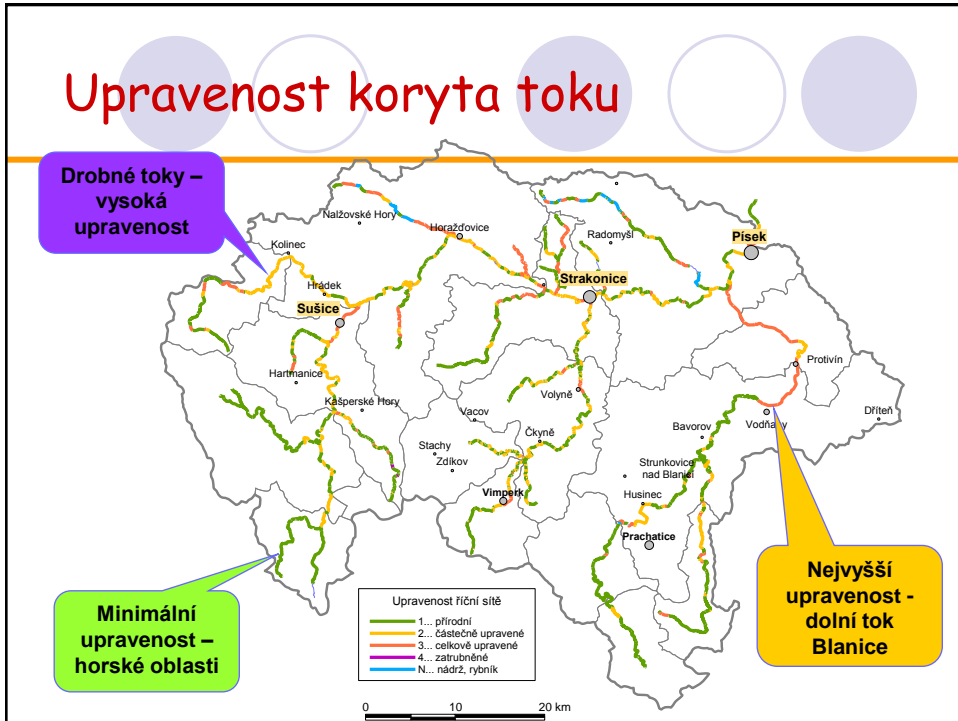
- Úprava koryta toku - umělé zásahy do geometrie koryta, zpevnění břehů či dna cizorodým materiálem, spojené se změnou jeho drsnosti.
- Hodnocené parametry upravenosti
 - Neupravený
 - Částečně upravený
 - Upravený
 - Zatrubněný

Vliv upravenosti toků na průběh povodně

- Vliv upravenosti koryta toku a příbřežní zóny na průběh a následky povodně:
 - Ovlivnění průběhu povodně v lokálním měřítku
 - Ovlivnění průběhu povodně na navazujících úsecích toku



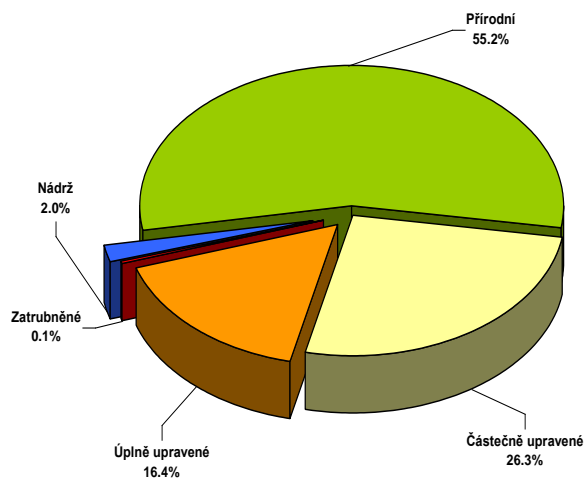
Upravenost koryta toku



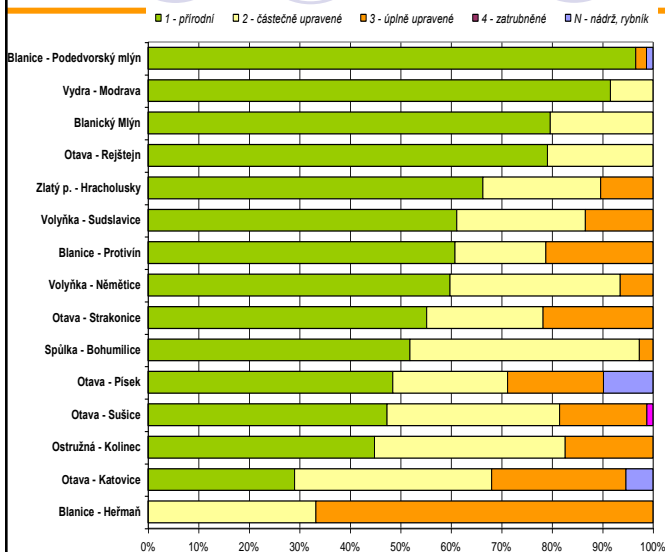
Upravenost koryta toku

- Z 610 km toků v povodí Otavy antropogenně upraveno 43 %

- částečná úprava - 26 %
- úplná úprava – 16 %
- 0,1 % zatrubněno
- 2 % vodní plochy



Upravenost koryta toku



- Absolutně nejvyšší upravenost - dolní Blanice
→ 100% délky toků.

- Otava na středním a dolním toku, povodí Ostružné, Spůlky, Volyňky, Blanice na středním toku:
→ 40-60%.

- Pramenné oblasti povodí Otavy (horní Blanice, Vydra):
> 80 % přírodní

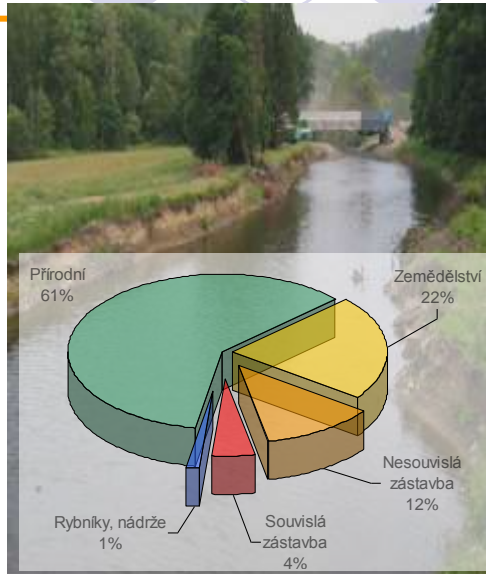
Struktura upravenosti toku

- **Důležitá struktura upravenosti toku.**
- Dlouhé kompaktní upravené úseky působí zrychlení proudění a při přechodu do neupravených úseků, zejména v místech zákrutů či meandrů dochází ke koncentraci erozních i akumulčních projevů a k intenzivnějším škodám.
- Maximální pozornost **zatrubněným úsekům.**
 - Při průchodu povodňové vlny dochází k jejich zanesení materiálem, přinášeným z horních úseků a k zadržení vody.
 - Následné protržení umělé hráze uvolní podstatně ničivější povodňovou vlnu, než by odpovídalo přirozenému průběhu povodně .



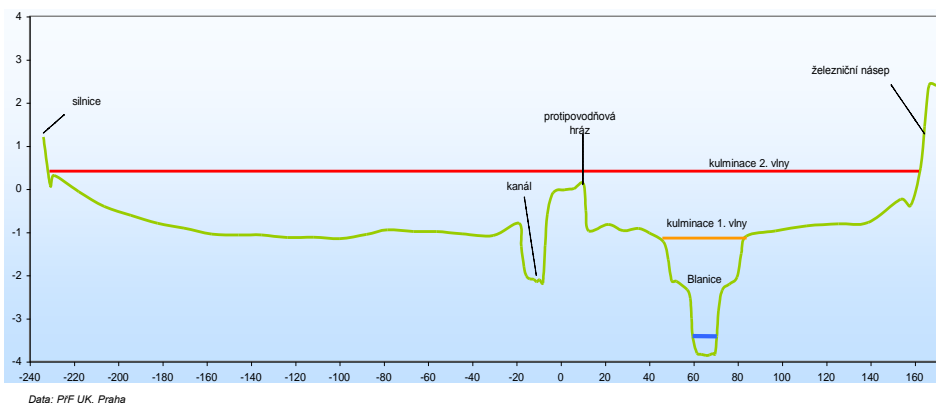
4. Využití příbřežní zóny

- Upravenost příbřežní zóny má zásadní vliv na transformaci odtokové vlny při povodni, kdy dochází k vyběžení toku mimo vlastní koryto.
- Mimořádný potenciál pro transformaci povodňové vlny a díky svému celkovému objemu i pro zvýšení retenční kapacity odtokové zóny.
- Příbřežní zóna představuje mimořádně důležitý článek v systému protipovodňové ochrany území.

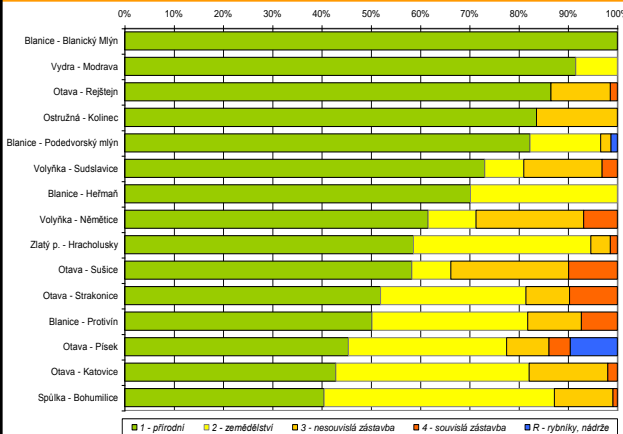


Význam upravenosti příbřežní zóny při povodni v srpnu 2002

- Na středních a dolních tocích Otavy, Blanice a Volyňky řeky zpravidla úplně vyplnily celé území údolní nivy.
- Hladina vody často převyšovala dno údolní nivy až o několik metrů
- Intenzita a struktura využití údolní nivy se tak stala významným činitelem, ovlivňujícím postup povodně a její následky.



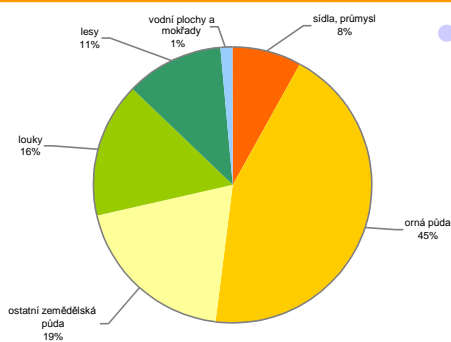
Využití příbřežní zóny



- Regionální rozdíly intenzity upravenosti
 - minimální rozdíl mezi upraveností P a L břehu
 - povodí na středních a dolních tocích 40 – 60 %
 - horní toky 5 – 15 %

- Nejvyšší podíl antropogenně přeměněných ploch v příbřežní zóně vodních toků na dolních tocích Otavy, Blаницe, Spůlky a Zlatého potoka.
- Horské toky vykazují často i více než 75% podíl přírodních ploch v příbřežní zóně,
- Celkem 60% podíl přírodních úseků

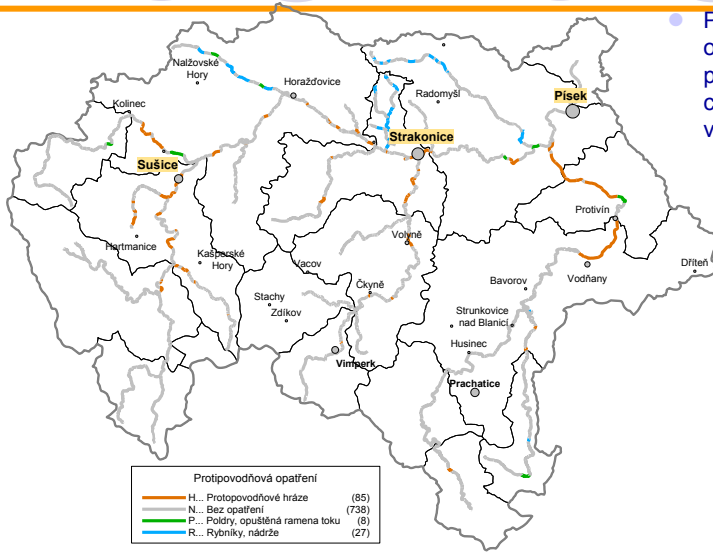
Využití příbřežní zóny x využití údolní nivy



charakter	P břeh	L břeh
1 – přírodní	60.3%	60.7%
2 – zemědělství	22.0%	20.3%
3 - nesouvislá zástavba	12.0%	11.5%
4 - souvislá zástavba	4.4%	5.1%
R - rybníky, nádrže	1.3%	1.2%

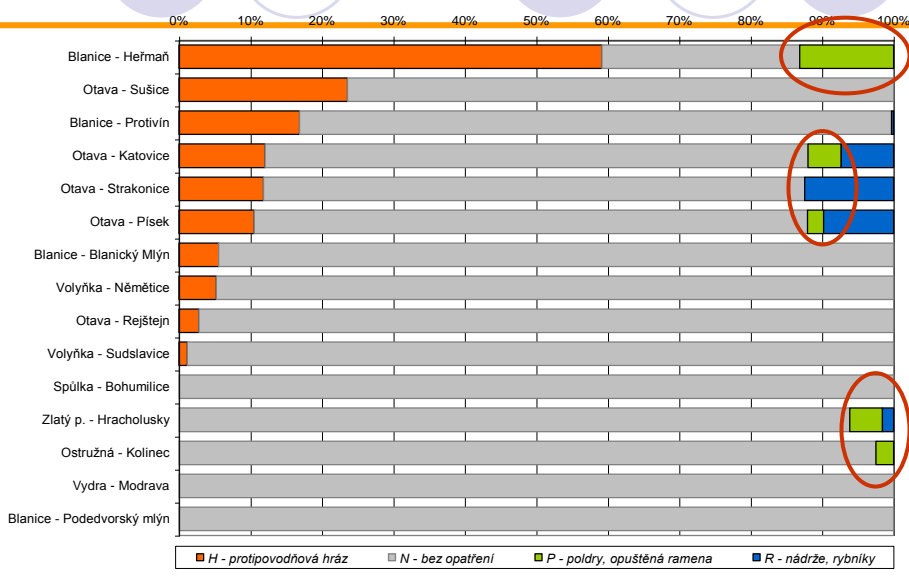
- Rozdíl mezi strukturou landuse údolní nivy a příbřežní zóny
 - Příčinou rozdílu je odlišné vymezení oblastí příbřežní zóny a údolní nivy i odlišná definice hodnocených kategorií krajinného krytu.
 - Oblast mapované příbřežní zóny nepřekračuje zpravidla 100 m od toku, území údolní nivy je podstatně širší a to zejména na dolních úsecích toků, kde její šířka dosahuje i stovek metrů.
 - Zatímco v údolní nivě jako celku převládá zemědělské využití území, vlastní příbřežní zóna má přírodě bližší charakter.

Protipovodňová opatření

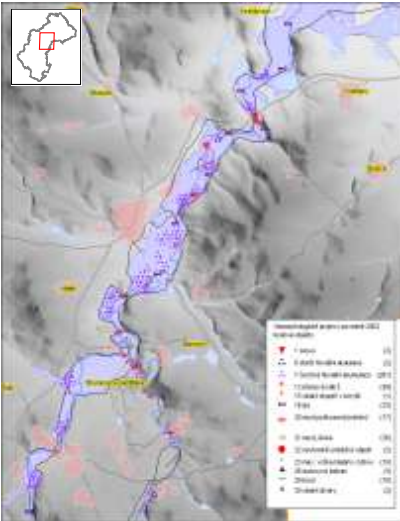


- Protipovodňová opatření jsou v povodí Otavy na celkem 10,1% délky vodních toků.
- Nejvyšší podíl úseků toků s protipovodňovými opatřeními - dolní Blanice (59%), Otava po Sušici (23%).
- Na střední Blanici a dolní Otavě podíl toků s protipovodňovými opatřeními v údolní nivě přesahuje 10% celkové délky.

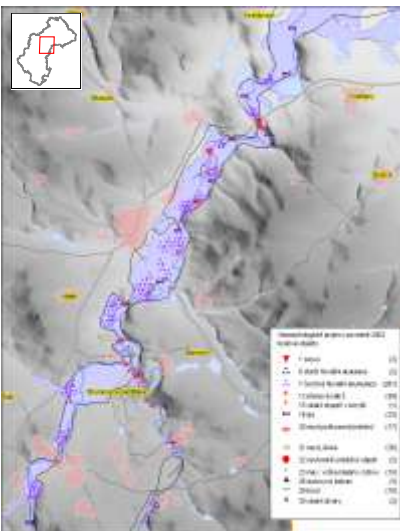
Charakter protipovodňových opatření



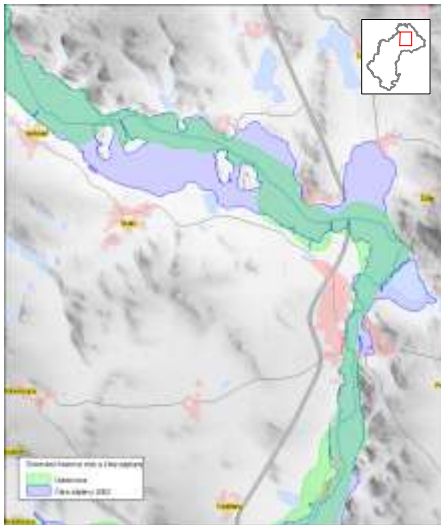
Geomorfologické projevy povodně



Geomorfologické projevy povodně



Srovnání rozsahu záplavy a údolní nivy



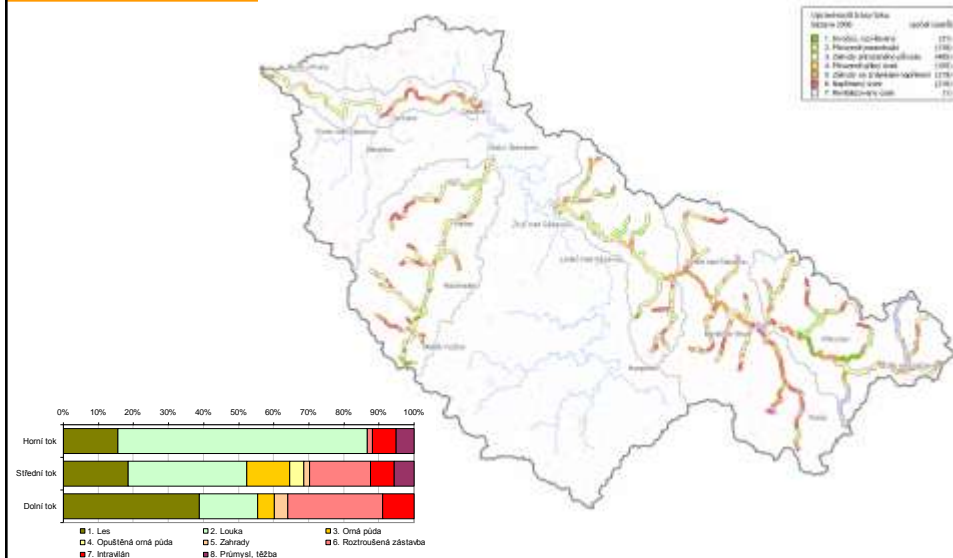
- Na řadě lokalit při extrémní povodni dochází k vyplnění celého prostoru údolní nivy
- Problémy
 - Niva není vyplněna
 - antropogenní překážky
 - geomorfologie
 - Rozliv za hranice nivy
 - nesprávné vymezení nivy
 - změny v profilu údolního dna

Povodí Sázavy - jarní povodeň 2006

- Mapováno bylo území, zasažené povodní, která se zde vyskytla na přelomu března a dubna 2006. Jednalo se o nejrozsáhlejší povodeň z tání sněhu v povodí Labe za posledních 60 let. Kulminační průtoky na hodnoceném území dosáhly doby opakování 20-50 let.
- Průtoky této úrovně extremity se zde však nevyskytly po celé dvacáté století, dokonce ani při povodni v srpnu 2002.
- V rámci mapovací kampaně zmapováno na 312 km délky toků a údolní nivy. Mapování bylo provedeno na základě metodiky MUTON.



Sázava - vyhodnocení analytických ukazatelů



Sázava - index upravenosti toku

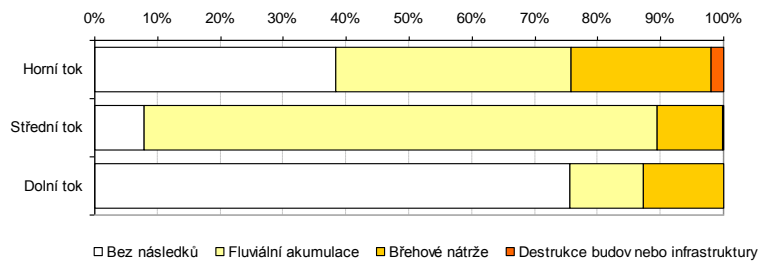
povodí	Sázava – pram. oblast	Šlapanka hor. Sázava	Střední Sázava	Blanice	Dolní Sázava
Počet úseků	246	297	317	306	96
Délka toku	161,9	146,7	124,0	139,7	54,8
T_T - upravenost trasy	3,1	3,7	3,0	3,1	4,1
T_L - upravenost podélného profilu	1,6	1,5	1,4	1,6	1,3
Počet stupňů celkem	46	116	68	23	84
T_K - upravenost koryta toku	1,6	1,7	1,9	1,4	1,5
T_N - upravenost příbřežní zóny	2,3	2,5	2,6	2,6	3,2
I_T - Index upravenosti toku	2,14	2,35	2,22	2,17	2,51
I_{TC} - Kumulovaný index upravenosti	8,59	9,42	8,92	8,69	10,15

Sázava - index upravenosti toku



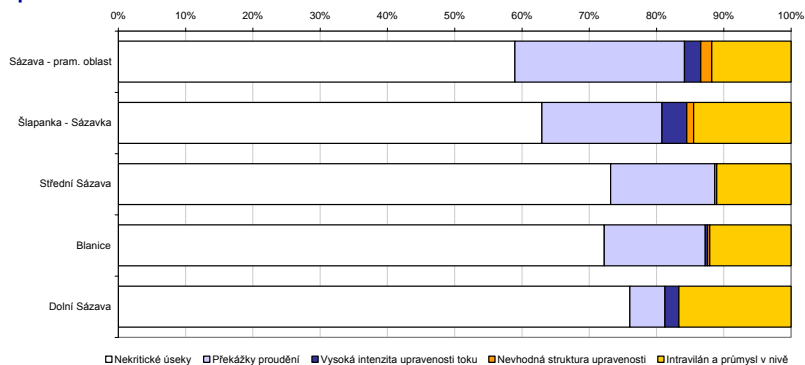
Sázava - typologie projevů povodně

- Ve struktuře následků jsou zřejmé výrazné rozdíly mezi jednotlivými oblastmi toku. Zatímco na horní části povodí převažují akumulací procesy v podobě fluviálních akumulací, na středním a zejména dolním toku Sázavy je četnější výskyt erozních projevů nejčastěji ve formě břehových nátrží. Destrukční projevy povodně jsou zastoupeny okrajově, nejčastěji se vyskytují v oblasti horní a střední části povodí, kde Sázava protéká intravilány měst a kde zároveň dochází k soutokům s významnými přítoky – Šlapankou, Sázavkou aj.



Sázava - kritické úseky

- Výsledky ukazují snižující se četnost výskytu kritických elementů v říční síti směrem od pramene k ústí, zároveň však dokumentují měnící se strukturu zdroje potenciálního ohrožení



Horní Sázava - kritické úseky



- Pramenný a horní úsek Sázavy - nejvyšší četnost výskytu kritických úseků, zejména daných přítomností překážek proudění.
- Nejkritičtější oblast - hydrologické uzel v okolí Havlíčkova Brodu. Zde je řada lokalit, ve kterých se v jednom úseku toku kumuluje více zdrojů potenciálního ohrožení

Závěr

- Nová metodika mapování upravenosti koryta toku a příbřežní zóny, aplikovaná na povodí Otavy ukázala, že je vhodným nástrojem pro hodnocení citlivosti území na povodňové riziko.
- Koryta toků jsou v různé míře intenzity antropogenně upravena na celkem 43 % délky hodnocené hydrografické sítě.
- Výrazný vliv na následky povodně má přítomnost umělých stupňů v korytě, které představují překážku přirozenému proudění a v místech jejich výskytu je zintenzivněna erozní a akumulární činnost toku.
- Jako jednoznačně negativní faktor je nutno brát rozšířené intenzivní zemědělské využití údolní nivy i vlastní příbřežní zóny.
- Přínos metodiky - schopnost odhalit v rámci hydrografické sítě kritická místa z hlediska povodňového rizika a ukázat na příležitosti transformační a retenční potenciál povodí. Tyto vlastnosti předurčují využití prezentované metodiky při přípravě podrobné komplexní protipovodňové ochrany území.

