

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY

**KLASIFIKACE ODTOKOVÝCH REŽIMŮ EVROPSKÝCH  
ŘEK**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Michal Kulek**

*Přírodovědná studia, geografie se zaměřením na vzdělání*

Vedoucí práce: RNDr. Jan Kopp Ph.D.

**Plzeň, 2017**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, dne

.....  
Michal Kulek

## **Poděkování**

Rád bych touto formou poděkoval panu RNDr. Janu Koppovi Ph.D. za vedení mé bakalářské práce. Jeho rady, poznatky, návrhy a konzultace byly pro tuto práci nezbytné. Dále bych rád poděkoval své rodině a všem, kteří mě při studiu podporovali.

## Obsah

1 Úvod .....	8
1.1 Odtokový režim .....	8
1.2 Cíle práce .....	9
2 Literární rešerše .....	10
2.1 Klasifikace odtokových režimů .....	10
2.2 Existující klasifikace odtokových režimů.....	10
2.2.1 Klasifikace Vojejkova .....	11
2.2.2 Klasifikace Pardého .....	11
2.2.3 Klasifikace M. I. Lvoviče .....	15
2.2.4 Klasifikace Grimma.....	15
2.2.5 Klasifikace Beckinsalea.....	16
2.2.6 Klasifikace Zajkova .....	17
2.2.7 Klasifikace Sokolovského .....	17
2.2.8 Klasifikace Hainese .....	18
2.2.9 Klasifikace Krasovské .....	18
2.2.10 Klasifikace Harrise .....	19
2.2.11 Klasifikace Parajka .....	20
2.2.12 Klasifikace Zhanga .....	20
2.3 Hydrologický režim v regionálním měřítku .....	21
3 Metodika práce .....	22
3.1 Zdroje dat k analýze.....	22
3.2 Zpracování dat .....	22
3.3 Metoda analýzy a zpracování jejího výstupu.....	24
3.4 Návrh klasifikace odtokových režimů a charakteristika jejích skupin .....	25
4 Výsledky .....	26

4.1 Analýza parametrů .....	26
4.2 Výsledek shlukové analýzy .....	31
4.3 Vytvořená klasifikace odtokových režimů .....	33
4.3.1 Skupina A .....	35
4.3.2 Skupina B.....	41
4.3.3 Skupina C.....	45
4.3.4 Skupina D .....	53
4.3.5 Skupina E.....	55
4.2.6 Nezařazené řeky.....	57
5 Diskuse .....	58
5.1 Komplexnost odtokových režimů některých řek.....	58
5.2 Porovnání se staršími klasifikacemi .....	59
5.3 Hodnocení metody klasifikace .....	60
6 Závěr .....	61
7 Resumé .....	62
8 Literatura.....	63
9 Seznam obrázků.....	I
10 Přílohy.....	III

## 1 Úvod

Tato práce se zabývá rozborem poznatků o vytváření klasifikací odtokových režimů a možných přístupů k této problematice. S využitím informací z této rešerše bude navržena vlastní klasifikace odtokových režimů Evropských řek.

### 1.1 Odtokový režim

Odtokový režim, režim odtoku nebo režim průtoku jsou změny vodnosti řeky ve sledovaném časovém úseku (KRASOVSKAIA, 1995). Množství vody v řece reprezentuje konečný produkt všech procesů odehrávajících se v povodí řeky a je jednou z nejkoumanějších hydrologických oblastí ve smyslu historického sběru dat (DAVIE, 2008). Znalost odtokových režimů je důležitá pro předvídání změn v průtoku, na základě kterých lze očekávat záplavy či vyschnutí koryta (KRASOVSKAIA et al., 1992). Na tyto změny lze nahlížet v různých časových intervalech. Může se jednat o denní, měsíční, sezonní, roční nebo dlouhodobější pozorování (ČERVENÝ et al., 1984). Nejčastěji se setkáváme s prezentací dat v měsíčních sloupcových diagramech, kde můžeme pozorovat, jak se odtok mění v roce (CHÁBERA et al., 1999). V této formě se s diagramy odtokového režimu setkáváme v geografických publikacích či učebnicích již na základních školách (NETOPIL, 1984). Hodnoty odtoku se mohou každý rok v konkrétním měsíci lišit, a proto jsou prezentovaná data zpravidla zprůměrované hodnoty z dlouhodobějšího výzkumu. Výsledný diagram představuje průměrné hodnoty v průměrném měsíci průměrného roku (NETOPIL, 1984; KRASOVSKAIA et al., 1993). Režim odtoku je ovlivňován mnoha faktory. K nejvýznamnějším z nich patří zdroj toku. Základní čtyři zdroje napájení řeky jsou ledovec, periodická nebo trvalá sněhová pokrývka, dešťová voda a podzemní voda (KEMEL, 1996). Zdroje vody mají samozřejmě úzkou souvislost s geografickou oblastí (výškový stupeň, šířková zonálnost), kde se dané toky nacházejí (KRASOVSKAIA, 1996). Odtokový režim je tedy zásadně ovlivněn klimatem a reliéfem (KRASOVSKAIA, 1994). Rozlišujeme typ vodního toku přirozený, kde nejsou patrné vlivy umělých zásahů. Dále typ ovlivněný, který je pozměněn lidským zásahem, např. výstavbou nádrže a následným zdvihem hladiny nebo změnou teploty vody (FRAJER et PAVELKOVÁ, 2013).

## 1.2 Cíle práce

Cílem této práce je navrhnout vlastní klasifikace Evropských řek na základě analýzy volně dostupných dat z hydrologických a klimatologických stanic. Prvním krokem je vytvoření databáze těchto stanic a zpracování hydrologických parametrů pro následující analýzu. Na základě klasifikační analýzy bude zpracován návrh klasifikace, který bude následně popsán pomocí výzkumných dat.

1. Vytvoření databáze hydrologických a klimatických stanic a jejich následná parametrizace.
2. Zpracování návrhu klasifikace na základě odvozených charakteristik.
3. Charakteristika navržených klasifikačních skupin odtokového režimu.

## **2 Literární rešerše**

Pro rozbor literatury této práce byla zvolena škála již existujících klasifikací a metod, jakými lze návrhy klasifikace vytvářet.

### **2.1 Klasifikace odtokových režimů**

Klasifikace odtokových režimů je sdružování zkoumaných objektů na základě jejich podobnosti podle stanovených kritérií. Podle těchto seskupení se vytváří skupiny objektů, v našem případě řek, které představují jednotlivé kategorie odtokových režimů (KRASOVKAIA, 1997). Tyto kategorie mohou být dále jedním z výchozích bodů hydrologické regionalizace, což je vymezení územních celků na základě podobnosti znaku určeného jako kritérium (NETOPIL, 1981). Existují dva základní způsoby klasifikace. Prvním je tzv. klasifikace shora, kdy je předem stanovené kritérium. To je definováno tak, aby mu vyhovovalo chování řeky v průměrném roce (tj. průměrné roční hodnoty časových řad). Následně platí, že číslo možných kombinací rozlišujících kritérií je stejné jako číslo všech možných odtokových kategorií. Tímto způsobem jsou tedy již všechny kategorie předem stanovené (KRASOVKAIA, 1995). Druhým způsobem je tzv. klasifikace zdola. Zde jsou kritéria formulována postupně na určité úrovni podobnosti. Zde počet seskupených tříd není stanoven předem, ale přímo závisí na úrovni podobnosti. Ta je volena pomocí typických znaků a konečného pravidla neboli „stopping rule“ (KRASOVKAIA, 1997). V dnešní době jsou klasifikace založeny na složitých analyticko – statistických metodách zpracovávaných s pomocí počítače (HAINES, 1998; HARRIS et al., 2000), avšak první klasifikace byly vypracovány ručně (GOTTSCHALK, 1985).

### **2.2 Existující klasifikace odtokových režimů**

Pro zvolení vhodných analytických metod a přístupů k problematice je nutné nejdříve nastudovat již existující výzkumy. V této kapitole jsou popsány starší i současné návrhy klasifikací. Ačkoliv tato bakalářská práce je zpracována s využitím počítačem zpracované analýzy, metody použité ve starších klasifikacích mohou být přínosné pro korekci a charakteristiku.

### 2.2.1 Klasifikace Vojejkova

Vojejkov byl vědcem a klimatologem ruské národnosti a jeho klasifikace je pravděpodobně první klasifikací odtokových režimů na světě. Je založena na základě klimatických znaků a jeho vlastní myšlenky, že každému komplexu klimatických podmínek odpovídá příslušný typ vnitřně ročního rozdělení odtoku (KRASOVSKAIA, 1997). Vychází tedy především ze změn průtoku v průběhu roku. Dále se v jeho klasifikaci objevuje vliv zdroje řeky a geomorfologie povodí. Původní klasifikace měla sedm kategorií. Kolářek ji poté rozšířil na celkem devět (KŘÍŽ, 1982).

Jedná se o klimatické typy odtokových režimů.

1. Řeky napájené tajícím sněhem na rovinách a vrchovinách do 1000 m - Ob.
2. Řeky napájené tajícím sněhem a ledem v horách - horní Indus.
3. Řeky napájené deštěm s maximem průtoků v létě - Ganga.
4. Řeky napájené tajícím sněhem na jaře a na začátku léta, s podstatnou účastí letních a podzimních dešťů - Volha.
5. Řeky napájené hlavně zimními dešti - Seina.
6. Řeky napájené převážně zimními dešti, množství letních srážek je malé (letní minimum) - Sechia (Itálie), Turecko, Tunis, Maroko, Kalifornie, Chile.
7. Regiony bez stále (permanentně) protékajících toků: příčinou je aridita klimatu.
8. Řeky napájené krátce trvajících dešti a periodicky po nich zaplňované - severní stepní část Krymu, severní Kazachstán, část Mongolska.
9. Regiony bez říční sítě - oblasti jsou zakryté sněhem nebo ledem (HAVELKA, 2002).

### 2.2.2 Klasifikace Pardého

Maurice Pardé byl francouzským geografem a v roce 1933 vypracoval svou klasifikaci. Pracoval v ní se vzájemnou závislostí ročního rozložení klimatických faktorů (jako jsou srážky) a odtoku. Výsledky pak byly prezentovány modulovými koeficienty. Ty stanovil jako podíl dlouhodobých měsíčních průtoků na dlouhodobém ročním odtoku. Tímto způsobem jsou jeho koeficienty nezávislé na velikosti povodí, což slouží jako jeden z prvních kroků k automatizaci úkonů při tvorbě nových klasifikací. Ačkoliv Pardé využíval kvantitativní metody a charakteristiky, tak je jeho klasifikace stále převážně založena na kvalitativních poznatcích. Pardého klasifikace stanovuje tři základní typy

režimu odtoku: prostý režim, komplexní režim prvního stupně a komplexní režim druhého stupně (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

1. **Prostý režim** je typický střídáním dvou fází vysokých a nízkých průtoků. Ty však závisí na napájecím zdroji řeky. Zpravidla mají řeky s tímto typem odtokového režimu na území svého povodí homogenní klimatické podmínky. Skupina těchto režimů se dále diferencuje na menší podskupiny na základě různých faktorů. A to na základě zdroje, zde jsou významné podskupiny ledovcových, sněhových (niválních) a dešťových režimů. Poté se mohou diferencovat na základě vertikální polohy, kde figurují horské a rovinné režimy, anebo horizontální polohy, kde mluvíme o oceánských a kontinentálních režimech (NETOPIL, 1972).

a. **Ledovcový režim** neboli glaciální je charakteristický nízkými zimními odtoky a naopak vysokými letními odtoky. Roční křivky odtoku jsou zpravidla shodné. Odtokový režim je závislý na sněhu a ledu, zatímco vliv dešťových srážek je v porovnání minimální. V letních měsících silně koreluje výše odtoku s teplotou. A to i v časovém rozmezí jednoho dne, kdy může docházet k velkému kolísání objemu vody. Příkladem ledovcového režimu odtoku je Rhona (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1974).

b. **Horský sněhový režim** se ročním rozložením odtoku podobá ledovcovému. Tedy minimum odtoku v zimě a maximum v létě. Na rozdíl od ledovcového typu však letní maximum pramení z tajícího sněhu. Maximum proto nastupuje dříve než u ledovcových režimů a také dříve ustupuje v závislosti na vyčerpání zásob tajícího sněhu. Po jeho vyčerpání již můžeme pozorovat vliv dešťových srážek, který je u ledovcových toků často zanedbatelný. Příkladem tohoto typu režimu je řeka Inn (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

c. **Rovinný sněhový režim** se vyznačuje výrazným jarním nástupem vodnatosti a s tím i přicházejícími povodněmi. Je typický pro řeky tekoucí v kontinentálních rovinách či nížinách. Od horského se odlišuje intenzivnějším táním sněhu v nižších polohách. S tím souvisí již zmíněný jarní nástup. Mezi řeky s rovinným odtokovým

režimem patří například ruské toky (Volha) (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

- d. **Oceánský dešťový režim** se nachází v oblastech s mírným oceánským podnebím. A je tedy závislý na dešťových srážkách dopadajících na povodí daného toku. Maxima dosahuje v deštivých zimních měsících a minima v letních. Kolísání průtoku v průběhu roku je malé, avšak roční křivky se od sebe mohou lišit v závislosti na počasí v daných rocích. Tento typ reprezentují řeky západní Evropy (například Temže) (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).
- e. **Tropický dešťový režim** dosahuje svého maxima během teplých a deštivých period, které se zpravidla objevují v létě. Minima dosahuje v suchých periodách často připadajících na první jarní měsíce. Mnohdy se však stává, že v jednom roce mohou nastat dvě oddělená maxima. Vyznačuje se také sezónní stabilitou průtoků v jednotlivých rocích. Příkladem těchto toků je Nil nebo Zambezi (TRIZNA, 2007).

2. **Komplexní režim prvního stupně** charakterizuje situace, kdy má tok dva nebo více zdrojů napájení. U takovýchto režimů je častý výskyt více maxim a minim v průběhu roku. Základní dělení definuje čtyři typy odtokových režimů: sněhový přechodný, sněhovo-dešťový, dešťovo-sněhový a ekvatoriálně dešťový (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

- a. **Sněhový přechodný režim** je typický pro řeky s průměrnou nadmořskou výškou 1500 metrů na ploše jejich povodí. V odtokovém režimu se objevuje větší stabilita související s vyšším podílem dešťových srážek než u klasických sněhových či ledovcových režimů. Maxima dosahuje tok v červnu, kde hraje důležitou roli tající sněh. Díky zvyšující se roli dešťových srážek dosahuje řeka i druhotného maxima koncem podzimu. Tento typ odtokového režimu můžeme sledovat v Pyrenejích (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).
- b. **Sněhovo-dešťový režim** charakterizuje střídání dvou maxim a minim. K maximálním hodnotám dochází na jaře a na podzim, kde

podobně jako v předchozím typu je jarní maximum hlavní a závisí na tajícím sněhu. Podzimní maximum závisí na srážkách v podobě deště. Déšť však společně s výparem hraje stále významnější roli. Výrazná letní minima jsou zapříčiněna právě působením výparu. Druhotné minimum pak nastává v zimě, kdy ubývá dešťových srážek. Mezi takovéto řeky patří řeka Emme (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

- c. **Dešťovo-sněhový režim** je dalším stupněm menší závislosti odtoku na sněhových srážkách. V průběhu roku opět nastávají dvě maxima a minima. Prvního maxima, které je výraznější, se dosahuje na jaře, kdy ho posiluje tání sněhu a druhého na podzim. To je již zcela napájeno deštěm. Minimum dosahuje odtok v létě a v zimě, přičemž v létě je minimum výraznější. Tento typ odtokového režimu se může dále rozdělovat na vícero podtypů, které jsou závislé na jejich geografické poloze a charakteristice (například středomořský). Pro tyto toky je také význačná meziroční nepravidelnost (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).
- d. **Ekvatoriálně dešťový režim** stojí na pomezí skupiny komplexních režimů prvního stupně. Ačkoliv splňuje podmínku dvou ročních maxim, tak zpravidla nemá jiný než dešťový zdroj napájení. Tudíž není jasné, zda vůbec do této skupiny patří (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

- 3. **Komplexní režim druhého stupně** zahrnuje situaci, kdy se v konečném odtokovém režimu projevují různé typy režimů přítoků dané řeky nebo různé typy klimatu na povodí řeky. Výsledný režim je pak kombinací všech kumulujících se režimů a faktorů na daném toku. Podle Pardého existují 3 základní typy. Řeky, které jsou v horní části toku napájeny tajícím sněhem či ledem a v dolní části toku deštěm. Dále řeky, které jsou prvotně napájené tajícím sněhem nebo ledem a zároveň alespoň dvěma typy klimazonálních dešťů. A nakonec řeky, které jsou napájeny výlučně deštěm, ale pouze v případě, že jsou to alespoň 2 druhy dešťových srážek (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

### 2.2.3 Klasifikace M. I. Lvoviče

M. I. Lvovič byl ruský geograf, který svou první verzi klasifikace vydal v roce 1938. Tehdy se však týkala pouze území SSSR. V dalších letech ji rozšířil na celosvětovou. Pracoval s genetickým principem hydrografů, přesněji s jejich vertikálním (dle genetického původu) a horizontálním (rozdělení na kalendářní sezóny) rozčleněním. Novým krokem v tvorbě klasifikací bylo především uznání podzemní vody jako plnohodnotného zdroje napájení. Tudíž ke třem (sníh, déšť, ledovec) již používaným zdrojům přibyl čtvrtý. Tyto zdroje Lvovič rozděluje podle jejich podílu na ročním odtoku na 3 skupiny: podíl nad 80%, 50-80% a pod 50%. Dále podobným procentuálním principem rozděluje tříměsíční kalendářní sezóny dle jejich podílu na odtoku. Pro severní polokouli je to březen až květen. Pro jižní zónu až listopad. Tímto způsobem popsal 38 odtokových typů, které dále sloučil do dvanácti skupin (TRIZNA, 2007; KRASOVSKAIA, 1997).

Amazonský, nigerský, amurský, mediteránní, oderský, volžský, yukonský, nurský, grónský, kavkazský a loa (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972).

Tato klasifikace byla opět dalším krokem k automatizaci metod výzkumu odtokových režimů.

### 2.2.4 Klasifikace Grimma

Grimmova klasifikace vznikla v roce 1968. Jedná se o kvalitativní klasifikaci, která se věnuje pouze evropským tokům. Její metodika spočívá ve čtyřech základních kritériích. Intenzita a doba nástupu minima, intenzita a doba nástupu prvního maxima, intenzita a doba nástupu druhého maxima a průměrný specifický odtok. Přičemž intenzita minima je definována jako hodnota specifického odtoku za 3 po sobě jdoucí měsíce. Intenzita maxima je podíl průměrného průtoku dvou po sobě jdoucích měsíců a průměrného ročního průtoku. A u kritéria specifického odtoku se hodnotí jeho roční kolísání (nízké, střední a vysoké) (HAVELKA, 2002). Touto metodikou bylo po generalizaci stanoveno 9 typů odtokových režimů.

1. **W – dešťový režim** má první dešťové maximum v zimě, se střední intenzitou. Druhé maximum má v létě nebo na podzim a má středně až vysoce rozkolísaný roční specifický odtok při celoročním dostatku vody.

2. **H – dešťový režim** se vyznačuje středním deštivým maximem na podzim, druhým maximem v zimě či na jaře se středními až vysokými ročními specifickými odtoky a dostatkem vody po celý rok.
3. **W – xeropluvialní** režim má středně až velmi silné podzimní nebo zimní sněhovo - dešťové maximum a nízké kolísání specifického odtoku.
4. **FH – niválně – pluvialní** režim má střední intenzivní sněhovo – dešťové maximum na jaře, druhotné maximum na podzim a má středně až vysoce rozkolísaný specifický odtok při dostatku vody po celý rok.
5. **F – nivo – pluvialní režim** charakterizuje středně intenzivní sněhovo – dešťové jarní maximum, středně až vysoce rozkolísaný roční specifický odtok při celoročním dostatku vody.
6. **F – nivální režim** je typický silným jarním maximem s celoročním dostatkem vody převážně sněhového původu.
7. **S – nivální režim** má velmi silné letní maximum a celoroční dostatek vody převážně sněhového původu.
8. **F – xero – nivální** režim se vyznačuje silným jarním maximem, silným minimem a nízkými až středními specifickými odtoky ze sněhových zdrojů.
9. **F – aridní – nivální režim** je charakterizován převahou jarního odtoku niválního původu s jinak nízkými průtoky po zbytek roku a malými až středními ročními specifickými odtoky.

Oproti předešlým klasifikacím je Grimmova detailnější a používá více kvantitativních charakteristik (HAVELKA, 2002).

### 2.2.5 Klasifikace Beckinsalea

Beckinsale ve své klasifikaci pracuje s klasifikací klimatu. Prosazuje, že odtokový režim závisí na vzájemném působení fyziografie povodí a klimatu. Svou klasifikaci vydal v roce 1969 a rozlišuje 3 základní skupiny globálních režimů (BECKINSALE, 1969 in HAVELKA, 2002).

1. **A – Megatermální**, které se rovná tropickému dešťovému klimatu s ročním teplotním minimem 18 °C.
2. **C – Mezotermální** odpovídá mírně teplému klimatu.
3. **D – Mikrotermální** odpovídá mírně studenému klimatu.

Další klasifikační znaky jsou:

F – odtok po celý rok

W – nízké průtoky v zimě

S - nízké letní průtoky

A také a, b, c, d podle teplotních poměrů v měsíci (BECKINSALE, 1969 in HAVELKA, 2002).

### **2.2.6 Klasifikace Zajkova**

Jedná se o pouze regionální klasifikaci a to pro území bývalého SSSR. Řeky jsou zde rozděleny do 3 skupin podle zdroje napájení a rozdělení toku během sezón. Vzhledem k velké ploše území tehdejšího SSSR a díky němu rozkolísaným začátkům sezón v jednotlivých regionech stanovil Zajkov své vlastní rozdělení roku. Zvolil následující sezóny: jaro, které probíhá od března do června, léto, které začíná v červenci a končí v srpnu, podzim, který nastává v říjnu a končí v listopadu a nakonec zimu. Ta začíná v prosinci a končí v únoru (ZAJKOV, 1944 in HAVELKA, 2002).

Zajkov rozdělil zkoumané řeky do tří základních skupin, ve kterých pojmenoval několik typů odtokových režimů. První skupinou řek jsou toky se sněhem jako hlavním zdrojem napájení, kdy odtok vrcholí na jaře při velkém tání. Druhá skupina je charakterizována taktéž táním sněhových a ledových srážek, avšak oproti první skupině období tání nastává až během léta. Jedná se zpravidla o výše položené toky. Třetí skupinou jsou řeky, kde je celoročně hlavním zdrojem dešť. Ty se nacházejí v teplejších oblastech bývalého SSSR (NETOPIIL, 1972).

### **2.2.7 Klasifikace Sokolovského**

Sokolovského klasifikace byla dalším projektem postihujícím region SSSR. Sokolovský ji rozšířil z původních tří skupin na čtyři. První skupinou jsou podle něho řeky, kde převládají jarní povodně způsobené táním sněhu. Druhou skupinou jsou toky, na kterých taktéž dochází k povodním po roztátí sněhu, avšak vyskytují se zde i deštěm způsobené povodně v teplých měsících. Třetí skupina je charakterizována letními dešťovými povodněmi. A čtvrtá skupina celoročními nebo zimními dešťovými povodněmi (HAVELKA, 2002).

### 2.2.8 Klasifikace Hainese

Klasifikace zpracovaná Hainesem a jeho výzkumným týmem je jednou z prvních klasifikací zpracovaných s využitím počítače a metody seskupování dle kvantitativních faktorů. Jako vstupní data do své analýzy si Haines vybral data měsíčních průtoků nasbíraných v průběhu přibližně třiceti let z hydrologických stanic na řekách z různých koutů světa. Z těchto údajů po počítačem zpracované analýze seskupoval toky do skupin na základě blízkosti jednotlivých kritérií z výzkumu. Nejdůležitější zpracovaná kritéria byla intenzita maxim a minim, jejich výskyt a odtokový objem řeky v průběhu roku (HAINES, 1998).

Klasifikace dostala následně grafickou podobu ve formě mapy a charakteristik pro jednotlivé skupiny (HAINES, 1998).

### 2.2.9 Klasifikace Krasovské

Pro tvorbu své klasifikace využila Irina Krakovská opět metodu seskupování. Aplikace této metody probíhala také na datech z měsíčních průtoků. V klasifikaci byly k seskupování použity dva hlavní faktory: rozložení odtoku v průběhu roku a zdroj napájení. Na základě analýzy byly pojmenovány a charakterizovány následující typy (KRASOVSKAIA, 1997):

1. **Skandinávský režim**, kde minimum nastává během zimy a maximum na přelomu jara a léta. Hlavním zdrojem je zde sníh.
2. **Severní vnitrozemský režim**, kde oproti skandinávskému nastává i druhotné maximum z dešťových srážek.
3. **Jižní vnitrozemský režim**, který má jarní a podzimní maximum a minimum, které nastává v zimě a v létě.
4. **Atlantický režim** je charakterizován dešťovým zdrojem napájení se zimním maximem a letním minimem.
5. **Oceánský režim** je do jisté míry podobný jako Atlantický, avšak je zde větší vliv oceánského podnebí. Rozdíl mezi maximem a minimem je méně výrazný. Místní fyzicko-geografické faktory mají velký dopad na rozložení toku v průběhu roku (KRASOVSKAIA, 1997).

### 2.2.10 Klasifikace Harrise

Harrisova klasifikace se zabývá souvislostmi odtokových režimů a teplot vzduchu ve zkoumané oblasti a jejich vlivem na ekosystém. Výzkum byl realizován pro region Velké Británie a je tedy pouze regionální klasifikací. Klasifikace byla zpracována z denních měření těchto veličin a jejich interpretací z hlediska ročního průběhu (tzv. shape) a velikosti extrémních hodnot jako jsou maxima a minima (tzv. magnitude) (HARRIS et al., 2000).

Pro roční záznamy teplot byly klasifikovány tři skupiny:

- „A“ s prosincovým minimem
- „B“ s lednovým minimem
- „C“ s únorovým minimem

Pro velikost extrémních hodnot byly stanoveny čtyři skupiny:

- „1“ se studeným rokem a studenou zimou
- „2“ se středním rokem a studeným létem
- „3“ se středním rokem a teplým létem
- „4“ s teplým rokem a teplou zimou

Pro roční průběh odtoku bylo vytvořeno pěti skupin:

- „A“ s listopadovým maximem
- „B“ s prosincovým až lednovým maximem
- „C“ s březnovým maximem a prosincovým druhotným maximem
- „D1“, která reprezentuje zvláštní skupinu, kde v roce 1996 nastaly tři maxima.
- „D2“, která se zdánlivě ztotožňuje s charakteristikou „D1“, ale k maximům dochází v jiných měsících.

Pro průběh extrémních hodnot odtoku byly stanoveny čtyři skupiny:

- „1“ s nízkým průtokem a relativně nízkými hodnotami všech ukazatelů
- „2“ s nízkým průtokem, ale s relativně vysokým minimem
- „3“ se středním průtokem

„4“ s vysokým průtokem a relativně vysokými hodnotami maxima (HARRIS et al., 2000)

### **2.2.11 Klasifikace Parajka**

Tato klasifikace se soustředí na oblast Alpského a Karpatského pohoří. Většina současných klasifikačních výzkumů se orientuje na relativně malé území určitého regionu nebo státu. Ve výzkumu, který se věnuje většímu území, klesá důležitost konkrétních fyzicko-geografických podmínek. Tato práce se věnuje především výskytu povodní v daném regionu. Snaží se stanovit klasifikaci povodňových režimů pomocí dlouhodobých hydrologických předpokladů a klimatických dat. Metodou výzkumu se stala analýza sezonality záplav podle dat z hydrologických stanic. Na ní navázala shluková analýza, do které vstupovaly následující normalizované parametry: průměrné datum záplav, variabilita data průměrných záplav, průměrné datum maxima, variabilita průměrného data maxima a vzájemná vzdálenost povodí. Výsledkem bylo vytvoření osmi skupin a jejich charakteristika podle sezonality a síly jejich povodní (PARAJKA et al., 2010).

### **2.2.12 Klasifikace Zhanga**

Zájmovou oblastí tohoto výzkumu je povodí řeky Chuaj-che v Číně. Tato řeka byla zásadně ovlivněna výstavbou vodních nádrží. Pro výzkum bylo použito hydrologických a klimatických dat ze stanic v povodí řeky. Také zde byla zhodnocena další geografická data jako elevace povodí, struktura říční sítě a půdní podloží. Data pro analýzu byla založena na měsíčních průměrech sledovaných veličin. Pro zpracování dat bylo použito několik metod (ZHANG et al., 2011). Pomocí Pearsonova korelačního koeficientu, používaného pro zkoumání lineární korelace (KENT STATE UNIVERSITY LIBRARIES, 2017) a analýzy hlavních komponent (PCA), což je metoda používaná k dekorelaci dat a snížení počtu parametrů (JOLLIFFE, 2002), byly sjednoceny parametry, které spolu silně korelovaly. Následně byla provedena shluková analýza pomocí Wardovy metody (ZHANG et al., 2011), která minimalizuje počet čtverců mezi dvěma shluky ve vícerozměrném prostoru (WARD, 1963). Současně byla také použita metoda eukleidovské metriky pro shlukování (ZHANG et al., 2011), která hledá nejkratší vzdálenost mezi dvěma body ve vícerozměrném prostoru (HENDL, 2004). Na základě těchto analýz bylo povodí řeky Chuaj-

che rozřazeno do 6 skupin (ZHANG et al., 2011), jejichž podrobná charakteristika pro nás již není důležitá.

### 2.3 Hydrologický režim v regionálním měřítku

Pokud se zabýváme hodnocením režimu řeky v měřítku celého kontinentu, výsledek takového výzkumu ovlivňuje velká míra generalizace. V případě této bakalářské práce se tedy jedná o v průměru jednu až dvě hydrologické stanice na řeku a jejich sledování v průběhu přibližně třiceti let. Následná práce se průměrovanými daty nezohledňuje různorodost odtoku v rámci několika let. Není tedy schopna popsat detailně rozdíly mezi jednotlivými částmi toku řeky, především změny charakteru odtoku v závislosti na přítocích.

Jako příklad výzkumu, který byl zpracován v menším měřítku na jedné konkrétní řece, můžeme uvést zpracování charakteristiky režimu a jeho změn pro řeku Douro v severním Španělsku. Data odtoku této řeky byla nashromážděna mezi lety 1961-2006 ze 114 hydrologických stanic. Ne všechny stanice však měly potřebnou kvalitu datových řad a proto bylo nakonec selektováno 56 stanic pro následnou analýzu. Výzkumný tým stanovil pro Douro tři přechodné režimy. První byl **dešťový** s maximem v zimě zdůvodněným faktem, že deštivé období začalo již na podzim, avšak na odtoku řeky se projevilo až po saturaci vyschlého podloží v oblasti povodí řeky. Druhým typem je **sněhovo - dešťový** režim s maximálním průtokem na jaře. Tento režim byl zaznamenán především ve vyšších partiích toku, kde se zimní srážky konzervovaly ve formě sněhu či ledu a odtok řeky ovlivnily až při jarním tání. Třetí režim byl popsán jako **člověkem ovlivněný**. Vyznačuje se relativně vyrovnaným průtokem během zimy a jara a pak následným nárůstem průtoků během letních měsíců. Je to typický jev pro člověkem uměle navyšovanou hladinou vody pro potřeby obyvatel, zavlažování atp. (MORÁN-TEJEDA et al., 2011).

Pokud srovnáme podrobnost tohoto výzkumu se vstupními daty do této práce, tak je jasné, že v měřítku celé Evropy a s omezenou detailností volně dostupných dat nebude možné identifikovat tři různé režimy na jedné konkrétní řece, nýbrž se bude jednat spíše o sloučení těchto různých režimů zachycené na konkrétním místě řeky.

### **3 Metodika práce**

V metodice této práce bylo důležitých několik kroků. Nejdříve bylo nutné získat data pro analýzu, následně bylo tyto data nutné parametrizovat. Vypočítané parametry byly poté normalizovány pro vstup do shlukové analýzy. Po provedení analýzy byly výsledné shluky stanic pojmenovány a charakterizovány dostupnými daty.

#### **3.1 Zdroje dat k analýze**

Pro analýzu odtokového režimu je nutné získat data z měření provedených na zkoumaných řekách. Pro účely této práce byla vybrána volně dostupná online hydrologická data z hydrologických stanic z databáze UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0. Tyto data obsahují průměrné měsíční průtoky, maximální a minimální měsíční průtoky, informace o hydrologické stanici a diagram ročního průběhu měsíčních průtoků. Délky období, která tato data reprezentují, se stanice od stanice liší. U některých stanic probíhal sběr dat od poloviny 19. století do roku 2000, u některých je pak časový interval menší, například od roku 1960 do roku 2000. Pro získání klimatických dat byla vybrána databáze KLIMADIAGRAMME WELTWEIT. Tato databáze obsahuje data klimatologických stanic v Evropě a k dispozici jsou průměrné měsíční hodnoty teploty a úhrnu srážek z dané stanice. Ke každé hydrologické stanici byla přiřazena klimatologická tak, aby data reprezentovala co nejefektivněji spádovou oblast dané hydrologické stanice, tedy zpravidla nejbližší střed této plochy. Klimatická data, která byla použita, byla zpravidla naměřena od roku 1969 do 1999.

#### **3.2 Zpracování dat**

Získaná hydrologická data byla dále použita pro výpočet následujících hydrologických ukazatelů.

Tabulka 1 Přehled použitých parametrů

Specifický odtok
Objem odtoku
Odtoková výška
Součinitel odtoku
Podíl průměrného minima na průměrném maximu
Podíl absolutního minima na absolutním maximu
Koeficient míry nevyrovnanosti
Koeficient koncentrace odtoku

Zdroj: Vlastní zpracování

**Specifický odtok** je definovaný jako průtok vztažený k ploše povodí. Umožňuje posoudit vodnosti v jednotlivých povodích nebo jejich částech. Značí se písmenem „ $q$ “ a je zpravidla uváděn v jednotce  $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  nebo  $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$  (FRAJER et PAVELKOVÁ, 2013). Původně byl specifický průtok vypočítán pro každý měsíc, aby data lépe reprezentovala změny průtoku v průběhu roku. Tímto způsobem do analýzy vstupovalo 17 parametrů, z nichž 12 byl specifický průtok. Výsledek pak byl silně znehodnocený svou závislostí na specifickém odtoku. Nakonec byl tedy stanoven specifický odtok pro celý rok a vstupoval do analýzy jako jediná hodnota.

Dále byl vypočítán celkový roční **objem odtoku** definovaný jako objem vody, který odteče z vodního útvaru za určité časové období. Značí se „ $V_o$ “ a uvádí se v  $m^3$  nebo  $km^3$  za dané období (den, měsíc či rok) (FRAJER et PAVELKOVÁ, 2013).

Dalším ukazatelem byla **odtoková výška** definovaná, jako výška vrstvy vody, která se vytvoří při rovnoměrném rozprostření množství odteklé vody na ploše daného povodí. Značí se „ $H_o$ “ a uvádí se v jednotce mm.

Dále byl vypočítán **součinitel odtoku**. Ten vyjadřuje celkové podmínky pro odtok v povodí bez vlivu geografických faktorů v daném povodí. Jedná se o podíl výšky odtoku a výšky srážek. Vyjadřuje, jaké množství srážek z povodí odteklo. Značí se „ $\phi$ “ a je bezrozměrnou veličinou (FRAJER et al., 2013).

Jako další ukazatel byl zvolen **podíl minimálního naměřeného měsíčního průtoku v období sběru dat na maximálním naměřeném měsíčním průtoku**. Podobný koeficient byl pak stanoven i pro **podíl minimální hodnoty z průměrných měsíčních hodnot na maximální hodnotě**. Oba tyto parametry jsou bezrozměrnou veličinou.

Dále byl vypočítán koeficient **míry nevyrovnanosti**, pro který se musel spočítat průměrný roční průtok. Následně se jednotlivé měsíční průtoky vyjádří jako procentuální podíl na průměrném ročním průtoku. Nevyrovnanost těchto podílů je poté vyjádřena jako absolutní hodnota odchylky od teoretického procentuálního podílu (8,33%) jednotlivého měsíce na ročním průtoku. Konečný koeficient míry nevyrovnanosti je pak sumou odchylek všech měsíců dělenou již zmíněnou hodnotou 8,33. Značí se „**Kr**“ (NETOPIL, 1981).

Posledním parametrem se stal **koeficient koncentrace odtoku**. Tento koeficient vychází z indexu ombrické kontinentality používaném pro klimatické výzkumy. Pro klima se tento ukazatel používá například pro určení ročního rozložení srážek v dané oblasti (BRÁZDIL, 1978). V této práci byl použit pro hodnoty průměrných měsíčních průtoků. Výsledná hodnota koeficientu je vyjádřena jako úhel na 360° grafu. Prvním krokem výpočtu je stanovení úhlu pro každý měsíc v roce. V našem případě je to leden 90°, únor 60°, březen 30°, duben 0°(360°), květen 330°, červen 300°, červenec 270°, srpen 240°, září 210°, říjen 180°, listopad 150° a prosinec 120°. Pro výpočet v programu Microsoft Excel se stupňové hodnoty musí převést na radiány. Dalším krokem je výpočet součinu každé měsíční hodnoty zkoumané veličiny s cosinem úhlu daného měsíce. Stejná operace je následně provedena i pro sinus úhlu daného měsíce. Následně se aplikuje funkce arctangens podílu sumy provedených cosinových součinů na sumě provedených sinových součinů. Tímto získáme výsledný úhel, který se převede na stupňovou hodnotu. Tato úhlová hodnota nám pak vyjadřuje výsledný vektor koncentrace dané veličiny na 360° grafu (BRÁZDIL, 1978).

Do analýzy nebyly z těchto vypočítaných parametrů použity objem odtoku a odtoková výška z důvodu vzájemné závislosti proměnných a výše zmiňovaný specifický průtok pro jednotlivé měsíce. Pro vstup do shlukové analýzy bylo nutné všechny parametry normalizovat. Z toho důvodu byly všechny hodnoty převedeny do intervalu od 0 do 1, a to podle obecného vzorce  $(x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$ .

### 3.3 Metoda analýzy a zpracování jejího výstupu

Z metod pro tvorbu klasifikace nastudovaných během rozboru literatury byla hledaná taková, která by nebyla náročná na detailní data, protože máme k dispozici jen měsíční průměry a zároveň svou komplexností odpovídající potřebám bakalářské práce.

V současné době se v hydrologii velice často pracuje se shlukovými analýzami. Těmito metodami je možné vytvářet tzv. dendrogramy, tedy stromovou strukturu založenou na měření vzdálenosti podle zvoleného způsobu analýzy (HENDL, 2004). Na základě tohoto dendrogramu je pak možné vytvořit návrh klasifikace zkoumaných objektů (HLADNÝ et ČEKAL, 2008). Vzhledem k dostupnosti softwaru Statistica na katedře geografie Západočeské univerzity byla zvolena jedna z metod jednoduchého spojení a to pomocí eukleidovské metriky (vzdálenosti). Tato metoda používá pro tvorbu dendrogramu nejkratší vzdálenost mezi dvěma body ve vícerozměrném prostoru (HENDL, 2004). V našem případě šesti proměnných se jedná o šestirozměrný prostor. Následně se vytvořený dendrogram použije jako základ pro návrh klasifikace.

### **3.4 Návrh klasifikace odtokových režimů a charakteristika jejích skupin**

Po vytvoření dendrogramu získaného shlukovou analýzou následuje jeho rozbor a rozdělení do skupiny na základě míry nepodobnosti znázorněné délkou úseček v dendrogramu (HLADNÝ et ČEKAL, 2008). Takovéto rozdělení je však pouze návrhem klasifikace. V rámci stanovených skupin je poté potřeba zkontrolovat správnost zařazení a v našem případě vyřešit komplikované zařazení některých řek, na jejichž toku bylo k dispozici více stanic, kde se hodnoty parametrů mohou zásadně lišit. Při detailnějším zkoumání charakteristik stanovených skupin bylo možné pojmenovat a charakterizovat množství podskupiny založené na podobných charakteristikách a regionální příbuznosti. Při charakterizování vytvořených kategorií byla použita již výše zmíněná hydrologická data a zároveň data průměrných měsíčních teplot a průměrných měsíčních úhrnů srážek z klimatologických stanic.

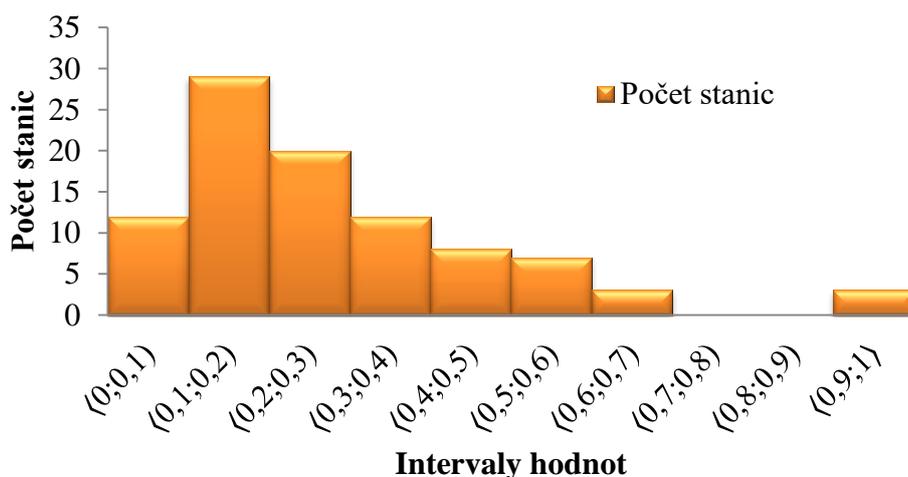
## 4 Výsledky

Do výsledků této práce je kromě samostatného návrhu klasifikace zahrnuta i analýza parametrů používaných při výzkumu, protože z ní lze vydedukovat, jakým způsobem může být výstup shlukové analýzy nepřesný.

### 4.1 Analýza parametrů

Součástí práce byla také analýza jednotlivých ukazatelů použitých pro výzkum. Ze vstupních hodnot do shlukové analýzy zpracovaných do intervalu od 0 do 1 lze vytvořit histogramy znázorňující početnost stanic v intervalech jednotlivých parametrů. Tyto histogramy by teoreticky měly mít průběh Gaussovy křivky.

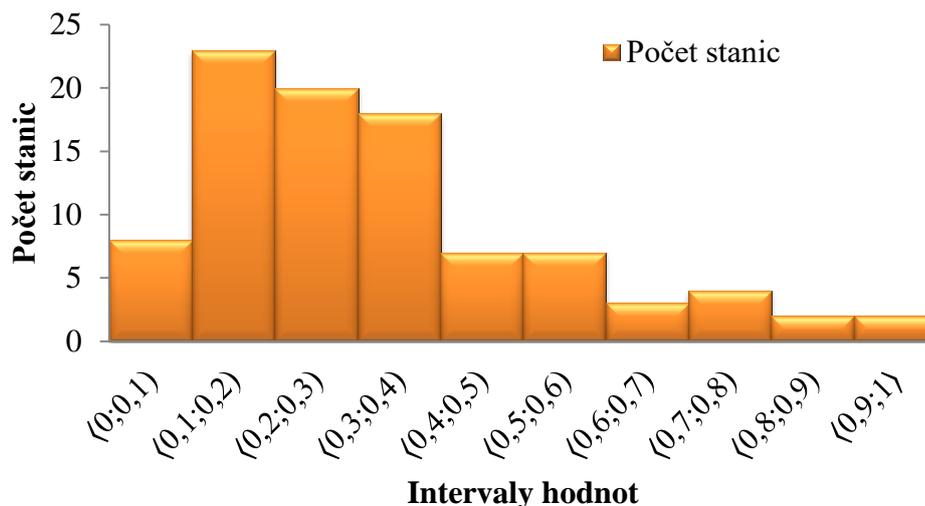
Prvním zkoumaným parametrem je specifický odtok ( $q$ ). Většina hodnot specifického odtoku se pohybuje v nižších intervalech, nejvíce v intervalu  $(0,1;0,2)$ , zatímco v intervalu  $(0,7;0,9)$  nebyla zaznamenána žádná stanice (Obrázek 1). Je to pravděpodobně způsobeno deformací grafu zešikmením zprava z důvodu výpočtu specifického odtoku, jako odtoku z plochy spádové oblasti dané stanice. Histogram má leptokurtický charakter a je unimodální. Velké řeky s velkým počtem přítoků mají na takovou plochu mnohokrát větší průtok než menší, ne tak vodnaté toky. Vytváří tedy v takto normalizovaných hodnotách vysoké maximum, které zdánlivě snižuje ostatní hodnoty. V případě našeho výzkumu jsou takovéto problémové řeky především Volha a Dunaj.



Obrázek 1 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech specifického odtoku

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

Dalším parametrem je součinitel odtoku ( $\phi$ ). Protože se tento ukazatel částečně počítá pomocí specifického odtoku, jeho histogram má podobný charakter (Obrázek 2). Je tedy také unimodální, leptokuristický a zešikmený zprava. Projevuje se zde však vliv úhrnu srážek na daném území, jehož hodnoty nemusí korelovat se specifickým odtokem. Dále se zde může projevovat nepřesnost parametru z důvodu lokalizace hydrologických a klimatologických stanic. Hydrologické stanice reprezentují určitou část povodí dané řeky, zatímco klimatologické stanice reprezentují oblast kruhového charakteru se středem v místě stanice. Plocha sběru dat z obou stanic tedy nemusí souhlasit. Taková nepřesnost je umocněná, pokud se jedná o hydrologickou stanici na dolním toku řeky s dlouhým korytem a velkou plochou povodí (včetně přítoků). Jedna klimatická stanice pak reprezentuje pouze malou část spádové oblasti dané hydrologické stanice.

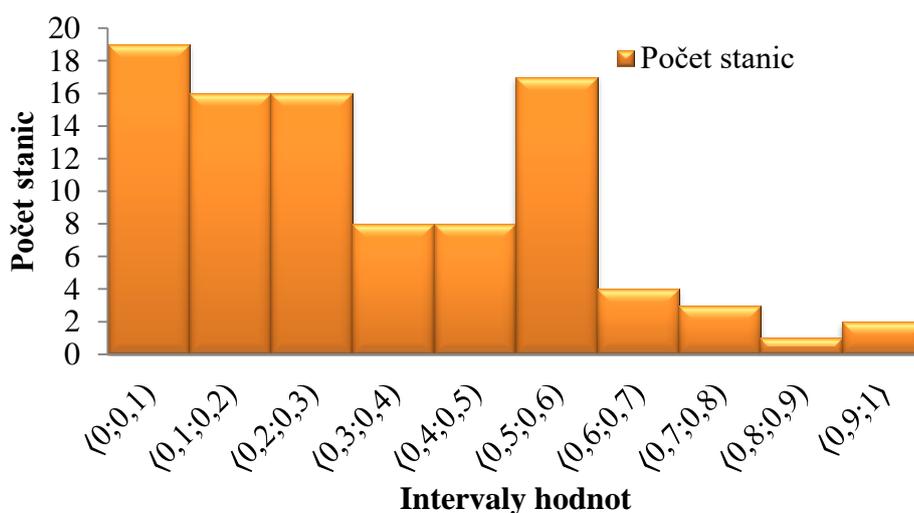


Obrázek 1 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech součinitele odtoku

Vlastní zpracování z dostupných online dat serverů KLIMADIAGRAMME WELTWEIT a UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

Třetím zkoumaným parametrem je podíl průměrného minima na průměrném maximu. Zde opět můžeme pozorovat větší zastoupení stanic v nižších intervalech (Obrázek 3). Důvod pro takovýto posun grafu je podobný, jako u specifického odtoku. V nejnižších intervalech se nachází řeky s velice rozkolísanými průtoky (nejvíce řeka Usa) s charakteristickým nástupem průtoku v období jednoho až dvou měsíců, který je

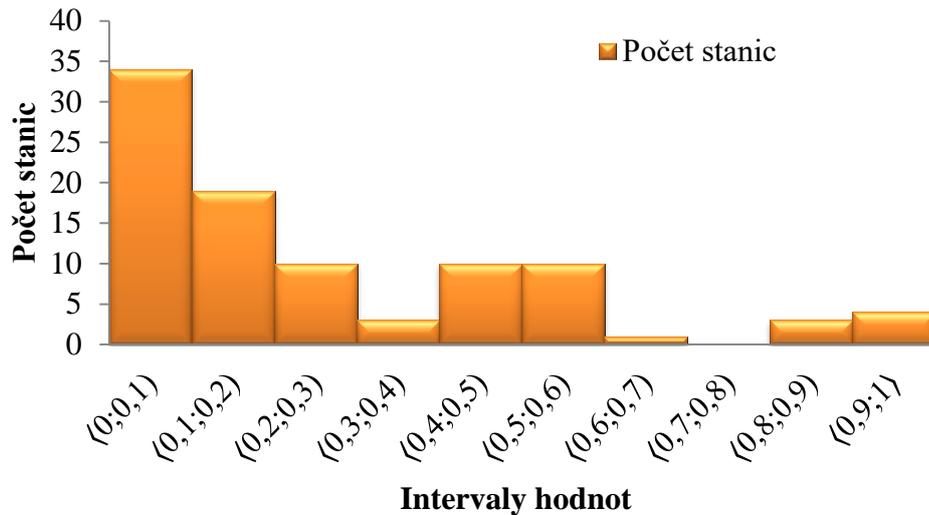
několikanásobně vyšší než průtoky v ostatních měsících. Režim většiny zkoumaných řek je nějakým způsobem podobně rozkolísán. Na druhé straně grafu figurují toky, jejichž průtok se v průběhu rok mění jen velice nepatrně. Typicky se jedná o řeky vytékající z velkých jezer. Tyto řeky pak podobně jako u grafu specifického odtoku vytváří vysoké maximum normalizovaného parametru a způsobují zešikmení zprava. Opět se jedná o leptokurtický histogram, oproti předešlým je však tento bimodální.



Obrázek 2 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech podílu průměrného minima na průměrném maximu

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

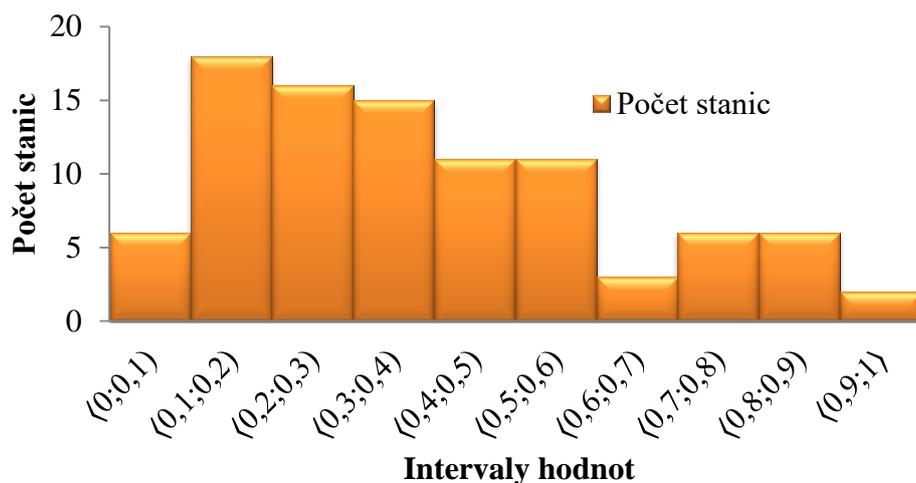
Podobná charakteristika, jako na podíl průměrných hodnot minima a maxima by se dal použít i na další ukazatel a to podíl absolutního minima na absolutním maximu. Postavení stanic v grafu je podobné jako v předcházejícím případě, avšak v nejnižším intervalu je větší četnost (Obrázek 4). Je to způsobeno tím, že se sem zařazují řeky, jejichž koryto za dobu sběru dat vyschlo a jeho absolutní minimum je tedy 0. Histogram je zešikmený zprava, leptokurtický a unimodální.



Obrázek 3 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech podílu naměřeného minima na maximu

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

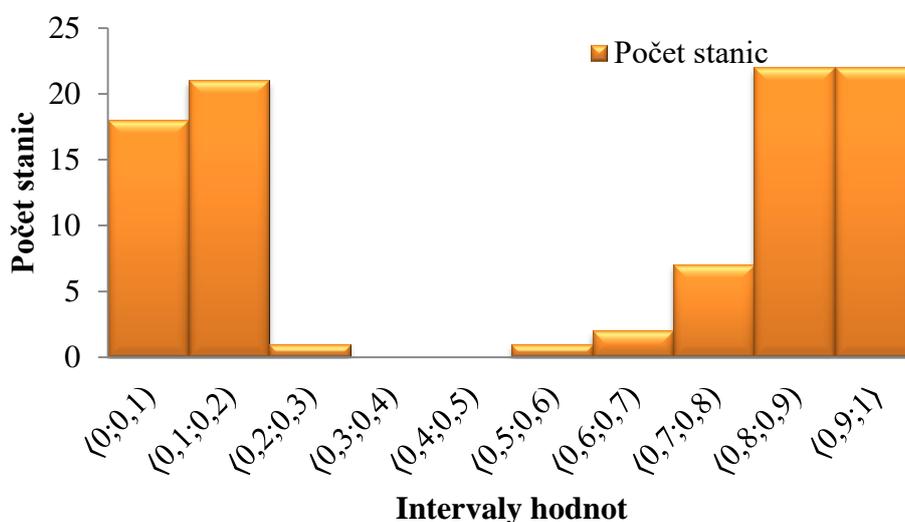
Dalším parametrem je koeficient míry nevyrovnanosti. Histogram tohoto ukazatele již lépe kopíruje teoretické rozložení Gaussovy křivky (Obrázek 5). Je zde však stále patrný určitý posun směrem doleva, protože i v tomto parametru hodnoty zkreslují řeky s extrémně vyrovnanými režimy. Opět se objevuje zešíklý charakteru grafu zprava, také se jedná o unimodální histogram, avšak špičatost je normální.



Obrázek 4 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech koeficientu míry nevyrovnanosti

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

Teoretické Gaussově křivce nejvíc odpovídá koeficient koncentrace odtoku, kdy tento koeficient u většiny řek ukazuje na období od března do června. Na Obrázku 6 je toto období reprezentováno hodnotami v intervalu  $(0;0,2)$  a  $(0,7;0,1)$ . Stanovením úhlových hodnot pro výpočet tohoto parametru však výsledný histogram může být zavádějící. Důvodem, proč histogram tohoto ukazatele není nijak zásadně zdeformován, je ten, že jeho výpočet není závislý na specifickém odtoku ani s výskytem maximálních a minimálních hodnot. Histogram je leptokutický a bimodální až multimodální.



Obrázek 5 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech koeficientu koncentrace odtoku

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

Na základě zkoumání jednotlivých histogramů ukazatelů tohoto výzkumu lze pozorovat jejich vzájemnou míru závislosti. Tu je možné vyjádřit, jako korelační tabulku (Tabulka 1). Hodnoty v této tabulce jsou v intervalu od 0 do 1, kdy 0 znázorňuje úplnou nezávislost jednoho parametru na druhém a 1 naopak úplnou závislost. Tabulka potvrzuje korelace mezi parametry sledované v jejich histogramech. Podíl průměrného minima na průměrném maximu, podíl absolutního minima na absolutním maximu a míra nevyrovnanosti spolu velice silně korelují, což bylo očekáváno vzhledem k faktu, že všechny obecně charakterizují rozkolísanost režimů. Dále spolu silně korelují specifický odtok a součinitel odtoku. I tato korelace byla očekávaná, protože specifický odtok figuruje ve vzorci pro výpočet součinitele odtoku.

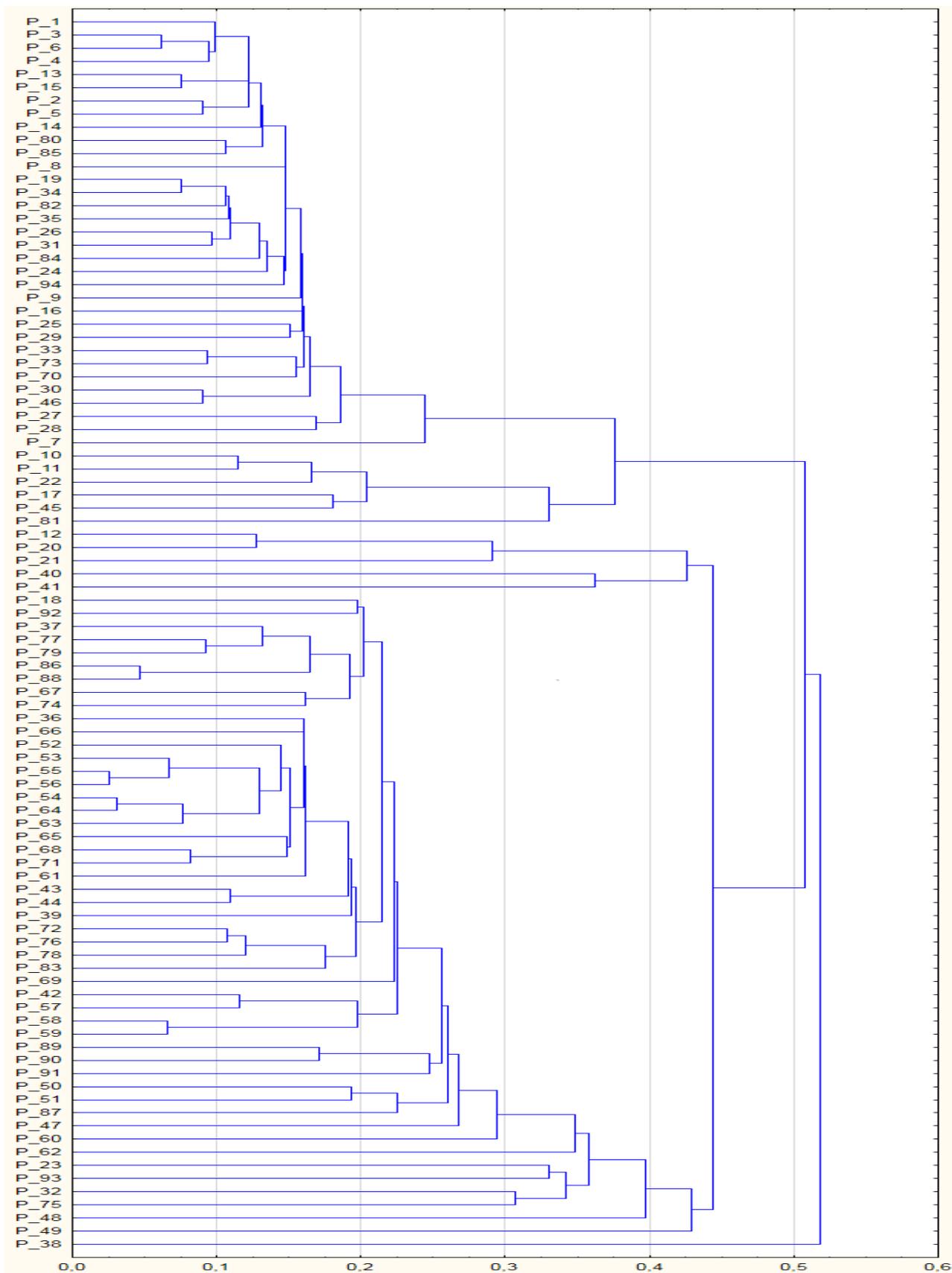
Tabulka 2 Korelační tabulka parametrů

	Průměr	Směrodatná odchylka	Součinitel odtoku( $\varphi$ )	Průměrné $Q_{\min}/Q_{\max}$	Absolutní $Q_{\min}/Q_{\max}$	Koeficient míry nevyrovnanosti (Kr)	Koncentrace odtoku	Specifický odtok
<b>Součinitel odtoku (<math>\varphi</math>)</b>	0,33	0,22	1,00	0,25	0,48	0,11	0,28	0,85
<b>Průměrné <math>Q_{\min}/Q_{\max}</math></b>	0,33	0,23	0,25	1,00	0,75	0,91	0,06	0,36
<b>Absolutní <math>Q_{\min}/Q_{\max}</math></b>	0,27	0,26	0,48	0,75	1,00	0,64	0,19	0,54
<b>Míra nevyrovnanosti (Kr)</b>	0,39	0,23	0,11	0,91	0,64	1,00	0,24	0,27
<b>Koeficient koncentrace odtoku</b>	0,54	0,39	0,28	0,06	0,19	0,24	1,00	0,21
<b>Specifický odtok (q)</b>	0,27	0,20	0,85	0,36	0,54	0,27	0,21	1,00

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serverů KLIMADIAGRAMME WELTWEIT a UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0 s využitím softwaru Statistica

## 4.2 Výsledek shlukové analýzy

Na výsledek analýzy je možné nahlížet dvěma různými reprezentacemi dat. Jedna je tzv. matice vzdáleností, která obsahuje přesné hodnoty vzdáleností každé stanice od všech ostatních. Avšak v případě, kdy se jedná o výzkum 94 stanic, je tato matice velice obsáhlá. Proto byla pro práci zvolena grafická reprezentace výsledku analýzy ve formě dendrogramu (Obrázek 7), kde jsou hydrologické stanice reprezentované jejich číslem v pořadí (viz Příloha 1) a jejich vzájemné míry nepodobnosti znázorněné délkou jednotlivých úsečků. S touto reprezentací bylo dále pracováno pro vytvoření determinaci jednotlivých skupin.



Obrázek 6 Dendrogram shlukování pomocí eukleidovské metriky

Zdroj: Vlastní zpracování s využitím softwaru Statistica

### 4.3 Vytvořená klasifikace odtokových režimů

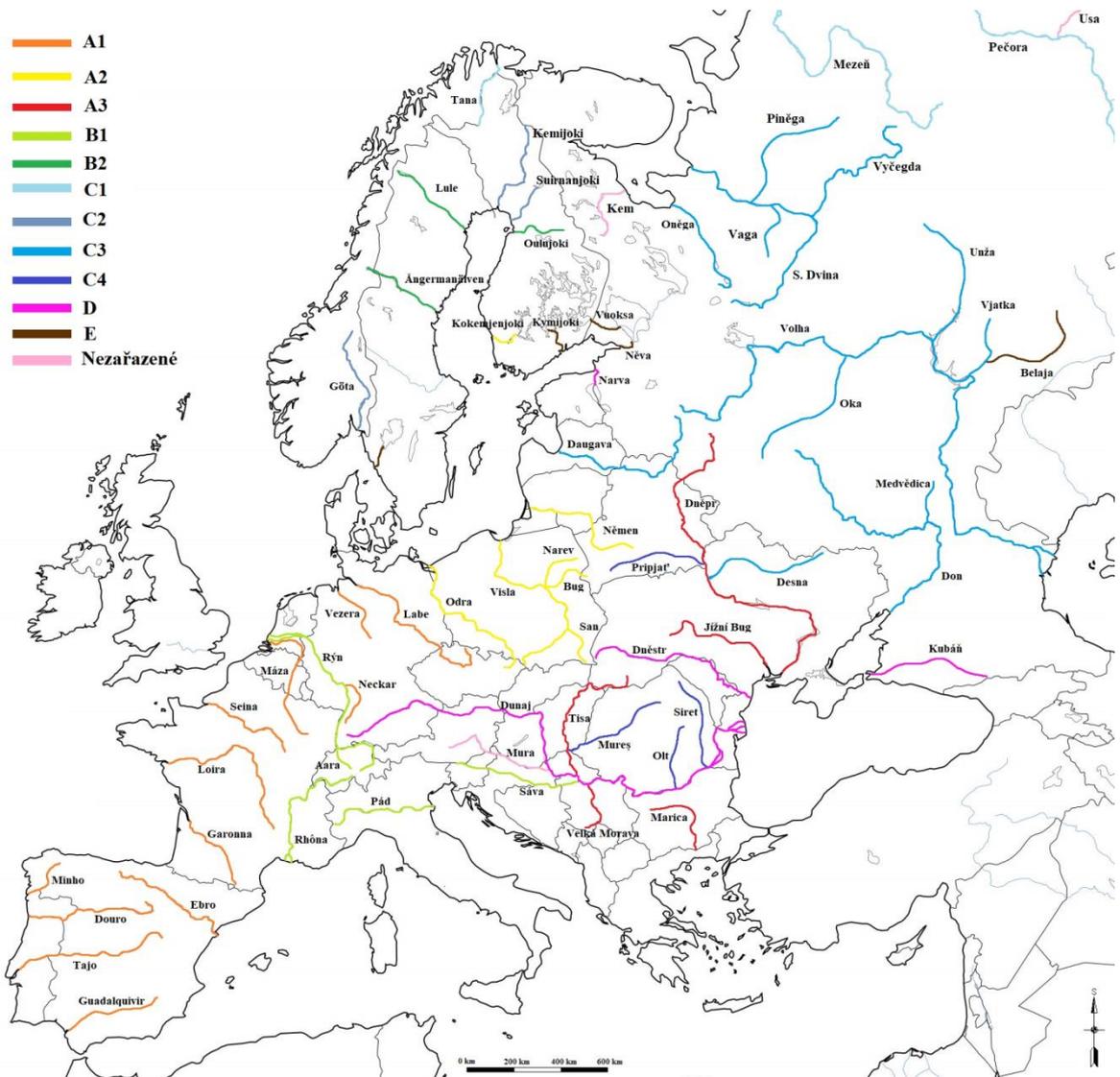
Na základě shlukové analýzy byl výsledek rozpracován do následujících skupin. Při zařazování řek, u kterých bylo k dispozici více hydrologických stanic, se objevoval problém nesourodosti hodnot stanic na jedné řece vlivem dalších přítoků, různého klimatu v povodí řek s dlouhým korytem a v neposlední řadě vlivem člověka, ať už využitím řeky na zavlažování nebo přítomností vodních nádrží a elektráren. K tomuto problému bylo přistoupeno tak, že pro zařazení do určité skupiny byl kladen důraz na to, aby hodnoty z většiny stanic odpovídaly charakteristice skupiny. V rámci jednotlivých skupin bylo následně stanoveno, které části povodí těchto problémových řek skupině odpovídají a které ne.

Skupiny A, B, C a D jsou definovány na základě provedené shlukové analýzy, respektive na základě jejich eukleidovské vzdálenosti. U podskupin je pak kromě výsledků analýzy zohledněna regionální příbuznost.

Tabulka 3 Přehled klasifikačních skupin

Skupina	Podskupina	Seznam řek	Koeficient koncentrace odtoku	Maximum	Minimum	Koeficient míry nevyrovnanosti
A	A1	Guadalquivir, Tajo, Minho, Ebro, Douro, Garonna, Loira, Seina, Máza, Neckar, Vezera, Labe	únor - březen	únor - březen	srpen	4 - 7
	A2	Němen, Narev, Visla, San, Odra, Bug, Kokemjenjoki	březen – duben	březen – duben	září – říjen	2,5 - 4
	A3	Tisa, Velká Morava, Dněpr, Jižní Bug, Marica	březen – květen	březen – duben	září	3 - 5
B	B1	Rhône, Rýn, Aara, Sáva, Pád	duben - červen	květen - červen	srpen	1 - 4
	B2	Ångermanälven, Lule, Oulujoki	květen – červenec	květen – červenec	srpen – září	1 - 1,5
C	C1	Tana, Mezeň, Pečora	červen	květen – červen	březen	8 - 10
	C2	Glomma, Kemijoki, Suirnanjoki	červen - červenec	květen – červen	únor-březen	5,5 - 7
	C3	Daugava, Volha, Oněga, Severní Dvina, Pinega, Vytčegda, Vaga, Unža, Vjatka, Medvedica Oka, Don, Desna	duben - červen	duben – květen	únor – březen	6,5 - 11
	C4	Mureş, Pripjat', Siret, Olt	duben - červen	duben – květen	září – říjen	4,5 - 5,5
D		Kubáň, Narva, Dněstr, Dunaj	květen - červen	duben – červenec	říjen – leden	1,5 - 4
E		Kymijoki, Belaja, Něva, Vuoksa, Göta	-	-	-	-

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 7 Grafické znázornění vytvořené klasifikace

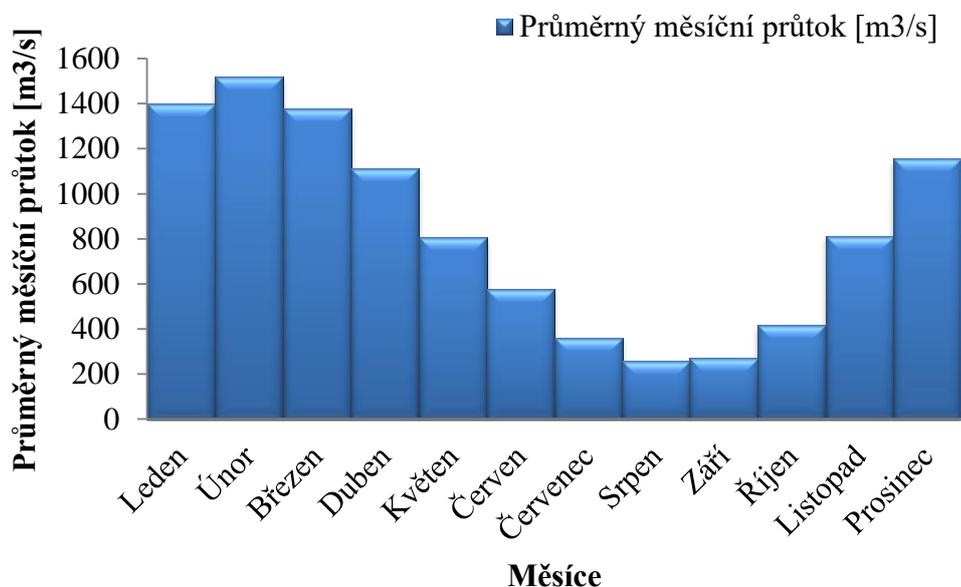
Zdroj podkladové mapy: FREE WORLD MAPS

#### 4.3.1 Skupina A

První velkou skupinou jsou řeky především ze západní a střední, částečně pak východní Evropy. Lze je charakterizovat jako řeky s časně jarní koncentrací odtoku a brzkým nástupem minima během prvních měsíců v roce. Velká část z těchto řek leží v teplejších oblastech Evropy s oceánským klimatem a zpravidla se u nich projevuje období sucha v pozdě letních měsících. Tato skupina se dále dělí na 3 podskupiny.

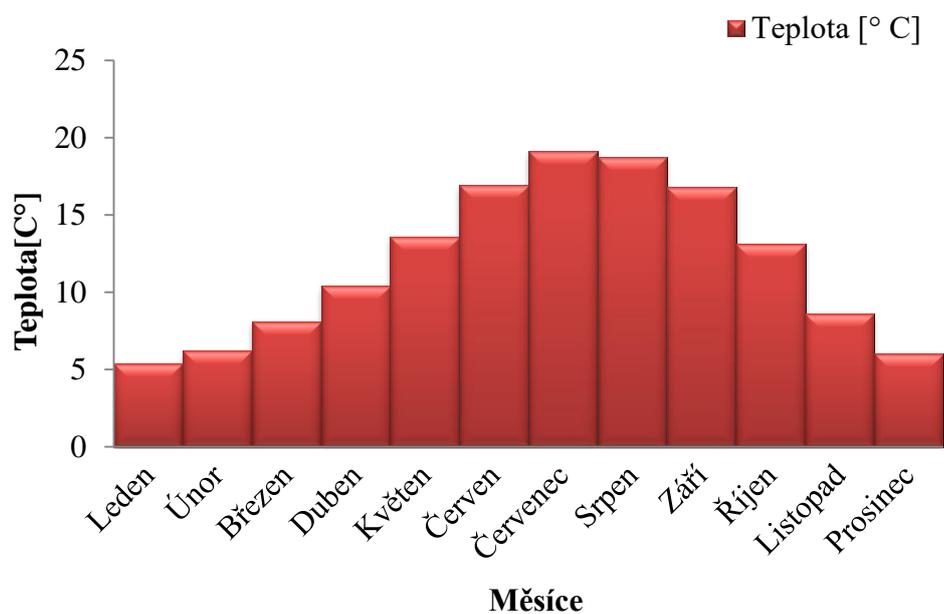
#### 4.3.1.1 Podskupina A1

V této skupině se sdružují řeky především západní a částečně střední Evropy ústící do Atlantského oceánu. Vyznačují se koncentrací odtoku od února do března a naopak nízkým odtokem v letních měsících. U západněji položených toků (například na řekách Pyrenejského poloostrova) nastává maximum v únoru a směrem ke střední Evropě se maximum vyskytuje častěji v březnu. Toto maximum je způsobeno především táním sněhu v horských oblastech povodí daných řek. Ačkoliv objem srážek v únoru a březnu již klesá ze svého ročního maxima, tak se podstatná část srážek ze zimních měsíců projeví na odtoku až během jarního oteplování. Minimum pak nastává během srpna, kdy se průměrná teplota pohybuje těsně pod hranicí 20 °C a výška srážek je taktéž ve svém minimu. Koeficient nevyrovnanosti nabývá v této skupině hodnot od 4 do 7 a jedná se tedy o středně nevyrovnané režimy. Všechny zimní měsíce mají relativně vysoké hodnoty průtoku a řeka je tedy bohatě napájena zimními dešti, což je typické pro podnebí na západě Evropy. Do tohoto bloku patří řeky Guadalquivir, Tajo, Minho, Ebro, Douro, Garonna, Loira, Seina, Máza, Neckar, Vezera, Labe. Jako typický zástupce byla pro tuto skupinu vybrána řeka Loira (Obrázek 9 – 11).



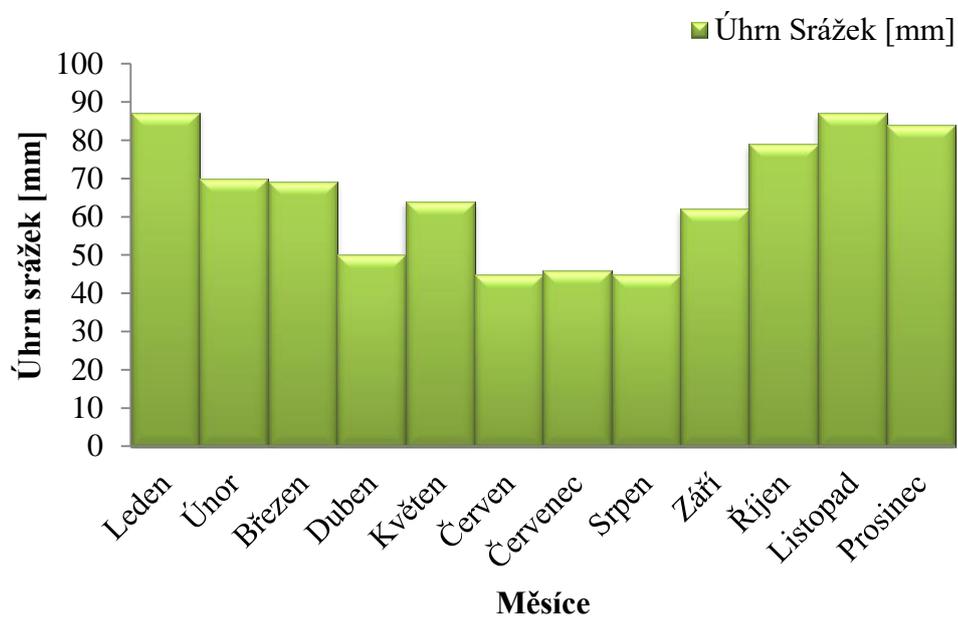
Obrázek 8 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Loira

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 9 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Loira

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

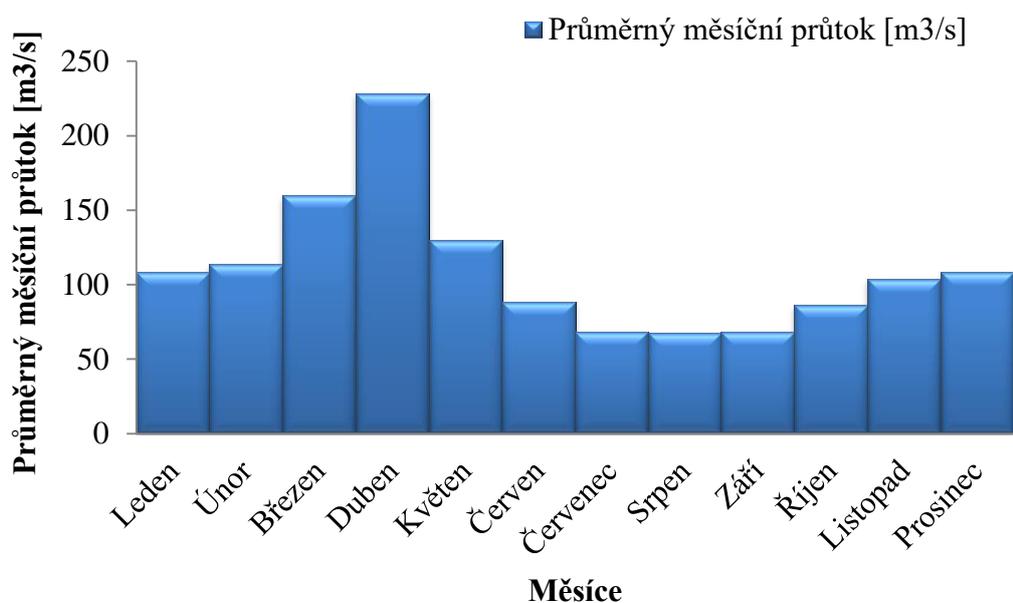


Obrázek 10 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Loira

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

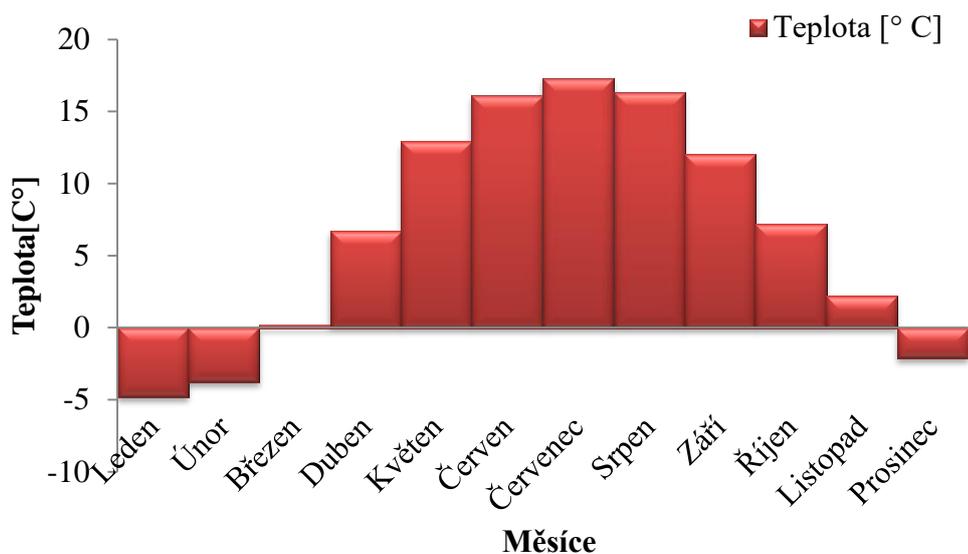
#### 4.3.1.2 Podskupina A2

Řeky v podskupině A2 ústí do Baltského moře a jedná se především o polské toky. Koncentrace jejich odtoku se soustředí do období od března do dubna. Ve stejných měsících dochází také k maximu z důvodu oteplení a s ním spojeného tání sněhové pokrývky nejen v horských oblastech, ale na celé ploše povodí a to navzdory málo vydatným srážkám v těchto měsících. Naopak k minimu dochází od srpna do října, kdy klesá i objem srážek. Hodnoty koeficientu nevyrovnanosti se pohybuje mezi 2,5 a 4, což značí relativně vyrovnaný režim s výjimkou výrazného maxima. Do této skupiny patří řeky Němen, Narev, Visla, San, Odra, Bug a Kokemjenjoki. Řeka Narev představuje příklad těchto toků (Obrázek 12 – 14).



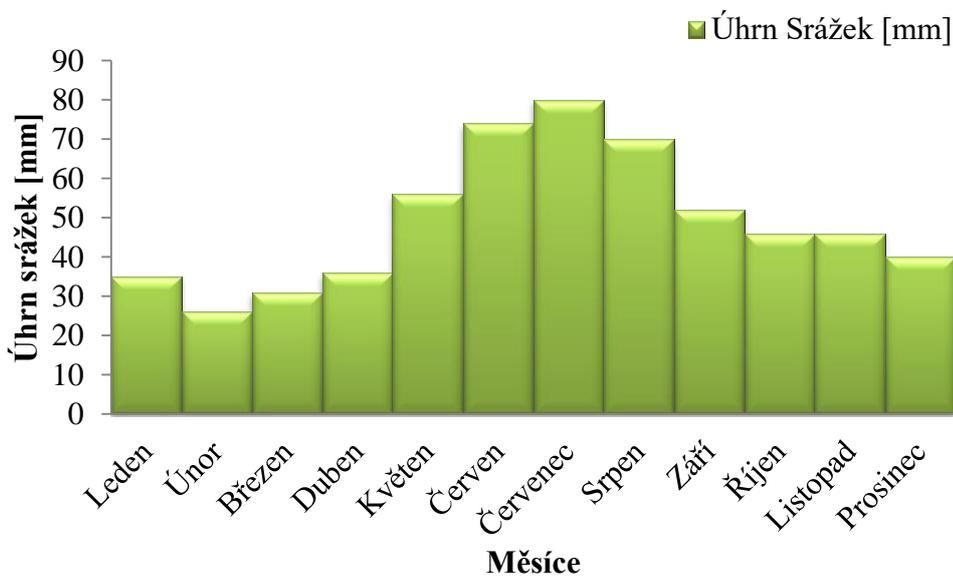
Obrázek 11 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Narev

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 12 Graf průměrných průměrných teplot v povodí řeky Narev

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT



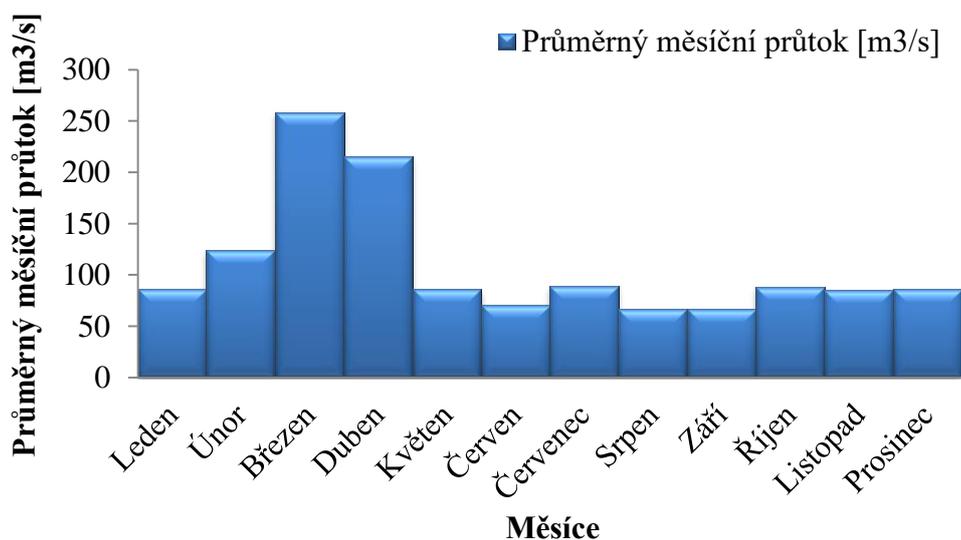
Obrázek 13 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Narev

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

#### 4.3.1.3 Podskupina A3

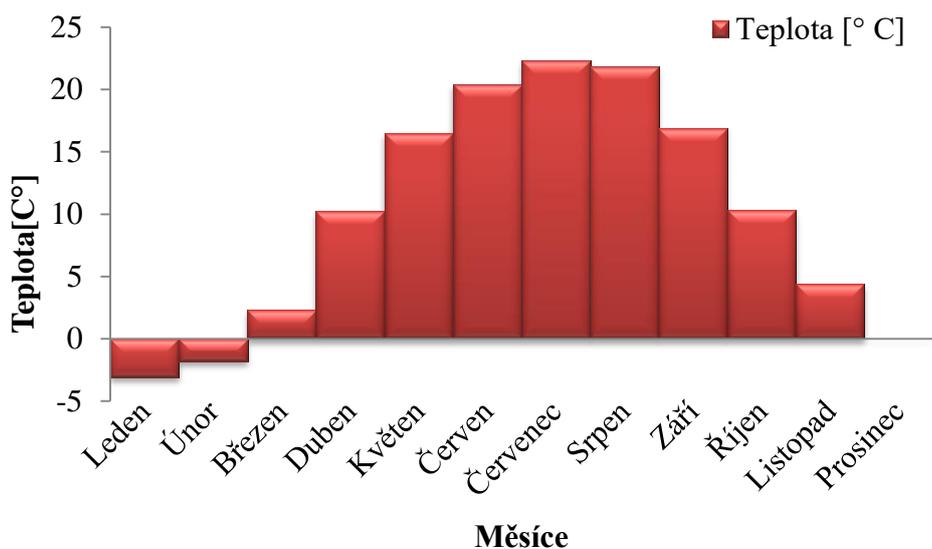
Řeky označené jako A3 ústí do černého moře, případně jsou přítoky řek zde ústících. Vyznačují se koncentrací odtoku mezi březnem a květnem. K výraznému maximum dochází v období března až dubna, kdy se zvyšuje teplota a taje sníh v oblasti jejich

povodí. Nevýrazné minimum nastává v pozdním létě či září, kdy klesá také výška srážek. Koeficient nevyrovnanosti se pohybuje mezi 3 a 5, indukujíc relativně vyrovnané režimy s velkou odchylkou v době maxima. Do této skupiny patří řeky Tisa, Velká Morava, Dněpr, Jižní Bug, Marica, z nichž jako zástupce byl vybrán Jižní Bug (Obrázek 15 – 17).



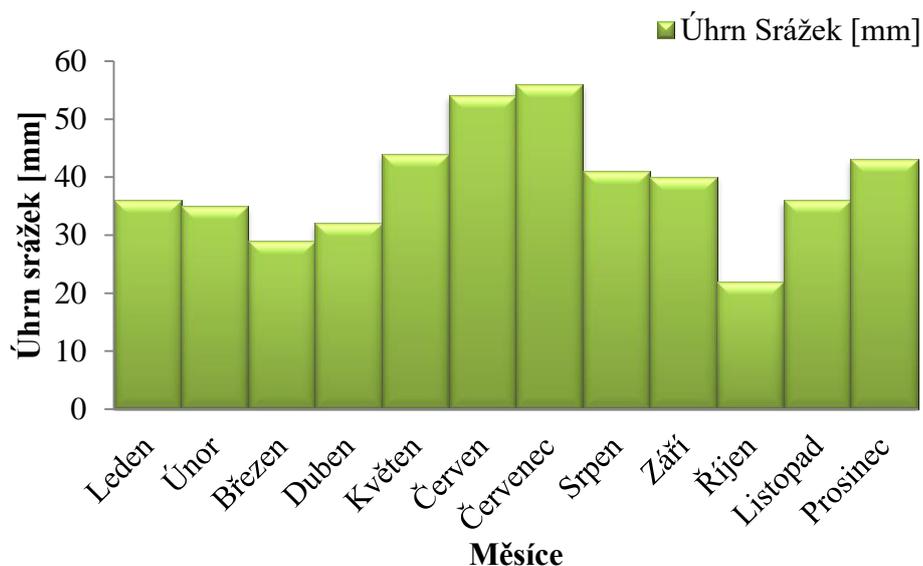
Obrázek 14 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Jižní Bug

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 15 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Jižní Bug

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT



Obrázek 16 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Jižní Bug

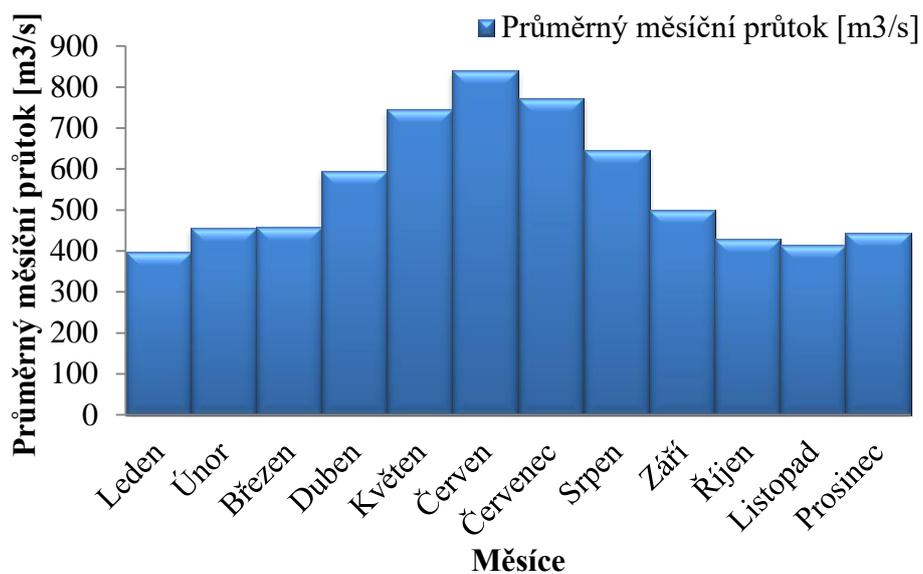
Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

### 4.3.2 Skupina B

Ve skupině B se sdružují řeky, na jejichž toku se silně projevují vlivy horských ledovců a studeného klimatu. Jedná se o alpské a skandinávské řeky, kde proces intenzivnějšího tání začíná až na konci jara. Skupina se dělí na 2 podskupiny.

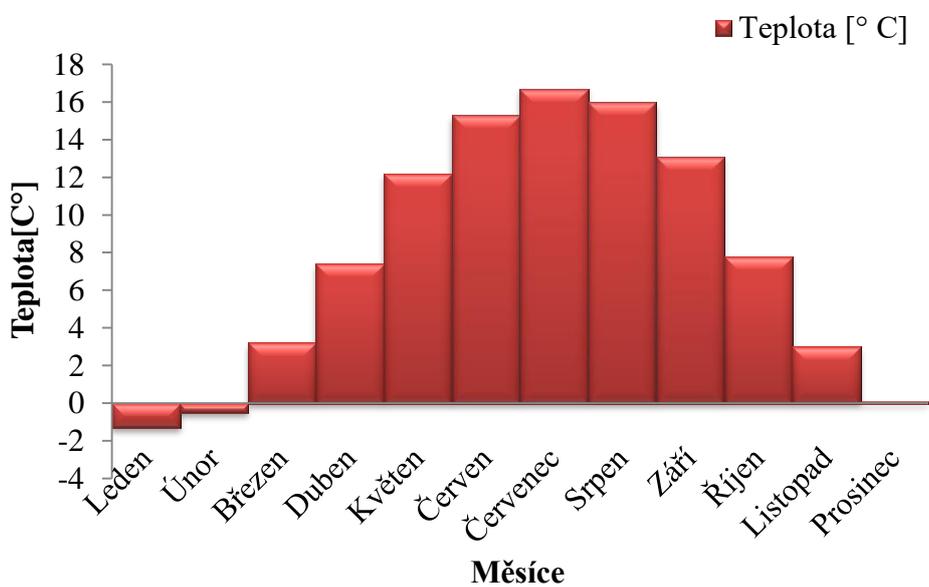
#### 4.3.2.1 Podskupina B1

Řeky skupiny B1 pramení v oblasti Alpského pohoří a na jejich odtoku se velkou měrou podílí tání ledovců a sněhových srážek. Koncentrace odtoku těchto řek se pohybuje od dubna do června s výrazným maximem nastávajícím během května nebo června, kdy tají sněhové pokrývky a zásoby vody v horských ledovcích a zároveň se zvyšuje objem srážek. Minimum nastává v podzimních měsících, kdy při poklesu teploty přestávají tát ledovce, a snižuje se objem dešťových srážek. Koeficient nevyrovnanosti se pohybuje mezi 1 a 4 a jedná se tedy o převážně vyrovnané toky, v čemž pomáhá konstantní přísun vody z ledovce. Patří sem řeky Rhône, Rýn, Aara, Sáva a Pád. Jako příklad této skupiny slouží Aara (Obrázek 18 – 20).



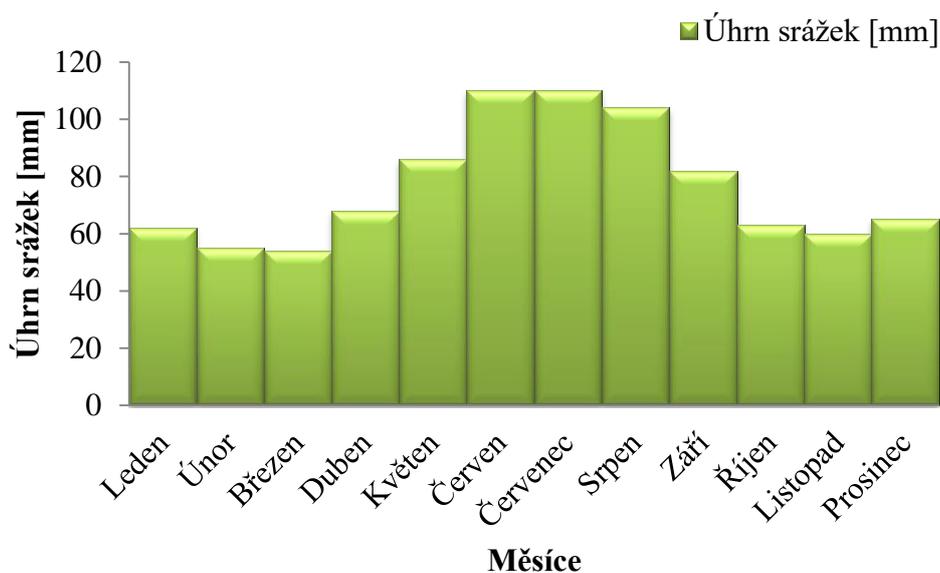
Obrázek 17 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Aara

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 18 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Aara

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

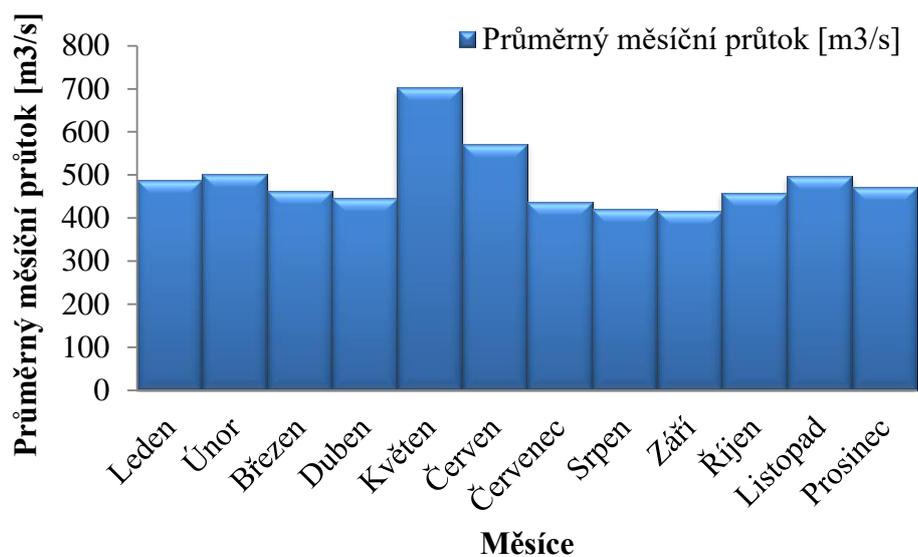


Obrázek 19 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Aara

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

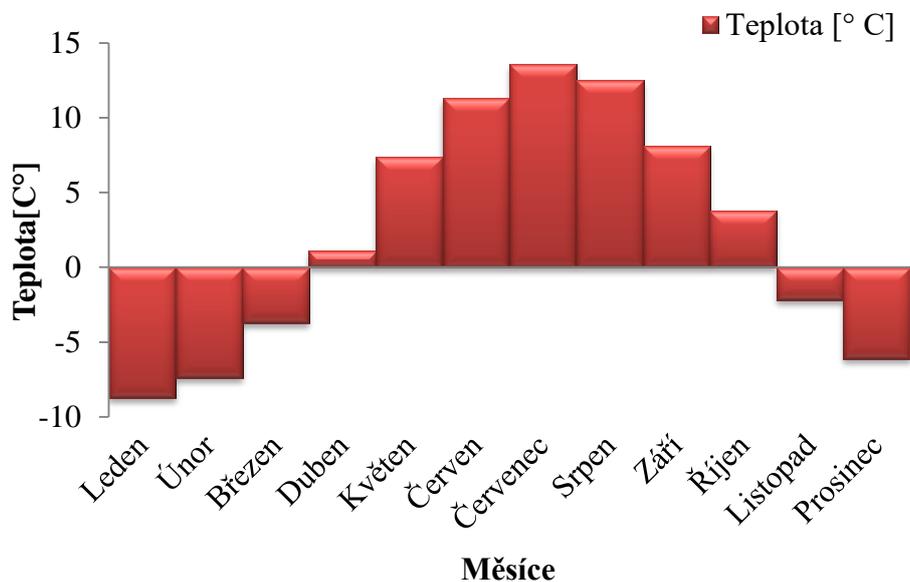
#### 4.3.2.2 Podskupina B2

Druhá podskupina řek v této kategorii se nachází na Skandinávském poloostrově s ústím do Botnického zálivu. Je charakterizována koncentrací odtoku od května do července s méně výrazným maximem nastávajícím ve stejných měsících vlivem tání sněhových a ledových zdrojů po zvýšení teploty a také zvýšení měsíčních dešťových srážek. Ke zcela nevýraznému minimu pak dochází během srpna a září, kdy teploty opět klesají. Koeficient nevyrovnanosti nabývá hodnot od 1 do 1,5, což znamená, že se jedná a velice vyrovnané odtokové režimy. Mezi tyto řeky patří Ångermanälven, Lule, Oulujoki. Jako jejich zástupce byla vybrána řeka Ångermanälven (Obrázek 21 – 23).



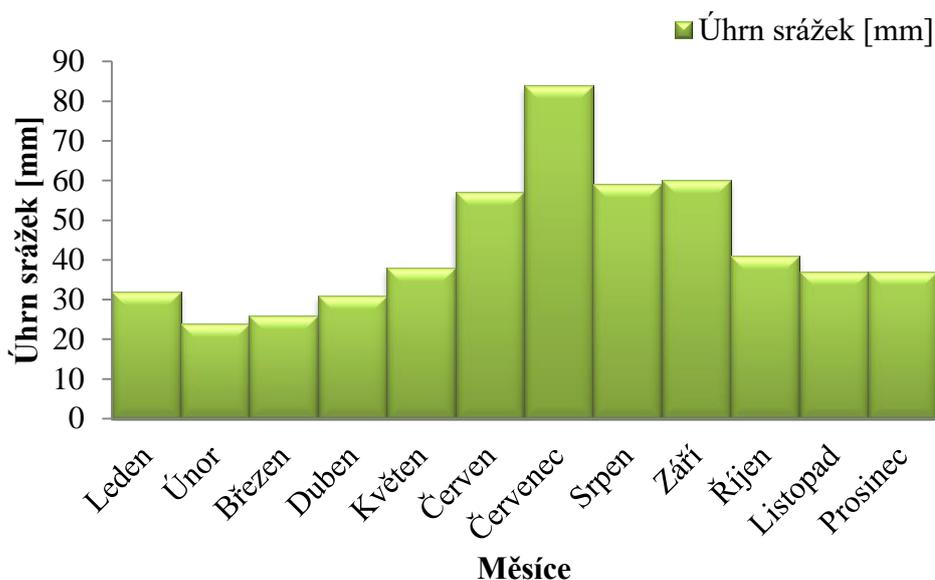
Obrázek 20 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Ångermanälven

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 21 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Ångermanälven

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT



Obrázek 22 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Ångermanälven

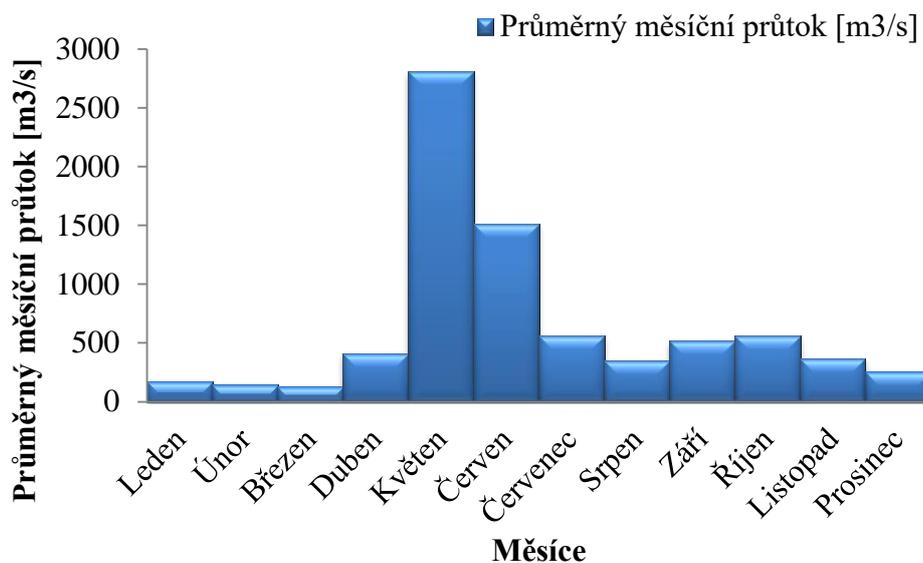
Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

### 4.3.3 Skupina C

Ve skupině C je zahrnuta většina řek na území Ruska a jsou silně ovlivněny kontinentálním klimatem a tedy nižšími teplotami během zimních období a na ně navazující pozdně jarní až letní tání sněhu a ledu. V tomto výzkumu se jedná o největší skupiny řek a dále se dělí na 4 podskupiny.

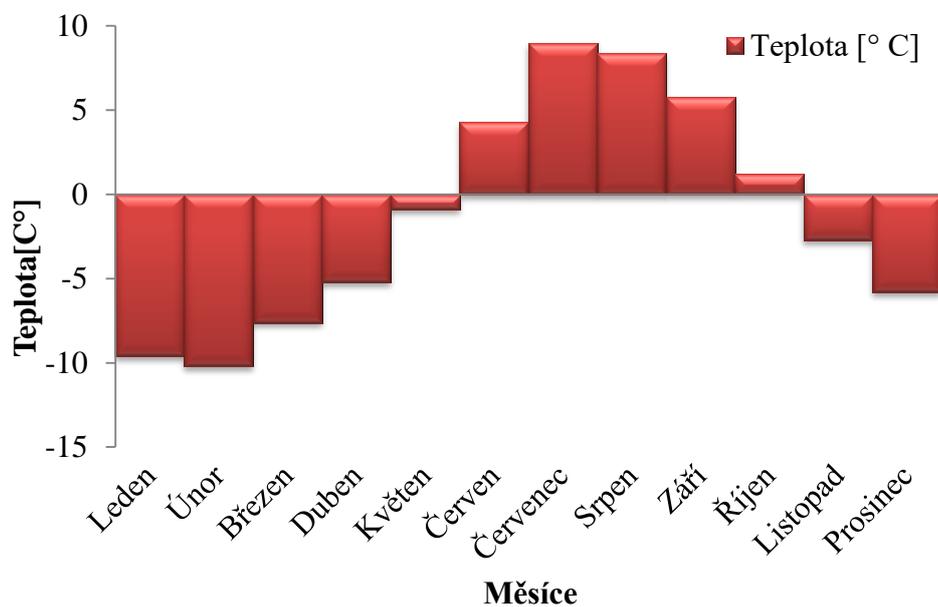
#### 4.3.3.1 Podskupina C1

Do podskupiny C1 jsou zařazeny řeky ze severní části Ruska a Norska charakterizované koncentrací odtoku v červnu. K extrémně výraznému maximu dochází v květnu nebo červnu, kdy začíná stoupat úhrn srážek, ale především se stoupající teplotou roztávají sněhové zásoby. Minimum nastává těsně před maximem a to v březnu, protože většina zimních srážek se kumuluje ve formě sněhu a na odtoku se projevuje při tání. Koeficient nevyrovnanosti dosahuje hodnot 8 až 10 a jde tedy o velice nevyrovnané režimy, především vlivem maxima několikanásobně převyšujícího průtoky ostatních měsíců. Do této skupiny patří řeky Tana, Mezeň a Pečora. Za příklad této skupiny byl vybrán Mezeň (Obrázek 24 – 26).



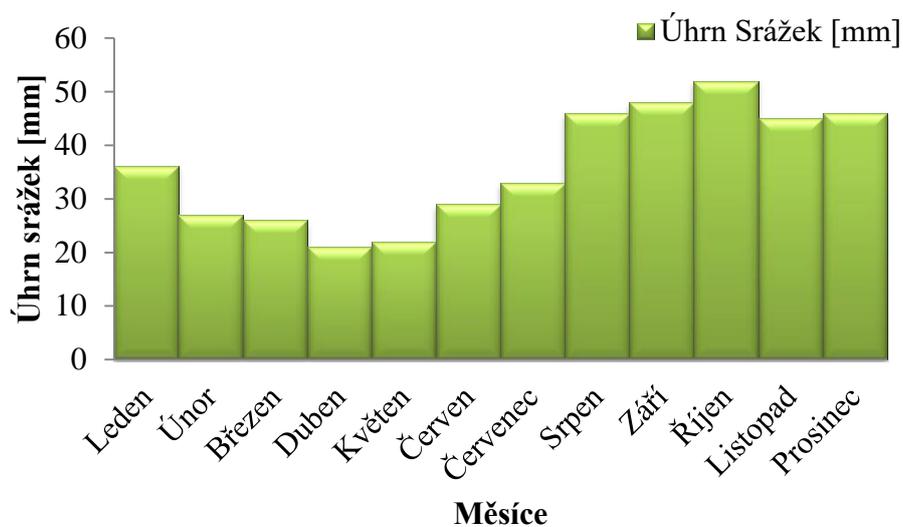
Obrázek 23 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Mezeň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 24 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Mezeň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

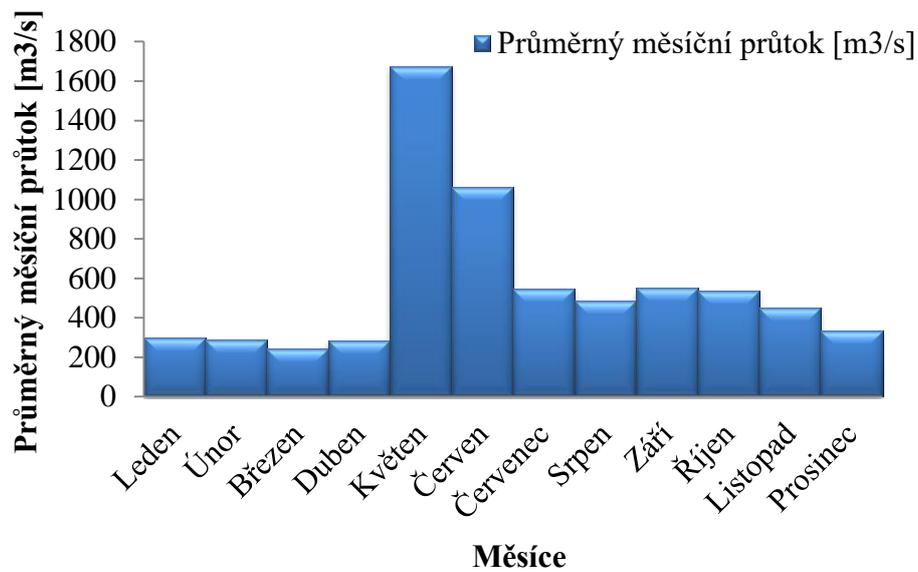


Obrázek 25 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Mezeň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

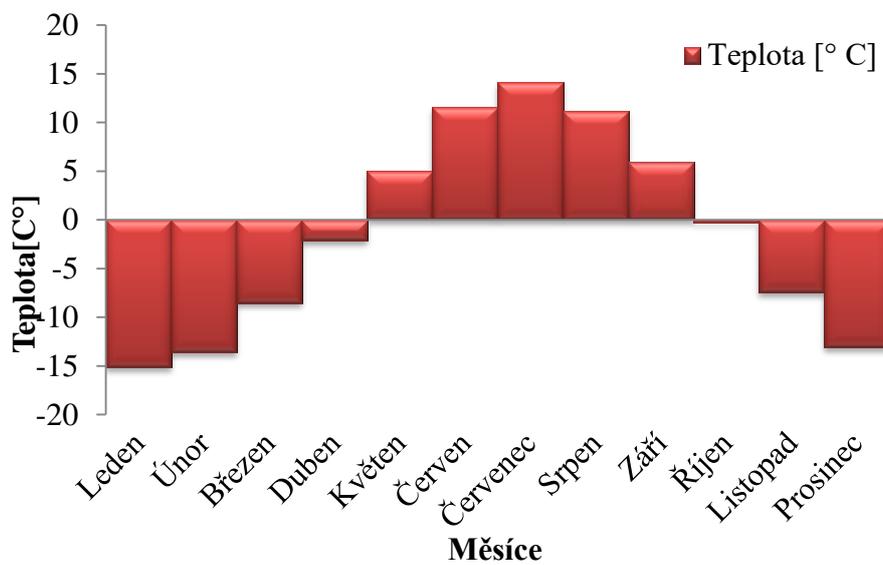
#### 4.3.3.2 Podskupina C2

Řeky v této skupině jsou lokalizovány na skandinávském poloostrově. Koncentrace jejich odtoku je v červnu až v červenci, ale maximum nastává o něco dříve během května a června, kdy stoupající teplota způsobuje tání a zároveň stoupá úhrn srážek. K minimu dochází během února a března, kdy již tak nízký úhrn srážek zůstane na povrchu jako sníh či led a na odtoku se podepíše až při tání. Míra nevyrovnanosti se zde pohybuje mezi 5,5 a 7. Jedná se tedy o středně vyrovnané režimy. Patří sem Glomma, Kemijoki a Suirnanjoki. Kemijoki slouží jako zástupce skupiny (Obrázek 27 –29).



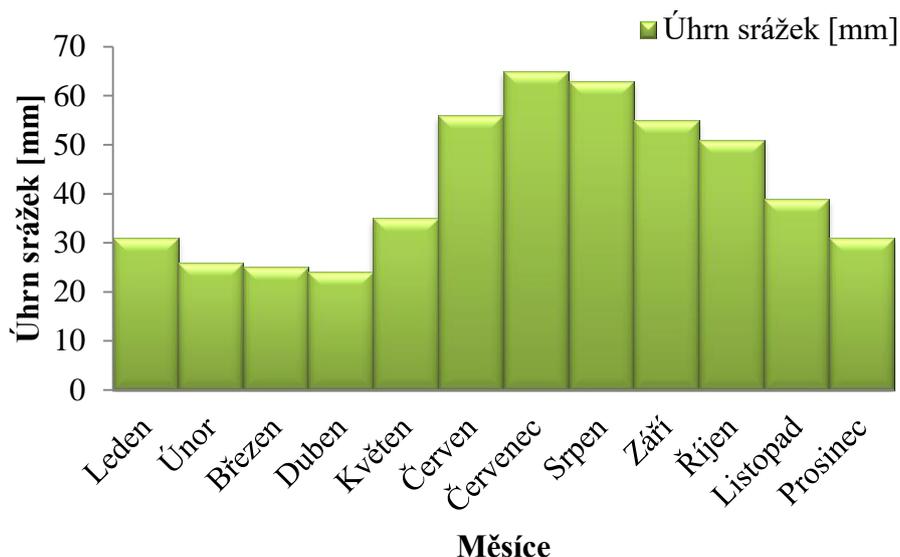
Obrázek 26 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Kemijoki

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 27 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Kemijoki

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

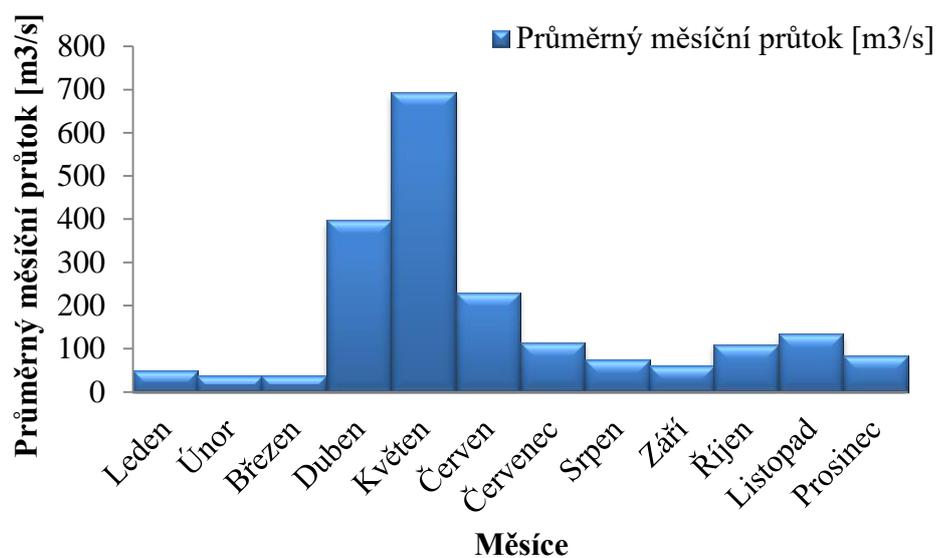


Obrázek 28 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Kemijoki

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

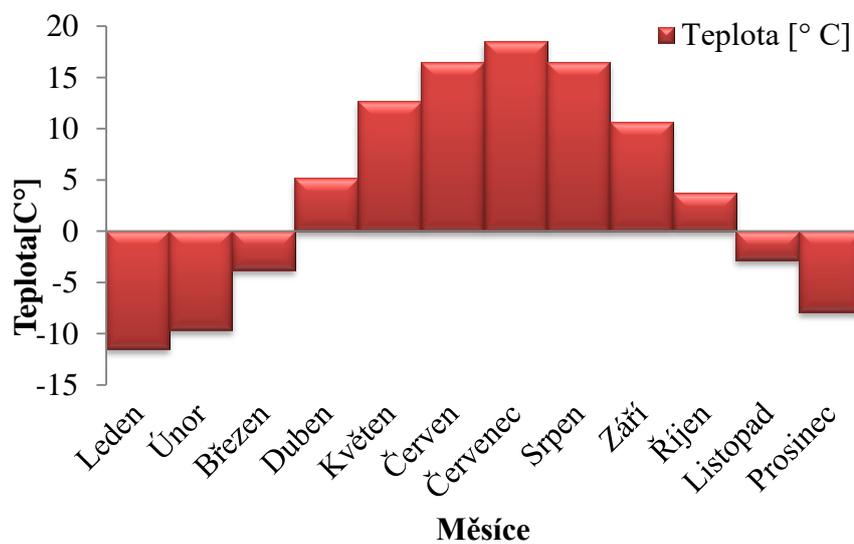
#### 4.3.3.3 Podskupina C3

Další velkou skupinou jsou především řeky vnitrozemského Ruska, které se vyznačují koncentrací odtoku během dubna až června. Výrazné maximum nastává v dubnu až červnu v důsledku stoupajících srážek a především tání sněhu a ledu. K minimu dochází mezi únorem a březnem, které není tak výrazné a je způsobené podobně jako u předešlých skupin nízkým úhrnem srážek a jejich kumulací do sněhových a ledových zásob. Míra nevyrovnanosti se zde pohybuje mezi 6,5 až 11. Jsou to tedy spíše nevyrovnané režimy. Do tohoto bloku patří Daugava, Volha, Oněga, Severní Dvina, Pinega, Vytčegda, Vaga, Unža, Vjatka, Medvedica Oka, Don a Desna. Jako zástupce slouží řeka Unža (Obrázek 30 – 32).



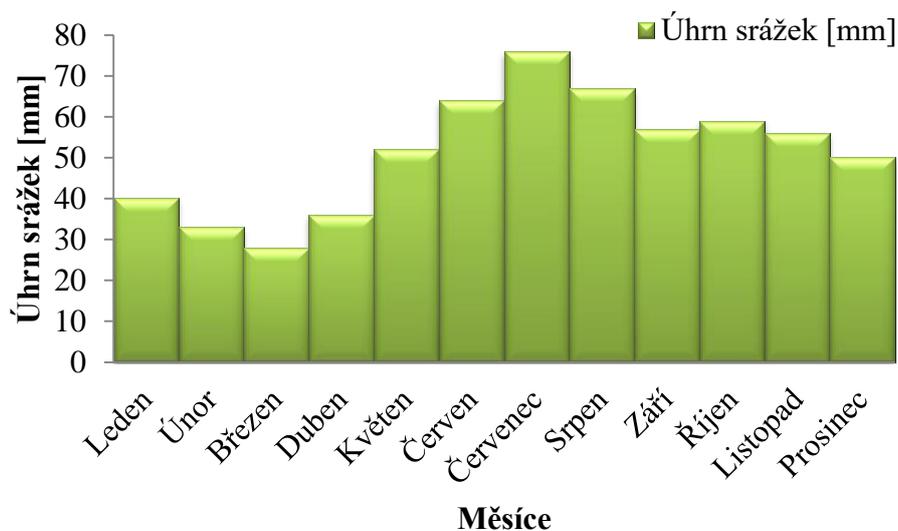
Obrázek 29 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Unža

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 30 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Unža

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

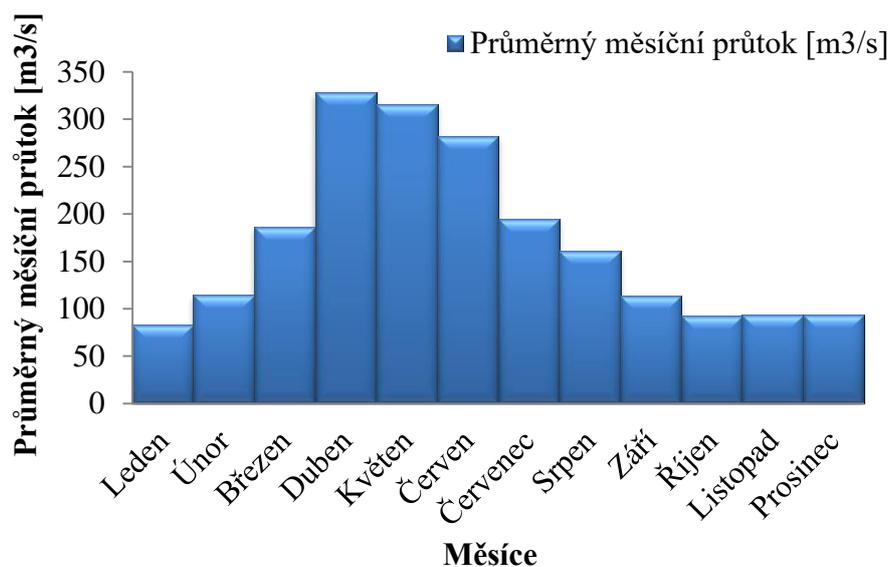


Obrázek 31 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Unža

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

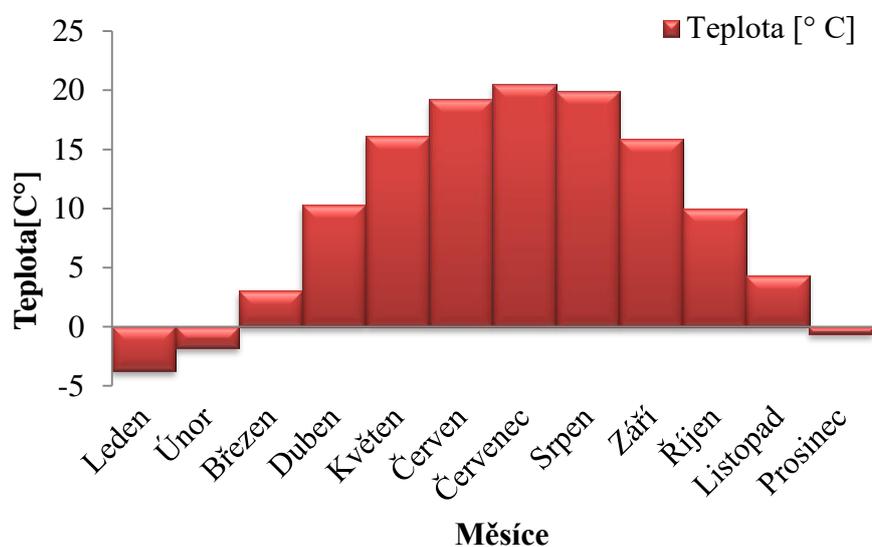
#### 4.3.3.4 Podskupina C4

Poslední podskupinou této kategorie jsou převážně balkánské řeky. Jsou charakterizovány koncentrací odtoku mezi dubnem a červnem s relativně výrazným maximem nastávajícím během dubna až května, kdy taje sníh i v horských oblastech jejich povodí a lehce stoupá úhrn srážek. K minimu dochází na podzim mezi zářím a říjnem, z důvodu minimálního úhrnu srážek v těchto měsících. Koeficient nevyrovnanosti nabývá hodnot od 4,5 do 5,5 značící relativně vyrovnané režimy. Patří sem Mureş, Pripjať, Siret a Olt, sloužící jako zástupce (Obrázek 33 – 35).



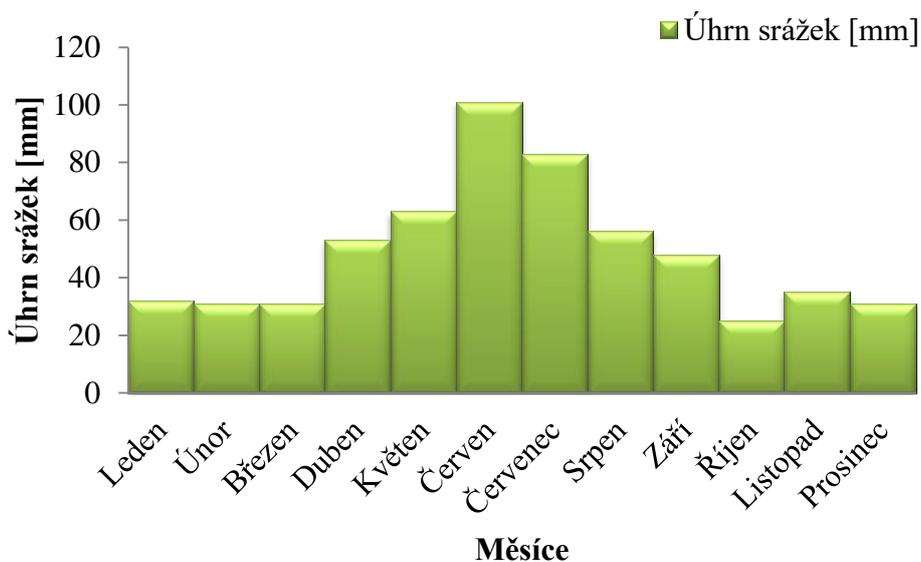
Obrázek 32 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Olt

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 33 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Olt

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

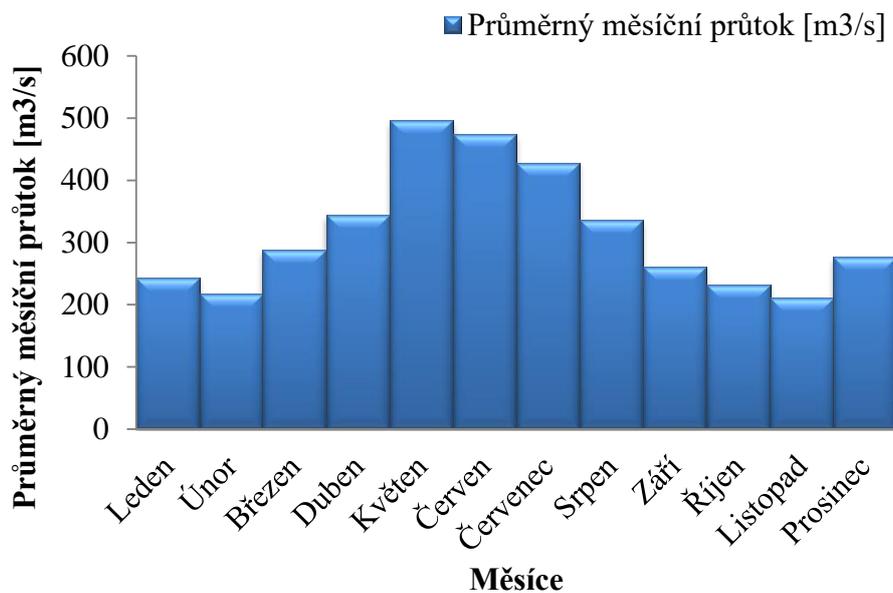


Obrázek 34 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Olt

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

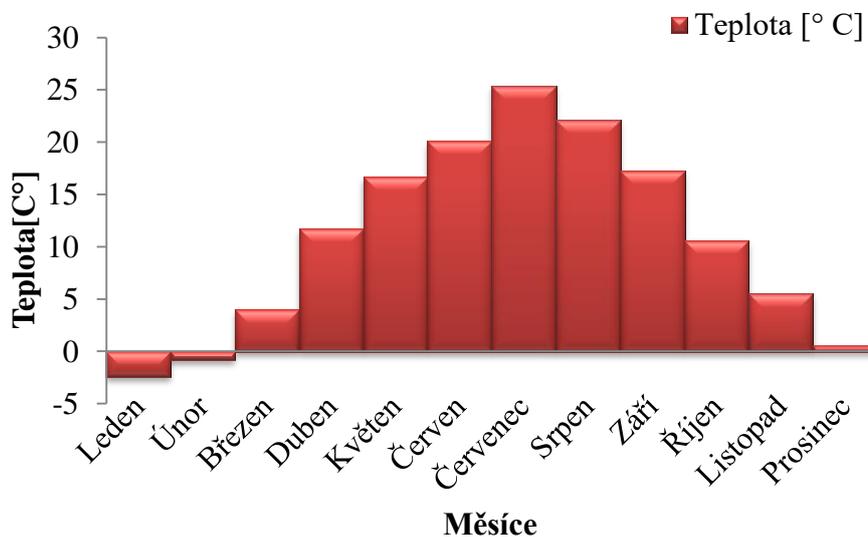
#### 4.3.4 Skupina D

Poslední skupinou jsou řeky zpravidla ústící do černého moře. Koncentrace odtoku těchto řek nastává v květnu až červnu. Málo výrazného maxima dosahují během dubna až července, spojeného s táním sněhu a ledu v horských oblastech a zároveň maxima úhrnu srážek. K nevýraznému minimu pak dochází od října do ledna, kdy vydatnost srážek klesá a s nižšími teplotami především v horských oblastech se srážky kumulují do sněhových a ledových zásob. Míra nevyrovnanosti se pohybuje od 1,5 do 4 a jedná se tedy o vyrovnané režimy. Do této skupiny patří řeky Kubáň, Narva, Dněstr a Dunaj. Jako příklad byla vybrána řeka Kubáň (Obrázek 36 – 38).



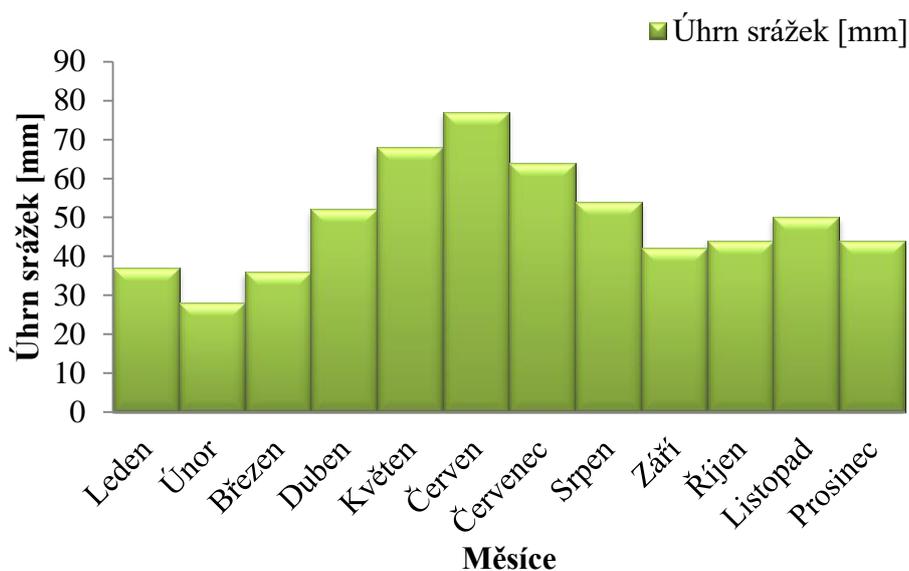
Obrázek 35 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Kubáň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 36 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Kubáň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

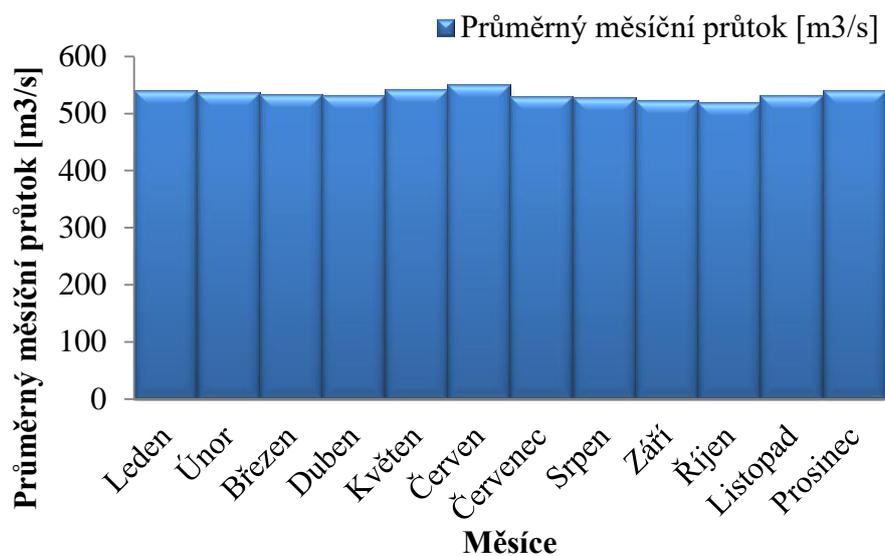


Obrázek 37 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Kubáň

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

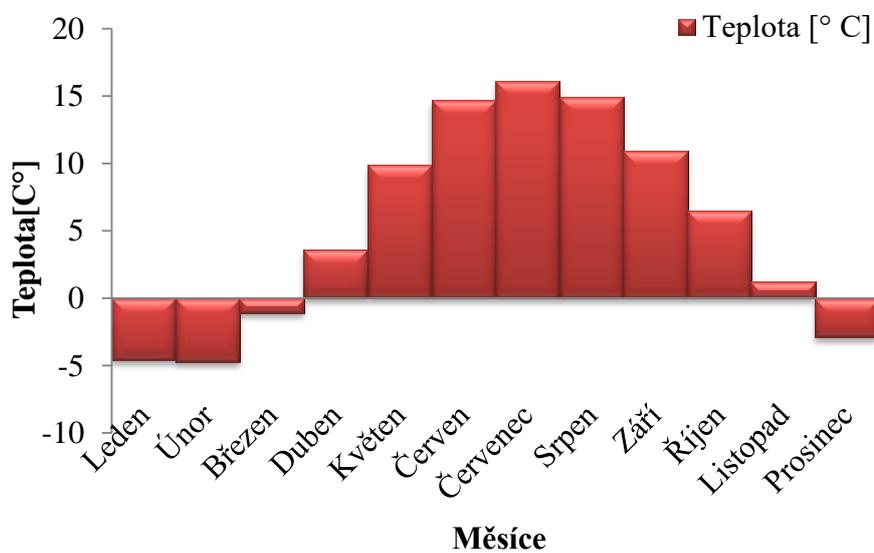
#### 4.3.5 Skupina E

Do této skupiny jsou zařazeny řeky, které se od ostatních zásadně liší v tom, že jejich měsíční průtoky jsou v průběhu roku jen velice málo variabilní. Kvůli této jedinečnosti nebyly shlukovou analýzou zařazeny do žádné skupiny. Zůstaly tedy zdánlivě nesourodé. Tato skupina byla zpětně vytvořena na základě korekce nedostatků v analýze. Je to způsobeno skutečností, že tyto řeky vytékají z velkých jezer. Jejich koeficient koncentrace a výskyt maxim a minim v podstatě nemá smysl zkoumat. Míra jejich nevyrovnanosti se pohybuje mezi 0,3 až 1 s výjimkou řeky Belaja, jejíž koeficient míry nevyrovnanosti dosahuje 4,3. To je způsobeno ojedinělým výkyvem a to v dubnovém minimu. Patří sem Kymijoki, Belaja, Něva, Vuoksa a Göta. Jako příklad slouží řeka Göta (Obrázek 39 – 41).



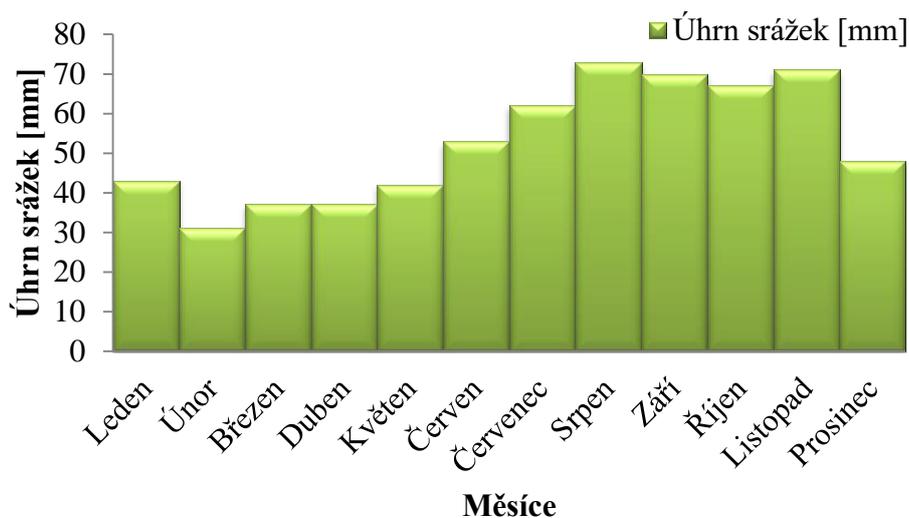
Obrázek 38 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Göta

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0



Obrázek 39 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Göta

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT



Obrázek 40 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Göta

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serveru KLIMADIAGRAMME WELTWEIT

#### 4.3.6 Nezařazené řeky

Shlukovou analýzou nebyly do žádné z výše uvedených skupin zařazeny následující řeky.

##### 4.3.6.1 Kem

Řeka Kem se nachází v severním Rusku. Koncentrace odtoku připadá na červenec s maximem v květnu na horním toku a v červnu na dolním. Minimum nastává v březnu.

##### 4.3.6.2 Mura

Mura se nachází na území Rakouska, Slovinska a Chorvatska. Její koncentrace nastává v červnu s maximem v květnu, kdy taje sníh a led v Alpách a minimem v lednu.

##### 4.3.6.3 Usa

Řeka Usa protéká severním Ruskem a koncentrace jejího odtoku nastává v červnu s extrémě výrazným maximem v červnu při tání ledu a sněhu a minimem v březnu. Ze všech zkoumaných řek dosahuje největší rozkolísanosti a to 11,7.

## 5 Diskuse

Výzkum dané problematiky přináší určité inovace do tvorby klasifikace odtokových režimů, ale zároveň se narazilo na několik úskalí a nepřesností spojené s výběrem a komplexností dat.

### 5.1 Komplexnost odtokových režimů některých řek

Při třídění řek do jednotlivých skupin se objevil problém nesouhlasnosti charakteristik vícero hydrologických stanic na jednotlivých řekách. Tento problém byl předem očekáván hlavně z důvodu komplexních režimů některých řek a nabízela se možnost tyto řeky posléze vyřadit z analýzy. Nakonec však tato neshodnost nastávala v menším množství případů, než bylo očekáváno a žádné řeky vyřazeny nebyly. V praxi se tento problém projevuje tak, že určitá část toku do přiřazené skupiny patří, ale jiná část již ne. K tomuto bylo přistupováno způsobem, že pokud větší část stanic souhlasila s charakteristikami skupiny, byla sem řeka přiřazena. Dále nastával případ, kdy měla řeka pouze dvě hydrologické stanice a první z nich odpovídala dané skupině, druhá však již ne, ale zároveň se neshodovala ani s jinou skupinou. Řeka pak byla zařazena do skupiny podle její první stanice. Případ, kdy by měla řeka stejný poměr stanic patřící do různých dvou skupin, nenastal.

První z řek, u které nastal první zmiňovaný problém, byla Visla. U řeky Visly plně nesouhlasí charakteristika hodnot jedné hydrologické stanice na horním toku s charakteristikou podskupiny A2. Zbylé dvě stanice lokalizované na středním a dolním toku však do podskupiny A2 patří.

Další problémovou řekou je Dunaj, jehož nesourodost byla očekávaná z důvodu přítomností komplexního režimu druhého stupně, který byl pro účely práce zanedbaný. Na jeho toku bylo k dispozici celkem 9 hydrologických stanic, z nichž 5 stanic lokalizovaných na středním až dolním toku souhlasí s charakteristikami skupiny D. Byla tedy brána v potaz váha většiny hydrologických stanic a zároveň charakteristiky zbylých 4 stanic zpravidla nesouhlasily s žádnými jinými stanovenými skupinami.

Dále problém nastal u řeky Pád, kdy jeho horní část toku neodpovídá skupině B1. Zároveň však neodpovídá jiné skupině a řeka byla do skupiny B1 zařazena podle hydrologické stanice na dolním toku.

## 5.2 Porovnání se staršími klasifikacemi

V následující části budou porovnány vytvořené skupiny se skupinami starších klasifikací. U Pardého klasifikace nebudou brány v potaz komplexní režimy, protože ačkoliv se řeky s komplexními režimy ve vytvořené klasifikaci objevují, tak při analýze i při následující tvorbě klasifikace byly považované za prosté režimy.

Pro tuto práci byly zvláště přínosné výzkumy Alpských a Karpatských řek (PARAJKA et al., 2010) a řeky Chuaj-che (ZHANG et al., 2011), které taktéž používaly charakteristiku toků na základě průměrných měsíčních dat z hydrologických a klimatologických stanic ve spolupráci se shlukovou analýzou eukleidovských vzdáleností.

Srovnání jednotlivých skupin klasifikace:

Skupina A by při srovnání s klasifikací Vojejkova byla nejbližší skupině 5 - tedy řek napájených hlavně zimními dešti (HAVELKA, 2002). V porovnání s Pardého klasifikací by se jednalo o řeky s oceánským dešťovým režimem (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972). U klasifikace Lvoviče by se jednalo o oderský typ (TRIZNA, 2007). Podle Grimma by se jednalo o W – xeropluvialní režim (HAVELKA, 2002). Podle Krasovské by se jednalo o atlantický nebo oceánský režim (KRASOVSKAIA, 1997).

Skupina B by ve Vojejkově klasifikaci byla kategorie 2 - řeky napájené tajícím ledem a sněhem v horách (HAVELKA, 2002). U Pardého by se jednalo o ledovcové a horské sněhové režimy (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972). Podle Grimma by šlo o F nivální a S nivální režimy (HAVELKA, 2002). Z hlediska klasifikace Krasovské by se jednalo o skandinávský režim (KRASOVSKAIA, 1997).

Skupina C by podle Vojejkova byla kategorie 2 - řeky napájené tajícím sněhem v rovinách a vrchovinách do 1000 m a kategorie 4 - řeky napájené tajícím sněhem na jaře a začátku léta s podstatnou účastí letních a podzimních dešťů (HAVELKA, 2002). Z hlediska Pardého by se jednalo o rovinný sněhový režim (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972). Podle Lvoviče by se jednalo o volžský typ (TRIZNA, 2007). V Grimmově klasifikaci by šlo o F – nivo – pluvialní režim, F a S – nivální režim, F – xero – nivální režim a F – aridní – nivální režim (HAVELKA, 2002). U Zajkova by se jednalo o řeky první skupiny (NETOPIL, 1972). U Sokolovského by šlo o první a druhou skupinu (HAVELKA, 2002). Podle Krasovské by se jednalo o skandinávský režim (KRASOVSKAIA, 1997).

Skupina D by podle Vojejkova mohla být kategorií 3 - řeky napájené deštěm s maximem průtoku v létě nebo kategorie 4 – řeky napájené tajícím sněhem na jaře a začátku léta s podstatnou účastí letních a podzimních dešťů (HAVELKA, 2002). Z hlediska Pardého by se charakteristika blížila horskému sněhovému režimu, pokud uvažujeme pouze o prostých režimech, avšak Dunaj, který patří do této skupiny, je jedním z typických komplexních režimů druhého stupně a proto taková charakteristika není přesná (TRIZNA, 2007; NETOPIL, 1972). Podle Grimma by šlo o F – nivo – pluviální režim (HAVELKA, 2002). Podle Zajkova by tato skupina stála na pomezí první a třetí skupiny (NETOPIL, 1972). U Sokolovského by se jednalo o druhou skupinu (HAVELKA, 2002). Na základě klasifikace Krasovské jsou to řeky na pomezí Skandinávského a Severně vnitrozemského režimu, což regionálně nesouhlasí (KRASOVSKAIA, 1997).

Skupina E nemá v podstatě žádné podobně charakterizované skupiny ve zkoumaných klasifikacích. Žádná skupina není charakterizovaná takřka celoročně stejným průtokem a zdroj napájení z jezer.

### **5.3 Hodnocení metody klasifikace**

Návrh této klasifikace geograficky odpovídá obecným charakteristikám hydrologie a klima v Evropě. Velkou výhodou a inovací této práce je použití koeficientu koncentrace odtoku, který dobře a objektivně spolu s ostatními parametry reprezentuje roční změny hydrologického režimu. Tento ukazatel nebyl v žádné ze zkoumaných starších klasifikací použit. Další výhodou klasifikace je vytvořená skupina E obsahující řeky s extrémně vyrovnanými měsíčními průtoky v průběhu roku. Tyto řeky jsou napájeny velkými jezery a zpravidla se taková kategorie v jiných klasifikacích nevyskytuje. Další výhodou je mapové zobrazení vytvořené klasifikace, které zpravidla u klasifikací velkých území také není dostupné a pro čtenáře pak může být obtížné si dané rozdělení řek představit.

Nevýhodou klasifikace naopak může být relativně nízký počet parametrů použitých pro analýzu, ale především jejich vzájemná závislost (viz Tabulka 1). Dále se objevuje již zmíněná problematika komplexnosti režimů některých řek, které byly pro účely práce považované za režimy prosté. Také lze spekulovat o správnosti použitých klimatických dat u případů velké spádové oblasti hydrologické stanice, kdy tedy klimatická data reprezentují pouze malou část této spádové oblasti.

## 6 Závěr

Pro práci byla použita data z 94 hydrologických stanic a k nim přiřazených 94 klimatických stanic. Byla vytvořena jejich databáze a ta byla následně použita pro výpočet hydrologických parametrů. Původně bylo stanoveno 19 parametrů (specifický odtok pro každý měsíc, odtoková výška, objem odtoku, součinitel odtoku, koeficient míry nevyrovnanosti, koeficient koncentrace odtoku, podíl průměrného minima na průměrném maximu a podíl absolutního minima na absolutním maximu). Pro analýzu byly vynechány parametry odtokové výšky a objemu odtoku z důvodu vzájemné závislosti a původních 12 parametrů specifického odtoku pro každý měsíc bylo sloučeno do jednoho parametru reprezentujícího celý rok. Do analýzy tedy vstupovalo 6 parametrů (specifický odtok, součinitel odtoku, koeficient míry nevyrovnanosti, koeficient koncentrace odtoku, podíl průměrného minima na průměrném maximu a podíl absolutního minima na absolutním maximu). Pro návrh klasifikace byla použita shluková analýza s využitím metody eukleidovské metriky provedená v softwaru Statistica. Výstupem této analýzy byl dendrogram, na základě kterého byly stanoveny a následně popsány jednotlivé klasifikační skupiny.

V klasifikaci bylo vytvořeno 5 základních skupin řek (A, B, C, D, E) 9 podskupin (A1, A2, A3, B1, B2, C1, C2, C3, C4) a 3 řeky zůstaly nezařazené. Z celkového počtu 67 zkoumaných řek jich 12 patří do podskupiny A1, kde se jedná především o řeky západní Evropy. Podskupina A2 obsahuje 7 řek především střední Evropy vlévajících se do baltského moře. V podskupině A3 se nachází 5 toků především východní Evropy a balkánského poloostrova vlévající se do Černého moře. Podskupina B2 obsahuje 5 řek pramenících v Alpách. Do podskupiny B2 patří 3 řeky Skandinávského poloostrova vlévající se do botnického zálivu. Podskupina C1 zahrnuje 3 řeky ze severní oblasti Ruska a Skandinávského poloostrova. Pod podskupinu C2 patří 3 řeky nacházející se na Skandinávském poloostrově. Největší podskupinou klasifikace je C3 zahrnující 13 řek především kontinentální části Ruska. Do podskupiny C4 patří 4 řeky východní Evropy patřící do úmoří Černého moře. Podskupina D zahrnuje 4 řeky zpravidla ústící do černého moře (kromě řeky Narva). Poslední podskupina E obsahuje 5 řek, které spojuje fakt, že vytékají z velkých jezer. Zvolenou metodou analýzy nebyly do žádné skupiny zařazené 3 řeky, jejichž charakteristika byla příliš odlišná.

## 7 Resumé

Tato bakalářská práce se zabývá odtokovým režimem evropských řek, konkrétně pak jejich klasifikací. Cílem bylo vytvoření vlastní klasifikace odtokových režimů na základě volně dostupných dat z hydrologických a klimatologických stanic. Jako metoda zpracování dat byla vybrána shluková analýza pomocí eukleidovské metriky v programu Stastica. Vytvořená klasifikace byla následně porovnána s klasifikacemi zkoumanými v rámci literární rešerše.

Klíčová slova: Evropské řeky, hydrologický režim, klasifikace odtokových režimů, shluková analýza

This bachelor's thesis deals with Europe's rivers runoff regimes and their classification in particular. Objective of this research was to create a classification of river flow regimes based on freely obtainable data of hydrological and climate stations. As a method of processing the data cluster analysis was selected using the eukleid metric in the Statistica software. The resulting classification was then compared to the classifications examined in the literature research.

Key words: Classification of river runoff regimes, cluster analysis, European rivers, hydrological regime

## 8 Literatura

- Brázdil, R. 1978. Stupeň nerovnoměrnosti ročního chodu srážek. *In Sborník Československé Společnosti Zeměpisné* 83 (2): 91–103.
- Červený, J., Böhm, B., Bubeníčková, L., Buchtele, J., Čulík, J., Daňková, H., Friga, J., Hladný, J., Kříž, V., Kurpelová, M., Nedelka, M., Šebek, O., Škulec, Š., Vaníček, K., Vitoslavský, J. & Závodský, D. 1984. *Podnebí a vodní režim ČSSR. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 416 pp.
- Davie, T. 2008. *Fundamentals of hydrology*. 2nd ed. Routledge, London. 144 pp.
- Demek, J., Raušer, J. & Quitt E. 1976. *Úvod do obecné fyzické geografie: Vysokoškolská učebnice*. Academia, Praha. 404 pp.
- Gottschalk, L. 1985. Hydrological regionalization of Sweden. *Hydrological Sciences Journal*. 30: 65–83.
- Fekete, B. M., Vörösmarty, C. J. & Grabs. W. UNH-GRDC Composite Runoff Fields V1.0 [online]. The university of New Hampshire [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <<http://www.compositerunoff.sr.unh.edu/>>.
- Free world maps [online]. *Free world maps* [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <<http://www.freeworldmaps.net/europe/europe-outline-rivers-hd.jpg>>.
- Haines, A. T., Finlayson, B. L. & McMahon, T. A. 1988. A global classification of river regimes. *Applied Geography* 8: 255–272.
- Harris N. M., Gurnell A. M., Hannah D. M., et al. 2000. Classification of river regimes: A context for hydroecology. *Hydrological Processes* 14: 2831–2848.
- Havelka, P. 2002 *Odtokové režimy řek světa.*, Diplomová práce. Západočeská univerzita. Pedagogická fakulta, Plzeň.
- Hendl, J. 2004. *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Portál, Praha. 583 pp.
- Hladný, J. & Čekal, R. 2008. Regionalizace povodí České republiky na základě sezónní analýzy výskytu [online]. *Knihovna výzkumného záměru*, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta [cit. 22. 6. 2017]. Dostupné na WWW: <[https://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/niva/niva\\_hladny\\_cekal.pdf](https://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/niva/niva_hladny_cekal.pdf)>.

- Horník, S., Chábera S., Kříž H., Mičian L., & Quitt E. 1982. *Základy fyzické geografie: vysokoškolská příručka pro studenty učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 398 pp.
- Chábera, S. & Kössl R. 1999. *Základy fyzické geografie: přehled hydrogeografie*. Jihočeská univerzita, České Budějovice. 159 pp.
- Jolliffe, I. T. 2002. *Principal component analysis*. 2nd ed. Springer, New York. 488 pp.
- Kemel, M. 1996. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vydavatelství ČVUT, Praha. 289 pp.
- Kent State University Libraries. 2017. SPSS Tutorials: Pearson Correlation [online]. *Kent State university libraries*, Kent State university [cit. 22. 6. 2017]. Dostupné na WWW: <<http://libguides.library.kent.edu/SPSS/IndependentTTest>>.
- Krasovskaia, I., Arnell, N.W. & Gottschalk, L., 1994. Flow regimes in northern and western Europe: development and application of procedures for classifying flow regimes. In Seuna, P., Gustard, A., Arnell, N.W. & Cole, G.A. (Eds.). *Flow Regimes from International Experimental and Network Data*, Vol. 221. International association of hydrological sciences: 185–193.
- Krasovskaia, I. 1995. Quantification of the stability of river flow regimes. *Hydrological sciences journal* 40: 587–598.
- Krasovskaia I. 1996. Sensitivity of the stability of river flow regimes to small fluctuations in temperature. *Hydrological Sciences Journal* 41: 251–264.
- Krasovskaia I. 1997. Entropy-based grouping of river flow regimes. *Journal of Hydrology* 202: 173–191.
- Krasovskaia, I. & Gottschalk, L. 1992. Stability of river flow régime. *Nordic Hydrology* 23: 137–154.
- Krasovskaia, I. & Gottschalk, L. 1993. Frequency of extremes and its relation to climate fluctuations. *Nordic Hydrology* 24: 1–12.
- Krasovskaia, I., Gottschalk, L., Arnell, N.W. & Wateren-de Hoog, B., 1993. Variations in regime class over time. In Gustard, A. (Ed.). *Flow Regimes from International Experimental and Network Data*, Vol. 1, Hydrological Studies. Institute of Hydrology, Wallingford, UK. 131–138.
- Morán-Tejeda, E., López-Moreno J. I., Ceballos-Barabancho, A. & Vicente – Serrano, S. M. River regimes and recent hydrological changes in the Duero basin (Spain). *Journal of Hydrology* 404: 241–258.

- Mühr, B. 2016. Klimadiagramme weltweit [online]. [cit. 2017-06-20]. Dostupné z: <  
<http://www.klimadiagramme.de/>>.
- Netopil, R. 1972. *Hydrologie pevnin*. 1. vyd. Academia, Praha. 296 pp.
- Netopil, R. 1981. *Fyzická geografie I, Hydrologie, limnologie, oceánografie*. 1. vydání. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 258 pp.
- Netopil, R. 1984. *Fyzická geografie I*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 272 pp.
- Parajka, J., Kohnová, S., Bálint, G., Barbuc, M., Borga, M., Claps, P., Cheval, S., Dumitrescu, A., Gaume, E., Hlavčová, K., Merz, R., Pfaundler, M., Stancalie, G., Szolgay J. & Blöschl, G. 2010. Seasonal characteristics of flood regimes across the Alpine–Carpathian range. *Journal of Hydrology* 394 (1-2): 78–89.
- Trizna, M. 2007. *Meteorológia, Klimatológia, Hydrológia pre geografov*. Geo-grafika, Bratislava. 144 pp.
- Ward, J. H. Jr. 1963. Hierarchical Grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236–244.
- Zhang, Y., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Mackay, S., Xia, J. & Kennard, M. 2011. Classification of flow regimes for enviromental flow assessment in regulated rivers: The Huai river basin, China. *River Research and Applications* 28 (7): 989–1005.

## 9 Seznam obrázků

Obrázek 2 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech součinitele odtoku .....	27
Obrázek 3 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech podílu průměrného minima na průměrném maximu .....	28
Obrázek 4 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech podílu naměřeného minima na maximu .....	29
Obrázek 5 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech koeficientu míry nevyrovnanosti .....	29
Obrázek 6 Graf početnosti stanic v normalizovaných intervalech koeficientu koncentrace odtoku.....	30
Obrázek 7 Dendrogram shlukování pomocí eukleidovské metriky.....	32
Obrázek 8 Grafické znázornění vytvořené klasifikace .....	35
Obrázek 9 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Loira .....	36
Obrázek 10 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Loira .....	37
Obrázek 11 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Loira.....	37
Obrázek 12 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Narev.....	38
Obrázek 13 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Narev.....	39
Obrázek 14 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Narev .....	39
Obrázek 15 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Jižní Bug .....	40
Obrázek 16 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Jižní Bug .....	40
Obrázek 17 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Jižní Bug....	41
Obrázek 18 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Aara.....	42
Obrázek 19 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Aara.....	42
Obrázek 20 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Aara .....	43
Obrázek 21 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Ångermanälven.....	44
Obrázek 22 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Ångermanälven .....	44
Obrázek 23 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Ångermanälven.....	45
Obrázek 24 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Mezeň.....	46
Obrázek 25 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Mezeň.....	46
Obrázek 26 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Mezeň .....	47

Obrázek 27 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Kemijoki .....	48
Obrázek 28 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Kemijoki .....	48
Obrázek 29 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Kemijoki ....	49
Obrázek 30 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Unža .....	50
Obrázek 31 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Unža .....	50
Obrázek 32 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Unža.....	51
Obrázek 33 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Olt .....	52
Obrázek 34 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Olt .....	52
Obrázek 35 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Olt .....	53
Obrázek 36 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Kubáň.....	54
Obrázek 37 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Kubáň .....	54
Obrázek 38 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Kubáň.....	55
Obrázek 39 Graf průměrných měsíčních průtoků řeky Göta.....	56
Obrázek 40 Graf průměrných měsíčních teplot v povodí řeky Göta.....	56
Obrázek 41 Graf průměrných měsíčních úhrnů srážek v povodí řeky Göta .....	57

## 10 Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1 Vstupní data pro shlukovou analýzu ..... IV

Příloha 2 Přehled hydrologických a klimatických stanic..... VII

Příloha 1 Vstupní data pro shlukovou analýzu

Hodnoty 0-1		Součinitel odtoku( $\varphi$ )	Průměrné Qmin/Qmax	Qmin/Qmax	Míra nevyrovnanosti (Kr)	Koeficient koncentrace odtoku	Specifický odtok (q)
	Pořadové číslo	1	2	3	4	5	6
<b>Guadalquivir</b>	1	0,21	0,12	0,00	0,54	0,14	0,16
<b>Guadalquivir</b>	2	0,04	0,16	0,00	0,51	0,15	0,03
<b>Tajo</b>	3	0,16	0,11	0,00	0,57	0,17	0,09
<b>Douro</b>	4	0,13	0,09	0,05	0,63	0,15	0,14
<b>Douro</b>	5	0,08	0,14	0,03	0,47	0,15	0,09
<b>Douro</b>	6	0,13	0,10	0,01	0,57	0,13	0,06
<b>Mínho</b>	7	0,16	0,14	0,04	0,53	0,16	0,52
<b>Ebro</b>	8	0,30	0,20	0,04	0,36	0,12	0,13
<b>Garonna</b>	9	0,39	0,18	0,08	0,45	0,12	0,32
<b>Rhône</b>	10	0,51	0,59	0,44	0,17	0,12	0,51
<b>Rhône</b>	11	0,56	0,60	0,42	0,17	0,14	0,61
<b>Rhône</b>	12	0,82	0,50	0,97	0,21	0,80	1,00
<b>Loira</b>	13	0,17	0,17	0,08	0,48	0,16	0,19
<b>Loira</b>	14	0,26	0,21	0,09	0,41	0,16	0,25
<b>Seina</b>	15	0,17	0,18	0,12	0,51	0,16	0,14
<b>Máza</b>	16	0,28	0,18	0,01	0,52	0,19	0,32
<b>Rýn</b>	17	0,38	0,63	0,53	0,13	0,11	0,40
<b>Rýn</b>	18	0,51	0,71	0,49	0,09	0,91	0,44
<b>Neckar</b>	19	0,17	0,33	0,21	0,31	0,12	0,13
<b>Rýn</b>	20	0,90	0,56	0,95	0,19	0,80	0,92
<b>Aara</b>	21	0,79	0,49	0,69	0,24	0,83	0,95
<b>Pád</b>	22	0,61	0,52	0,34	0,17	0,03	0,63
<b>Pád</b>	23	0,47	0,46	0,25	0,21	0,88	0,69
<b>Vezera</b>	24	0,24	0,39	0,24	0,32	0,15	0,22
<b>Labe</b>	25	0,23	0,42	0,44	0,26	0,08	0,14
<b>Labe</b>	26	0,21	0,38	0,14	0,30	0,07	0,14
<b>Odra</b>	27	0,14	0,51	0,07	0,21	0,11	0,11
<b>Odra</b>	28	0,25	0,43	0,05	0,23	0,20	0,16
<b>Visla</b>	29	0,18	0,41	0,31	0,24	0,03	0,12
<b>Visla</b>	30	0,25	0,50	0,20	0,18	0,00	0,16
<b>San</b>	31	0,23	0,37	0,14	0,25	0,03	0,20
<b>Visla</b>	32	0,31	0,55	0,00	0,20	0,67	0,28

<b>Bug</b>	33	0,10	0,25	0,09	0,36	0,06	0,07
<b>Narev</b>	34	0,15	0,30	0,20	0,28	0,07	0,11
<b>Němen</b>	35	0,18	0,29	0,27	0,33	0,04	0,16
<b>Daugava</b>	36	0,16	0,09	0,17	0,67	1,00	0,14
<b>Narva</b>	37	0,20	0,52	0,58	0,20	0,91	0,17
<b>Göta</b>	38	0,38	1,00	0,84	0,00	0,02	0,31
<b>Gloma</b>	39	0,42	0,11	0,12	0,57	0,79	0,48
<b>Ångermanälven</b>	40	0,69	0,62	0,92	0,10	0,98	0,46
<b>Lule</b>	41	0,87	0,76	0,88	0,07	0,74	0,58
<b>Tana</b>	42	0,60	0,07	0,12	0,69	0,80	0,33
<b>Kemijoki</b>	43	0,48	0,14	0,18	0,48	0,82	0,30
<b>Siurnanjoki</b>	44	0,45	0,11	0,08	0,47	0,84	0,33
<b>Oulujoki</b>	45	0,45	0,62	0,55	0,11	0,24	0,30
<b>Kokemjenjoki</b>	46	0,25	0,54	0,23	0,16	0,04	0,22
<b>Kymijoki</b>	47	0,23	0,80	0,46	0,06	0,93	0,20
<b>Něva</b>	48	0,29	0,58	0,90	0,18	0,72	0,23
<b>Vuoksa</b>	49	0,33	0,93	1,00	0,02	0,57	0,26
<b>Kem</b>	50	0,37	0,26	0,51	0,33	0,73	0,27
<b>Kem</b>	51	0,55	0,30	0,56	0,30	0,75	0,29
<b>Oněga</b>	52	0,35	0,07	0,15	0,58	0,86	0,24
<b>Severní Dvina</b>	53	0,37	0,04	0,08	0,72	0,85	0,25
<b>Vaga</b>	54	0,32	0,04	0,08	0,82	0,91	0,22
<b>Pinega</b>	55	0,39	0,04	0,14	0,71	0,85	0,27
<b>Vytčegda</b>	56	0,38	0,05	0,15	0,72	0,86	0,26
<b>Mezeň</b>	57	0,60	0,04	0,14	0,79	0,85	0,32
<b>Pečora</b>	58	0,78	0,03	0,10	0,86	0,80	0,41
<b>Pečora</b>	59	0,74	0,02	0,06	0,87	0,81	0,39
<b>Usa</b>	60	1,00	0,00	0,02	1,00	0,79	0,53
<b>Volha</b>	61	0,21	0,16	0,15	0,59	0,87	0,14
<b>Belaja</b>	62	0,16	0,08	0,00	0,37	0,67	0,06
<b>Vjatka</b>	63	0,24	0,04	0,08	0,81	0,91	0,20
<b>Unža</b>	64	0,30	0,05	0,08	0,82	0,92	0,24
<b>Oka</b>	65	0,15	0,06	0,05	0,81	1,00	0,12
<b>Volha</b>	66	0,20	0,08	0,05	0,59	0,95	0,18
<b>Kubáň</b>	67	0,21	0,44	0,42	0,26	0,85	0,16
<b>Don</b>	68	0,04	0,12	0,06	0,70	0,96	0,02
<b>Medvedica</b>	69	0,00	0,05	0,06	0,93	1,00	0,00
<b>Dněpr</b>	70	0,03	0,30	0,24	0,32	0,00	0,05
<b>Desna</b>	71	0,10	0,13	0,05	0,71	0,97	0,08
<b>Pripjať</b>	72	0,13	0,21	0,18	0,43	1,00	0,09
<b>Jižní Bug</b>	73	0,06	0,26	0,15	0,41	0,07	0,03
<b>Dněstr</b>	74	0,19	0,33	0,39	0,34	0,92	0,13

<b>Dunaj</b>	75	0,25	0,52	0,00	0,20	0,96	0,21
<b>Siret</b>	76	0,13	0,26	0,15	0,44	0,91	0,10
<b>Dunaj</b>	77	0,34	0,47	0,55	0,23	0,97	0,25
<b>Olt</b>	78	0,10	0,27	0,23	0,42	0,94	0,18
<b>Dunaj</b>	79	0,28	0,53	0,54	0,20	0,97	0,25
<b>Velká Morava</b>	80	0,19	0,20	0,15	0,45	0,05	0,17
<b>Sáva</b>	81	0,59	0,28	0,26	0,32	0,11	0,53
<b>Tisa</b>	82	0,20	0,29	0,17	0,33	0,01	0,14
<b>Mureş</b>	83	0,16	0,25	0,00	0,40	0,98	0,13
<b>Tisa</b>	84	0,29	0,28	0,21	0,27	0,03	0,20
<b>Tisa</b>	85	0,21	0,24	0,08	0,40	0,05	0,21
<b>Dunaj</b>	86	0,39	0,58	0,50	0,19	0,90	0,31
<b>Mura</b>	87	0,39	0,36	0,47	0,29	0,83	0,43
<b>Dunaj</b>	88	0,40	0,57	0,48	0,19	0,89	0,36
<b>Dunaj</b>	89	0,73	0,54	0,46	0,22	0,86	0,44
<b>Dunaj</b>	90	0,64	0,51	0,53	0,24	0,84	0,57
<b>Dunaj</b>	91	0,43	0,54	0,55	0,19	0,73	0,54
<b>Dunaj</b>	92	0,36	0,72	0,58	0,12	0,95	0,37
<b>Dunaj</b>	93	0,46	0,64	0,12	0,16	0,88	0,45
<b>Marica</b>	94	0,19	0,32	0,01	0,33	0,09	0,13

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serverů KLIMADIAGRAMME WELTWEIT a UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0

Příloha 2 Přehled hydrologických a klimatických stanic

Název stanice	Název řeky	Povodí	Průměrný měsíční průtok [m <sup>3</sup> /s]	Plocha spádové oblasti [km <sup>2</sup> ]	Přířazená klimatická stanice	Průměrný měsíční úhrn srážek [mm]	Průměrná měsíční teplota [°C]
<b>Alcala del Rio (6217100)</b>	Guadalquivir	Guadalquivir	316	46995	Sevilla	50,67	18,22
<b>Cantillana (6217110)</b>	Guadalquivir	Guadalquivir	117	44871	Cordoba	50,50	17,48
<b>Alcantara (6213600)</b>	Tajo	Tajo	236	51958	Caceres	42,58	16,03
<b>Regua (6112090)</b>	Douro	Douro	544	91491	Braganca	61,75	12,15
<b>Puente Pino (6212420)</b>	Douro	Douro	279	63160	Braganca	61,75	12,15
<b>Villachica (6212400)</b>	Douro	Douro	143	41856	Valladolid	36,83	12,03
<b>Orense (6211100)</b>	Minho	Minho	232	12925	Vigo	162,83	13,38
<b>Tortosa (6226800)</b>	Ebro	Ebro	483	84230	Logroño	32,42	13,36
<b>Mas-D'agenais (6125100)</b>	Garonna	Garonna	610	52000	Toulouse	53,25	12,67
<b>Beaucaire (6139100)</b>	Rhône	Rhône	1693	95590	Nimes	63,58	14,39
<b>la Mulatiere (6139390)</b>	Rhône	Rhône	1047	50200	Lyon	68,83	11,42
<b>Chancy (6939050)</b>	Rhône	Rhône	342	10299	Genève	77,58	9,18
<b>Montjean (6123100)</b>	Loira	Loira	838	110000	Nantes	65,67	11,91
<b>Blois (6123300)</b>	Loira	Loira	364	38240	Bourges	60,25	11,00
<b>Paris (6122300)</b>	Seina	Seina	268	44320	Paris	53,92	10,64
<b>Borgharen (6421500)</b>	Máza	Máza	246	21300	Brüssel	68,25	9,90
<b>Rees (6335020)</b>	Rýn	Rýn	2278	159680	Monat	128,33	9,96
<b>Kaub (6335100)</b>	Rýn	Rýn	1608	103729	Mannheim	55,75	10,55
<b>Rockenau (6335600)</b>	Neckar	Rýn	134	24000	Würzburg	48,08	9,36
<b>Basel (St.Alban) (6935050)</b>	Rýn	Rýn	1106	35929	Basel- Binningen	65,92	8,98
<b>Untersiggenthal (6935300)</b>	Aara	Rýn	558	17625	Güttingen	76,58	7,75
<b>Pontelagoscuro (6348800)</b>	Pád	Pád	1515	70091	Verona	66,08	12,53
<b>Piacenza (6348400)</b>	Pád	Pád	982	42030	Mailand	90,17	11,40
<b>Intschede (6337200)</b>	Vezera	Vezera	317	37788	Bremen	55,92	9,23
<b>Neu-Darchau (6340110)</b>	Labe	Labe	784	131950	Magdeburg	41,17	8,75
<b>Decin (6140400)</b>	Labe	Labe	303	51104	Prag	43,83	7,87
<b>Gozdowice</b>	Odra	Odra	547	109729	Breslau	49,25	8,34

<b>(6457010)</b>							
<b>Slubice (6457100)</b>	Odra	Odra	352	53382	Poznan	42,92	8,22
<b>Tczew (6458010)</b>	Visla	Visla	1042	194376	Torun	44,67	7,76
<b>Warszawa (6458500)</b>	Visla	Wisla	561	84857	Warschau	43,25	7,79
<b>Radomysl (6458600)</b>	San	Visla	133	16703	Przemysl	55,58	7,81
<b>Szczucin (6458450)</b>	Visla	Visla	248	23901	Krakow	57,17	7,73
<b>Wyszkow (6458550)</b>	Bug	Visla	146	39119	Zamosc	46,92	7,20
<b>Ostroleka (6458810)</b>	Narev	Visla	111	21862	Bialystok	49,33	6,68
<b>Smalininkai (6974150)</b>	Nėmen	Nėmen	538	81200	Vilnius	56,92	6,02
<b>Daugavpils (6973300)</b>	Daugava	Daugava	391	64500	Vitebsk	55,25	5,14
<b>Narva (Hep) (6972350)</b>	Narva	Narva	379	56000	Pskov	52,00	5,05
<b>Vaenersborg (6229500)</b>	Göta	Göta	534	46830	Karlstad	52,83	5,38
<b>Langnes (6731400)</b>	Gloma	Gloma	672	40221	Gardermoen	71,83	3,80
<b>Solleftea (6233650)</b>	Ångermanälven	Ångermanälven	489	30640	Östersund	43,83	2,48
<b>Boden Waterworks (6233750)</b>	Lule	Lule	489	24490	Stensele	44,08	0,49
<b>Polmak (6730500)</b>	Tana	Tana	166	14005	Karesuando	36,92	-2,26
<b>near The mouth (6854700)</b>	Kemijoki	Kemijoki	562	50900	Sodankylae	41,75	-1,02
<b>near The mouth (6854600)</b>	Siurnanjoki	Oulujoki	171	14315	Kuusamo	47,58	-0,56
<b>near The mouth (6854500)</b>	Oulujoki	Oulujoki	255	22900	Kajaani	45,08	1,37
<b>Kalsinkosi (6854100)</b>	Kokemjenjoki	Kokemjenjoki	220	26025	Turku	55,08	4,80
<b>Anjala (6855200)</b>	Kymijoki	Kymijoki	280	36305	Jyvaeskylae	53,33	2,63
<b>Novosaratovka (6972430)</b>	Něva	Něva	2504	281000	St. Petersburg	51,75	4,96
<b>Tainionkoski (6855400)</b>	Vuoksa	Něva	593	61061	Joensuu	51,00	2,23
<b>Yushkozero (6972800)</b>	Kem	Kem	198	19800	Kuusamo	47,58	-0,56
<b>Putkinskaya Ges (6972810)</b>	Kem	Kem	298	27700	Kem	36,25	0,95
<b>Porog (6970100)</b>	Oněga	Oněga	513	55770	Archangelsk	45,42	0,79
<b>Ust-Pinega (6970250)</b>	Severní Dvina	Severní Dvina	3332	348000	Archangelsk	45,42	0,79
<b>Filaievskaya (6970270)</b>	Vaga	Severní Dvina	111	13200	Archangelsk	45,42	0,79
<b>Kulogory (6970400)</b>	Pinega	Severní Dvina	368	36700	Archangelsk	45,42	0,79
<b>Malaya Kushba (6970680)</b>	Vytčegda	Severní Dvina	258	26500	Syktywkar	45,08	0,53
<b>Malonisogorskaya (6970500)</b>	Mezeň	Mezeň	649	56400	Kanin Nos	35,92	-1,11
<b>Oksino (6970710)</b>	Pečora	Pečora	4515	312000	Narjan Mar	35,33	-3,77
<b>Ust-Tsilma</b>	Pečora	Pečora	3405	248000	Narjan Mar	35,33	-3,77

<b>(6970650)</b>							
<b>Adzva (6970850)</b>	Usa	Pečora	993	54700	Narjan Mar	35,33	-3,77
<b>Volgograd Power Plant (6977100)</b>	Volha	Volha	8087	1360000	Kasan	45,17	3,68
<b>Ufa (6976450)</b>	Belaja	Volha	339	100000	Orenburg	31,00	4,66
<b>Kirov (6976200)</b>	Vjatka	Volha	374	48300	Kirov	52,58	2,32
<b>Makariev (6975500)</b>	Unža	Volha	169	18500	Nizni Novgorod	51,50	4,02
<b>Kaluga (6975140)</b>	Oka	Volha	292	54900	Kursk	50,75	5,66
<b>Staritsa (6975080)</b>	Volha	Volha	154	21100	Moskau	57,33	4,94
<b>Tikhovsky (6983350)</b>	Kubáň	Kubáň	317	48100	Armavir	49,67	10,90
<b>Razdorskaya (6978250)</b>	Don	Don	790	378000	Lugansk	39,42	8,48
<b>Archedinskaia (6978500)</b>	Medvedica	Don	52	33700	Woronesch	47,83	6,09
<b>Dniepr Power Plant (6980800)</b>	Dněpr	Dněpr	1484	463000	Kiew	52,67	7,74
<b>Chernigov (6979600)</b>	Desna	Dněpr	321	81400	Cernigov	50,08	6,70
<b>Mozyr (6979500)</b>	Pripjat'	Dněpr	455	101000	Luck	46,58	7,34
<b>Aleksandrovka (6980300)</b>	Jižní Bug	Jižní Bug	110	46200	Nikolajev	39,00	10,02
<b>Bendery (6981800)</b>	Dněstr	Dněstr	377	66100	Kischinjow	45,58	9,63
<b>Ceatal Izmail (6742900)</b>	Dunaj	Dunaj	6488	807000	Bukarest	52,33	11,12
<b>Lungoci (6742700)</b>	Siret	Dunaj	172	36036	Iasi	49,08	9,43
<b>Svistov (6842700)</b>	Dunaj	Dunaj	6152	650340	Craiova	48,50	10,55
<b>Stoenesti (6742450)</b>	Olt	Dunaj	161	22683	Urfu Oma	87,75	-2,55
<b>Orsova (1971:drobata-Turnu Severin) (6742200)</b>	Dunaj	Dunaj	5456	576232	Belgrad	57,50	11,83
<b>Lubicevsky Most (6547500)</b>	Velká Morava	Dunaj	240	34345	Belgrad	57,50	11,83
<b>Sremska Mitrovica (6545800)</b>	Sáva	Dunaj	1609	87966	Belgrad	57,50	11,83
<b>Szeged (6444100)</b>	Tisa	Dunaj	829	138408	Debrecen	47,08	9,85
<b>Mako (6444110)</b>	Mureş	Dunaj	169	30149	Sibiu	52,17	8,53
<b>Szolnok (6444200)</b>	Tisa	Dunaj	596	75113	Miskolc	46,17	9,22
<b>Csenger (6444600)</b>	Tisa	Dunaj	124	15283	Uzgorod	61,67	9,64
<b>Mohacs (6442600)</b>	Dunaj	Dunaj	2401	209064	Pecs	51,83	10,39
<b>Gornja Radgona (6546610)</b>	Mura	Dunaj	156	10197	Graz	69,83	8,43
<b>Nagymaros (6442500)</b>	Dunaj	Dunaj	2346	183533	Sliac	57,42	7,94
<b>Bratislava (6142200)</b>	Dunaj	Dunaj	2047	131338	Brünn	40,67	8,63
<b>Stein-Krems (6242400)</b>	Dunaj	Dunaj	1866	96045	Sankt Pölten	57,25	9,13
<b>Achleiten (6342900)</b>	Dunaj	Dunaj	1419	76597	Passau	78,17	7,97
<b>Hofkirchen</b>	Dunaj	Dunaj	634	47496	Straubing	65,25	8,32

<b>(6342800)</b>							
<b>Ingolstadt (6342500)</b>	Dunaj	Danube	314	20001	Ulm	61,92	8,09
<b>Harmanli (6865500)</b>	Marica	Marica	113	19693	Sofia	46,92	9,71

Zdroj: Vlastní zpracování z dostupných online dat serverů KLIMADIAGRAMME WELTWEIT a UNH-GRDC COMPOSITE RUNOFF FIELDS V1.0