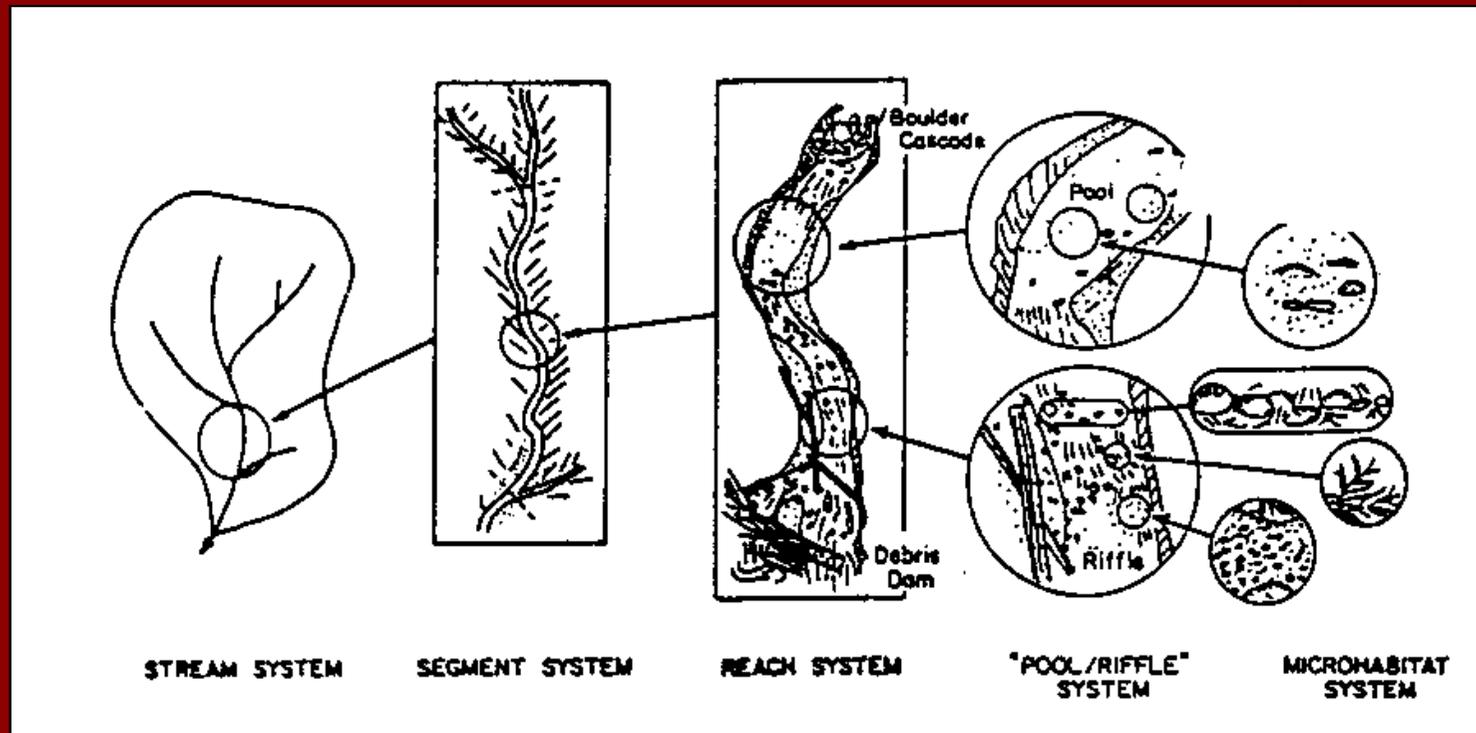


Hydromorfologie

RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.
Katedra fyzické geografie a geoekologie
PřF UK v Praze
matouskova@natur.cuni.cz

Hydromorfologické charakteristiky přírodních vodních toků

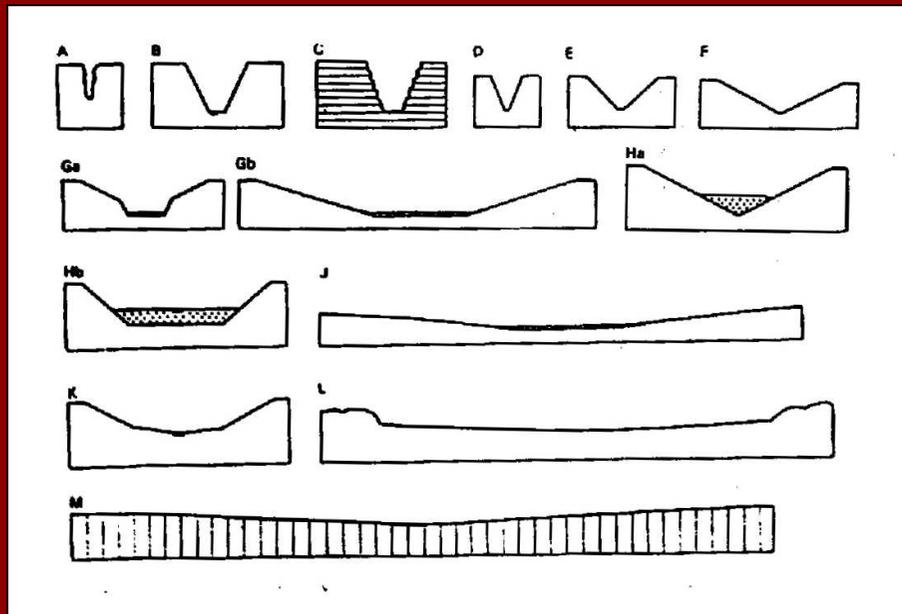
- ❖ Makro-struktury: říční síť, typ údolí, průběh koryta, charakteristiky podélného profilu
- ❖ Mezo-struktury: tvar a stabilita příčného profilu, erozní a akumul. tvary
- ❖ Mikro-struktury: charakter a diverzita substrátu, akumul. detritu,



Makrostruktury

❖ Klasifikace říčních údolí

- Vitásek (1958) podle tvaru příčného profilu: soutěska, kaňon, těsné (V) údolí, úval
- Demek (1987) na základě vztahu mezi lineární erozí vodního toku a vývojem svahů: soutěsky, kaňony, údolí tvaru V, neckovitá údolí a úvalovitá údolí
- Klimaszewski (1978) na základě morfografických charakteristik příčného profilu rozlišuje deset základních typů říčních údolí (viz obr.)



Klimaszewski, 1987

Klasifikace říčních údolí podle Klimaszewského (1978)

A) „gardziel“ – soutěska, B) „jar“ – erozní zářez, C) „kanion“ – kaňon, D) „wcios ostry“ – V údolí ostré, F) „wcios prosty“ – V údolí prosté, E) „wcios rozwarty“ – V údolí otevřené, G) „dolina plaskodenna o dnie erozyjnym“ – údolí plochého dna, Ga) vkleslá, Gb) otevřená, H) „dolina plakodenna o dnie agradacyjnym“ – údolí plochého dna agradační, Ha) „wciosowo-plaskodenna“ – zářezová agradační, Hb) „wannowoplaskodenna“ – tvaru U, J) „dolina nieckowate“ – údolí úvalovité, K) „dolina wkleslodenna“ – údolí se zakleslým dnem, L) „dolina nieckowata z obrzezeniem“ – údolí úvalovité s ohraničením, M) „dolina nickowata tropikalna“ – úvalovité údolí charakteristické pro tropické oblasti

Makrostruktury

❖ Půdorysný průběh trasy koryta toku

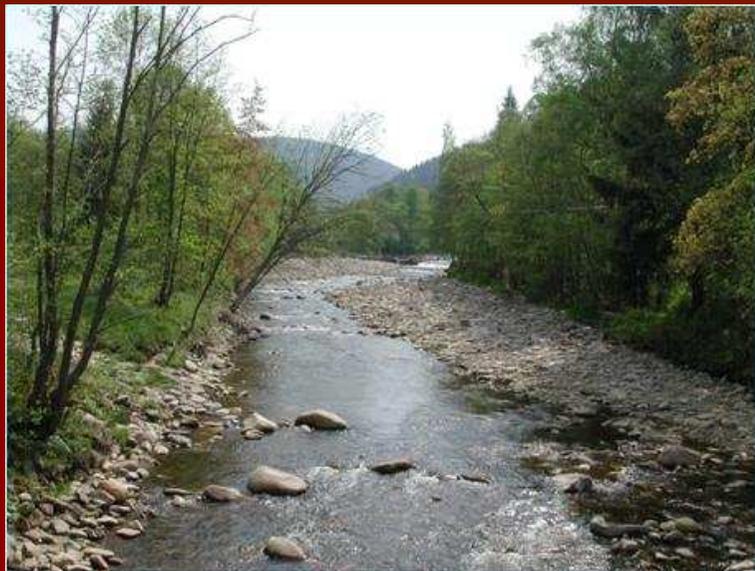
křivolakost (meandering): formování zákrutů/meandrů



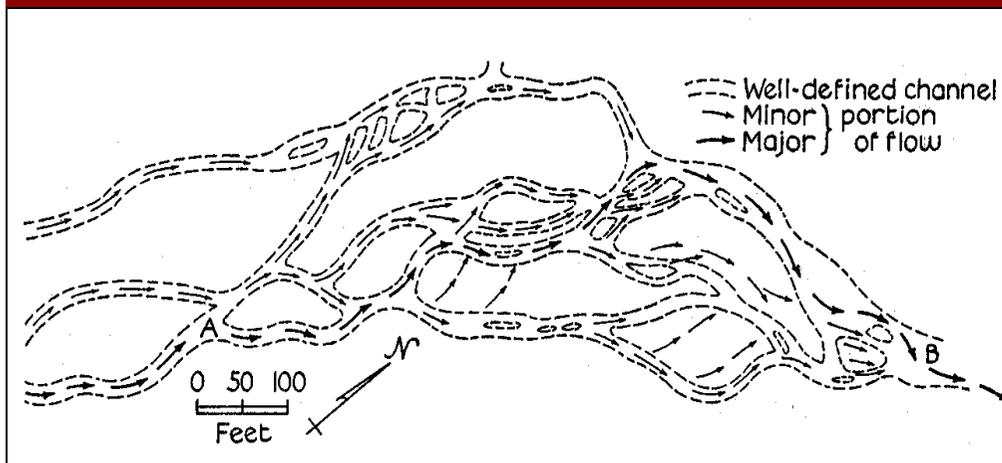
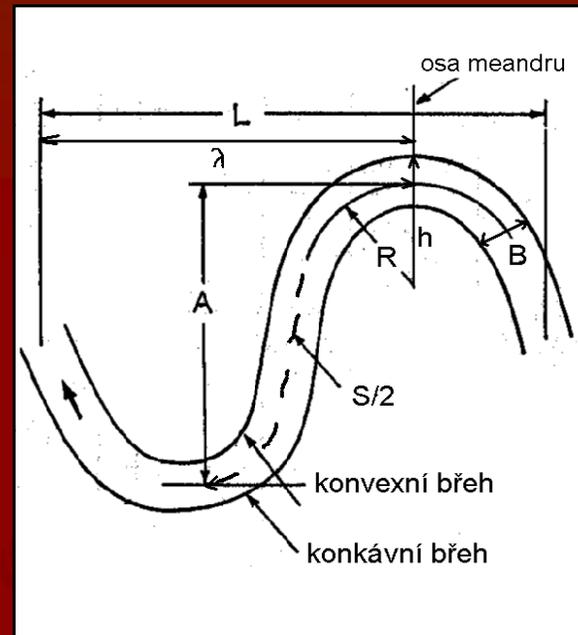
Povrchový odtok vody při odlivu, ústí řeky Severn, Foto: Matoušková

Hydraulická geometrie vodních toků:

Parametry meandrů podle Klimaszewského (1978):



Otava, Foto: Matoušková



L délka vlny meandru

λ šířka oblouku

A amplituda

R poloměr zakřivení

$S/2$ polovina délky oblouku meandru

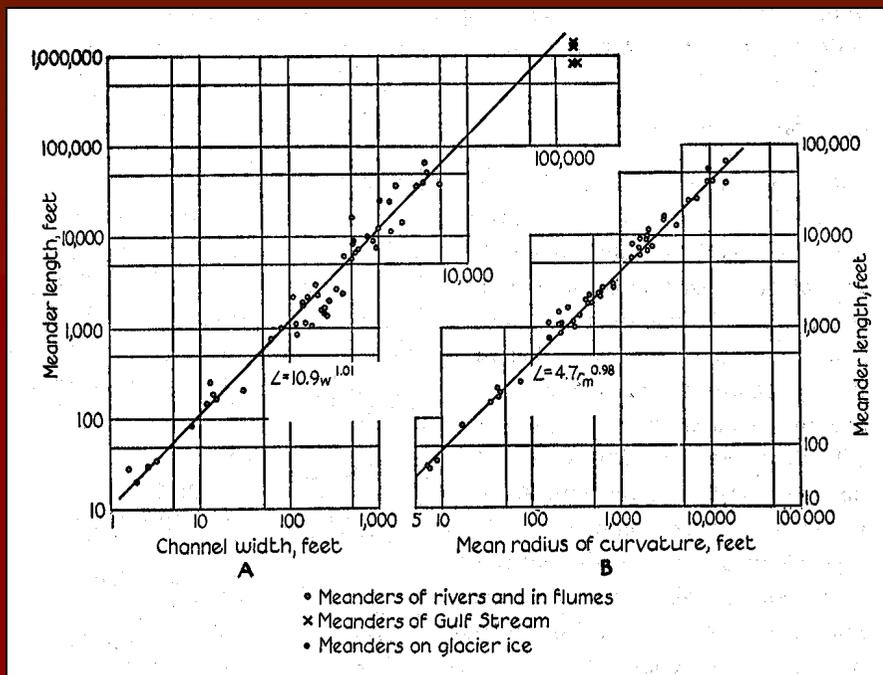
h šířka šíje meandru

B šířka koryta

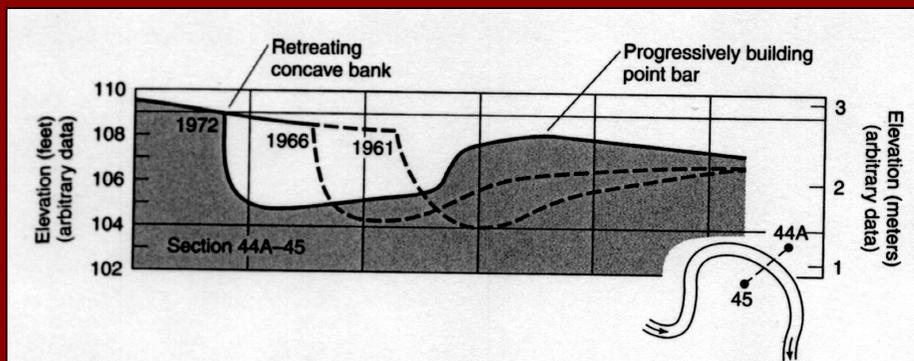
tabulka 1 Přehled jednotlivých matematicky vyjádřených vztahů

Vztah	Autor	Matematický popis
délka vlny meandru (L) a šířka koryta (B)	Inglis Leopold a Wolman Zeller	$L = 6,6B^{0,99}$ $L = 10,9B^{1,01}$ pro velké v.t. $L = 7B$ až $15B$ pro malé v.t. $L = 7B$ $L = 10B$
amplituda meandru (A) a šířka koryta (B)	Inglis Leopold a Wolman	$A = 18,6B^{0,99}$ nebo $A = 10,9B^{1,04}$ $A = 2,7B^{1,1}$
délka vlny meandru (L) a poloměrem zakřivení (R)	Leopold a Wolman	$L = 4,7R^{0,98}$
poloměr zakřivení (R) a šířka koryta (B)	Leopold a Wolman Nansen a Hicking	$R = 2,3B$ $R = 2,5 - 3B$
šířka oblouku (λ) a šířka koryta (B)	Leopolda Wolman	$\lambda = 5B$ až $7B$
korytotvorný průtok (Q_{kk}) a délka vlny meandru (L)	Inglis Zeller	$L = 29,6Q_{kk}$ $L = 10$ až $100Q_{kk}^{0,5}$
korytotvorný průtok (Q_{kk}) a poloměr zakřivení (R)	Inglis	$R = 84,7Q_{kk}$
korytotvorný průtok (Q_{kk}) a šířka koryta (B)	Inglis	$B = 4,88Q_{kk}$

Morfometrické parametry koryt



Leopold et al., 1964



Leopold, 1997

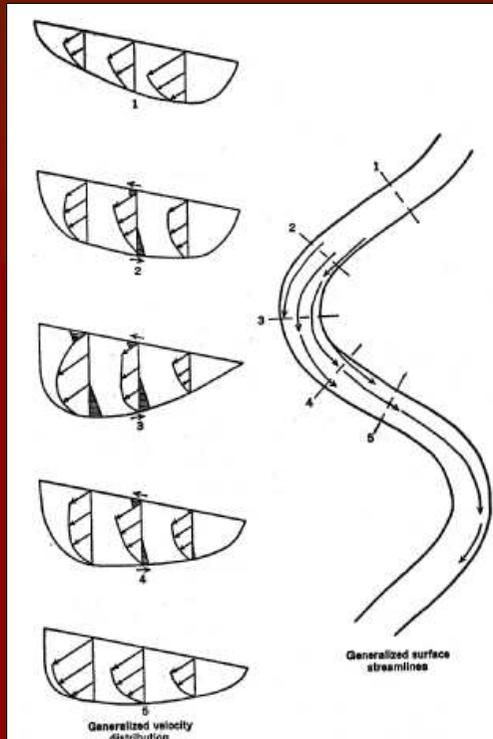
Prokázaná lineární závislost vybraných parametrů

- závislost mezi délkou meandru a šířkou koryta vodního toku
- závislost mezi délkou meandru a poloměrem zakřivení

Velikost koryta a do určité míry i jeho tvar zůstává konstantní, což je jeden ze základních aspektů dynamické rovnováhy vodních toků.

Eroze u jednoho břehu a akumulace u druhého břehu jsou v průměru rovnocenné.

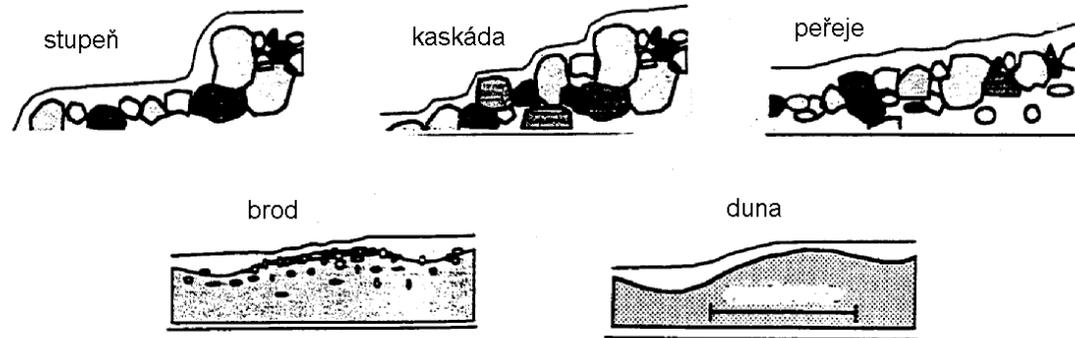
Mezostruktury



Grant et al., 1990



Rakovnický potok v CHKO Křivoklátsko, Foto: Matoušková

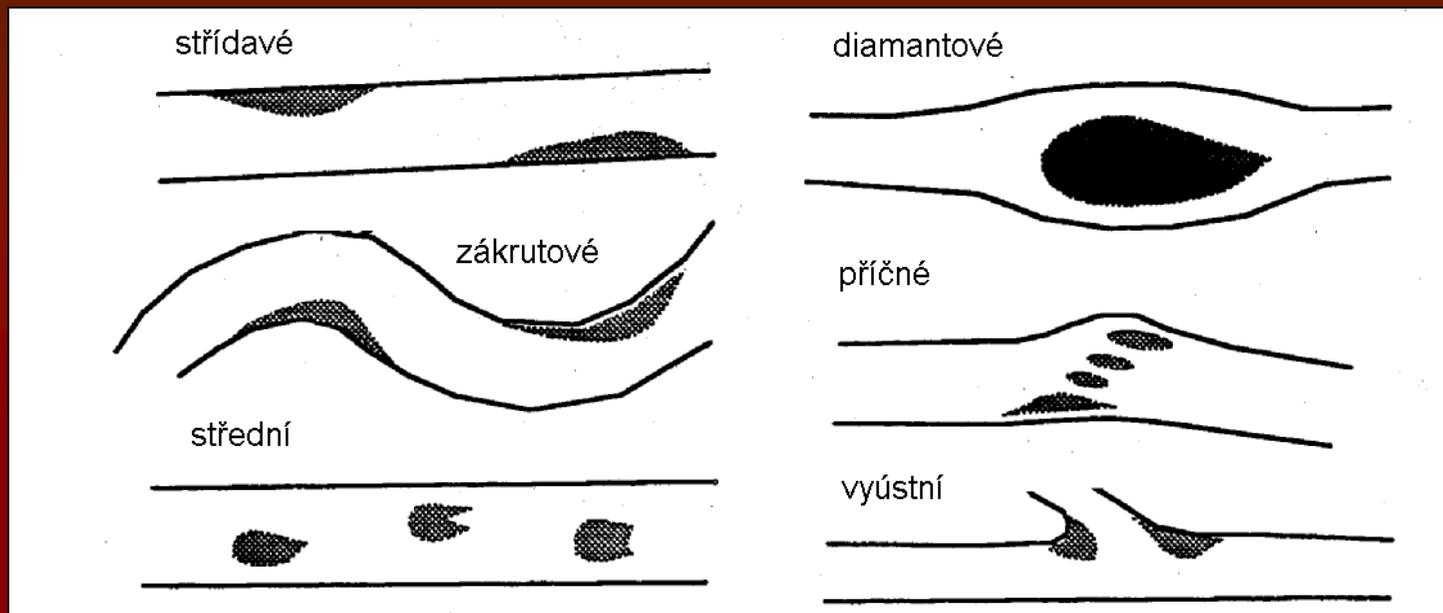


Grant et al., 1990

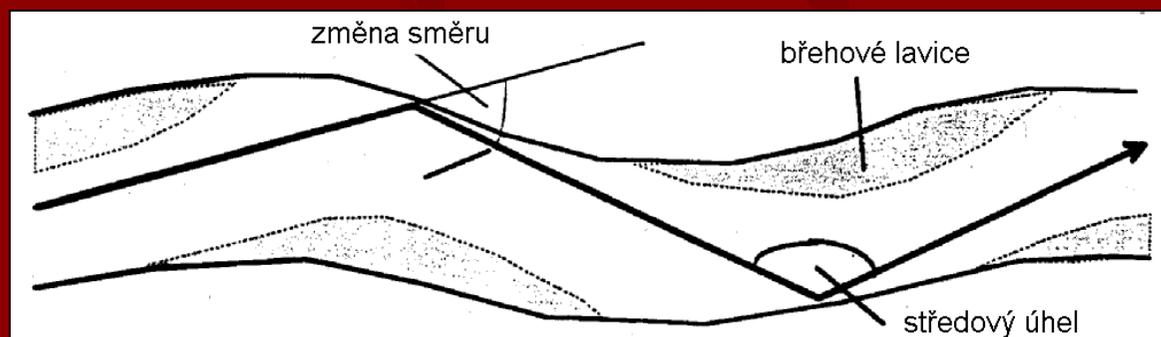
Typ	Sklon	Poměr zrnitost/ hloubka profilu d_{max}/h	Délka struktur [cm]	Střední vzdálenost jednotlivých struktur [m]	Charakteristika
stupeň (step)	>4- 35%	~ 1	~1 - d_{max}	3-4b	horské a podhorské potoky, horní toky, substrát - skalní bloky, balvany, kameny, které tvoří stupně v podélném profilu, jednotlivé stupně jsou oddělené delšími pozvolnými úseky
kaskáda (cascade)	4- 10%	~1	>2 d_{max}		skalní bloky, balvany tvořící stupně, které jsou oddělené kratšími pozvolnými úseky
peřej (rapid)	2-4%	~1	>> $d_{max} < \sim 2,5b$	~5b	balvany, kameny vytvářející vyvýšeniny, neleží na skalním podkladu, obvykle překrývají akumulace materiálu rozmanité zrnitosti, nejsou oddělené výraznými stupni
skluz (glide)	~1- 4%	~1	>~ 2,5b	nepravidelné	obdoba peřejí nebo brodů ale délkově rozsáhlejší, vznikly obvykle z těchto struktur vyplněním tůní
brod (riffle)	<2%	<1	~2,5b	~5b	substrát kameny a štěrky, který překrývá jemnozrnný materiál (fluviální akumulace), jsou oddělené tůněmi
duna (cross over)	<<2%	<<1	~2,5	~5b	vyvýšeniny v podélném profilu, které se nacházejí mezi dvěma sousedními tůněmi, jejich vznik souvisí s formováním tůní (sekundárním prouděním v zákrutech), nejsou tvořeny materiálem odlišné zrnitosti, jak tomu je u předchozích typů, jsou tvořené z jemnozrnného materiálu, jejich formování má úzký vztah ke změnám v odtoku
d_{max}=max velikost zrna [cm], h=hloubka [cm], b=šířka profilu [cm]					

Typy stupňů a jejich charakteristika podle Granta, 1990

Akumulační lavice

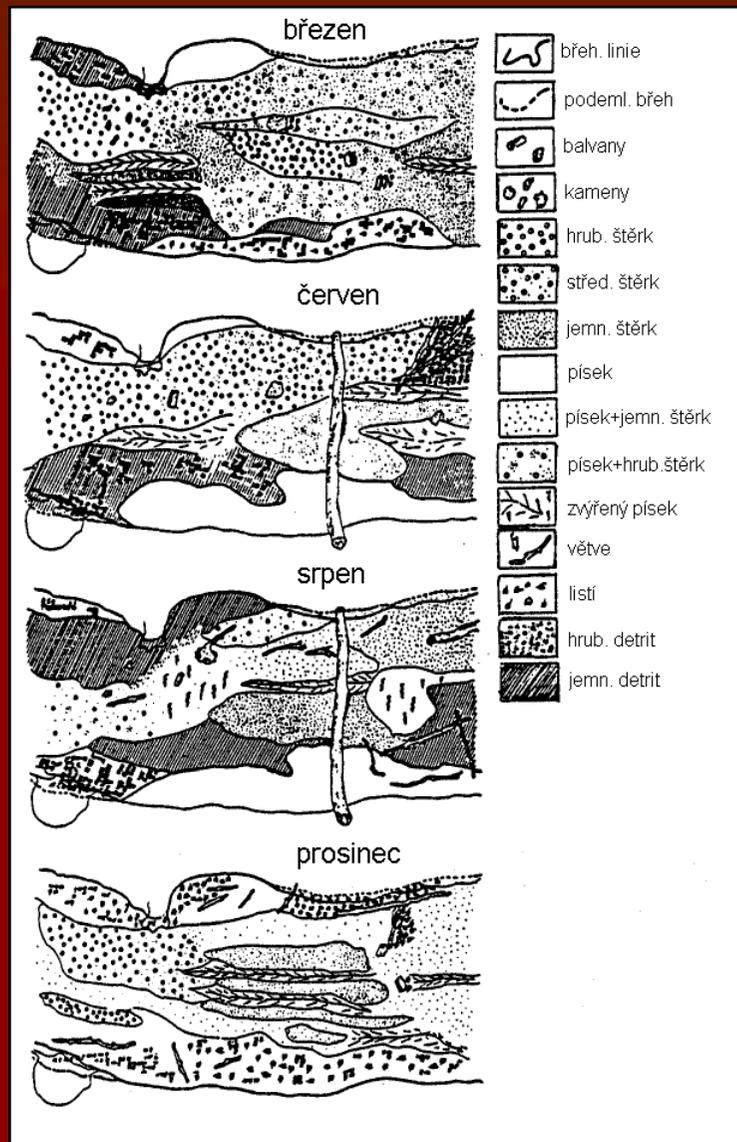


Grant et al., 1990



Středový úhel rozhodující o přítomnosti stabilních nebo pohybujících se lavic (Grant et al., 1990)

Mikrostruktury



Kern, 1994

Foto: Matoušková

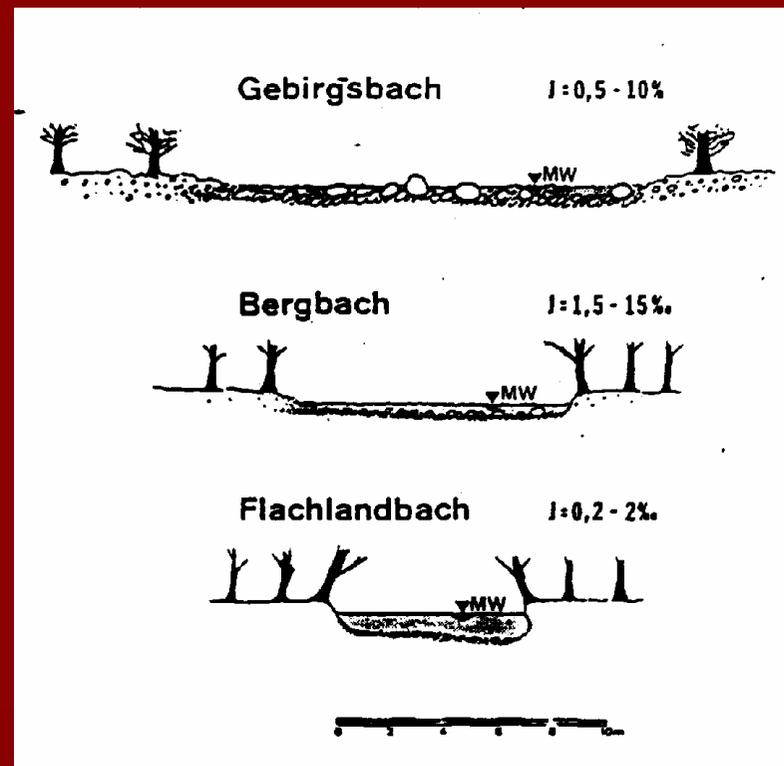
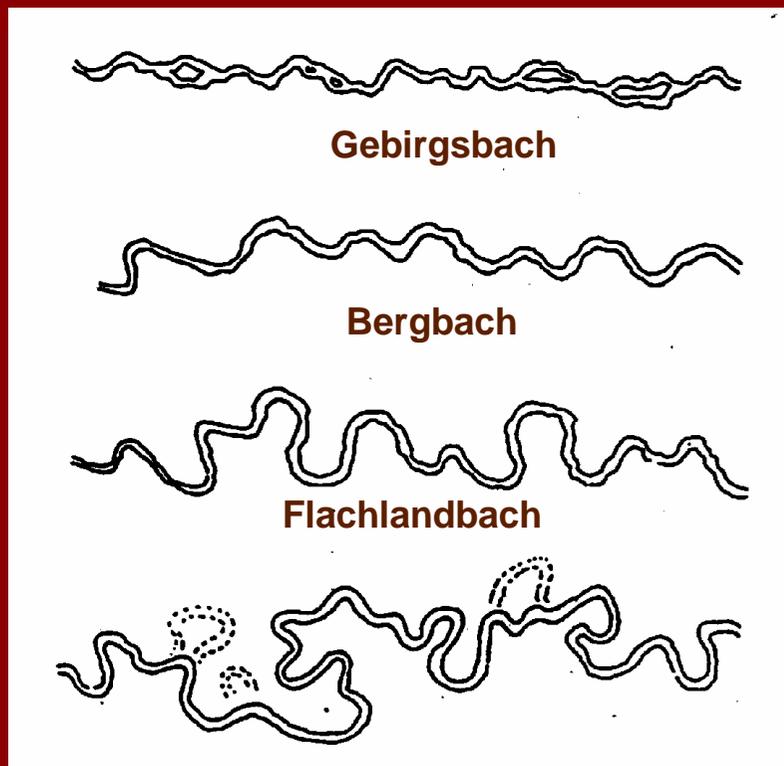
Klasifikační systémy přírodních vodních toků

❖ podle Otta a Braukmanna (*Otto, Braukmann, 1983*)

- tři základní kategorie vodních toků: **horské, hornatinné a pahorkatinné, nížinné**

➤ podle chemismu členěny na silikátové a vápenaté vodní toky

➤ dále na základě klimatu rozčleněny do 12 podtypů vodních toků



(*Otto, Braukmann, 1983*)

Další klasifikační systémy

❖ **Kovář** (*Kovář, 1996*) „Kategorizace vodních toků“

- vypracována pro drobné vodní toky
- jednotlivé kategorie jsou vymezeny podle sklonu, unášecí síly vody, rozkolísanosti průtoků, stupně transportu splavenin a rybích pásem
- je rozlišováno 5 základních typů vodních toků: **potoky nížin, potoky pahorkatin, podhorské potoky, horské potoky a bystřiny**

❖ Americké klasifikační přístupy upřednostňují tzv. ekoregiony

❖ **Baily** rozčlenil území USA do 11 základních ekoregionů (*Baily, 1978 in Kern, 1994*)

- základními hodnotícími kritérii jsou morfometrické charakteristiky koryt vodních toků, chemismus povrchových vod, vodní fauna a flóra
- plošně rozsáhlé jednotky

❖ kategorizace vodních toků podle **Rosgena** (*Rosgen, 1994*) - podklad pro revitalizační projekty

- základními hodnotícími parametry jsou: **sklonové poměry, charakteristiky příčného profilu říčního údolí a koryta toku, křivolakost trasy koryta toku a substrátové složení říčního koryta**

- na základě studia 450 modelových povodí v Sev. Americe a Novém Zélandě , **42 tříd vodních toků**

Rosgenova klasifikace vodních toků

- je založena na korytotvorných procesech vodních toků
- umožňuje teoretický odhad potenciálního charakteru v.t., možnost určení přirozeného vývoje systému (určení náchylnosti daného úseku vůči změně)
- obecná klasifikace pro základní hydromorfologické typy v.t. vyšších řádů (dle Strahlera) – problematická aplikace u drobných v.t.
- nezohlednění vlivu vegetace

Křivolakost (meandering)

178

D.L. Rosgen / Catena 22 (1994) 169–199

STREAM TYPE	A	D	B & G	F	C	E
PLAN VIEW						
CROSS-SECTION VIEW						
AVERAGE VALUES	1.5	1.1	3.7	5.3	11.4	24.2
RANGE	1–3	1–2	2–8	2–10	4–20	20–40

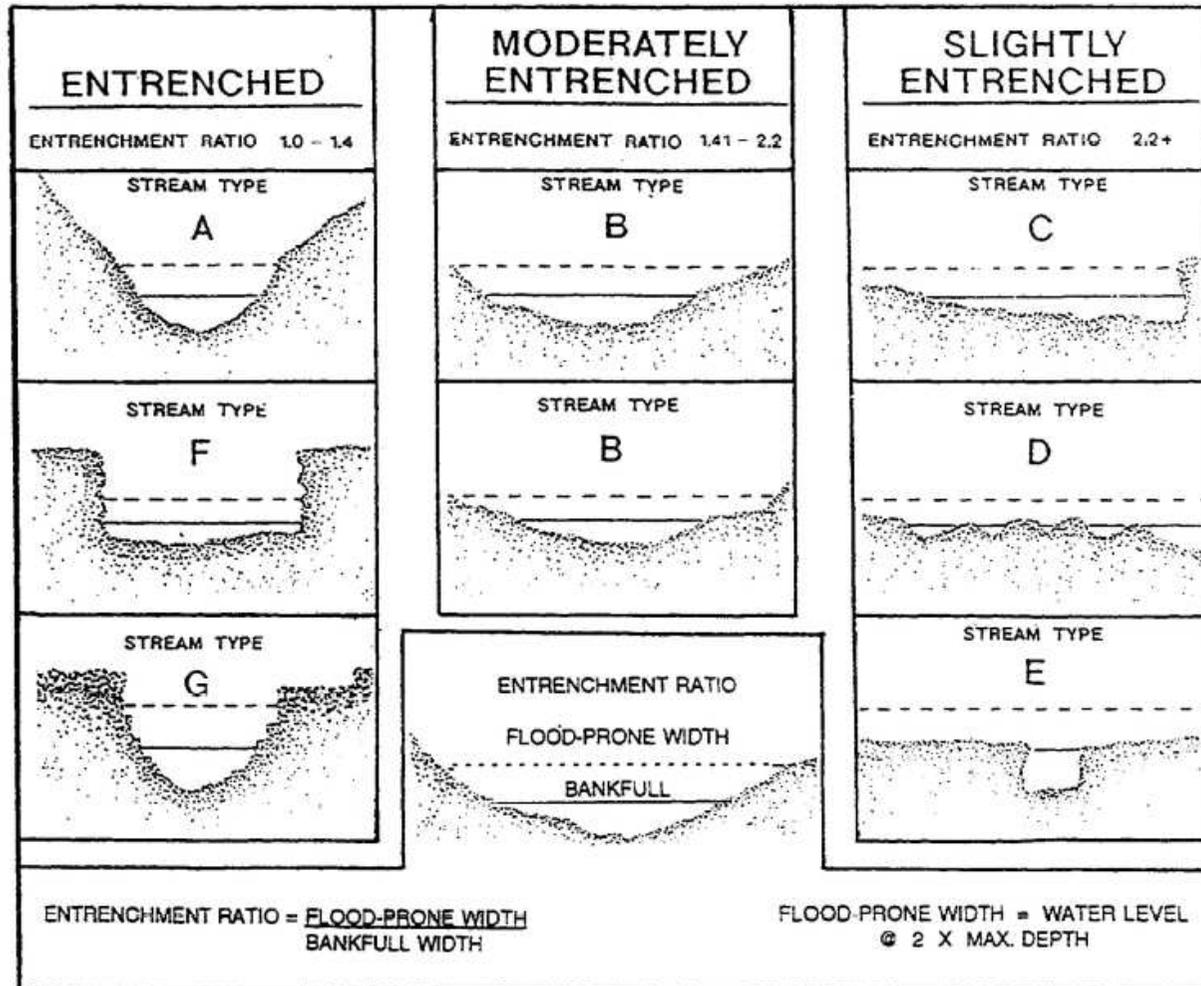
Fig. 3. Meander width ratio (belt width/bankfull width) by stream type categories.

Koeficient šířky meandrového pásu K_{mp} = šířka meandr. pásu / šířka koryta při Q_{kk}

Typ říčního údolí – koeficient „entrenchment“ (zahloubení)

182

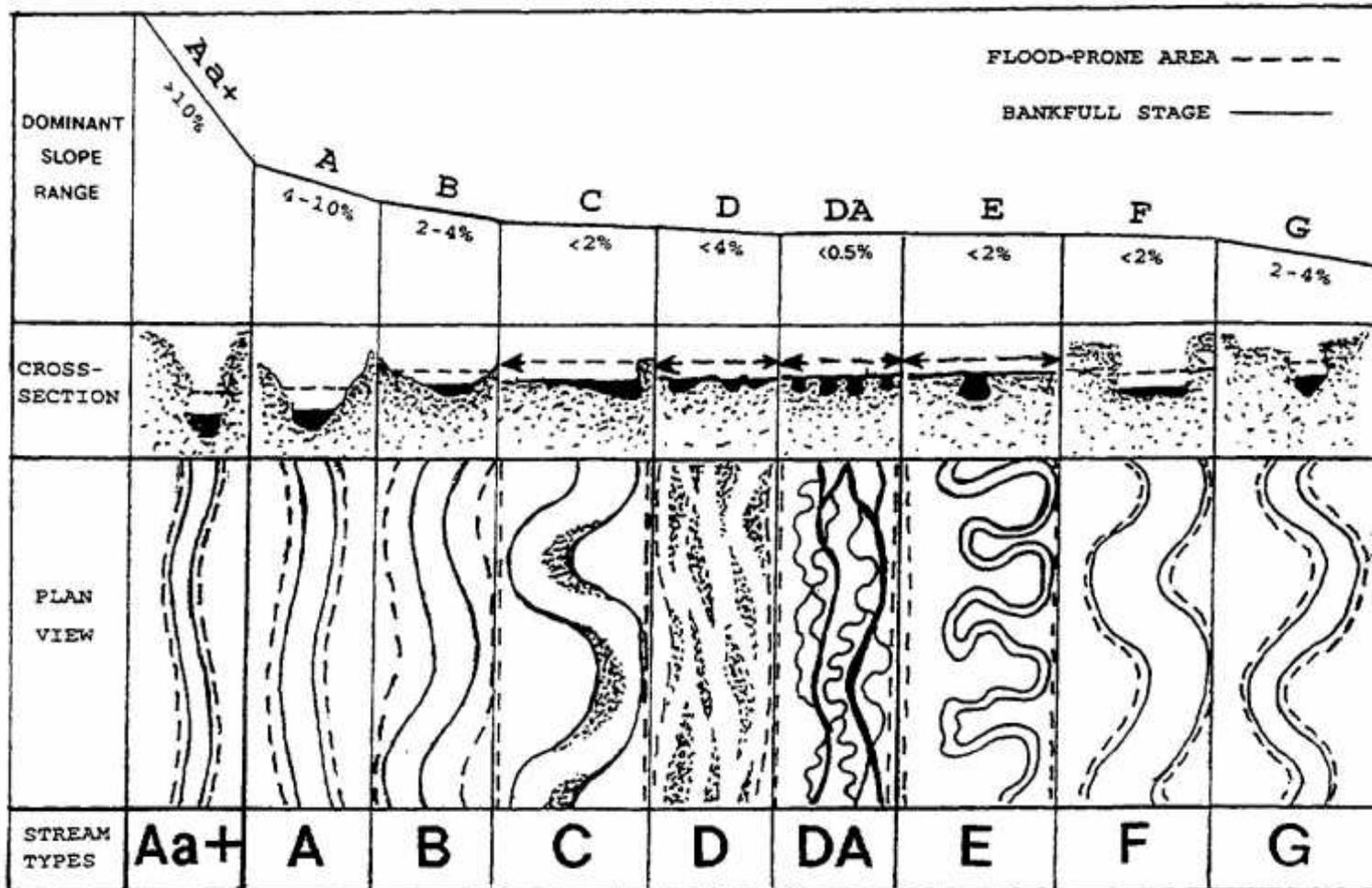
D.L. Rosgen / Catena 22 (1994) 169–199



Poměr mezi prům. šířkou a prům. hloubkou údolí při Q_k

Fig. 6. Examples and calculations of channel entrenchment.

podélný profil – sklonové poměry



příčný profil
- prům. šířka/prům.
hloubka koryta toku

křivolakost

Rosgen, Catena (1994)

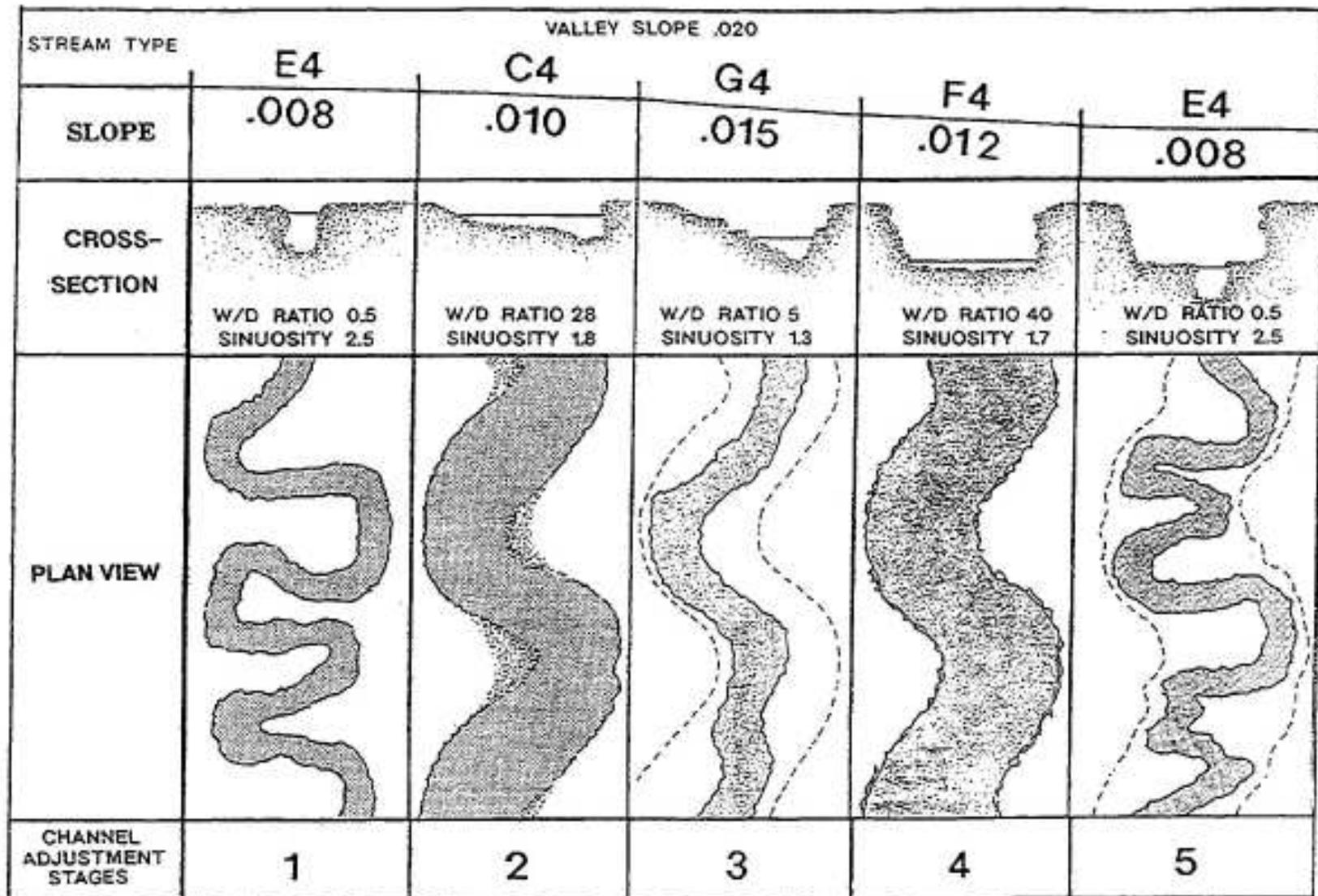
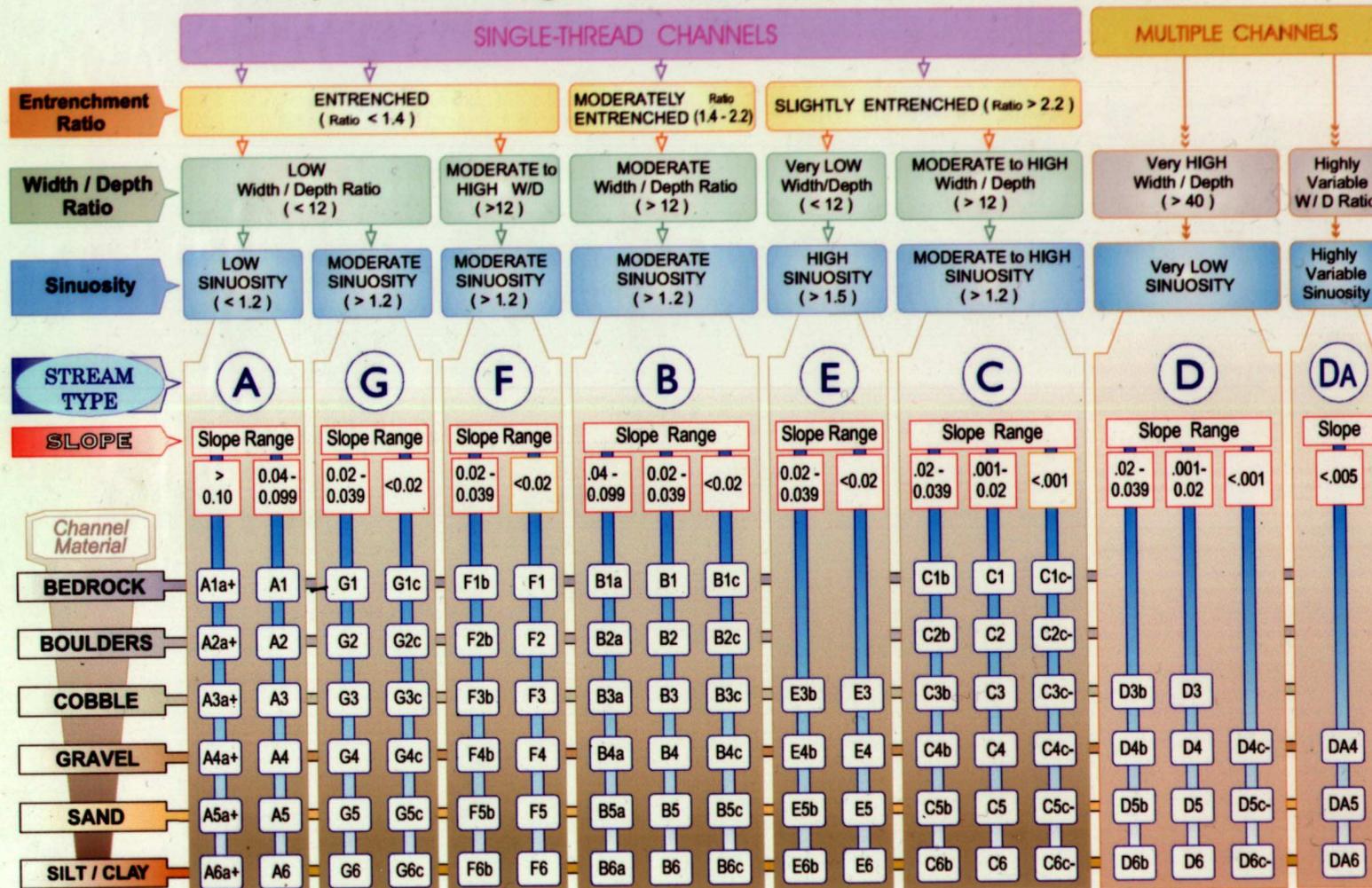


Fig. 9. Evolutionary stages of channel adjustment.

Klasifikace vodních toků podle Rosgena (1994) - 42 typů

The Key to the Rosgen Classification of Natural Rivers



KEY to the **ROSGEN** CLASSIFICATION of NATURAL RIVERS.

As a function of the "continuum of physical variables" within stream reaches, values of **Entrenchment** and **Sinuosity** ratios can vary by +/- 0.2 units; while values for **Width / Depth** ratios can vary by +/- 2.0 units.

WFD EC/60/2000

- 1. Zamezit zhoršení stavu všech útvarů povrchových vod.
- 2. Zajistit ochranu, zlepšení stavu a obnovu všech přirozených útvarů povrchových vod s cílem dosáhnout dobrého ekologického stavu („good status“) povrchové vody nejpozději do 15 let od data nabytí účinnosti této směrnice.
 - Ekologický stav – je určen na základě hydrochemických , hydrobiologických a hydromorfologických poměrů
- 3. Zajistit ochranu a zlepšení stavu všech umělých a silně ovlivněných vodních útvaru
- 4. Cíleně snížit znečištění prioritními látkami a zastavit nebo postupně odstranit emise, vypouštění a úniky prioritních nebezpečných látek.

Hydromorfologický průzkum dle WFD

- Specifickým požadavkem WFD a nezbytným předpokladem hydromorfologického průzkumu je stanovení **referenčních podmínek**, neboť od nich se odvíjí klasifikace dalších úrovní.
- Hydromorfologický průzkum by měl být prováděn ve 3 zónách říčního prostředí: a) koryto, b) příbřežní zóna, c) inundační území.
- Terénnímu průzkumu by mělo předcházet důkladné využití a interpretace všech dostupných údajů.
- Vlastní terénní sledování by se mělo uskutečnit pochůzkou podél říčního břehu

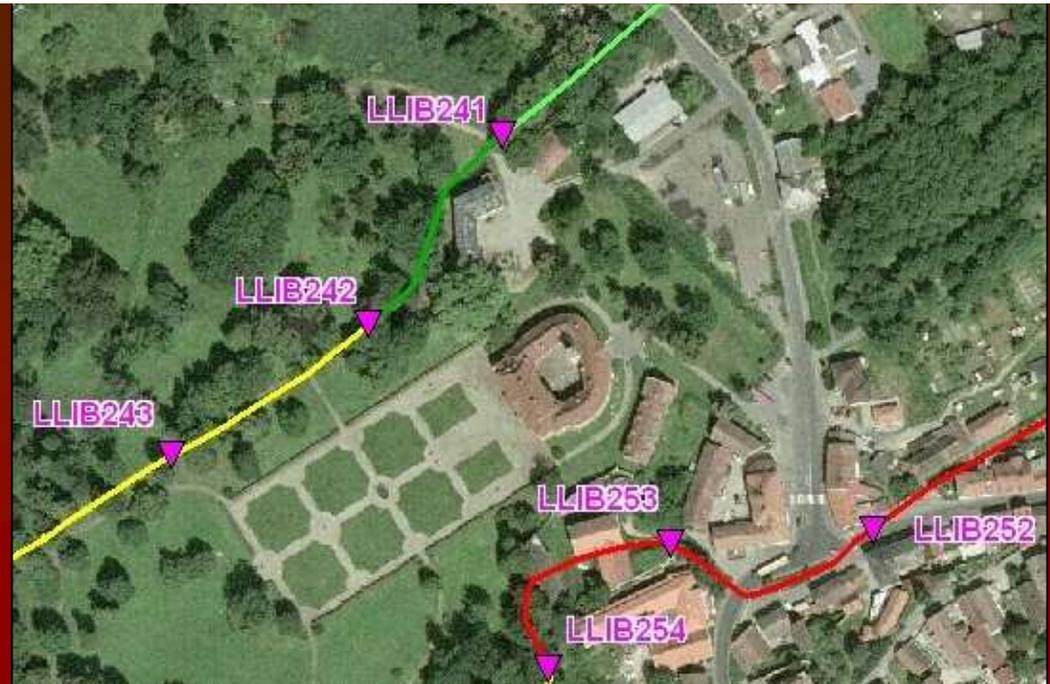
EN 14614 (2004) ČSN 14614 (2005)

- Standardní postup pro zaznamenávání charakteristik říčních koryt, břehů, příbřežních zón a inundačních území
- Tato norma poskytuje obecný rámec pro používání různých metod.
- Návod je určen pro hydromorfologické charakteristiky, které by měly být použity k charakterizaci říčních typů a pro další hodnocení morfologické integrity v porovnání s referenčními podmínkami.
- Základním požadavkem pro sledování je určení tzv. **říčního typu**, což následně umožňuje porovnání výsledků podobných typů.
- Klíčovými faktory pro definici říčních typů jsou **velikost toku/povodí, sklon koryta, geologické poměry, zeměpisná poloha, nadmořská výška pramene/úseku a odtokový režim**
- Homogenní/heterogenní úseky
- Hodnocení inundačního území – min. 50 m
- Četnost sledování by měla záviset na četnosti změn, ne delší než 10 let
- Velikost odchylky od referenčních podmínek se používá pro zařazení úseku do jedné z pěti tříd vzhledem ke stupni jeho změny (referenční stav – třída 1, zbývající jako třídy 2 – 5).

Přehled metod

- OTTO, A., LINNENWEBER, CH. (1994): Gewässerstruktur-gütebestimmung an Fließgewässern II. und III. Ordnung. LAWA Rheinland-Pfalz.
- ROSGEN, D. (1994): A Classification of Natural Rivers.
- NIEHOFF, N. (1996): Ökologische Bewertung der Fließgewässer-landschaften.
- BfG (1998): Ökomorphologische Bewertung von Fließgewässer-landschaften.
- Muhar et al. (1996, 1998) Ökomorphologische Gewässerbewertung
- Agence de l'Eau & Ministère de l'Environnement (1998) Système d'Évaluation de la Qualité du Milieu Physique.
- BARBOUR, T. (1999): Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers.
- LAWA-Field Survey (LAWA-FS) (LAWA 2000)
- Fleischhacker, Kern (2002): LAWA-Overview Survey (LAWA-OS)
- Environment Agency GB (2002): River habitat Survey, source NRA (1995)
- Matoušková, M. (1998,2003, 2007) EcoRivHab
- Šindlar, M. (1998, 2008) Vyhodnocení aktuálního stavu hydromorfologie vodních toků
- Demek, M. et al. (2006) Manuál pro hydromorfologické hodnocení vodních toků
- Langhammer, J. (2007) Hydroekologický monitoring vodních toků, HEM
-

Datové zdroje



Liběchovka, GEODIS, Šípek 2006

- Terénní mapování
- Mapy
 - Staré mapové podklady (mapy Vojeského mapování, Stablního katastru)
 - Topografické mapy 1:10000
 - Základní vodohospodářské mapy 1:50000
 - Digitální mapové podklady ZABAGED 1:10000 or DMÚ 1:25000
 - Letecké / satelitní snímky (GEODIS)
- Hydrologický informační systém (HEIS)
- Správci povodí, aj.

Určení referenčních podmínek

- Definice lokálního/regionalního referenčního stavu
 - Typ údolí, sklonové poměry
 - Stabilita příčného profilu
 - Variabilita podélného a příčného profilu
 - Diverzita mikrohabitatu
 - Charakter a struktura břehové vegetace, charakter a využití příbřežní zóny a inundačního území

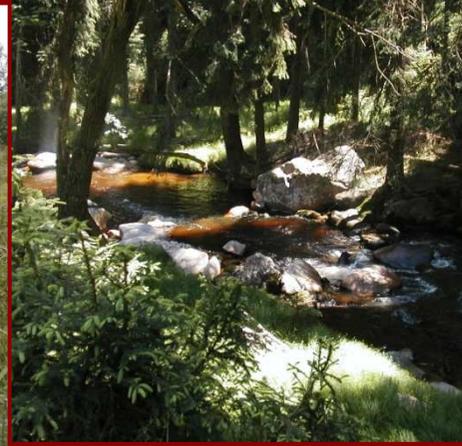


Povodí Rolavy

horní tok



střední tok



dolní tok



Foto: Lelut

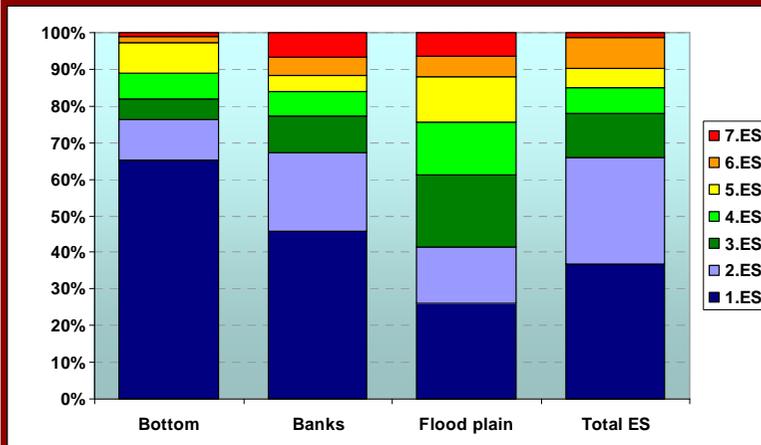
Základní charakteristiky metod

<i>Metoda</i>	<i>EcoRivHab</i>	<i>RBP</i>	<i>LAWA-Field Survey</i>	<i>LAWA-Overview Survey</i>
počet parametrů	32	10	25	17
monitorované zóny	3	1	3	3
délka úseků	heterogenní	heterogenní	homogenní	homogenní
počet bodů	5	20	7	5
počet tříd	5	4	7	5
jakost vody	ano	ano	ne	ne
sklonové poměry	ano	ano	ne	ne

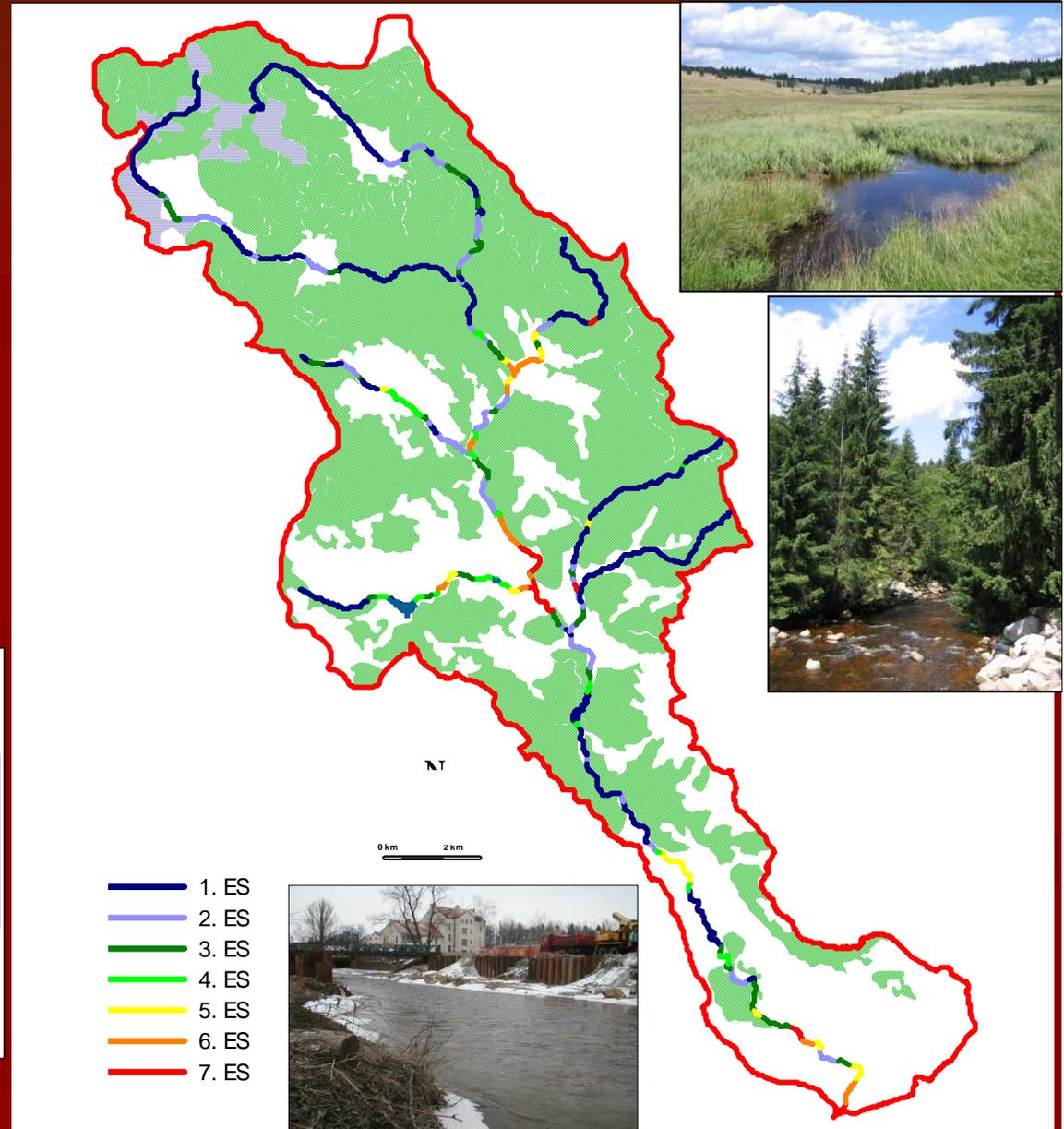
Matoušková, 2008

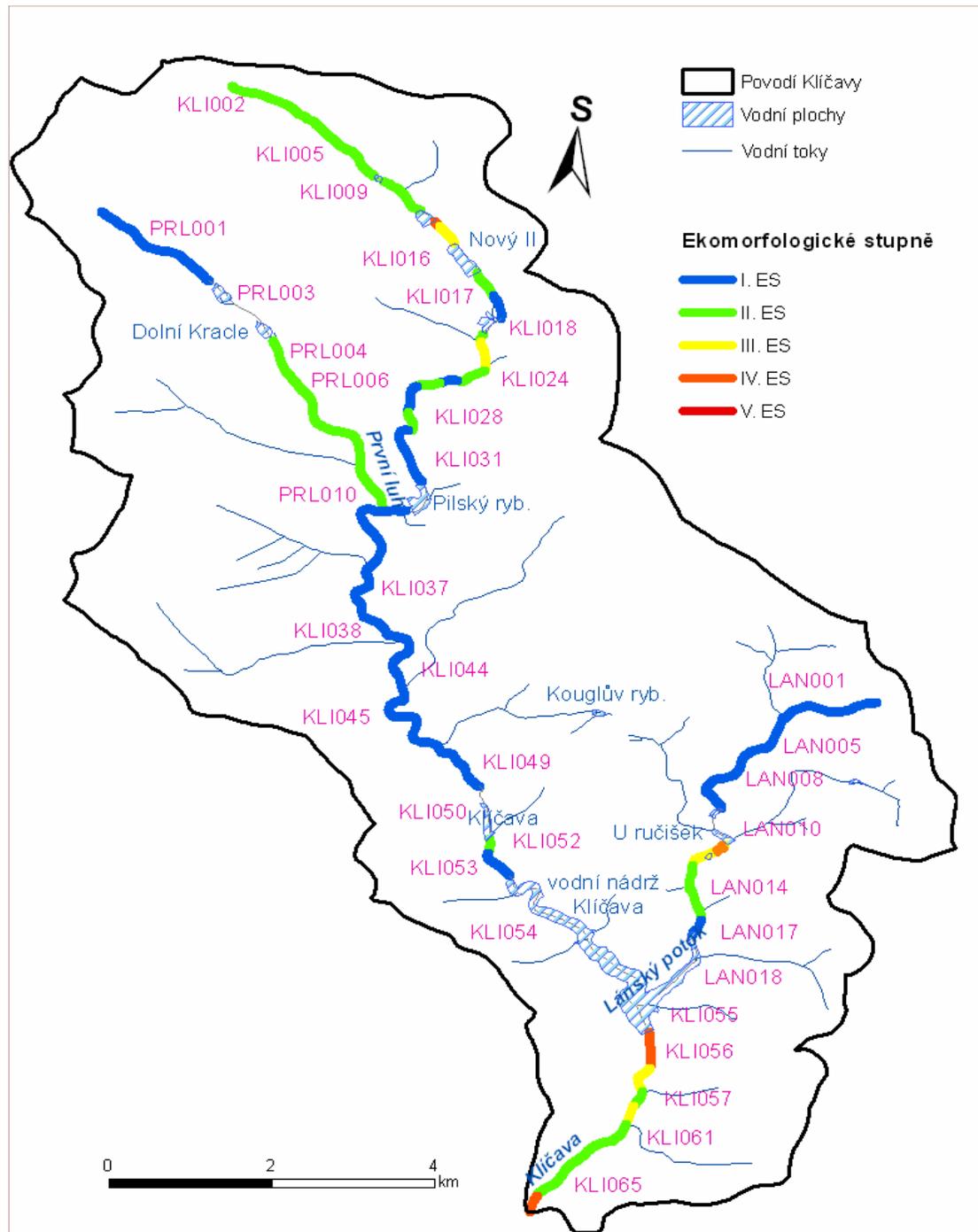
Aplikace LAWA FS – povodí Rolavy

- Povodí 138 km², 36.6 km
- Qa 2.39 (Stará Role)
- Horský, podhorský tok
- Úpravy : střední a dolní tok – protipovodňová opatření, malé hydroelektrárny
- Celkový ES - dobrý



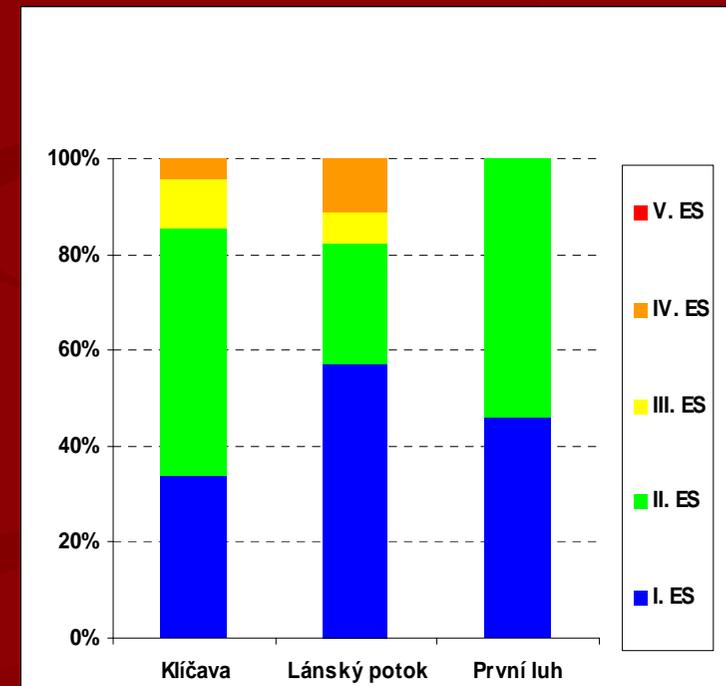
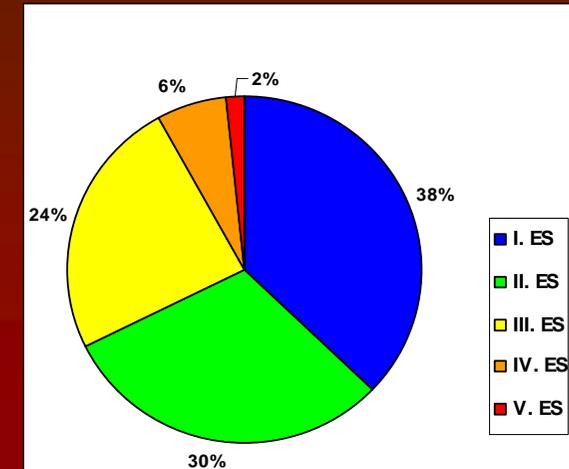
Lelut, Matoušková, 2007, 2008





Zdroj: Terénní mapování, VÚV T.G.M

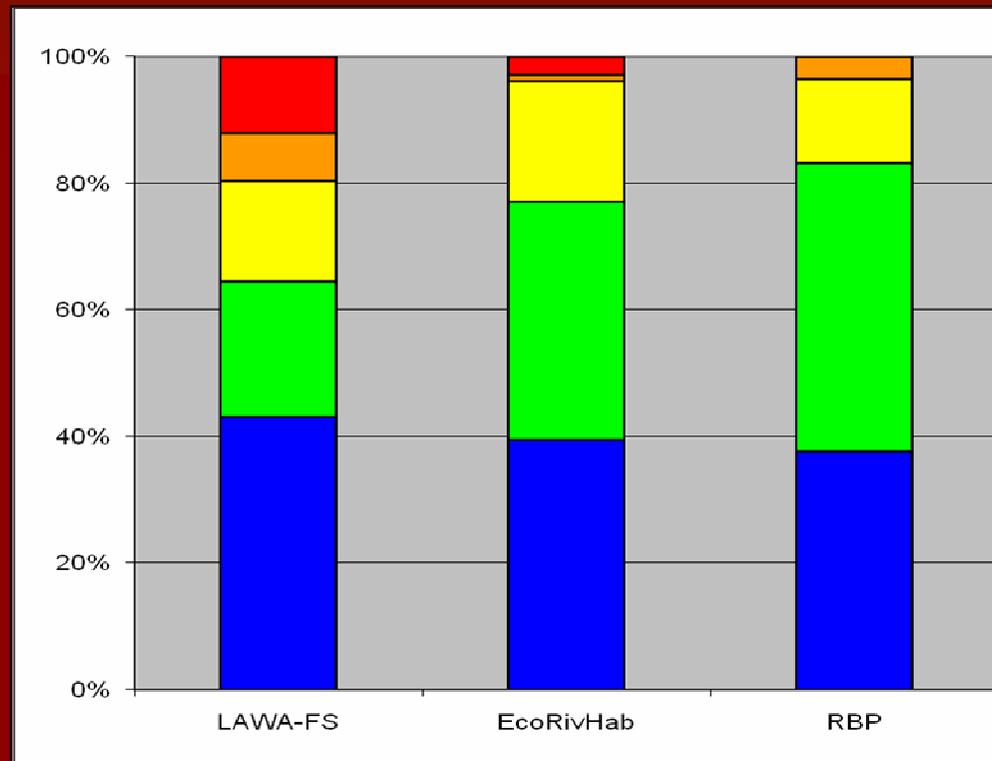
Povodí Klíčavy - EcoRivHab



Šilhánová, 2007

EcoRivHab & LAWA-FS & OS

Liběchovka River Basin, Šípek, Matoušková, Dvořák 2008



Závěry

- možnost vytipování oblastí vhodných pro zvýšenou ochranu vodních ekosystémů
- významné zohlednění širšího zázemí vodního toku
- kvantifikace výsledků
- analyticko-syntetický přístup
- výstupy mohou sloužit v praxi jako zdroj informací pro integrovanou ochranu vodních ekosystémů a cílené plánování revitalizačních opatření

Děkuji za pozornost