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 přiložené bibliografii.

V Plzni dne 15. 4. 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

1 Úvod 6
1.1 Cíle práce 6
2 Rozbor problematiky a dalších zdrojů informací 7
2.1 Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků 7
2.2 Význam klasifikace 12
3 Metodika práce 13
3.1 Parametry 13
3.1.1 Plocha povodí 13
3.1.2 Délka toku 14
3.1.3 Šířka povodí 14
3.1.4 Koeficient protáhlosti povodí 14
3.1.5 Charakteristika tvaru povodí 15
3.1.6 Průměrná nadmořská výška povodí 15
3.1.7 Průměrný sklon povodí 16
3.1.8 Hustota říční sítě 16
3.2 Řádovost vodních toků 17
3.2.1 Absolutní řádovost 18
3.2.2 Relativní řádovost 19
3.2.3 Bifurkační poměr říčních sítí 22
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 Vytvoření mapových schémat povodí 24
4 Klasifikace říčních sítí 26
4.1 Vybrané říční sítě 26
4.1.1 Amazonka 30
4.1.2 Nil 31
4.1.3 Jang-c'-ťiang 32
4.1.4 Mississippi 33
4.1.5 Jenisej 34

4.1.6 Chuang-che 35
4.1.7 Ob 35
4.1.8 Kongo 36
4.1.9 Amur 37
4.1.10 Lena 38
4.1.11 Mekong 39
4.1.12 Mackenzie 40
4.1.13 Niger 41
4.1.14 Paraná 41
4.1.15 Murray 42
5 Diskuze 46
6 Závěr 47
8 Seznam tabulek 51
9 Seznam obrázků 51
10 Seznam grafů 52
11 Přílohy 53

1 Úvod

V bakalářské práci provádíme klasifikaci říčních toků. Toky jsou uspořádány podle námi zvolených parametrů. Definici klasifikace nám například nabídl Platts. Říká, že: „klasifikace uspořádává objekty do skupin nebo sad na základě jejich podobností a poměrů“ (Platts, 1980). Při výběru vhodných parametrů bylo nejdůležitější stanovit kritérium, podle kterého budou hlavní povodí vybírána. Práce předkládá pohled na klasifikace patnácti nejdelších toků světa a jejich generalizované říční sítě. Důležité pro klasifikaci námi vybraných toků a jejich povodí, resp. říční sítě, je určit řád vodního toku. Předkládaný postup nám ukáže lepší přehlednost a orientaci ve zkoumaném povodí. Pro porovnání jsou předloženy dva typy hierarchie vodních toků - absolutní a relativní.

Je třeba si uvědomit, že říční síť je uspořádaná soustava přítoků a hlavního toku v povodí. Každý tvar říční sítě je ovlivněn geologickou stavbou daného povodí. Důležitým faktorem pro formování říční sítě jsou i okolní podmínky. Nelze opomenout ani faktor podnebí. Hlavním mottem celé práce je klasifikace. Po důkladném rozboru parametrů a jejich aplikací na konkrétní světové veletoky, dojde k porovnání výsledků za všechny zkoumané říční sítě.

1.1 Cíle práce

V předkládané práci je zvolen jeden hlavní cíl a několik cílů dílčích. Hlavním cílem práce je klasifikace hlavních povodí na základě vybraných parametrů. Jelikož lze zkoumaný jev vyjádřit číselně, dokážeme výsledky porovnat a konkrétně analyzovat. Všechny sledované parametry budou zaznamenány do tabulek, které nám podají ucelený pohled na danou problematiku. Velkým přínosem uspořádaných dat v tabulce je přehlednost výsledků, se kterými lze dále pracovat. Je pracováno s generalizovanými schématy povodí všech zkoumaných toků.

Mezi dílčí cíle práce patří nalezení vhodných parametrů, které lze ke klasifikaci říčních sítí využít. Způsoby, jakými lze říční síť analyzovat je mnoho. V práci jsou předkládány takové, které je díky dostupnosti dat možné sledovat i na světových veletocích. Další dílčí cíl je bez pochyby správné určení řádovosti říčních sítí. Bez tohoto kroku nelze provádět další klasifikaci. Třídění říčních toků je dalším dílčím cílem v předkládané práci. Říční toky 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 bakalářskou práci.

Mezi významnou literaturu pro zpracování bakalářské práce 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 1* (PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, a FRAJER, 2013). Obě knihy rozšiřuje vědecký článek *Review article: methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks* (KUSÁK, 2014), který popisuje další pohled na říční síť a jeho analýzu. Základní problematiku hydrologie jako takovou pomůže vysvětlit kniha *Fundamentals of hydrology (*DAVIE, 2009) a kniha *Earth environments: past, present, and future* (HUDDART, a STOTT, 2010), která pojednává o fyzické geografii. Pro práci je přínosná kapitola Hydrology. Další knihou, kde jsou popisovány možné parametry, jak posuzovat říční síť, přináší kniha *Stream hydrology: an introduction for ecologists* (Gordon, 2004).

Mezi české knihy zabývající se zkoumanými parametry zařazujeme *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 Rostislav, 1970) a také publikace *Hydrologie* (Hubačíková, 2002), kde jsou názorně popsány výpočty, které se bezprostředně týkají této práce. Lepší obraz o vytvoření říční sítě v programu ArcMap je ukázán v *Úvod do geografických informačních systémů* (Rapant, 1999).

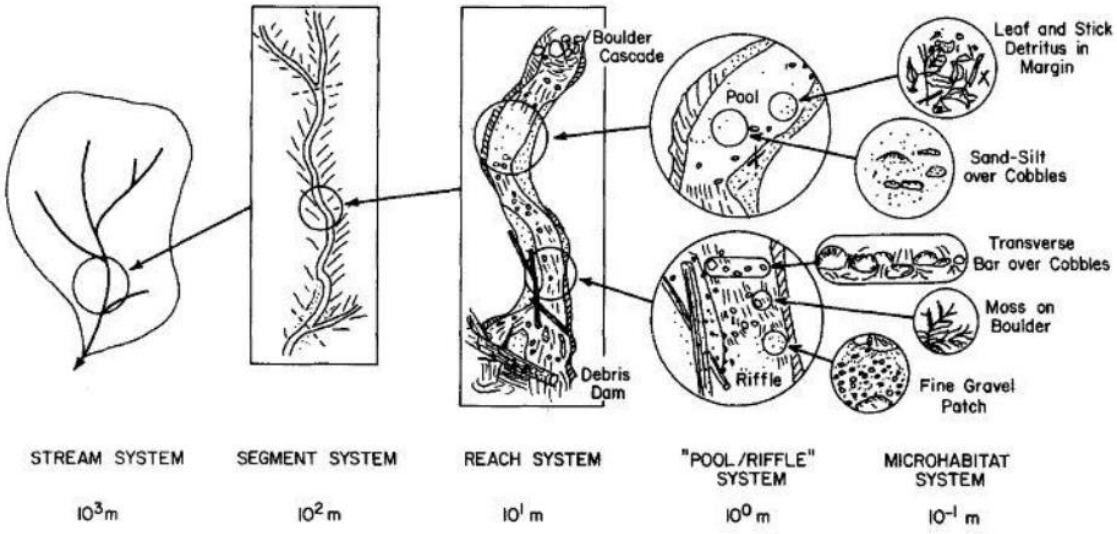
2.1 Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků

Na základě literatury k dané problematice bylo zjištěno několik přístupů ke klasifikacím. Existuje mnoho charakteristik, které lze použít na povodí. Za jednu

z prvních klasifikací lze považovat od 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.

Hierarchická klasifikace je další přístup, jak klasifikovat říční síť. Klasifikace může být užitečná, pokud by mělo dojít k nějakému zásahu do okolí nebo samotného toku. V této klasifikaci hraje důležitou roli člověk. Tento přístup podle Frissela počítá s faktem, že působení času hraje roli na změnu říčního systému (Frissel, 1986), Změnou podléhá i okolí říční sítě. Například biologické společenství. Tato klasifikace počítá s několika úrovněmi. Tyto úrovně lze nazvat jako makrostruktura, která zahrnuje říční síť, typ údolí, průběh koryta. Mezostruktura se zabývá akumulačními tvary 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. Velmi dobře danou problematiku zachycuje obrázek.

Obrázek 1: Hierarchické uspořádání toku dle Frissela



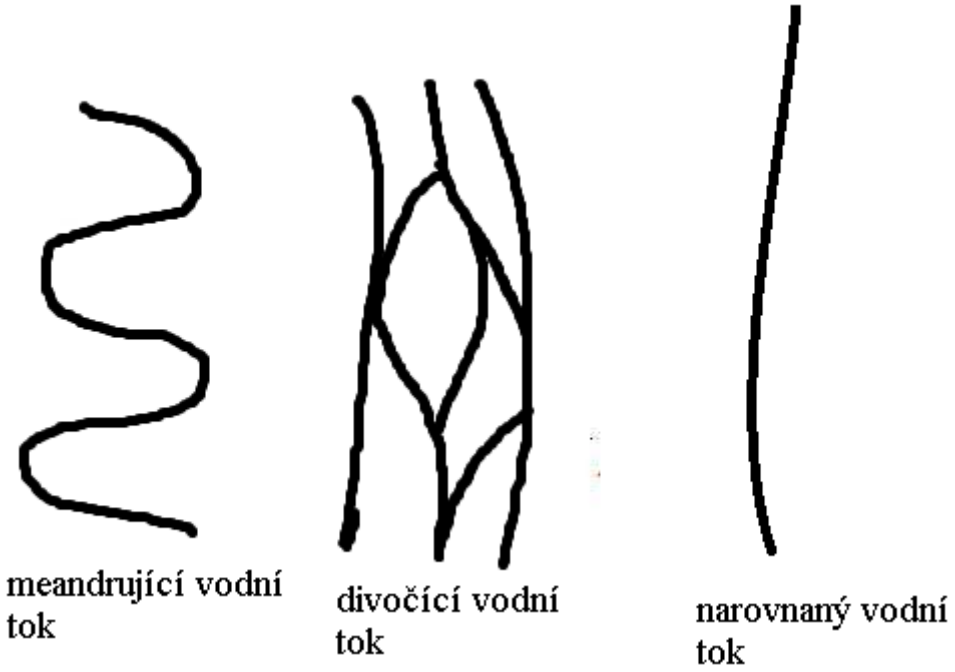
(převzato Frissel, 1986, s. 202)

Nejčastěji se s touto klasifikací setkáváme při analýze toků vyšších řádů.

Mezi další pohledy na klasifikaci říčních sítí lze zařadit od Leopolda a Wolmana. Geomorfolog a hydrolog Leopold ve spolupráci s geografem a geologem Wolmanem klasifikovali toky podle vzhledu. Došli k závěru, že existuje souvislost mezi velikostí

průtoků a vzhledem vodních toků. Vzhled je v tomto případě brán jako řeka meandrující, divočící a narovnaný. (Leopold, Wolman, 1963) Viz obrázek číslo 2.

Obrázek 2: Meandrující a divočící vodní tok



(Vlastní zpracování dle Leopold, Wolman, 1963)

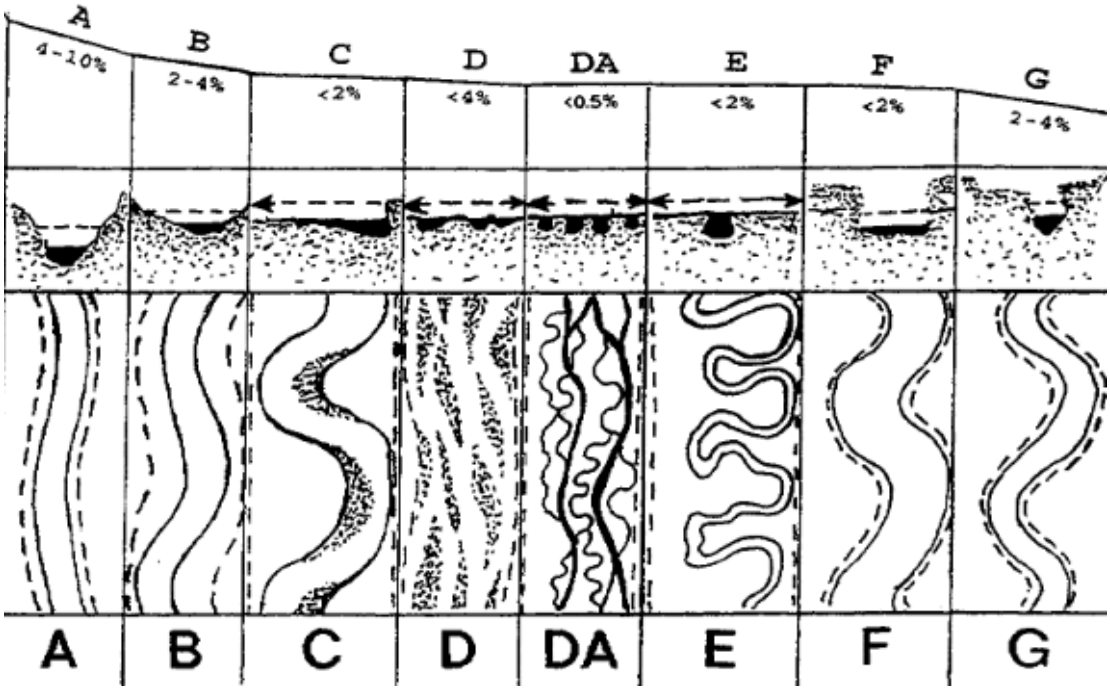
Schuman přistupoval ke klasifikaci říčních sítí na základě analýzy základního parametru. Tímto parametrem je schopnost transportovat sedimenty vodním tokem. Na sedimenty poukazoval jako na zásadní věc, která má vliv na stabilitu toku a jeho tvar. Říční síť rozdělil na stabilní, kde nedochází k žádným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

Popisnou klasifikaci představil Gulbertson. Na klasifikaci říční sítě pohlížejí jako na seznam parametrů, podle kterých lze danou říční síť popsat. Těmito parametry jsou: výška břehů, přítomnost říčních náplavů, velikost meandrů, větvení toků, akumulační 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 (označeny A-G). (Rosgen, 1994)

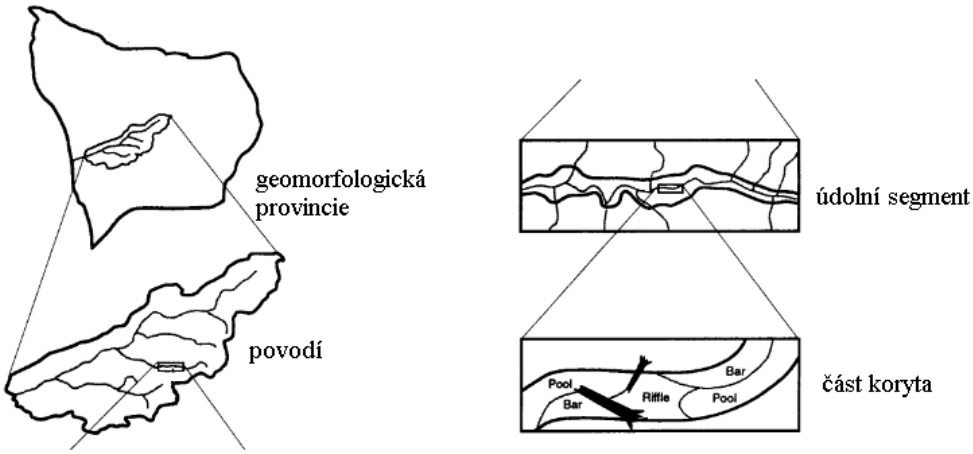
Obrázek 3: Osm hlavních typů klasifikace podle Rosgena



(převzato Rosgen, 1994, s. 174)

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

Obrázek 4: Klasifikace podle Mongomeryho, Bufingtona



(převzato a upraveno Mongomery, 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 od ruských geografů 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 území.[1](Alabyan, Chalov, 1998)

Z jiného směru ke klasifikaci je přistupováno, pokud je využita řádovost vodních toků. Tato problematika je rozebírána v publikacích od Hortona (Horton, 1945) a od Stahlera (Stahler, 1957). V těchto případech 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 charakteru a 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 (tvar, velikost apod.) (Brierley, Fryirsová, 2000)

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

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

Tabulka 1: Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků a fluviálních 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 sítí 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
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
Klasifikace podle řádovosti	Gravelius, Horton, Strahler	1914, 1945, 1957	každý tok v říční síti má určitý řád
Klasifikace ze širšího hlediska	Brierley, Fryirsová	2000	počítají s působením času, zkoumají charakter řek

(vlastní zpracování, 2016)

2.2 Význam klasifikace

Hlavní cíl této práce je klasifikace vybraných říčních sítí světa. Po nastudování literatury a představení základních klasifikací, bylo zvoleno několik parametrů, podle které lze říční sítě klasifikovat. Ještě před tím je třeba 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 objektu za účelem porovnání (Hankin, Revees, 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). Říční síť neustále mění svůj fyzický vzhled a nastávají situace, kdy je tato změna nevratná. Klasifikace pomůže s lepším pochopením těchto změn. Třetím důvodem proč klasifikovat, může být lepší pochopení okolního prostředí. Pomocí klasifikace lze lépe pochopit ekologické procesy, které se bezprostředně týkají vodních toků. (Hynes, 1980)

3 Metodika práce

Na počátku psaní bakalářské práce proběhl kabinetní výzkum, kde bylo nutné nastudovat danou literaturu. Literatura 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. Na základě získaných znalostí byly zvoleny odpovídající metody výzkumu.

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., 2016) 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 *š*. V některých publikacích značíme také písmenem *b*. Šířku povodí zjistíme poměrem plochy povodí k délce vodního toku (Pavelková, Frajer, 2013). Rozlišujeme několik typů povodí podle šířky. Jsou jimi: povodí rovnoměrně vyvinuté, široké v horní části, široké v dolní části. Výsledek vyjadřujeme v kilometrech. Šířku vypočítáme následujícím vzorcem.

$$\text{š} = \frac{\text{P}}{\text{L}}\,[km]$$

kde: P = plocha povodí [km^2]

L = délka toku $[km]$

š = šířka povodí $[km]$

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 protáhle 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

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

kde: P = plocha povodí [km^2]

L_1= nejkratší vzdálenost od ústí k nejvzdálenějšímu bodu povodí

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. Výsledek porovnáme s tabulkou.

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

kde: š = šířka povodí

L = délka povodí $[km]$

3.1.6 Průměrná nadmořská výška povodí

Mezi výškopisné parametry povodí patří průměrná výška povodí. V některých knihách se tento parametr zjednodušuje pod názvem převýšení povodí, ale v našem případě mluvíme o průměrné výšce povodí. Jedná se o součet nejvyššího a nejnižšího bodu povodí děleno dvěma. Značíme ho *h*. Průměrný sklon povodí se nepřesněji zjišťuje pomocí tzv. hypsometrické křivky, kterou můžeme sestrojit z vrstevnicové mapy. (Hubačíková, 2002)

kde: H_{max} = maximální nadmořská výška povodí

H_{min} = minimální nadmořská výška povodí

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

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 [%]

3.1.8 Hustota říční sítě

Hustota říční sítě vyjadřuje celková délka toků připadající na plochu 1 km^2. Určujeme ji tedy jako podíl délky toků ve zkoumaném povodí v km a plochy povodí v km^2 (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. Předkládaná práce pracuje s generalizovanou říční sítí, hustota je v tomto případě zanedbatelná.

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

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

P = plocha povodí [km^2]

Tabulka 2: Parametry

Parametr	Vzorec	Značení
Délka toku		L = délka toku [km]
Plocha povodí		P = plocha povodí [km2]
Šířka povodí	š = P/L	L = délka toku [km]; P = plocha povodí [km2]
Koeficient protáhlosti povodí	$R_E = \frac{2\sqrt{\frac{P}{\pi}}}{L_1}$	P = plocha povodí [km2]; L1 = nejkr. vzd. od ústí k nejvzdál. bodu povodí
Charakteristika tvaru povodí	$\alpha = \frac{\check{s}}{L}$	š = šířka povodí [km] ; L = délka povodí [km]
Průměrná nadmořská výška povodí	$h = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$	H_{max} = max. nad. výška povodí; Hmin = min. nad. výška povodí [m. n. m.]
Průměrný sklon povodí	$I = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{P}}$	H_{max} = max. nad. výška povodí; Hmin = min. nad. výška povodí [m. n. m.]
Hustota říční sítě	$r = \frac{\sum L}{P}$	P = plocha povodí [km^2] ; ∑L = součet délek všech vodních toku [km]

(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 nehledě 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 Zăvoianu 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 Zăvoianu 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:

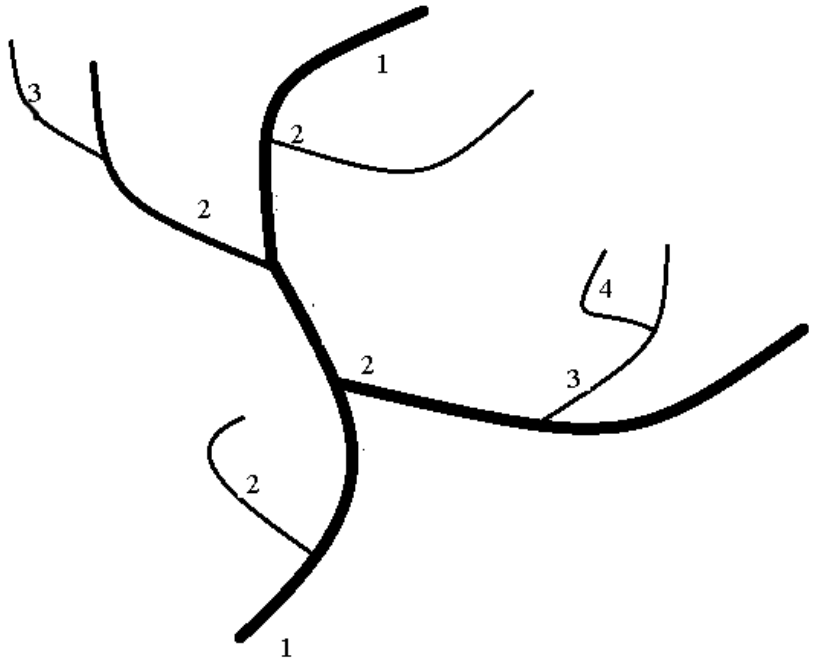
1) řekou vyššího řádu (N+1) ta řeka, která má menší délku nebo vetší úhel řeky před soutokem
2) řekou stejného řádu (N) ta řeka, která má větší délku nebo menší úhel řeky před soutokem

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.

Níže přiložené schéma nám pomůže lépe pochopit problematiku absolutní řádovosti.

Obrázek 5: Graveliova klasifikace



Vlastní zpracování dle: Zavoianu, Herisanu, Cruceru, 2016

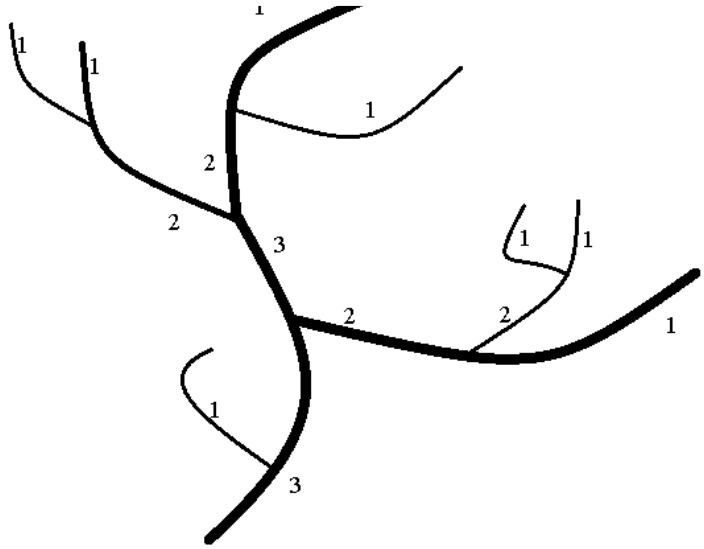
3.2.2 Relativní řádovost

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 tři[2] základní modely řádovosti.

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

[2] existuje i Scheiddeggerova klasifikace, pro představu relativní řádovosti jsou popsány tři

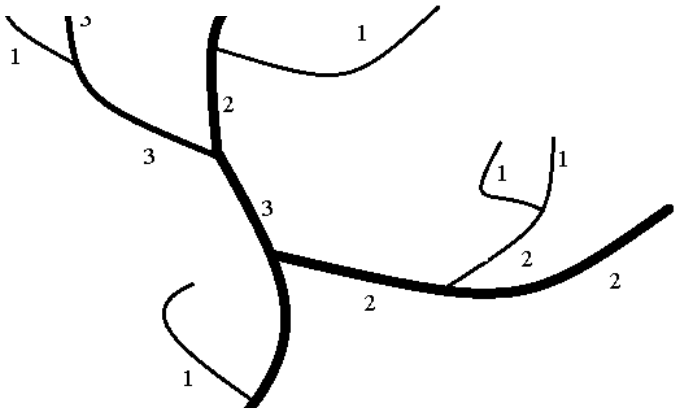
Obrázek 6 Strahlerova klasifikace



Vlastní zpracování 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 relatvní řádovost lze Hortovy zákony také použít. 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)

Obrázek 7 Hortonova klasifikace

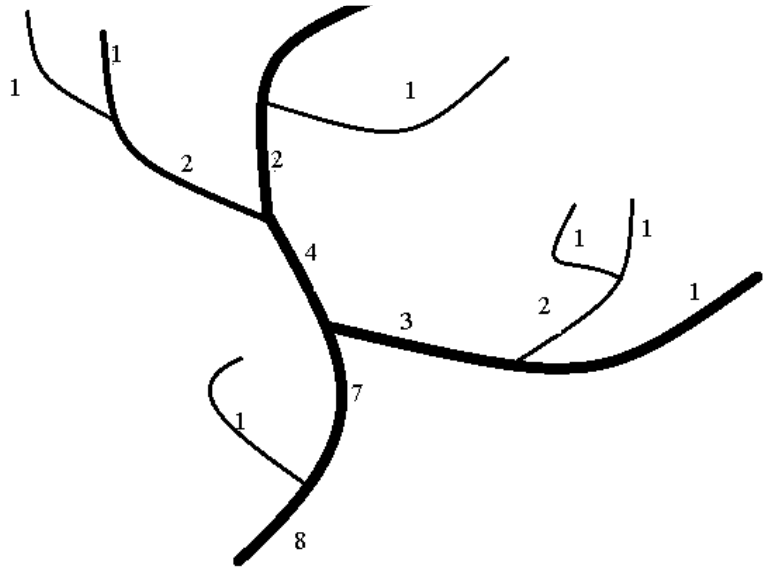


Vlastní zpracování dle: Zavoianu, Herisanu, Cruceru, 2016

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

:



Vlastní zpracování 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 na obr. 4 v Shrevově klasifikaci. Provádět hlubší analýzu pomocí relativní řádovosti není možné. U relativní řádovosti jsou řády jednotlivých řek určovány po úsecích a nejsou tvořeny celými vodními toky. Pro další potřeby této bakalářské práce budeme mluvit hlavně o absolutní řádovosti vodních toků.

3.2.3 Bifurkační poměr říčních sítí

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

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

kde: Rb = bifurkační poměr

N_n= počet řek daného řádu dle absolutní řádovosti

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

(Kinghton, 2008)

3.2.4 Poměr délek vodních toků

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

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

kde: Rr = poměr délek vodních toků

N_l = průměrná délka vodních toků daného řádu podle absolutní řádovosti

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

(Kinghton, 2008)

3.2.5 Poměr celkové délky vodních toků

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

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

kde: T = poměr celkové délky vodních toků

$\mathrm{N_t}$ = celková délka vodních toků dle absolutní řádovosti v daném řádu

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

(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 toku určitého řádu v povodí

(Zavoianu, 2009)

3.3 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)

V generalizaci je nejdůležitější představit veškeré zvláštnosti dané mapy. V našem případě 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) Nejdůležitější je správný způsob znázornění. V předkládaných mapových schématech, hraje důležitou jasné znázornění říční sítě a určení řádovosti jednotlivých přítoků dle absolutní řádovosti.

Mezi hlavní zdroj dat pro vytvoření mapových schémat povodí patří vektorová data ze stránky *NaturalEart.* Vektorová data obsahují generalizované říční sítě celého světa. Na základě jejich délky bylo vybráno patnáct nejdelších toků a vytvořena říční síť. Toky v jednotlivé říční síti byly graficky odděleny dle absolutní řádovosti. Hlavní tok celého povodí je znázorněn modrou barvou, dále toky druhého řádu červeně, třetího řádu zeleně, čtvrtého černě a pátého zeleně. Všechny úkony byly prováděny v programu ArcMap. Pro výpočet výše zmíněných parametrů bylo

důležité určit nejvzdálenější bod v povodí od ústí hlavního toku. K tomuto účelu byla využita funkce pro měření. Podkladová mapa nenabízela možnost určení nejvyšší nadmořské výšky. Nadmořská výška byla učena z topografické mapy dostupné na *googlemaps*.

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

4 Klasifikace říčních sítí

4.1 Vybrané říční sítě

Výše zmíněné metody byly ověřeny na generalizované říční síti 15. nejdelších vodních toků světa. Pro účely výše zmíněných parametrů byly zvoleny následující říční sítě.

Tabulka 2: Klasifikace 15. nejdelších vodních toků světa na generalizované říční síti

	název	**délka (km)**	**plocha povodí (km2)**	**šířka povodí (km)**	**koeficient protáhlosti povodí**	**charakteristika tvaru povodí**
1	Amazonka	7030	6 900 000	1370	0,95	0,26
2	Nil	6700	2 800 000	417,91	0,43	0,06
3	Jang-c'-ťiang	6300	1 800 000	285,71	0,44	0,05
4	Mississippi	6300	2 980 000	473	0,52	0,08
5	Jenisej	5540	2 580 000	475,87	0,7	0,08
6	Chuang-che	5450	745 000	136,69	0,4	0,02
7	Ob	5410	2 990 000	552,68	0,8	0,1
8	Kongo	4700	3 680 000	782,98	0,98	0,41
9	Amur	4450	1 900 000	426,23	0,75	0,3
10	Lena	4400	2 500 000	568,18	0,69	0,35
11	Mekong	4350	810 000	186,21	0,3	0,04
12	Mackanzie	4280	1 800 000	420,56	0,61	0,10
13	Niger	4200	2 000 000	476,47	0,84	0,11
14	Paraná	3990	3 100 000	487,45	0,71	0,1
15	Murray	3800	1 000 000	330	0,81	0,3

	název	**průměrná nadmořská výška povodí (m.n.m.)**	**průměrný sklon povodí (%)**	**bifurkační poměr říčních sítí**	**poměr délek vodních toků**
1	Amazonka	1465	1,13	4.28	6,13
2	Nil	2554	3,05	2,92	6,74
3	Jang-c'-ťiang	3310	4,93	1,92	7,7
4	Mississippi	2200	2,55	4,93	7,48
5	Jenisej	1745	2,17	3,57	4,9
6	Chuang-che	2400	5,56	2,6	7,05
7	Ob	1670	1,93	3,88	3,58
8	Kongo	2550	2,66	5,64	5,62
9	Amur	2550	2,31	3,11	4,45
10	Lena	1285	1,62	1,13	2,71
11	Mekong	2610	5,8	2,4	9,7

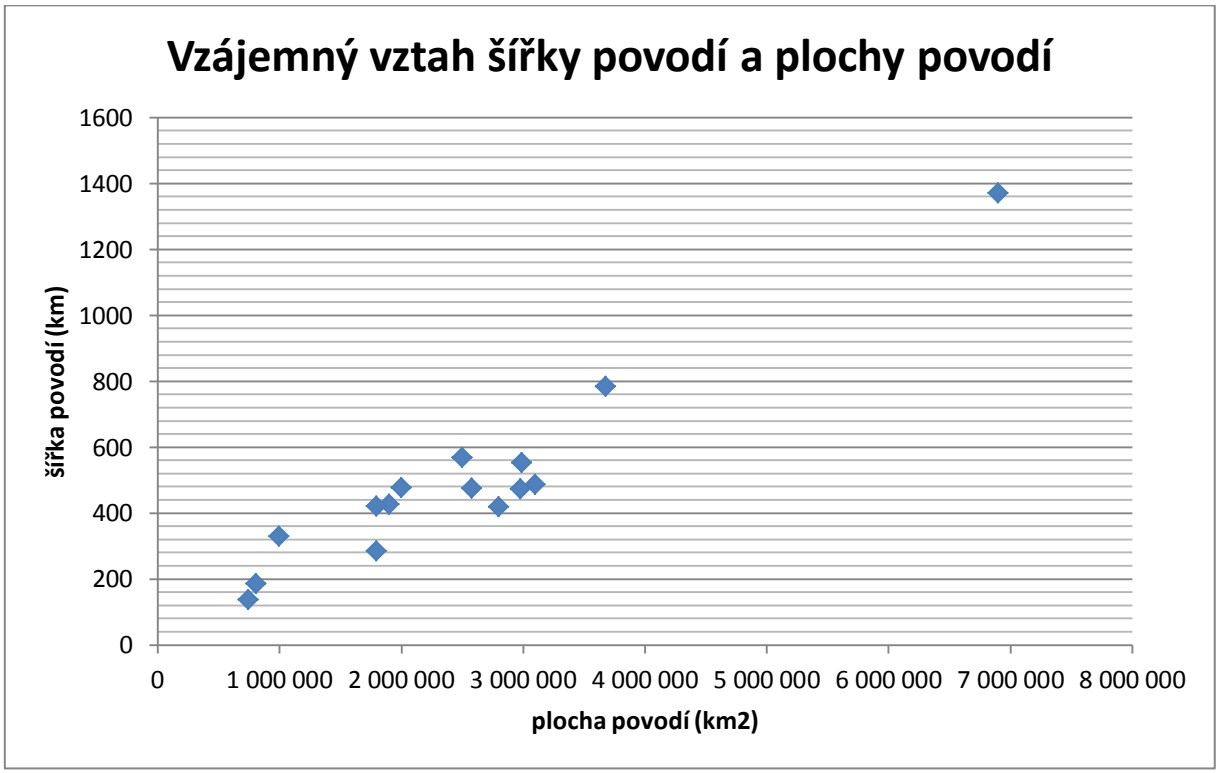
12	Mackanzie	1950	2,9	4,13	4,09
13	Niger	850	1,2	1,45	5,24
14	Paraná	2970	2,3	2,31	3,55
15	Murray	2257	2,8	2,17	6,92

(vlastní zpracování)

V předkládané klasifikaci (tab. 2) byly provedeny výpočty výše zmíněných parametrů. Výsledky jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

První ze zkoumaných parametrů je šířka povodí. Jeden z parametrů, který vypovídá o tvaru povodí. Do jisté míry lze pozorovat vztah mezi šířkou povodí a plochou povodí (Graf 1). Nejširší vodní tok je zároveň tok s největší plochou povodí. Plocha povodí řeky Chuang-che je 745 000 km2 (tab. 2) a šířka povodí dosahuje nejnižších hodnot.

Graf 1 Vzájemný vztah šířky povodí a plochy povodí



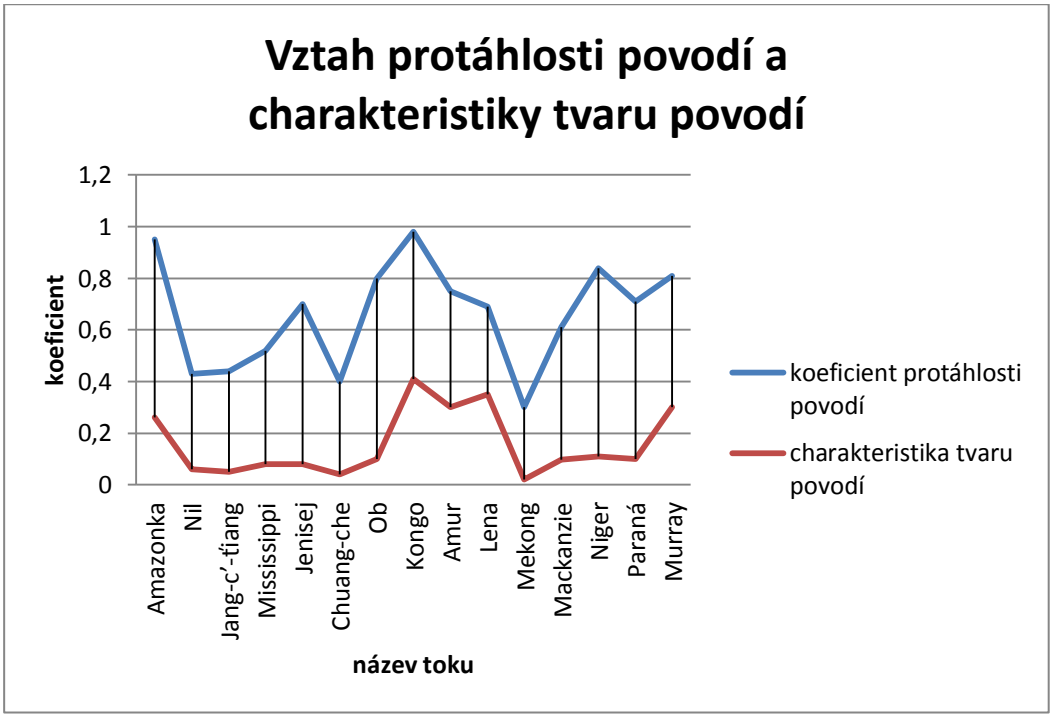
(vlastní zpracování)

Další parametr, který jsme zkoumali na říčních sítích je koeficient protáhlosti. Tento parametr říká, že pokud se hodnota blíží k nule, je povodí protáhlé. Povodí řeky Mekong dosahuje nejnižších hodnot. Tuto skutečnost dokazuje schéma povodí (příloha CH) Povodí řeky Mekong bezprostředně sousedí s ostatními toky, a proto je protáhlost povodí zkoumaných toků největší. Není překvapující, že nejvyšších hodnot dosahuje

říční síť Amazonky a Konga. Povodí Amazonky zabírá $\frac{2}{3}$ kontinentu Jižní Amerika. Toto povodí se nejvíce blíží tvaru kruhu.

Charakteristika tvaru povodí je další předkládaný parametr. Tento parametr bezprostředně souvisí s parametrem protáhlosti (graf 2). Pokud charakteristika toku dosahuje nízkých čísel, mluvíme o protáhlé říční síti. Mezi nejvíce protáhle povodí v generalizované říční síti řadíme řeku Mekong. Vějířovité říční síti se nejvíce blíží povodí Amazonky a Konga. V grafu 2 je zobrazen vzájemný vztah obou vypočítaných parametrů. Obě přímky stoupají, popř. klesají ve stejných místech, jak je vidět z grafu 2.

Graf 2: Vztah protáhlosti povodí a charakteristiky tvaru

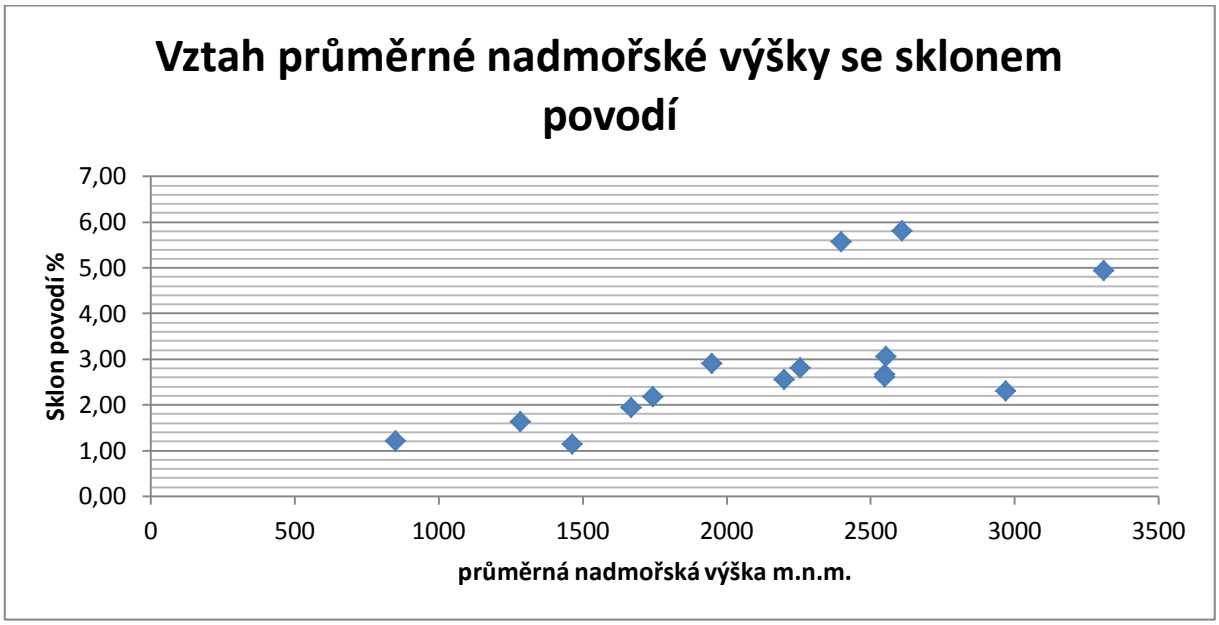


(vlastní zpracování)

Průměrná nadmořská výška povodí do jisté míry vypovídá o tom, kde se zkoumaná říční síť nachází (Huddart, 2010). Například řeka Jang-ć-ťiang pramení v Tibetské náhorní plošině a celý horní tok se nachází ve velkých nadmořských výškách. Nejmenší průměrnou výšku povodí dosahuje řeka Niger. Podle geomorfologického členění Afriky se řeka Niger nachází převážně v nížinných oblastech a z tohoto faktu pramení i nejnižší průměrná nadmořská výška zkoumaných povodí.

Parametr určující průměrný sklon povodí má do jisté míry vypovídající hodnotu o průběhu toku. Pokud má tok pramen ve velké nadmořské výšce, lze konstatovat, že sklon bude dosahovat vyšších čísel. Naopak tomu bude s toky, kde se nachází pramen ve výškách nižších. Příkladem výše zmíněného je řeka Chuang-che s pramenem v nadmořské výšce 4800 m. n. m. (Školní atlas, 2007)

Graf 3 Vztah průměrné nadmořské výšky se sklonem povodí



(vlastní zpracování)

Průměrná nadmořská výška neovlivňuje sklon povodí. Jak lze pozorovat na grafu 3 povodí, která se nacházejí v největších nadmořských výškách, nejsou zároveň povodí s největším sklonem.

Bifurkační poměr popisuje, do jaké míry dochází k větvení říční sítě. Všechny říční sítě, které přesahují hodnoty lineární funkce (graf 2), lze považovat za nadprůměrně větvené říční sítě

(vlastní zpracování)

Poměr délek říční sítě různých řádu udává parametr poměr délek vodních toků. Jedná se o poměr délek toků všech řádu zastoupené v povodí. Čím vyšší číslo, tím větší rozdíl

v délkách jednotlivých řádů. Řeka Mekong dosahuje vysokého čísla a lze tedy s jistou říci, že délka toků jednotlivých řádů je velmi rozdílná (graf 3).

4.1.1 Amazonka

Tabulka 3 Vodní toky v generalizované říční síti Amazonky

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Amazonka	7030	1
Apaporis	960	3
Aripuana	870	3
Beni	1100	4
Branco	710	3
Coari	530	2
Grande	1438	4
Guaporé	1750	4
Huallaga	1100	3
Iriri	1300	3
Ituxi	640	3
Jamanxim	890	3
Japurá	2820	2
Javari	1050	2
Jiparaná	750	4
Juruá	1240	3
Juruena	1010	2
Jutaí	3240	2
Madeira	1130	3
Madre de Dios	610	2
Maicuru	2000	3
Mamoré	1415	2
Maraňon	1070	2
Napo	470	2
Nhamundá	3380	2
Purus	1550	2
Putumayo	2250	2
Rio Negro	550	5
San Martin	710	5
San Miguel	550	3
Santiago	1900	2
Tapajós	1370	4

Teles Pires	760	2
Trombetas	1000	3
Uaupés	1600	2
Ucayali	530	3
Unini	2100	2
Xingu	335	4
Yapacani	3280	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 4: Řádovost Amazonky

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,06	7030	5260	3,08	5,52
2	17	1,31	29035	1708	1,72	0,44
3	13	2,17	12920	994	0,88	0,52
4	6	3,00	6743	1124	1,78	0,19
5	2	x	1260	630	x	x
celkem	39	4,28		1461	6,13	

(vlastní zpracování)

4.1.2 Nil

Tabulka 5 Vodní toky v generalizované říční síti Nilu

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Akobo	430	3
Atbara	1100	2
Kangen	270	4
Modrý Nil	1600	2
Nil	6700	1
Pibor	150	3
Semliki	500	2
Sobat	730	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 6 Řádovost Nilu

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,25	6700	6700	6,82	0,59
2	4	2,00	3930	983	3,39	0,15
3	2	2,00	580	290	1,07	0,47
4	1	x	270	270	x	x
celkem	8	2,92	11480	3218	6,74	

(vlastní zpracování)

4.1.3 Jang-c'-ťiang

Tabulka 7 Vodní toky v generalizované říční síti Jang-ć-ťiang

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Dam	290	2
Gan	885	2
Han Shui	1530	2
Huai	910	2
Jang-c´-ťiang	6300	1
Jialing	1120	2
Mei	220	3
Min	960	2
Qumar	490	2
Tuo	630	2
Wu	1150	2
Xiang	850	3
Yalong	1330	2
Ying	510	3
Yuan	860	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 8 Řádovost Jang-c'-ťiang

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,09	6300	6300	6,82	1,61
2	11	3,67	10155	923,18	1,76	0,16
3	3	x	1580	526,67	x	x

celkem	15	1,92	18035	1202,33	7,7	

(vlastní zpracování)

4.1.4 Mississippi

Tabulka 9 Vodní toky v generalizované říční síti Mississippi

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Alleghanny	530	3
Arkansas	2300	2
Bighorn	300	4
Bighorne	710	2
Black	480	3
Canadian	1450	3
Cedar	540	2
Cumberland	1000	3
Des Moines	845	2
Holston	220	4
Cheyenna	475	3
James	720	3
Kanawha	400	3
Kaskaskia	520	2
Kentucky	420	3
Madison	295	3
Minnessota	595	2
Mississippi	6300	1
Missouri	3760	2
Monongahela	210	3
Muskingum	180	3
Namakagon	405	2
Ohio	1580	2
Osage	440	3
Platte	1690	3
Red	1900	2
Scioto	370	3
SouthPlatte	690	4
Tennessee	1050	3
Tuscarawas	209	4
Wabash	810	3
Wisconsin	690	2
Yellowstone	1120	3

(vlastní zpracování)

Tabulka 10 Řádovost Mississippi

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,09	6300	6300	5	2,19
2	11	0,65	13845	1258,64	1,83	0,84
3	17	4,25	11640	684,71	1,93	0,12
4	4	x	1419	354,75	x	x
celkem	33	4,93	33204	1006,18	7,49	

(vlastní zpracování)

4.1.5 **Jenisej**

Tabulka 11 Vodní toky v generalizované říční síti Jenisej

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Angara	1770	2
Chuna	1130	3
Ideriyn	750	4
Jenisej	5540	1
Kamanga	560	3
Kureyka	880	2
Mana	475	2
Niznyaya Tunguska	2990	2
Oka	630	3
Orhon	875	4
Podkamennaya Tunguska	1860	2
Selenga	1020	3
Taymura	870	3

(vlastní zpracování)

Tabulka 12 Řádovost Jenisej

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,2	5540	5540	3,47	1,44
2	5	1	7975	1595	1,89	0,53
3	5	2,5	4210	842	1,04	0,39
4	2	x	1625	812,5	x	x
celkem	13	3,57	19350	1488,46	4,09	

(vlastní zpracování)

4.1.6 Chuang-che

Tabulka 13 Vodní toky v generalizované říční síti Chuang-che

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Dali	245	3
Fen	690	2
Huan	330	3
Chuang-che	5450	1
Jing	450	2
Qin	450	2
Wei	790	2
Wuding	213	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 14 Řádovost Chuang-che

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,2	5450	5450	10,5	0,47
2	5	2,5	2593	518,60	1,80	0,21
3	2	x	575	287,50	x	x
celkem	8	2,6	8618	1077,25	7,06	

(vlastní zpracování)

4.1.7 Ob

Tabulka 15 Vodní toky v generalizované říční síti Ob

Biya	300	2
Bolshoy Jugan	1060	2
Esil	1190	4
Irtyš	4230	2
Ishim	1060	3
Kondoma	390	3
Ob	5410	1
Severnaya Sosva	755	2
Tobol	1590	3
Tom	820	2
Tura	1030	4
Vakh	960	2
Vasyugan	1080	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 16: Řádovost Ob

řád toku	počet toků	bifukaračníposměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,14	5410	5410	4,11	1,70
2	7	2,33	9205	1315	1,30	0,33
3	3	1,50	3040	1013,33	0,91	1,10
4	2	x	2220	1110	x	x
celkem	13	3,88	19875	1528,84	3,58	

(vlastní zpracování)

4.1.8 Kongo

Tabulka 17 Vodní toky v generalizované říční síti Konga

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Alima	360	2
Aruwimi	350	2
Bomu	610	4
Dja	590	3
Fimi	170	3
Chambeshi	490	4
Chinko	580	5
Igombe	230	4
Inkisi	300	2
Kadei	560	3

Kasai	2000	2
Kongo	4700	1
Kotto	640	4
Lobaye	370	3
Lokoro	440	4
Lomani	1200	2
Lua	260	3
Luapula	470	3
Lufira	430	2
Lukenie	690	4
Lukuga	440	2
Luvua	410	2
Sangha	350	2
Sankuru	960	3
Shama	140	5
Ubangi	850	2
Uele	100	3
Ugalla	190	3

(vlastní zpracování)

Tabulka 18: Řádovost Kongo

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,1	4700	4700	7,03	0,14
2	10	1,11	6690	669	1,64	0,61
3	9	1,50	3670	407,78	0,79	1,27
4	6	3,00	3100	516,67	1,44	0,70
5	2	x	720	360	x	x
celkem	28	5,64	18880	674,29	5,62	

4.1.9 Amur

Tabulka 19 Vodní toky v generalizované říční síti Amuru

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Amgun	730	2
Amur	4450	1
Bikin	560	3

Ingoda	700	3
Muling	577	3
Nemor	410	4
Non	1300	3
Onon	810	3
Selemdzha	640	3
Shilka	560	2
Sungača	210	3
Sungari	1430	2
Taoer	600	4
Ussuri	890	2
Yalu	360	4
Zeya	1250	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 20: Řádovost Amuru

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,20	4450	4450	4,58	1,09
2	5	0,71	4860	972	1,42	0,99
3	7	2,33	4797	685,29	1,50	0,29
4	3	x	1370	456,67	x	x
celkem	16	3,11	14107	881,69	4,45	

(vlastní zpracování

4.1.10 Lena

Tabulka 21 Vodní toky v generalizované říční síti Leny

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Aldan	2270	2
Chara	850	3
Lena	4400	1
Markha	1180	3
Maya	1080	3
Oljokma	1430	2

Tyung	1090	3
Uchur	812	3
Vilyuy	2600	2
Vitim	1980	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 22: Řádovost Leny

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,25	4400	4400	2,13	1,88
2	4	1	8280	2070	1,65	0,61
3	4	x	5012	1253	x	x
celkem	9	1,13	17692	1965,78	2,71	

(vlastní zpracování)

4.1.11 Mekong

Tabulka 23 Vodní toky v generalizované říční síti Mekogu

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Chi	430	3
Kong	330	2
Krong	150	3
Mekong	4350	1
Mun	460	2
Ngun	175	2
Ou	260	2
Sreng	130	3
Srepok	180	2
Tonle Sap	120	2
Zi Qu	230	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 24: Řádovost Mekongu

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,14	4350	4350	17,35	0,40
2	7	2,33	1755	250,71	1,06	0,40
3	3	x	710	236,67	x	x
celkem	11	2,40	6815	619,55	9,73	

(vlastní zpracování)

4.1.12 Mackenzie

Tabulka 25 Vodní toky v generalizované říční síti Mackenzie

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Artic Red	500	2
Athabasca	1231	2
Keele	410	2
Liard	1250	2
Mackenzie	4280	1
South Nahanni	540	3

(vlastní zpracování)

Tabulka 26: Řádovost Mackenzie

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,25	4280	4280	5,05	0,79
2	4	4	3391	847,75	1,57	0,16
3	1	x	540	540	x	x
celkem		4,13			4,09	

(vlastní zpracování)

4.1.13 Niger

Tabulka 27 Vodní toky v generalizované říční síti Niger

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Bani	160	2
Baoulé	410	3
Benue	1400	2
Gongola	500	3
Kaduna	550	2
Mariga	130	3
Niger	4200	1
Sokoto	275	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 28: Řádovost Niger

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (lN)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,25	4200	4200,00	10,57	0,09
2	4	1,33	1590	397,50	0,20	4,93
3	3	x	5875	1958,33	x	x
celkem	8	1,458333	11665	1458,13	5,49	

(vlastní zpracování)

4.1.14 Paraná

Tabulka 29 Vodní toky v generalizované říční síti Paraná

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Bermejo	1060	3

Bois	330	2
Carcarana	490	2
Cuiaba	820	2
Grande	870	2
Ibicu	330	3
Ivai	440	2
Miranda	490	3
Paraná	3990	1
Parapenema	550	2
Pilcomayo	1100	3
Saledo	1300	2
Tiete	680	2
Uruguay	1830	2

(vlastní zpracování)

Tabulka 30 Řádovost Paraná

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,11	3990	3990	4,91	1,83
2	9	2,25	7310	812,22	1,09	0,41
3	4	x	2980	745	x	x
celkem	14	2,31	14280	1020	3,55	

(vlastní zpracování)

4.1.15 Murray

Tabulka 31 Vodní toky v generalizované říční síti Murray

Název toku	délka toku (km)	řád toku
Barwon	420	3
Darling	1470	2
Lachlan	1440	2
Mecintyre	180	4
Mecquarie	630	3
Murray	3800	1

Weir	140	4

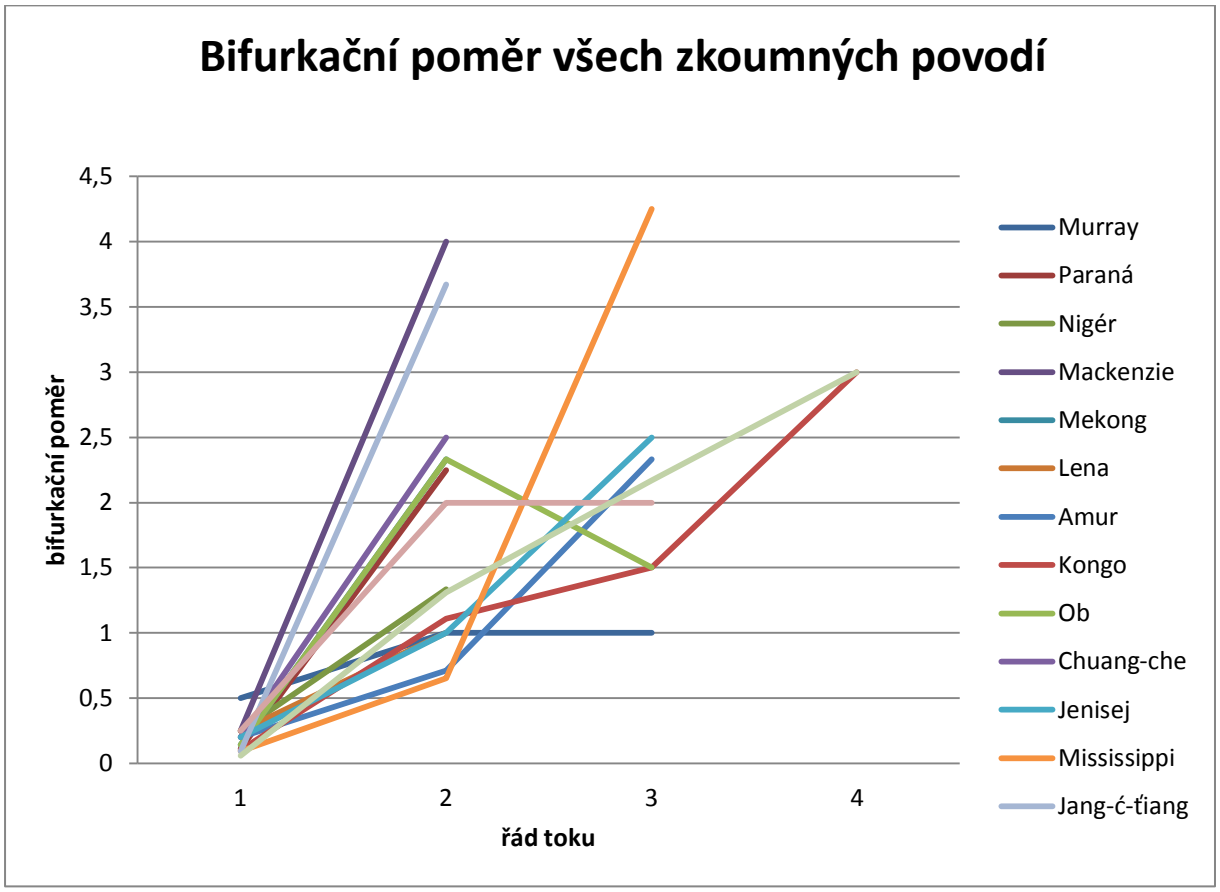
(vlastní zpracování)

Tabulka 32: Řádovost Murray

řád toku	počet toků	bifurkační poměr (Rb)	celková délka toků (km)	průměrná délka toků (km)	poměr délek (Rr)	poměr celkové délky (T)
1	1	0,5	3800	3800	2,61	0,77
2	2	1	2910	1455	2,77	0,36
3	2	1	1050	525	3,28	0,30
4	2	x	320	160	x	x
celkem	7	2,17	8080	1154,29	6,92	

(vlastní zpracování)

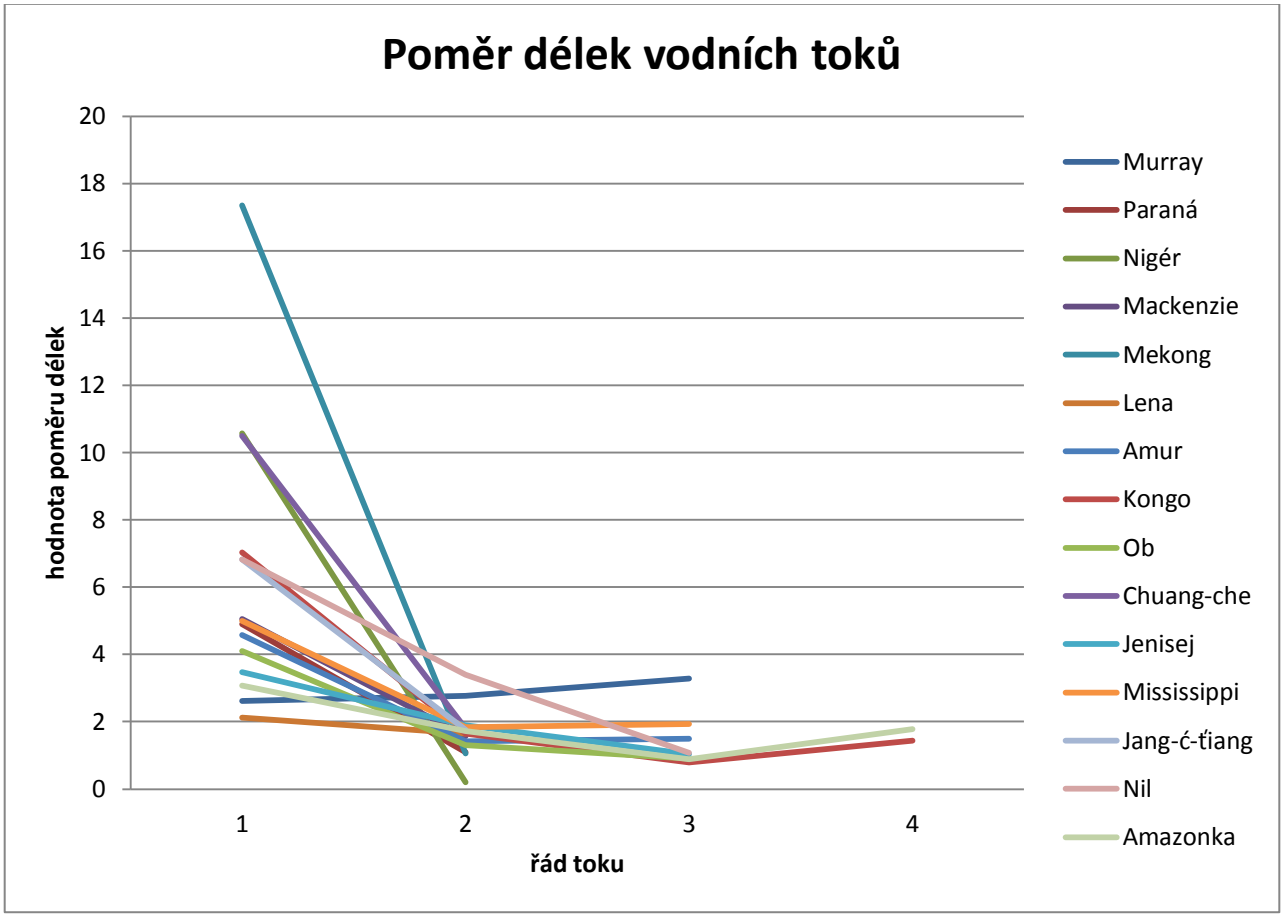
Graf 4 Bifurkační poměr všech zkoumaných povodí



(vlastní zpracování)

Bifurkační poměr udává míru větvení (soutokovost) říční sítě. Povodí, které dosahuje nejvyšších hodnot, lze s jistotou označit za povodí s největší soutokovostí. V grafu jsou znázorněny jednotlivé dílčí výpočty bifurkačního poměru za všechna povodí.

Graf 5 Poměr délek vodních toků



(vlastní zpracování)

Poměr délek vodních toků udává poměr za jednotlivé řády říční sítě. Graf je sestrojen pomocí jednotlivých dílčích výsledků za jednotlivá povodí.

5 Diskuze

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

Charakter říční sítě je určován geologickým podložím. Šířka povodí a sklon do jisté míry určuje četnost výskytu povodní. Obě tyto charakteristiky mají vliv 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 sklon vysoký v této oblasti, a zároveň šířka dosahuje vysokých rozměrů, je veliká šance, že dojde k povodni. Tento fakt nebere v úvahu výše zmíněné podmínky (půdní charakteristika, geologické poměry, vegetace, meteorologické podmínky).

Vztah protáhlosti povodí a charakteristiky tvaru (graf 2) je nejvíce ovlivněn 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.

Bifurkační poměr (graf 5) udává míru větvení dané říční sítě. Na námi sledované generalizované říční síti dosahuje největší míru větvení řeka Mississippi. Tento fakt lze vysvětlit jako velký rozdíl mezi počtem toku nejvyššího řádu a řádu o stupeň menšího. Říční síť povodí Murray dosahuje nejmenšího čísla. Jak vidíme v tabulce (tab. 32) rozdíl mezi posledními dvěma řády není žádný.

Vztahy mezi jednotlivými délkami všech zkoumaných říčních sítí podává graf 6. Nejdůležitějším poznatkem je, že poměr délek mezi 1. a 2. řádem dosahuje ve všech sítích největšího číslo. Tento fakt je způsoben tím, že 1. řád představuje tok hlavní, a proto je tento poměr největší.

6 Závěr

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

Hlavním cílem bylo přinést 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 klasifikací použita v této práci je určení řádovosti říční sítě. Pomocí této klasifikace bylo možno pracovat s dalšími parametry, které podaly další pohled na charakter říčních sítí patnácti největších povodí světa.

7 Seznam literatury

ALABYAN, A. M., CHALOV, R. S. (1998): Type sof channel patterns and thein 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, NewSouth 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

FRISSEL et al. 1986. A hierarchcal 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 andtheir drainage basins: A Hydrophysical approach to quantitative morphology, Geological Society of America Bulettin

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. *Channe processes, classification, and response. River Ecology and Management.* 1998. s. 13 – 42.

Natural Eart. .[online]. 2016 [cit. 2016-20-01]. Dostupné z : http://www.naturalearthdata.com/downloads/10m-raster-data/

NETOPIL, 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

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.

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Různé přístupy ke klasifikaci vodních toků a fluviálních systémů.....12
Tabulka 2: Parametry.....17
Tabulka 3 Vodní toky v generalizované říční síti Amazonky.....30
Tabulka 4: Řádovost Amazonky.....31
Tabulka 5 Vodní toky v generalizované říční síti Nilu.....31
Tabulka 6 Řádovost Nilu.....32
Tabulka 7 Vodní toky v generalizované říční síti Jang-ć-ťiang.....32
Tabulka 8 Řádovost Jang-c'-ťiang.....32
Tabulka 9 Vodní toky v generalizované říční síti Mississippi.....33
Tabulka 10 Řádovost Mississippi.....34
Tabulka 11 Vodní toky v generalizované říční síti Jenisej.....34
Tabulka 12 Řádovost Jenisej.....34
Tabulka 13 Vodní toky v generalizované říční síti Chuang-che.....35
Tabulka 14 Řádovost Chuang-che.....35
Tabulka 15 Vodní toky v generalizované říční síti Ob.....35
Tabulka 16: Řádovost Ob.....36
Tabulka 17 Vodní toky v generalizované říční síti Konga.....36
Tabulka 18: Řádovost Kongo.....37
Tabulka 19 Vodní toky v generalizované říční síti Amuru.....37
Tabulka 20: Řádovost Amuru.....38
Tabulka 21 Vodní toky v generalizované říční síti Leny.....38
Tabulka 22: Řádovost Leny.....39
Tabulka 23 Vodní toky v generalizované říční síti Mekogu.....39
Tabulka 24: Řádovost Mekongu.....39
Tabulka 25 Vodní toky v generalizované říční síti Mackenzie.....40
Tabulka 26: Řádovost Mackenzie.....40
Tabulka 27 Vodní toky v generalizované říční síti Niger.....41
Tabulka 28: Řádovost Niger.....41
Tabulka 29 Vodní toky v generalizované říční síti Paraná.....41
Tabulka 30 Řádovost Paraná.....42
Tabulka 31 Vodní toky v generalizované říční síti Murray.....42
Tabulka 32: Řádovost Murray.....43

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: Hierarchické uspořádání toku dle Frissel.....8
Obrázek 2: Meandrující a divočící vodní tok.....9
Obrázek 3: Osm hlavních typů klasifikace podle Rosgena.....10
Obrázek 4: Klasifikace podle Mongomery, Bufington.....10
Obrázek 5: Graveliova klasifikace.....18
Obrázek 6 Strahlerova klasifikace.....20

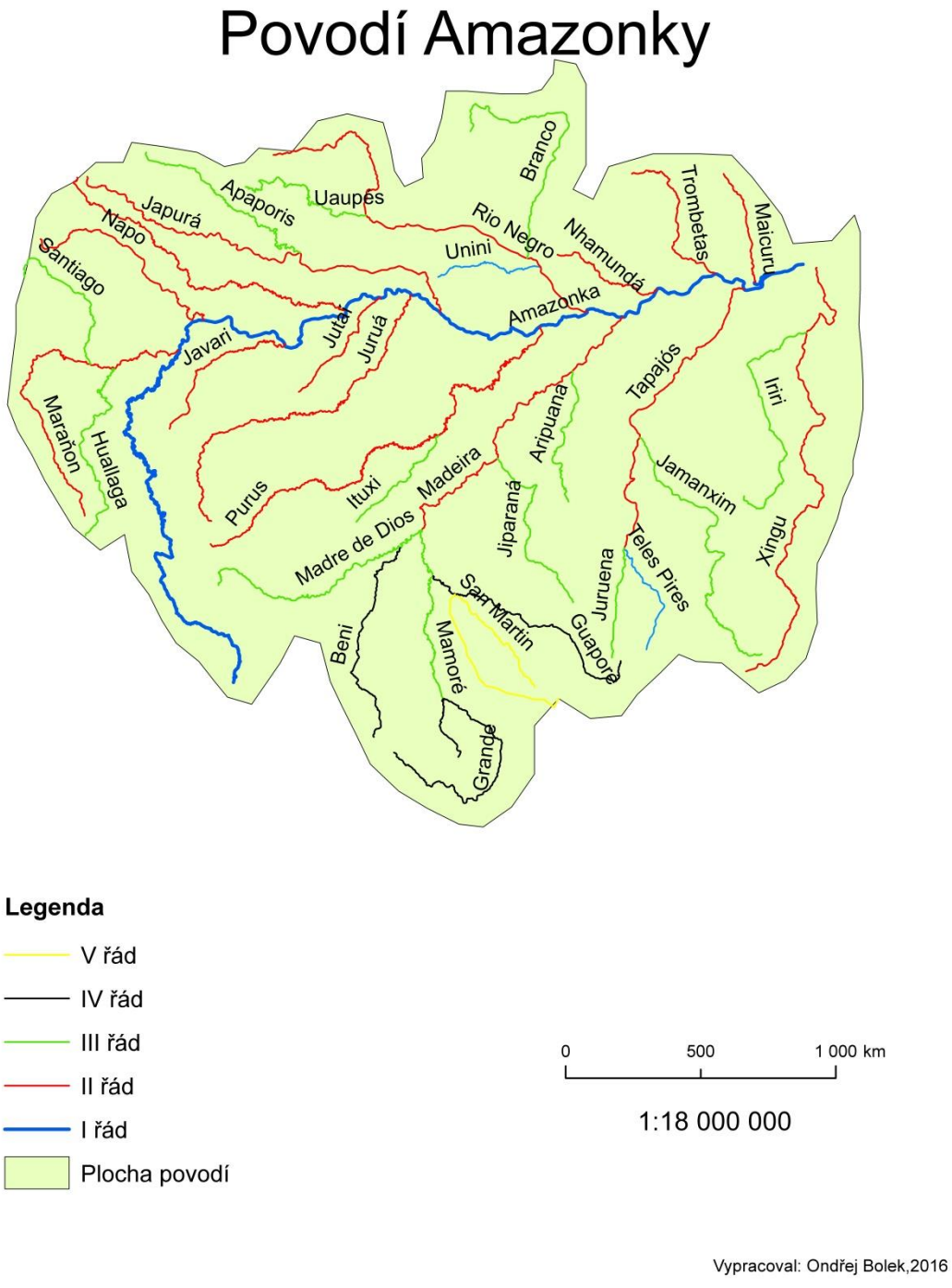
Obrázek 7 Hortonova klasifikace 21
Obrázek 8 Shrevova klasifikace 21

10 Seznam grafů

Graf 1 Vzájemný vztah šířky povodí a plochy povodí 27
Graf 2: Vztah protáhlosti povodí a charakteristiky tvaru 28
Graf 3 Vztah průměrné nadmořské výšky se sklonem povodí 29
Graf 4 Bifurkační poměr všech zkoumaných povodí 44
Graf 5 Poměr délek vodních toků 45

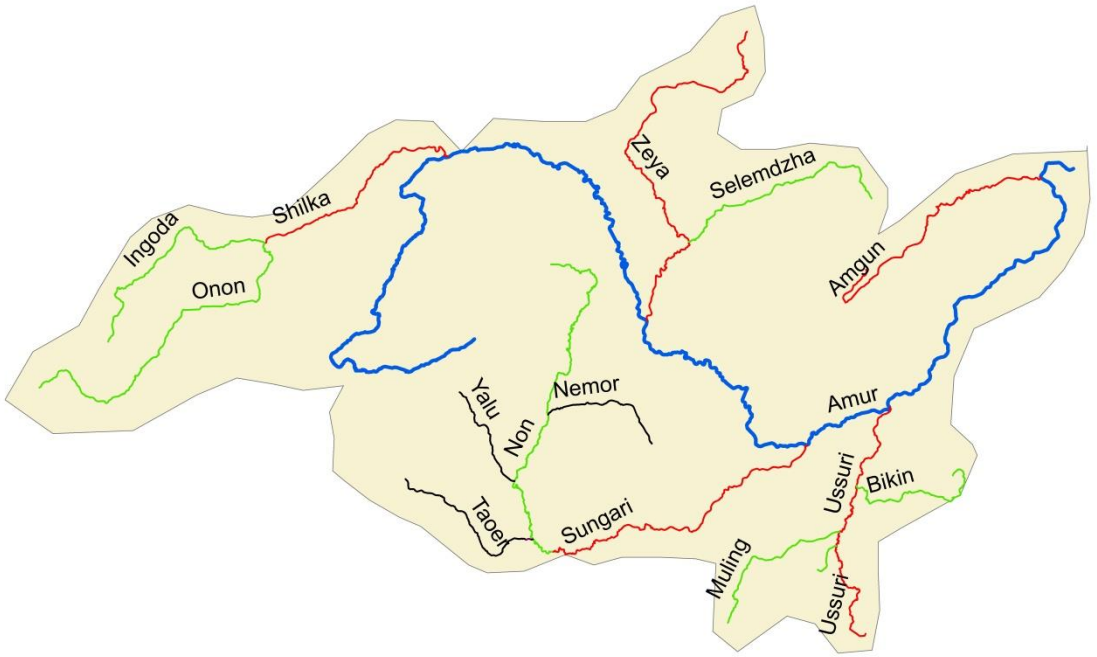
11 Přílohy

Příloha A: Amazonka



Příloha B: Amur

Povodí Amur



Legenda

- IV řád
- III řád
- II řád
- I řád
- Plocha povodí

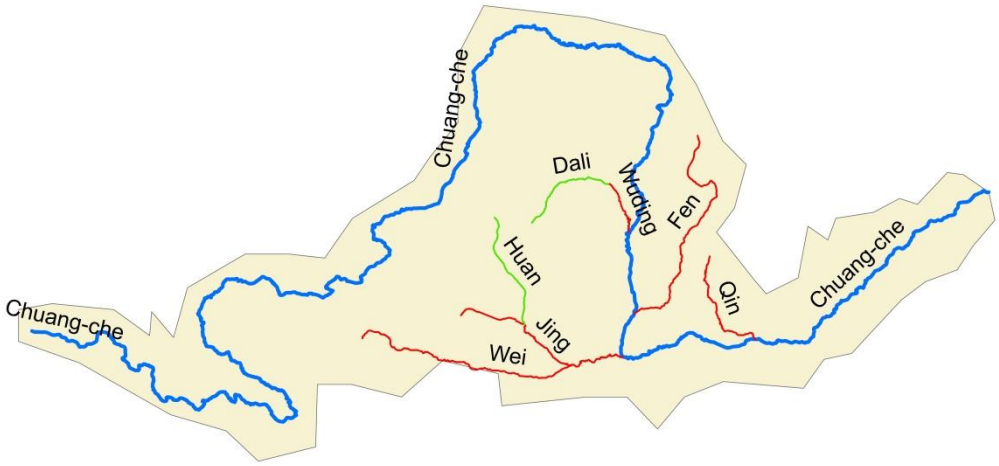
0 500 1 000 km

1:18 000 000

Vypracoval: Ondřej Bolek

Příloha C: Chuang-che

Povodí Chuang-che



Legenda

- III řád
- II řád
- I řád
- Plocha povodí

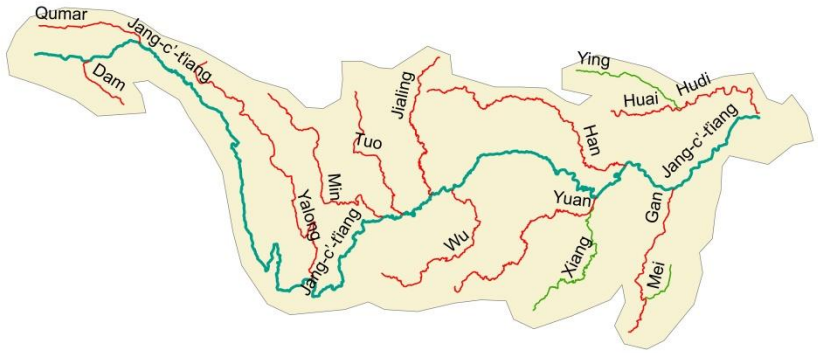
1 000 500 0 km

1:14 000 000

Vypracoval: Ondřej Bolek, 2016

Příloha D: Jang-ć-ťiang

Povodí Jang-c'-ťiang



Legenda

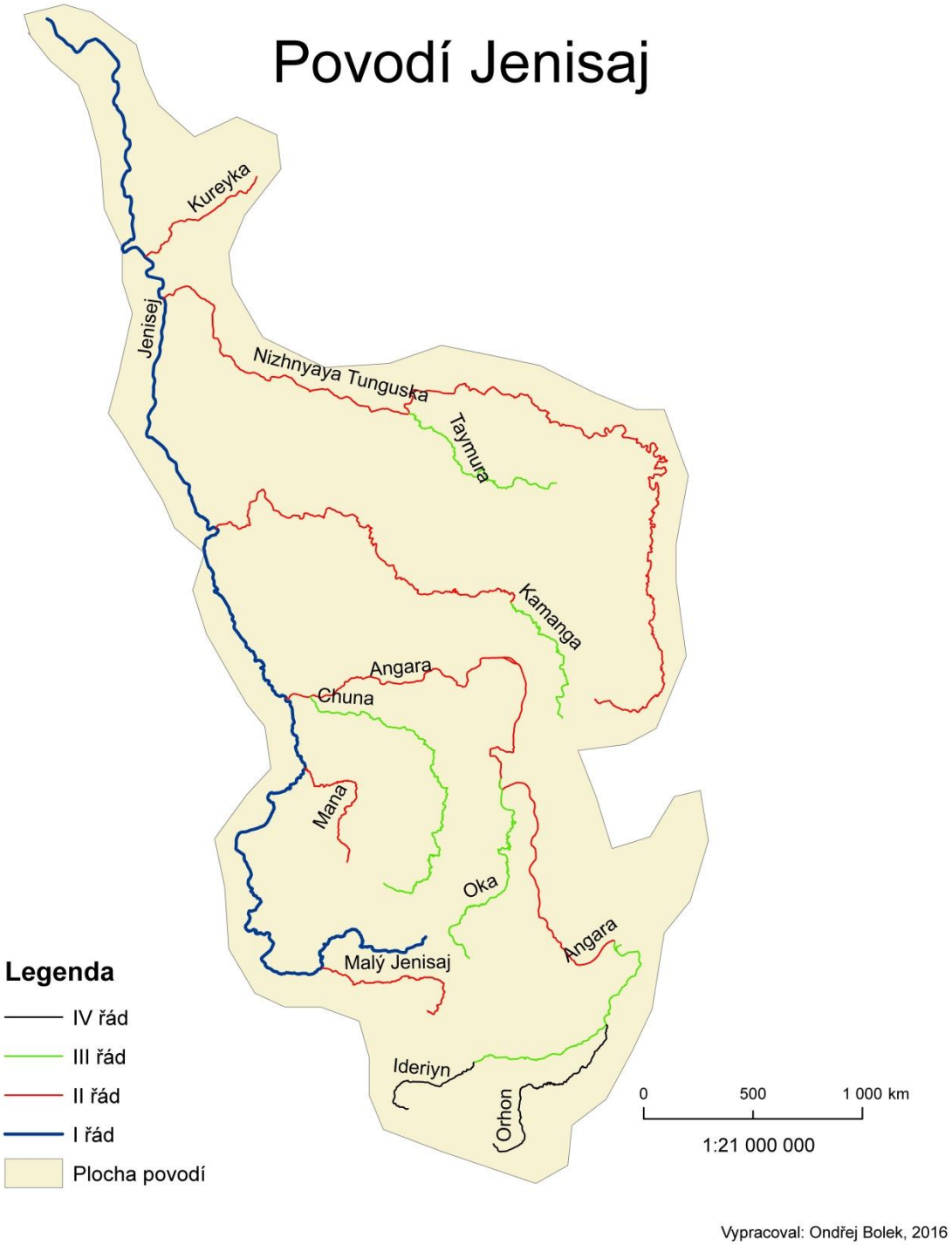
- II řád
- III řád
- I řád
- Plocha povodí

0 500 1 000 km

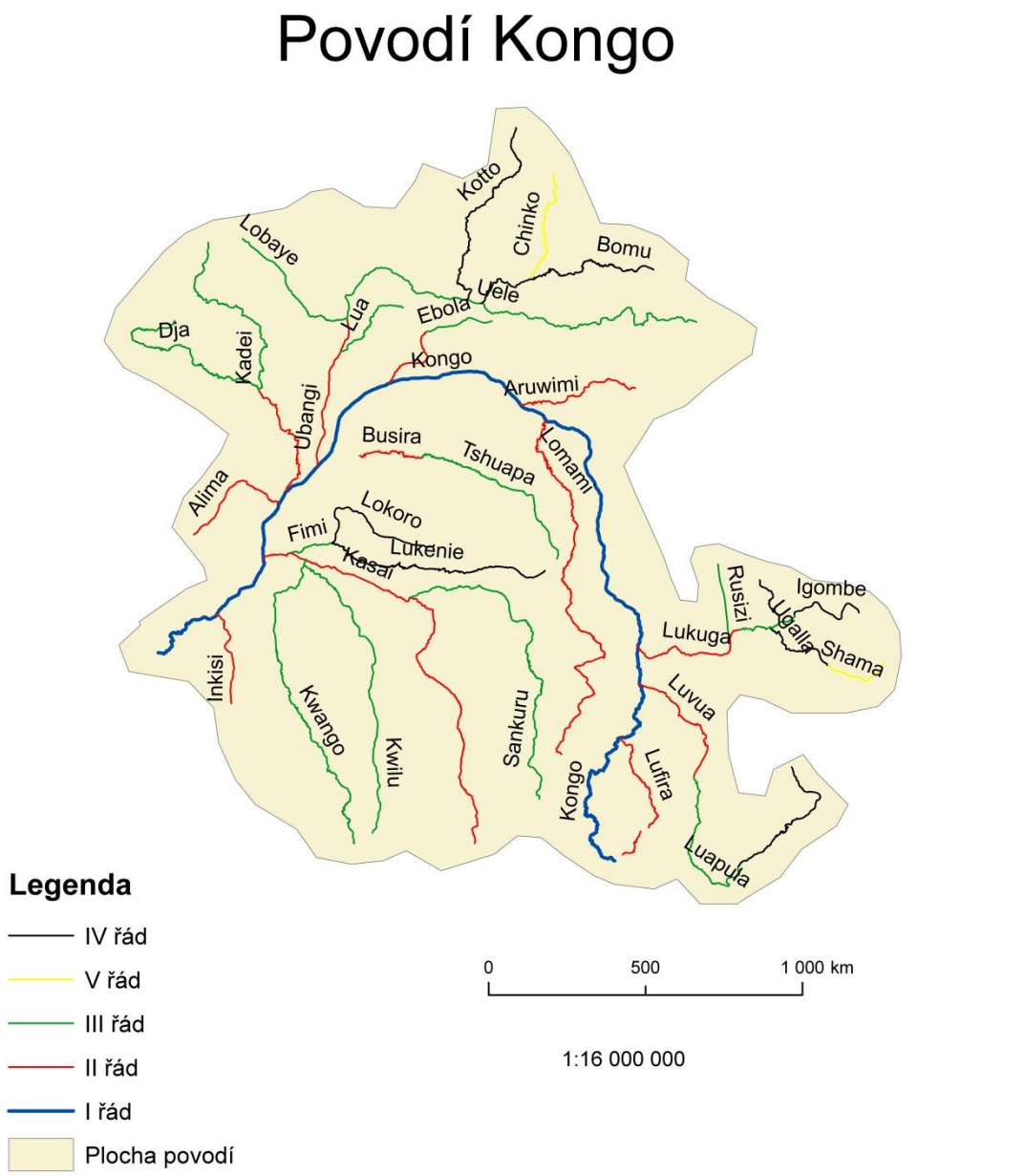
1:18 000 000

Vypracoval: Ondřej Bolek, 2016

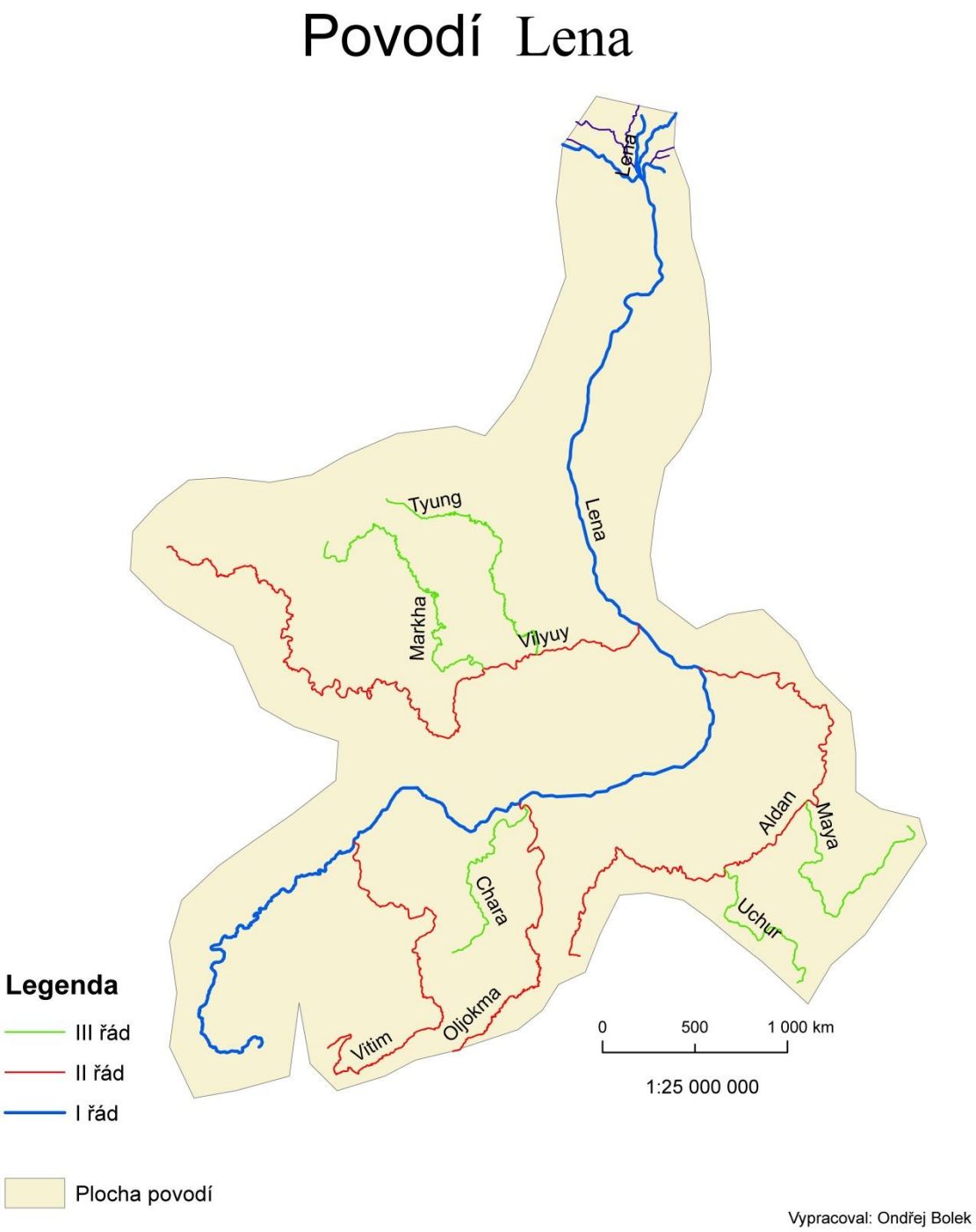
Příloha E: Jenisej



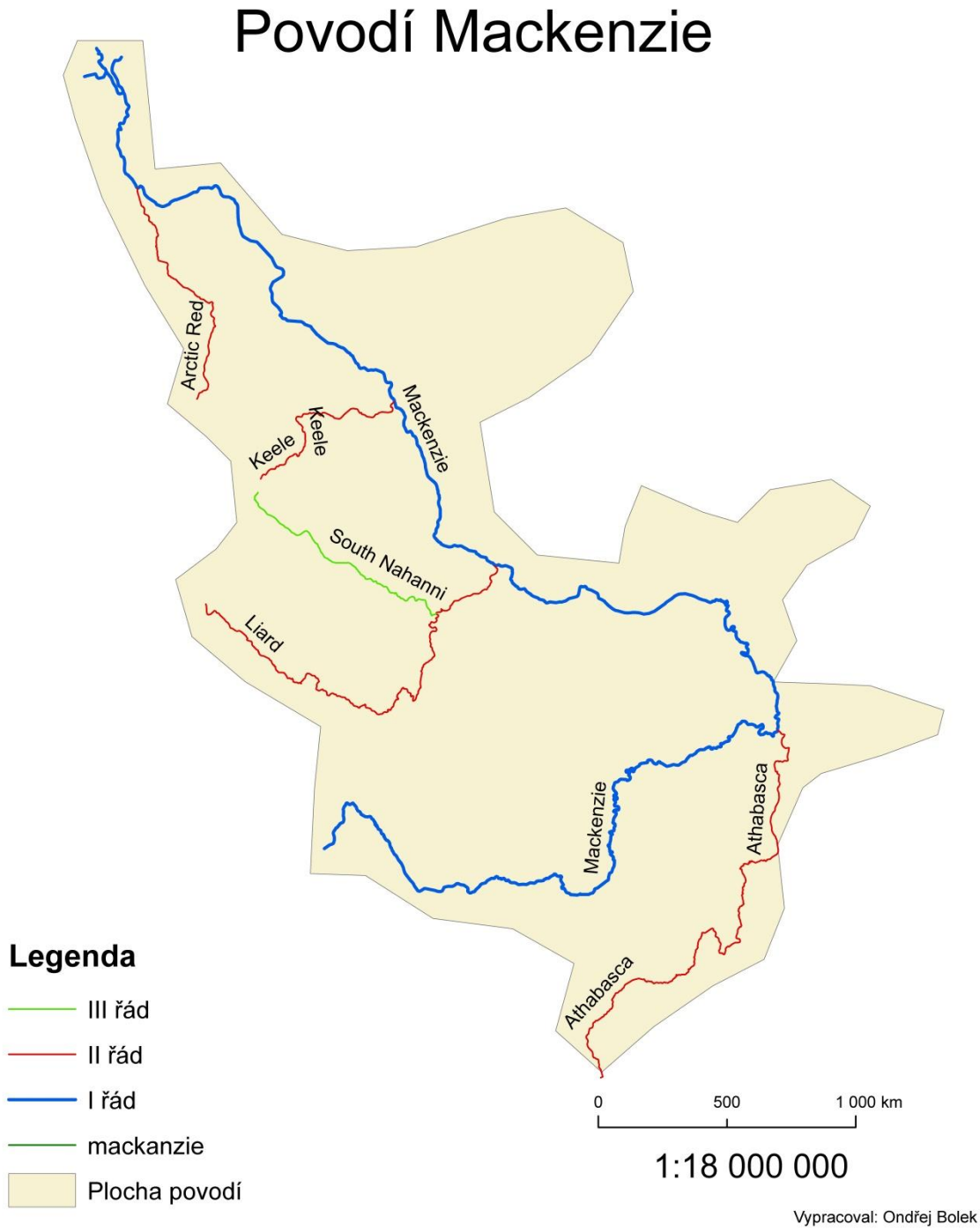
Příloha F: Kongo



Příloha G: Lena

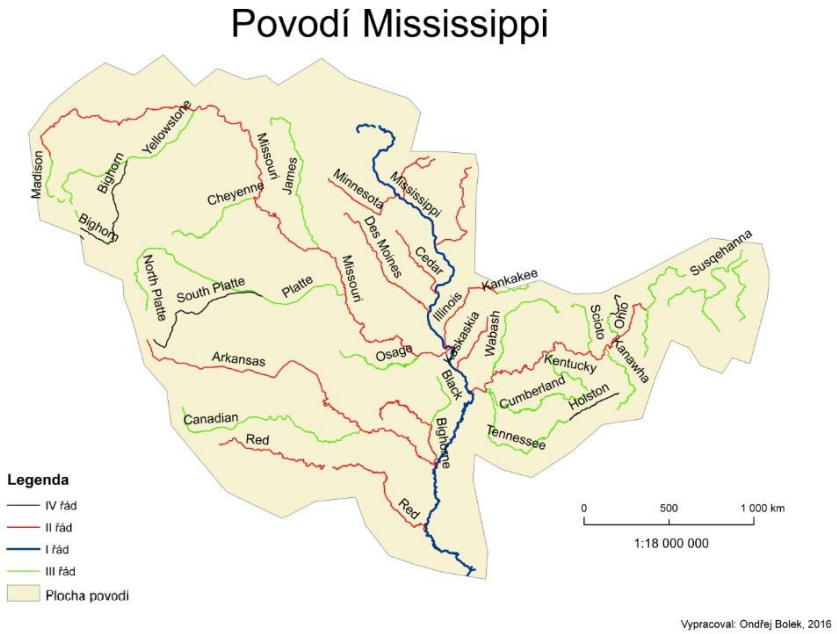


Příloha H: Mackenzie



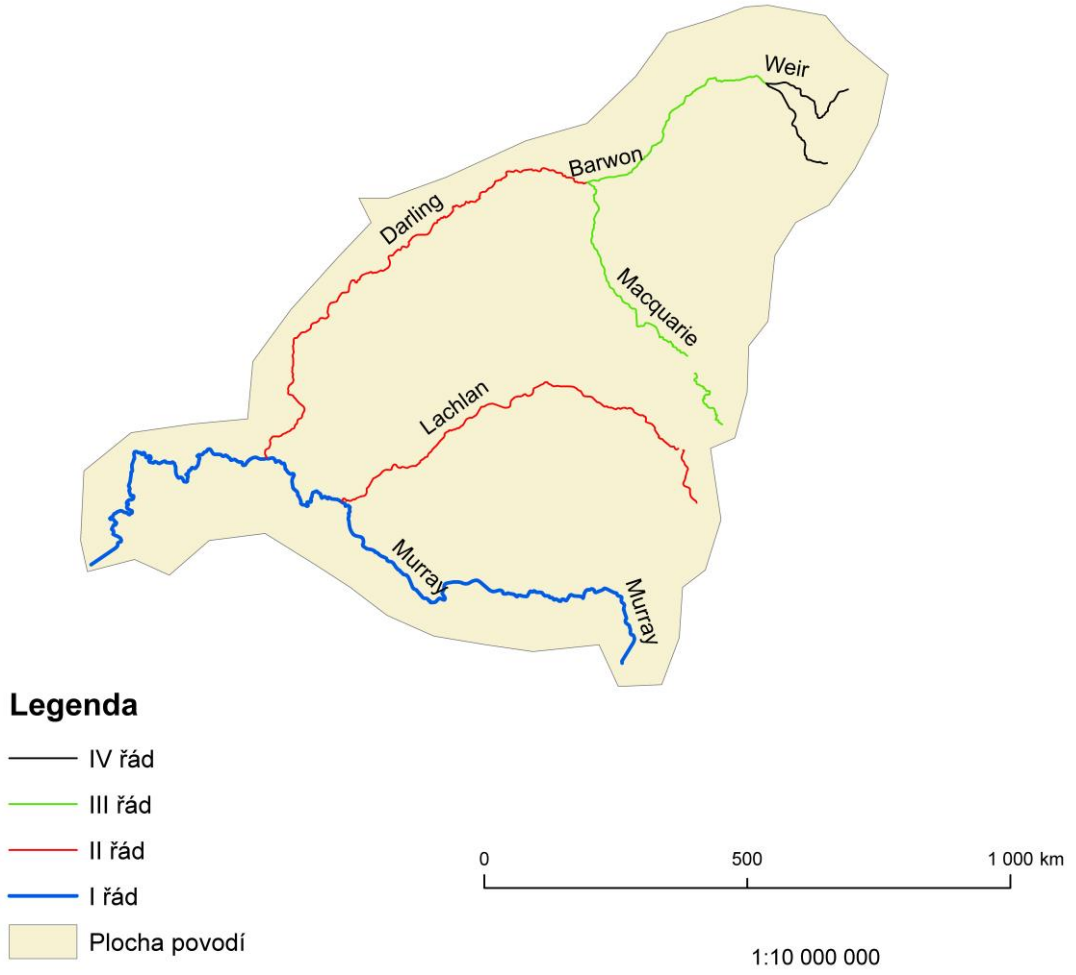
Příloha CH: Mekong

Příloha I: Mississippi



Příloha J: Murray

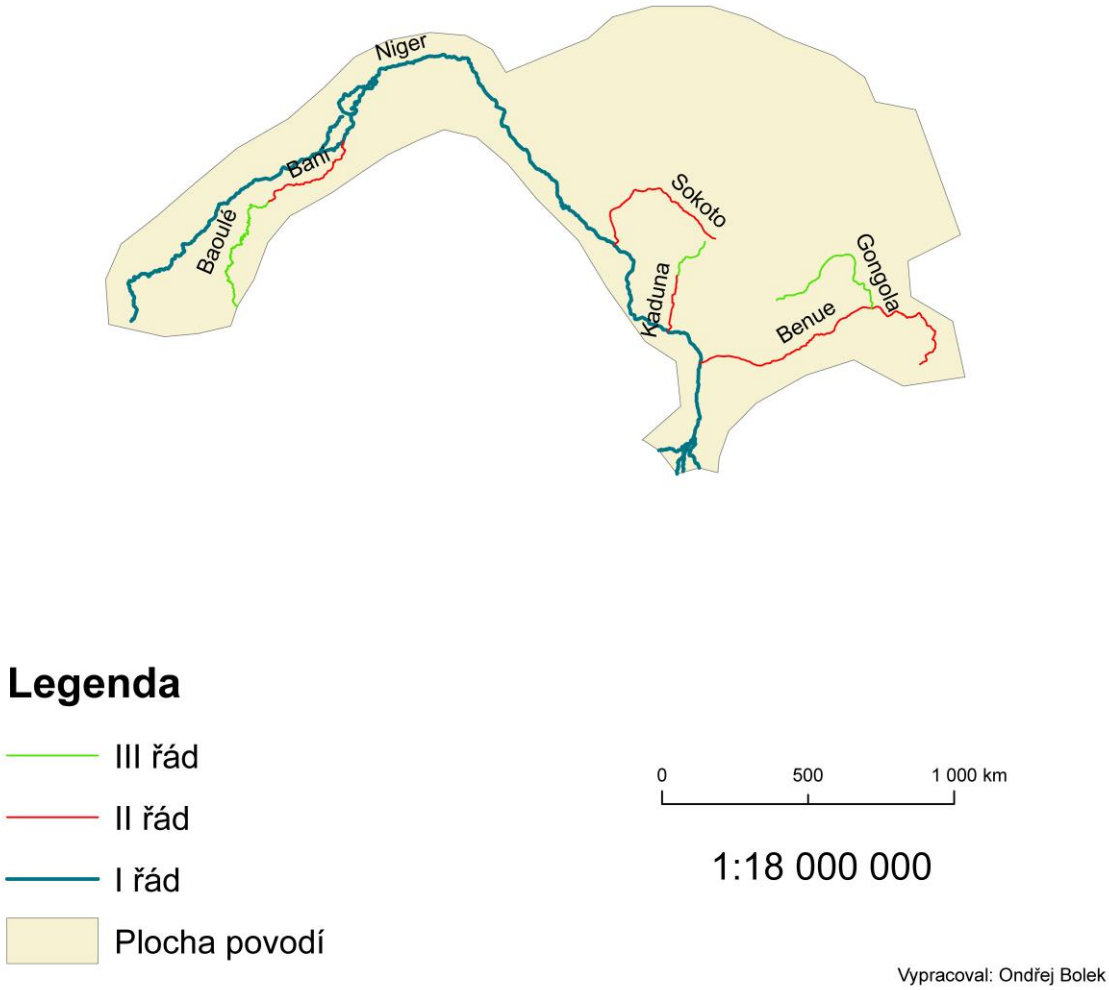
Povodí Murray



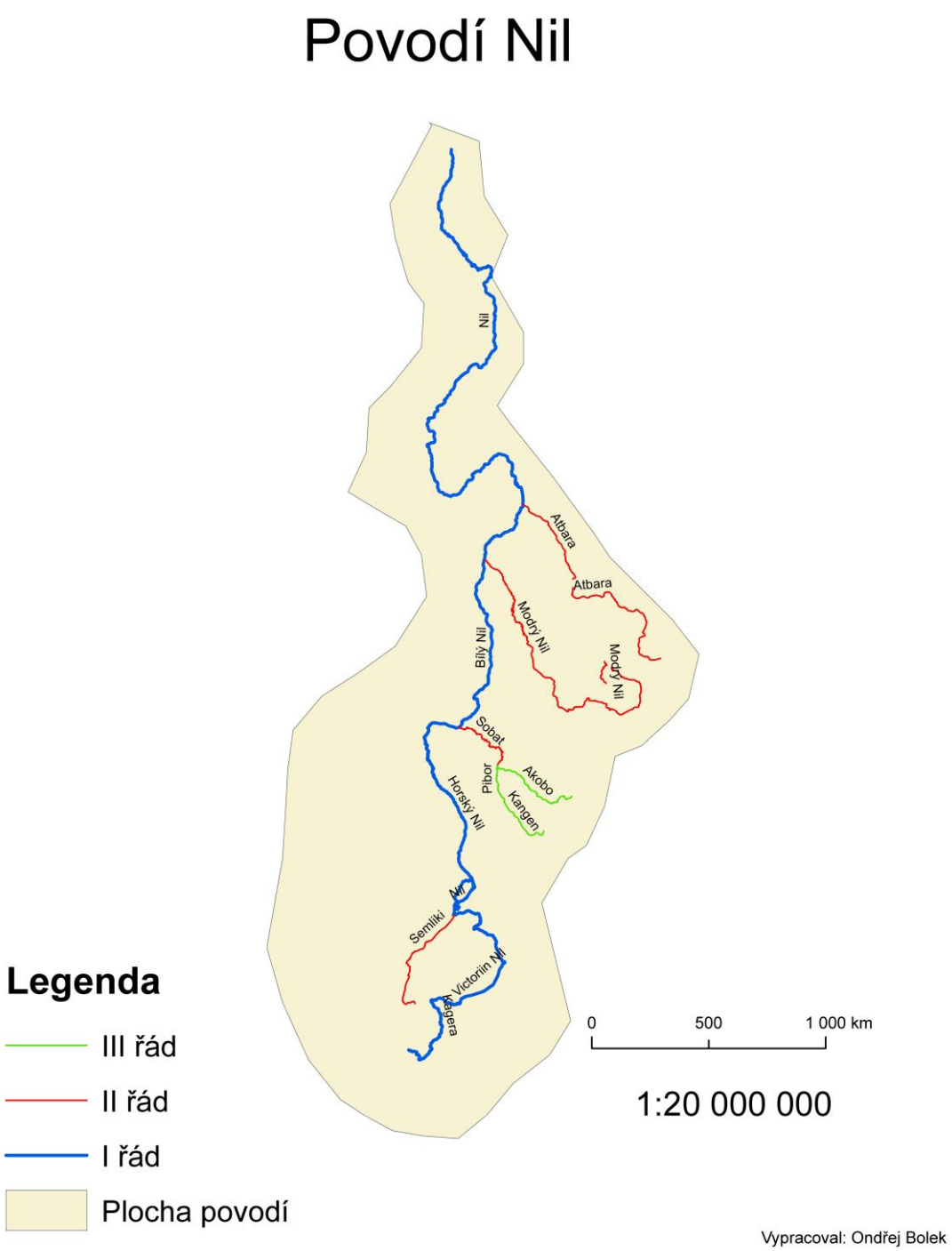
Vypracoval: Ondřej Bolek

Příloha K: Niger

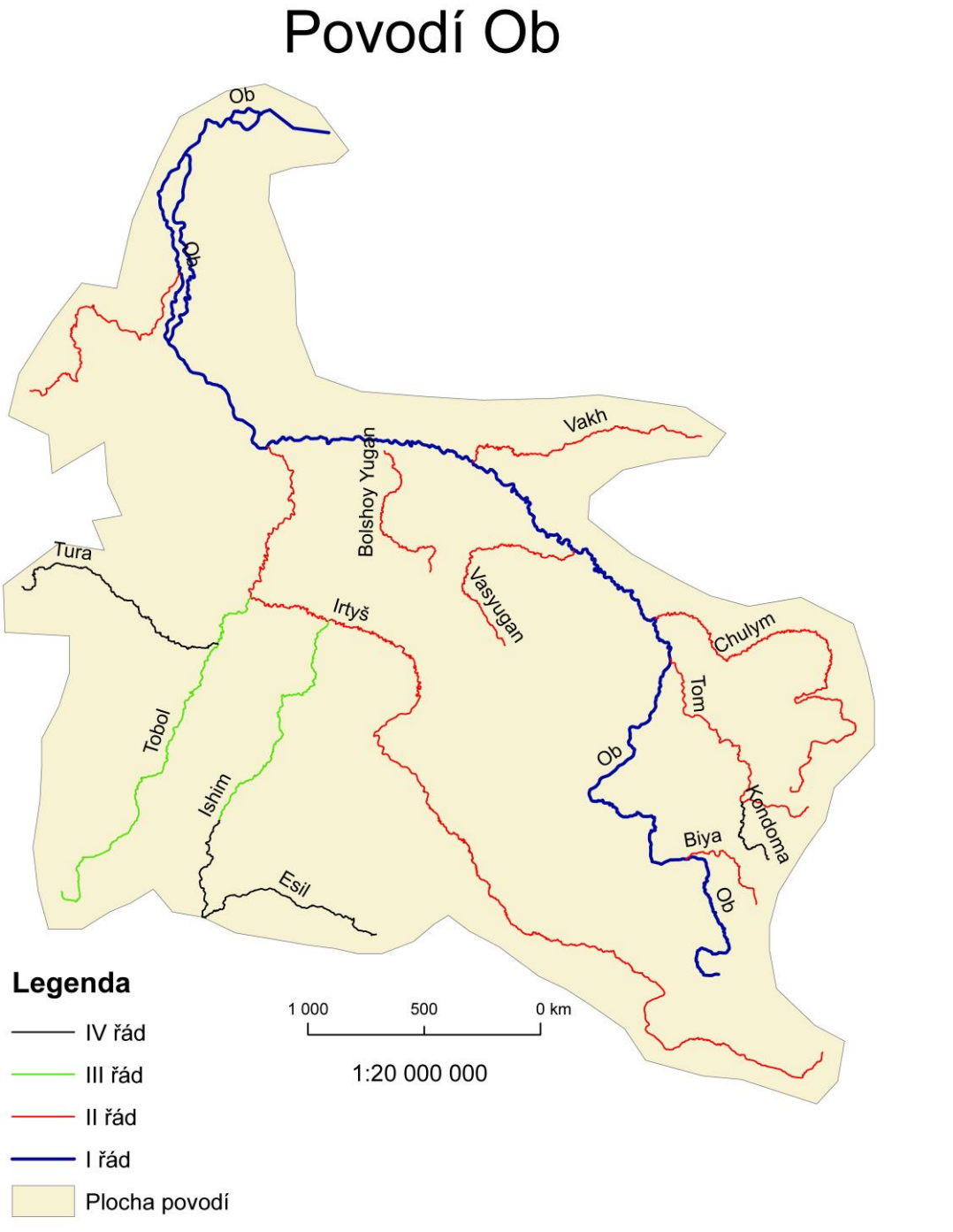
Povodí Nigér



Příloha L: Nil

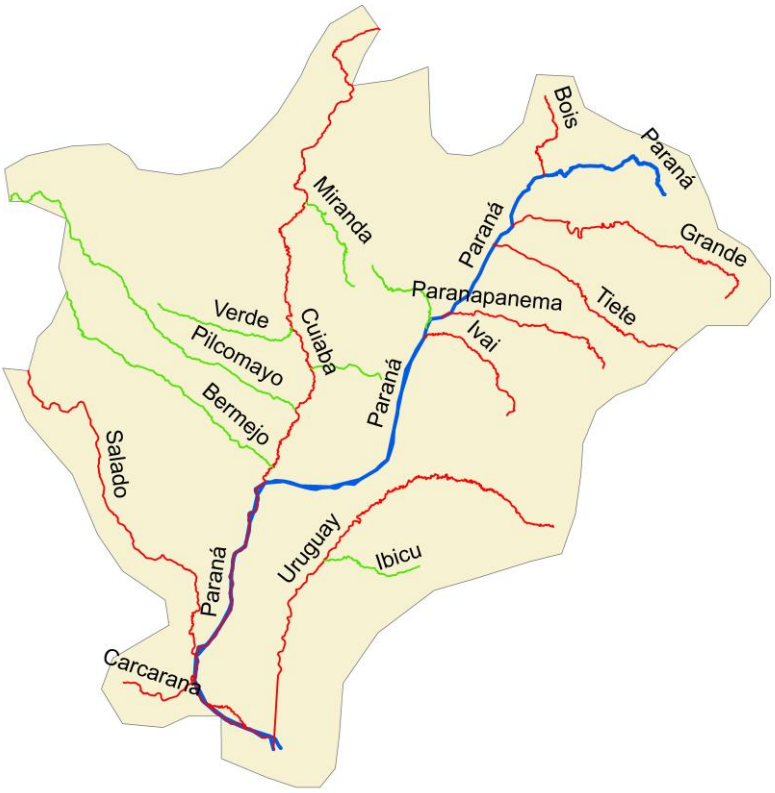


Příloha M: Ob


Povodí Ob
Ob
Ob
Vakh
Bolshoy Yugan
Vasyugan
Tura
Irtyš
Chulym
Tom
Ob
Tobol
Ishim
Kondoma
Biya
Esil
Ob
Legenda
IV řád
III řád
II řád
I řád
Plocha povodí
1 000
500
0 km
1:20 000 000
Vypracoval: Ondřej Bolek, 2016

Příloha N: Paraná

Povodí Paraná



Legenda

III řád

II řád

I řád

Plocha povodí

0 500 1 000 km

1:18 000 000

Vypracoval: Ondřej Bolek

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.