

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

Klasifikace říčních sítí hlavních povodí světa

River network classification of world's main drainage basin

Ondřej Bolek

Plzeň 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Klasifikace říčních sítí hlavních povodí světa* vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

V Plzni dne 15. 8. 2016

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji RNDr. Janu Koppovi Ph.D. za odborné vedení mojí bakalářské práce i za cenné rady, které mi věnoval při konzultacích. Rovněž bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při mém studiu

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíle práce	8
2 Rozbor problematiky a dalších zdrojů informací	9
2.1 Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků	9
2.2 Význam klasifikace	14
3 Metodika práce	15
3.1 Parametry.....	15
3.1.1 Plocha povodí.....	15
3.1.2 Délka toku	16
3.1.3 Šířka povodí	16
3.1.4 Koeficient protáhlosti povodí.....	16
3.1.5 Charakteristika tvaru povodí	17
3.1.6 Průměrná nadmořská výška povodí	17
3.1.7 Průměrný sklon povodí	18
3.1.8 Hustota říční sítě	18
3.2 Řádovost vodních toků	19
3.2.1 Absolutní řádovost	19
3.2.2 Relativní řádovost	21
3.2.3 Bifurkační poměr říčních sítí	23
3.2.4 Poměr délek vodních toků.....	23
3.2.5 Poměr celkové délky vodních toků.....	23
3.2.6 Průměrná délka vodních toků určitého řádu	24
3.3 Vstupní data v programu ArcMap	24
3.4 Vytvoření mapových schémat povodí	25
4 Klasifikace říčních sítí	27
4.1 Vybrané říční sítě	27
4.2 Amazonka.....	27
4.3 Amur.....	27
4.4 Chuang – che	28
4.5 Jang-c' - ťiang	28
4.6 Jenisej	29
4.7 Kongo	30

4.8	Lena.....	30
4.9	Mackenzie	30
4.10	Mekong	31
4.11	Mississippi	31
4.12	Murray.....	32
4.13	Nigér	32
4.14	Nil	33
4.15	Ob.....	33
4.16	Paraná.....	34
4.17	Klasifikace říčních sítí	36
4.18	Klasifikace podle plochy a šířky povodí.....	36
4.19	Klasifikace podle plochy povodí a bifurkačního poměru	37
4.20	Klasifikace podle poměru délek za jednotlivé délky v relativní řádovosti a sklonu povodí.....	38
4.21	Klasifikace podle průměrné nadmořské výšky a charakteristiky tvaru povodí.....	40
4.22	Klasifikace podle koeficientu protáhlosti	41
5	Diskuze.....	43
	Závěr.....	45
6	Seznam tabulek	46
7	Seznam obrázků	46
8	Seznam grafů.....	47
9	Seznam literatury.....	48
10	Seznam příloh.....	51

Úvod

V bakalářské práci se zabývám klasifikací říčních toků. Toky jsou uspořádány na základě zvolených parametrů. Pojem klasifikace můžeme definovat jako „uspořádání objektů do skupin nebo sad na základě jejich podobností a poměrů“ (Platts, 1980). Při výběru analyzovaných povodí bylo důležité zvolit vhodná kritéria. Tato práce ukazuje klasifikaci patnácti nejdelších toků světa a jejich generalizované říční sítě. Důležité pro klasifikaci vybraných toků a jejich povodí, resp. říční sítě, je určit řád vodního toku. Pro porovnání jsou předloženy dva typy hierarchie vodních toků - absolutní a relativní.

Je třeba si uvědomit, že říční síť je uspořádaná soustava, která se skládá z hlavního toku a přítoků v povodí. Každý tvar říční sítě je ovlivněn geologickou stavbou daného povodí. Důležitými faktory pro formování říční sítě jsou nejen klimatické podmínky, ale také např. lidská činnost atd. (Netopil, 1981). Po důkladné analýze jednotlivých parametrů a jejich aplikací na vybrané světové veletoky, dojde k porovnání výsledků za všechny zkoumané říční sítě a provedení klasifikace.

1 Cíle práce

Tato bakalářská práce má jeden hlavní cíl a několik dílčích cílů. Hlavním cílem práce je klasifikace hlavních povodí světa na základě vybraných parametrů. Jelikož lze zkoumaný jev vyjádřit číselně, můžeme výsledky analyzovat a následně vzájemně porovnat. Všechny sledované parametry budou rozřizeny do tabulky z důvodu přehlednosti výsledků. Tabulka nám tak následně ukáží ucelený pohled na danou problematiku. V práci je pracováno s generalizovanými schématy povodí všech zkoumaných toků.

Mezi dílčí cíle práce patří nalezení vhodných parametrů, které lze ke klasifikaci říčních sítí využít. Je mnoho možností jak říční síť analyzovat. V práci jsou vybrané takové, které je možné sledovat (na základě dostupnosti dat) i na světových veletocích.

Další dílčí cíl je bez pochyby správné určení řádovosti říčních sítí, jelikož bez tohoto kroku nelze provádět další klasifikaci. Je důležité říční toky správně rozřídít. Informace o tocích jsou uspořádané do tabulek pro lepší orientaci ve výsledcích.

2 Rozbor problematiky a dalších zdrojů informací

Na základě velmi různorodého spektra odborných knižních publikací, vědeckých článků, internetových pramenů a atlasů bylo vybráno několik klíčových publikací, které sloužily jako hlavní zdroj informací pro vypracování bakalářské práce.

Mezi důležitou publikaci patří kniha *Fluvial forms and processes: a new perspective*. (Knighton, 2008), která pojednává o možných parametrech, které jsou v práci zkoumány, především v kapitole s názvem Network analysis. Tuto kapitolu doplňuje kniha *Základy fyzické geografie I* (Pavelková Chmelová, a Frajer, 2013). Určitou část tématu rozšiřuje vědecký článek *Review article: methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks* (Kusák, 2014). Tento článek ukazuje další pohled na říční síť a její analýzu. Základní problematiku hydrologie jako takové pomůže vysvětlit kniha *Fundamentals of hydrolog* (Davie, 2009) a kniha *Earth environments: past, present, and future* (Huddart, Stott, 2010). Pro práci je přínosná především kapitola Hydrology. Další publikace, která nám ukazuje možnost, jak posuzovat říční síť je *Stream hydrology: an introduction for ecologists* (Gordon, 2004).

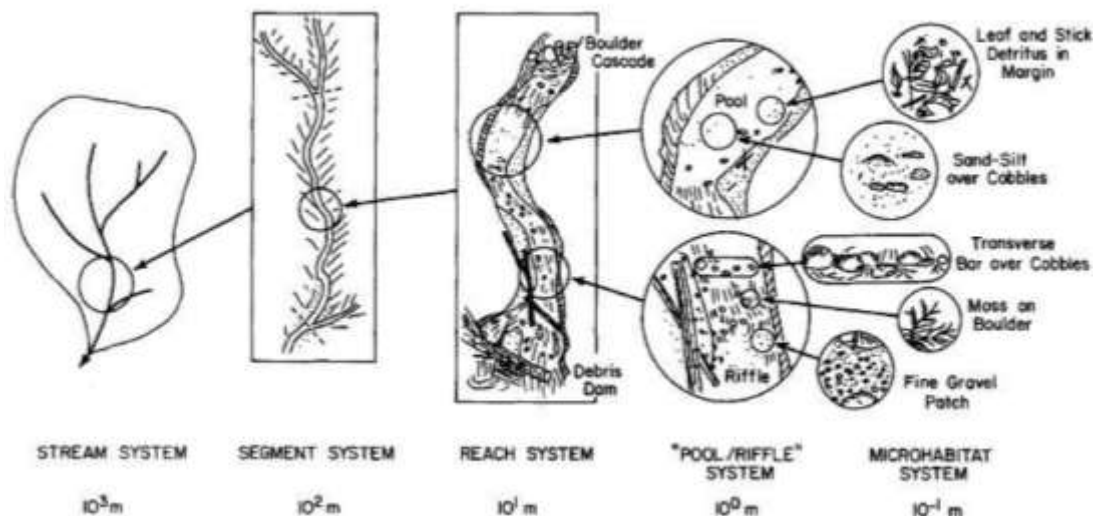
Mezi české publikace, které se zabývají zkoumanými parametry, patří např. *Fyzická geografie I. Hydrologie, Limnologie, Oceánografie* (Netopil, 1981) a také *Přehled hydrologie pevnin* (Netopil, 1965). Rozšiřující publikací pro získání přehledu o parametrech nám poskytuje *Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod*. (Netopil, 1970) a také publikace *Hydrologie* (Hubačiková, 2002), kde jsou názorně popsány výpočty, které se využívají pro napsání této práce. Pro lepší orientaci při tvorbě říčních sítí v programu ArcMap napomůže *Úvod do geografických informačních systémů* (Rapant, 1999).

2.1 Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků

Na základě literatury, která se zabývá danou problematikou, bylo zjištěno několik přístupů ke klasifikacím. Existuje mnoho charakteristik, které lze použít na povodí. Za jednu ze základních klasifikací lze považovat klasifikace podle Davise a to za předpokladu, že říční sítě jsou morfologické útvary. Davis tyto útvary rozdělil na mladé, vyvinuté a staré (Davis, 1899). Toto rozdělení lze považovat za jednu z prvních klasifikací říčních sítí.

Frissel (1986) je dalším autorem, který vytvořil další možný přístup ke klasifikaci říční sítě. Tato klasifikace je nazývána hierarchická. Tuto klasifikaci můžeme považovat za užitečnou, pokud by mělo dojít k určitému zásahu do okolí nebo samotného toku. V této klasifikaci hraje důležitou roli člověk. Tento přístup zdůrazňuje skutečnost, že působení času hraje roli na změnu říčního systému (Frissel, 1986). Následným změnám podléhá i okolí říční sítě (např. biologické společenství). Frisselův přístup se skládá z několika úrovní. Tyto úrovně lze nazvat jako makrostruktura, která zahrnuje říční síť, typ údolí, průběh koryta. Mezostruktura se zabývá akumulací tvarů a mikrostruktura se věnuje sedimentům v korytě. V tomto případě je řeka rozdělena na mnoho segmentů. Pokud se bavíme o různých úsecích řek, je důležité zmínit, že zásadní roli hraje spád toku, rychlost proudění apod. V největších měřítkách je určující fakt sedimentace. S touto klasifikací se nejčastěji setkáváme při analýze toků vyšších řádů. Velmi dobře danou problematiku zachycuje Obrázek 1.

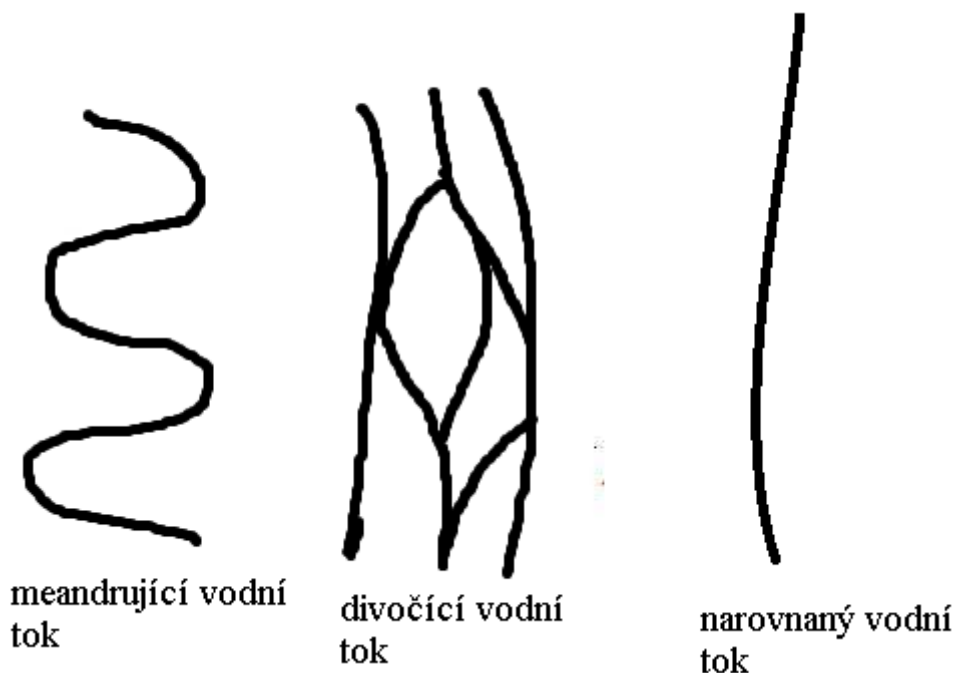
Obrázek 1: Hierarchické uspořádání toku dle Frissela



Zdroj: Frissel, 1986, s. 202

Další klasifikaci říčních sítí vytvořil geomorfolog a hydrolog Leopold ve spolupráci s geografem a geologem Wolmanem, kteří klasifikovali toky podle vzhledu (Obrázek 2). Autoři v publikaci došli k závěru, že existuje souvislost mezi velikostí průtoků a vzhledem vodních toků. Vzhled je v tomto případě brán jako řeka meandrující, divočící a narovnaná (Leopold, Wolman, 1963).

Obrázek 2: Meandrující a divočící vodní tok



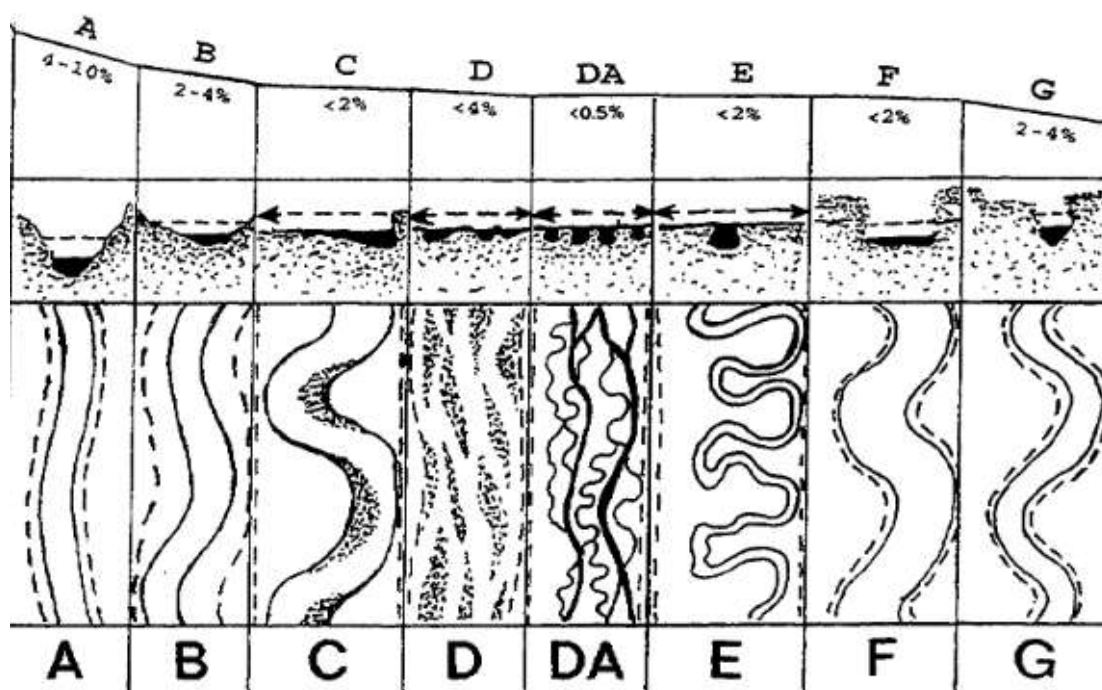
Zdroj: Vlastní zpracování dle Leopold, Wolman, 1963

Schuman přistupoval ke klasifikaci říčních sítí na základě analýzy základního parametru. Tímto parametrem je schopnost transportovat sedimenty vodním tokem. Na sedimenty poukázal jako na zásadní věc, která má vliv na stabilitu toku a jeho tvar. Říční síť rozdělil na stabilní, kde nedochází k žádným změnám, erodující, u kterých je zaznamenána eroze, a depositní, kde dochází k hromadění sedimentů (Schumman, 1963).

Popisnou klasifikaci představil Culbertson. Na klasifikaci říční sítě pohlíží jako na seznam parametrů, podle kterých lze danou říční síť popsat. Těmito parametry jsou: výška břehů, přítomnost říčních náplavů, velikost meandrů, větvení toků, akumulací tvary (Culbertson a kol., 1967).

Klasifikace se základem na terénním výzkumu vytvořil Rosgen. Měla být vytvořena univerzální klasifikace pro co nejširší použití. Domníval se, že nejlepší klasifikace říčních sítí bude založena výhradně na morfologických parametrech. Mezi parametry zařadil sklon koryta, poměr délky toku k rozloze povodí, šířky koryta k hloubce údolí, velikost substrátu dna, opevnění koryta. Kombinací výše zmíněných parametrů vytvořil osm hlavních typů, které jsou označeny jako A až G (Rosgen, 1994).

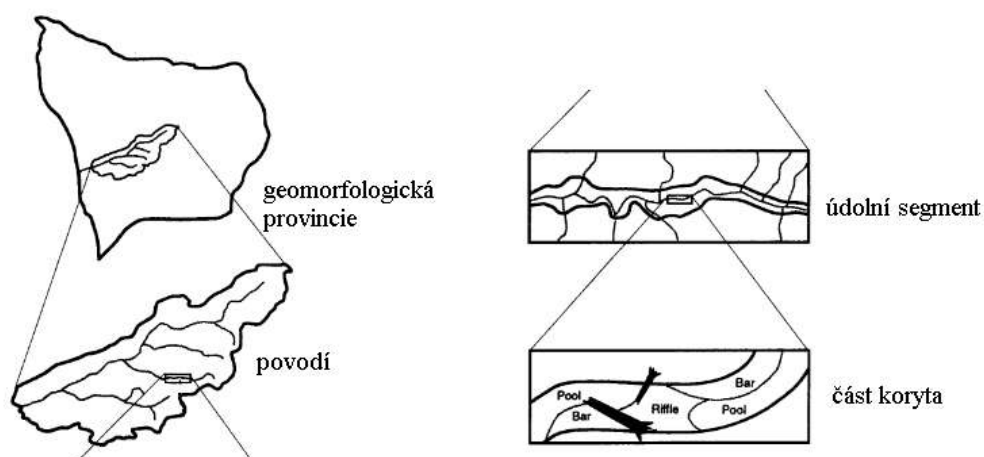
Obrázek 3: Osm hlavních typů klasifikace podle Rosgena



Zdroj: Rosgen, 1994, s. 174

Montgomery a Buffington patří mezi další autory, kteří přišli s hierarchickou klasifikací fluvialních systémů. Říční síť je rozdělena na několik různě velkých úseků. Těmito úseky jsou geomorfologická provincie, povodí, údolní segment, část koryta.

Obrázek 4: Klasifikace podle Montgomeryho, Bufingtona



Zdroj: Montgomery, Buffington, 1998, s. 23

Úseky jsou od sebe odděleny specifickými podmínkami a parametry. Mezi tyto parametry řadíme: zrnitost dna, sklon koryta, schopnost toku unášet materiál, oblast odkud pocházejí sedimenty, morfologie sítě (Mongomery, Buffington, 1998).

Klasifikace, které vytvořili ruští geografové Alabyana a Chalova poukazují na to, že jakákoliv říční síť lze klasifikovat jako meandrující, divočící a relativně napřímená. Těmito třemi způsoby popisují průběh vodního toku. Samotné koryto popisují třemi zónami: koryto toku, příbřežní zóna, inundační území¹(Alabyan, Chalov, 1998).

Z jiného směru ke klasifikaci je přistupováno, pokud je využita řádovost vodních toků. Tato problematika je rozebírána v publikacích, které napsal Horton (1945) a Stahler (1957). V tomto případě mluvíme o řádovosti relativní. Absolutní řádovost popsal jako první Gravelius (Gravelius, 1914 in Zăvoianu et al., 2009). Řádovost vodních toků je jedním z možných parametrů, které jsou v této práci použity.

S dalším přístupem ke klasifikaci se setkáváme ve studii od Brierleyho a Fryirsové. Pokouší se o hodnocení říční sítě ze širšího hlediska. Ve své klasifikaci uvažují i s působením času. Zaměřili se na chování řek a jejich charakter, analyzují je ve čtyřech úrovních: povodí, krajinné jednotky, říční styly, říční jednotky. Všechny zmíněné úrovně jsou vzájemně propojeny. Krajiny jsou v této klasifikaci definovány jako území o podobné morfologii. Říční styly jsou popisovány geometrickými vlastnostmi jako tvar, velikost atd. (Brierley, Fryirsová, 2000).

Na základě porovnání klasifikací bylo vybráno několik parametrů, které jsou v práci předkládány.

¹ pokud mluvíme o inundačním území, jedná se o záplavové území

Tabulka 1: Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků a fluvialních systémů

Klasifikace	Autor	Rok	Hlavní myšlenka
Hierarchická klasifikace	Frissel	1986	počítá s vlivem biologického společenství, rozděluje říční síť na struktury
Klasifikace podle vzhledu	Leopold, Wolman	1963	hodnocení říční sítě podle vzhledu toku
Klasifikace na základě hlavního parametru	Schumm	1963	základním parametrem jsem sedimenty, které ovlivňují říční síť
Popisná klasifikace	Culbertson a kol.	1967	říční síť hodnocená pomocí parametrů (akumulační tvar, větvení toku, velikost meandrů, vegetace, výška břehů)
Klasifikace na základě terénního výzkumu	Rosgen	1994	založena na morfologických parametrech
Hierarchická klasifikace	Montgomery Bufington	1998	říční síť rozdělena na úseky
Klasifikace podle tvaru	Alabyan, Chalov	1998	každá říční síť lze popsat třemi způsoby (meandrující, divočící, napřímená)
Klasifikace podle řádovosti	Gravelius, Horton, Strahler	1914, 1945, 1957	každý tok v říční síti má určitý řád
Klasifikace ze širšího hlediska ²	Brierley, Fryirsová	2000	počítají s působením času, zkoumají charakter řek

Zdroj: vlastní zpracování

2.2 Význam klasifikace

Po nastudování literatury a představení základních klasifikací, bylo zvoleno několik parametrů, podle které lze říční síť klasifikovat. Zároveň je potřeba zmínit, k čemu jsou obecně klasifikace vodních toků prospěšné.

Jedním důvodem proč klasifikovat, je řazení oblastí se stejnými vlastnostmi za účelem pozdějšího srovnání. Jedná se o přehledné srovnávání všech studovaných objektů za

² snaha upravit klasifikace říční sítě, aby měla co největší využití (nová zástavba, zemědělská plocha atd.)

účelem porovnání (Hankin, Reveesh, 1988). Pomocí takového srovnání může dojít k porovnání říčních sítí s rozdílnými přírodními podmínkami. Dalším důvodem je možnost vysvětlení fyzických změn toku. V průběhu času dochází k různým změnám a klasifikace je jedním z možných přístupů, jak tyto změny pochopit (Gordon a kol. 1992).

3 Metodika práce

Na počátku psaní bakalářské práce proběhl kabinetní výzkum, kde bylo nutné nastudovat danou literaturu. Literatura, která byla, použita v této práci se zabývá řekami z hlediska říční sítě, číselně vyjádřitelným parametrům, informacemi o průběhu toku a jeho základní charakteristikou. Data sekundárního charakteru byla čerpána z odborných publikací, odborných článků, dizertačních prací. Rozbor literatury byl založen na českých i zahraničních zdrojích.

V práci byly vybrány vhodné parametry pro klasifikaci říční sítě. Parametry musí jít matematicky vyjádřit z důvodu dalšího porovnání.

3.1 Parametry

3.1.1 Plocha povodí

Jevy, které označujeme jako hydrografické, vznikají ve složitých geografických poměrech (Davie, 2009). Veškeré vodní objekty, na nichž studujeme a v této práci matematicky vyjadřujeme námi zvolené parametry, nemůžeme vynechat z celého geografického prostředí. Tímto prostředím je území, ze kterého stéká voda atmosférických srážek povrchově i podzemní vodou (Netopil, 1981). V této práci se zabýváme výhradně povrchovou vodou. Důležitý je také fakt, že ne vždy souhlasí povrchový odtok s odtokem podzemním. V geologicky složitých povodích může dojít k tomu, že voda může přitékat podzemní cestou, nebo naopak vtékat, a tím může dojít k porušení rozvodnice. Tento fakt neovlivňuje hlavní povodí, a proto je v práci zanedbán. Plochu povodí značíme velkým písmenem P a nejčastěji se udává v km^2 .

3.1.2 Délka toku

Délku toku značíme písmenem L , udáváme ji v kilometrech a měříme ji středem koryta. Délka toku odpovídá délce mezi pramenem a ústím (VUV T.G.M., 2016³) Některé publikace mluví o délce pouze k deltě řeky. K tomuto je přistupováno s ohledem na komplikovanost některých říčních delt.

V práci je pracováno se vzdáleností od pramene řeky k její deltě. Je třeba poznamenat také to, že délka se postupem času může měnit díky stále působícím vlivům.

3.1.3 Šířka povodí

Šířka povodí nebo také střední šířka je značena malým písmenem \check{s} . V některých publikacích značíme také písmenem b . Šířku povodí zjistíme poměrem plochy povodí k délce vodního toku (Pavelková Chmelová, Frajer, 2013). Rozlišujeme několik typů povodí podle šířky. Mezi tyto typy patří: povodí rovnoměrně vyvinuté, široké v horní části, široké v dolní části. Výsledek vyjadřujeme v kilometrech. Šířku vypočítáme následujícím vzorcem.

$$\check{s} = \frac{P}{L} [km]$$

kde: P = plocha povodí [km^2]

L = délka toku [km]

\check{s} = šířka povodí [km]

Zdroj: Pavelková Chmelová, Frajer, 2013

3.1.4 Koeficient protáhlosti povodí

Parametr, který nám určuje tvar povodí, je koeficient protáhlosti. Koeficient nabírá hodnoty v intervalu (0;1). Čím více se hodnota blíží k nule, tím je povodí protáhlé a naopak, čím více se blíží k 1, tím je tvar kruhový (Kříž, 1988). Nejdůležitější pro zjištění tohoto parametru bylo správně určit nejvzdálenější bod povodí. K tomu jsme využili program ArcMap. Koeficient značíme R_E

$$R_E = \frac{2\sqrt{\frac{P}{\pi}}}{L_1}$$

³ Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka

kde: P = plocha povodí [km^2]

L_1 = nejkratší vzdálenost od ústí k nejvzdálenějšímu bodu povodí

Zdroj: Pavelková Chmelová, Frajer, 2013

3.1.5 Charakteristika tvaru povodí

Mezi další parametry, které nám vypovídají o tvaru povodí, řadíme charakteristiku povodí. Značíme symbolem α . Jedná se o poměr šířky k délce. V některých publikacích se můžeme setkat s výpočtem, který nám určuje poměr plochy povodí k délce toku na druhou. Tímto parametrem zjistíme, jestli je říční síť protáhlá, nebo vějířovitá.

$$\alpha = \frac{\check{s}}{L}$$

kde: \check{s} = šířka povodí

L = délka povodí [km]

Zdroj: Pavelková Chmelová, Frajer, 2013

3.1.6 Průměrná nadmořská výška povodí

Mezi výškopisné parametry povodí patří průměrná výška povodí. V některých publikacích se tento parametr zjednodušuje pod názvem převýšení povodí, ale v našem případě mluvíme o průměrné výšce povodí. Jelikož oblastí našeho zájmu jsou povodí, která se vlévají vždy do oceánu, jedná se o polovinu z nejvyššího bodu povodí. Značená písmenem h . Průměrný sklon povodí se nejpřesněji zjišťuje pomocí tzv. hypsometrické křivky, kterou můžeme sestavit z vrstevnicové mapy (Hubačiková, 2002).

$$h = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$$

kde: H_{max} = maximální nadmořská výška povodí

H_{min} = minimální nadmořská výška povodí

Zdroj: Hubačiková, 2002

3.1.7 Průměrný sklon povodí

Pro výpočet průměrného sklonu povodí lze použít Herbstův vzorec, kde se postupuje po jednotlivých vrstevnicích. Tento vzorec na námi zvolené povodí nelze použít, proto si vystačíme se zjednodušenou formou. Rozdíl maximální nadmořské výšky a minimální nadmořské výšky povodí děleno odmocninou z plochy celého povodí. Průměrný sklon povodí značíme velkým písmenem I . Jedná se o bezrozměrné desetinné číslo nejčastěji udávané v procentech nebo promile.

$$I = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{P}}$$

kde: H_{\max} = maximální nadmořská výška povodí

H_{\min} = minimální nadmořská výška povodí

I = průměrný sklon povodí [%]

Zdroj: Pavelková Chmelová, Frajer, 2013

3.1.8 Hustota říční sítě

Hustota říční sítě vyjadřuje celkovou délku toků připadající na plochu 1 km². Určujeme ji tedy jako podíl délky toků ve zkoumaném povodí v km a plochy povodí v km² (Netopil, 1981). Zjednodušeně řečeno, hustota říční sítě nám podává přehled výskytu řeky v určité oblasti. Hustota říční sítě nám podává obrázek o celkovém vzhledu krajiny.

$$r = \frac{\sum L}{P}$$

kde: $\sum L$ = součet délek všech vodních toků [km]

P = plocha povodí [km²]

Zdroj: Netopil, 1981

Tabulka 2: Parametry

Parametr	Vzorec	Značení
Délka toku		L = délka toku [km]
Plocha povodí		P = plocha povodí [km ²]
Šířka povodí	$\bar{s} = P/L$	L = délka toku [km]; P = plocha povodí [km ²]
Koeficient protáhlosti povodí	$R_S = \frac{2\sqrt{\frac{P}{\pi}}}{L_1}$	P = plocha povodí [km ²]; L ₁ = nejkr. vzd. od ústí k nejvzdál. bodu povodí
Charakteristika tvaru povodí	$\alpha = \frac{\bar{s}}{L}$	\bar{s} = šířka povodí [km] ; L = délka povodí [km]
Průměrná nadmořská výška povodí	$h = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$	H _{max} = max. nad. výška povodí; H _{min} = min. nad. výška povodí [m. n. m.]
Průměrný sklon povodí	$I = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{P}}$	H _{max} = max. nad. výška povodí; H _{min} = min. nad. výška povodí [m. n. m.]
Hustota říční sítě	$r = \frac{\sum L}{P}$	P = plocha povodí [km ²]; $\sum L$ = součet délek všech vodních toků [km]

Zdroj: vlastní zpracování, 2016

3.2 Řádovost vodních toků

Řádovost vodních toků popisuje hierarchické vztahy mezi jednotlivými vodními toky a zároveň pomáhá k lepším vzájemným srovnáním (Horton, 1945). Pomocí řádovosti lze srovnávat říční sítě neohledně na velikost. Pro lepší uspořádání říční sítě jsou využívány absolutní a relativní metody.

3.2.1 Absolutní řádovost

Absolutní řádovost vodních toků popsal jako první Gravelius. Z tohoto důvodu mluvíme o tzv. Graveliově řádovosti. Říční síť je popisována od pramene řeky až po ústí. Toky ústící do moře označuje číslem 1 a jejich přítoky číslem 2. Každý další přítok číslem 3. Takto je postupováno, dokud nejsou označeny veškeré vodní toky v povodí (Gravelius, 1914 in Závoinu et al., 2009). Tuto problematiku lze také vysvětlit tak, že

do hlavního toku (řádu N) ústí vedlejší, někdy nazýván sekundární tok (řádu N+1) dále terciární tok (řád N+2) atd. (Gravelius, 1914 in Zavoianu et al., 2009).

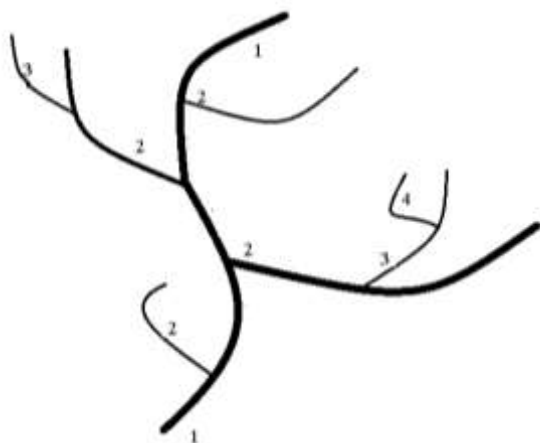
Pokud se setkají řeky se stejným řádem, existuje několik způsobů, jak určit řád toku. Při soutoku vodních toků se postupuje následovně. Za soutokem dvou řek se stává:

- 1) řekou vyššího řádu (N+1) ta řeka, která má menší délku nebo větší úhel řeky před soutokem
- 2) řekou stejného řádu (N) ta řeka, která má větší délku nebo menší úhel řeky před soutokem

Absolutní řádovost má výhodu přehlednosti. Nevýhodou absolutní řádovosti je, že řeky se stejným řádem nemusí odpovídat tvarem ani délkou. Může dojít ke zkreslení výsledků. Jednodušeji řečeno, řeky, dosahující velkých rozměrů, můžou mít stejný řád, jako menší přítok.

Na absolutní i relativní řádovost vodních toků můžeme uplatnit tzv. Hortonovy zákony (Horton, 1945). V absolutní řádovosti jdou uplatnit první dva zákony v trochu jiném znění. První z nich říká, že počet řek určitého řádu *stoupá* s rostoucím číslem řádu (Horton, 1945). Toto lze zase jednoduše vysvětlit tak, že nejvíce řek v absolutní řádovosti má vyšší čísla. Druhý z Hortonových zákonů pojednává o tom, že průměrná délka toku *klesá* s rostoucím číslem řádu (Horton, 1945). Pro lepší představu, lze tento druhý Hortonův zákon vysvětlit tak, že čím větší řád v absolutní řádovosti, tím má vodní tok menší délku. Obrázek 5 nám pomůže lépe pochopit problematiku absolutní řádovosti.

Obrázek 5: Graveliova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2016)

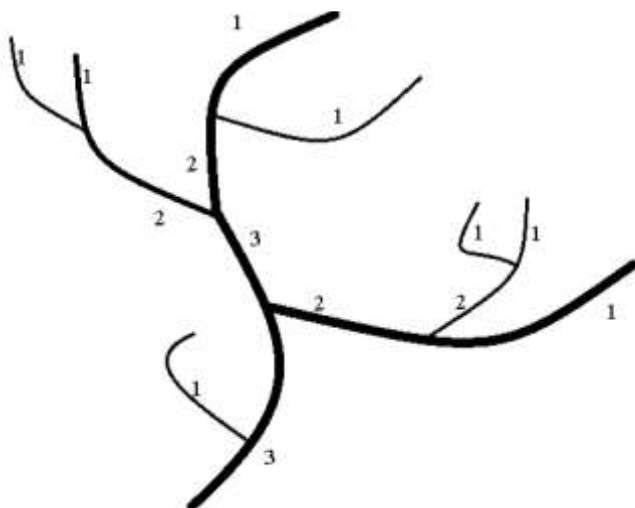


3.2.2 Relativní řádovost

Relativní řádovost vodních toků popisuje říční síť směrem od pramene po ústí. Řeky prvního řádu tudíž představují pramenné řeky. V relativní řádovosti vodních toků rozlišujeme tři⁴ základní modely řádovosti.

Prvních z nich je Strahlerova klasifikace, která označuje zdrojnice, pramenné úseky prvním řádem (N). Při soutoku dvou stejných řádů vznikne řád vyšší (N+1). Při soutoku řeky nižšího a vyššího řádu je zachována řádovost vyšší, tudíž nedojde ke změně řádu. (Strahler, 1957)

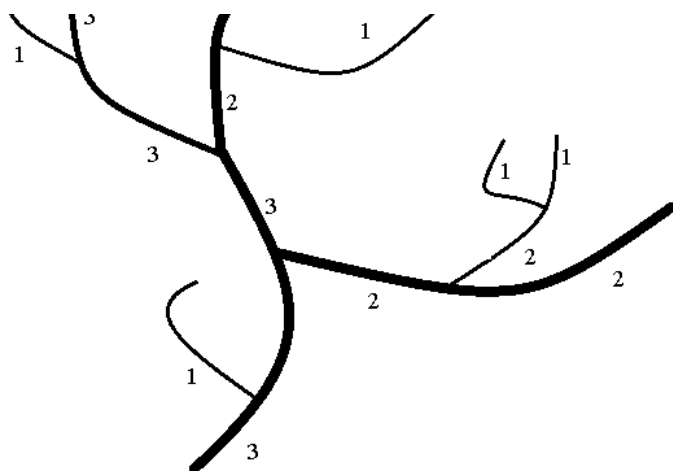
Obrázek 6: Strahlerova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2009)



Další z metod relativních řádovostí vodních toků je Hortonova. Patří mezi nejstarší klasifikace vodních toků. V principu má podobný systém jako klasifikace předcházející, jen s tím rozdílem, že pokud dojde k soutoku řek dvou stejných řádů, je zpětně přeznačen tok, který je delší, vodnatější nebo významnější (Strahler, 1957). Na relativní řádovost lze použít také Hortovy zákony. První Hortonův zákon říká, že počet toků určitého řádu *klesá* geometrickou řadou spolu se stoupajícím číslem řádu. Druhý zákon uvádí, že průměrná délka toků *geomtericky stoupá* spolu s rostoucím číslem řádu (Horton, 1945).

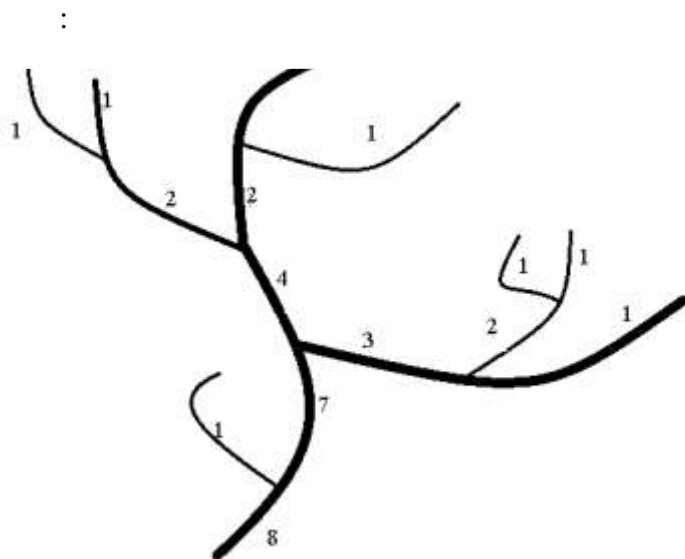
⁴ existuje i Scheiddeggerova klasifikace, pro představu relativní řádovosti jsou popsány tři

Obrázek 7 Hortonova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2016)



Třetí z klasifikací je Shrevova. Opět mluvíme o stejném principu jako u Strahlera. Řeky pramenné, nazývané též jako zdrojnice, jsou označovány jako řeky prvního řádu. Další vodní toky označujeme podle toho, kolik zdrojnic se na vzniku podílí. Dochází ke sčítání řádů. (Kusák, 2014) Jednodušeji řečeno, ze dvou pramenných řek prvního řádu vznikne vodní tok druhého řádu. Tuto problematiku nám lépe pomůže pochopit níže přiložené schéma.

Obrázek 8 Shrevova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2016)



Pro relativní řádovost vodních toků lze uplatnit třetí Hortonův zákon. Tento zákon pojednává o tom, že plocha povodí určitého řádu stoupá s rostoucím číslem řádu (Horton, 1945). Jinak řečeno, čím vyšší řád toku, tím se předpokládá větší plocha povodí.

Relativní řádovost vodních toků nám pomáhá určit počet pramenů v povodí. Tento fakt je vidět například na obrázku 8 v Shrevově klasifikaci.

3.2.3 Bifurkační poměr říčních sítí

Bifurkační poměr značíme R_b (bifurcation ratio). Tento poměr nám udává míru větvení říční sítě. Pro jeho výpočet použijeme relativní řádovost vodních toků. Vzorec pro výpočet bifurkačního poměru říční sítě zní následovně.

$$R_b = \frac{N_n}{N_{n+1}}$$

kde: R_b = bifurkační poměr

N_n = počet řek daného řádu dle relativní řádovosti

N_{n+1} = počet řek o stupeň vyššího řádu v daném povodí

Zdroj: Kington, 2008

3.2.4 Poměr délek vodních toků

Udává poměr délek vodních toků různých řádů ve zkoumaném povodí. Označujeme ho písmeny R_r (length-order-ratio). Poměr délek vodních toků je definován takto:

$$R_r = \frac{N_l}{N_{l+1}}$$

kde: R_r = poměr délek vodních toků

N_l = průměrná délka vodních toků daného řádu podle relativní řádovosti

N_{l+1} = průměrná délka vodních toků o stupeň vyššího řádu v daném povodí

Zdroj: Kington, 2008

3.2.5 Poměr celkové délky vodních toků

Označujeme ho písmeny T . Poměr celkové délky vodních toků je definován vztahem:

$$T = \frac{N_{t+1}}{N_t}$$

kde: T = poměr celkové délky vodních toků

N_t = celková délka vodních toků dle relativní řádovosti v daném řádu

N_{t+1} = celková délka vodního toku o stupeň vyššího řádu v daném povodí

Zdroj: Zavoianu, 2009

3.2.6 Průměrná délka vodních toků určitého řádu

Průměrnou délku vodního toku určitého řádu značíme l_N a je definován takto:

$$N_l = \frac{N_t}{N_n}$$

kde: N_l = průměrná délka vodního toku určitého řádu

N_t = celková délka vodních toků určitého řádu

N_n = počet vodních toků určitého řádu v povodí

Zdroj: Zavoianu, 2009

3.3 Vstupní data v programu ArcMap

Všechna vstupní data, která byla použita pro rozbor říčních sítí v práci, byla čerpána ze stránky Water Systems Analysis Group⁵. Říční síť byla rozdělena na jednotlivé segmenty, které pro přehlednost práce vydávám za jednotlivé řeky. Každé povodí bylo rozděleno podle Strahlerovo relativní řádovosti, určena celková vzdálenost všech toků v daném řádu. Pomocí této metody mohly být dosazeny získané údaje do určených parametrů. Existuje několik dalších internetových stránek, které se věnují hydrologii a jsou přínosem pro zkoumání hydrologických procesů na Zemi. Poskytují také mnoho vstupních dat pro program ArcMap. Použil jsem generalizovaná data o délce jednotlivých vodních toků, dále data o velikosti rozvodnice a řádu toku, dle relativní řádovosti. Pomocí získaných dat, bylo možné provést klasifikaci na základě předem zvolených parametrů. Několik takových webů jsou pro přehlednost v tabulce 3.

⁵ <http://www.grdc.sr.unh.edu/>

Tabulka 3: Hydrologická data

Název	URL	Stručná charakteristika
Arctic CHAMP	arcticchamp.sr.unh.edu	stránka věnující se především arktickým oblastem, hydrologickým cyklům, zásoby vody v arktických oblastech, dopad na biologické systémy
Arctic RIMS	rims.unh.edu	sleduje arktické vody a Severní ledový oceán v reálném čase
Data Synthesis System for World Water Resources	wwap-dss.sr.unh.edu	data o hydrologii v Africe, obsahuje podkladová data pro africké řeky a jezera
ESDC	datacollaborative.unh.edu	možnost vizualizovat data v Google Eart, životní prostředí
Water System Analysis Group	www.wsag.unh.edu	stránka obsahující hydrografická data pro analýzu a interpretaci
GRDC Runoff Data	www.grdc.sr.unh.edu	stránka zabývající se odtoky napříč celým světem
WaterBase	waterbase.org	hospodaření s vodou v rozvojových zemí, poskytuje data o povodí i počasí
HydroSHEDS	hydrosheds.cr.usgs.gov	dhydrografické informace v globálním i regionálním měřítku
FreeGisData	freegisdata.rtwilson.com	volně přístupná GIS data nejen o hydrologii

Zdroj: vlastní zpracování

3.4 Vytvoření mapových schémat povodí

V předkládané práci jsou prezentována generalizovaná mapová schémata (příloha A až N) patnácti nejdelších vodních toků světa. Při tvorbě každé mapy dochází k určité generalizaci. Jinak tomu nebude ani při tvorbě schémat v této práci. Ke generalizaci map se přistupuje hlavně proto, aby uživatel dokázal lépe pochopit

předkládané informace. Generalizace je zvýraznění a vypuštění nepodstatného obsahu (Popelínský, 2011).

Obecně lze o generalizaci map říci, že jejím nejdůležitějším předpokladem je vyzdvihnout pozorovaný objekt. V našem případě říční síť a plochu povodí. V práci mluvíme o zachycení délky celého toku a ploše povodí. Jak uvádí ve své publikaci Lauermann, nejdůležitějšími požadavky pro generalizaci jsou: účel mapy, měřítko, způsob znázornění (Lauermann, 1974). Důležité je také správný způsob znázornění. V předkládaných mapových schématech, hraje důležitou roli jasné znázornění říční sítě a určení řádovosti jednotlivých přítoků dle relativní řádovosti.

Mezi hlavní zdroj dat pro vytvoření mapových schémat povodí patří vektorová data ze stránky Water Systems Analysis Group⁶. Vektorová data obsahují generalizované říční sítě celého světa. Na základě jejich délky bylo vybráno patnáct nejdelších toků a vytvořena říční síť. Tato data posloužila i k získání rozvodnice, která je velmi důležitá k dalším výpočtům parametrů, na jejichž základě docházelo ke klasifikaci říčních sítí. Toky v jednotlivé říční síti byly graficky upraveny dle relativní řádovosti. Všechny úkony byly prováděny v programu ArcMap. Data byla získána na podkladové mapě, a proto je každý mapový výstup v měřítku 1:18 000 000. Důležité je zmínit, že měřítko mapových schémat bylo vybráno na základě formátu celé práce a je tedy vybráno zcela účelově. Pro výpočet výše zmíněných parametrů bylo důležité určit nejvzdálenější bod v povodí od ústí hlavního toku. K tomuto účelu byla využita funkce pro měření, jelikož předkládané povodí byla délkojevná. Podkladová mapa nenabízela možnost určení nejvyšší nadmořské výšky. Nadmořská výška zkoumaných povodí byla určena z topografické mapy dostupné na *Google Maps*.

Vytvořená mapová schémata slouží k lepší orientaci ve výsledcích a dávají přehled o povodí.

⁶ <http://www.grdc.sr.unh.edu/>

4 Klasifikace říčních sítí

4.1 Vybrané říční sítě

Výše zmíněné metody byly aplikovány na generalizované říční síti 15. nejdelších vodních toků světa. Pro účely výše zmíněných parametrů byly zvoleny následující říční sítě. V tabulce č. 15 je ucelený přehled na všechny zkoumaná říční sítě a v následujících podkapitolách je uvedena řádovost jednotlivých říčních sítí.

4.2 Amazonka

Říční síť Amazonky je znázorněna v tabulce 4. Říční síť je rozdělena podle řádu pomocí relativní řádovosti. V příloze A najdeme graficky znázorněnou říční síť Amazonky.

Tabulka 4: Říční síť a řádovost Amazonky

řád toku	počet toků	délka (km)
I řád	1191	22225
II řád	398	19328
III řád	211	10910
IV řád	78	10925
V řád	23	1861
VI řád	15	800

Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Amur

Říční síť Amuru v tabulce 5 udává počet vodních toků jednotlivých řádů toku dle relativní řádovosti. Grafické znázornění dle programu ArcMap najdeme pod přílohou B.

Tabulka 5: Říční síť a řádovost Amuru

řád toku	počet toků	délka (km)
I. řád	870	12569
II. řád	307	7500
III. řád	113	5169
IV. řád	83	18781
V řád	30	2547

Zdroj: vlastní zpracování

4.4 Chuang – che

Tabulka 6 znázorňuje počet toků podle relativní řádovosti u povodí Chuang – che. V příloze C je povodí graficky znázorněno.

Tabulka 6: Říční síť a řádovost Chuang-che

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	220	3509
II. řád	61	5387
III. řád	42	6714
IV. řád	21	3043
V řád	17	943

Zdroj: vlastní zpracování

4.5 Jang-c' - ťiang

V tabulce 7 je přehledně ukázáno počet vodních toků v povodí, která jsou rozdělena i podle jednotlivých řádů. Pro lepší představu slouží příloha D.

Tabulka 7: Říční síť a řádovost Jang-c'-t'iang

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	405	5735
II. řád	136	4921
III. řád	54	2977
IV. řád	45	12021
V řád	32	3175

Zdroj: vlastní zpracování

4.6 Jenisej

Příloha E graficky znázorňuje povodí řeky Jenisej a v tabulce 8 se nachází počet jednotlivých toků dle řádovosti a jejich celková délka.

Tabulka 8: Říční síť a řádovost Jeniseje

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	988	11760
II. řád	366	11347
III. řád	112	7411
IV. řád	74	6500
V. řád	79	15459

Zdroj: vlastní zpracování

4.7 Kongo

Tabulka 9 udává ucelený přehled o počtu toků dle jednotlivých řádů v povodí Konga a grafické znázornění daného povodí se nachází v příloze F.

Tabulka 9: Říční síť a řádovost Konga

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	718	12654
II. řád	275	12654
III. řád	123	9037
IV. řád	43	2528
V. řád	44	6561

Zdroj: vlastní zpracování

4.8 Lena

Počet toků a celková délka v povodí Leny dle relativní řádovosti v tabulce 10. Grafické schéma téhož povodí v příloze G.

Tabulka 10: Říční síť a řádovost Leny

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	997	13414
II. řád	347	10330
III. řád	127	7952
IV. řád	79	8161
V. řád	55	8943
VI. řád	31	2421

Zdroj: vlastní zpracování

4.9 Mackenzie

V tabulce 11 je povodí řeky Mackenzie dle relativní řádovosti a grafické schéma v příloze H téhož povodí.

Tabulka 11: Říční síť a řádovost Mackenzie

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	739	8251
II. řád	219	5480
III. řád	95	6838
IV řád	36	4442
V. řád	53	5830

Zdroj: vlastní zpracování

4.10 Mekong

Relativní řádovost povodí Mekong zachycuje tabulka 12 a grafické znázornění v příloze I.

Tabulka 12: Říční síť a řádovost Mekongu

řád toku	počet toků	celková délka toků (km)
I. řád	160	2424
II. řád	38	1216
III. řád	55	10854
IV. řád	13	558

Zdroj: vlastní zpracování

4.11 Mississippi

Povodí řeky Mississippi dle relativní řádovosti ukazuje tabulka 13 a graficky odlišené povodí dle řádovosti se nachází v příloze J.

Tabulka 13: Říční síť a řádovost Mississippi

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	890	18850
II. řád	273	9503
III. řád	121	11380
IV. řád	56	6726
V. řád	31	3574

Zdroj: vlastní zpracování

4.12 Murray

Nejdelší australskou řeku podle relativní řádovosti ukazuje tabulka 14, grafické znázornění téhož povodí příloha K.

Tabulka 14: Říční síť a řádovost Murray

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	278	7896
II. řád	189	5864
III. řád	121	2141
IV. řád	51	985
V. řád	27	871

Zdroj: vlastní zpracování

4.13 Nigér

Příloha L ukazuje řádovost povodí Nigéru a v tabulce 15 jsou uvedeny všechny toky dle relativní řádovosti.

Tabulka 15: Říční síť a řádovost Nigeru

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	475	8891
II. řád	328	7125
III. řád	210	5874
IV. řád	112	2589
V. řád	27	587

Zdroj: vlastní zpracování

4.14 Nil

Řeku Nil charakterizuje tabulka 16, kde jsou toky rozděleny podle relativní řádovosti a grafické znázornění povodí v příloze M.

Tabulka 16: Říční síť a řádovost Nilu

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	793	12446
II. řád	587	5471
III. řád	257	2587
IV řád	120	1254
V. řád	56	654

Zdroj: vlastní zpracování

4.15 Ob

Povodí řeky Ob charakterizuje tabulka č. 17 a příloha N. V tabulce jsou informace o celkových délkách toků dle relativní řádovosti podle Strahlera.

Tabulka 17: Říční síť a řádovost Ob

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	961	11587
II. řád	587	5874
III. řád	214	2511
IV. řád	158	1270
V. řád	58	458

Zdroj: vlastní zpracování

4.16 Paraná

Tabulka 18 udává počet toků v povodí řeky Paraná dle relativní řádovosti, schéma N znázorňuje stejné povodí graficky.

Tabulka 18: Říční síť a řádovost Paraná

řád toku	počet toků	délka toků (km)
I. řád	595	9874
II. řád	411	6504
III. řád	189	1589
IV. řád	98	874
V. řád	24	511

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 19: 15. nejdelších vodních toků světa na generalizované říční sí

název	délka (km)	plocha povodí (km ²)	šířka povodí (km)	koeficient protáhlosti povodí	charakteristika tvaru povodí	průměrná nadmořská výška povodí (m.n.m.)	průměrný sklon povodí (%)	bifurkační poměr říčních sítí	poměr délek vodních toků
Amazonka	7030	6900000	1370	0,95	0,26	1465	1,13	14,32	14,17
Nil	6700	2800000	417,91	0,43	0,06	2554	3,05	5,97	6,74
Jang-c'-ťiang	6300	1800000	285,71	0,44	0,05	3310	4,93	6,92	7,7
Mississippi	6300	2980000	473	0,52	0,08	2200	2,55	9,12	7,48
Jenisej	5540	2580000	475,87	0,7	0,08	1745	2,17	36373	4,9
Chuang-che	5450	745000	136,69	0,4	0,04	2400	5,56	47331	7,05
Ob	5410	2990000	552,68	0,8	0,1	1670	1,93	3,88	11,8
Kongo	4700	3680000	782,98	0,98	0,41	2550	2,66	6,73	5,62
Amur	4450	1900000	426,23	0,75	0,3	2550	2,61	25082	4,45
Lena	4400	2500000	568,18	0,69	0,35	1285	1,62	10,45	9,51
Mekong	4350	810000	186,21	0,3	0,02	2610	5,8	9,13	9,7
Mackenzie	4280	1800000	420,56	0,61	0,1	1950	2,9	9	4,09
Niger	4200	2000000	476,47	0,84	0,11	850	1,2	9,57	5,24
Paraná	3990	3100000	487,45	0,71	0,1	2970	2,3	2,31	7,47
Murray	3800	1000000	330	0,81	0,3	2257	2,8	8,14	6,92

4.17 Klasifikace říčních sítí

Na základě vztahů mezi parametry pro 15. nejdelších povodí světa byly vytvořeny následující klasifikace. Pro přehlednost byla vytvořena tabulka 19., kde jsou uvedeny veškeré parametry použité v této práci.

4.18 Klasifikace podle plochy a šířky povodí

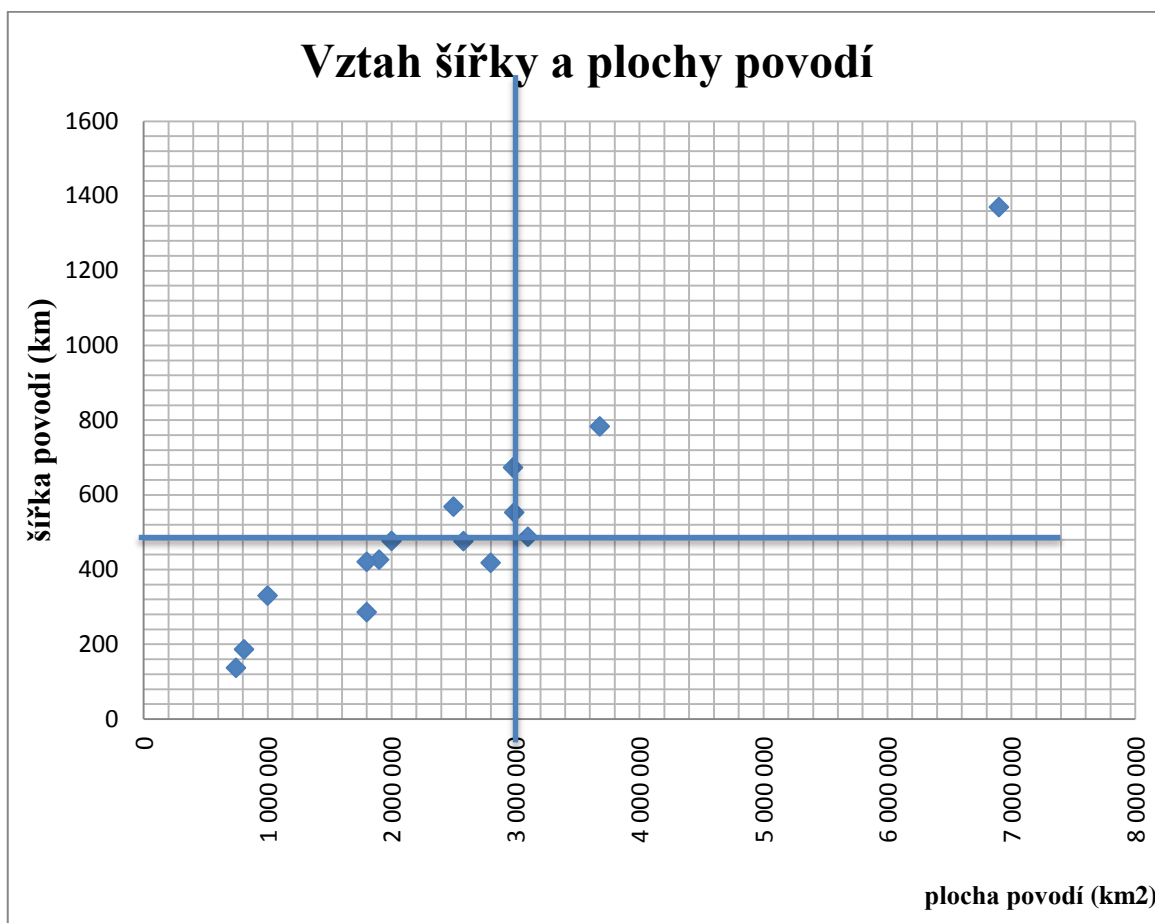
Říční síť byla klasifikována na základě šířky a plochy povodí (tabulka 20). Říční sítě byly rozděleny do čtyř kategorií. V kategorii I se nachází nejmenší povodí námi zkoumané. II kategorie obsahuje říční sítě větší a v kategorii IV lze mluvit o nejméně rozsáhlých říčních sítích. Hranice mezi intervaly v šířce povodí byla stanovena 600 km a plocha povodí na 3 000 000 km². Tyto parametry byly zvoleny, jelikož plocha povodí je vzájemně závislostí k jeho šířce (graf 1)

Tabulka 20: Klasifikace podle plochy povodí a šířky povodí

Kategorie	I	II	III	IV
Říční síť	Chuang-che, Mekong, Murray, Jang'c-t'iang, Amur	Nil, Paraná, Ob, Jenisej	Lena	Amazonka, Kongo, Mississippi

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 1: Šířka a plocha povodí



Zdroj: vlastní zpracování

4.19 Klasifikace podle plochy povodí a bifurkačního poměru

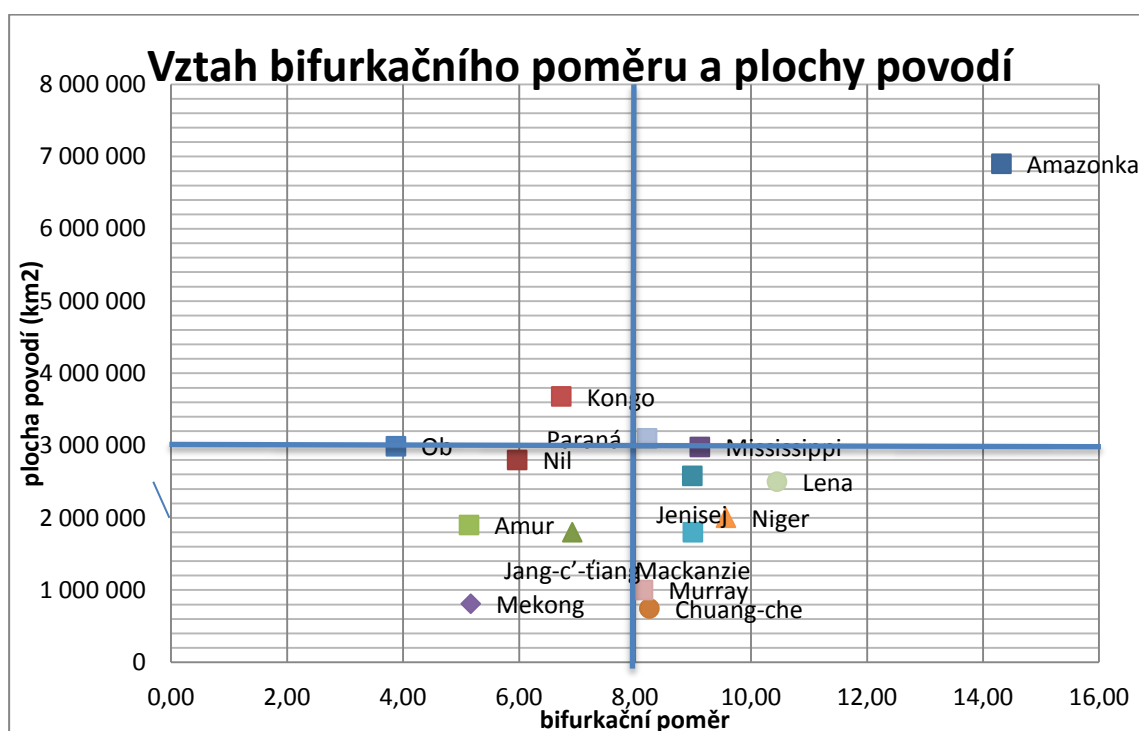
Mezi další klasifikace říčních sítí patří vzájemný vztah mezi bifurkačním poměrem a plochou povodí. Jak vidíme, v tabulce 21 říční sítě byly klasifikovány do čtyř kategorií. V kategoriích I - IV jsou rozděleny říční sítě v závislosti na míru větvení a plochy povodí. Tento vztah byl vybrán na základě toho, že bifurkační poměr udává větvení daného povodí. Bylo vhodné porovnat míru větvení a velikost plochy povodí. Plocha povodí byla jako v předcházející klasifikaci zvolena 3 000 000 km². Bifurkační poměr byl zvolen 8. Tento vztah popisuje graf číslo 2.

Tabulka 21: klasifikace podle bifurkačního poměru a plochy povodí

Říční síť	Ob, Nil, Amur, Jang-’c-’ťiang, Mekong	Jenisej, Mackenze, Murray, Chuang- che, Niger, Lena	Kongo, Ob	Amazonka, Mississippi
-----------	---	--	-----------	--------------------------

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 2: Vztah bifurkačního poměru a plochy povodí



Zdroj: vlastní zpracování

4.20 Klasifikace podle poměru délek za jednotlivé délky v relativní řádovosti a sklonu povodí

Klasifikace podle poměru délek (tabulka 22) a sklonu povodí je rozdělena do čtyř kategorií. I kategorie obsahuje taková povodí, kde je sklon a poměr délek nejmenší. V III. kategorii jsou říční sítě, které mají malý sklon povodí, zatímco poměr délek všechny řádů je vysoký. Poslední kategorie je klasifikována jako říční síť s vysokým poměrem vodních toků a zároveň vysokým sklonem povodí. Interval pro sklon povodí byl stanoven na 3 % a byl porovnán s poměrem délek za jednotlivé řády. Tento interval

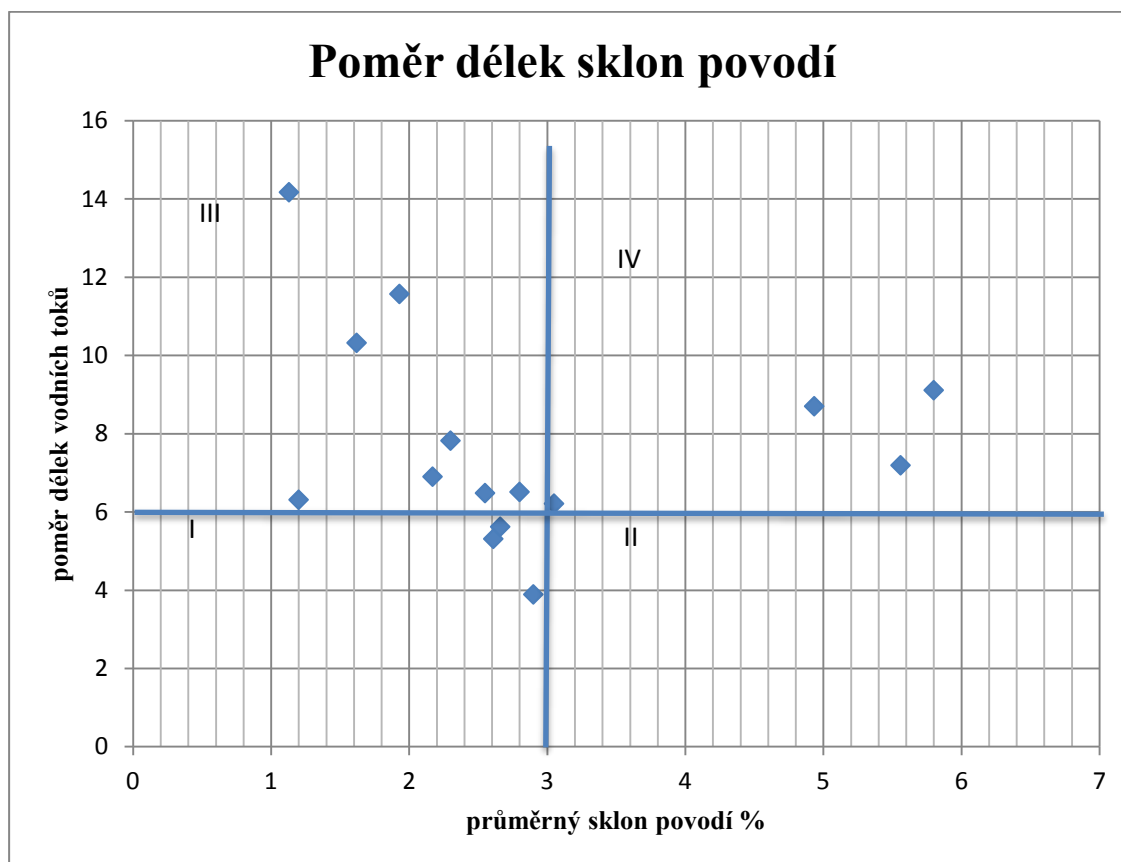
byl stanoven na 6. Porovnání sklonu povodí a poměru délek bylo z důvodu, jestli řeky s menším poměrem délek mají vyšší sklon povodí. (graf 3)

Tabulka 22: Poměr délek a sklonu povodí

Kategorie	I	II	III	IV
Říční síť	Niger, Amur, Kongo, Mackenzie		Murray, Mississippi, Paraná, Lena, Ob, Amazonka, Jenisej	Jang'c- ťiang, Chuang-che, Mekong, Nil

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 3: Poměr délek a sklonu povodí



Zdroj: vlastní zpracování

4.21 Klasifikace podle průměrné nadmořské výšky a charakteristiky tvaru povodí

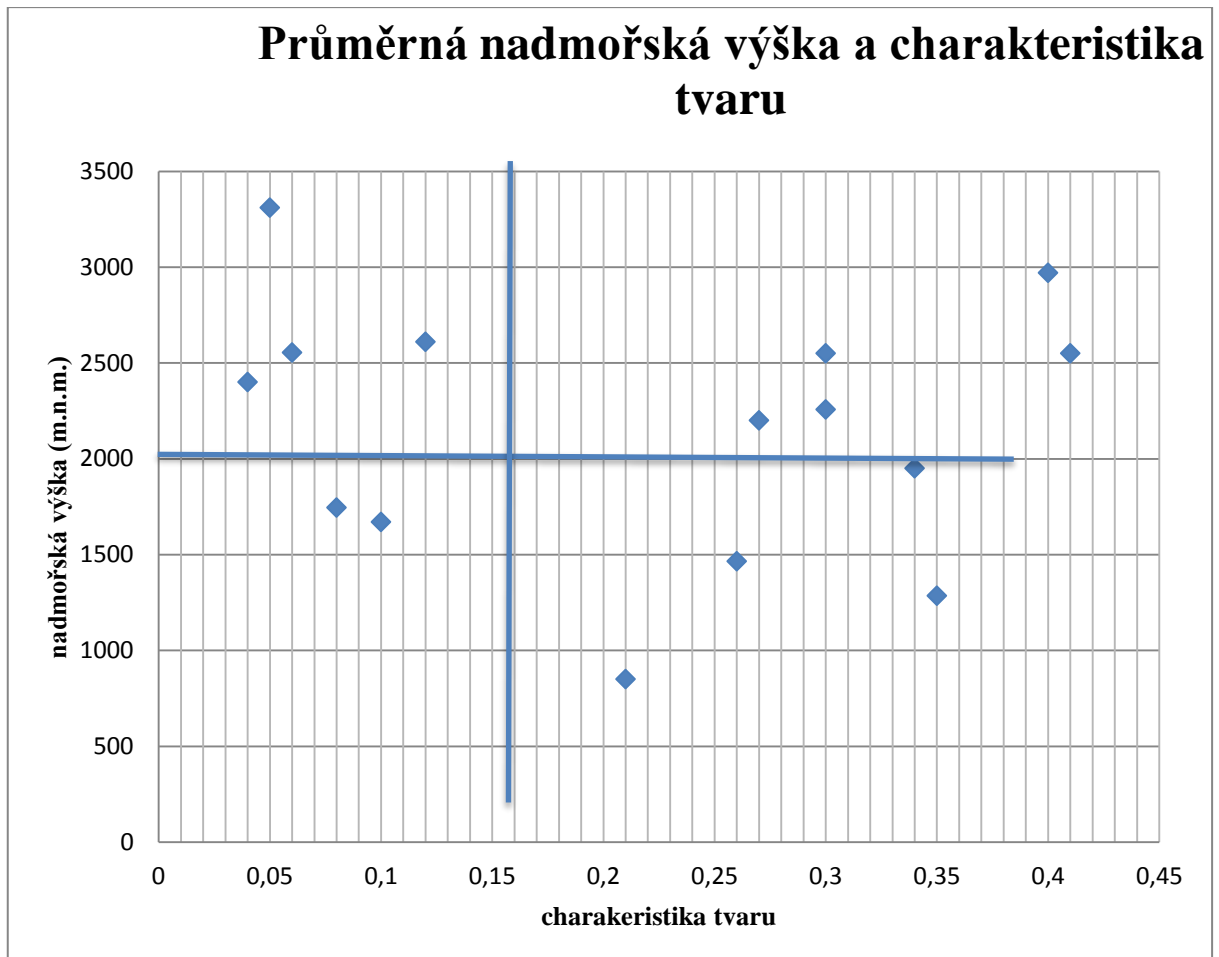
Další zvolen klasifikace říčních sítí se zabývá vztahem tvaru povodí a průměrné nadmořské výšky. Klasifikace rozdělila říční sítě 15. nejdelších řek do čtyř kategorií. V kategorii I jsou tři říční sítě. Lze o nich konstatovat, že obě řeky protékají v nejmenších výškách a zároveň jejich tvar je méně protáhlý. Mezi protáhlé řeky v menších nadmořských výškách lze zařadit říční sítě z kategorie II. Ve III. kategorii jsou málo protáhlé řeky, které mají vyšší průměrnou nadmořskou výšku. V poslední, IV. kategorii, jsou více protáhlé řeky, které mají vyšší nadmořskou výšku. Interval pro klasifikaci průměrné nadmořské výšky byl stanoven na 2000 m.n.m. a pro charakteristiku tvaru byl zvolen koeficient 0,2. V této klasifikaci docházelo k porovnání vlivu nadmořské výšky na tvar povodí.

Tabulka 23: Průměrná nadmořská výška a charakteristika tvaru povodí

Kategorie	I	II	III	IV
Říční síť	Ob, Jenisej,	Niger, Amazonka, Lena, Mackenzie,	Chuang-che, Mekong, ťiang	Nil, Jang´c- Kong, Paraná, Mississippi

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4: Průměrná nadmořská výška a charakteristika tvaru povodí



Zdroj: vlastní zpracování

4.22 Klasifikace podle koeficientu protáhlosti

Říční sítě byly klasifikovány na základě protáhlosti povodí. Povodí byly rozděleny do třech kategorií. První kategorie jsou taková povodí, která jsou pod hranicí bodu 0,4.

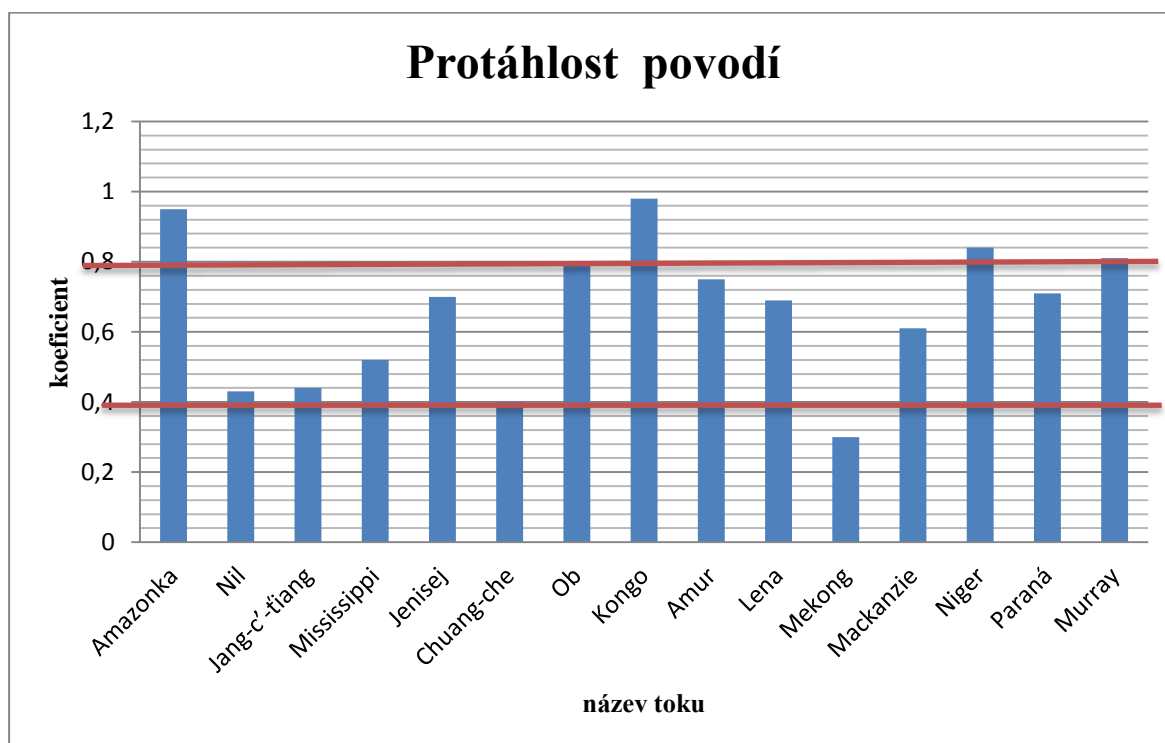
Druhá kategorie jsou povodí, která se nachází mezi 0,4 až 0,8 a třetí kategorií jsou takové řeky, která leží nad 0,8. V kategorii I jsou všechna povodí, která se svým tvarem podobají spíše protáhlé, zatímco v kategorii II, jsou povodí, která jsou na rozmezí obou kategorií. Obecně lze říci, že v kategorii I jsou povodí, která blízko sousedí s dalšími většími povodími nebo se jedná o aridní oblasti. V kategorii III, můžeme mluvit jako o kategorii, kde jsou říční sítě podobající se kruhu.

Tabulka 24: Klasifikace podle koeficientu protáhlosti

Kategorie	I	II	III
Říční síť	Mekong, Chuang-che	Nil, Jang-c'-ťiang, Mississippi, Jenisej, Amut, Lena, Mackenzie, Paraná	Amazonka, Ob, Kongo, Niger, Murray

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 5: Protáhlost povodí



Zdroj: vlastní zpracování

5 Diskuze

Říční sítě byly klasifikovány podle výše vypočtených parametrů. V každé klasifikaci došlo k rozřídění do několika kategorií. Do vzájemných vztahů byly dány různé parametry.

První klasifikace měla za úkol zjistit, jestli plocha povodí má vliv na šířku povodí. Tato klasifikace velmi přesně rozděluje říční síť na malé a velké. Lze tedy konstatovat, že neexistuje žádná říční síť, která by byla zároveň široká a plocha povodí by dosahovala menších hodnot.

Druhá z předložených klasifikací staví k sobě parametry plochy povodí a bifurkační poměr. Tento poměr udává míru větvení říční sítě a je zajímavé srovnat, jestli se větší říční síť větví více než říční síť, kde plocha povodí nedosahuje takových velikostí. V kategorii I se nachází řeka, která dosahuje nejmenší hodnoty větvení. Tento výsledek lze vysvětlit velmi aridní oblastí, kde se říční síť nachází. Naopak, říční síť Amazonky dosahuje nejvyšších hodnot. Kategorii II, lze stále považovat za toky, méně se větvící, zatímco v kategorii III jsou více rozvětvené říční sítě. Na tento fakt může mít vliv geologické podloží říční sítě. Geologické podloží má vliv také na povrchový odtok. Významné charakteristiky pro povrchový odtok stanovil už Horton. Mezi první charakteristiku zařadil morfometrii říční sítě, dále půdní charakteristiku, geologické poměry, míru zakrytí vegetací meteorologické podmínky (Horton, 1932). Rozhodujícím faktem stále zůstává, jak velký sklon dosahuje řeka na horní části svého toku. Pokud je v této oblasti vysoký sklon a zároveň šířka povodí dosahuje vysokých rozměrů, je dle mého názoru vysoká šance, že dojde k povodni. Tento fakt nebere v úvahu výše zmíněné podmínky jako např. půdní charakteristika, geologické poměry, vegetace, meteorologické podmínky.

Třetí klasifikací je sklon povodí a poměr délek všech toků za jednotlivé řády. Lze konstatovat, že řeky s větším poměrem délek, mají menší sklon povodí. Klasifikace je rozdělena do 4 kategorií. Kategorie I obsahuje takové řeky, kde je malý sklon povodí a zároveň poměr délek vodních toků za jednotlivé řády nedosahuje takových hodnot. O povodích v kategorii I můžeme mluvit jako o řekách, která mají podobné délky toků napříč všemi řády a tečou převážně v malých nadmořských výškách. V kategorii III jsou řeky, které nemají vysoký sklon povodí, ale velký poměr délek vodních toků. Takové řeky mají vysoký počet zdrojnic a stejně jako v kategorii IV, lze předpokládat

vyšší šanci na výskyt povodní. Kategorie IV lze považovat pro svůj sklon za nejvíce ohrožené říční sítě povodní. Podle tabulky 22 lze vidět, že říční sítě z kategorie IV můžou patřit k těm více zasaženými povodněmi. Samozřejmě je nutné brát v úvahu i další vlivy. Mezi další vlivy řadíme například antropogenní vlivy nebo tvar koryta.

Klasifikace čtvrtá porovnávala průměrnou nadmořskou výšku a charakteristiku tvaru říční sítě. Charakter říční sítě je určován geologickým podložím. Charakteristika tvaru je nejvíce ovlivněna prostředím. V jakých podmínkách se daná říční síť vyskytuje a jakými směry se ubírá hlavní tok. Například povodí řeky Kongo dosahuje v koeficientu protáhlosti největších hodnot ze všech vybraných povodí. Pokud se podíváme na schéma (příloha F), lze si všimnout uzavřeného tvaru. Lze tedy konstatovat, že z předkládaných povodí je právě povodí řeky Kongo nejvíce podobně kruhu. Naopak je tomu u řeky Mekong (příloha CH), kde je koeficient nejmenší, a proto mluvíme o povodí protáhlém.

V páté klasifikaci jsou říční sítě rozděleny na základě protáhlosti povodí. Na grafu č. 5 je zobrazena červenou barvou spojnice trendu, která tuto klasifikaci rozděluje do třech kategorií. V kategorii I se nachází říční sítě, které svým tvarem jsou spíše kruhové. V kategorii II jsou říční sítě protáhlé. Tento fakt způsobuje několik faktorů. Například říční síť se nachází v podmínkách, které nejsou příhodné pro jiné řeky nebo v okolí se nachází další říční sítě. V třetí kategorii jsou řeky, které jsou na pomezí obou kategorií. Tuto klasifikaci ovlivňuje převážně geologická stavba, ale také klimatické podmínky (např. Nil).

Správné určení výše zkoumaných parametrů dává přehled o charakteru povodí v námi zvolených generalizovaných říčních sítích.

Závěr

Bakalářská práce měla za cíl klasifikovat říční sítě hlavních povodí světa. Bylo vybráno 15 nejdelších toků světa. Na základě literatury bylo vybráno několik parametrů, podle kterých byla klasifikace uskutečněna.

Byl předložen ucelený pohled na zkoumané parametry, které lze matematicky definovat a pokusit se o jejich další analýzu. Schopnost detailnější klasifikace nabízených říčních sítí by přinesla negeneralizovaná říční síť jednotlivých toků.

Dílčím cílem bylo najít vhodné matematicky vyjádřitelné parametry, které lze uplatnit na námi předkládanou generalizovanou říční síť. Parametry nám podaly přehled o tvaru povodí a o charakteru říční sítě.

Jedna z dalších metod, která použita v této práci je určení řádovosti říční sítě. Pomocí této metody bylo možno pracovat s dalšími parametry, které podaly další pohled na charakter říčních sítí patnácti největších povodí světa.

Hlavní cílem, bylo vytvořit na základě vybraných parametrů klasifikace a rozdělit sledované říční sítě do několika kategorií. Tyto klasifikace byly diskutovány a zhodnoceny možné vlivy. Důležitý je také předpoklad, že bylo pracováno s generalizovanou říční sítí. Byla vytvořena grafická schémata, která lépe vysvětlila námi zkoumané říční sítě.

Klasifikace říčních sítí se provádí, za účelem rozdělení řek do několika skupin. Klasifikace v této práci byla vytvořena na základě předem zvolených parametrů. Nejlépe z této práce vyšel klasifikační parametr plochy povodí a koeficient protáhlosti. Koeficient protáhlosti vyjadřuje, jestli se jedná o povodí spíše protáhlé nebo spíše svým tvarem připomíná kruh. Tento koeficient vycházel většinou nejlépe i v porovnání se schémata v příloze A - O.

6 Seznam tabulek

Tabulka 1: Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků a fluvialních systémů.....	14
Tabulka 2: Parametry.....	19
Tabulka 3: Hydrologická data	25
Tabulka 4: Říční síť a řádovost Amazonky.....	27
Tabulka 5: Říční síť a řádovost Amuru	28
Tabulka 6: Říční síť a řádovost Chuang-che	28
Tabulka 7: Říční síť a řádovost Jang-c'-ťiang.....	29
Tabulka 8: Říční síť a řádovost Jeniseje.....	29
Tabulka 9: Říční síť a řádovost Konga.....	30
Tabulka 10: Říční síť a řádovost Leny	30
Tabulka 11: Říční síť a řádovost Mackenzie.....	31
Tabulka 12: Říční síť a řádovost Mekongu	31
Tabulka 13: Říční síť a řádovost Mississippi	32
Tabulka 14: Říční síť a řádovost Murray	32
Tabulka 15: Říční síť a řádovost Nigeru	33
Tabulka 16: Říční síť a řádovost Nilu	33
Tabulka 17: Říční síť a řádovost Ob	34
Tabulka 18: Říční síť a řádovost Paraná	34
Tabulka 19: 15. nejdelších vodních toků světa na generalizované říční sí.....	35
Tabulka 20: Klasifikace podle plochy povodí a šířky povodí.....	36
Tabulka 21: klasifikace podle bifurkačního poměru a plochy povodí	38
Tabulka 22: Poměr délek a sklonu povodí	39
Tabulka 23: Průměrná nadmořská výška a charakteristika tvaru povodí.....	41
Tabulka 24: Klasifikace podle koeficientu protáhlosti.....	42

7 Seznam obrázků

Obrázek 1: Hierarchické uspořádání toku dle Frissela.....	10
Obrázek 2: Meandrující a divočící vodní tok	11
Obrázek 3: Osm hlavních typů klasifikace podle Rosgena	12
Obrázek 4: Klasifikace podle Montgomeryho, Bufingtona.....	12
Obrázek 5: Graveliova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Crucleru (2016)	20

Obrázek 6: Strahlerova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2009)	21
Obrázek 7 Hortonova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2016).....	22
Obrázek 8 Shrevova klasifikace dle Zavoianu, Herisanu, Cruceru (2016).....	22

8 Seznam grafů

Graf 1: Šířka a plocha povodí	37
Graf 2: Vztah bifurkačního poměru a plochy povodí	38
Graf 3: Poměr délek a sklonu povodí.....	40
Graf 4: Průměrná nadmořská výška a charakteristika tvaru povodí	41
Graf 5: Protáhlost povodí.....	42

9 Seznam literatury

- ALABYAN, A. M., CHALOV, R. S. (1998): Type of channel patterns and their natural controls. *Earth surface processes and landforms*, Vol. 23, s. 467–474.
- BRIERLEY, G.J. -FRYIRS, K. 2000. River Styles, a geomorphic approach to catchment characterisation: Implications for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. In *Environmental Management*, Springer, vyd. 25, p. 661–679. ISSN 0364-152X
- CULBERTSON, D. M., YOUNG, L. E., BRICE, J. C. (1967): Scour and fill in alluvial channels: With particular reference to bridge sites. U. S. Geological survey, Open-file report, 58 s.
- DAVIE, Tim, 2009. *Fundamentals of hydrology*. London: Routledge, 200 s. Routledge fundamentals of physical geography. ISBN 978-0-415-39987-6.
- DAVIS, W. M. (1899): The geographical cycle. *The geographical journal*, Vol. 14, No. 5, s. 481–504. [online cit. 2016-03-10]. Dostupné z: http://ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis_1899.pdf
- FRISSELL et al. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environmental management*. [online]., [cit. 2016-01-12]. Dostupné z: <http://ocw.um.es/ciencias/avances-ecologicos-para-la-sostenibilidad-de-los/lectura-obligatoria-1/leccion1/frissell-et-al-1986.pdf>
- GOOGLE_MAPS: *Mapa světa*. [online]. c2016. Dostupný na WWW: <http://maps.google.com>
- GORDON, Nancy D. 2004 *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, ISBN 0-470-84358-6.
- HANKIN, D. G. – REEVES, G. H. (1988): Estimating total fish abundance and total habitat area in small streams based on visual estimation methods. In *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, NRC Research Press, vol. 45, 1988, p. 834–844. ISSN 0706-652X
- HORTON, R. E. (1945), Erosional development of streams and their drainage basins: A Hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geological Society of America Bulletin*
- HORTON, R. E. (1932): Drainage basin characteristics. – *Trans. Am. Geophys. Union*, 13, 350–361.
- HUBAČÍKOVÁ, Věra. 2002. *Hydrologie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, ISBN 80-7157-638-7.
- HUDDART, David a STOTT, Tim, 2010. *Earth environments: past, present, and future*. Chichester: John Wiley & Sons, 896 s. ISBN 978-0-471-48533-9.
- HYNES, H. B. N. (1970): *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press, Canada, 1970, 555 p. ISBN 08-020-1689-8.

- KNIGHTON, David, 2008 *Fluvial forms and processes: a new perspective*. London: Hodder Arnold,. ISBN 0-340-66313-8.
- KŘÍŽ, Vladislav a kolektiv. 1988. *Hydrometrie*. 1. vyd. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 176 s.
- KUSÁK, Michal, 2014. Review article: methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks. *AUC Geographica* 42 (2), 99–110.
- LAUERMANN, L.: *Technická kartografie I*. Vojenská akademie Antonína Zápotockého, Brno, 1974. 346 s
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G. (1957): River channel patterns: Braided, meandering and straight. Geological survey professional paper 282-B, U. S. Geological survey, s. 39–85.
- MONTGOMERY, D. R., BUFFINGTON, J. M. 1998. *Channel processes, classification, and response*. *River Ecology and Management*. 1998. s. 13 – 42.
- NATURAL EARTH. [online]. 2016 [cit. 2016-20-01]. Dostupné z : <http://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-raster-data/>
- NETOPIĽ, Rostislav, 1981. *Fyzická geografie I. Hydrologie, Limnologie, Oceánografie*. Praha: SPN, 258 s.
- PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, Renata a FRAJER, Jindřich, 2013. *Základy fyzické geografie 1: Hydrologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 141 s. ISBN 978-80-244-3843-6.
- PLATTS, W.S., 1980. A Plea for Fishery Habitat Classification. *Taylor & Francis* [online]. 2016 [cit. 2016-20-01] dostupné z:
- POPELÍNSKÝ, Jan. Automatizovaná kartografická generalizace říčních sítí. Diplomová práce. 2011
- RAPANT, Petr. 1999. *Úvod do geografických informačních systémů*. Praha: SPN, 3 sv. (20, 20, 20 s.).
- ROSGEN, D. L. (1994): A classification of natural rivers. *Catena*, 22, s. 169–199. s. 275–370.
- SCHUMM, S. A. (1963): A tentative classification of alluvial river channels. U. S. Geological survey circular 477, Washington, D. C., 10 s.
- STRAHLER, A., N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *American Geophysical Union Transactions*, vol 38(6), s. 912–920
- Školní atlas světa [kartografický dokument]. Kartografie Praha. 2. vyd. Praha : Kartografie Praha, 2007 1 atlas (175 s.)
- VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.M. [online]. 2016 [cit. 2016-20-01]. Dostupné z: <http://www.vuv.cz/index.php/cz/component/search/?searchword=d%C3%A9lka%20toku&searchphrase=all&Itemid=598>

WATER SYSTEMS ANALYSIS. [online]. 2016 [cit. 2016-20-07]. Dostupné z:
<http://wsag.unh.edu/>

ZAVOINU, I. 1985. Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, ISBN 0-444-99587-0,
Amsterdam

ZAVOINU, Ion, Gheorghe HERIŞANU a Nicolae CRUCERU. 2009 Classification
systems for the hydrographical network. *Forum Geografic* [online]., [cit. 2016-01-12].
ISSN 15831523.

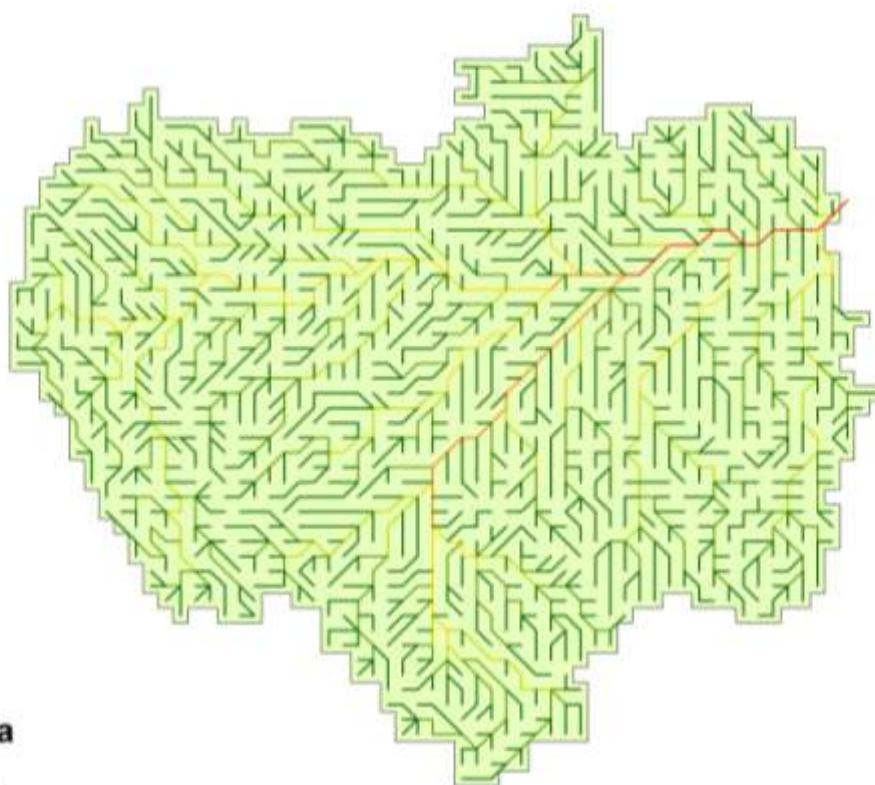
10 Seznam příloh

Příloha A: Amazonka.....	4
Příloha B: Amur	5
Příloha C: Chuang-che	6
Příloha D: Jang-č-t'iang.....	7
Příloha E: Jenisej.....	8
Příloha F: Kongo	9
Příloha G: Lena	10
Příloha H: Mackenzie.....	11
Příloha I: Mekong	12
Příloha J: Mississippi	13
Příloha K: Murray	14
Příloha L: Niger.....	15
Příloha M: Nil	16
Příloha N: Ob	17
Příloha O: Paraná	18

11 Přílohy

Příloha A: Povodí Amazonky

Povodí Amazonky



Legenda

řád toku

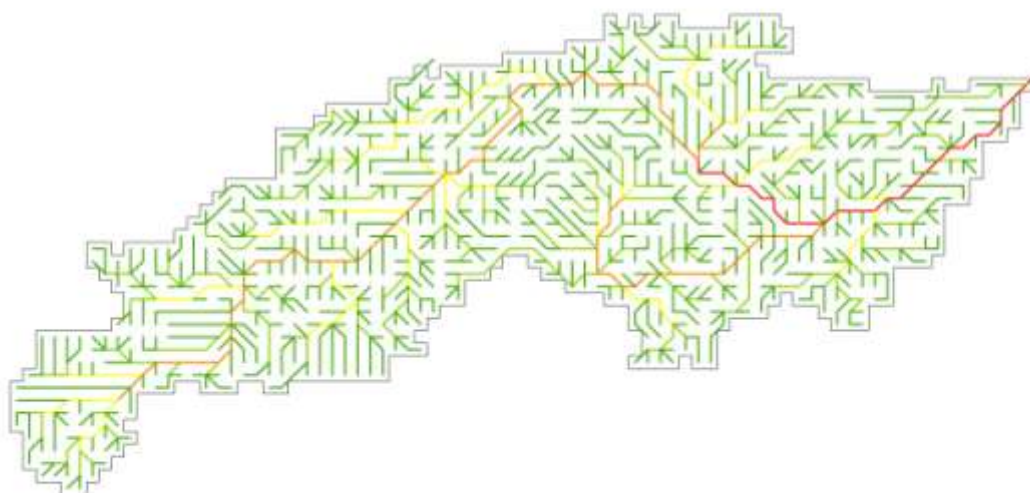
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Vypracoval: Ondřej Bolek, 2016

Povodí Amuru



0 500 1 000 km

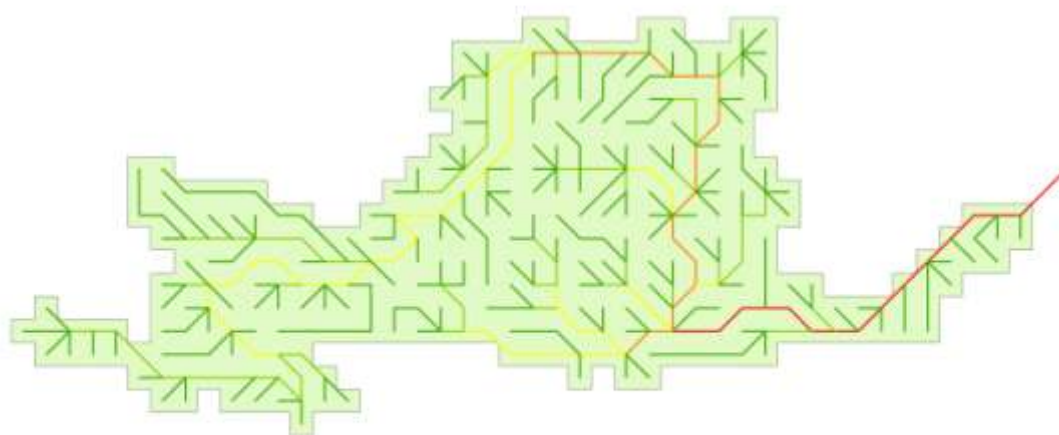
1:18 000 000

Legenda

řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Povodí Chuang - che



Legenda

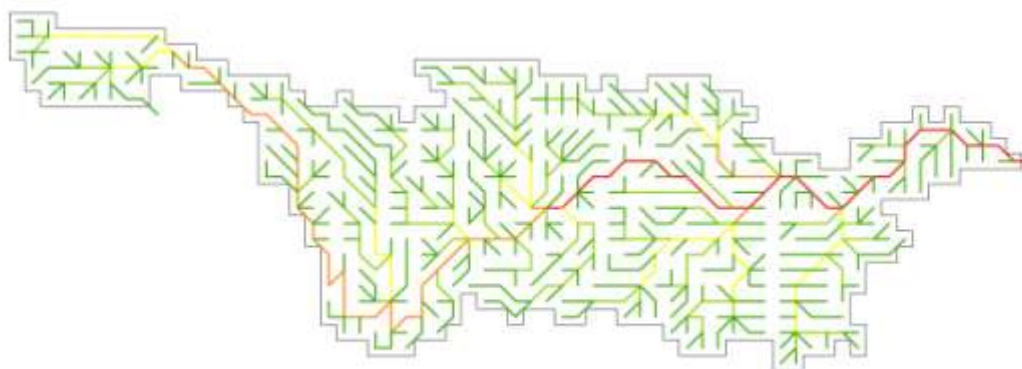
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Povodí Jang-c'-ťiang



Legenda

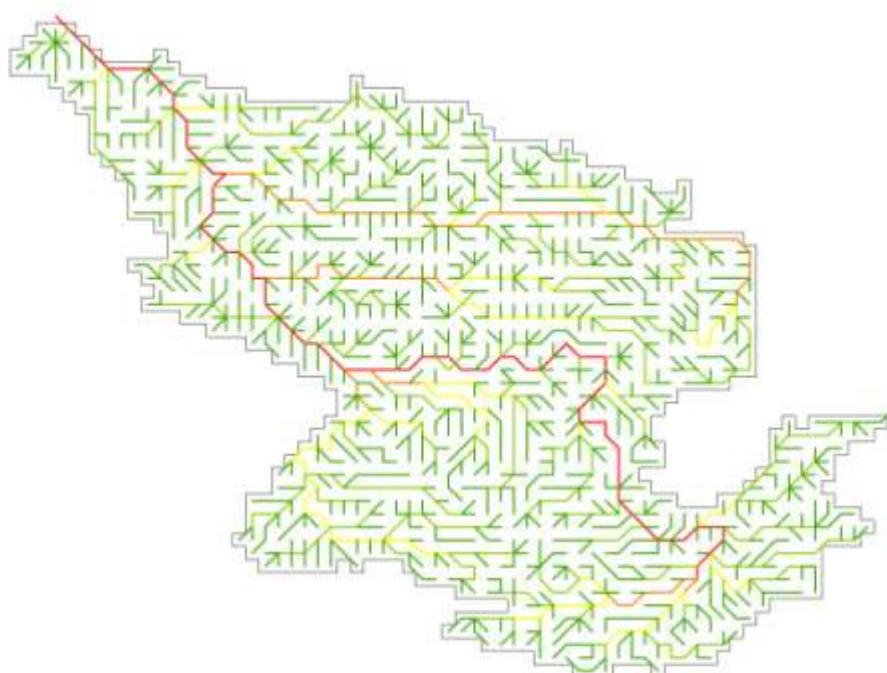
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Povodí Jeniseje



Legenda

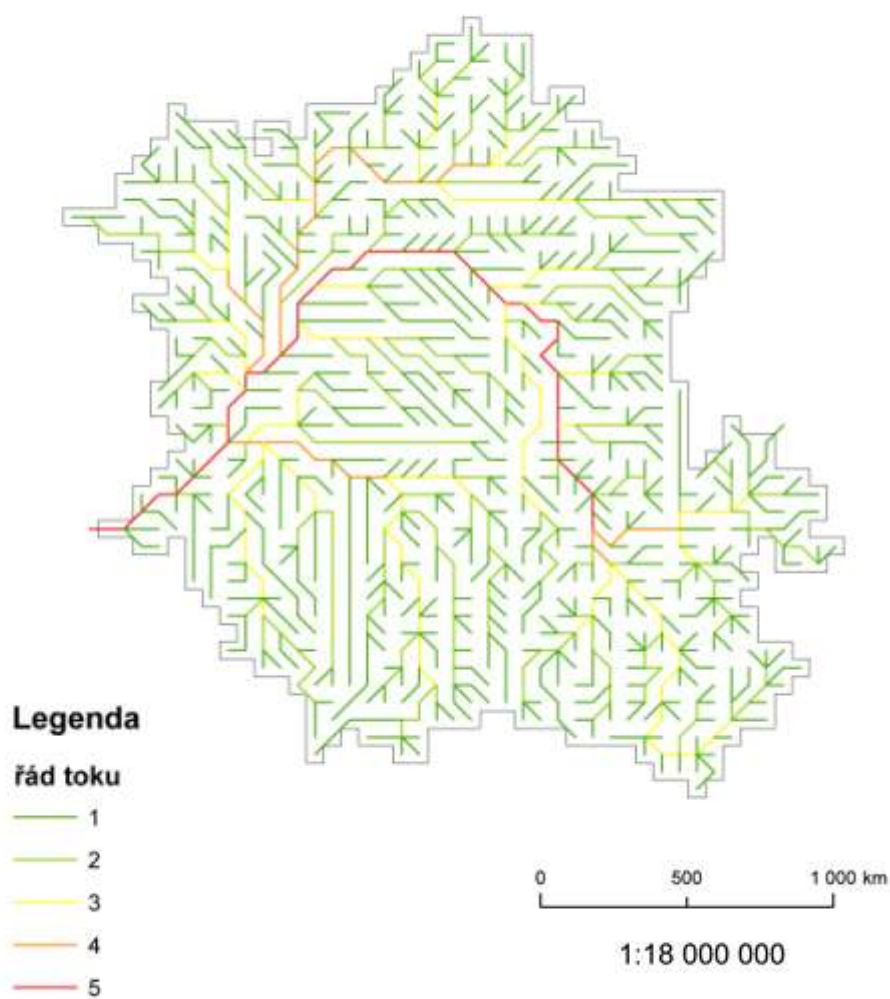
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

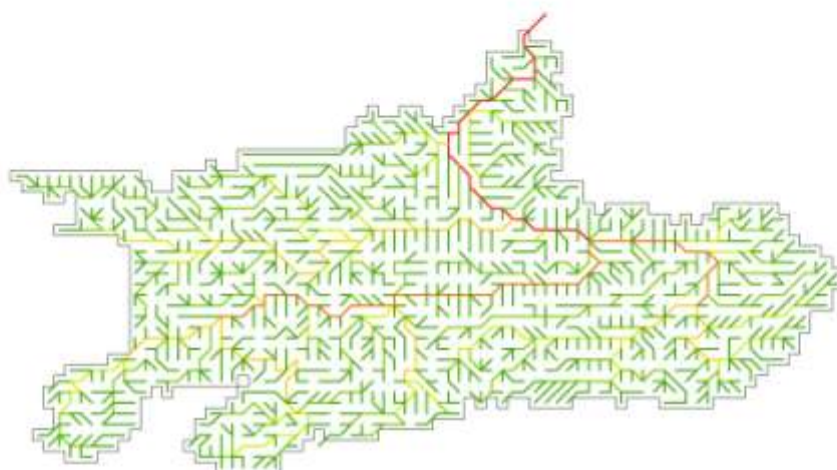
0 500 1 000 km

1:18 000 000

Povodí Konga



Povodí Leny



Legenda

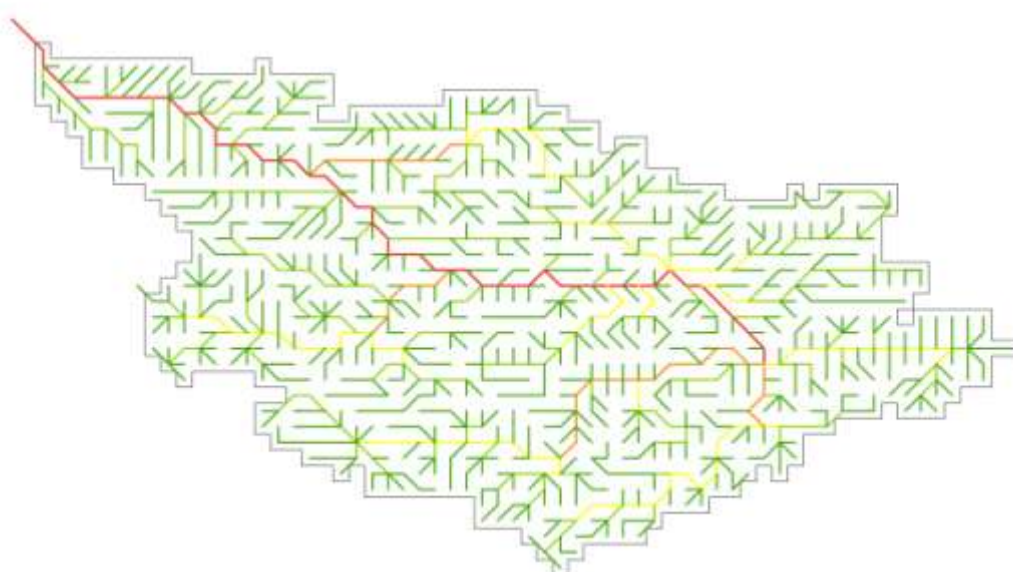
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Povodí Mackenzie



Legenda

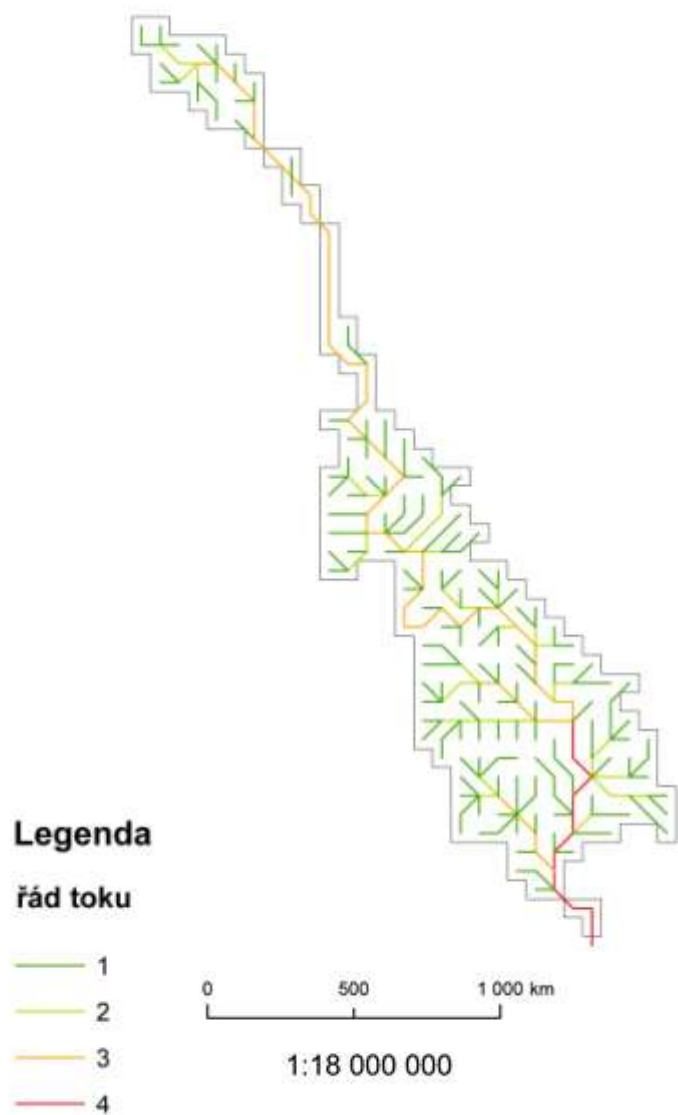
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

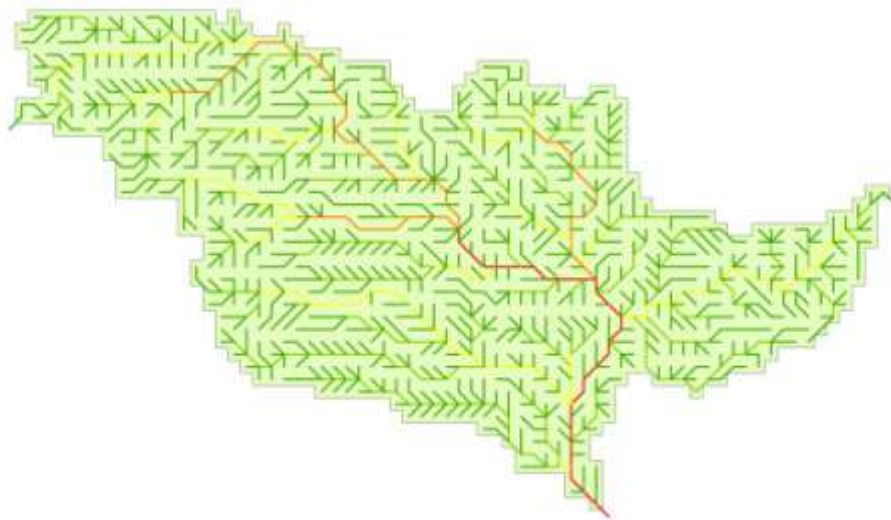
0 500 1 000 km

1:18 000 000

Povodí Mekongu



Povodí Mississippi



Legenda

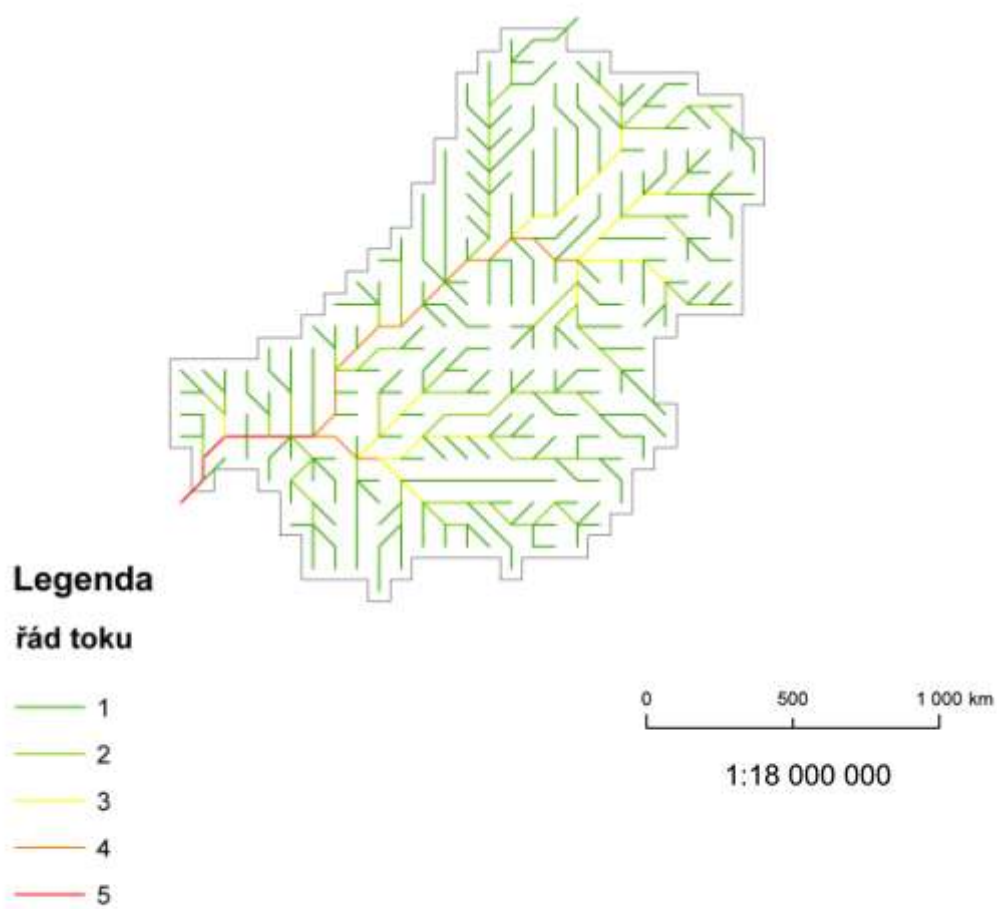
řád toku

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

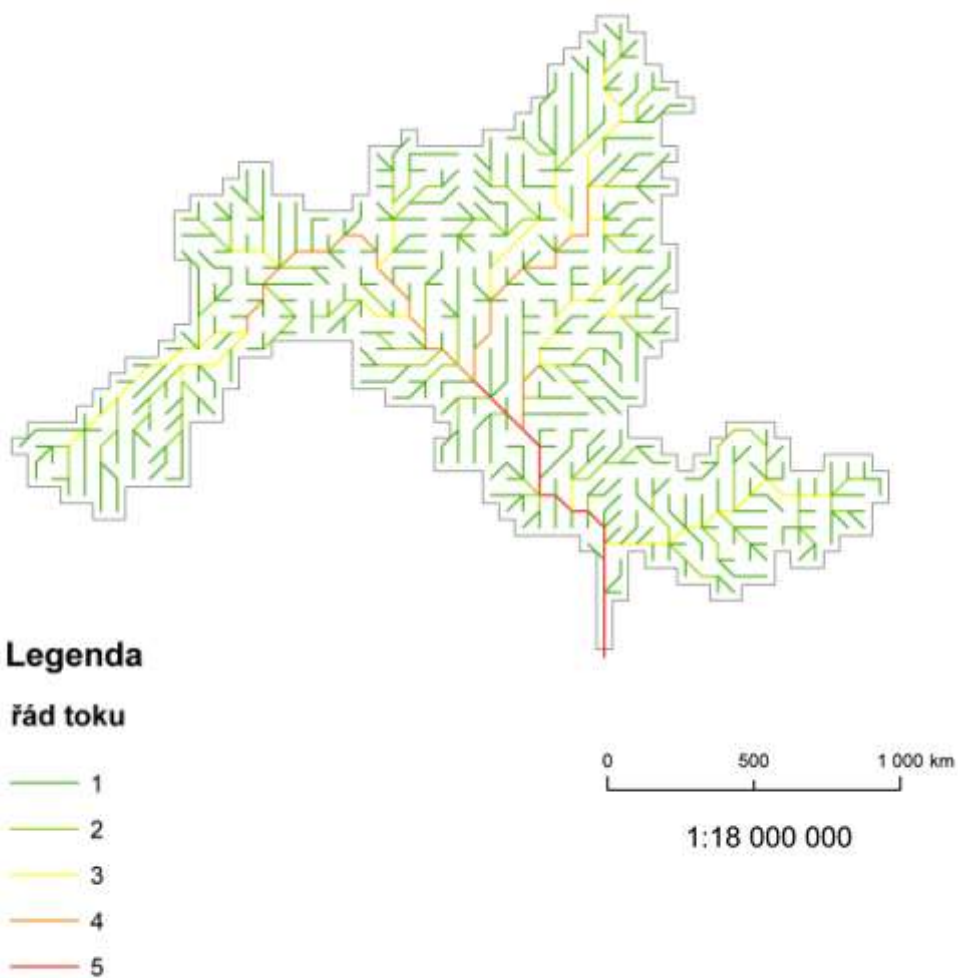
0 500 1 000 km

1:18 000 000

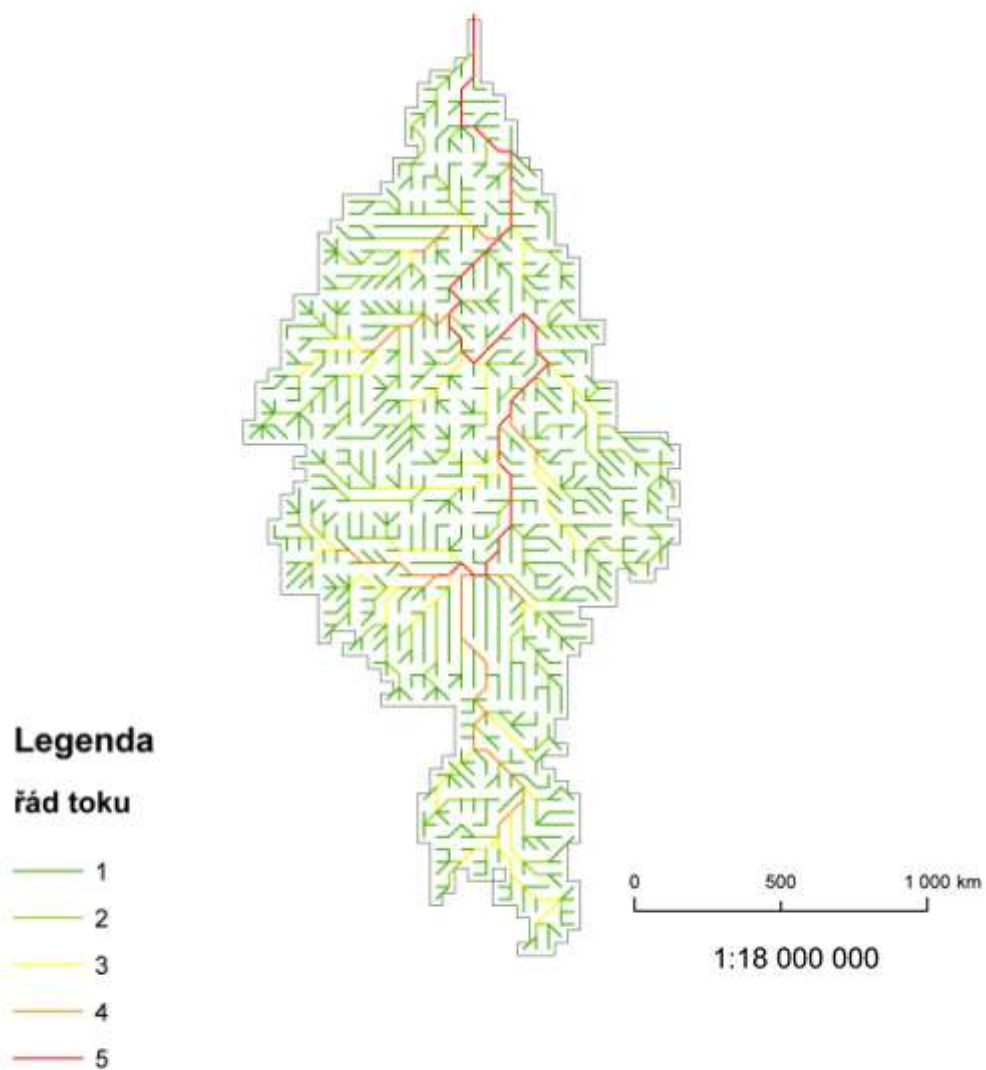
Povodí Murray



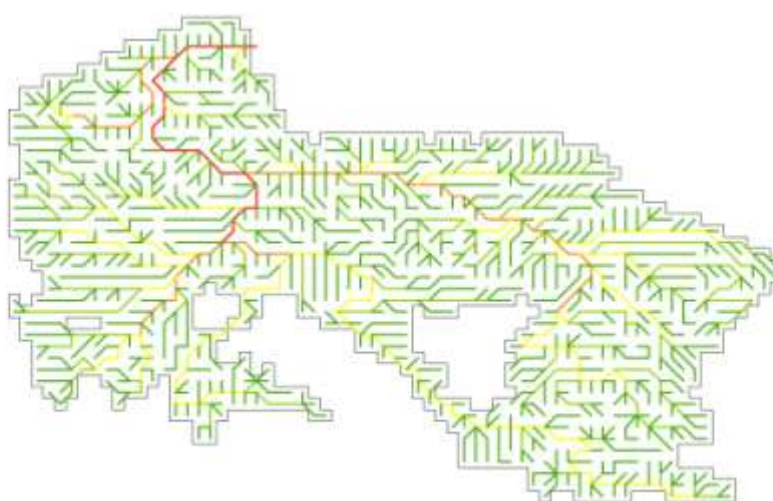
Povodí Nigeru



Povodí Nilu



Povodí Ob



Legenda

řád toku

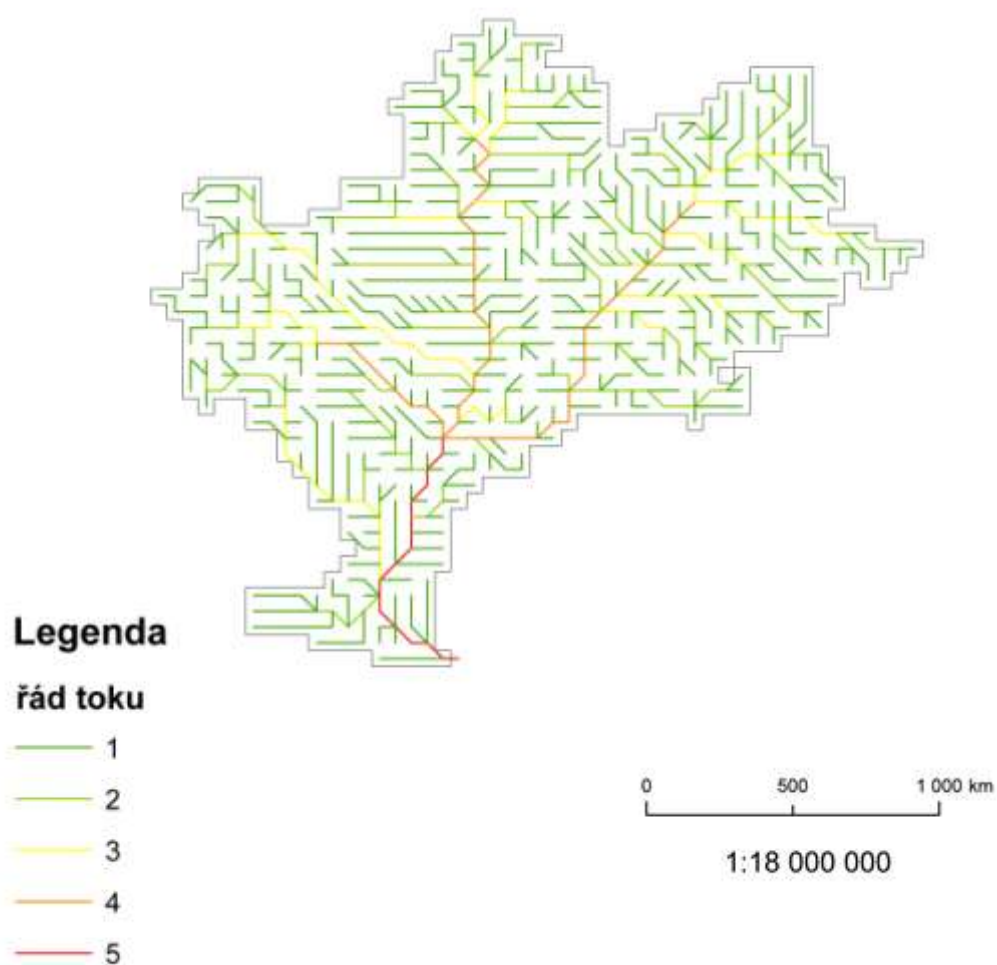
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Vypracoval Ondřej Bolek

Povodí Paraná



Vypacoval Ondřej Bolek, 2016

Citační záznam:

Bolek, O. Klasifikace říčních sítí hlavních povodí světa. Bakalářská práce. Plzeň: Fakulta ekonomická ZČU v Plzni, 61 s., 2016

Klíčové slova:

Klasifikace, říční síť, parametry vodních toků

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá klasifikací říčních sítí hlavních povodí světa. Ve své podstatě zkoumá generalizované říční sítě 15. největších toků světa. Na základě rozboru literatury byly zvoleny parametry pro klasifikaci. Úvodní kapitoly formulují cíle práce, metodiku a literární přehled na danou problematiku. Následuje přehled vybraných světových povodí a určení jejich řádu. Následující kapitola podává ucelený přehled na klasifikaci a další analýzu nabízených parametrů. V závěru práce jsou shrnuty výsledky předkládané klasifikace.

Quotation note:

Bolek, O. River network classification of world's main drainage basin. Pilsen: Faculty of Economics, Bachelor Thesis. University of West Bohemia in Pilsen,

Key words:

Classification, river network, parameters of river flows

Abstract:

The bachelor thesis deals with a classification of the river networks of the main world's river basins. It examines generalised river flows of 15 world's biggest rivers. The parameters was selected on the basis of literature analysis. Introductory chapters deal with objectives of the thesis, its methods and literature overview of the issue and it is followed by the overview of the world's river basins and determination of their system. The next chapter deals with comprehensive overview of the classification and further analysis of given parameters. The thesis is completed with the conclusions of the classification.