

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**ZMĚNY SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO REŽIMU
V OBLASTI ŠUMAVY**

**CHANGES OF RAINFALL-RUNOFF REGIME IN THE ŠUMAVA / BOHEMIAN
FOREST REGION**

Diplomová práce

Ondřej Fiala

2014

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Řevnicích dne 20. 8. 2014

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych v první řadě poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Zdeňku Klimentovi, CSc. za pomoc při tvorbě práce, za cenné rady, zkušenosti a kritiku. Dále bych poděkoval své rodině, která mě po celou dobu studia finančně i psychicky podporovala, a také spolužákům, kteří mi při tvorbě samotné práce také velmi pomohli a podporovali.

Zadání diplomové práce

Název práce

Změny srážko-odtokového režimu v oblasti Šumavy

Cíle práce

Zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Práce bude zahrnovat rešeršní a aplikační část. Rešeršní část bude věnována metodice hodnocení změn odtokového režimu a příčinám změn srážko-odtokového režimu s využitím našich a zahraničních odborných studií zaměřených na středoevropský prostor. V aplikační části bude provedena analýza trendu a změn srážko-odtokového režimu v dlouhodobých časových řadách meteorologických a hydrologických charakteristik pro vybraná povodí vztažená k vodoměrným profilům jak na české (závětrné), tak na německé a rakouské (návětrné) straně Šumavy. Při analýze budou využity vhodné statistické nástroje (analýzy trendu, testy homogenity, geostatistické přístupy).

Datum zadání: 30. 11. 2013

Jméno studenta: Bc. Ondřej Fiala

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: doc. RNDr. Zdeněk Kliment, CSc.

Podpis vedoucího práce:

ZMĚNY SRÁŽKO-ODTOKOVÉHO REŽIMU V OBLASTI ŠUMAVY

Abstrakt:

Cílem této práce je zhodnocení změn srážko-odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří z časového a prostorového hlediska. Práce zahrnuje rešeršní a aplikační část. Rešeršní část je věnována metodice hodnocení změn srážko-odtokového režimu a jejich možným příčinám. V aplikační části je provedena analýza trendu srážko-odtokového režimu pro dlouhodobé časové řady průměrných a minimálních ročních a měsíčních průtoků a také ročních a měsíčních srážek pro vybrané vodoměrné a srážkoměrné stanice v české, německé a rakouské části Šumavy pomocí testů absolutní a relativní homogenity a Mann - Kendallova testu pro dlouhodobý trend. Jedním z hlavních motivů práce je zjištění případného orografického efektu, tedy rozdílu mezi návětrnou a závětrnou stranou Šumavy. V závěru jsou zhodnoceny a diskutovány dosažené výsledky, které jsou porovnány s odbornou literaturou.

Klíčová slova: *absolutní homogenita, Mann - Kendallův test, odtok, průtok, relativní homogenita, srážky, trend, Šumava, změny*

CHANGES OF RAINFALL-RUNOFF REGIME IN THE ŠUMAVA / BOHEMIAN FOREST REGION

Abstract:

The goal of this thesis is the evaluation of changes in rainfall-runoff regime in the Šumava region from time and spacial point of view. The thesis includes research and applied part. The research part is dedicated to the methods of evaluation of runoff changes and their possible causes in the Šumava region. In the applied part there is an analysis of precipitation - runoff regime for long-term time series of average annual and monthly discharges and also annual and monthly precipitations for selected gauging stations in Czech, German and Austrian part of Šumava using absolute and relative homogeneity tests and Mann - Kendall test for long-term trend. One of the main aims of this thesis is the identification of possible orographical effect or the difference between windward and leeward part of Šumava. In conclusion the achieved results are evaluated, discussed and compared with subject publications.

Key words: *absolute homogeneity, Mann - Kendall test, runoff, discharge, relative homogeneity, precipitation, trend, Šumava, changes*

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
SEZNAM TABULEK	8
SEZNAM OBRÁZKŮ	9
1 ÚVOD	10
2 METODIKA	12
2.1 ZDROJE DAT	12
2.1.1 Digitální model reliéfu	12
2.1.2 Hydrologická a klimatická data	13
2.1.3 Data krajinného pokryvu	14
2.2 HODNOCENÍ ZMĚN	14
2.2.1 Testy absolutní homogenity	15
2.2.2 Testy relativní homogenity	16
2.2.3 Mann - Kendall test	17
2.2.4 Orografická metoda	18
3 CHARAKTERISTIKA OBLASTI	19
3.1 VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	19
3.1.1 Výšková členitost	20
3.1.2 Sklonitost svahů	20
3.1.3 Orientace svahů a expozice	21
3.1.4 Krajinný pokryv	25
3.2 KLIMATICKÉ A ODTOKOVÉ POMĚRY	30
3.2.1 Základní informace o povodích	30
3.2.2 Klimatické poměry	33
3.2.3 Srážkové poměry	35
3.2.4 Odtokové poměry	43
4 VÝSLEDKY	50
4.1 TESTOVÁNÍ HOMOGENITY.....	50
4.1.1 Testy absolutní homogenity srážek	50
4.1.2 Testy absolutní homogenity průtoků	57
4.1.3 Testy relativní homogenity průtoků.....	59
4.2 DETEKCE TRENDU	63
4.2.1 Srážkové trendy.....	63
4.2.2 Odtokové trendy.....	68
4.3 ZÁVISLOST SRÁŽEK NA NADMOŘSKÉ VÝŠCE	80

5 DISKUZE	92
6 ZÁVĚR	95
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	96

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	vysvětlení
Arc Europe	digitální geografická databáze dat Evropy určená pro program ArcGIS
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - japonská družice vypuštěná do kosmu v roce 1999
CORINE	Coordination of Information an the Environment - Koordinace informací o životním prostředí
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMR	digitální model reliéfu
DWD	Deutscher Wetterdienst - Německý meteorologický ústav
EEA	European Environment Agency - Evropská agentura pro životní prostředí
Ehyd	hydrologická databáze Ministerstva životního prostředí Rakouska
GDEM	Global Digital Elevation Model - globální digitální výškový model
GIS	Geografické informační systémy
GPS	Global Positioning System - Globální polohový systém
GTOPO30	digitální výškový model s rozlišením 30 úhlových vteřin (cca 1 km)
H, Hr, Hm	Srážkové úhny roční, měsíční
HND Bayern	Hochwassernachrichtendienst Bayern - Bavorský hydrologický ústav
MK-S	Mann - Kendall statistic
MS	Microsoft
MULTMK/PARTMK	Multivariate Mann - Kendall / Partial Mann - Kendall
NAO	North Atlantic Oscilation - Severoatlantická oscilace
NASA	National Aeronautics and Space Administration . Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
Q, Qr, Qm	Průtoky roční, měsíční
SNHT	Standard Normal Homogeneity Test - standardní test homogeneity
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission - mezinárodní výzkumný program pro získání údajů nadmořských výšek pod záštitou NASA
WMS	Web Map Service - webová mapová služba

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	<i>Plochy a podíly všech složek krajinného pokryvu a jejich změny</i>	29
Tab. 2	<i>Plochy a podíly základních složek krajinného pokryvu a jejich změny</i>	29
Tab. 3	<i>Plochy jednotlivých povodí v zájmové oblasti</i>	32
Tab. 4	<i>Základní údaje o jednotlivých dílčích povodích v zájmové oblasti</i>	32
Tab. 5	<i>Průměrná četnost (dny) a doba trvání jednotlivých synoptických typů</i>	34
Tab. 6	<i>Průměrná roční četnost (dny) a doba trvání skupin synoptických typů</i>	34
Tab. 7	<i>Základní údaje o srážkoměrných stanicích v zájmové oblasti</i>	36
Tab. 8	<i>Metoda von Neumanna pro roční srážky</i>	51
Tab. 9	<i>Metoda von Neumanna pro lednové srážky</i>	52
Tab. 10	<i>Metoda von Neumanna pro červencové srážky</i>	53
Tab. 11	<i>Mann – Whitney - Pettitt test pro roční srážky</i>	54
Tab. 12	<i>Mann – Whitney - Pettitt test pro lednové srážky</i>	55
Tab. 13	<i>Mann – Whitney - Pettitt test pro červencové srážky</i>	56
Tab. 14	<i>Mann – Whitney - Pettitt test pro průměrné roční průtoky</i>	57
Tab. 15	<i>Mann – Whitney - Pettitt test pro minimální roční průtoky</i>	58
Tab. 16	<i>Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Modrava)</i>	60
Tab. 17	<i>Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Modrava)</i>	60
Tab. 18	<i>Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Teisnach)</i>	61
Tab. 19	<i>Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Teisnach)</i>	62
Tab. 20	<i>Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za české stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	64
Tab. 21	<i>Tab. 21: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za německé stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	65
Tab. 22	<i>Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za rakouské stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	66
Tab. 23	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	68
Tab. 24	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	69
Tab. 25	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	70
Tab. 26	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	70
Tab. 27	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	71
Tab. 28	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu</i>	72
Tab. 29	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009</i>	74
Tab. 30	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1966 - 2009</i>	75
Tab. 31	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009</i>	76
Tab. 32	<i>Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009</i>	77

Tab. 33	<i>Dlouhodobý trend ročních srážek za česká, německá a rakouská povodí</i>	88
Tab. 34	<i>Vypočtené roční úhrny srážek za česká povodí</i>	89
Tab. 35	<i>Vypočtené roční úhrny srážek za německá povodí</i>	90
Tab. 36	<i>Vypočtené roční úhrny srážek za rakouská povodí</i>	91

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	<i>Výšková členitost zájmové oblasti</i>	22
Obr. 2	<i>Sklonitost svahů v zájmové oblasti</i>	23
Obr. 3	<i>Orientace svahů v zájmové oblasti</i>	24
Obr. 4	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 1990</i>	26
Obr. 5	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2000</i>	27
Obr. 6	<i>Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2006</i>	28
Obr. 7	<i>Podíly základních složek krajinného pokryvu v letech 1990, 2000 a 2006</i>	29
Obr. 8	<i>Vymezení dílčích povodí v zájmové oblasti</i>	31
Obr. 9	<i>Lineární trendy sezónního počtu dní s daným typem cirkulace (1946 - 2002)</i>	35
Obr. 10	<i>Rozmístění srážkoměrných stanic v zájmové oblasti</i>	36
Obr. 11	<i>Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku – české stanice</i>	37
Obr. 12	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Churáňov (1962 – 2011)</i>	38
Obr. 13	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Klatovy (1962 – 2011)</i>	38
Obr. 14	<i>Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku – německé stanice</i>	39
Obr. 15	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Brennes (1962 – 2013)</i>	40
Obr. 16	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Furth im Wald (1948–2013)</i>	40
Obr. 17	<i>Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku - rakouské stanice</i>	41
Obr. 18	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Pfarrkirchenn (1972–2010)</i>	42
Obr. 19	<i>Změny sezónního rozložení srážek na stanici Langhalsen (1972–2010)</i>	42
Obr. 20	<i>Rozmístění vodoměrných stanic v zájmové oblasti</i>	43
Obr. 21	<i>Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku – česká povodí</i>	44
Obr. 22	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Modrava (1949 – 2011)</i>	45
Obr. 23	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Němčice (1931 – 2011)</i>	45
Obr. 24	<i>Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku - německá povodí</i>	46
Obr. 25	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Linden (1951 – 2012)</i>	47
Obr. 26	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Furth im Wald (1951 – 2012)</i>	47
Obr. 27	<i>Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku - rakouská povodí</i>	48
Obr. 28	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Vorderanger (1967 – 2009)</i>	49
Obr. 29	<i>Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Obermühl (1977 – 2010)</i>	49
Obr. 30	<i>Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za jednotlivé stanice</i>	67
Obr. 31	<i>Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků</i>	78
Obr. 32	<i>Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce českých stanic</i>	80
Obr. 33	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce českých stanic – 1. část</i>	81
Obr. 34	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce českých stanic – 2. část</i>	82
Obr. 35	<i>Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce německých stanic</i>	83
Obr. 36	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce německých stanic – 1. část</i>	84
Obr. 37	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce německých stanic – 2. část</i>	85
Obr. 38	<i>Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce rakouských stanic</i>	86
Obr. 39	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce rakouských stanic - 1. část</i>	87
Obr. 40	<i>Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce rakouských stanic - 2. část</i>	88

KAPITOLA 1

Úvod

Srážko-odtokový proces a jeho změny patří k nejvýznamnějším přírodním procesům probíhajícím v krajině. Patří k závažným globálním problémům majícím za následek sucha i povodně v mnoha oblastech světa a největší dopady mají zejména na obyvatelstvo v rozvojových zemích. V České republice jsou tyto změny pozorovány a studovány zejména v horských a podhorských oblastech v povodí horních toků českých řek a jejich přítoků, protože právě zde jsou nejlépe postihnutelné a lze tu provádět příslušná vodohospodářská opatření, která mohou mít vliv i na oblasti v nížinách.

Tato práce se zabývá změnami srážko-odtokového režimu oblasti české, německé i rakouské části Šumavy. Šumava byla vybrána jako reprezentativní horská oblast ČR, kde v minulosti docházelo k významným přírodním i antropogenním změnám, které měly vliv i na odtokový proces. Atmosférickými srážkami v oblasti Šumavy a jejich změnami se již dříve zabýval Prančl (1973) a později Lejsková (2000). Šumava rovněž patří k oblastem dlouhodobě zkoumaným Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009, 2011) a na tento výzkum má tato práce navazovat. Tato práce rovněž navazuje na předchozí bakalářskou práci (Fiala, 2012), která se však zabývala zejména změnou odtokového režimu pouze v české části Šumavy a změny srážek zkoumala jen okrajově.

Hlavním cílem této práce je zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska. Jde zde nejen o shrnutí dosavadních poznatků o změnách odtokového režimu v oblasti Šumavy, ale i o hledání jejich vzájemných souvislostí a jejich ověření pomocí analýzy dlouhodobých časových řad. Práce zahrnuje rešeršní a aplikační část.

Rešeršní část je věnována metodice hodnocení změn srážko-odtokového režimu a také možným příčinám těchto změn. V aplikační části je provedena analýza trendu srážko-odtokového režimu pro dlouhodobé časové řady vybraných odtokových charakteristik pro vybrané vodoměrné stanice v povodí horní Otavy, Ostružné, Volyňky, horní Blanice a Teplé Vltavy v české části, v povodí řek Regen a Ilz v německé části a v povodí řek Ranna, Kleine Mühl, Grosse Mühl a Grosse Rodl v rakouské části Šumavy. Měsíční a roční hodnoty srážek stejně jako průměrné i

minimální měsíční a průměrné i minimální roční hodnoty průtoků jsou analyzovány pomocí Mann - Kendallova testu za účelem zjištění dlouhodobého trendu změn. Homogenita časových řad srážek a průtoků je zde zkoumána pomocí testů absolutní homogenity (Mann-Whitney-Pettit test, metoda Von Neumanna) i relativní homogenity (Alexanderssonův test). Dále jsou zde analyzovány změny krajinného pokryvu jako jedna z možných příčin změn v odtoku a také závislost množství srážek na nadmořské výšce v jednotlivých částech Šumavy s cílem zachytit případný orografický efekt, tedy rozdíl mezi návětrnou (německou a rakouskou) a závětrnou (českou) stranou Šumavy.

Hypotézou této práce je, že k největším změnám v odtokovém režimu v horských oblastech české části Šumavy docházelo v souvislosti s horskou kolonizací a rozmachem zemědělství v období od poloviny 19. století do konce 2. světové války, kdy došlo k odsunu německého obyvatelstva. V nižších polohách se největší změny v odtoku dají naopak očekávat ve druhé polovině 20. století (zejména 70. a 80. léta), kdy zde docházelo k zemědělské kolektivizaci a intenzifikaci. Naopak na německé a rakouské straně Šumavy se podobně výrazné změny v odtoku v souvislosti s odlišným vývojem zdejšího osídlení a lidské činnosti neočekávají. V případě změn ve srážkovém režimu se dají očekávat jejich výraznější projevy na návětrné (německé a rakouské) straně Šumavy více než na závětrné (české) straně vzhledem k celkové expozici vůči převládajícím západním vzdušným hmotám přinášejícím srážky.

V dalších horských oblastech České republiky byly zpracovány odborné studie týkající se podobných témat – např. pro povodí Rolavy v Krušných horách (Ledvinka, 2008) či Opavy v Jeseníkách (Královec, 2009) nebo pro celou ČR (Brázdil, 1986 a Fiala, 2008). Ze zahraničních prací bychom mohli uvést příklady pro Německo (Eckhard, Ulbrich, 2003 nebo Zolina et al., 2008), Polsko (Kaczmarek, 1996) nebo Slovensko (Hlavcová, Čunderlík, 1998) v případě sousedních států. Ze zbytku Evropy uvedme např. Švédsko (Alexandersson, 1997), Nizozemsko (Buishand, 1981) nebo Černou Horu (Tošič, 2004). Byly zkoumány rovněž celoevropské srážky (Zveryajev, 2006). Z mimoevropských studií se podobnou problematikou zabývali např. v Indii (Basistha, 2009), v Turecku (Kahya, Kalayci, 2004) nebo v Číně (Xiong, Guo, 2004). V závětu této práce jsou výsledky diskutovány s některými tuzemskými studiemi za účelem porovnání obecných trendů srážek a průtoků v rámci České republiky.

KAPITOLA 2

Metodika

2.1 Zdroje dat

Data pro tuto práci byla použita většinou z volně dostupných databází (s výjimkou databází ČHMÚ a HND Bayern) a byla vybrána tak, aby byla navzájem porovnatelná v rámci celé zájmové oblasti. Dají se rozdělit do tří základních kategorií podle účelu jejich využití – data pro digitální model reliéfu, hydrologická a klimatická data a dále data krajinného pokryvu.

2.1.1 Digitální model reliéfu

Pro vytvoření digitálního modelu reliéfu (dále jen DMR) byla použita výšková data z databáze ASTER GDEM. Jedná se o společný projekt japonského Ministerstva ekonomiky, obchodu a průmyslu a americké NASA. Využívá data z japonské družice ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) vypuštěné do kosmu prostřednictvím NASA v roce 1999 a počínaje únorem roku 2000 sbírající data o teplotě, intenzitě vyzařování, odrazivosti a nadmořské výšce zemského povrchu. Od roku 2009 je tak uživatelům k dispozici databáze rastrových dat GDEM (Global Digital Elevation Model) zahrnující téměř celý zemský povrch (cca od 83° s. š. po 83° j. š.). Horizontální rozlišení dat je cca 30 m, což je výrazně více než ostatní srovnatelné světové databáze (např. SRTM3 má rozlišení 90 m a GTOPO30 dokonce 1000 M). Data jsou k dispozici podle polí zeměpisné sítě (vždy 1 x 1 stupeň zeměpisné šířky a délky, což znamená 3601 x 3601 pixelů). (ASTER GDEM, 2009)

Pro vytvoření digitálního modelu reliéfu zájmového území bylo potřeba celkem 6 takovýchto polí, která byla v programu ArcGIS sloučena do jednoho celku (pomocí funkce Merge rasters) a následně byly vytvořeny mapy sklonitosti (funkce Slope) a orientace svahů v zájmovém území (funkce Aspect). Pro českou republiku jsou pochopitelně k dispozici podrobnější výšková data, ale pro účely této práce jsou dostatečná. Navíc by nebylo možné porovnávat hodnoty v rámci celé zájmové oblasti.

Pro vytvoření říční sítě a rozvodnic jednotlivých povodí byla použita data z české databáze DIBAVOD a zahraniční databáze Arc Europe určené pro program ArcGIS, v případě německých a rakouských vodních toků byla tato vrstva z větší části vektorizována ručně na základě vytvořeného DMR a také podkladové mapy World topographic map použité v programu ArcGIS jako služba WMS.

2.1.2 Hydrologická a klimatická data

Pro analýzu změn srážko-odtokového režimu byla použita data z hydrologické a klimatologické databáze ČHMÚ pro české stanice. Pro německé stanice byla použita srážková data z klimatické databáze Web Werdis spravované DWD (Deutscher Wetterdienst) spadající pod německé spolkové Ministerstvo dopravy a digitální infrastruktury a také data průtoků z databáze HND (Hochwassernachrichtendienst) Bayern spadající pod bavorské Ministerstvo životního prostředí. V případě rakouských stanic byla data srážek i průtoků použita z databáze eHYD spadající pod rakouské Ministerstvo životního prostředí.

Většina těchto dat byla dostupná jako denní hodnoty, takže pro účely této práce bylo třeba převést je pomocí kontingenční tabulky v programu MS Excel na měsíční a roční úhrny v případě srážek a měsíční a roční průměry a minima v případě průtoků. Zatímco srážková data byla většinou k dispozici za společné období v rámci daného státu (v ČR roky 1961-2011, v Rakousku převážně 1971-2010), data průtoků byla dostupná již od počátku pozorování, ovšem u některých stanic s výpadkem během druhé světové války nebo těsně po ní. V takovém případě byly chybějící hodnoty doplňovány pomocí lineární regrese podle nejbližší stanice bez výpadku ležící na stejném vodním toku, ale pouze v případě, že výpadek nebyl delší než dva roky. Jinak byly pro účely testování absolutní a relativní homogenity většinou použity časové řady od období let 1945-1948 do současnosti. V případě Mann – Kendallova testu byla použita data od počátku pozorování až do současnosti (i včetně výpadků), protože v tomto případě není nutné používat celistvé časové řady.

2.1.3 Data krajinného pokryvu

Změny krajinného pokryvu byly zkoumány pomocí dat z databáze CORINE land cover, kterou spravuje Evropská agentura pro životní prostředí – EEA (European Environment Agency). Použity byly vektorové vrstvy (v programu ArcGIS datový formát shapefile) krajinného pokryvu v letech 2000 a 2006 a dále rastrová vrstva pokryvu z roku 1990, která byla následně převedena do vektorové podoby. Dále byly všechny vrstvy oříznuty podle hranic zájmového území a vytvořeny mapy krajinného pokryvu ve všech třech obdobích a také tabulky zachycující změny mezi jednotlivými obdobími v rámci základních i souhrnných kategorií. Ty byly vytvořeny sloučením několika základních kategorií, např. všechny typy lesa do jedné třídy nebo orná půda, zemědělská půda a trvalé kultury do další třídy (viz kap. 3.1.4).

2.2 Hodnocení změn

Dlouhodobé změny se geovědách nejčastěji sledují na tzv. časových řadách. Jedná se o soubory hodnot, které se nevyskytují kontinuálně, ale diskrétně, tedy v konečných časových intervalech. Nejčastěji se u časových řad sledují časové odchylky (změny), které se dále dělí na cyklické a necyklické. Mezi necyklické změny patří např. lineární nebo nelineární trend, který vyjadřuje dlouhodobou tendenci vývoje časové řady. Nelineární trend navíc nesmí v časových řadách obsahovat žádná relativní maxima a minima. Cyklické změny naopak tato maxima či minima vykazovat mohou. Pokud intervaly mezi nimi i amplitudy konstantní, jde o periodické změny (Královec, 2009).

V této práci je zjišťována absolutní i relativní homogenita časových řad a také dlouhodobý trend jejich vývoje. Zatímco testy absolutní homogenity využívají při testování pouze jednu datovou řadu, rozšířenější testy relativní homogenity porovnávají mezi sebou dvě řady dat. První řada je referenční a musí mít zajištěnou homogenitu, zatímco druhá řada je testována a porovnávána s řadou první. Relativní homogenita nastává tehdy, pokud rozdíly nebo podíly u odpovídajících si dvojic tvoří řadu náhodných čísel vyhovující zákonu chyb (Štěpánek, 2004).

2.2.1 Testy absolutní homogenity

V této práci byly dva druhy testů absolutní homogenity. Pro testování časových řad srážek byla použita metoda von Neumanna, jejíž princip spočívá v hodnocení rozdílů mezi dvěma následujícími hodnotami. Tuto metodu použili ve svých pracích např. Kaňok (1997) nebo Královec (2009). Neumannův poměr (N) má následující vzorec:

$$N = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - x_{t+1})^2}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2},$$

kde $x_t - x_{t+1}$ je rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími hodnotami a \bar{x} výběrový aritmetický průměr. Pro soubory nad 20 prvků má N normální rozdělení se směrodatnou odchylkou σ_N . Pokud výsledná hodnota N leží v intervalu $2 \pm u(\alpha) \cdot \sigma_N$, lze danou řadu na zvolené hladině významnosti α pokládat za homogenní. Nevýhodou této poměrně jednoduché metody je to, že nedává žádnou informaci bodu zlomu v časové řadě.

Proto byl pro testování absolutní homogenity srážek a průtoků použit také Pettittův test (též Pettitt-Mann-Whitney test), který byl vyvinut Pettittem (1979) a bod zlomu v časové řadě identifikuje jako významnou změnu ve střední hodnotě (průměru nebo mediánu). Test počítá s pořadím jednotlivých prvků v rámci řady a proto je také méně citlivý k odlehkým hodnotám. Má následující vzorec:

$$U_t = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^N \text{sgn}(X_i - X_j), \quad K_T = \max_{1 \leq t \leq T} |U_t|,$$

, testovací statistika má vzorec:

kde N je délka časové řady a t je rok pravděpodobné změny. Maximální hodnota K_T pak představuje pravděpodobný bod změny. Nulová hypotéza zde předpokládá absenci bodu změny. Můžeme ji zamítnout, pokud je vypočtená hodnota pravděpodobnosti p menší než zvolená hladina významnosti. V takovém případě je daná řada nehomogenní a je zodělena na dvě části v bodě zlomu t . Tento test pro analýtu srážkových či průtokových řad použili např. Basistha et al. (2009), Buishand (1982), Ledvinka (2008) nebo Královec (2009).

2.2.2 Testy relativní homogenity

Testy relativní homogenity jsou v geovědách v posledních letech rozšířenější než testy absolutní homogenity. Porovnávají časovou řadu se zajištěnou homogenitou s další řadou, u níž je homogenity nejistá a chceme ji zjistit. Zřejmě nejpoužívanějším testem relativní homogenity je Alexanderssonův test (Alexandersson, 1986, 1997), který byl v této práci použit k testování časových řad ročních průtoků. Byl použit v mnoha studiích, zejména pro analýzu řad průtoků (Tošič, 2004; Štěpánek, 2004; Ledvinka, 2008; Královec, 2009).

Test funguje tak, že u zkoumané řady vytvoří řadu poměrů Q_i mezi testovanou a referenční řadou a výslednou řadu standardizuje na normální rozdělení. Tím je docíleno řady Z_i s nulovým průměrem (Q) a jednotkovou směrodatnou odchylkou (σ_Q). Nulová hypotéza H_0 platí, když Z patří do intervalu $N(0,1), i = 1, \dots, n$. Alternativní hypotéza H_1 platí, když Z patří do intervalu $N(\mu_1,1), i = 1, \dots, a$ nebo $N(\mu_2,1), i = 1, \dots, a+1, \dots, n$. N označuje normální rozdělení a a rok zlomu. Jestliže hodnota testovacího kritéria T je větší než tabelovaná kritická hodnota, můžeme řadu na dané hladině významnosti považovat za nehomogenní. Nevýhodou tohoto testu je, že může být použit pouze na jednoduchý zlom a navíc rok nejpravděpodobnější změny se může vyskytovat příliš blízko začátku či konce řady (Štěpánek, 2004).

Pro analýzu homogenity řad srážek a průtoků se používají také další testy, např. Kruskal-Wallisův test pro více časových subřad (Královec, 2009; Kaňok, 1997), Wilcoxonův test (Štěpánek, 2004), SNHT test (Cahynová, Huth, 2007; Khaliq et al., 2007) nebo součtové čáry (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009; Ledvinka, 2008; Královec, 2009; Fiala, 2012), v této práci však nebyly použity.

2.2.3 Mann - Kendall test

Mann - Kendallův test slouží k detekci dlouhodobého ročního i sezónního trendu (Libiseller, 2004). Je hojně používaný pro svou jednoduchost a názornost. Byl použit v tuzemských studiích (Kliment, Matoušková, 2009, 2011; Ledvinka, 2008; Královec, 2009) i v zahraničí (Burn, 2004; Buishand, 1981; Kahya, Kalanci, 2004). Sezónní Mann - Kendallův test má vzorec:

$$T_j = \sum_{k < l} \text{sign}(Z_{lj} - Z_{kj})$$

kde j představuje sezónu, např. měsíc. Test má dva parametry detekce trendu: $MK-S$ určující směr a velikost trendu a p - hodnotu vyjadřující míru signifikance (čím blíže 0, tím větší významnost testu). Výhodou tohoto testu je, že dokáže pracovat i s velmi dlouhými datovými řadami a nevadí, pokud jednotlivé řady nejsou stejně dlouhé nebo část dat chybí (stanice v tu dobu neměřila).

Test jako program makro MULTMK/PARTMK v programovacím jazyce Visual Basic pro MS Excel vytvořil Anders Grimvall a dále rozvinula Claudia Libiseller z univerzity v Linköpingu. Pomocí tohoto testu byl zjišťován dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek a také průměrných a minimálních měsíčních a ročních průtoků. Průměrné hodnoty byly vloženy jako vstupní data do připraveného makra v MS Excel, kde bylo ještě před spuštěním testu nutné zadat čísla sloupců představujících roky, sezóny a proměnné. Na rozdíl od testů homogenity zde bylo počítáno se všemi daty všech sledovaných stanic od počátku měření, kde data nebyla dodatečně doplňována, aby byl test co nejvíce reprezentativní.

2.2.4 Orografická metoda

Jelikož ve většině horských oblastí, Šumavu nevyjímaje, jsou klimatické stanice umístěny v údolích, kde žije nejvíce obyvatel, je počet těchto stanic ve vyšších polohách většinou malý a tudíž nedostatečný pro klasickou plošnou interpolaci. V případě prosté plošné interpolace např. srážek na plochu povodí by tak byly hodnoty pro nejvyšší polohy značně podhodnocené. Z tohoto důvodu je pro takové účely vhodnější použít tzv. orografickou interpolaci, která zohledňuje vztah zejména dlouhodobých průměrů či úhrnů klimatických veličin (např. srážek, sněhových úhrnů, teploty vzduchu, atd.) a nadmořské výšky. Jsou tak lépe vyjádřeny hodnoty i u těch míst, která mají řídkou síť stanic (Královec, 2009).

Pro účely této metody je třeba vytvořit digitální model reliéfu (rastr nadmořských výšek), který bude dobře vystihovat studovanou oblast. Dalším nutným předpokladem je zjištění vztahu mezi průměrnými hodnotami nebo úhrny sledovaných veličin a nadmořskými výškami příslušných stanic, např. pomocí rovnice regrese. Z hodnot v rastru se dá spočítat vážený průměr nadmořských výšek pro dané území a poté podle regresní rovnice hodnoty klimatických veličin vztažených k ploše.

V této práci je zkoumán tzv. orografický efekt, což v tomto případě znamená vztah srážkových úhrnů a nadmořských výšek a jeho změny. Proto byly vytvořeny celkem tři rastry nadmořských výšek zvlášť pro českou, německou i rakouskou část Šumavy. Stejně tak byly vypočteny i tři regresní rovnice pro roční srážkové úhrny a lokální stanice, aby se jednotlivé oblasti daly porovnávat mezi sebou navzájem. U každého státu byla navíc vypočtena také regrese srážkových úhrnů pro každý měsíc, aby bylo vidět, jak se jejich závislost na nadmořské výšce mění v průběhu roku (viz kap. 4.3).

Tuto metodu pro výpočet srážek na povodí použili např. Šercl (2008), Královec (2009) nebo Šmídová (2009). Pro výpočet teploty vzduchu nebo výšky sněhové pokrývky tuto metodu použila např. Chalušová (2004).

KAPITOLA 3

Charakteristika oblasti

3.1 Vymezení a charakteristika území

Zájmová oblast se nachází v horské a podhorské oblasti Šumavy na území tří států – České republiky, Německa a Rakouska. Má celkovou rozlohu přes 4300 km², přičemž téměř 2000 km² připadá na německou část, necelých 1400 km² na českou část a přibližně 950 km² na rakouskou část. Jedná se značně členité území s velkými rozdíly v nadmořských výškách. Nejvyšším bodem je vrchol Velkého Javoru (německy Grosser Arber) s nadmořskou výškou 1445 m a nejnižším bodem je výtok řeky Grosse Rodl u obce Rottenegg s nadmořskou výškou 293 m (viz obr. 1).

Pro analýzu srážko - odtokových změn bylo vybráno 25 experimentálních povodí ležící v horské a podhorské části Šumavy (viz obr. 8). Povodí jsou uzavřena limnigrafickými stanicemi ve správě ČHMÚ (česká část), HND Bayern (německá část) a eHYD (rakouská část). Z celkového počtu 25 stanic 10 leží na území ČR (9 v povodí Otavy a 1 v povodí Teplé Vltavy), 6 v Německu (3 v povodí Regenu a 3 v povodí Ilzu) a 9 v Rakousku (1 v povodí Ranny, 1 v povodí Kleine Mühl, 4 v povodí Grosse Mühl a 3 v povodí Grosse Rodl). Povodí byla vybrána pro svoji rozmanitou výškovou členitost, orientaci svahů i rozdílný krajinný pokryv.

Vynechána byla ta povodí, která leží pod vodními díly, protože průtoky v nich jsou uměle regulovány a neodpovídají tak přírodnímu charakteru těchto povodí. Z těchto důvodů bylo zkoumáno povodí Blanice pouze nad Husineckou přehradou, povodí Vltavy nad Lipenskou přehradou a bylo zcela vynecháno povodí Úhlavy, jejíž průtok je již na horním toku ovlivněn přehradami Hamry a Nýrsko. Jedinou významnější vodní nádrž v rámci zájmové oblasti je přehrada Frauenau na horním toku řeky Kleiner Regen (jedna ze zdrojnic Schwarzer Regen). Jedná se však o rezervoár pitní vody, což znamená, že přehrada musí mít stálý objem, takže průtoky ve zmíněném vodním toku výrazně neovlivňuje.

3.1.1 Výšková členitost

Jak je vidět na obr. 1, zájmová oblast vykazuje značnou výškovou členitost. To platí jak v celkovém měřítku, tak v rámci jednotlivých subpovodí. Nejvyšší výškové stupně se vyskytují především na hlavním hřebeni, který tvoří hranici České republiky s Německem a Rakouskem a kudy také prochází hlavní evropské rozvodí (zde odděluje úmoří Severního moře na SV a černého moře na JZ od linie rozvodí). Hlavní hřeben prochází ve směru SZ – JV v délce přibližně 190 km napříč celou Šumavou a je tvořen mnoha vrcholy, např. Ostrý (1293 m), Jezerní hora (1343 m), Plesná (1336 m), Poledník (1315 m), Luzný (1373), Třístoličník (1332 m), Plechý (1378 m) či Smrčina (1332 m). Dva nejvyšší vrcholy Šumavy – Grosser Arber (Velký Javor, 1456 m) a Grosser Rachel (Velký Roklan, 1453 m) se však nacházejí na vedlejším hřebeni v Německu vedoucím souběžně s hlavním hřebenem v délce přibližně 100 km. V Německu bývá celá tato oblast nazývána jako Bayerischer Wald (Bavorský les).

Výškový stupeň okolo 1000 m n. m. obvykle zauímají šumavské pláně, kde se nejčastěji vyskytují četná rašeliniště a jsou rovněž pramennou oblastí většiny významných šumavských řek. Střední polohy (okolo 700 – 900 m n. m.) jsou zde většinou zastoupeny málo, protože se jedná o přechodné oblasti mezi vysoko položenými pláněmi a podhůřím. Tento přechod je zpravidla na jižní (německé) straně Šumavy prudší než na severní (české) straně. Posledním výškovým stupněm jsou pahorkatiny s nadmořskou výškou přibližně do 500 m. Ty se vyskytují nejčastěji na dolních tocích větších řek – Otavy a Volyňky v ČR, Chamb, Weisser Regen a Ilz v Německu a také Kleine Mühl a Grosse Rodl v Rakousku. Největší výškovou členitost mají obvykle ta povodí, u nichž je zastoupeno co možná nejvíce výškových stupňů na co nejmenší ploše. To se týká např. horní Otavy (nad Rejštejnem), Grosse Ohe (nad Schönbergem) nebo Grosse Rodl (nad Rotteneggem).

3.1.2 Sklonitost svahů

Pokud jde o sklonitost svahů. Lze celou oblast Šumavy rozdělit na tři základní části. První z nich je nejvýše položená oblast Šumavských plání, kde převažují mírné sklony svahů (obvykle do 5°). Typickým příkladem může být povodí Vydry (nad Modravou) a částečně také Teplé Vltavy (nad Lenorou) v případě ČR nebo povodí Diestlbachu (nad

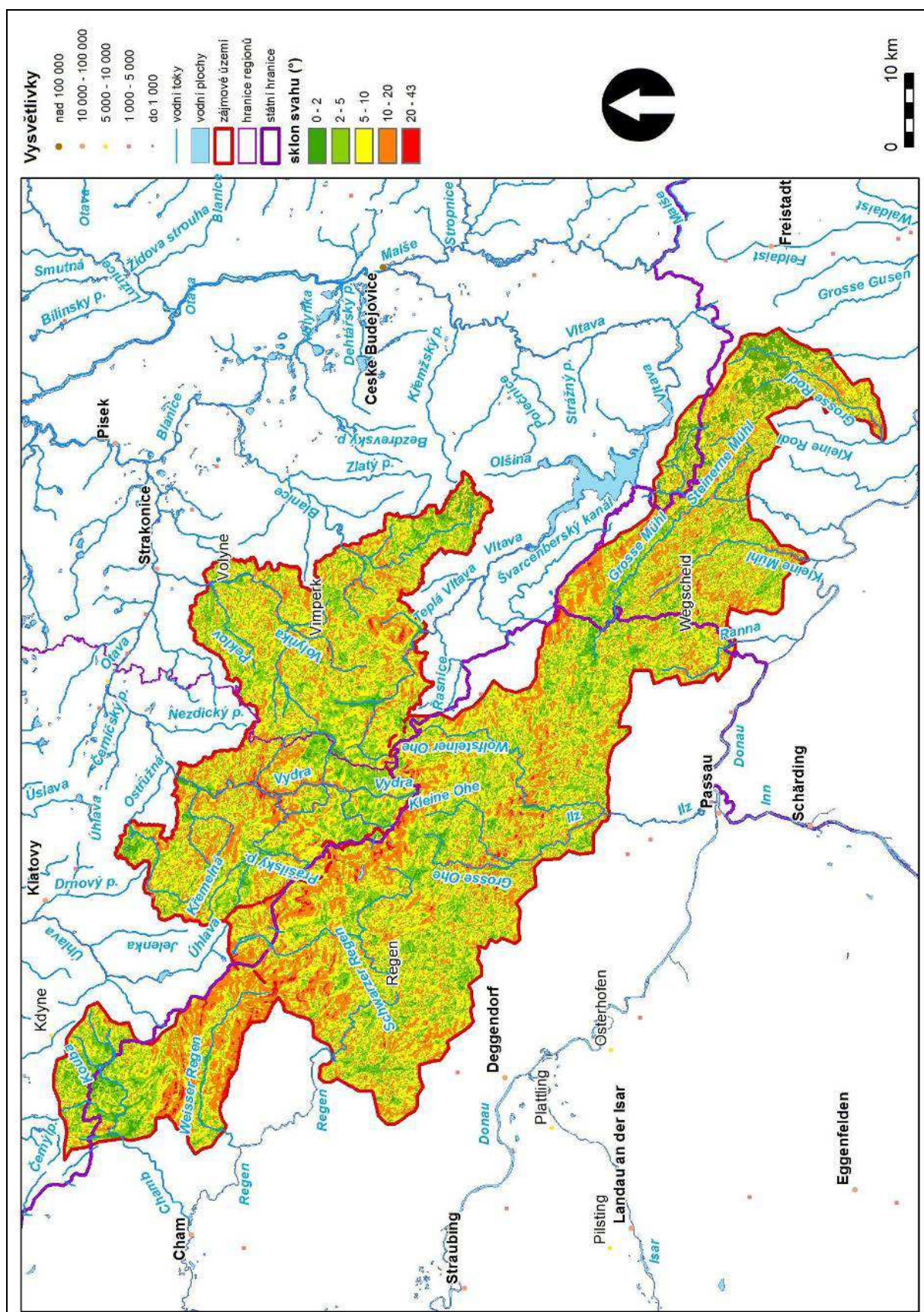
Zwettlem) v případě Rakouska (viz obr. 2). Další oblastí jsou střední polohy tvořící přechod mezi pláněmi a podhůřím Šumavy. Zde se obvykle vyskytují největší sklony svahů v celé zájmové oblasti (až 40°). Do této oblasti patří například povodí horní Otavy (nad Rejštejnem) v ČR, Weisser Regen (nad Kötztingem) v Německu nebo Grosse Mühl (nad stanicí Furthmühle) v Rakousku. Poslední oblastí podle sklonu svahů je podhůří, kde většinou převažují pahorkatiny a sklonitost se nejčastěji pohybuje okolo 2 – 10°. Typická jsou v tomto případě povodí Ostružné v ČR, řeky Chamb v Německu a Kleine Mühl v Rakousku. Celkově lze říci, že nejvíce oblastí s největšími sklony svahů se nachází v německé části Šumavy, kde se také většinou vyskytuje nejostřejší přechod mezi pláněmi a podhůřím.

3.1.3 Orientace svahů a expozice

Když hovoříme o převládající orientaci svahů v zájmové oblasti, dá se říci, že česká povodí mají spíše severní až severovýchodní orientaci, zatímco německá povodí jihozápadní a rakouská jižní orientaci. Značné rozdíly v orientaci svahů se však vyskytují i mezi jednotlivými dílčími povodími, jak ukazuje obr. 3. Zatímco například povodí Vydry a dále i Otavy má téměř přesně severní celkovou orientaci (pravobřežní svahy jsou přivráceny k západu a levobřežní k východu), povodí Teplé Vltavy v rámci zájmové oblasti je orientováno převážně jihovýchodně.

Obdobné rozdíly bychom našli také u německých povodí. Zatímco povodí dolního Ilzu má téměř přesně jižní orientaci, případě Weisser Regen jde o orientaci západní (pravobřežní svahy jsou přivráceny k jihu a levobřežní k severu). Také v případě rakouských povodí jsou rozdíly v orientaci značné. Povodí horního toku Grosse Mühl má orientaci jihovýchodní, zatímco povodí jeho přítoku Steinerne Mühl má orientaci přesně opačnou, tedy severozápadní. Výše uvedené rozdíly v orientaci svahů mezi jednotlivými povodími mají za následek také rozdílnou expozici vůči vzdušným hmotám přinášejícím srážky. To znamená, že i dvě povodí o podobné průměrné nadmořské výšce mohou mít vzhledem k rozdílné orientaci svahů také značně odlišné srážkové úhrny a tím pádem i rozdílné hodnoty odtoku.

Obr. 2: Sklonitost svahů v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, ASTER GDEM, DIBAVOD

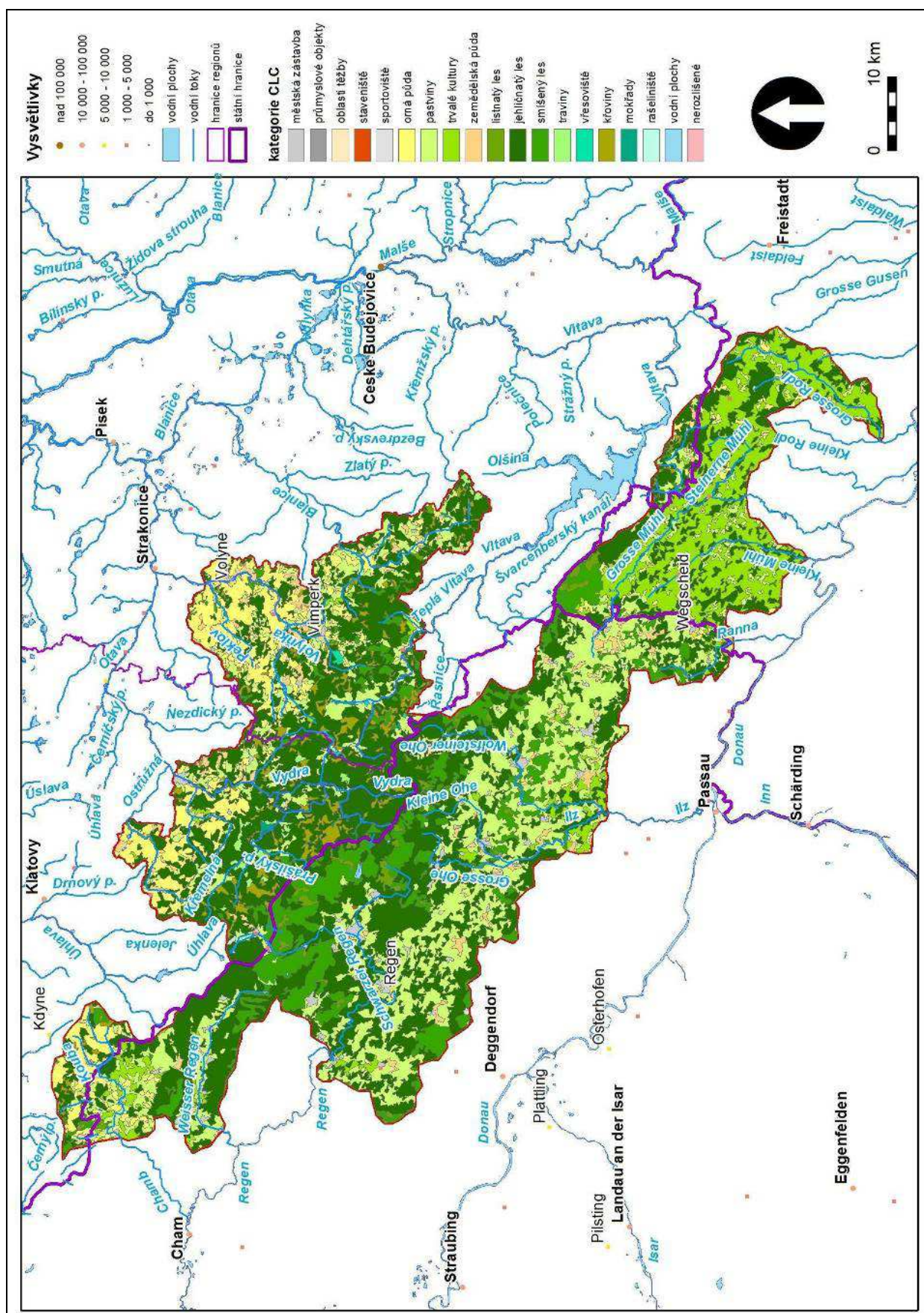
3.1.4 Krajinový pokryv

Vzhledem k velké rozloze zájmové oblasti se zde vyskytuje také velmi rozdílný krajinový pokryv jak v rámci celého studovaného území, tak i v rámci jednotlivých povodí. Je to dáno jak rozmanitými přírodními podmínkami, tedy především nadmořskou výškou a s tím souvisejícím rozdílným klimatem, tak i činností člověka v krajině. Na základě databáze CORINE land cover můžeme snadno porovnat vývoj krajinového pokryvu v zájmové oblasti v čase a prostoru, konkrétně ve třech mapovacích obdobích – 1990, 2000 a 2006.

V roce 1990 tvořila krajinovou matici českého podhůří orná půda jako pozůstatek kolektivizace a intenzifikace v zemědělství tehdejšího Československa mezi lety 1948 – 1989. Týká se to především povodí Ostružné, dolní Otavy, dolní Volyňky a Spůlky a také Kouby tekoucí do Německa jako řeka Chamb. V německém podhůří naopak převládaly pastviny a v Rakousku traviny. V nejvyšších polohách převládal les, zejména jehličnatý anebo smíšený, s ostrůvky křovin zejména v povodí Vydry a Křemelné a také Teplé Vltavy (viz obr. 4). V roce 2000 již ornou půdu na většině míst českého podhůří nahradily pastviny, přesto se ještě vyskytovala příklad v povodí dolní Volyňky (viz obr. 5). V hřebenových partiích Šumavy, zejména v povodí Vydry na české straně a také Kleine Ohe a Wolfsteiner Ohe na německé straně, došlo ke značnému úbytku lesa ve prospěch křovin zejména v důsledku kůrovcových kalamit v 90. letech 20. století. V roce 2006 již krajinovou matici českého podhůří tvořily výhradně pastviny, zejména ve středních polohách přibýlo lesů většinou na úkor luk a pastvin a rovněž se zvýšil podíl antropogenních ploch, například sportovišť. Typickým příkladem může být rozšíření lyžařského střediska Hochficht na rakouské straně vrchu Smrčina a přilehlých kopcích (viz obr. 6).

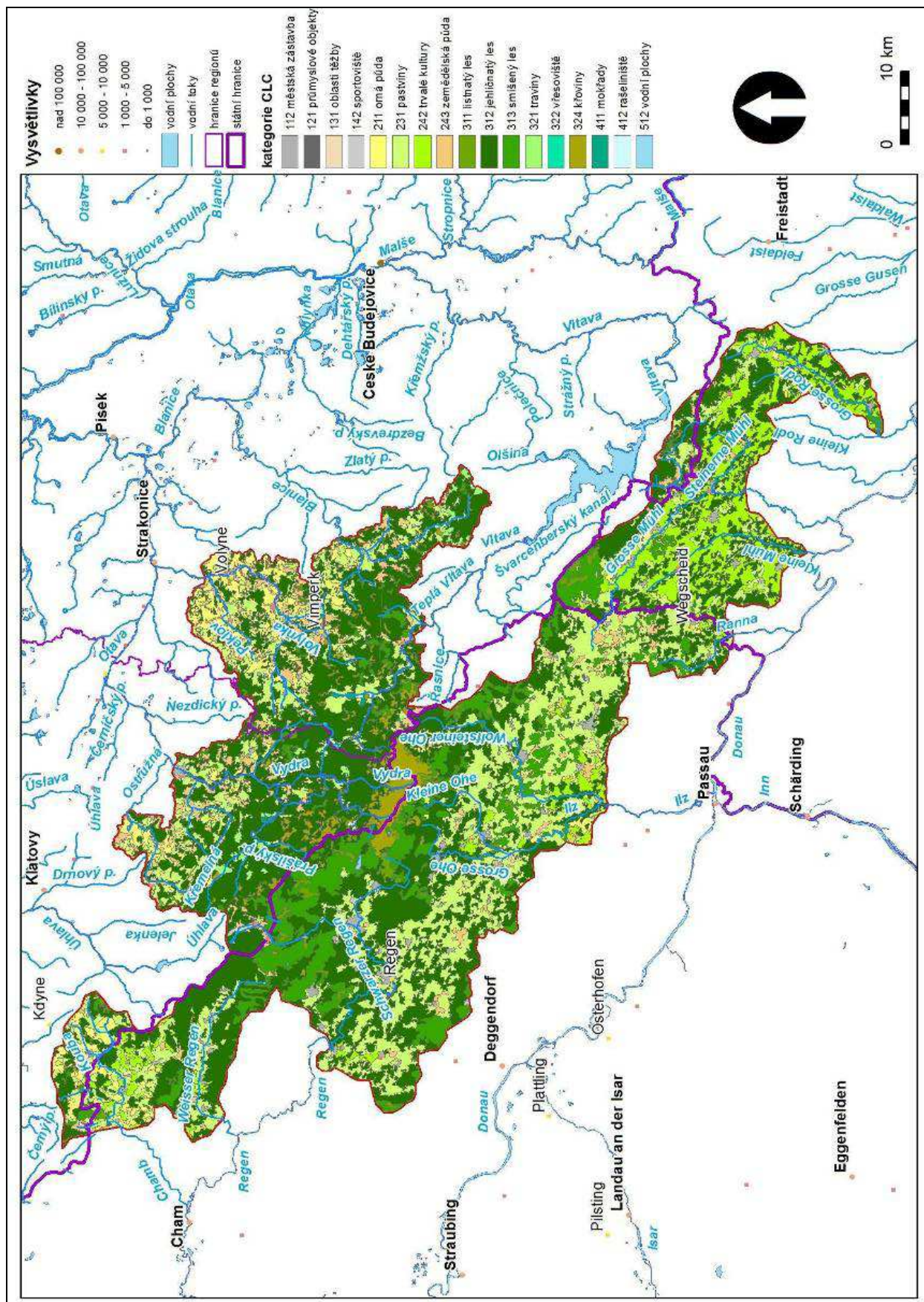
Souhrnné změny v krajinovém pokryvu ukazuje tab. 1. Jsou zde vidět stálé úbytky orné půdy, zejména v letech 1990 - 2000 (-3,65 %), a také trvalých kultur, nejvíce v letech 2000 - 2006 (-2,25 %). Stálý nárůst naopak vykazuje městská zástavba, pastviny (zejména v letech 2000 – 2006) a také lesy, zejména jehličnaté. Ještě lépe celkové trendy změn v krajinovém pokryvu vyniknou, pokud podobné kategorie sloučíme do několika základních tříd, jak ukazuje tab. 2. Zde je dobře vidět stálý úbytek zemědělské půdy ve prospěch luk, pastvin, křovin a lesů. Dobře to rovněž ilustrují grafy podílů základních složek krajinového pokryvu na obr. 7.

Obr. 4: Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 1990



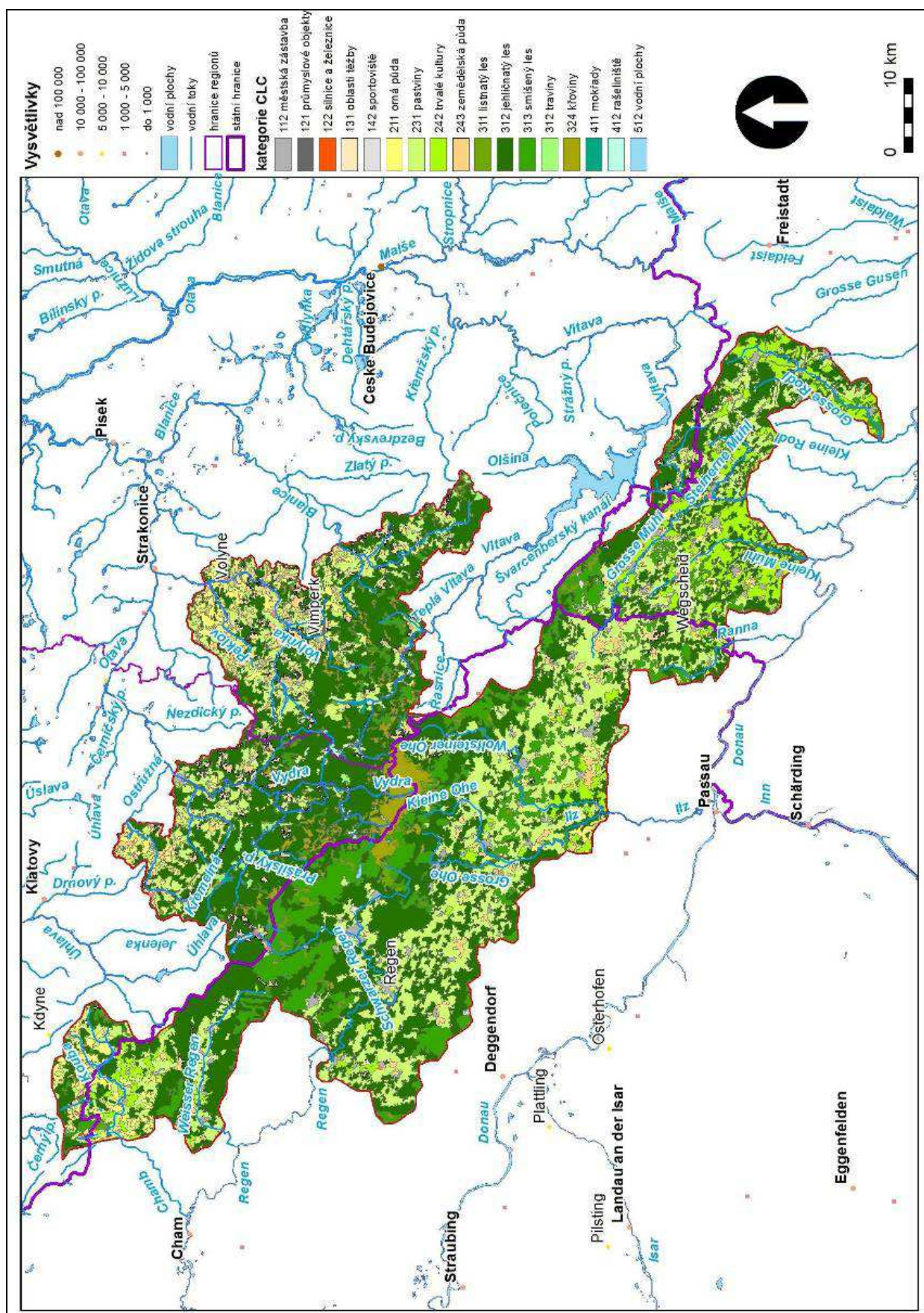
Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Obr. 5: Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2000



Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Obr. 6: Krajinný pokryv v zájmové oblasti v roce 2006



Data: Arc Europe, CORINE land cover, DIBAVOD

Tab. 1: Plochy a podíly všech složek krajinného pokryvu a jejich změny

Období	1990		2000		2006		1990 - 2000		2000 - 2006		1990 - 2006		
	Kód	Název	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)
112	městská zástavba	59,509	1,377	82,568	1,908	101,099	2,336	23,059	0,531	18,531	0,428	41,590	0,959
121	průmyslové objekty	0,767	0,018	2,120	0,049	2,381	0,055	1,353	0,031	0,261	0,006	1,614	0,037
122	silnice a železnice					0,379	0,009	0,000	0,000	0,379	0,009	0,379	0,009
131	oblasti těžby	0,871	0,020	0,799	0,018	0,799	0,018	-0,072	-0,002	0,000	0,000	-0,072	-0,002
133	staveniště	0,260	0,006					-0,260	-0,006			-0,260	-0,006
142	sportoviště	1,571	0,036	2,496	0,058	6,071	0,140	0,925	0,021	3,575	0,083	4,501	0,104
211	orná půda	342,670	7,927	184,771	4,270	143,958	3,326	-157,898	-3,657	-40,814	-0,944	-198,712	-4,601
231	pastviny	966,557	22,359	1 002,658	23,170	1 115,470	25,773	36,101	0,811	112,811	2,603	148,913	3,414
242	trvalé kultury	461,685	10,680	367,227	8,486	269,181	6,219	-94,458	-2,194	-98,046	-2,267	-192,504	-4,460
243	zemědělská půda	96,211	2,226	192,328	4,444	198,149	4,578	96,117	2,219	5,821	0,134	101,937	2,353
311	listnatý les	37,048	0,857	36,225	0,837	38,046	0,879	-0,823	-0,020	1,820	0,042	0,997	0,022
312	jehličnatý les	1 802,365	41,693	1 872,496	43,271	1 857,186	42,911	70,132	1,578	-15,311	-0,360	54,821	1,218
313	smíšený les	413,141	9,557	429,530	9,926	444,392	10,268	16,389	0,369	14,862	0,342	31,250	0,711
321	traviny	20,472	0,474	28,792	0,665	19,927	0,460	8,319	0,192	-8,864	-0,205	-0,545	-0,013
322	vřesoviště	3,508	0,081	0,920	0,021			-2,589	-0,060	-0,920	-0,021	-3,508	-0,081
324	křoviny	107,524	2,487	112,460	2,599	114,774	2,652	4,936	0,112	2,314	0,053	7,249	0,165
411	mokřady	6,564	0,152	8,753	0,202	11,028	0,255	2,190	0,050	2,275	0,053	4,465	0,103
412	rašeliníště	1,279	0,030	2,343	0,054	4,305	0,099	1,064	0,025	1,962	0,045	3,026	0,070
512	vodní plochy	0,914	0,021	0,869	0,020	0,869	0,020	-0,045	-0,001	0,000	0,000	-0,045	-0,001
	nerozlišené	0,021	0,000					-0,021	0,000			-0,021	0,000

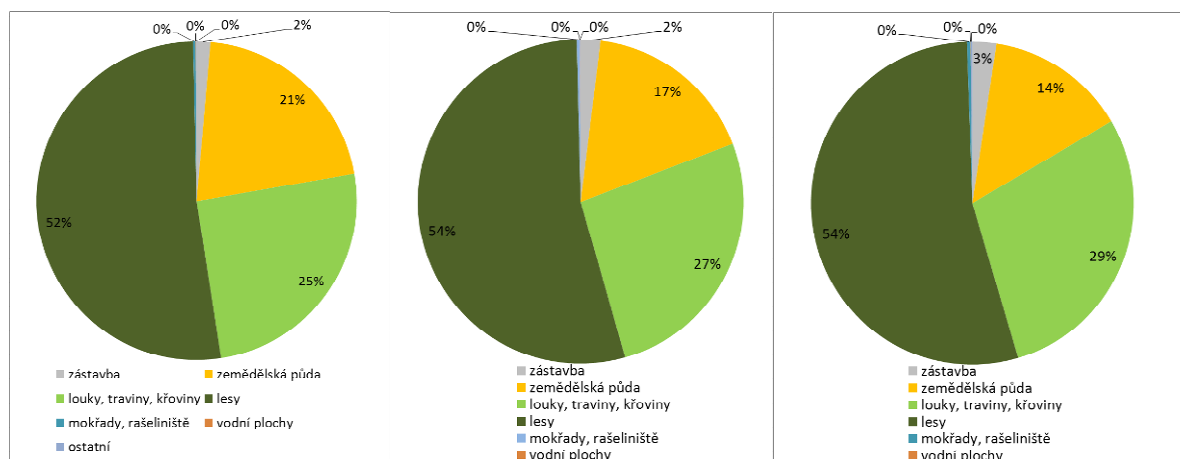
Data: CORINE land cover

Tab. 2: Plochy a podíly základních složek krajinného pokryvu a jejich změny

Období	1990		2000		2006		1990 - 2000		2000 - 2006		1990 - 2006		
	Název	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Plocha (km2)	Podíl (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)	Změna (km2)	Změna (%)
	zástavba	60,276	1,394	84,688	1,957	103,859	2,400	24,412	0,563	19,171	0,443	43,583	1,005
	zemědělská půda	900,566	20,832	744,326	17,200	611,287	14,124	-156,240	-3,632	-133,039	-3,077	-289,279	-6,708
	louky, traviny, křoviny	1 094,554	25,320	1 143,910	26,434	1 250,171	28,886	49,356	1,115	106,261	2,451	155,617	3,566
	lesy	2 252,554	52,107	2 338,252	54,034	2 339,623	54,058	85,698	1,927	1,371	0,023	87,069	1,951
	mokřady, rašeliníště	11,351	0,263	12,016	0,278	15,333	0,354	0,665	0,015	3,318	0,077	3,983	0,092
	vodní plochy	0,914	0,021	0,869	0,020	0,869	0,020	-0,045	-0,001	0,000	0,000	-0,045	-0,001
	ostatní	2,723	0,063	3,295	0,076	6,870	0,159	0,573	0,013	3,575	0,083	4,148	0,096

Data: CORINE land cover

Obr. 7: Podíly základních složek krajinného pokryvu v letech 1990, 2000 a 2006



Data: CORINE land cover

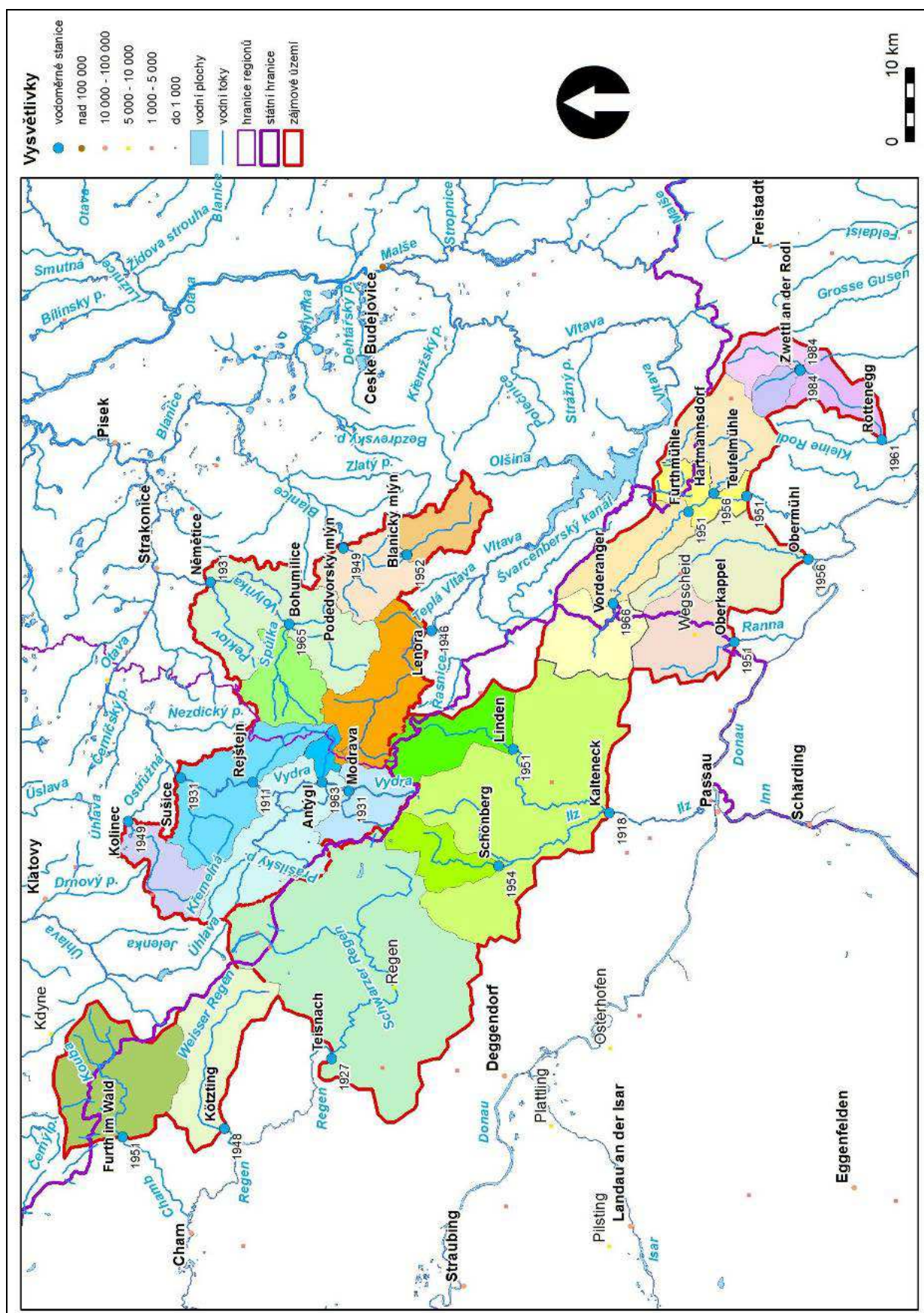
3.2 Klimatické a odtokové poměry

3.2.1 Základní informace o povodích

Jak již bylo řečeno výše, zájmová oblast je tvořena 25 povodími, z nichž 10 se nachází na území ČR, 6 v Německu a 9 v Rakousku. Polohu jednotlivých dílčích povodí včetně jejich příslušnosti k hlavnímu toku vyjádřené barevným odstínem ukazuje obr. 8. Plochy povodí hlavních toků v zájmové oblasti jsou uvedeny v tab. 3. Je zde vidět, že největší celkovou plochu zaujímají německá povodí (Regen a Ilz), následovaná českými povodími (Otava, Volyňka, Blanice a Teplá Vltava) a rakouskými povodími (Ranna, Kleine Mühl, Grosse Mühl a Grosse Rodl). Povodí byla vybrána s ohledem na svou rozdílnou polohu, nadmořskou výšku, sklonitost a orientaci svahů a také krajinný pokryv. Zatímco povodí ve vrcholových partiích Šumavy (např. Vydra, Teplá Vltava nebo Grosse Ohe) odpovídají přírodě blízkému stavu s minimem antropogenních zásahů, v případě podhorských povodí (např. Kolinec, dolní Volyňka, Chamb nebo Kleine Mühl) je tomu spíše naopak.

Základní informace o jednotlivých dílčích povodích jsou obsaženy v tab. 4. Njenížší průměrnou nadmořskou výšku z českých povodí má Volyňka (716 m), z německých Chamb (515 m) a z rakouských Kleine Mühl (600 m). Naopak nejvyšší průměrnou nadmořskou výšku z českých povodí má Vydra (1136 m), z německých Wolfsteiner Ohe (938 m) a z rakouských Diestlbach (768 m). Specifický odtok ve srovnání s průměrem ČR ($q_a = 6,1 \text{ l/s/km}^2$) dosahuje u všech povodí nadprůměrných hodnot, nejvíce v případě povodí Vydry v ČR (37,7), Grosse Mühl nad Vorderangerem v Rakousku (24) a Grosse Ohe v Německu (23,9). Ve všech případech se jedná o povodí ve vysokých nadmořských výškách, kde jsou vysoké srážkové úhrny a zároveň velké sklony svahů (v případě Grosse Mühl a Grosse Ohe) nebo snížená propustnost podloží (v případě Vydry).

Obr. 8: Vymezení dílčích povodí v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, DIBAVOD

Tab. 3: Plochy jednotlivých povodí v zájmové oblasti

ČESKÁ REPUBLIKA		NĚMECKO		RAKOUSKO	
Otava	533,841	Regen	1184,521	Ranna	134,480
Volyňka	383,409	Ilz	809,274	Kleine Mühl	191,029
Blanice	202,755			Grosse Mühl	461,221
Teplá Vltava	176,004			Grosse Rodl	159,227
Celkem	1 388,018	Celkem	1 993,794	Celkem	945,958
CELKEM:	4 327,770				

Data: ASTER GDEM, DIBAVOD

Tab. 4: Základní údaje o jednotlivých dílčích povodích v zájmové oblasti

Stát	Povodí stanice	Vodní tok	Plocha (km ²)	Průměrná výška povodí (m n. m.)	Prům. specifický odtok (l/s/km ²)
Česká republika	Blanický mlýn	Blanice	85,482	890,305	11,050
Česká republika	Podedvorský mlýn	Blanice	202,009	843,867	9,789
Česká republika	Antýgl	Hamerský potok	20,411	1098,092	22,880
Česká republika	Kolinec	Ostružná	92,009	748,798	13,039
Česká republika	Rejstějn	Otava	336,500	1016,336	24,463
Česká republika	Sušice	Otava	543,762	914,002	19,452
Česká republika	Bohumulice	Spůlka	104,583	799,795	9,587
Česká republika	Lenora	Teplá Vltava	176,004	1013,369	17,205
Česká republika	Němětice	Volyňka	383,491	716,285	7,584
Česká republika	Modrava	Vydra	89,760	1136,057	37,744
Německo	Schönberg	Grosse Ohe	82,885	793,234	23,981
Německo	Teisnach	Grosse Regen	754,003	680,598	22,403
Německo	Furth im Wald	Chamb	246,883	515,850	10,749
Německo	Kalteneck	Ilz	809,274	700,821	21,158
Německo	Kötzting	Weisser Regen	183,634	728,468	19,506
Německo	Linden	Wolfsteiner Ohe	130,656	934,502	17,036
Rakousko	Zwettl - D.	Diestlbach	29,885	767,594	16,209
Rakousko	Furthmühle	Grosse Mühl	127,072	742,732	21,478
Rakousko	Teufelmühle	Grosse Mühl	461,221	741,798	19,278
Rakousko	Vorderanger	Grosse Mühl	126,352	761,359	24,022
Rakousko	Rottenegg	Grosse Rodl	159,227	723,505	14,629
Rakousko	Zwettl - G.R.	Grosse Rodl	56,319	764,769	13,607
Rakousko	Obermühl	Kleine Mühl	191,029	599,999	16,756
Rakousko	Oberkappel	Ranna	134,480	690,752	23,085
Rakousko	Hartmannsdorf	Steinerne Mühl	138,249	752,497	15,254

Data: ASTER GDEM, DIBAVOD, ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

3.2.2 Klimatické poměry

Velká rozloha zájmové oblasti kromě výše uvedených rozdílů v typu reliéfu a krajinném pokryvu má vliv také na rozdílnost klimatických podmínek, které se vyskytují v jejích dílčích oblastech. Určujícím faktorem je zde především nadmořská výška, která ovlivňuje zejména teplotu vzduchu a také úhrny a skupenství srážek. Jelikož však ani hodnoty těchto klimatických veličin na jednom místě nejsou stále stejné, je třeba hledat jejich příčinu v dlouhodobém časovém horizontu a také ve větším prostorovém měřítku.

V roce 2007 Cahynová a Huth analyzovali četnost a dobu trvání jednotlivých synoptických typů na území ČR (tehdejšího Československa) v letech 1946 – 2002. Vzhledem k velikosti a blízkosti zkoumaného území lze tyto údaje použít i pro oblast Šumavy s přesahem do Německa a Rakouska. Tab. 5 ukazuje, že největší četnost má typ Wc (západní cyklonální) s téměř 33 dny ročně a průměrnou délkou trvání 3,9 dne. Nejdelsí průměrnou dobu trvání 6,7 dne však měl typ Wal (západní anticyklonální letního typu). Autoři ve studii použili test homogenity na posun průměru (SNHT), jehož výsledky ukazují, že například došlo k výraznému nárůstu četnosti typu Wc a naopak k poklesu četnosti typu Ea (východní anticyklonální) a že k těmto změnám docházelo nejčastěji v 70. a 80. letech 20. století. K výraznějším změnám však došlo v případě průměrné délky trvání jednotlivých synoptických situací, kdy u většiny typů došlo k jejich zkrácení. Podobné trendy zkrácení doby trvání jsou i v případě celých skupin synoptických typů, jak ukazuje tab. 6. Zde je také vidět největší četnost Z a SZ proudění a nejmenší četnost V a SV proudění, ovšem bez významných dlouhodobých změn (Cahynová, Huth, 2007).

Zajímavé trendy se rovněž ukazují v případě ročních období. Jak ukazuje obr. 9, ve všech ročních obdobích kromě léta se zvyšuje četnost dní s cyklonálním typem a naopak anticyklonálních dnů ubývá. Nejvýrazněji je to vidět v případě podzimu. Četnost Z a SZ typů rostla zejména v zimě, v létě a na podzim v období od 60. do poloviny 90. let, což odpovídá kladné fázi Severoatlantické oscilace (NAO). Poté jejich počet prudce klesá zejména ve prospěch situací s neurčeným směrem proudění (Cahynová, Huth, 2007). Všechny tyto skutečnosti mohou hrát důležitou v dlouhodobých změnách celkových úhrnů a sezónnosti srážek a tím pádem i v hodnotách a sezónnosti odtoku v jednotlivých částech Šumavy. Týká se především změn v četnosti cyklonálních situací a trendů ve směru převládajícího proudění.

Klimatické změny v ČR a jejich vliv na odtok dále zkoumali např. Brázdil (1986), Buchtele (1991), Kašpárek (2006, 2009), Šercl (2008) nebo Treml (2010). V zahraničí se podobnou problematikou mj. zabývali Burn (1984), Craddock (1979), Easterling et al. (1996), Mpelasoka a Chiew (2009) nebo Radziewski a Kundzewicz (2004).

Tab. 5: Průměrná četnost (dny) a doba trvání jednotlivých synoptických typů

typ	prům. četnost	rok změny	změna (dny)	prům. délka	rok změny	změna (dny)
Wc	32,6	1973	15,6	3,9	*	*
Wcs	12,4	*	*	4,1	1974	-1,5
Wa	12,5	1977	-6,2	3,6	1976	-1,1
Wal	12,6	*	*	6,7	*	*
NWc	18,2	*	*	3,4	1969	-1,0
NWa	6,2	*	*	3,3	1975	-0,9
Nc	13,3	*	*	3,5	1975	-2,4
NEc	18,5	*	*	3,6	1984	-1,1
NEa	12,1	*	*	3,5	1972	-0,8
Ec	16,3	*	*	3,7	1977	-1,7
Ea	15,8	1970	-11,6	3,6	1973	-1,1
SEc	10,4	1971	8,2	3,3	1975	-1,4
SEa	7,5	*	*	3,5	1977	-1,7
Sa	8,0	*	*	3,3	1974	-1,1
SWc ₁	11,1	1990	9,8	3,6	1976	-1,7
SWc ₂	19,3	*	*	3,6	1974	-1,5
SWc ₃	13,2	*	*	3,6	1978	-1,0
SWa	8,9	*	*	3,3	1969	-1,0
A	21,2	1990	-10,3	4,2	1973	-1,3
C	12,5	*	*	4,3	1973	2,5
Cv	3,4	1972	3,3	2,6	*	*
B	32,6	1982	-16,3	4,4	1976	-1,3
Bp	17,3	1997	22,0	2,7	1949	-1,5
Vfz	10,3	*	*	3,6	1973	-1,9
Ap ₁	3,4	1967	2,6	1,4	1987	-0,4
Ap ₂	8,6	1976	6,9	1,6	1950	-0,9
Ap ₃	4,9	1986	5,4	1,9	1947	-2,7
Ap ₄	2,1	*	*	2,0	1982	-1,0

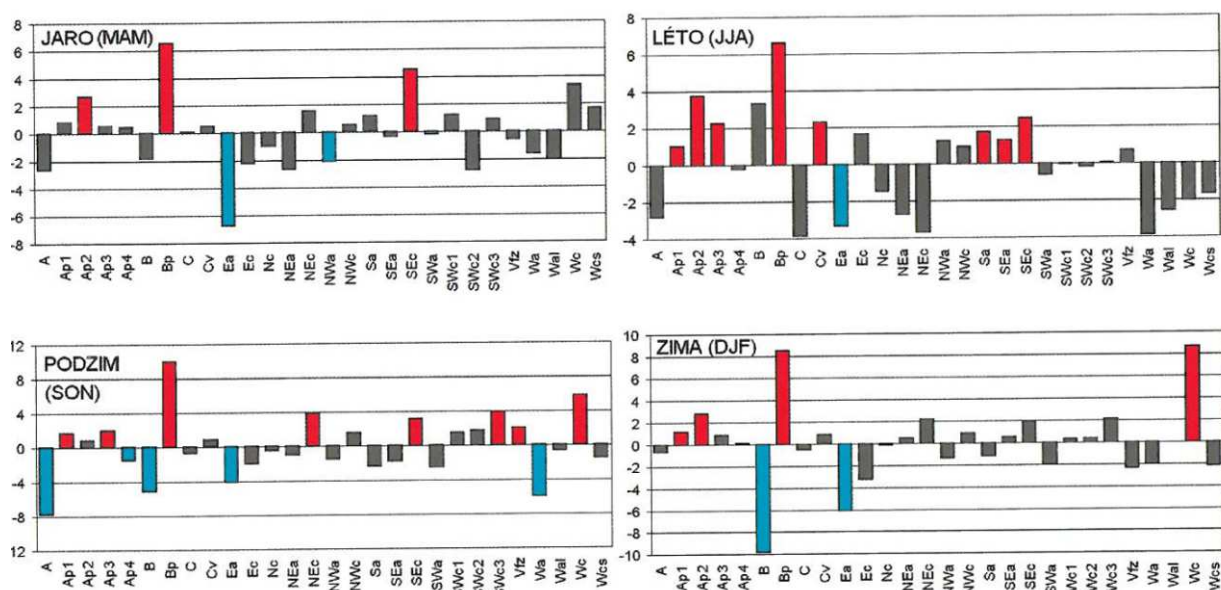
Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

Tab. 6: Průměrná roční četnost (dny) a doba trvání skupin synoptických typů

směr proudění	prům. četnost	rok změny	změna (dny)	prům. délka	rok změny	změna (dny)
S+SV	43,9	*	*	3,5	1973	-1,2
V+JV	49,9	*	*	3,6	1976	-1,4
J+JZ	60,6	*	*	3,5	1974	-1,0
Z+SZ	94,5	*	*	3,9	1973	-1,1
neurč.	116,3	1962	23,2	3,1	1976	-1,4
cyklonalita						
C	227,8	1974	24,2	3,7	1973	-1,2
A	123,8	1974	-22,1	3,2	1974	-1,3
neurč.	13,6	1997	11,0	3,3	1970	-1,1

Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

Obr. 9: Lineární trendy sezónního počtu dní s daným typem cirkulace (1946 - 2002)



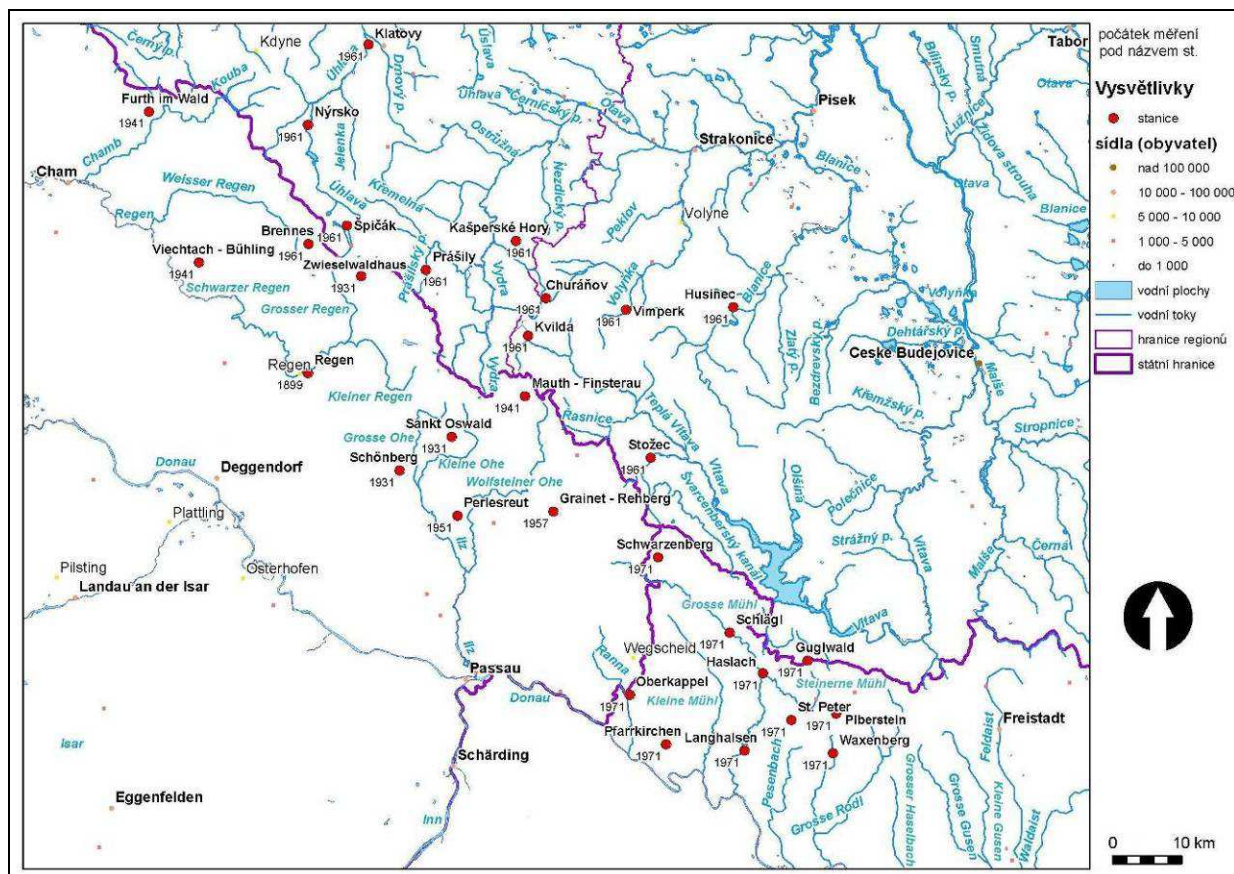
Zdroj: Cahynová, Huth, 2007

3.2.3 Srážkové poměry

Srážky se v oblasti Šumavy vyznačují velkou časovou i prostorovou variabilitou vzhledem k velké rozloze i členitosti zájmové oblasti. Roli zde hraje nejen rozdílná nadmořská výška, ale také převládající expozice svahů vůči převládajícímu vzdušnému proudění přinášejícímu srážkovou činnost. Největší dlouhodobé srážkové úhrny se vyskytují na hřebenech Šumavy, ale závislost množství srážek na rostoucí nadmořské výšce se vzhledem k orografickému efektu v jednotlivých oblastech liší (viz kap. 4.3).

Pro účely této práce bylo vybráno 30 srážkoměrných stanic s rozdílnou geografickou polohou i nadmořskou výškou, z nichž 10 se nachází na území ČR, 10 v Německu a 10 v Rakousku (viz obr. 10). Data měsíčních a ročních srážkových úhrnů v případě ČR byla dostupná od roku 1961, v případě Rakouska od roku 1971 a v případě Německa od rozmezí let 1899 (stanice Regen) až 1961 (stanice Brennes). Nadmořská výška jednotlivých stanic se pohybuje od 392 m v případě stanice Furth im Wald až po 1118 m v případě stanice Churáňov (viz tab. 7). Nejvýše položená stanice celé oblasti Grosser Arber (1456 m) nebyla do srážkových analýz zahrnuta z důvodu příliš krátké řady měření (až od roku 1982).

Obr. 10: Rozmístění srážkoměrných stanic v zájmové oblasti



Data: Arc Europe, DIBAVOD

Tab. 7: Základní údaje o srážkoměrných stanicích v zájmové oblasti

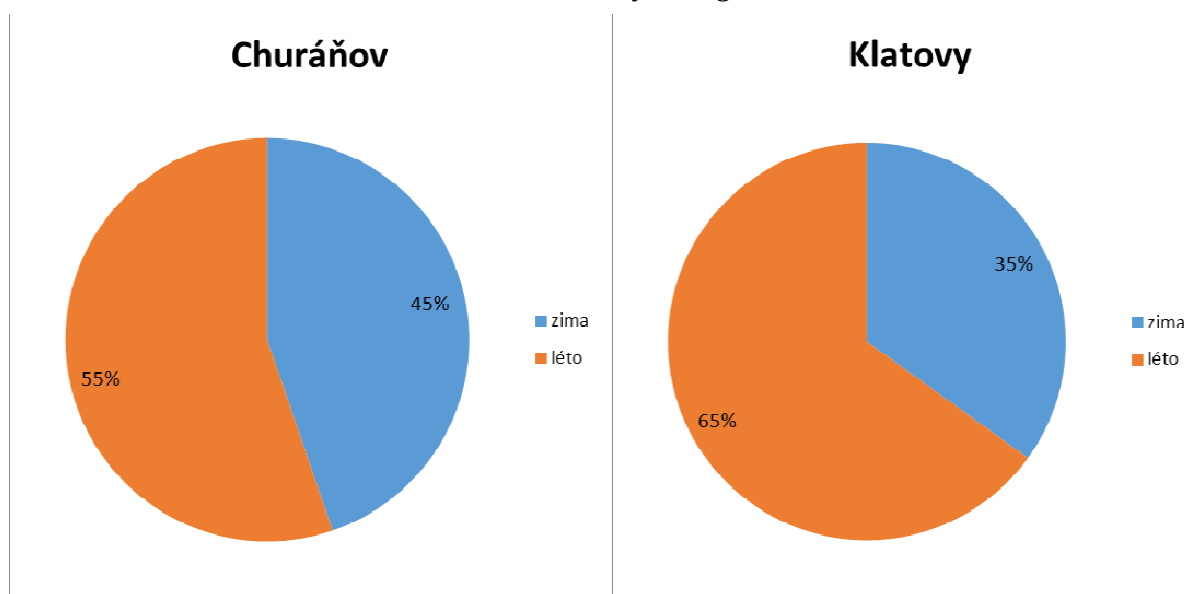
ČESKÁ REPUBLIKA			NĚMECKO			RAKOUSKO		
Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek	Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek	Stanice	Výška (m n. m.)	Počátek
Husinec	536	1961	Brennes	1040	1961	Guglwald	750	1971
Churáňov	1118	1961	Furth im Wald	392	1941	Haslach	510	1971
Kašperské Hory	737	1961	Grainet - Rehberg	628	1957	Langhalsen	449	1971
Klatovy	430	1961	Mauth - Finsterau	1011	1941	Oberkappel	495	1971
Kvilda	1062	1961	Perlesreut	540	1951	Pfarrkirchen	815	1971
Nýrsko	458	1961	Regen	583	1899	Piberstein	899	1971
Prášíly	880	1961	Sankt Oswald	754	1931	Schlägl	555	1971
Stožec	787	1961	Schönberg	547	1931	Schwarzenberg	730	1971
Špičák	947	1961	Viechtach - Bühling	662	1941	St. Peter	687	1971
Vimperk	657	1961	Zwieselwaldhaus	699	1931	Waxenberg	700	1971

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Sezónní rozložení srážek je rovněž silně závislé na nadmořské výšce, přičemž platí, že čím výše daná stanice leží, tím větší podíl ročních srážek připadá na chladný půlrok. Pro porovnání sezónního rozložení srážek a jeho změny byly vždy vybrány dvě stanice z každého státu, přičemž první stanice je vždy tou nejvýše položenou a druhá naopak nejnižše položenou. Porovnány jsou pokaždé procentuální podíly srážkových úhrnů v chladné neboli zimní (říjen až březen) a teplé neboli letní (duben až září) polovině hydrologického roku.

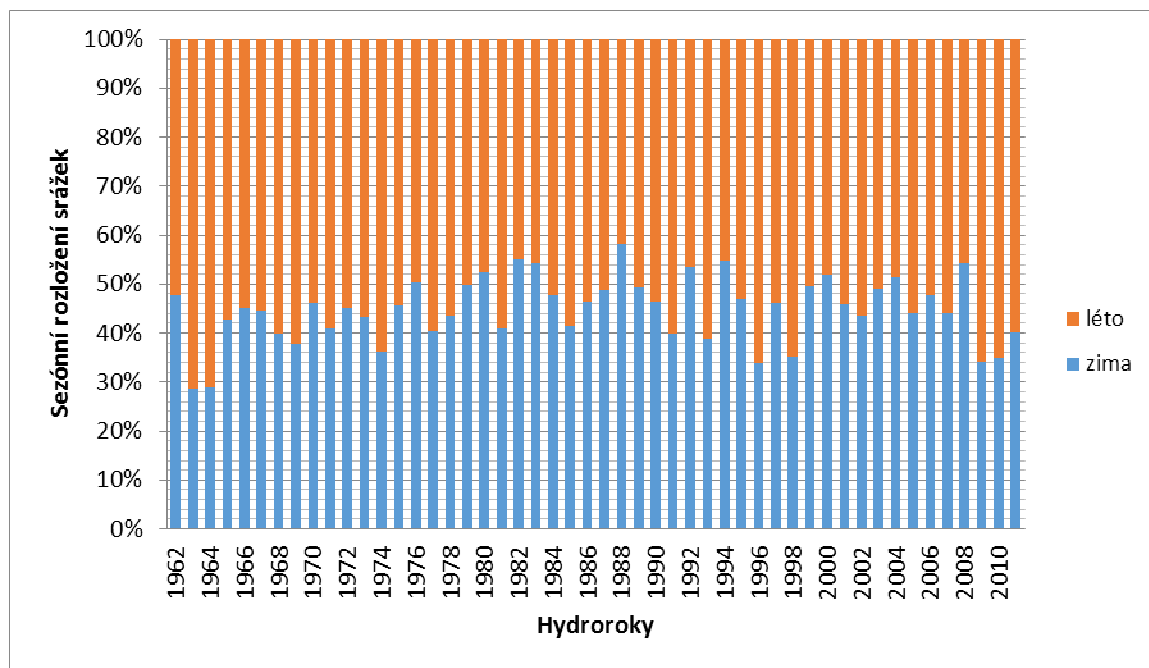
V případě českých stanic je nejvýše položenou stanicí Churáňov (1118 m) a nejnižše položenou Klatovy (430 m). Zatímco v případě Churáňova připadá na srážky v zimním půlroce 45 %, v případě Klatov pouze 35 % (viz obr. 11). Pokud bychom se podívali na dlouhodobý vývoj sezónního podílu srážek u obou stanic, i zde bychom našli značné rozdíly. Zatímco v případě Churáňova (obr. 12) dochází k dlouhodobé stagnaci podílu letních a zimních srážek s přechodným mírným nárůstem zimních srážek v průběhu 80. let, v případě Klatov (obr. 13) už lze hovořit o dlouhodobém poklesu zimních a nárůstu letních srážek, ovšem s dílčími výkyvy (např. rok 2008).

Obr. 11: Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku – české stanice



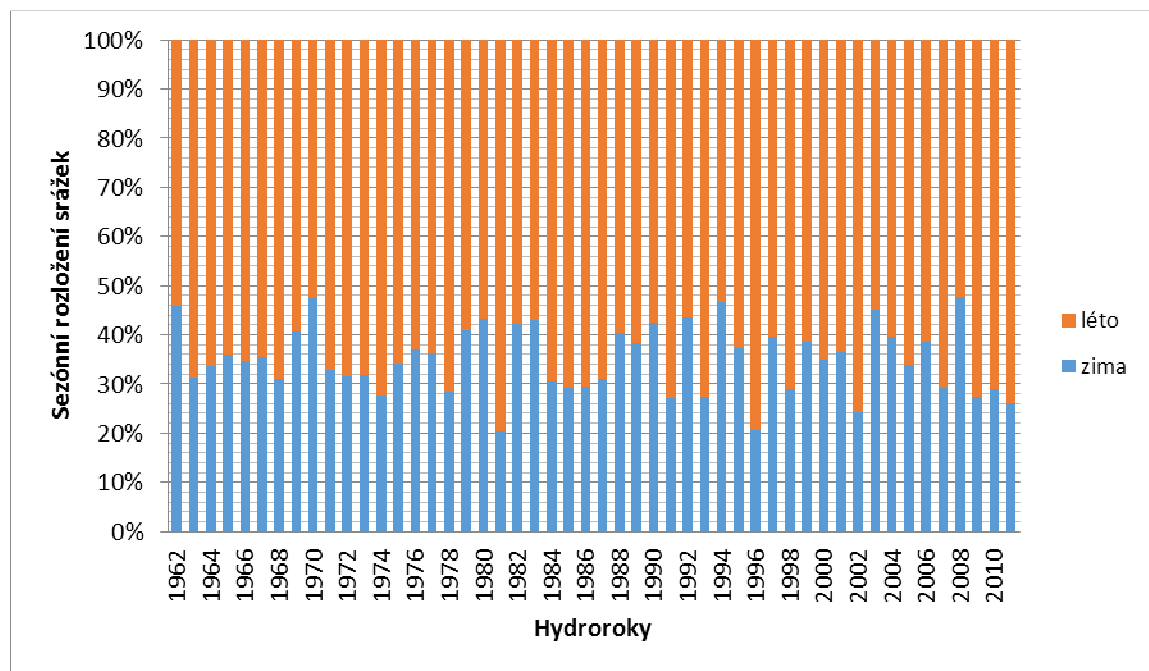
Data: ČHMÚ

Obr. 12: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Churáňov (1962 – 2011)



Data: ČHMÚ

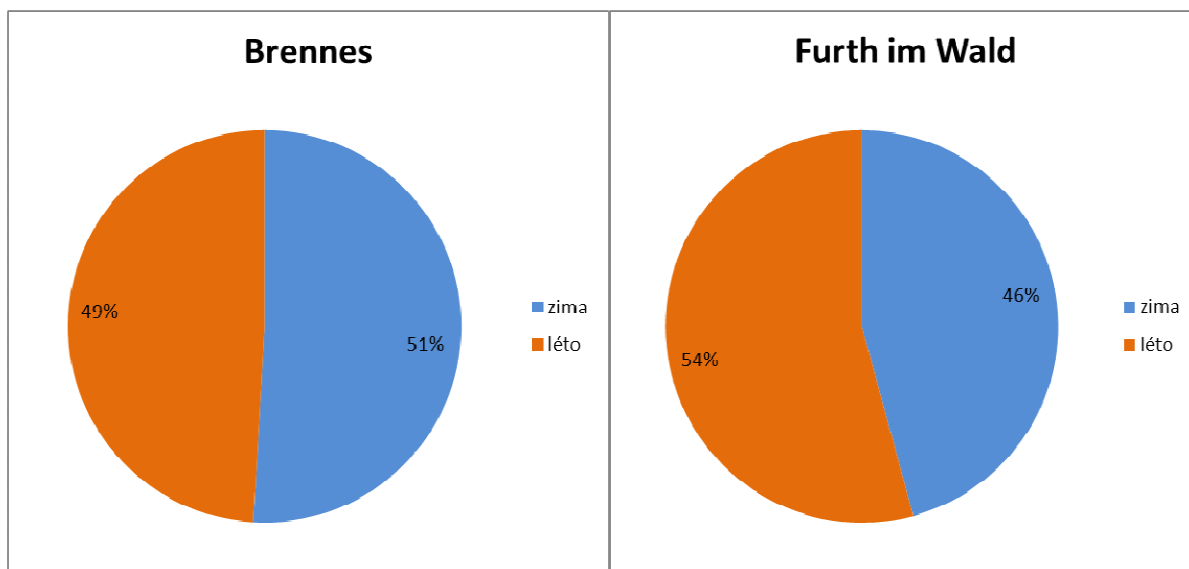
Obr. 13: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Klatovy (1962 – 2011)



Data: ČHMÚ

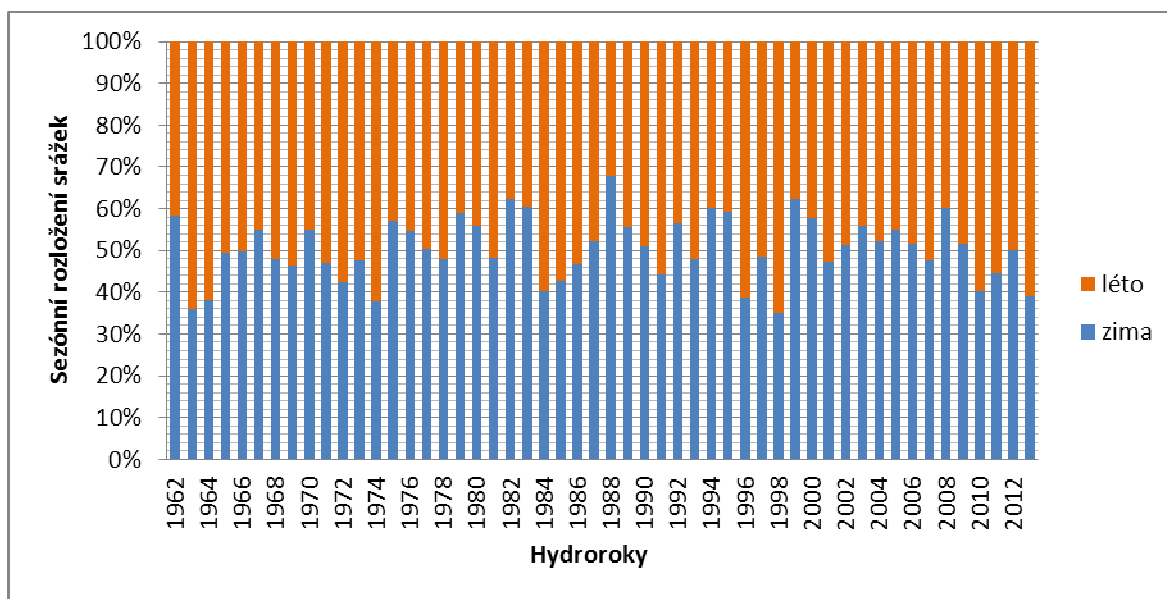
V případě německých stanic je nejvýše položenou stanicí Brennes (1040 m) a nejnižše položenou Furth im Wald (392 m). Zatímco v případě stanice Brennes připadá na srážky v zimním půlroce 51 % (největší podíl ze všech vybraných stanic, přestože neleží úplně nejvýše), v případě Furth im Wald je to pouze 46 % (viz obr. 14). Když porovnáme obě stanice s ohledem na dlouhodobé změny sezónnosti srážek, zjistíme u obou nejprve nárůst podílu zimních srážek přibližně do poloviny 80. let a poté naopak jejich úbytek až do současnosti. Výrazněji je tento trend u stanice Brennes (obr. 15), kde nárůst podílu zimních srážek vrcholí rokem 1988 (téměř 70 % zimních srážek). V případě stanice Furth im Wald (obr. 16) nastává maximum zimních srážek dříve (rok 1983), následované podružným maximem (rok 2008).

Obr. 14: Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku – německé stanice



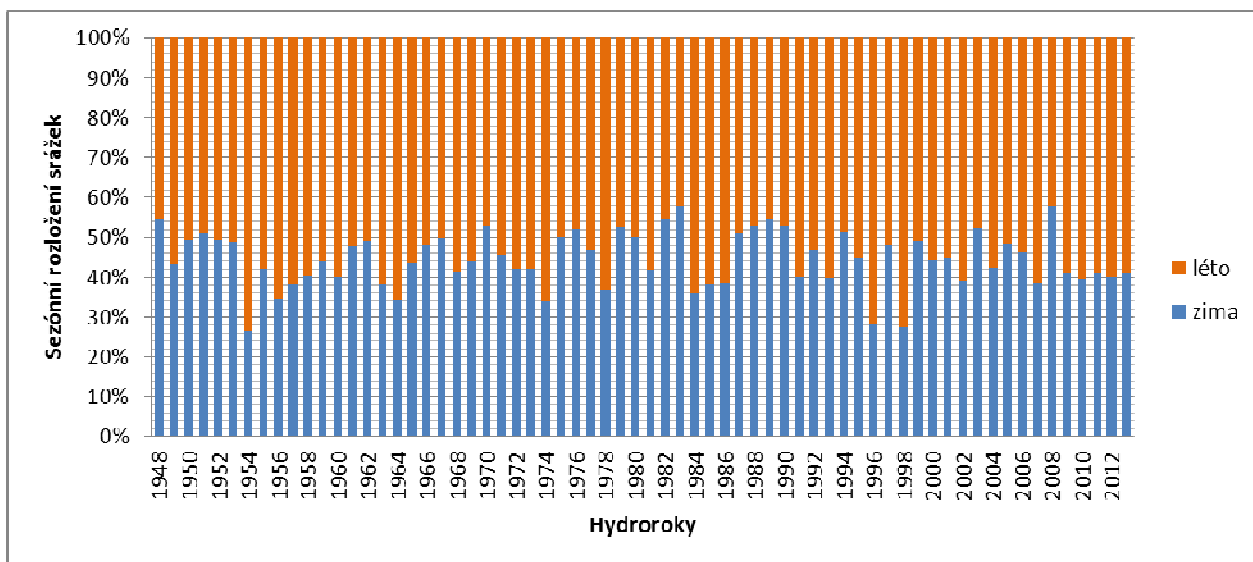
Data: DWD

Obr. 15: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Brennes (1962 – 2013)



Data: DWD

Obr. 16: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Furth im Wald (1948–2013)

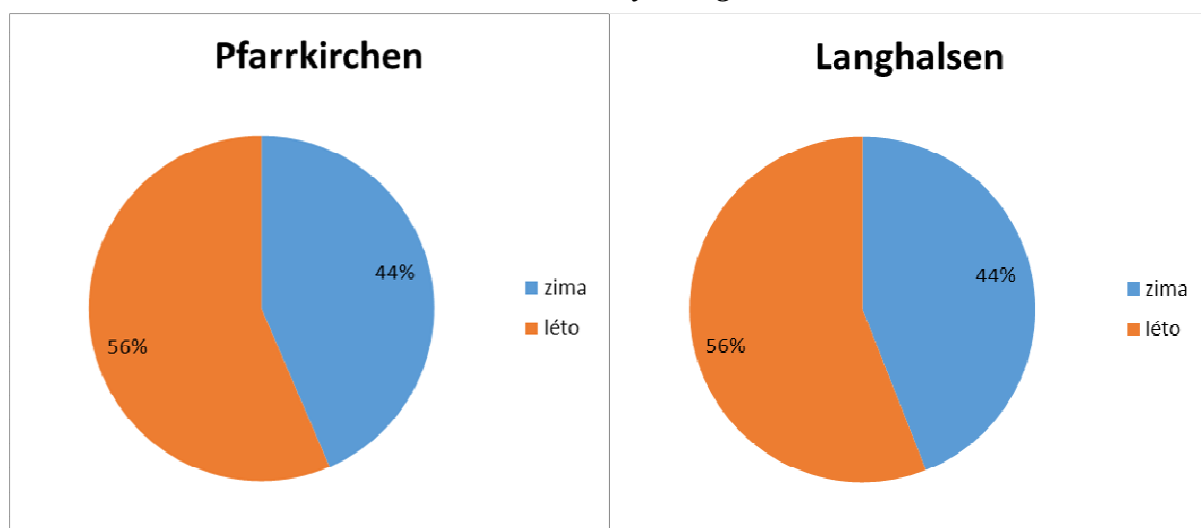


Data: DWD

V případě rakouských stanic patří k nejvýše položeným stanicím Pfarrkirchen (815 m) a nejnižše položenou je Langhalsen (449 m). Zde se na rozdíl od českých a německých stanic neprojevil žádný rozdíl v podílu zimních srážek na ročním úhrnu, u obou stanic je to shodně 44 % (viz obr. 17). Ani v případě trendů sezónních změn srážek u rakouských stanic velké rozdíly nenalezneme. Celkově zde převládá dlouhodobá stagnace podílu letních a zimních srážek. Drobný rozdíl je pouze v tom, že v případě stanice Pfarrkirchen (obr. 18) je podíl letních srážek v první polovině 90. let mírně větší než ve stejném období v případě stanice Langhalsen (obr. 19).

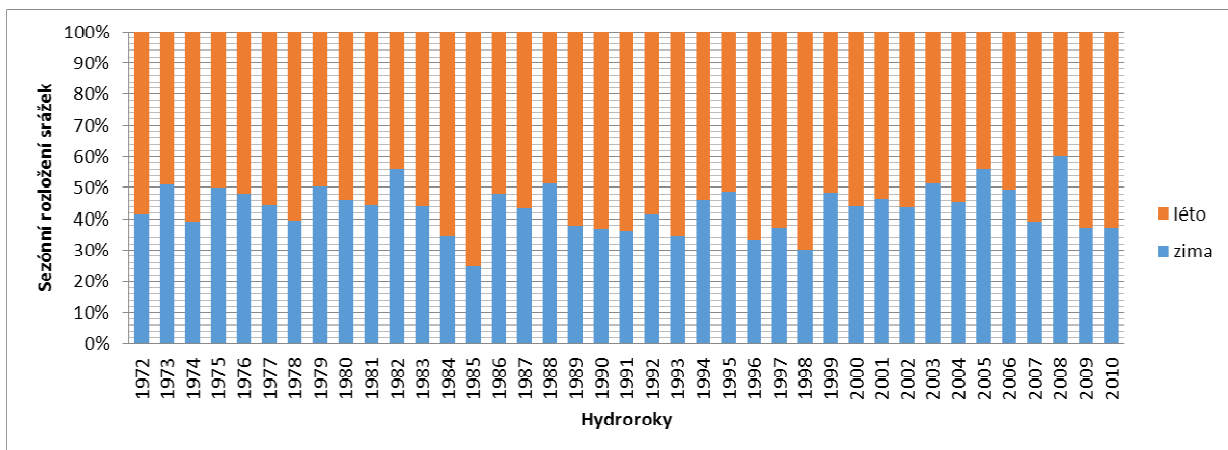
Může to být způsobeno několika faktory. První příčinou může být malý rozdíl v nadmořských výškách jednotlivých rakouských stanic (ve srovnání s českými a německými stanicemi). V případě Rakouska totiž zcela chybí zastoupení hřebenových poloh nad 900 m n. m. Dalším důvodem mohou být rovněž nejkratší řady měření srážek (1972 – 2010), takže nemusí být zahrnuty některé důležité klimatické změny před rokem 1972. Třetím faktorem může být odlišná závislost srážek na nadmořské výšce oproti české a německé části Šumavy (viz kap. 4.3).

Obr. 17: Rozložení srážek v letní a zimní části hydrologického roku - rakouské stanice



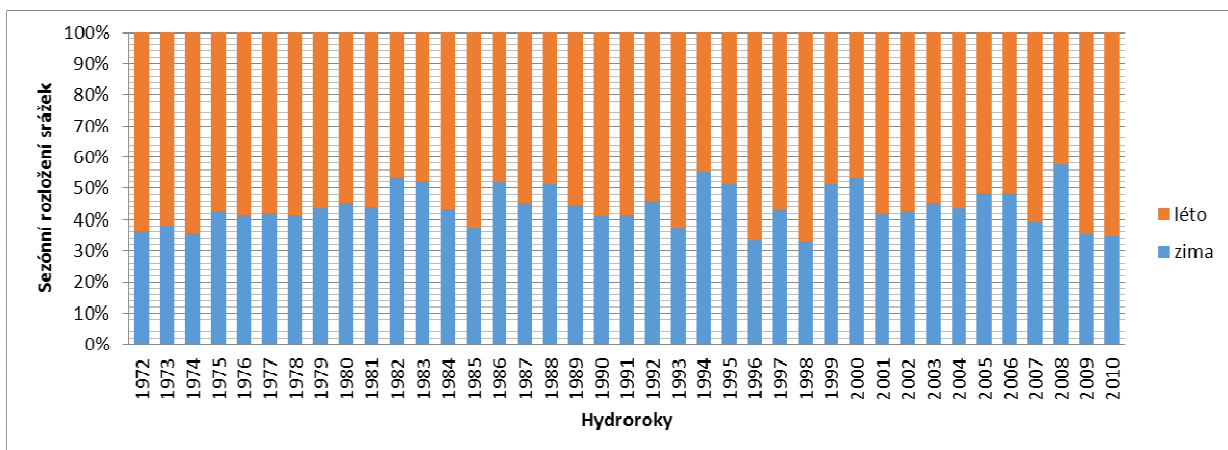
Data: eHYD

Obr. 18: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Pfarrkirchenn (1972–2010)



Data: eHYD

Obr. 19: Změny sezónního rozložení srážek na stanici Langhalsen (1972–2010)



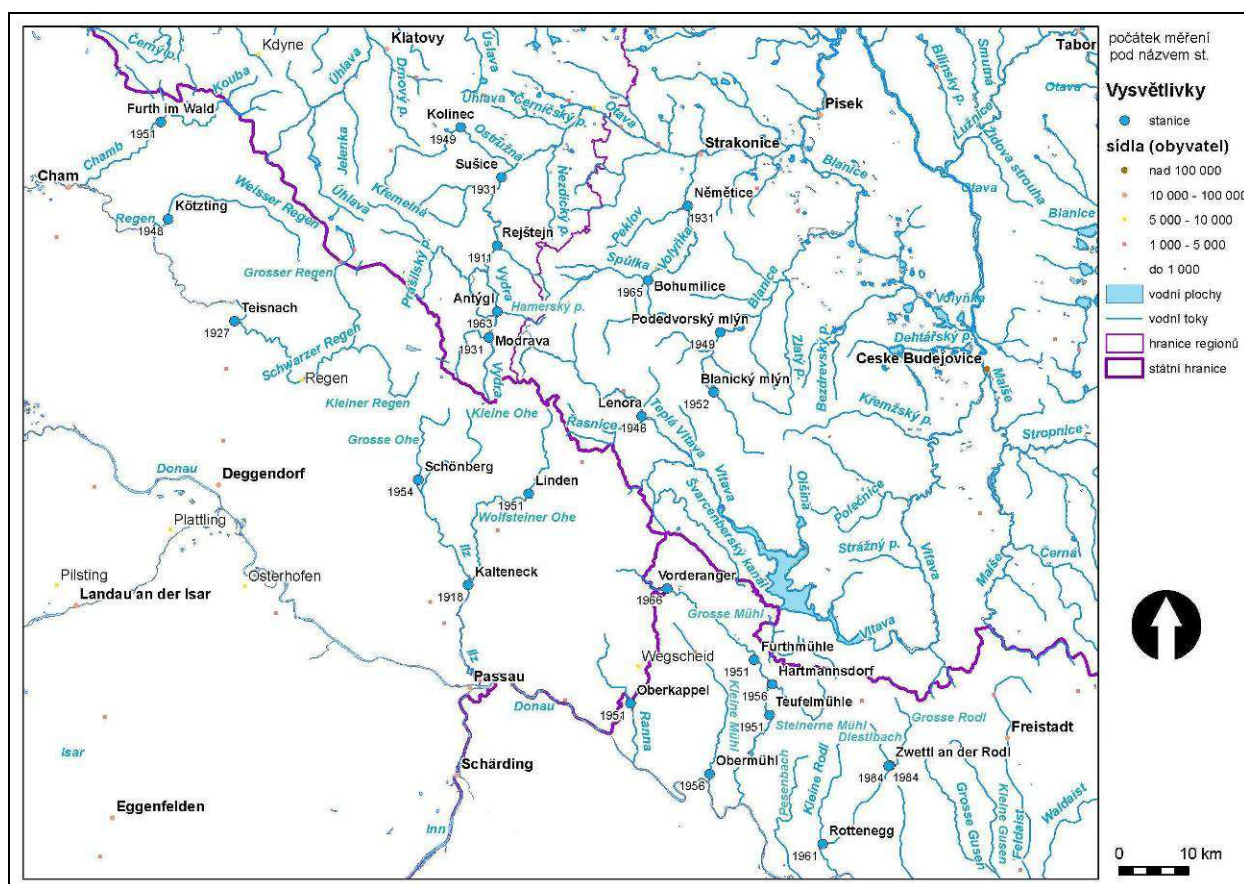
Data: eHYD

3.2.4 Odtokové poměry

Podobně jako srážky se i odtok v oblasti Šumavy vyznačuje velkou časovou i prostorovou variabilitou vzhledem k velké rozloze i členitosti zájmové oblasti. Roli zde hrají především srážkové úhrny v povodí, ale také průměrný sklon v povodí, propustnost podloží a krajinný pokryv. Největší specifický odtok se obvykle vyskytuje u povodí s velkými sklony svahů a také nízkou propustností podloží.

Pro účely této práce bylo vybráno 25 srážkoměrných stanic, z nichž 10 se nachází na území ČR, 6 v Německu a 9 v Rakousku (viz obr. 20). Data měsíčních a ročních průtoků v případě ČR byla dostupná od let 1911 (stanice Rejštejn) až 1965 (Bohumilice), v případě Německa od let 1918 (Kalteneck) až 1954 (Schönberg) a v případě Rakouska od let 1951 (Furthmühle, Teufelmühle a Oberkappel) až 1984 (Zwettl). Podrobnější informace o jednotlivých povodích viz kap. 3.2.1.

Obr. 20: Rozmístění vodoměrných stanic v zájmové oblasti

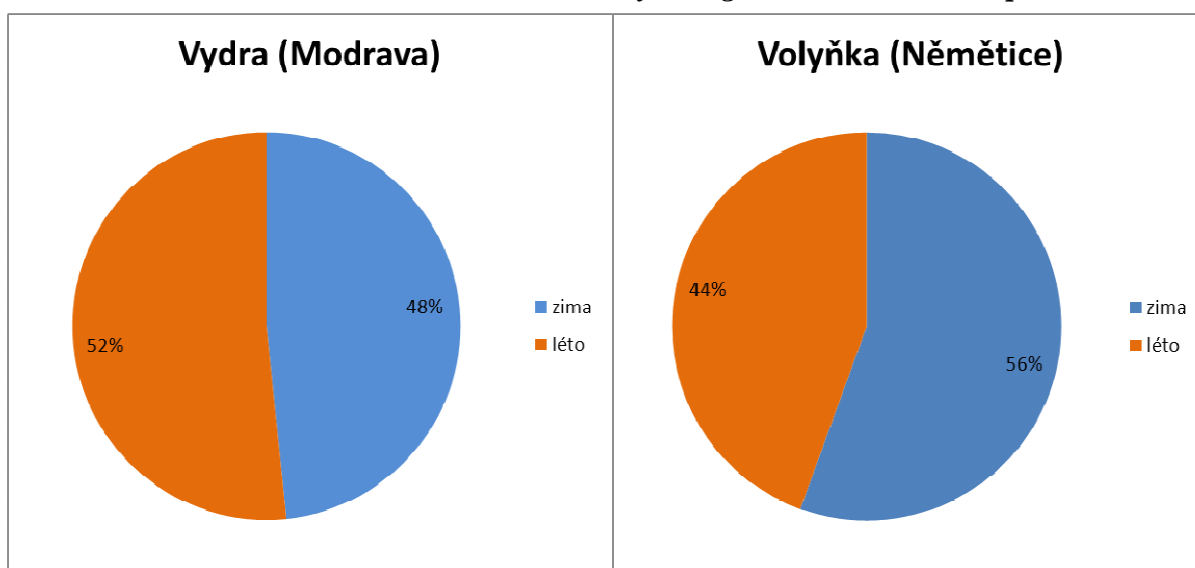


Data: Arc Europe, DIBAVOD

Sezónní rozložení odtoku je podobně jako u srážek rovněž silně závislé na nadmořské výšce, ovšem zde naopak platí, že čím výše dané povodí leží, tím větší podíl ročních srážek připadá na teplý (letní) půlrok. Pro porovnání sezónního rozložení odtoku a jeho změny byly vždy vybrány dvě povodí z každého státu, přičemž první povodí je vždy tím nejvýše položeným a druhé naopak nejnižší položeným. Porovnány jsou pokaždé procentuální podíly odtoku v chladné neboli zimní (říjen až březen) a teplé neboli letní (duben až září) polovině hydrologického roku.

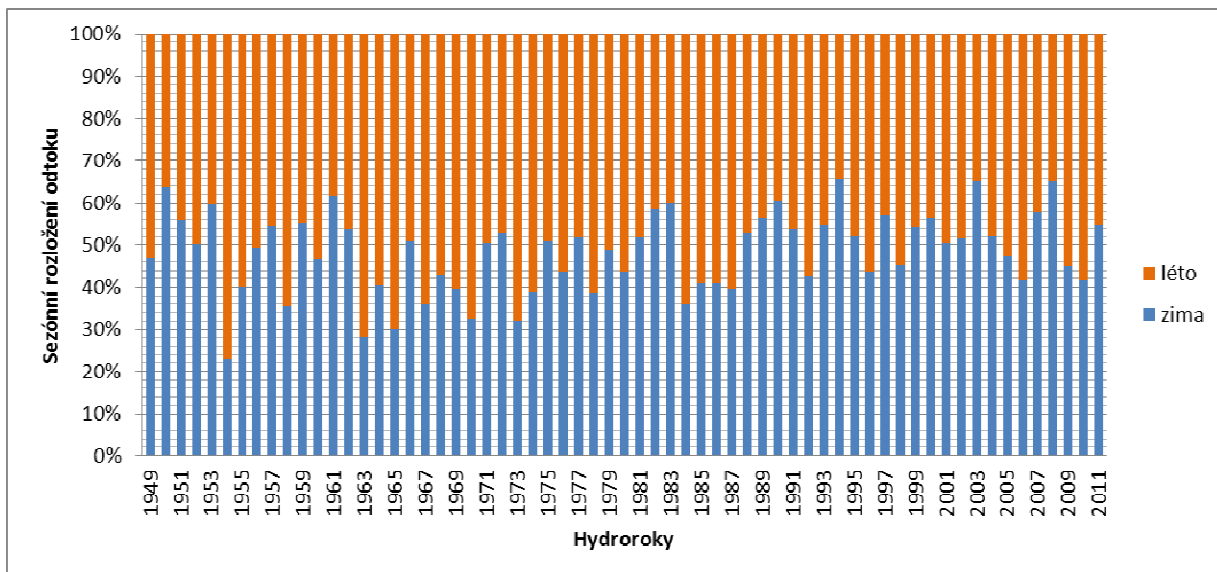
V případě českých povodí je nejvýše položeným povodí Vydry (průměrná nadmořská výška 1136 m) a nejnižší položeným povodí Volyňky (716 m). Zatímco v případě povodí Vydry připadá na odtok v letním půlroce 52 %, v případě Volyňky pouze 44 % (viz obr. 21). To je způsobeno především tím, že v níže položených povodích sníh taje dříve a proto větší odtok projevuje ještě v zimním půlroce. Pokud bychom se podívali na dlouhodobý vývoj sezónního podílu odtoku u obou povodí, i zde bychom našli značné rozdíly. Zatímco v případě povodí Vydry (obr. 22) dochází od poloviny 60. let k mírnému nárůstu zimního odtoku na úkor letního, v případě Volyňky (obr. 23) se projevují větší výkyvy mezi jednotlivými lety, ale celkový trend od poloviny 60. let je podobný jako v případě Modravy. Do poloviny 60. let zde naopak docházelo k poklesu podílu zimního odtoku.

Obr. 21: Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku – česká povodí



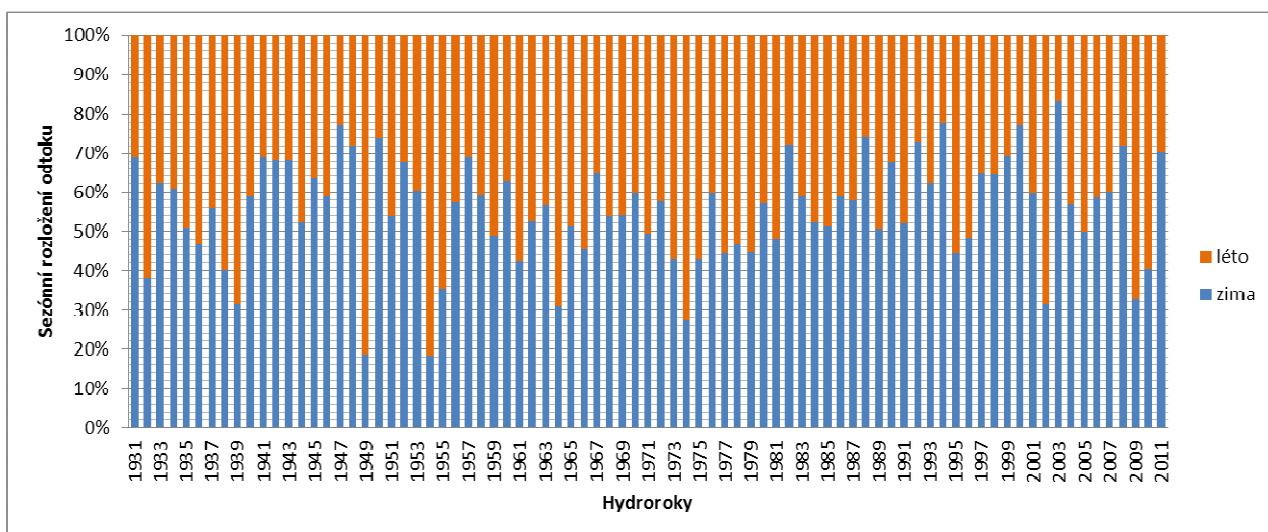
Data: ČHMÚ

Obr. 22: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Modrava (1949 – 2011)



Data: ČHMÚ

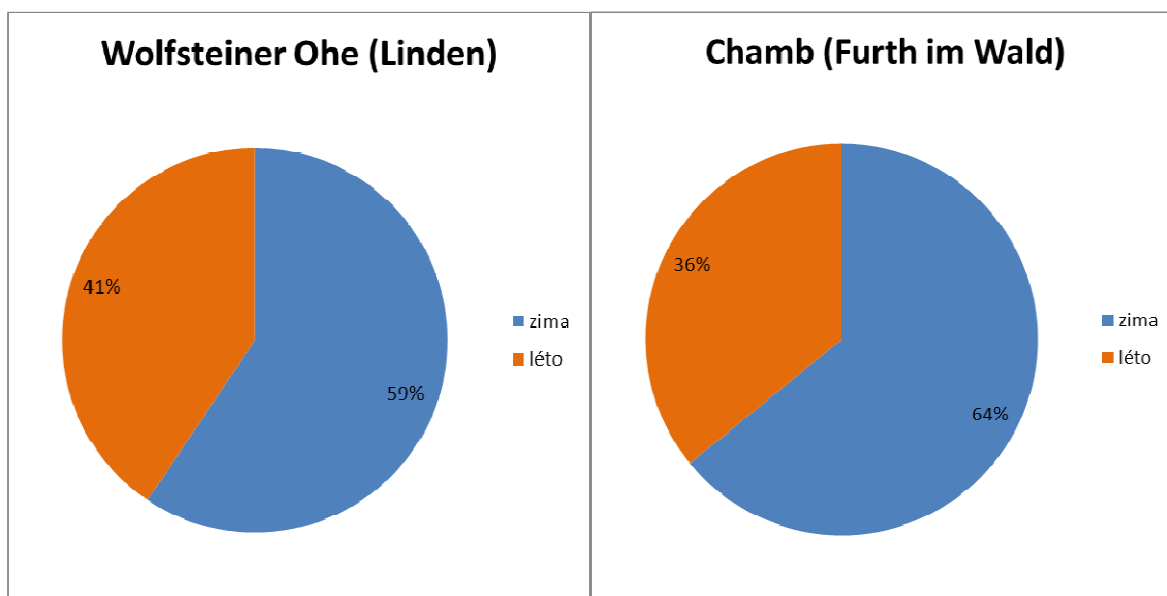
Obr. 23: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Němětice (1931 – 2011)



Data: ČHMÚ

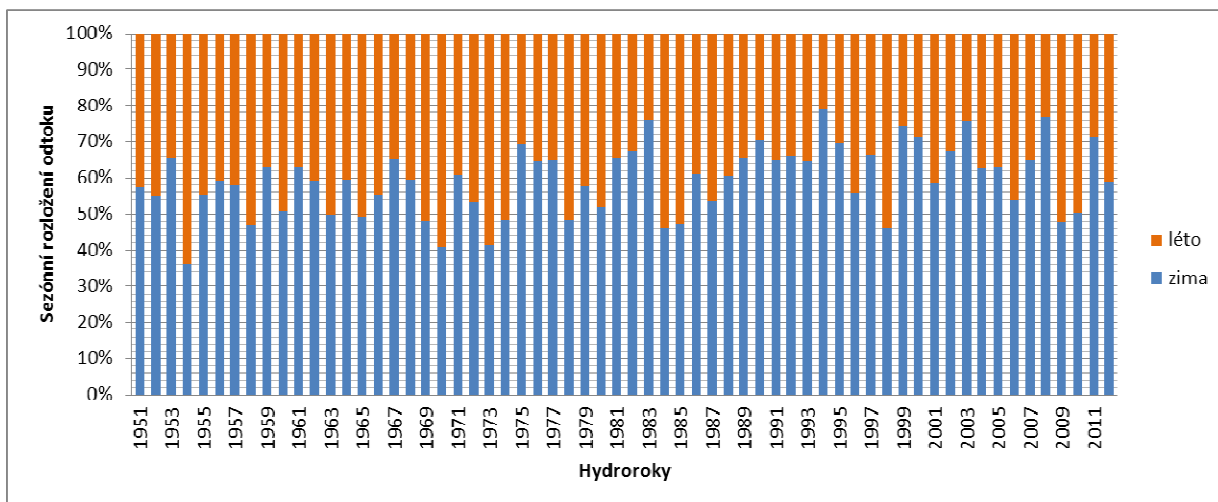
V případě německých povodí je nejvýše položeným povodím Wolfsteiner Ohe (průměrná nadmořská výška 935 m) a nejnižše položeným povodím řeky Chamb (516 m). Zatímco v případě povodí Wolfsteiner Ohe připadá na odtok v letním půlroce 41 %, v případě řeky Chamb pouze 36 % (viz obr. 24). Důvod těchto rozdílů je stejný jako v případě českých povodí, pouze celkové podíly letního odtoku jsou nižší, protože německá povodí leží v průměru níže než ta česká. Pokud se zaměříme na dlouhodobý vývoj sezónního podílu odtoku u obou povodí, i zde bychom našli značné rozdíly. Zatímco v případě povodí Wolfsteiner Ohe (obr. 25) dochází od počátku 50. let k mírnému nárůstu zimního odtoku na úkor letního a od poloviny 90. let ke stagnaci, v případě řeky Chamb (obr. 26) pokračoval trend růstu zimního odtoku až do přelomu tisíciletí a poté následoval mírný pokles.

Obr. 24: Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku - německá povodí



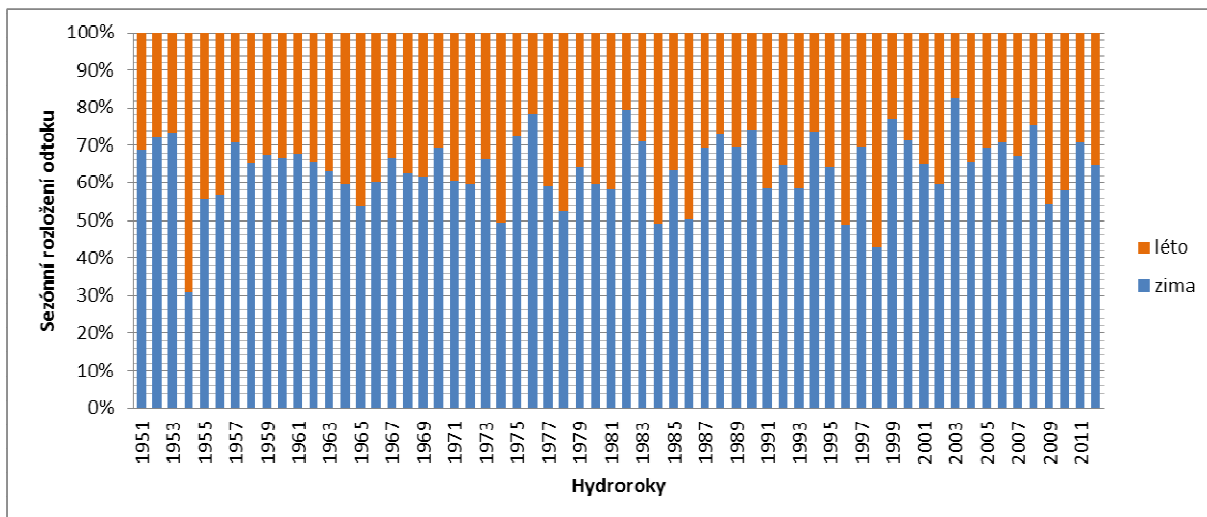
Data: HND Bayern

Obr. 25: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Linden (1951 – 2012)



Data: HND Bayern

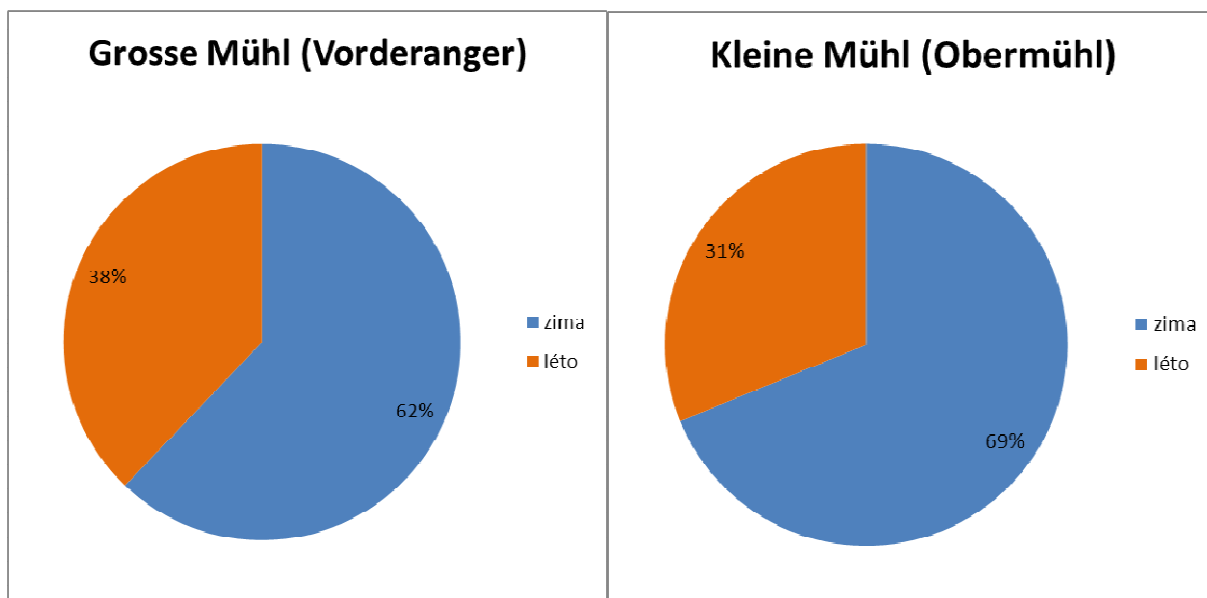
Obr. 26: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Furth im Wald (1951 – 2012)



Data: HND Bayern

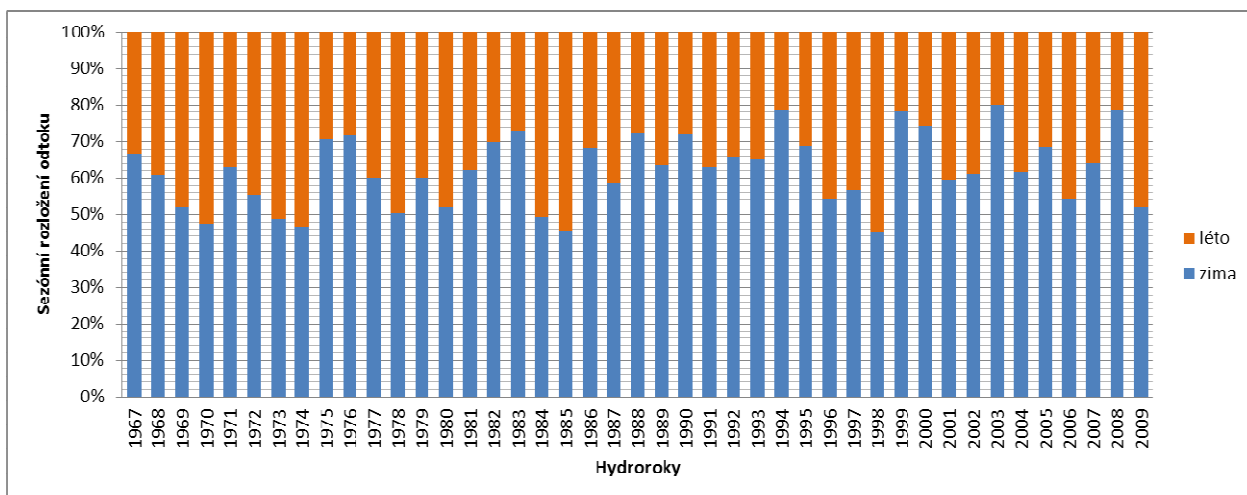
V případě rakouských povodí je nejvýše položeným povodím Grosse Mühl nad stanicí Vorderanger (průměrná nadmořská výška 761 m) a nejnižše položeným povodím řeky Kleine Mühl (600 m). Povodí řek Grosse Rodl a Diestlbach nad stanicí Zwettl sice leží v průměru ještě o pár metrů výše, ale vzhledem k příliš krátkým řadám průtoků (od roku 1984) byla z tohoto srovnání vypuštěna. Zatímco v případě povodí Grosse Mühl připadá na odtok v letním půlroce 38 %, v případě řeky Kleine Mühl je to pouze 31 % (viz obr. 27). Důvod těchto rozdílů je stejný jako v případě českých a německých povodí, pouze celkové podíly letního odtoku jsou nejnižší, protože rakouská povodí leží v průměru nejnižše. Pokud se zaměříme na dlouhodobý vývoj sezónního podílu odtoku u obou povodí, i zde bychom našli značné rozdíly. Zatímco v případě povodí Grosse Mühl (obr. 28) dochází již počátku měření téměř až do současnosti k mírnému nárůstu zimního odtoku na úkor letního, v případě řeky Kleine Mühl (obr. 29) je tento trend velmi nevýrazný a jedná se spíše o stagnaci.

Obr.27: Rozložení odtoku v letní a zimní části hydrologického roku - rakouská povodí



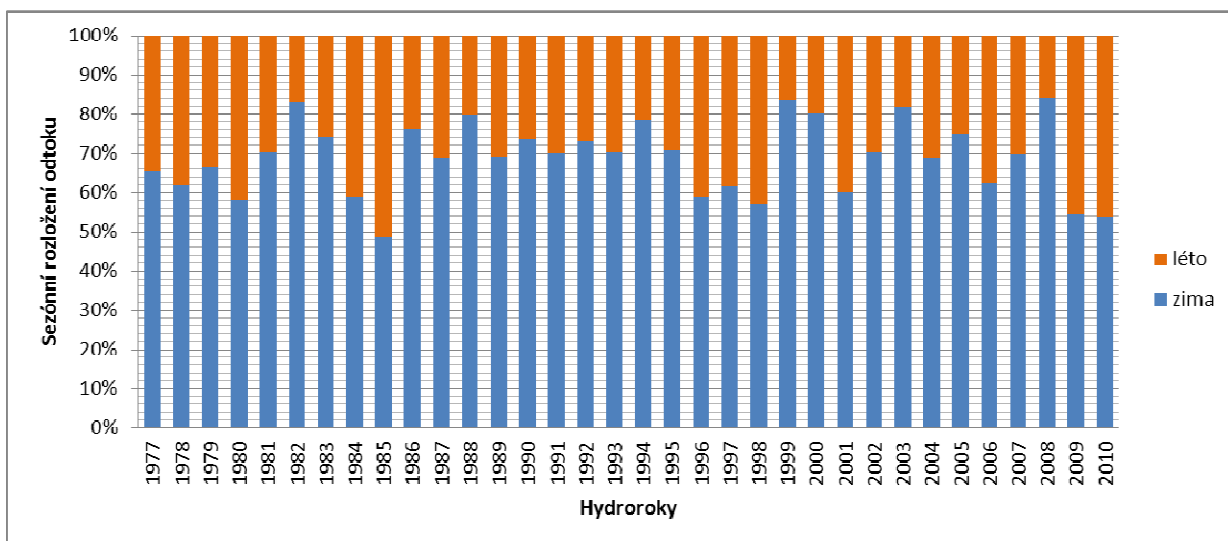
Data: eHYD

Obr. 28: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Vorderanger (1967 – 2009)



Data: eHYD

Obr. 29: Změny sezónního rozložení odtoku na stanici Obermühl (1977 – 2010)



Data: eHYD

KAPITOLA 4

Výsledky

4.1 Testování homogenity

Homogenita byla testována u všech srážkoměrných a vodoměrných stanic v zájmové oblasti vždy pro co nejdelší období bez chybějících dat. Chybějící data nebyla doplňována, aby nezkreslila výsledky testů. V případě srážkoměrných stanic byla vždy testována absolutní homogenita řad roční srážkových úhrnů a také řad měsíčních úhrnů jednoho zimního (leden) a letního měsíce (červenec), aby se projevíly i sezónní rozdíly. V případě vodoměrných stanic byla testována absolutní i relativní homogenita řad průměrných a minimálních ročních průtoků, kdy byla homogenita testovaných řad porovnávána s homogenitou řady vzorové české a německé stanice.

4.1.1 Testy absolutní homogenity srážek

Pro testování absolutní homogenity řad srážkových úhrnů byly použity dva testy – metoda von Neumanna a Pettittův test. V případě von Neumannovy metody pro roční srážky (viz tab. 8) byla hladina významnosti stanovena jako $\alpha = 0,001$. Vypočtené hodnoty Neumannova poměru ukazuje sloupec Nr. Daná řada byla považována za homogenní, pokud N bylo v intervalu $2 \pm u(\alpha) \cdot \sigma_N$. Na zvolené hladině významnosti vykazuje nehomogenitu více než polovina všech stanic. Většinou se jedná o níže položené stanice, zejména rakouské a německé. Kdyby však byla hladina významnosti stanovena jako $\alpha = 0,01$, nevykazovala by nehomogenita žádná ze stanic.

Pro lednové a červencové srážky byla hladina významnosti stanovena jako $\alpha = 0,01$ z důvodů řádově nižších vypočtených směrodatných odchylek. V případě lednových srážek (tab. 9) byla nehomogenita zjištěna u 9 stanic z celkového počtu 30. Opět se jednalo převážně o níže položené stanice (s výjimkou německé stanice Brennes). V případě červencových srážek (tab. 10) vykazují nehomogenitu pouze 3 stanice (z toho 2 české a 1 rakouská). Zde se naopak jednalo povětšinou o stanice s vyšší nadmořskou výškou, ovšem vzhledem k jejich nízkému počtu z této případně zde nelze vyvozovat závěry o závislosti homogenity srážek na nadmořské výšce.

Tab. 8: Metoda von Neumanna pro roční srážky

Země	Stanice	Počet let	Nr	Sm. odchylka	Alfa (0,001)	Homogenita
Česká republika	Husinec	50	1,895	116,440	0,116	ano
Česká republika	Churáňov	50	1,905	158,282	0,158	ano
Česká republika	Kašperské Hory	50	1,864	140,009	0,140	ano
Česká republika	Klatovy	50	2,155	109,749	0,110	ne
Česká republika	Kvílda	50	1,295	196,828	0,197	ne
Česká republika	Nýrsko	50	1,502	133,539	0,134	ne
Česká republika	Prášily	50	1,631	252,972	0,253	ne
Česká republika	Stožec	50	1,724	147,920	0,148	ano
Česká republika	Špičák	50	1,727	275,740	0,276	ano
Česká republika	Vimperk	50	2,037	126,420	0,126	ano
Německo	Brennes	52	1,792	257,889	0,258	ano
Německo	Furth im Wald	66	1,511	162,674	0,163	ne
Německo	Grainet-Rehberg	56	1,730	185,504	0,186	ne
Německo	Mauth-Finsterau	69	1,728	245,855	0,246	ne
Německo	Perlesreut	62	1,811	157,640	0,158	ano
Německo	Regen	58	2,014	169,239	0,169	ano
Německo	Sankt Oswald	43	1,592	222,676	0,223	ne
Německo	Schönberg	66	1,782	187,151	0,187	ne
Německo	Viechtach-Bühling	67	1,383	191,000	0,191	ne
Německo	Zwieslerwaldhaus	65	1,510	232,812	0,233	ne
Rakousko	Guglwald	39	1,611	125,158	0,125	ne
Rakousko	Haslach	39	1,762	126,899	0,127	ne
Rakousko	Helfenberg	38	2,300	134,830	0,135	ne
Rakousko	Langhalsen	39	1,424	127,846	0,128	ne
Rakousko	Oberkappel	39	1,925	172,753	0,173	ano
Rakousko	Pfarrkirchen	39	1,067	235,985	0,236	ne
Rakousko	Schlägl	38	1,807	151,893	0,152	ne
Rakousko	Schwarzenberg	38	2,050	168,836	0,169	ano
Rakousko	St. Peter	39	1,699	125,329	0,125	ne
Rakousko	Waxenberg	39	2,081	131,511	0,132	ano

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tab. 9: Metoda von Neumanna pro lednové srážky

Země	Stanice	Počet let	N1	Sm. odchylka	Alfa (0,01)	Homogenita
Česká republika	Husinec	51	1,591	15,911	0,159	ne
Česká republika	Churáňov	51	1,686	52,875	0,529	ano
Česká republika	Kašperské Hory	51	1,657	25,618	0,256	ne
Česká republika	Klatovy	51	1,882	14,069	0,141	ano
Česká republika	Kvilda	51	1,804	72,114	0,721	ano
Česká republika	Nýrsko	51	1,400	25,621	0,256	ne
Česká republika	Prášíly	51	1,674	79,935	0,799	ano
Česká republika	Stožec	51	1,908	57,323	0,573	ano
Česká republika	Špičák	51	1,567	67,991	0,680	ano
Česká republika	Vimperk	51	1,650	25,265	0,253	ne
Německo	Brennes	53	1,512	83,098	0,831	ne
Německo	Furth im Wald	67	1,690	39,456	0,395	ano
Německo	Grainet-Rehberg	56	1,546	62,138	0,621	ano
Německo	Mauth-Finsterau	70	1,784	69,606	0,696	ano
Německo	Perlesreut	63	1,639	59,090	0,591	ano
Německo	Regen	59	1,671	40,050	0,401	ano
Německo	Sankt Oswald	45	1,652	65,856	0,659	ano
Německo	Schönberg	67	1,939	66,906	0,669	ano
Německo	Viechtach-Bühling	68	1,462	41,509	0,415	ne
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1,741	75,212	0,752	ano
Rakousko	Guglwald	40	1,585	43,963	0,440	ano
Rakousko	Haslach	40	1,689	47,878	0,479	ano
Rakousko	Helfenberg	39	1,692	46,241	0,462	ano
Rakousko	Langhalsen	40	1,404	43,632	0,436	ne
Rakousko	Oberkappel	40	1,578	64,102	0,641	ano
Rakousko	Pfarrkirchen	40	1,454	57,955	0,580	ano
Rakousko	Schlägl	39	1,772	55,122	0,551	ano
Rakousko	Schwarzenberg	39	1,817	84,461	0,845	ano
Rakousko	St. Peter	40	1,526	41,429	0,414	ne
Rakousko	Waxenberg	40	1,518	46,524	0,47	ne

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tab. 10: Metoda von Neumanna pro červencové srážky

Země	Stanice	Počet let	N7	Sm. odchylka	Alfa (0,01)	Homogenita
Česká republika	Husinec	51	1,501	43,202	0,432	ne
Česká republika	Churáňov	51	1,554	49,597	0,496	ano
Česká republika	Kašperské Hory	51	1,869	46,887	0,469	ano
Česká republika	Klatovy	51	1,918	44,042	0,440	ano
Česká republika	Kvílda	51	1,636	57,048	0,570	ano
Česká republika	Nýrsko	51	1,534	48,099	0,481	ano
Česká republika	Prášily	51	1,568	55,391	0,554	ano
Česká republika	Stožec	51	1,526	43,243	0,432	ne
Česká republika	Špičák	51	1,761	65,880	0,659	ano
Česká republika	Vimperk	51	1,796	46,688	0,467	ano
Německo	Brennes	53	1,589	72,924	0,729	ano
Německo	Furth im Wald	67	1,849	50,598	0,506	ano
Německo	Grainet-Rehberg	56	1,889	52,063	0,521	ano
Německo	Mauth-Finsterau	70	1,847	57,527	0,575	ano
Německo	Perlesreut	63	1,659	49,810	0,498	ano
Německo	Regen	59	1,858	48,341	0,483	ano
Německo	Sankt Oswald	67	1,934	54,939	0,549	ano
Německo	Schönberg	67	1,893	56,473	0,565	ano
Německo	Viechtach-Bühling	68	1,616	62,653	0,627	ano
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1,700	60,169	0,602	ano
Rakousko	Guglwald	40	1,376	42,200	0,422	ne
Rakousko	Haslach	40	2,017	46,319	0,463	ano
Rakousko	Helfenberg	39	1,915	42,210	0,422	ano
Rakousko	Langhalsen	40	1,735	43,273	0,433	ano
Rakousko	Oberkappel	40	2,015	63,277	0,633	ano
Rakousko	Pfarrkirchen	40	1,824	59,468	0,595	ano
Rakousko	Schlägl	39	1,987	43,174	0,432	ano
Rakousko	Schwarzenberg	39	2,068	54,616	0,546	ano
Rakousko	St. Peter	40	1,858	45,241	0,452	ano
Rakousko	Waxenberg	40	1,709	44,097	0,441	ano

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

V případě Pettittova testu byla hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$ u ročních i měsíčních srážek. V případě, že vypočtená pravděpodobnost p byla menší než α , byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Hodnota testovací statistiky K označuje pravděpodobný bod změny a je tím větší, čím menší je hodnota p . V případě ročních srážek (tab. 11) vykazuje nehomogenitu celkem 14 stanic (4 v ČR, 5 v Německu a 5 v Rakousku), přičemž bod změny spadal nejčastěji do 70. let. U rakouských stanic se bod zlomu často pohyboval až kolem roku 2000, ale to může být způsobeno nejkratší délkou časových řad, kdy nemusí být zachyceny dřívější nehomogenity jako v případě českých a německých stanic.

V případě lednových srážek (tab. 12) byla nehomogenita zjištěna celkem u 8 stanic, a to pouze českých a německých. Zde se až na jedinou výjimku (stanice Mauth – Finsterau) bod změny vyskytoval vždy v polovině 70. let, což může ukazovat na významné klimatické změny v tomto období. Když se zaměříme na červencové srážky (tab. 13), můžeme zde vidět pozoruhodný trend. Nehomogenitu červencových srážek vykazuje celkem 12 stanic, přičemž 9 z nich leží na území ČR, což může ukazovat na roli odlišné expozice české části Šumavy oproti německé a rakouské. Také v tomto případě se bod změny vyskytoval většinou v 70. letech s výjimkou jedné německé (50. léta) a dvou rakouských stanic (90. léta).

Tab. 11: Mann – Whitney - Pettitt test pro roční srážky

Země	Stanice	Počet let	Rok změny	K (k,n)	p (k)
Česká republika	Husinec	50	1974	180	0,218
Česká republika	Churáňov	50	1995	127	0,468
Česká republika	Kašperské Hory	50	2000	138	0,408
Česká republika	Klatovy	50	2000	126	0,474
Česká republika	Kvílda	50	1994	304	0,013
Česká republika	Nýrsko	50	1977	361	0,002
Česká republika	Prášíly	50	1992	222	0,098
Česká republika	Stožec	50	2005	175	0,237
Česká republika	Špičák	50	1994	282	0,024
Česká republika	Vimperk	50	1995	181	0,214
Německo	Brennes	52	2009	103	0,641
Německo	Furth im Wald	66	1965	247	0,285
Německo	Grainet-Rehberg	56	1978	260	0,103
Německo	Mauth-Finsterau	69	1980	524	0,007
Německo	Perlesreut	62	1978	318	0,082
Německo	Regen	59	1974	202	0,310
Německo	Sankt Oswald	43	1974	182	0,087
Německo	Schönberg	66	1978	148	0,637
Německo	Viechtach-Bühling	67	1998	610	0,001
Německo	Zwieslerwaldhaus	65	1978	456	0,011
Rakousko	Guglwald	39	1995	216	0,010
Rakousko	Haslach	39	2000	160	0,800
Rakousko	Helfenberg	38	2000	103	0,323
Rakousko	Langhalsen	39	1987	220	0,008
Rakousko	Oberkappel	39	1993	112	0,290
Rakousko	Pfarrkirchen	39	2000	230	0,005
Rakousko	Schlägl	38	1995	159	0,068
Rakousko	Schwarzenberg	38	1974	70	0,593
Rakousko	St. Peter	39	2000	176	0,047
Rakousko	Waxenberg	39	2000	94	0,418

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tab. 12: Mann – Whitney - Pettitt test pro lednové srážky

Země	Stanice	Počet let	Rok změny	K (k,n)	p (k)
Česká republika	Husinec	51	1976	318	0,011
Česká republika	Churáňov	51	1976	250	0,062
Česká republika	Kašperské Hory	51	1976	198	0,176
Česká republika	Klatovy	51	1988	136	0,440
Česká republika	Kvílda	51	1975	278	0,032
Česká republika	Nýrsko	51	1976	326	0,009
Česká republika	Prášíly	51	1975	210	0,141
Česká republika	Stožec	51	1974	202	0,164
Česká republika	Špičák	51	1976	256	0,055
Česká republika	Vimperk	51	1976	206	0,152
Německo	Brennes	53	1974	238	0,106
Německo	Furth im Wald	67	1974	294	0,183
Německo	Grainet-Rehberg	56	1976	276	0,078
Německo	Mauth-Finsterau	70	1981	396	0,067
Německo	Perlesreut	63	1974	278	0,161
Německo	Regen	59	1974	202	0,310
Německo	Sankt Oswald	45	1974	144	0,263
Německo	Schönberg	67	1974	268	0,244
Německo	Viechtach-Bühling	68	1974	444	0,025
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1981	333	0,102
Rakousko	Guglwald	40	1975	108	0,344
Rakousko	Haslach	40	1974	97	0,423
Rakousko	Helfenberg	39	1988	96	0,403
Rakousko	Langhalsen	40	1981	102	0,386
Rakousko	Oberkappel	40	1981	106	0,358
Rakousko	Pfarrkirchen	40	2000	131	0,208
Rakousko	Schlägl	39	1976	104	0,344
Rakousko	Schwarzenberg	39	1974	86	0,482
Rakousko	St. Peter	40	1976	103	0,379
Rakousko	Waxenberg	40	1974	97	0,423

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

Tab. 13: Mann – Whitney - Pettitt test pro červenové srážky

Země	Stanice	Počet let	Rok změny	K (k,n)	p (k)
Česká republika	Husinec	51	1972	258	0,052
Česká republika	Churáňov	51	1974	272	0,038
Česká republika	Kašperské Hory	51	1972	254	0,057
Česká republika	Klatovy	51	1972	240	0,078
Česká republika	Kvílda	51	1974	292	0,023
Česká republika	Nýrsko	51	1996	308	0,015
Česká republika	Prášily	51	1972	290	0,024
Česká republika	Stožec	51	1974	256	0,055
Česká republika	Špičák	51	1996	252	0,060
Česká republika	Vimperk	51	1972	203	0,178
Německo	Brennes	53	1972	212	0,169
Německo	Furth im Wald	67	1982	190	0,492
Německo	Grainet-Rehberg	57	1972	206	0,259
Německo	Mauth-Finsterau	70	1959	418	0,049
Německo	Perlesreut	63	1973	236	0,268
Německo	Regen	59	1959	156	0,497
Německo	Sankt Oswald	67	1974	242	0,316
Německo	Schönberg	67	1961	204	0,441
Německo	Viechtach-Bühling	68	2000	236	0,351
Německo	Zwieslerwaldhaus	66	1973	181	0,510
Rakousko	Guglwald	40	1997	166	0,080
Rakousko	Haslach	40	1997	118	0,280
Rakousko	Helfenberg	39	1982	122	0,230
Rakousko	Langhalsen	40	1997	152	0,121
Rakousko	Oberkappel	40	1982	107	0,351
Rakousko	Pfarrkirchen	40	1997	164	0,085
Rakousko	Schlägl	39	1997	90	0,450
Rakousko	Schwarzenberg	39	1982	118	0,253
Rakousko	St. Peter	40	1997	106	0,358
Rakousko	Waxenberg	40	1982	91	0,469

Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

4.1.2 Testy absolutní homogenity průtoků

Stejně jako v případě srážek byla také u Pettittova testu pro průměrné a minimální roční průtoky hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$. Také zde platí, že pokud vypočtená pravděpodobnost p byla menší než α , byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Hodnota testovací statistiky K označuje pravděpodobný bod změny a je tím větší, čím menší je hodnota p . V případě průměrných ročních průtoků (tab. 14) vykazují nehomogenitu pouze dvě stanice – Rejštejn a Furth im Wald. V obou případech se sice jedná o níže položené stanice, ale opět zde vzhledem k příliš nízkému počtu nelze vyvozovat nějakou významnější závislost homogenity průtoků na nadmořské výšce povodí.

Tab. 14: Mann – Whitney - Pettitt test pro průměrné roční průtoky

Stát	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	K (k,n)	p (k)
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	2002	106,000	0,330
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1983	218,000	0,255
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	1981	114,000	0,171
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1965	284,000	0,149
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	66	1974	264,000	0,239
Česká republika	Vydra	Modrava	63	1965	232,000	0,280
Česká republika	Volyňka	Němětice	81	1975	286,000	0,402
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1965	200,000	0,389
Česká republika	Otava	Rejštejn	64	1974	422,000	0,018
Česká republika	Otava	Sušice	81	1975	294,000	0,381
Německo	Chamb	Furth im Wald	62	1965	336,000	0,061
Německo	Ilz	Kalteneck	91	1974	412,000	0,263
Německo	Weisser Regen	Kötzting	65	1978	254,000	0,250
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1974	269,000	0,166
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	58	1974	281,000	0,092
Německo	Grosse Regen	Teisnach	81	1974	294,000	0,381
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1974	140,000	0,553
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	1983	192,000	0,252
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1990	150,000	0,280
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	1983	110,000	0,166
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	1983	146,000	0,345
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	1983	134,000	0,597
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1974	100,000	0,478
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	1989	58,000	0,331
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	1994	59,000	0,318

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Pokud se zaměříme na minimální roční průtoky (tab. 15), zjistíme nehomogenitu u 15 z 25 vodoměrných stanic. Pozoruhodné v tomto případě je, že zatímco v případě ČR vykazuje nehomogenitu 9 z 10 stanic, v Rakousku jsou to pouze 3 stanice z 9. Pokud byl bod změny vyhodnocen jako signifikantní, většinou spadal do období od druhé poloviny 60. let do první poloviny 70. let. Ani zde nelze vysledovat žádnou závislost homogenity průtoků na nadmořské výšce povodí, ale mohla by se zde projevit odlišná expozice jednotlivých povodí a efekt návětrí v případě rakouských povodí a závětrí v případě českých povodí.

Tab. 15: Mann – Whitney - Pettitt test pro minimální roční průtoky

Stát	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	K (k,n)	p (k)
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	1991	172,000	0,054
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1974	318,000	0,055
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	1991	122,000	0,132
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1965	450,000	0,008
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	66	1965	439,000	0,019
Česká republika	Vydra	Modrava	63	1965	482,000	0,004
Česká republika	Volyňka	Němětice	81	1974	738,000	0,002
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1965	432,000	0,012
Česká republika	Otava	Rejštejn	64	1974	558,000	0,001
Česká republika	Otava	Sušice	81	1974	544,000	0,037
Německo	Chamb	Furth im Wald	62	1978	251,000	0,210
Německo	Ilz	Kalteneck	91	1965	884,000	0,002
Německo	Weisser Regen	Kötzting	65	1953	288,000	0,168
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1974	219,000	0,305
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	58	1987	546,000	0,000
Německo	Grosse Regen	Teisnach	82	1978	957,000	0,000
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1969	327,000	0,039
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	2005	190,000	0,259
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1982	184,000	0,147
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	1991	94,000	0,270
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	2005	178,000	0,205
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	1974	336,000	0,039
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1990	176,000	0,102
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	2005	56,000	0,357
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	2005	96,000	0,048

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

4.1.1 Testy relativní homogenity průtoků

Stejně jako v případě Pettittova testu pro průměrné a minimální roční průtoky byla i v případě Alexanderssonova testu hladina významnosti zvolena jako $\alpha = 0,1$. Zde platí, že pokud vypočtená hodnota testovacího kritéria T (v tabulkách jako TestStat) byla větší než tabelovaná kritická hodnota pro $\alpha = 0,1$ a daný počet prvků v časové řadě, byla daná řada považována za nehomogenní a vypočtený rok změny za signifikantní. Čím je počet prvků v řadě větší, tím vyšší je také kritická hodnota pro T . Čím je hodnota změny vyšší, tím více se počínaje bodem změny testovaná řada liší od té vzorové. Když je změna kladná (v tabulkách vyznačené červeně), má testovaná řada oproti té vzorové stoupající tendenci. Pokud je změna záporná (v tabulkách vyznačené modře), má testovaná řada oproti té vzorové naopak klesající tendenci.

Jako vzorové byly vybrány stanice Modrava a Teisnach. Modrava byla vybrána z důvodů vysoké absolutní homogenity ročních průtoků jak na základě Pettittova testu (viz tab. 14), tak na základě metody podvojných součtových čar (Fiala, 2012). Navíc se jedná o vysoko položené povodí s minimem projevů lidské činnosti v oblasti regulace průtoků v české části Šumavy. Pro porovnání s návětrnou stranou Šumavy byla vybrána rovněž německá stanice Teisnach, která vykazuje rovněž značnou absolutní homogenitu ročních průtoků a zároveň disponuje nejdelší souvislou řadou pozorování z německých stanic (viz tab. 14).

V případě Alexanderssonova testu pro průměrné roční průtoky podle stanice Modrava (tab. 16) vykazuje nehomogenitu celkem 8 stanic, z toho pět má kladnou a tři zápornou změnu. Zatímco u německých stanic se jednalo vždy o kladnou změnu, v případě rakouských stanic to byla vždy změna záporná. Ve všech případech se jedná o níže položená povodí a bod změny se nacházel nejčastěji v polovině 70. let.

V případě minimálních ročních průtoků (tab. 17) byla nehomogenita zjištěna celkem u 13 stanic, přičemž v pěti případech se jednalo o kladnou změnu a v osmi případech o změnu zápornou. Zde stojí za pozornost, že zatímco kladné změny byly zjištěny u stanic uzavírajících velká povodí (Otava po Sušici či Reštejn, Ilz po Kalteneck či Grosse Mühl po Teufelmühle), záporné změny se naopak týkají především malých povodí v pramenných oblastech příslušných vodních toků. Bod změny se v případě kladných změn nacházel převážně v polovině 70. let, zatímco v případě záporných změn to bylo již v polovině 60. let.

Tab. 16: Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Modrava)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	TestStat	Změna
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	1978	2,732	-0,468
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1965	3,650	-0,431
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	1980	2,145	-0,489
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1980	7,474	-0,703
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	63	1987	3,336	-0,310
Česká republika	Volyňka	Němětice	63	1975	2,127	0,392
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1980	4,240	-0,589
Česká republika	Otava	Rejštejn	63	1975	17,738	1,387
Česká republika	Otava	Sušice	63	1975	8,978	1,237
Německo	Chamb	Furth im Wald	61	2004	6,987	-0,687
Německo	Ilz	Kalteneck	63	1965	12,290	3,054
Německo	Weisser Regen	Kötzting	63	1951	12,188	1,340
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	61	1960	3,467	0,394
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	57	1959	3,731	0,562
Německo	Grosse Regen	Teisnach	63	1974	9,899	2,069
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1957	1,976	0,624
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	1965	10,489	-0,667
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1987	5,153	-0,508
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	1987	4,380	-0,371
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	1978	8,189	-0,600
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	1981	3,124	-0,941
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1970	3,517	0,635
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	1986	5,495	-1,480
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	1986	3,085	-0,975

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 17: Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Modrava)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	TestStat	Změna
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	1996	5,107	0,267
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1965	8,483	-0,464
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	1996	5,435	0,284
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1980	10,283	-0,448
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	63	1979	7,838	-0,306
Česká republika	Volyňka	Němětice	63	1965	4,357	-0,244
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1965	6,936	-0,325
Česká republika	Otava	Rejštejn	63	1974	12,880	0,987
Česká republika	Otava	Sušice	63	1974	12,767	1,198
Německo	Chamb	Furth im Wald	61	1965	6,245	-0,365
Německo	Ilz	Kalteneck	63	1961	8,071	0,864
Německo	Weisser Regen	Kötzting	63	1965	14,984	-0,677
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	61	1965	9,940	-0,510
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	57	1996	6,378	0,415
Německo	Grosse Regen	Teisnach	63	1985	24,302	1,371
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1981	1,635	-0,259
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	1965	11,517	-0,700
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1965	9,556	-0,421
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	2010	5,757	0,942
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	1965	8,981	-0,923
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	2010	8,582	1,807
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1983	3,878	-0,105
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	1996	3,492	0,276
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	1996	4,896	0,338

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

V případě Alexanderssonova testu pro průměrné roční průtoky podle stanice Teisnach (tab. 18) vykazuje nehomogenitu celkem 7 stanic, z toho pouze jedna má kladnou a šest zápornou změnu. Zatímco u německých stanic se jednalo vždy o kladnou změnu, v případě českých a rakouských stanic to byla vždy změna záporná. Zde se jako nehomogenní jeví povodí rozličných velikostí i nadmořských výšek a bod změny se nacházel nejčastěji v polovině 60. a polovině 70. let.

Když se však zaměříme na minimální roční průtoky (tab. 19), zjistíme nehomogenitu téměř u všech stanic kromě čtyř. Navíc se s jedinou výjimkou jedná pouze o záporné změny. Bod změny by připadal nejčastěji na přelom 70. a 80. let. Vzhledem k velmi vysokým hodnotám testovacího kritéria T oproti stanici Modrava se stanice Teisnach jeví jako nevhodná pro testování minimálních ročních průtoků.

Tab. 18: Alexanderssonův test pro průměrné roční průtoky (vzor: Teisnach)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	TestStat	Změna
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	1974	3,183	-5,458
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1965	5,346	-2,344
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	1978	2,083	-4,112
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1974	8,700	-2,075
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	66	1974	6,240	-1,970
Česká republika	Vydra	Modrava	63	1974	9,899	-2,069
Česká republika	Volyňka	Němětice	81	1949	2,671	2,432
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1965	9,018	-2,517
Česká republika	Otava	Rejštejn	64	1949	6,036	5,129
Česká republika	Otava	Sušice	81	1935	2,382	-1,696
Německo	Chamb	Furth im Wald	61	1974	6,538	-1,710
Německo	Ilz	Kalteneck	81	1994	11,950	1,077
Německo	Weisser Regen	Kötzting	64	1949	6,481	7,841
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	61	1974	6,463	-1,943
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	57	1965	3,880	-2,052
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1965	8,417	-2,029
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	1965	6,981	-3,000
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1974	4,801	-1,980
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	1978	2,582	-3,856
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	1965	10,571	-5,299
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	1978	15,140	-2,583
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1974	4,068	-2,260
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	1989	1,570	2,054
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	1989	1,847	2,193

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 19: Alexanderssonův test pro minimální roční průtoky (vzor: Teisnach)

Země	Vodní tok	Stanice	Počet let	Rok změny	TestStat	Změna
Česká republika	Hamerský potok	Antýgl	39	1978	8,866	-1,805
Česká republika	Blanice	Blanický mlýn	59	1960	15,329	0,625
Česká republika	Spůlka	Bohumilice	35	2010	5,078	-1,859
Česká republika	Ostružná	Kolinec	63	1981	27,731	-1,774
Česká republika	Teplá Vltava	Lenora	66	1981	27,662	-1,658
Česká republika	Vydra	Modrava	63	1985	24,302	-1,371
Česká republika	Volyňka	Němětice	81	1985	14,639	-1,423
Česká republika	Blanice	Podedvorský mlýn	63	1978	26,911	-1,815
Česká republika	Otava	Rejštejn	64	1985	19,478	-1,565
Česká republika	Otava	Sušice	81	1985	12,695	-1,790
Německo	Chamb	Furth im Wald	62	1981	24,503	-1,494
Německo	Ilz	Kalteneck	82	2011	10,126	-2,845
Německo	Weisser Regen	Kötzting	65	1978	33,490	-1,760
Německo	Wolfsteiner Ohe	Linden	62	1978	24,428	-1,672
Německo	Grosse Ohe	Schönberg	58	1978	18,652	-1,668
Rakousko	Grosse Mühl	Furthmühle	58	1981	22,808	-1,638
Rakousko	Steinerne Mühl	Hartmannsdorf	54	1978	22,433	-1,854
Rakousko	Ranna	Oberkappel	47	1981	19,962	-1,832
Rakousko	Kleine Mühl	Obermühl	34	1981	3,180	-0,915
Rakousko	Grosse Rodl	Rottenegg	49	1978	21,480	-1,928
Rakousko	Grosse Mühl	Teufelmühle	59	1981	26,576	-1,789
Rakousko	Grosse Mühl	Vorderanger	43	1978	17,342	-1,866
Rakousko	Diestlbach	Zwettl	26	1989	4,565	1,391
Rakousko	Grosse Rodl	Zwettl	26	1989	5,111	1,470

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

4.2 Detekce trendu

Pro účely zjišťování trendu byly u všech stanic na rozdíl od testů homogenity použity vždy celé časové řady, tedy od počátku pozorování do současnosti včetně případných výpadků v měření. Veškeré výpočty byly prováděny v programu MS Excel pomocí makra MULTMK/PARTMK, vyvinutého Andersem Grimwallem a Claudií Libiseller z univerzity v Linköpingu. Za signifikantní byl daný test považován, pokud byla hodnota testovací statistiky (MK-Stat) větší než 2 nebo menší než -2 a zároveň p-hodnota byla menší než 0,1. V této práci byly testovány měsíční a roční srážkové úhrny a také průměrné i minimální měsíční a roční průtoky u českých, německých i rakouských stanic. Významné kladné trendy jsou v tabulkách vyznačeny červeně a klesající trendy modře.

4.2.1 Srážkové trendy

V případě českých srážkoměrných stanic (tab. 20) můžeme vidět částečné nárůsty měsíčních úhrnů na konci zimy (v únoru) a také během léta (v červenci). Pokles měsíčních úhrnů nastává zejména na jaře, ale pouze v případě Kašperských Hor v dubnu je statisticky významný. V případě ročních úhrnů dochází u všech stanic k nárůstu, ale pouze u stanic Kvilda, Nýrsko a Špičák je statisticky významný.

V případě německých srážkoměrných stanic (tab. 21) můžeme rovněž vidět částečné nárůsty měsíčních úhrnů v průběhu zimy (zejména u stanice Viechtach-Bühling). Pokles měsíčních úhrnů nastává opět zejména na jaře a statisticky významný je v dubnu u stanic Regen, Sankt Oswald a Schönberg. Ve všech třech případech jde o níže položené stanice, zatímco u výše položených stanic se významný trend úbytku jarních srážek neprojevil. V případě ročních úhrnů dochází k nárůstu u většiny stanic, ale pouze u stanic Mauth-Finsterau, Perlesreuth, Viechtach-Bühling a Zwieslerwaldhaus je statisticky významný.

Tab. 20: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za české stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Churáňov (50)		Kašperské Hory (50)		Vimperk (50)		Husinec (50)		Klatovy (50)	
Roky	1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,502	0,616	-0,452	0,651	0,159	0,874	-0,125	0,900	-0,544	0,587
12	0,477	0,633	0,443	0,657	0,084	0,933	1,698	0,089	0,828	0,408
1	1,263	0,207	0,895	0,371	0,887	0,375	2,175	0,030	0,033	0,973
2	1,481	0,139	0,744	0,457	0,719	0,472	0,410	0,682	-0,025	0,980
3	1,489	0,136	0,402	0,688	1,840	0,066	1,798	0,072	-0,351	0,725
4	-1,698	0,089	-2,016	0,044	-0,468	0,639	-1,263	0,207	-1,338	0,181
5	-0,335	0,738	-0,293	0,770	0,477	0,633	0,100	0,920	-0,092	0,927
6	-1,138	0,255	-0,134	0,894	-0,075	0,940	-0,360	0,719	0,259	0,795
7	1,715	0,086	1,481	0,139	1,706	0,088	1,188	0,235	1,715	0,086
8	-0,828	0,408	-0,075	0,940	-0,895	0,371	-0,435	0,664	-0,017	0,987
9	-0,284	0,776	-0,644	0,520	0,151	0,880	-0,259	0,795	-0,719	0,472
10	1,146	0,252	0,853	0,394	1,514	0,130	1,623	0,105	1,330	0,183
Rok	0,544	0,587	0,042	0,967	1,230	0,219	0,987	0,324	0,644	0,520
Stanice	Kvilda (50)		Prášíly (50)		Stožec (50)		Nýrsko (50)		Špičák (50)	
Roky	1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011		1962 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,778	0,437	0,360	0,719	-0,552	0,581	0,443	0,658	0,728	0,467
12	0,527	0,598	0,494	0,622	-0,167	0,867	1,489	0,136	1,330	0,184
1	1,464	0,143	1,389	0,165	0,903	0,366	1,849	0,065	1,539	0,124
2	1,548	0,122	2,058	0,040	1,656	0,098	1,581	0,114	1,297	0,195
3	1,589	0,112	1,389	0,165	1,313	0,189	1,765	0,078	1,464	0,143
4	-0,209	0,834	-1,631	0,103	-0,502	0,616	-0,351	0,725	-1,313	0,189
5	0,560	0,575	-1,021	0,307	-0,309	0,757	1,096	0,273	0,351	0,725
6	-0,770	0,442	-0,661	0,509	-1,196	0,232	1,472	0,141	0,243	0,808
7	1,999	0,046	2,150	0,032	1,732	0,083	2,710	0,007	2,100	0,036
8	-0,109	0,913	0,084	0,933	-0,560	0,575	0,510	0,610	1,012	0,311
9	0,669	0,503	0,485	0,628	-0,092	0,927	0,376	0,707	0,008	0,993
10	1,179	0,238	1,046	0,296	1,163	0,245	1,372	0,170	1,322	0,186
Rok	2,627	0,009	1,790	0,073	0,778	0,437	3,664	0,000	2,735	0,006

Data: ČHMÚ

V případě německých srážkoměrných stanic (tab. 21) můžeme rovněž vidět částečné nárůsty měsíčních úhrnů v průběhu zimy (zejména u stanice Viechtach-Bühling). Pokles měsíčních úhrnů nastává opět zejména na jaře a statisticky významný je v dubnu u stanic Regen, Sankt Oswald a Schönberg. Ve všech třech případech jde o níže položené stanice, zatímco u výše položených stanic se významný trend úbytku jarních srážek neprojevil. V případě ročních úhrnů dochází k nárůstu u většiny stanic, ale pouze u stanic Mauth-Finsterau, Perlesreuth, Viechtach-Bühling a Zwieslerwaldhaus je statisticky významný.

Tab. 21: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za německé stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Brennes (52)		Furth im Wald (70)		Grainet-Rehberg (56)		Mauth-Finsterau (70)		Perlesreuth (62)	
Roky	1962 - 2013		1942 - 1945, 1948 - 2013		1958 - 2013		1942 - 2010, 2013		1952 - 2013	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,284	0,777	0,073	0,942	1,184	0,236	1,274	0,203	0,706	0,480
12	0,095	0,925	1,006	0,314	0,496	0,620	1,138	0,255	0,652	0,514
1	1,465	0,143	0,520	0,603	1,187	0,235	1,087	0,277	0,943	0,346
2	0,997	0,319	-0,277	0,782	1,004	0,316	0,308	0,758	1,002	0,316
3	0,450	0,653	0,097	0,923	1,004	0,316	2,134	0,033	0,765	0,444
4	-1,826	0,068	-1,050	0,294	-1,611	0,107	-0,715	0,475	-0,089	0,929
5	-1,128	0,259	0,467	0,641	-0,255	0,799	0,645	0,519	0,902	0,367
6	-0,679	0,497	0,929	0,353	-0,647	0,518	0,620	0,535	-0,308	0,758
7	1,105	0,269	0,180	0,857	0,978	0,328	-1,492	0,136	0,700	0,484
8	-0,299	0,765	1,074	0,283	-1,611	0,107	-0,316	0,752	-0,694	0,488
9	0,061	0,951	0,734	0,463	-0,191	0,849	0,598	0,550	0,979	0,328
10	0,307	0,759	0,773	0,440	0,805	0,421	0,880	0,379	1,305	0,192
Rok	-0,316	0,752	0,897	0,370	1,074	0,283	2,763	0,006	2,144	0,032
Stanice	Regen (103)		Sankt Oswald (78)		Schönberg (79)		Viechtach-Bühling (70)		Zwieslerwaldhaus (78)	
Roky	1900-1944, 1948-2005		1932-45, 1948-90, 1993-2013		1932 - 1944, 1948 - 2013		1942 - 1945, 1947 - 2013		1932 - 1944, 1949 - 2013	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,667	0,505	1,268	0,205	0,926	0,355	2,144	0,032	1,703	0,088
12	0,725	0,469	1,489	0,137	1,395	0,163	3,379	0,001	2,526	0,012
1	-0,653	0,513	0,375	0,708	0,689	0,491	2,246	0,025	1,055	0,291
2	1,166	0,244	0,416	0,677	0,567	0,571	1,181	0,237	1,143	0,253
3	1,941	0,052	1,187	0,235	0,506	0,613	1,298	0,194	1,878	0,060
4	-2,204	0,028	-3,080	0,002	-2,423	0,015	0,024	0,981	-1,321	0,186
5	-1,299	0,194	-0,404	0,686	-0,445	0,657	0,875	0,382	-0,112	0,911
6	-0,119	0,905	0,296	0,767	-1,350	0,177	0,331	0,741	0,461	0,645
7	-0,817	0,414	-0,809	0,419	-0,547	0,585	-0,083	0,934	-0,291	0,771
8	-0,878	0,380	-0,294	0,769	-0,795	0,426	1,006	0,314	0,507	0,612
9	-0,598	0,550	-0,445	0,657	0,118	0,906	1,663	0,096	0,906	0,365
10	-0,507	0,612	-0,983	0,326	-0,795	0,426	0,851	0,395	-0,366	0,715
Rok	0,023	0,982	-0,065	0,948	-0,279	0,780	3,721	0,000	2,636	0,008

Data: DWD

V případě rakouských srážkoměrných stanic (tab. 22) můžeme rovněž vidět významné nárůsty měsíčních úhrnů v průběhu zimy (únor a březen). Pouze u dvou stanic není tento trend statisticky významný. Naopak pokles měsíčních úhrnů na jaře se zde příliš neprojevil. Nastává k němu částečně pouze v červnu (u českých a německých stanic v dubnu), statisticky významný je však pouze v případě stanic Piberstein a Waxenberg. V obou případech jde o výše položené stanice, zatímco u níže položených stanic se významný trend úbytku jarních srážek neprojevil. V případě ročních úhrnů dochází k nárůstu u všech stanic, ale pouze u stanic Guglwald a Langhalsen je statisticky významný.

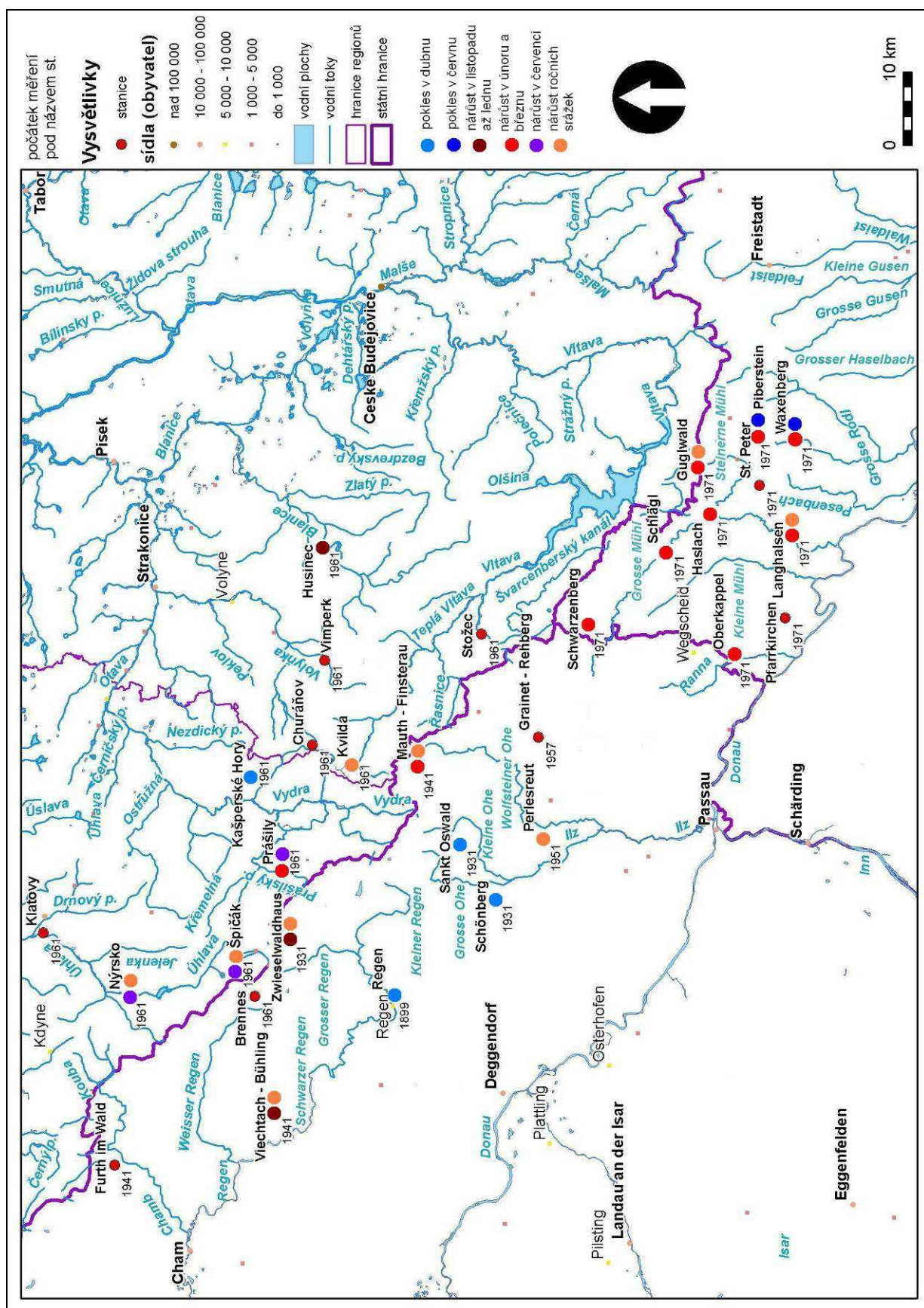
Tab. 22: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za rakouské stanice (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Guglwald (40)		Haslach (40)		Langhalsen (40)		Oberkappel (40)		Piberstein (40)	
Roky	1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010		1971 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,641	0,522	-1,177	0,239	-0,070	0,944	-0,350	0,727	-0,792	0,428
12	-0,233	0,816	-0,326	0,744	0,023	0,981	0,746	0,456	-0,489	0,625
1	0,885	0,376	0,489	0,625	0,699	0,485	0,769	0,442	0,652	0,514
2	2,470	0,014	2,249	0,025	2,354	0,019	2,494	0,013	2,097	0,036
3	3,134	0,002	2,633	0,008	2,750	0,006	2,517	0,012	2,459	0,014
4	0,385	0,701	0,548	0,584	0,373	0,709	-0,897	0,370	-0,093	0,926
5	1,433	0,152	0,676	0,499	1,340	0,180	0,431	0,666	0,536	0,592
6	-1,118	0,263	-1,794	0,073	-1,165	0,244	-1,410	0,159	-2,424	0,015
7	0,862	0,389	0,489	0,625	1,130	0,258	0,023	0,981	0,408	0,683
8	-0,548	0,584	0,070	0,944	1,119	0,263	0,000	1,000	-0,478	0,633
9	0,827	0,408	0,478	0,633	1,375	0,169	0,839	0,402	1,305	0,192
10	0,606	0,545	0,268	0,789	1,025	0,305	0,652	0,514	0,909	0,363
Rok	2,891	0,004	1,173	0,241	3,738	0,000	1,391	0,164	0,617	0,537
Stanice	Pfarrkirchen (40)		Schlagl (39)		Schwarzenberg (39)		St. Peter (40)		Waxenberg (40)	
Roky	1971 - 2010		1971 - 2009		1971 - 2009		1971 - 2010		1971 - 2010	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,047	0,963	-0,230	0,818	-1,125	0,261	-0,711	0,477	-0,419	0,675
12	0,012	0,991	-0,423	0,672	-0,520	0,603	-0,478	0,633	-0,408	0,683
1	0,618	0,537	0,883	0,377	0,109	0,913	0,583	0,560	0,559	0,576
2	1,270	0,204	2,686	0,007	2,686	0,007	1,923	0,055	2,272	0,023
3	1,957	0,050	2,891	0,004	2,552	0,011	1,992	0,046	2,668	0,008
4	0,163	0,870	0,931	0,352	-0,327	0,744	0,012	0,991	-0,408	0,683
5	0,944	0,345	1,730	0,084	0,036	0,971	0,652	0,514	0,652	0,514
6	-1,806	0,071	-1,137	0,255	-1,403	0,161	-1,095	0,273	-2,062	0,039
7	0,955	0,339	-0,085	0,933	-0,423	0,672	0,583	0,560	-0,117	0,907
8	0,664	0,507	-0,278	0,781	0,036	0,971	1,305	0,192	-0,070	0,944
9	1,340	0,180	0,641	0,521	0,774	0,439	0,897	0,370	0,722	0,470
10	0,979	0,328	0,617	0,537	0,496	0,620	0,734	0,463	0,862	0,389
Rok	1,778	0,075	1,974	0,048	0,541	0,589	1,754	0,079	1,052	0,293

Data: eHYD

Pro lepší názornost byly jednotlivé trendy pro měsíční a roční srážkové úhrny vyznačeny do mapy srážkoměrných stanic (viz obr. 30). Trendy byly odlišeny barevně, přičemž odstíny modré náležejí poklesům a odstíny červené a fialové nárůstům měsíčních srážek. Oranžová barva pak odpovídá nárůstu ročních srážek. Je zde vidět, že nejčastější nárůsty měsíčních srážek jsou v únoru či březnu, zejména u rakouských stanic. Červencové nárůsty srážek se naopak vyskytují na západě české části Šumavy. Nejčastější poklesy měsíčních srážek se projevují v dubnu, zejména u německých stanic. Nárůst ročních srážkových úhrnů nastává především u výše položených stanic, zejména v případě ČR a Německa.

Obr. 30: Dlouhodobý trend měsíčních a ročních srážek za jednotlivé stanice



Data: ČHMÚ, DWD, eHYD

4.2.2 Odtokové trendy

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u českých vodoměrných stanic (tab. 23) můžeme rovněž vidět významné nárůsty měsíčních průtoků na přelomu zimy a jara (březen a duben). Tento trend je statisticky významný zejména v březnu (stanice Antýgl, Rejštejn, Bohumilice a Podedvorský mlýn). Pokles měsíčních průtoků nastává na přelomu jara a léta, nejčastěji v červnu. Tento trend je však statisticky významný pouze v případě stanice Blanický mlýn (květen a červen). U všech povodí dochází k nárůstu průměrných ročních průtoků, ale jen u stanice Antýgl je statisticky významný.

Tab. 23: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendalova testu

Stanice	Lenora (66)		Modrava (73)		Antýgl (49)		Rejštejn (81)		Sušice (81)	
Roky	1946 - 2011		1931-1940,1949-2011		1963 - 2011		1911-20,1931-37,1948-2011		1931 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,738	0,082	0,962	0,336	1,034	0,301	1,003	0,316	0,424	0,671
12	0,686	0,493	0,962	0,336	0,569	0,569	0,387	0,698	1,232	0,218
1	0,941	0,347	1,000	0,317	1,422	0,155	0,595	0,552	1,109	0,267
2	-0,260	0,795	-0,319	0,750	1,327	0,184	0,408	0,683	-0,147	0,883
3	0,172	0,864	1,353	0,176	2,862	0,004	2,072	0,038	1,648	0,099
4	0,504	0,615	1,724	0,085	2,258	0,024	1,990	0,047	0,294	0,769
5	-0,360	0,719	-0,791	0,429	-0,034	0,972	-0,131	0,896	-0,979	0,328
6	0,017	0,987	-1,543	0,123	-0,552	0,581	0,061	0,951	-1,224	0,221
7	0,072	0,943	-0,305	0,761	0,828	0,408	-0,122	0,903	-0,873	0,383
8	0,227	0,821	-0,457	0,648	0,828	0,408	0,310	0,757	-0,449	0,654
9	1,633	0,103	0,190	0,849	1,914	0,056	0,718	0,473	0,522	0,602
10	1,384	0,166	0,276	0,782	1,983	0,047	0,294	0,769	-0,359	0,720
Rok	0,747	0,455	0,362	0,717	2,276	0,023	1,550	0,121	0,237	0,813
Stanice	Kolinec (63)		Bohumilice (47)		Němětice (81)		Blanický m. (59)		Podedvor.m. (63)	
Roky	1949 - 2011		1965 - 2011		1931 - 2011		1953 - 2011		1949 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,676	0,499	0,688	0,492	-0,082	0,935	0,170	0,865	0,682	0,495
12	1,673	0,094	-0,431	0,666	1,472	0,141	-0,445	0,657	0,326	0,744
1	0,990	0,322	-0,449	0,653	0,897	0,370	1,550	0,121	2,058	0,040
2	0,480	0,631	0,504	0,614	-0,179	0,858	1,040	0,298	1,643	0,100
3	0,979	0,328	2,283	0,022	1,232	0,218	1,981	0,048	2,153	0,031
4	0,925	0,355	-0,963	0,336	0,979	0,328	-0,700	0,484	0,492	0,623
5	-1,465	0,143	-1,678	0,093	-0,897	0,370	-2,322	0,020	-1,631	0,103
6	-0,919	0,358	-1,165	0,244	-0,400	0,689	-2,086	0,037	-1,168	0,243
7	-1,477	0,140	-0,138	0,891	-0,738	0,460	-1,079	0,281	-0,326	0,744
8	-0,492	0,623	-0,779	0,436	0,449	0,654	-0,373	0,709	0,024	0,981
9	-0,267	0,790	-1,110	0,267	0,526	0,599	-0,386	0,700	-0,012	0,991
10	0,469	0,639	0,303	0,762	-0,530	0,596	0,163	0,870	1,560	0,119
Rok	0,682	0,495	0,174	0,862	0,147	0,883	-0,451	0,652	0,362	0,718

Data: ČHMÚ

Když se zaměříme na minimální měsíční a roční průtoky u českých stanic (tab. 24), můžeme rovněž vidět významné nárůsty minimálních měsíčních průtoků zejména na přelomu podzimu a zimy (listopad a prosinec) a také na konci zimy v případě povodí Blanice (stanice Blanický mlýn a Podedvorský mlýn). Pokles minimálních měsíčních průtoků je patrný pouze na jaře (zejména v dubnu) a navíc jen u některých stanic (Bohumilice a Podedvorský mlýn). U jiných stanic naopak nastává ve stejném období nárůst (Antýgl a Němětice). Pokud jde o minimální roční průtoky, nastává u všech stanic nárůst, přičemž statisticky významný je u šesti stanic z deseti.

Tab. 24: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendalova testu

Stanice	Lenora (66)		Modrava (73)		Antýgl (49)		Rejstejn (81)		Sušice (81)	
Roky	1946 - 2011		1931-1940,1949-2011		1963 - 2011		1911-20,1931-37,1948-2011		1931 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	2,685	0,007	0,886	0,376	2,220	0,026	1,314	0,189	0,436	0,663
12	1,662	0,097	0,977	0,329	1,863	0,062	0,763	0,446	0,751	0,453
1	0,792	0,429	1,120	0,263	0,780	0,435	0,963	0,336	1,326	0,185
2	0,736	0,462	0,205	0,838	1,541	0,123	1,387	0,165	0,228	0,819
3	0,476	0,634	0,662	0,508	0,762	0,446	0,914	0,361	0,922	0,357
4	1,627	0,104	1,796	0,073	2,825	0,005	1,987	0,047	1,852	0,064
5	0,620	0,535	-1,210	0,226	0,450	0,653	0,314	0,753	-0,567	0,571
6	1,146	0,252	-1,096	0,273	0,596	0,551	1,167	0,243	-0,200	0,842
7	1,129	0,259	-0,229	0,819	0,899	0,369	0,534	0,593	-0,188	0,851
8	1,124	0,261	-0,029	0,977	1,312	0,190	0,828	0,408	0,489	0,624
9	1,511	0,131	-0,019	0,985	1,560	0,119	0,649	0,517	0,445	0,656
10	1,545	0,122	0,272	0,786	1,230	0,219	0,314	0,753	0,400	0,689
Rok	2,059	0,039	2,482	0,013	0,789	0,430	1,477	0,140	1,097	0,273
Stanice	Kolínec (63)		Bohumilice (47)		Němětice (81)		Blanický m. (59)		Podedvor.m. (63)	
Roky	1949 - 2011		1965 - 2011		1931 - 2011		1953 - 2011		1949 - 2011	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	2,184	0,029	1,243	0,214	0,559	0,576	1,093	0,274	1,685	0,092
12	2,095	0,036	-0,088	0,930	1,574	0,115	0,766	0,444	1,495	0,135
1	1,732	0,083	-0,108	0,914	1,477	0,140	2,257	0,024	2,469	0,014
2	1,573	0,116	-0,108	0,914	0,787	0,431	1,721	0,085	3,074	0,002
3	0,878	0,380	1,233	0,218	0,795	0,426	0,935	0,350	1,827	0,068
4	1,465	0,143	-2,084	0,037	0,685	0,493	-2,165	0,030	-0,326	0,744
5	0,202	0,840	-1,252	0,210	2,154	0,031	-1,525	0,127	-0,071	0,943
6	0,635	0,526	-0,108	0,914	1,362	0,173	-0,399	0,690	0,249	0,803
7	0,617	0,537	-0,020	0,984	0,869	0,385	-0,811	0,417	-0,196	0,845
8	0,760	0,447	-0,039	0,969	1,888	0,059	-0,111	0,911	0,392	0,695
9	0,564	0,573	-0,127	0,899	1,636	0,102	0,327	0,744	0,481	0,631
10	1,436	0,151	-0,147	0,883	1,277	0,202	0,491	0,624	0,961	0,337
Rok	2,807	0,005	0,460	0,646	3,945	0,000	3,213	0,001	3,216	0,001

Data: ČHMÚ

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u německých vodoměrných stanic (tab. 25) můžeme rovněž vidět významné nárůsty měsíčních průtoků na přelomu zimy a jara (zejména březen) a částečně též v lednu. Tento trend je statisticky významný zejména v březnu (všechny stanice kromě Furth im Wald). Významný pokles měsíčních průtoků nebyl zjištěn u žádné ze stanic. Všechny stanice sice vykazují mírný nárůst průměrných ročních průtoků, ale bez statistické významnosti.

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků (tab. 26) dochází k výraznému nárůstu zejména v průběhu zimy (stanice Furth im Wald, Kalteneck, Schönber a Teisnach) a částečně i na začátku jara (Furth im Wald a Kötzing), u stanice Schönberg navíc i v létě a na podzim. U žádné ze stanic nebyl zjištěn záporný trend. Všechny stanice vykazují nárůst minimálních ročních průtoků a u třech z nich je signifikantní.

Tab. 25: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furth im Wald (62)		Kalteneck (92)		Kötzing (65)		Linden (62)		Schönberg (58)		Teisnach (82)	
	1951 - 2012		1919, 1922 - 2012		1948 - 2012		1951 - 2012		1955 - 2012		1931 - 2012	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,638	0,524	-0,488	0,626	0,515	0,606	0,237	0,813	1,952	0,051	-0,088	0,930
12	0,589	0,556	1,673	0,094	0,821	0,412	0,650	0,516	0,409	0,682	1,702	0,089
1	1,634	0,102	2,628	0,009	1,591	0,112	2,321	0,020	1,986	0,047	1,890	0,059
2	0,589	0,556	1,332	0,183	0,832	0,405	1,835	0,067	1,268	0,205	1,129	0,259
3	1,330	0,183	2,250	0,024	2,565	0,010	2,278	0,023	2,415	0,016	2,219	0,027
4	-0,091	0,927	-0,280	0,780	1,195	0,232	0,012	0,990	0,523	0,601	-0,387	0,698
5	0,443	0,657	-1,366	0,172	0,085	0,932	-0,607	0,544	-1,006	0,314	-0,657	0,511
6	0,790	0,430	-0,681	0,496	0,034	0,973	-1,185	0,236	-0,141	0,888	-0,801	0,423
7	0,401	0,688	-1,113	0,266	-0,045	0,964	-0,832	0,405	0,429	0,668	-1,313	0,189
8	0,936	0,350	-1,606	0,108	0,040	0,968	-1,543	0,123	-0,980	0,327	-0,441	0,660
9	0,523	0,601	-0,290	0,772	0,702	0,483	-0,607	0,544	1,033	0,302	0,701	0,483
10	0,115	0,908	-1,595	0,111	0,221	0,825	-0,747	0,455	1,131	0,258	-0,288	0,773
Rok	0,735	0,462	0,317	0,751	0,770	0,441	1,148	0,251	1,737	0,082	0,290	0,772

Data: HND Bayern

Tab. 26: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v německých povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furth im Wald (62)		Kalteneck (92)		Kötzing (65)		Linden (62)		Schönberg (58)		Teisnach (82)	
	1951 - 2012		1919, 1922 - 2012		1948 - 2012		1951 - 2012		1955 - 2012		1931 - 2012	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,510	0,610	-0,641	0,522	-0,130	0,896	-0,383	0,702	2,891	0,004	-0,044	0,965
12	0,778	0,437	1,563	0,118	0,951	0,341	0,340	0,734	2,154	0,031	2,107	0,035
1	2,047	0,041	2,786	0,005	1,359	0,174	1,458	0,145	2,409	0,016	3,168	0,002
2	1,980	0,048	2,874	0,004	1,625	0,104	1,713	0,087	1,657	0,098	3,240	0,001
3	2,242	0,025	1,626	0,104	2,729	0,006	1,148	0,251	1,228	0,220	2,139	0,032
4	1,148	0,251	0,894	0,371	2,390	0,017	0,364	0,715	1,281	0,200	1,163	0,245
5	1,470	0,141	0,115	0,909	1,104	0,269	-0,905	0,365	-0,087	0,930	0,745	0,456
6	0,510	0,610	0,226	0,821	0,023	0,982	-0,924	0,356	1,214	0,225	0,300	0,764
7	0,766	0,444	0,698	0,485	0,193	0,847	-1,166	0,243	2,429	0,015	-0,445	0,657
8	0,377	0,706	-0,310	0,756	-0,476	0,634	-1,743	0,081	1,000	0,318	-0,120	0,904
9	0,699	0,485	0,273	0,785	0,017	0,986	-1,707	0,088	2,509	0,012	1,178	0,239
10	0,055	0,956	-0,067	0,946	0,028	0,977	-1,719	0,086	2,551	0,011	1,210	0,226
Rok min.	0,717	0,473	2,540	0,011	0,697	0,486	0,128	0,898	4,287	0,000	2,783	0,005

Data: HND Bayern

V případě průměrných měsíčních a ročních průtoků u rakouských vodoměrných stanic (tab. 27) se trend nárůstu měsíčních průtoků na jaře projevuje jen částečně. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán v březnu, zejména u stanic Vorderanger a Zwettl – Diestlbach, kde je také signifikantní. Významný pokles měsíčních průtoků se projevuje nejvíce na počátku léta, zejména v červnu. Tento trend se u německých stanic vůbec neprojevil a v případě českých stanic jen částečně. Navíc byl zaznamenán částečný pokles průměrných průtoků i v prosinci (stanice Obermühl a Zwettl – Diestlbach). U žádné ze stanic nebyl zjištěn významný trend nárůstu ani poklesu průměrných ročních průtoků.

Tab. 27: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendallova testu

Stanice	Furthmühle (59)		Hartmannsdorf (55)		Oberkappel (59)		Obermühl (35)		Rottenegg (50)	
	1951 - 2009		1956 - 2010		1951-1998, 2000-2010		1976 - 2010		1961 - 2010	
Roky										
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,804	0,421	-0,269	0,788	0,360	0,719	-0,298	0,766	0,017	0,987
12	0,007	0,995	-0,559	0,576	-0,085	0,932	-2,173	0,030	-0,008	0,993
1	1,184	0,237	0,624	0,532	1,001	0,317	-1,207	0,227	0,778	0,437
2	1,314	0,189	0,211	0,833	0,778	0,436	-1,094	0,274	-0,443	0,658
3	1,654	0,098	1,866	0,062	1,628	0,103	1,662	0,097	1,966	0,049
4	0,791	0,429	0,828	0,408	0,556	0,578	0,298	0,766	-0,125	0,900
5	-0,242	0,809	-1,299	0,194	0,216	0,829	0,185	0,854	-2,100	0,036
6	-2,204	0,028	-3,158	0,002	-0,994	0,320	-0,298	0,766	-3,555	0,000
7	-1,210	0,226	-2,054	0,040	-1,831	0,067	-0,185	0,854	-1,280	0,201
8	-1,641	0,101	-1,619	0,105	-1,524	0,128	-1,150	0,250	-0,309	0,757
9	0,033	0,974	-0,646	0,518	0,020	0,984	-0,809	0,418	0,360	0,719
10	0,674	0,501	-0,414	0,679	-0,347	0,729	-0,895	0,371	0,443	0,658
Rok	0,557	0,578	-0,768	0,442	-0,220	0,826	-0,637	0,524	-0,845	0,398
Stanice	Teufelmühle (60)		Vorderanger (44)		Zwettl - D (27)		Zwettl - GR (27)			
Roky	1951 - 2010		1966 - 2009		1984 - 2010		1984 - 2010			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	0,727	0,467	-0,121	0,903	-1,021	0,307	0,980	0,327		
12	-0,395	0,693	-0,364	0,716	-2,731	0,006	-1,438	0,150		
1	1,046	0,296	0,668	0,504	-1,521	0,128	-1,212	0,225		
2	0,842	0,400	0,546	0,585	-0,595	0,552	-0,198	0,843		
3	1,225	0,221	2,569	0,010	2,094	0,036	1,080	0,280		
4	0,612	0,540	-0,061	0,952	0,551	0,582	0,419	0,675		
5	-0,485	0,628	-1,072	0,284	-0,980	0,327	-0,022	0,982		
6	-1,709	0,087	-2,974	0,003	-1,313	0,189	0,438	0,662		
7	-1,429	0,153	-1,133	0,257	-0,417	0,677	0,479	0,632		
8	-1,225	0,221	-2,023	0,043	-0,146	0,884	0,813	0,416		
9	0,115	0,909	-0,485	0,627	-0,521	0,602	0,646	0,518		
10	0,179	0,858	-0,182	0,856	-0,521	0,602	1,438	0,150		
Rok	-0,072	0,943	0,324	0,746	-0,154	0,877	0,639	0,523		

Data: eHYD

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků u rakouských vodoměrných stanic (tab. 28) se trend nárůstu měsíčních průtoků na jaře projevuje jen v případě stanice Zwettl – Grosse Rodl, kde navíc dochází k nárůstu i v říjnu. Tato stanice je rovněž jedinou z rakouských, u níž se projevil signifikantní trend růstu minimálních ročních průtoků. Odlišný trend oproti ostatním stanicím zde může být zapříčiněn nejkratší časovou řadou (pouze 27 let). Významný pokles minimálních měsíčních průtoků se projevuje u většiny stanic, nejvíce v průběhu léta. Pozoruhodný je pokles minimálních měsíčních průtoků na stanici Obermühl ve všech měsících, který je signifikantní u deseti z nich. Také zde však může být příčinou odlišnosti od ostatních stanic relativně krátká doba pozorování (35 let).

Tab. 28: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v rakouských povodích (počet let pozorování) podle Mann-Kendalova testu

Stanice	Furthmühle (59)		Hartmannsdorf (55)		Oberkappel (59)		Obermühl (35)		Rottenegg (50)	
	1951 - 2009		1956 - 2010		1951-1998, 2000-2010		1976 - 2010		1961 - 2010	
Roky										
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,255	0,799	-1,539	0,124	-1,112	0,266	-1,393	0,164	0,201	0,841
12	-0,890	0,374	-0,709	0,478	-0,738	0,460	-2,254	0,024	-0,103	0,918
1	-1,105	0,269	-0,494	0,621	0,451	0,652	-3,536	0,000	-0,109	0,913
2	0,007	0,995	0,232	0,816	0,491	0,624	-3,466	0,001	0,301	0,763
3	0,896	0,370	0,523	0,601	1,204	0,229	-1,207	0,227	1,631	0,103
4	0,981	0,327	-0,044	0,965	0,889	0,374	-2,329	0,020	-0,920	0,357
5	-1,589	0,112	-1,278	0,201	0,065	0,948	-3,454	0,001	-2,887	0,004
6	-2,512	0,012	-2,316	0,021	-0,399	0,690	-2,812	0,005	-2,946	0,003
7	-1,923	0,054	-2,200	0,028	-2,093	0,036	-3,608	0,000	-2,116	0,034
8	-2,361	0,018	-2,694	0,007	-1,707	0,088	-3,437	0,001	-0,828	0,408
9	-1,197	0,231	-2,200	0,028	-1,629	0,103	-3,338	0,001	-0,719	0,472
10	-1,413	0,158	-1,888	0,059	-2,133	0,033	-3,111	0,002	-0,176	0,861
Rok min.	1,469	0,142	-0,508	0,612	-1,061	0,289	-1,557	0,120	1,129	0,259
Stanice	Teufelmühle (60)		Vorderanger (44)		Zwettl - D (27)		Zwettl - GR (27)			
Roky	1951 - 2010		1966 - 2009		1984 - 2010		1984 - 2010			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,268	0,789	0,567	0,571	0,417	0,677	1,962	0,050		
12	-0,523	0,601	-0,273	0,785	-0,573	0,566	1,235	0,217		
1	0,070	0,944	-0,648	0,517	-0,574	0,566	-0,044	0,965		
2	0,415	0,678	-0,526	0,599	0,176	0,860	1,455	0,146		
3	1,225	0,221	0,819	0,413	0,573	0,566	2,205	0,027		
4	0,032	0,975	-0,051	0,960	-0,088	0,930	0,882	0,378		
5	-0,325	0,745	-0,435	0,664	-0,375	0,707	1,633	0,102		
6	-1,365	0,172	-0,840	0,401	-0,417	0,676	0,689	0,491		
7	-0,147	0,883	-0,769	0,442	-0,271	0,786	1,962	0,050		
8	-1,155	0,248	-0,992	0,321	0,083	0,934	1,585	0,113		
9	-0,810	0,418	-0,981	0,326	-0,146	0,884	1,712	0,087		
10	-1,537	0,124	-0,192	0,848	0,772	0,440	2,273	0,023		
Rok min.	1,878	0,060	-1,528	0,126	0,265	0,791	2,734	0,006		

Data: eHYD

Za účelem porovnání co největšího množství vodoměrných stanic mezi sebou v rámci stejného časového období byly dále vypuštěny tři rakouské stanice s nejkratší dobou pozorování – Obermühl, Zwettl – Diestlbach a Zwettl – Grosse Rodl. Vznikly tak dvě tabulky pro průměrné a minimální měsíční průtoky všech stanic v období let 1966 – 2009. Délka časových řad tedy bude u všech stanic shodně 44 let.

Když se podíváme nejprve na průměrné měsíční a roční průtoky (tab. 29), můžeme zde napříč všemi státy vidět výrazný pokles jarních průtoků, zejména v březnu. Poměrně výrazný je rovněž pokles měsíčních průtoků na přelomu jara a léta, zejména v červnu. Tento trend však není signifikantní u tolika stanic jaro březnové poklesy. Nejvýrazněji se projevuje u rakouských stanic, méně u českých a německých. Pozoruhodný je výrazný pokles měsíčních průtoků v červnu až říjnu na stanici Kolinec. Významná změna v ročním průtoku se projevuje pouze u stanice Antýgl.

V případě minimálních měsíčních a ročních průtoků (tab. 30) se již projevují poměrně výrazné rozdíly mezi jednotlivými státy, resp. částmi Šumavy. Významné nárůsty minimálních průtoků na jaře vykazují jen některé české a německé stanice, zatímco u rakouských stanic se neprojevují vůbec. U dvou německých stanic (Schönberg a Teisnach) navíc dochází i k nárůstu průtoků na přelomu podzimu a zimy. Naopak k poklesům minimálních měsíčních průtoků na přelomu jara a léta došlo téměř u všech rakouských a některých českých stanic, ale u německých se vůbec neprojevíly. Zatímco německé stanice vykazují většinou nárůst minimálních ročních průtoků, u rakouských naopak převládá jejich pokles.

Pokud bychom chtěli navzájem porovnat všechny vodoměrné stanice i včetně tří původně vyloučených, museli bychom uvažovat období 1984 – 2009. V případě průměrných průtoků (tab. 31) by trend nárůstu na jaře (v březnu) zůstal většinou zachován. Trend úbytku průtoků v létě by se naopak zcela ztratil, resp. ztratila by se jeho signifikance.

Také v případě minimálních průtoků (tab. 32) by většina signifikantních trendů zmizela, zejména u českých stanic. Zůstal by však trend letního poklesu minimálních průtoků u rakouských stanic a projevil by se pokles průtoků ve většině měsíců u stanice Obermühl a naopak nárůst v případě stanice Zwettl – Grosse Rodl. Z uvedeného vyplývá, že toto porovnání není pro detekci trendů nejvhodnější, protože nezachytí většinu záporných trendů, které se z velké části týkají období před rokem 1984.

Tab. 29: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendalova testu v letech 1966 - 2009

Stanice	Furth im Wald (44)		Kalteneck (44)		Kötzing (44)		Linden (44)		Schönberg (44)		Teisnach (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,333	0,739	0,871	0,384	0,822	0,411	0,196	0,845	2,114	0,035	1,849	0,064
12	-0,851	0,395	-0,078	0,938	-0,675	0,500	-0,714	0,475	-0,235	0,814	0,010	0,992
1	-0,395	0,693	0,860	0,390	-0,425	0,671	0,688	0,492	0,384	0,701	0,981	0,327
2	-0,577	0,564	1,386	0,166	0,081	0,936	1,629	0,103	1,163	0,245	1,133	0,257
3	1,699	0,089	2,853	0,004	2,691	0,007	2,458	0,014	2,832	0,005	2,812	0,005
4	-0,809	0,418	0,142	0,887	0,071	0,944	-0,445	0,656	0,263	0,793	-0,192	0,848
5	-1,082	0,279	-1,113	0,266	-1,143	0,253	-1,527	0,127	-1,335	0,182	-1,568	0,117
6	-1,214	0,225	-1,780	0,075	-1,639	0,101	-2,802	0,005	-0,729	0,466	-2,145	0,032
7	-0,860	0,390	0,121	0,903	-0,111	0,911	-0,769	0,442	1,072	0,284	-0,465	0,642
8	-0,961	0,337	-0,981	0,326	-0,931	0,352	-0,860	0,390	-0,556	0,578	-1,234	0,217
9	-0,840	0,401	0,293	0,769	-0,162	0,871	-0,101	0,919	0,617	0,537	0,121	0,903
10	-0,344	0,731	0,829	0,407	-0,283	0,777	0,192	0,848	1,679	0,093	1,123	0,262
Rok	-1,032	0,302	0,647	0,517	-0,283	0,777	0,303	0,762	1,092	0,275	0,061	0,952
Stanice	Furthmühle (44)		Hartmannsdorf (44)		Oberkappel (44)		Rottenegg (44)		Teufelmühle (44)		Vorderanger (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,470	0,639	0,430	0,667	0,020	0,984	0,264	0,792	0,391	0,696	-0,121	0,903
12	-0,724	0,469	-1,311	0,190	-1,092	0,275	-0,646	0,519	-1,311	0,190	-0,364	0,716
1	0,121	0,903	0,233	0,816	-0,408	0,683	-0,040	0,968	-0,162	0,871	0,668	0,504
2	0,526	0,599	0,081	0,936	-0,513	0,608	-0,364	0,716	0,243	0,808	0,546	0,585
3	2,650	0,008	2,347	0,019	1,790	0,074	2,063	0,039	1,962	0,050	2,569	0,010
4	0,364	0,716	0,769	0,442	-0,303	0,762	0,384	0,701	0,101	0,919	-0,061	0,952
5	-0,991	0,322	-0,364	0,716	-1,120	0,263	-1,113	0,266	-1,032	0,302	-1,072	0,284
6	-2,994	0,003	-2,387	0,017	-2,836	0,005	-3,014	0,003	-2,832	0,005	-2,974	0,003
7	-0,850	0,396	-1,416	0,157	-1,821	0,069	-1,922	0,055	-1,173	0,241	-1,133	0,257
8	-2,084	0,037	-0,991	0,322	-1,936	0,053	-1,274	0,203	-1,558	0,119	-2,023	0,043
9	-0,607	0,544	-0,405	0,686	-0,743	0,457	-0,283	0,777	-0,769	0,442	-0,485	0,627
10	0,324	0,746	-0,142	0,887	-0,890	0,374	-0,121	0,903	-0,162	0,871	-0,182	0,856
Rok	0,081	0,936	-0,263	0,793	-1,463	0,143	-1,011	0,312	-0,850	0,396	0,324	0,746
Stanice	Lenora (44)		Modrava (44)		Antýgl (44)		Rejstejn (44)		Sušice (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,235	0,814	0,352	0,725	1,664	0,096	1,898	0,058	1,555	0,120		
12	-1,027	0,304	-0,450	0,653	0,178	0,859	-0,049	0,961	-0,509	0,611		
1	-1,214	0,225	0,202	0,840	0,065	0,948	0,324	0,746	0,162	0,871		
2	-0,364	0,716	0,142	0,887	0,314	0,753	0,829	0,407	0,971	0,332		
3	2,104	0,035	2,347	0,019	1,766	0,077	3,115	0,002	3,439	0,001		
4	0,020	0,984	2,266	0,023	2,005	0,045	1,416	0,157	0,829	0,407		
5	-1,821	0,069	-1,011	0,312	-0,466	0,641	-1,214	0,225	-1,598	0,110		
6	-1,982	0,047	-2,711	0,007	-0,726	0,468	-2,063	0,039	-2,043	0,041		
7	-0,526	0,599	-1,173	0,241	0,553	0,580	0,162	0,871	0,223	0,824		
8	-1,032	0,302	-1,254	0,210	0,228	0,820	-0,223	0,824	-0,485	0,627		
9	-0,850	0,396	-0,243	0,808	1,333	0,183	0,202	0,840	0,061	0,952		
10	0,131	0,895	0,506	0,613	1,593	0,111	0,991	0,322	1,011	0,312		
Rok	-0,364	0,716	0,384	0,701	2,205	0,027	0,951	0,342	0,688	0,492		
Stanice	Kolinec (44)		Bohumilice (44)		Němčice (44)		Blanický m. (44)		Poděvč. m. (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-1,321	0,187	0,910	0,363	1,213	0,225	0,841	0,400	0,372	0,710		
12	-1,272	0,203	-0,408	0,683	0,000	1,000	-0,920	0,358	-1,272	0,203		
1	-1,315	0,189	-0,444	0,657	0,566	0,571	0,142	0,887	-0,040	0,968		
2	-0,789	0,430	0,553	0,580	1,072	0,284	0,789	0,430	0,688	0,492		
3	1,052	0,293	2,785	0,005	3,479	0,001	3,338	0,001	2,589	0,010		
4	-0,435	0,664	-0,423	0,673	0,000	1,000	-0,303	0,762	-0,769	0,442		
5	-1,841	0,066	-1,203	0,229	-1,254	0,210	-1,760	0,078	-1,942	0,052		
6	-2,427	0,015	-0,921	0,357	-1,679	0,093	-1,497	0,134	-1,922	0,055		
7	-2,367	0,018	0,119	0,905	-0,182	0,856	-0,789	0,430	-1,092	0,275		
8	-2,508	0,012	-0,921	0,357	-0,910	0,363	-0,809	0,418	-1,103	0,270		
9	-2,731	0,006	-0,900	0,368	-1,133	0,257	-1,436	0,151	-2,003	0,045		
10	-1,841	0,066	0,249	0,803	0,324	0,746	-0,748	0,454	-0,688	0,492		
Rok	-1,497	0,134	0,910	0,363	1,011	0,312	0,000	1,000	-0,728	0,466		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 30: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendalova testu v letech 1966 - 2009

Stanice	Furth im Wald (44)		Kalteneck (44)		Kötzing (44)		Linden (44)		Schönberg (44)		Teisnach (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,675	0,500	1,008	0,314	0,548	0,584	0,323	0,747	3,258	0,001	2,133	0,033
12	-1,360	0,174	1,311	0,190	0,567	0,570	0,538	0,590	1,976	0,048	2,514	0,012
1	-1,032	0,302	0,931	0,352	0,738	0,460	0,607	0,544	1,841	0,066	2,407	0,016
2	-0,617	0,537	1,801	0,072	0,678	0,498	1,052	0,293	1,032	0,302	1,882	0,060
3	0,486	0,627	1,871	0,061	1,993	0,046	1,689	0,091	1,780	0,075	2,256	0,024
4	-0,759	0,448	0,192	0,848	1,113	0,266	0,860	0,390	1,204	0,229	1,042	0,297
5	-0,759	0,448	-1,457	0,145	-0,364	0,716	-1,568	0,117	-0,910	0,363	-0,971	0,331
6	-1,801	0,072	-0,819	0,413	-0,910	0,363	-1,953	0,051	1,092	0,275	-1,861	0,063
7	-0,385	0,701	-0,101	0,919	-0,283	0,777	-1,305	0,192	2,124	0,034	-0,809	0,418
8	-1,123	0,261	-0,748	0,454	-0,475	0,634	-0,941	0,347	1,861	0,063	-1,133	0,257
9	-0,931	0,352	0,223	0,824	-0,334	0,739	-0,890	0,373	2,478	0,013	0,131	0,895
10	-0,759	0,448	0,657	0,511	-0,020	0,984	-0,769	0,442	3,085	0,002	1,305	0,192
Rok	-0,263	0,793	0,688	0,492	0,374	0,708	0,475	0,635	4,117	0,000	2,438	0,015
Stanice	Furthmühle (44)		Hartmannsdorf (44)		Oberkappel (44)		Rottenegg (44)		Teufelmühle (44)		Vorderanger (44)	
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,010	0,992	-0,372	0,710	-1,305	0,192	0,137	0,891	-0,499	0,618	0,567	0,571
12	-1,810	0,070	-0,475	0,634	-0,922	0,357	-0,374	0,708	-1,275	0,202	-0,273	0,785
1	-1,234	0,217	-0,253	0,800	-0,837	0,402	-0,567	0,571	-1,224	0,221	-0,648	0,517
2	-0,728	0,466	0,324	0,746	-0,408	0,683	0,536	0,592	0,061	0,952	-0,526	0,599
3	0,748	0,454	1,396	0,163	0,377	0,706	1,193	0,233	1,204	0,229	0,819	0,413
4	0,091	0,927	-0,132	0,895	-0,670	0,503	-0,607	0,544	-0,880	0,379	-0,051	0,960
5	-2,853	0,004	-0,587	0,557	-1,403	0,161	-2,064	0,039	-2,397	0,017	-0,435	0,664
6	-3,359	0,001	-1,548	0,122	-1,770	0,077	-2,783	0,005	-4,117	0,000	-0,840	0,401
7	-2,276	0,023	-1,325	0,185	-2,753	0,006	-2,225	0,026	-2,256	0,024	-0,769	0,442
8	-2,549	0,011	-2,054	0,040	-1,528	0,126	-2,296	0,022	-2,357	0,018	-0,992	0,321
9	-1,952	0,051	-1,497	0,134	-1,989	0,047	-1,507	0,132	-2,165	0,030	-0,981	0,326
10	-1,841	0,066	-1,608	0,108	-2,346	0,019	-1,072	0,284	-1,497	0,134	-0,192	0,848
Rok	-0,961	0,336	-0,061	0,952	-2,071	0,038	0,283	0,777	-0,010	0,992	-1,528	0,126
Stanice	Lenora (44)		Modrava (44)		Antýgl (44)		Rejstejn (44)		Sušice (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,401	0,688	-0,137	0,891	1,968	0,049	1,860	0,063	1,497	0,134		
12	-0,900	0,368	-0,724	0,469	1,633	0,102	0,588	0,557	0,029	0,977		
1	-1,882	0,060	-0,375	0,708	0,434	0,665	-0,132	0,895	-0,111	0,911		
2	-0,374	0,708	-0,779	0,436	0,726	0,468	0,091	0,927	0,010	0,992		
3	0,880	0,379	0,071	0,944	0,271	0,786	1,396	0,163	1,700	0,089		
4	1,062	0,288	1,680	0,093	3,122	0,002	2,277	0,023	2,328	0,020		
5	-1,659	0,097	-2,175	0,030	0,575	0,566	-1,012	0,312	-1,629	0,103		
6	-1,134	0,257	-3,545	0,000	0,542	0,588	-2,006	0,045	-1,650	0,099		
7	-0,789	0,430	-1,964	0,050	1,301	0,193	-0,061	0,952	-0,334	0,738		
8	0,263	0,792	-1,903	0,057	0,867	0,386	0,162	0,871	-0,233	0,816		
9	-0,800	0,424	-1,478	0,139	1,073	0,283	-0,213	0,831	-0,526	0,599		
10	-0,526	0,599	-0,557	0,577	0,857	0,392	0,638	0,524	0,364	0,716		
Rok	-1,305	0,192	-0,668	0,504	0,358	0,720	0,425	0,671	-0,040	0,968		
Stanice	Kolínec (44)		Bohumilice (44)		Němčice (44)		Blanický m. (44)		Podedvor.m. (44)			
Roky	1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009		1966 - 2009			
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota		
11	-0,646	0,518	1,466	0,143	1,389	0,165	1,275	0,202	0,088	0,930		
12	-0,763	0,445	0,230	0,818	0,851	0,395	-0,890	0,373	-1,086	0,277		
1	-1,993	0,046	-0,108	0,914	0,546	0,585	0,051	0,960	-0,617	0,537		
2	-0,749	0,454	-0,173	0,862	1,295	0,195	-0,415	0,678	0,324	0,746		
3	-0,374	0,708	1,171	0,242	1,649	0,099	1,315	0,188	1,244	0,213		
4	0,374	0,708	-1,301	0,193	-0,364	0,716	-2,267	0,023	-2,418	0,016		
5	-0,880	0,379	-0,770	0,441	-0,374	0,708	-1,366	0,172	-1,872	0,061		
6	-1,042	0,297	0,130	0,897	-0,769	0,442	-0,567	0,571	-2,013	0,044		
7	-1,690	0,091	0,076	0,940	-0,607	0,544	-0,425	0,671	-1,801	0,072		
8	-1,821	0,069	-0,358	0,721	-0,769	0,442	-1,457	0,145	-1,801	0,072		
9	-2,529	0,011	-0,195	0,845	-0,961	0,336	-0,810	0,418	-1,973	0,049		
10	-1,548	0,122	-0,282	0,778	0,040	0,968	-1,154	0,248	-2,459	0,014		
Rok	-0,668	0,504	0,564	0,573	1,487	0,137	0,628	0,530	-1,731	0,083		

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 31: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009

Stanice	Furth im Wald (26)		Kalteneck (26)		Kötzing (26)		Linden (26)		Schönberg (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,507	0,612	0,066	0,947	-0,066	0,947	-0,397	0,691	0,110	0,912
12	-1,962	0,050	-1,146	0,252	-1,345	0,179	-1,787	0,074	-1,764	0,078
1	-1,146	0,252	-0,154	0,877	-0,309	0,758	-0,287	0,774	-0,309	0,758
2	0,000	1,000	1,058	0,290	0,419	0,675	0,926	0,354	-0,022	0,982
3	1,521	0,128	2,226	0,026	2,051	0,040	2,227	0,026	1,919	0,055
4	-0,419	0,675	0,639	0,523	0,683	0,494	0,242	0,808	0,375	0,708
5	-1,147	0,251	-0,309	0,758	-0,485	0,628	-0,441	0,659	-0,397	0,691
6	-1,609	0,108	-0,441	0,659	-1,058	0,290	-1,014	0,311	-0,573	0,566
7	-0,617	0,537	0,441	0,659	-0,066	0,947	-0,331	0,741	0,662	0,508
8	-1,565	0,118	-0,110	0,912	-0,948	0,343	-0,066	0,947	-0,110	0,912
9	-1,433	0,152	-0,595	0,552	-0,926	0,354	-0,595	0,552	-0,904	0,366
10	-0,860	0,390	-0,110	0,912	-0,904	0,366	-0,573	0,566	0,331	0,741
Rok	-0,727	0,467	1,433	0,152	0,595	0,552	1,300	0,193	0,904	0,366
Stanice	Teisnach (26)		Furthmühle (26)		Hartmannsdorf (26)		Oberkappel (26)		Obermühl (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,022	0,982	0,198	0,843	0,551	0,582	0,327	0,744	-0,022	0,982
12	-1,212	0,225	-1,212	0,225	-1,124	0,261	-0,841	0,400	-1,741	0,082
1	-0,551	0,582	-0,198	0,843	-0,198	0,843	-0,654	0,513	-0,595	0,552
2	0,353	0,724	0,595	0,552	0,375	0,708	0,047	0,963	-0,198	0,843
3	1,587	0,112	1,962	0,050	2,491	0,013	1,822	0,069	1,918	0,055
4	0,441	0,659	0,639	0,523	1,080	0,280	0,280	0,779	0,198	0,843
5	-0,441	0,659	-0,683	0,494	-0,551	0,582	-0,561	0,575	-0,463	0,643
6	-1,147	0,251	-1,565	0,118	-1,389	0,165	-0,794	0,427	-1,168	0,243
7	-0,441	0,659	0,066	0,947	-0,375	0,708	-0,747	0,455	-0,287	0,774
8	-0,573	0,566	-0,242	0,808	0,022	0,982	-0,327	0,744	-0,242	0,808
9	-1,521	0,128	-0,419	0,675	-0,375	0,708	-0,514	0,607	-0,727	0,467
10	-0,706	0,480	-0,242	0,808	-0,022	0,982	-0,607	0,544	-1,124	0,261
Rok	0,154	0,877	1,256	0,209	1,433	0,152	0,198	0,843	0,904	0,366
Stanice	Rottenegg (26)		Teufelmühle (26)		Vorderanger (26)		Zwettl - D (26)		Zwettl - GR (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,750	0,453	0,198	0,843	0,022	0,982	-0,771	0,440	1,080	0,280
12	-0,992	0,321	-1,212	0,225	-1,477	0,140	-2,623	0,009	-1,345	0,179
1	-0,639	0,523	-0,419	0,675	-0,198	0,843	-1,261	0,207	-0,887	0,375
2	0,066	0,947	0,154	0,877	0,419	0,675	-0,187	0,852	0,374	0,709
3	1,609	0,108	1,962	0,050	2,182	0,029	2,289	0,022	1,355	0,176
4	0,375	0,708	0,463	0,643	0,507	0,612	0,747	0,455	0,607	0,544
5	-0,816	0,415	-0,507	0,612	-0,595	0,552	-1,300	0,193	-0,374	0,709
6	-1,256	0,209	-1,477	0,140	-1,080	0,280	-1,829	0,067	-0,066	0,947
7	-0,507	0,612	0,110	0,912	0,022	0,982	-0,750	0,453	0,154	0,877
8	0,463	0,643	-0,110	0,912	-0,639	0,523	-0,507	0,612	0,419	0,675
9	-0,022	0,982	-0,551	0,582	-0,463	0,643	-0,551	0,582	0,419	0,675
10	0,419	0,675	-0,242	0,808	-0,287	0,774	-0,463	0,643	1,521	0,128
Rok	0,507	0,612	0,904	0,366	0,683	0,494	0,000	1,000	0,934	0,350
Stanice	Lenora (26)		Modrava (26)		Antygl (26)		Rejšejn (26)		Sušice (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,110	0,912	0,066	0,947	-0,066	0,947	0,154	0,877	0,110	0,912
12	-2,006	0,045	-1,433	0,152	-0,992	0,321	-1,455	0,146	-1,697	0,090
1	-1,080	0,280	-0,551	0,582	-0,220	0,826	-0,551	0,582	-0,551	0,582
2	0,595	0,552	1,124	0,261	1,256	0,209	0,860	0,390	0,639	0,523
3	1,521	0,128	1,962	0,050	1,918	0,055	2,138	0,033	2,094	0,036
4	0,595	0,552	2,182	0,029	1,168	0,243	1,477	0,140	1,300	0,193
5	-0,992	0,321	-0,198	0,843	-0,992	0,321	-0,507	0,612	-0,595	0,552
6	0,022	0,982	-0,595	0,552	-0,242	0,808	-0,463	0,643	-0,419	0,675
7	1,212	0,225	0,683	0,494	0,816	0,415	0,507	0,612	0,551	0,582
8	0,242	0,808	0,198	0,843	0,860	0,390	0,331	0,741	0,331	0,741
9	0,463	0,643	-0,375	0,708	0,375	0,708	-0,287	0,774	-0,198	0,843
10	0,992	0,321	0,265	0,791	1,609	0,108	1,256	0,209	1,300	0,193
Rok	1,036	0,300	1,521	0,128	1,918	0,055	1,565	0,118	1,477	0,140
Stanice	Kolínec (26)		Bohumilice (26)		Němčice (26)		Blanický m. (26)		Poděvč. m. (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	0,992	0,321	1,080	0,280	1,212	0,225	1,345	0,179	1,477	0,140
12	-0,992	0,321	-1,741	0,082	-1,477	0,140	-1,212	0,225	-1,609	0,108
1	-0,419	0,675	-0,595	0,552	-0,198	0,843	-0,154	0,877	-0,375	0,708
2	1,036	0,300	0,507	0,612	0,992	0,321	1,345	0,179	1,124	0,261
3	2,270	0,023	2,094	0,036	2,358	0,018	2,755	0,006	1,741	0,082
4	0,948	0,343	-0,551	0,582	0,066	0,947	0,198	0,843	-0,154	0,877
5	0,331	0,741	-1,477	0,140	-0,198	0,843	-0,992	0,321	-1,212	0,225
6	0,683	0,494	-0,066	0,947	-0,110	0,912	-0,198	0,843	0,022	0,982
7	1,300	0,193	0,683	0,494	0,860	0,390	0,904	0,366	1,080	0,280
8	0,287	0,774	-0,154	0,877	-0,066	0,947	0,992	0,321	0,331	0,741
9	0,066	0,947	-0,154	0,877	0,022	0,982	-0,198	0,843	-0,110	0,912
10	1,609	0,108	0,683	0,494	0,992	0,321	0,816	0,415	0,551	0,582
Rok	2,050	0,040	1,124	0,261	1,609	0,108	1,829	0,067	1,521	0,128

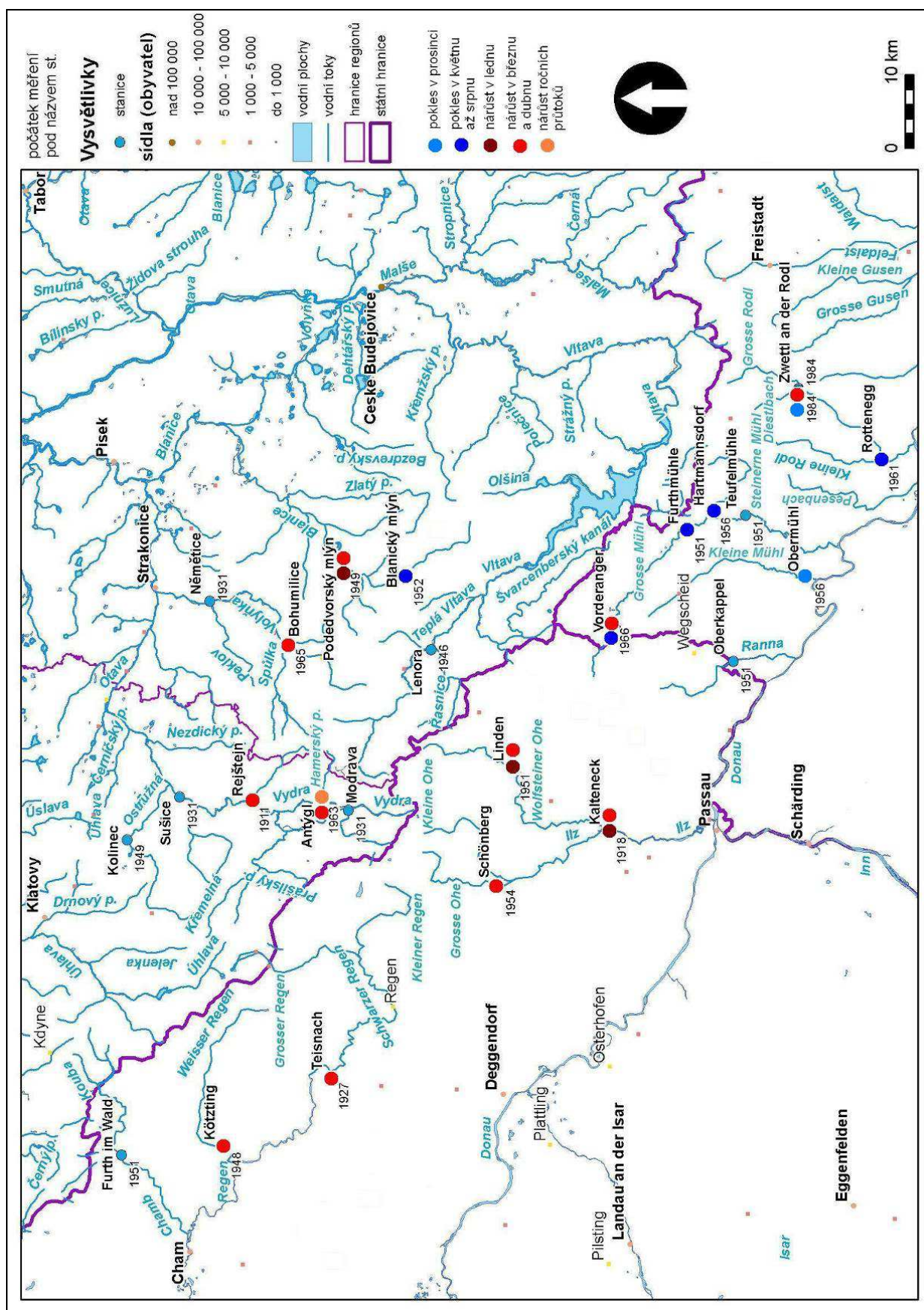
Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Tab. 32: Dlouhodobý trend minimálních měsíčních a ročních průtoků v českých, německých a rakouských povodích podle Mann-Kendallova testu v letech 1984 - 2009

Stаницe	Furth im Wald (26)		Kalteneck (26)		Kötzting (26)		Linden (26)		Schönberg (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-1,389	0,165	0,529	0,597	-0,375	0,708	-0,507	0,612	1,609	0,108
12	-1,235	0,217	0,617	0,537	0,397	0,691	0,132	0,895	0,507	0,612
1	-1,612	0,107	-0,140	0,888	-0,771	0,441	-0,164	0,870	-0,608	0,543
2	-0,514	0,607	1,145	0,252	0,117	0,907	0,748	0,455	0,304	0,761
3	-0,467	0,640	1,332	0,183	0,841	0,400	0,864	0,387	0,887	0,375
4	-1,191	0,233	0,164	0,870	0,467	0,640	0,794	0,427	0,047	0,963
5	-1,775	0,076	-0,280	0,779	-0,140	0,889	-0,327	0,744	-0,187	0,852
6	-1,705	0,088	0,280	0,779	-0,818	0,414	-1,028	0,304	0,818	0,414
7	-0,864	0,387	1,028	0,304	-0,771	0,441	-0,350	0,726	2,103	0,035
8	-2,103	0,035	0,467	0,640	-0,677	0,498	-0,607	0,544	1,822	0,069
9	-1,496	0,135	0,327	0,744	-1,145	0,252	-0,374	0,709	1,401	0,161
10	-0,537	0,591	1,285	0,199	0,187	0,852	0,117	0,907	2,079	0,038
Rok	-0,794	0,427	0,639	0,523	0,287	0,774	-0,507	0,612	1,610	0,107
Stаницe	Teisnach (26)		Furthmühle (26)		Hartmannsdorf (26)		Oberkappel (26)		Obermühl (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	-0,551	0,582	0,331	0,741	0,463	0,643	-0,023	0,981	-0,795	0,427
12	-0,242	0,808	-0,816	0,415	0,070	0,944	0,149	0,882	-1,495	0,135
1	-0,327	0,744	-0,935	0,350	-0,890	0,374	-0,471	0,637	-2,149	0,032
2	0,327	0,744	-0,023	0,981	0,420	0,674	0,025	0,980	-1,378	0,168
3	0,280	0,779	0,467	0,640	0,958	0,338	0,844	0,398	0,327	0,744
4	0,234	0,815	-0,444	0,657	-0,093	0,926	-0,298	0,766	-1,448	0,148
5	-0,467	0,640	-1,261	0,207	-0,795	0,427	-0,224	0,823	-2,669	0,008
6	-0,794	0,427	-3,247	0,001	-1,425	0,154	-0,273	0,785	-2,195	0,028
7	-0,023	0,981	-1,939	0,053	-0,210	0,833	-1,067	0,286	-2,570	0,010
8	-1,191	0,233	-1,589	0,112	0,164	0,870	0,397	0,691	-2,289	0,022
9	-1,495	0,135	-0,911	0,362	-0,047	0,963	0,273	0,785	-1,775	0,076
10	-0,093	0,926	0,047	0,963	0,678	0,498	0,248	0,804	-1,145	0,252
Rok	-1,367	0,172	0,331	0,741	0,926	0,354	-0,372	0,710	-2,050	0,040
Stаницe	Rottenegg (26)		Teufelmühle (26)		Vorderanger (26)		Zwettl - D (26)		Zwettl - GR (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,124	0,261	0,110	0,912	-0,066	0,947	0,353	0,724	2,031	0,042
12	0,327	0,744	0,070	0,944	0,375	0,708	-0,444	0,657	1,098	0,272
1	-0,070	0,944	-1,775	0,076	-1,099	0,272	-0,632	0,528	0,257	0,797
2	0,607	0,544	-0,491	0,624	-0,187	0,851	0,537	0,591	2,126	0,034
3	1,588	0,112	0,467	0,640	0,257	0,797	1,005	0,315	2,453	0,014
4	0,023	0,981	-0,981	0,327	0,023	0,981	-0,070	0,944	1,005	0,315
5	-0,093	0,926	-2,009	0,045	-0,304	0,761	-0,140	0,889	1,380	0,168
6	-0,724	0,469	-3,692	0,000	-0,584	0,559	-0,304	0,761	0,468	0,640
7	0,304	0,761	-1,214	0,225	0,094	0,925	-0,093	0,926	1,427	0,154
8	-0,491	0,624	-1,261	0,207	0,047	0,963	0,164	0,870	1,098	0,272
9	0,304	0,761	-0,070	0,944	-0,701	0,483	0,094	0,925	1,426	0,154
10	1,449	0,147	0,677	0,498	0,491	0,624	1,215	0,224	2,477	0,013
Rok	1,036	0,300	0,971	0,332	-0,904	0,366	-0,304	0,761	2,453	0,014
Stаницe	Lenora (26)		Modrava (26)		Antýgl (26)		Rejstejn (26)		Sušice (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,345	0,179	0,132	0,895	1,368	0,171	0,640	0,522	0,727	0,467
12	-0,331	0,741	-0,970	0,332	0,993	0,321	-0,464	0,643	-0,727	0,467
1	-1,612	0,107	-0,888	0,375	-0,117	0,907	-1,239	0,215	-1,145	0,252
2	0,935	0,350	0,280	0,779	0,327	0,743	-0,023	0,981	-0,210	0,833
3	0,537	0,591	-0,794	0,427	0,935	0,350	0,210	0,833	0,514	0,607
4	2,055	0,040	0,140	0,888	1,332	0,183	0,467	0,640	0,701	0,483
5	-0,514	0,607	-0,327	0,744	0,397	0,691	-0,467	0,640	-0,561	0,575
6	0,047	0,963	-0,912	0,362	0,607	0,544	-0,514	0,607	-0,117	0,907
7	1,401	0,161	0,701	0,483	0,795	0,427	0,514	0,607	0,537	0,591
8	1,496	0,135	0,327	0,744	1,309	0,191	0,187	0,852	0,420	0,674
9	1,449	0,147	-0,421	0,674	0,935	0,350	0,070	0,944	0,210	0,833
10	1,518	0,129	0,094	0,925	1,239	0,215	1,403	0,161	1,355	0,176
Rok	-0,110	0,912	-1,279	0,201	-0,309	0,757	-1,148	0,251	-0,905	0,366
Stаницe	Kolínec (26)		Bohumilice (26)		Němětice (26)		Blanický m. (26)		Podědvor.m. (26)	
Roky	1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009		1984 - 2009	
Měsíc	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
11	1,500	0,134	0,706	0,480	0,838	0,402	1,058	0,290	0,838	0,402
12	1,125	0,260	-0,176	0,860	0,595	0,552	0,441	0,659	-0,463	0,643
1	-0,701	0,483	-0,747	0,455	-0,561	0,575	0,023	0,981	-0,420	0,674
2	0,912	0,362	-0,397	0,691	0,350	0,726	0,327	0,744	1,378	0,168
3	1,214	0,225	0,514	0,607	1,378	0,168	0,981	0,327	1,565	0,118
4	0,958	0,338	-1,308	0,191	-0,140	0,889	-1,261	0,207	-1,051	0,293
5	0,374	0,708	-1,520	0,129	0,421	0,674	-0,748	0,455	-0,491	0,624
6	-0,117	0,907	-0,935	0,350	-0,561	0,575	-2,055	0,040	-1,799	0,072
7	1,495	0,135	-0,093	0,926	0,210	0,833	-0,234	0,815	-0,047	0,963
8	0,491	0,624	0,164	0,870	0,187	0,852	-0,140	0,888	0,374	0,709
9	0,420	0,674	0,327	0,744	-0,094	0,925	-0,537	0,591	-0,561	0,575
10	1,518	0,129	0,747	0,455	0,164	0,870	-0,351	0,726	0,093	0,926
Rok	0,088	0,930	0,441	0,659	0,220	0,826	-0,507	0,612	0,044	0,965

Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

Obr. 31: Dlouhodobý trend průměrných měsíčních a ročních průtoků



Data: ČHMÚ, HND Bayern, eHYD

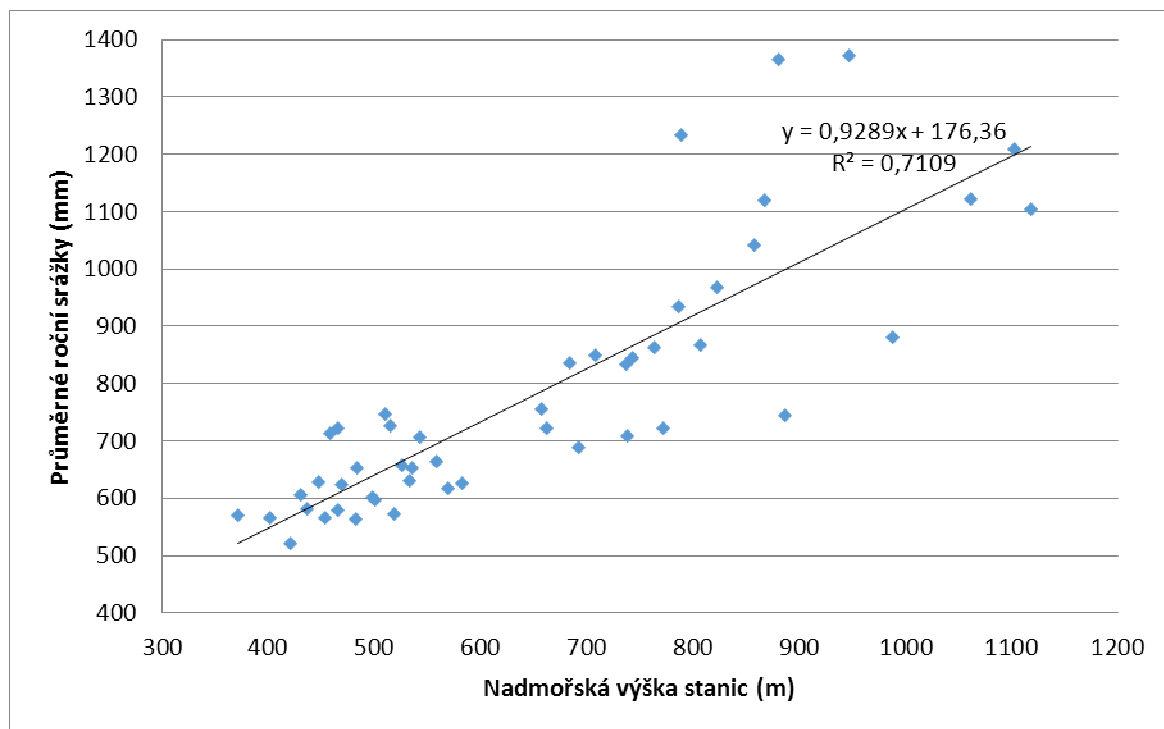
Podobně jako v případě měsíčních a ročních srážkových úhrnů byly také trendy průměrných měsíčních a ročních průtoků vyznačeny do mapy vodoměrných stanic (viz obr. 31). Trendy byly odlišeny barevně, přičemž odstíny modré náležejí poklesům a odstíny červené nárůstům měsíčních průtoků. Oranžová barva pak odpovídá nárůstu ročních průtoků. Je zde vidět, že poklesy měsíčních průtoků nastávají téměř výhradně u rakouských povodí, zatímco v případě německých povodí se naopak jedná pouze o nárůsty. Jediným povodím s nárůstem průměrných ročních průtoků je Hamerský potok po stanici Antýgl.

4.3 Závislost srážek na nadmořské výšce

Za účelem zjištění existence orografického efektu, jeho velikosti v jednotlivých částech Šumavy a jeho časové proměnlivosti byly vypočteny závislosti průměrných ročních a měsíčních srážkových úhrnů na nadmořské výšce příslušných stanic v rámci každého státu. Využity přitom byly časové řady srážek všech dostupných stanic v zájmové oblasti, které měly srovnatelnou délku pozorování. Nebyly tedy zahrnuty pouze stanice vybrané pro analýzu srážkových trendů či testů homogenity, ale i ostatní stanice v okolí, aby vyjádření závislostí bylo co nejpřesnější.

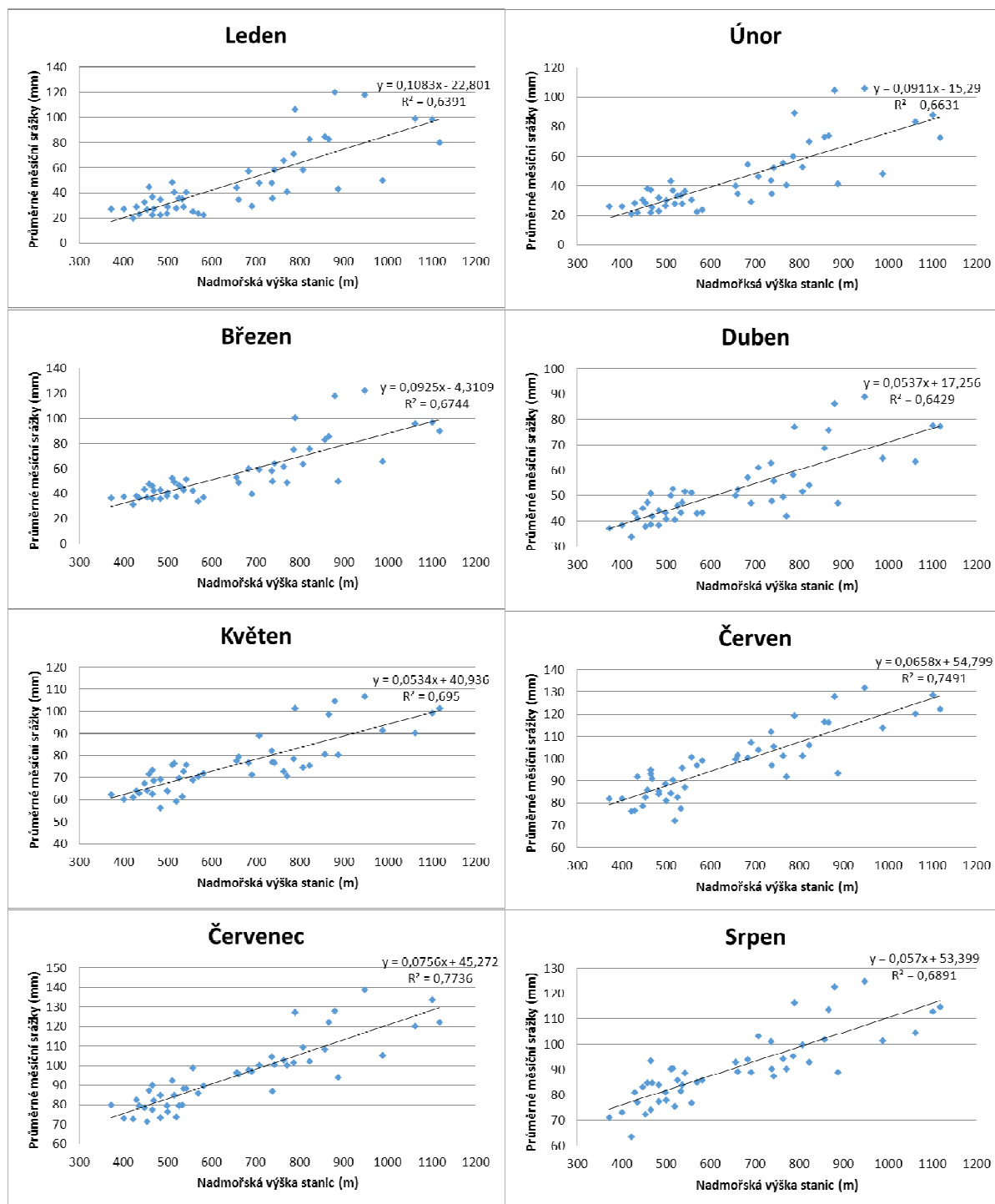
V případě ČR byla použita data z celkem 48 stanic za období 1962 – 2011. Jak ukazuje hodnota spolehlivosti R v případě průměrných ročních srážek (obr. 32), je zde závislost ročních úhrnů na nadmořské výšce stanic poměrně výrazná. Jedná se o nejsilnější závislost ze všech tří států v oblasti Šumavy. Síla této závislosti se však výrazně liší v rámci měsíčních srážek (obr. 33 a 34) a mění se tak v závislosti na ročním období. Nejsilnější je v létě (zejména v červnu a červenci) a naopak nejslabší v zimě (zejména prosinec a leden). Hodnota spolehlivosti během roku kolísá v rozmezí od 0,6047 v říjnu po 0,7736 v červenci, což jsou v rámci států nejmenší rozdíly.

Obr. 32: Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce českých stanic



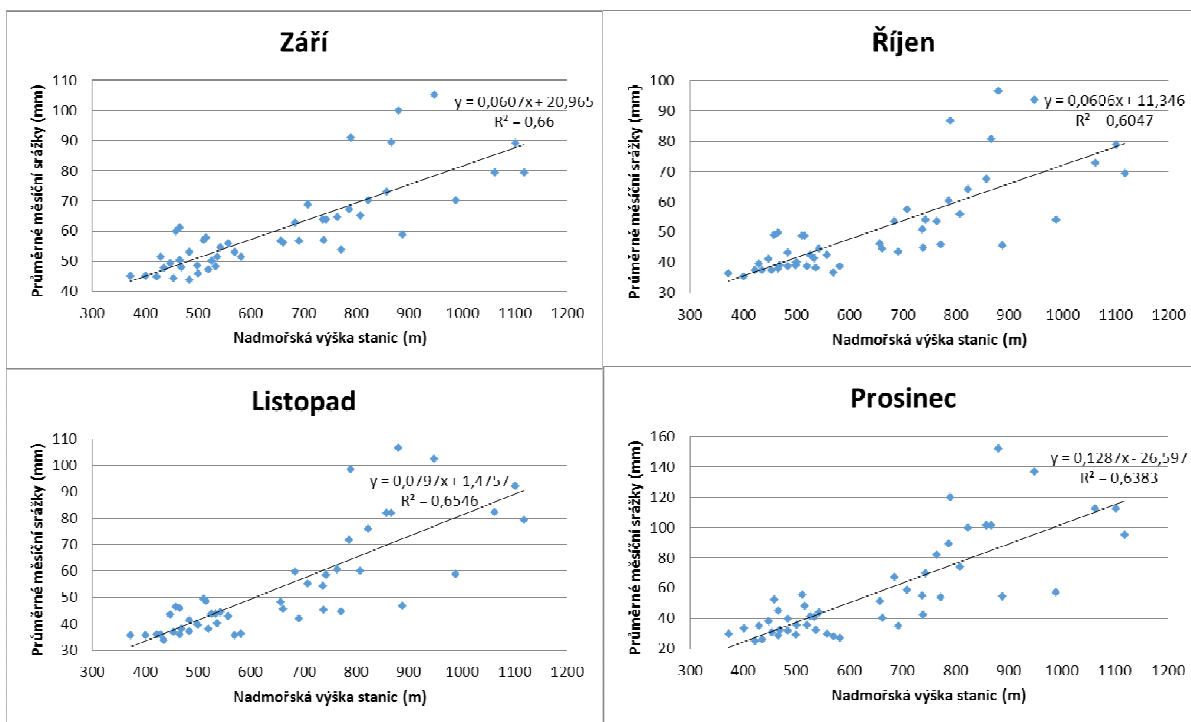
Data: ČHMÚ

Obr. 33: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce českých stanic – 1. část



Data: ČHMÚ

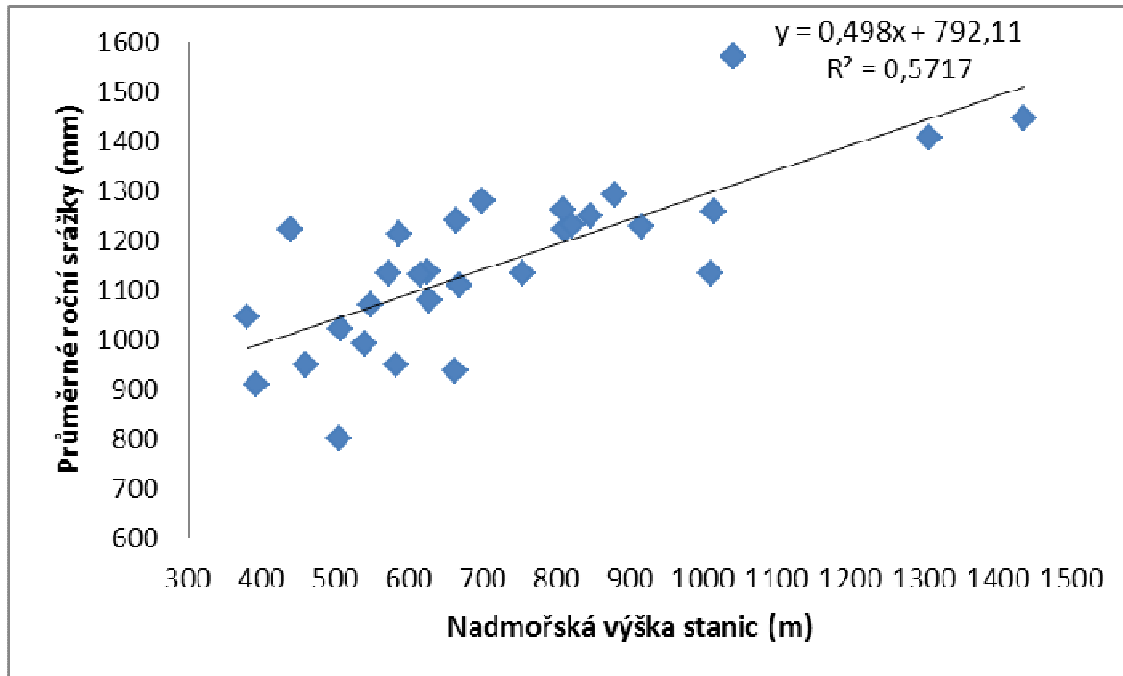
Obr. 34: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce českých stanic – 2. část



Data: ČHMÚ

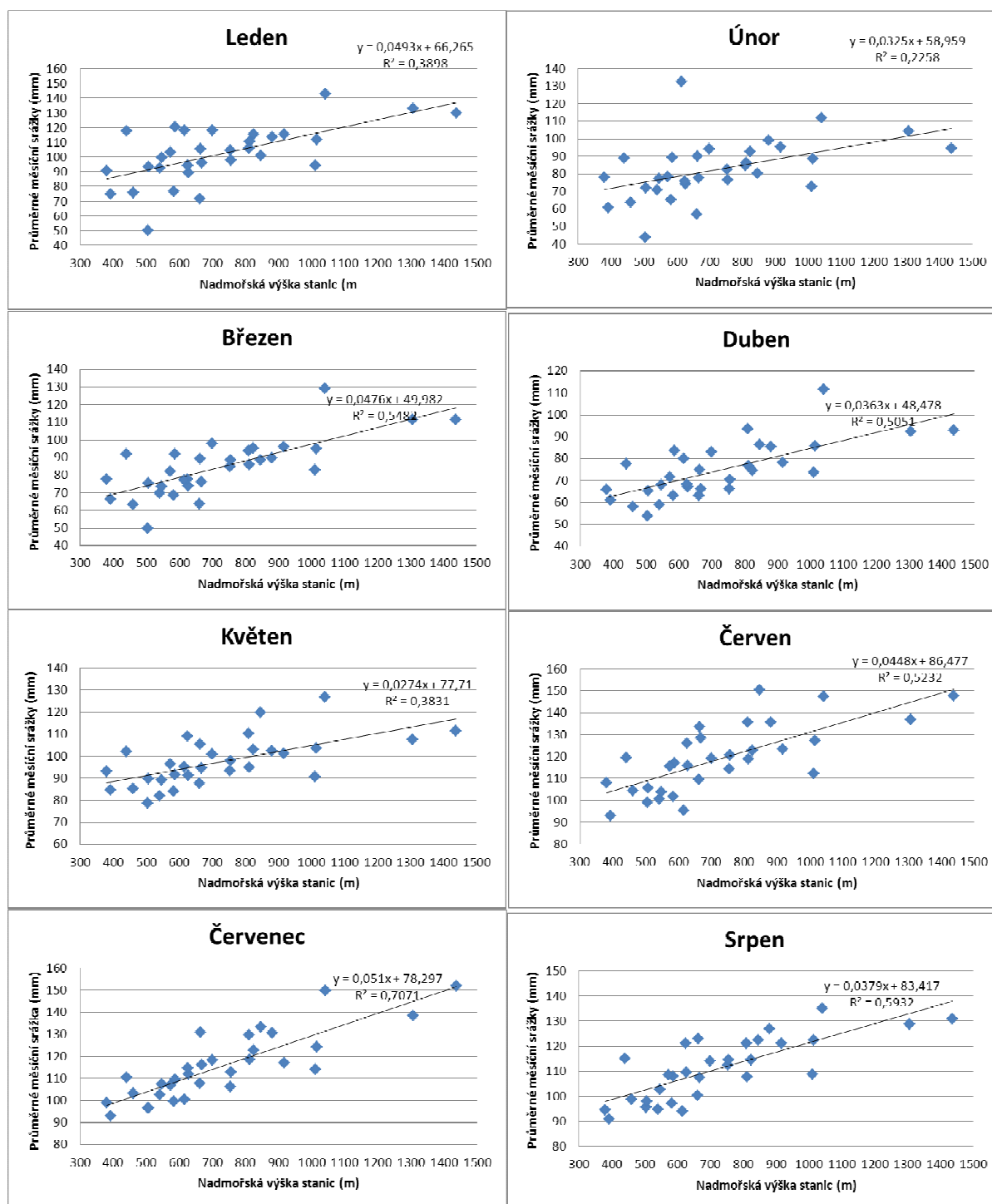
V případě Německa byla použita data z celkem 31 stanic za období 1961 – 1990. Jak ukazuje hodnota spolehlivosti R v případě průměrných ročních srážek (obr. 35), je zde závislost ročních úhrnů na nadmořské výšce stanic méně výrazná než v případě ČR, ale výraznější než v případě Rakouska. Důvodem může být nejen odlišná převládající expozice svahů, ale také menší počet stanic ve srovnání s ČR a kratší sledované období. Síla závislosti se rovněž výrazně liší v rámci měsíčních srážek (obr. 36 a 37) a mění se tak v závislosti na ročním období. Nejsilnější je v létě (zejména v červenci) a naopak nejslabší v zimě (zejména v únoru). Hodnota spolehlivosti během roku kolísá v rozmezí od 0,2258 v únoru po 0,7071 v červenci, což jsou výrazně větší rozdíly než v případě ČR, ale ve všech případech se stále jedná o závislost kladnou. Pozoruhodné je rovněž přechodné zeslabení závislosti měsíčních srážek na nadmořské výšce v květnu, které se u českých stanic neprojevalo.

Obr. 35: Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce německých stanic



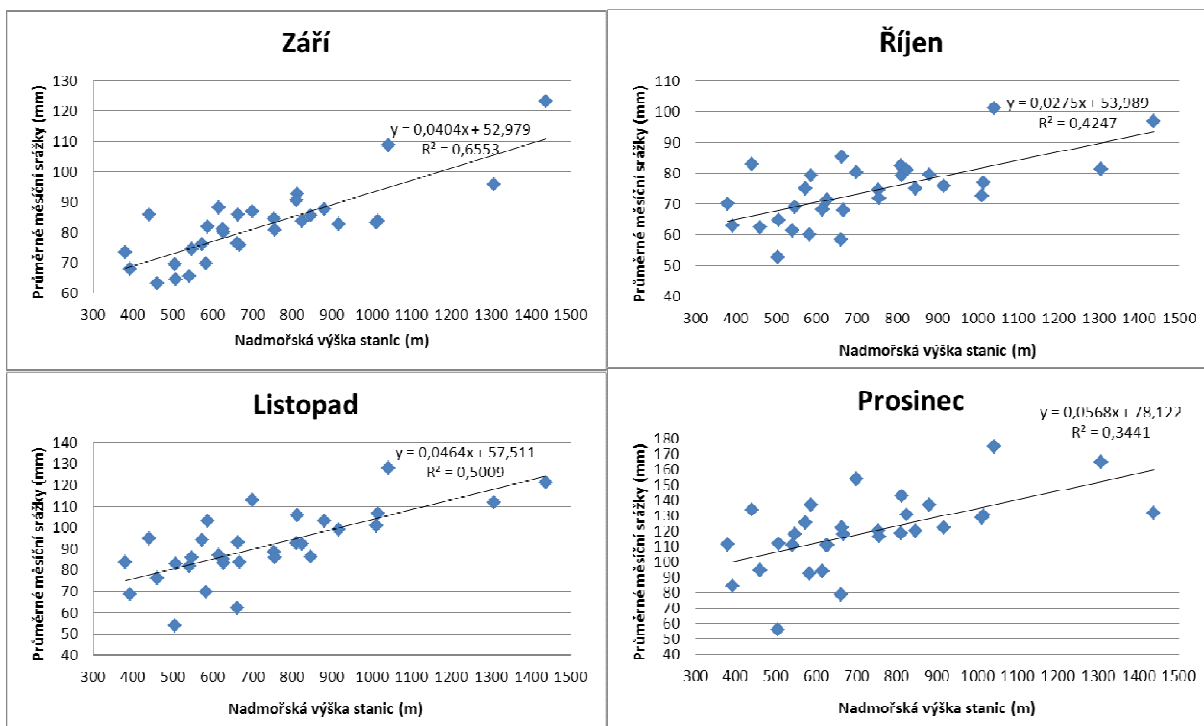
Data: DWD

Obr. 36: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce německých stanic – 1. část



Data: DWD

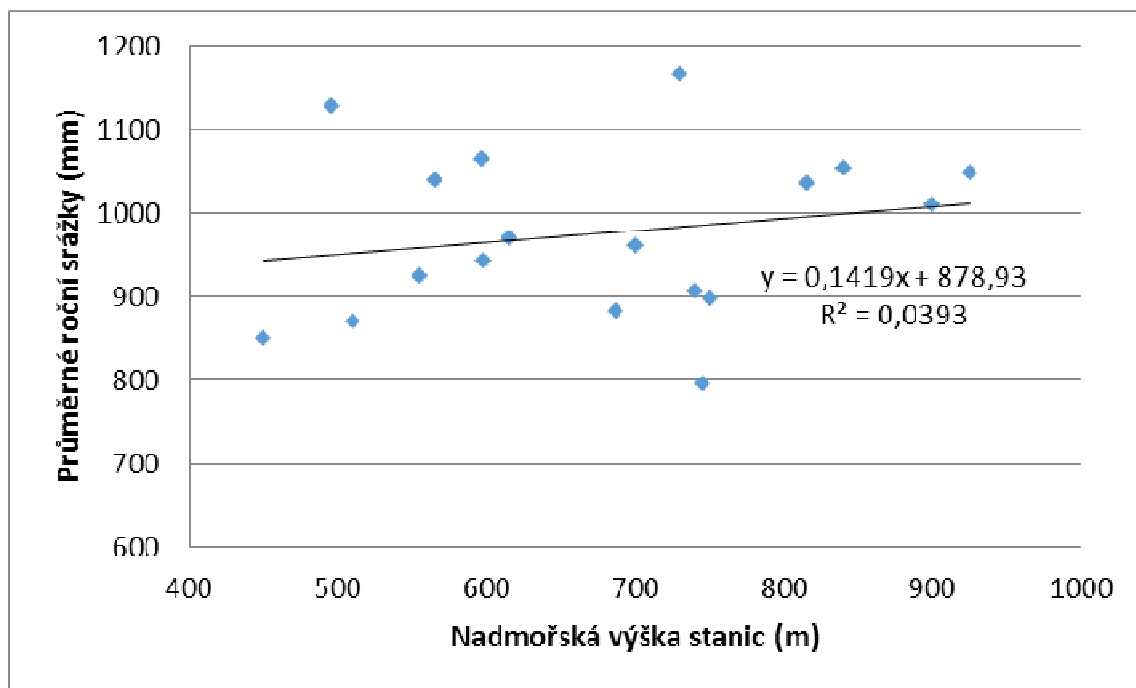
Obr. 37: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce německých stanic – 2. část



Data: DWD

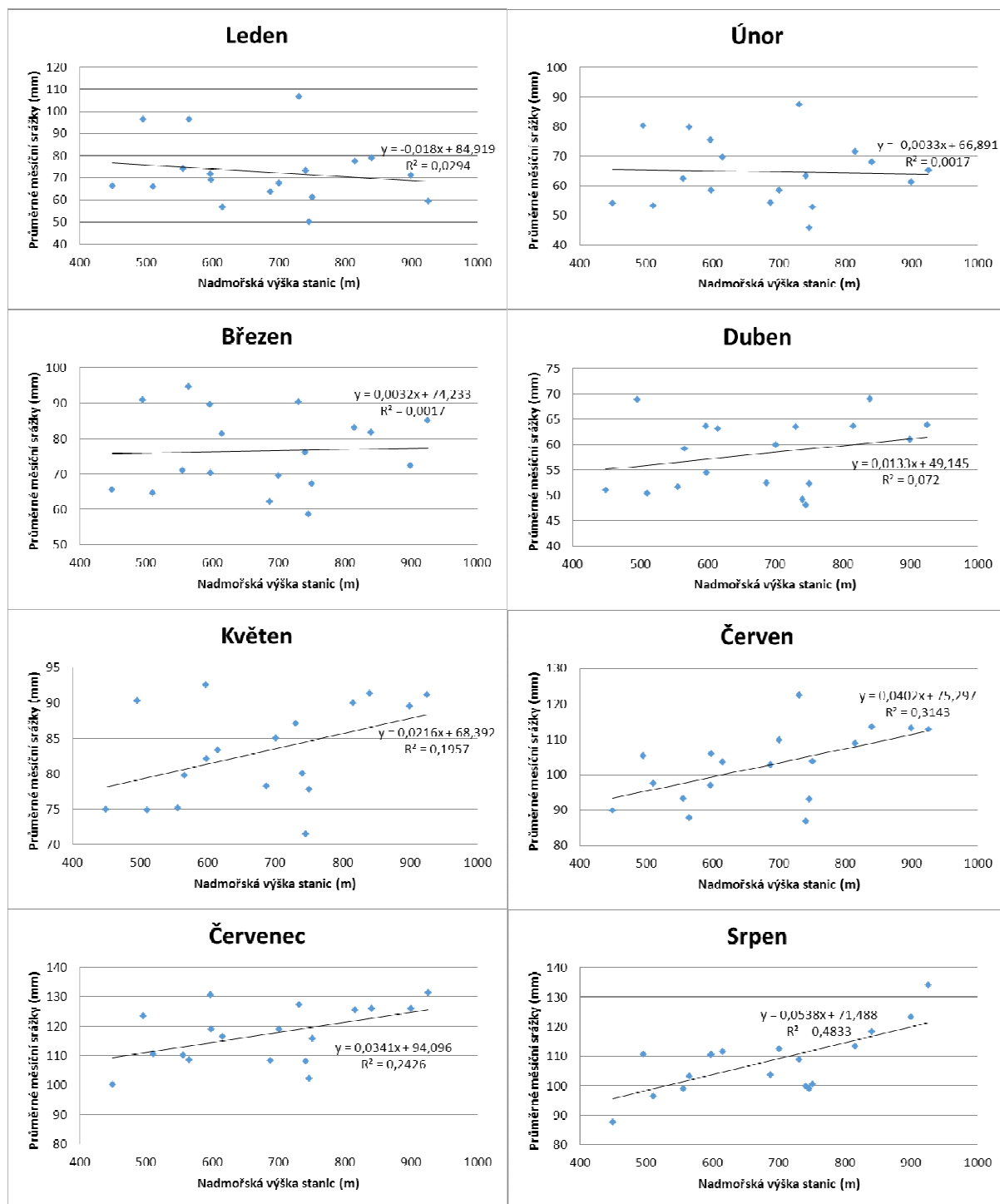
V případě Rakouska byla použita data z celkem 18 stanic za období 1972 – 2010. Jak ukazuje hodnota spolehlivosti R v případě průměrných ročních srážek (obr. 38), je zde závislost ročních úhrnů na nadmořské výšce stanic velmi slabá a tedy mnohem méně výrazná než v případě ČR i Německa. Síla této závislosti se rovněž výrazně liší v rámci měsíčních srážek (obr. 39 a 40) a mění se tak v závislosti na ročním období. Nejsilnější je opět v létě (zejména v srpnu) a naopak nejslabší na podzim a v zimě. V některých měsících (listopad, prosinec, leden a únor) závislost dokonce dosahuje záporných hodnot, což znamená, že s rostoucí nadmořskou výškou klesají průměrné srážkové úhrny. Hodnota spolehlivosti během roku kolísá v rozmezí od 0,004 v říjnu po 0,4833 v srpnu, což jsou výrazně větší rozdíly než v případě ČR a podobné jako u německých stanic, ale pouze v případě Rakouska se vyskytuje také záporná závislost. Příčinou odlišnosti od závislostí v ČR a Německu může být nejmenší počet dostupných stanic v Rakousku (přestože se jedná o nejmenší území) a také kratší dostupné časové řady v porovnání s českými stanicemi.

Obr. 38: Závislost průměrných ročních srážek na nadmořské výšce rakouských stanic



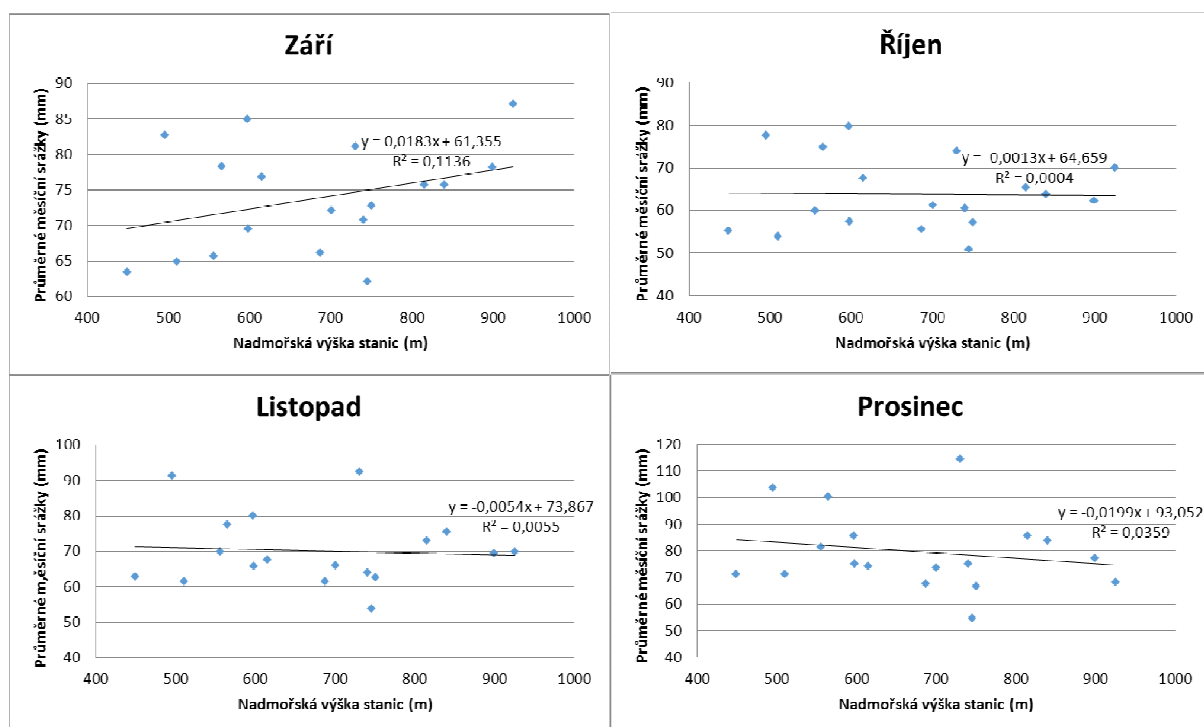
Data: eHYD

Obr. 39: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce rakouských stanic - 1. část



Data: eHYD

Obr. 40: Závislosti prům. měsíčních srážek na nadm. výšce rakouských stanic - 2. část



Data: eHYD

Na základě závislostí ročních úhrnů srážek na nadmořské výšce srážkoměrných stanic byly vypočteny hodnoty ročních úhrnů srážek na povodí v rámci každého státu (viz tab. 34, 35 a 36). Z těchto hodnot byl dále vypočten dlouhodobý trend ročních srážek na povodí v každém státě (tab. 33). Jelikož pro každý stát byla použita jedna rovnice závislosti, vychází trend pro všechna povodí v rámci daného státu stejně. Celkově však z výsledků tohoto testu vyplývá, že ve všech státech dochází k nárůstu ročních srážek na povodí, přičemž v případě ČR a Rakouska je tento trend signifikantní. To částečně koresponduje i s výsledky dlouhodobého trendu pro roční srážky za jednotlivé stanice, kde rovněž mnohé stanice vykazují vzestupný trend.

Tab. 33: Dlouhodobý trend ročních srážek za česká, německá a rakouská povodí

Stanice	Česká republika (50)		Německo (52)		Rakousko (39)	
Roky	1962 - 2011		1961 - 2013		1972 - 2010	
Parametry	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota	MK-Stat	p-hodnota
Výsledky	2,484	0,013	1,057	0,290	2,165	0,030

Data: ČHMÚ, DWD. eHYD

Tab. 34: Vypočtené roční úhrny srážek za česká povodí

Hydoroky	Antýgl	Blanický mlýn	Bohumulice	Kolinec	Lenora	Modrava	Němětice	Podedvorský mlýn	Rejštějín	Sušice
1962	1 050,857	881,320	807,471	765,862	981,730	1 081,833	739,335	843,431	984,150	900,655
1963	967,468	811,385	743,396	705,089	903,827	995,986	680,667	776,502	906,055	829,185
1964	1 157,725	970,948	889,589	843,748	1 081,569	1 191,852	814,523	929,205	1 084,235	992,249
1965	1 341,851	1 125,368	1 031,070	977,939	1 253,583	1 381,405	944,066	1 076,987	1 256,673	1 150,057
1966	1 445,851	1 212,589	1 110,982	1 053,733	1 350,741	1 488,470	1 017,235	1 160,458	1 354,071	1 239,192
1967	1 230,709	1 032,156	945,669	896,938	1 149,751	1 266,987	865,871	987,783	1 152,586	1 054,801
1968	1 117,804	937,466	858,913	814,653	1 044,273	1 150,753	786,436	897,163	1 046,848	958,033
1969	940,440	788,717	722,628	685,391	878,577	968,162	661,651	754,809	880,743	806,021
1970	1 216,386	1 020,144	934,663	886,500	1 136,370	1 252,241	855,794	976,287	1 139,172	1 042,525
1971	900,286	755,042	691,774	656,127	841,064	926,824	633,401	722,581	843,138	771,606
1972	969,094	812,748	744,645	706,274	905,345	997,660	681,810	777,807	907,577	830,579
1973	904,404	758,495	694,938	659,128	844,911	931,063	636,298	725,886	846,994	775,135
1974	1 330,433	1 115,791	1 022,296	969,617	1 242,915	1 369,650	936,032	1 067,822	1 245,979	1 140,271
1975	1 287,392	1 079,695	989,224	938,249	1 202,706	1 325,341	905,751	1 033,277	1 205,671	1 103,382
1976	1 014,883	851,150	779,830	739,645	948,123	1 044,799	714,026	814,558	950,460	869,823
1977	1 234,985	1 035,743	948,955	900,055	1 153,746	1 271,389	868,880	991,215	1 156,591	1 058,466
1978	1 174,033	984,624	902,119	855,633	1 096,804	1 208,640	825,996	942,294	1 099,508	1 006,226
1979	1 267,323	1 062,864	973,803	923,623	1 014,358	1 117,788	891,631	1 017,170	1 186,876	1 086,182
1980	1 311,282	1 099,730	1 007,580	955,660	1 225,024	1 349,934	922,558	1 052,451	1 228,044	1 123,857
1981	1 248,595	1 047,157	959,412	909,974	1 166,461	1 285,400	878,455	1 002,138	1 169,337	1 070,130
1982	1 002,296	840,594	770,158	730,472	936,364	1 031,841	705,170	804,456	938,673	859,036
1983	1 085,782	910,611	834,308	791,316	1 014,358	1 117,788	763,907	871,463	1 016,859	930,589
1984	1 101,439	923,742	846,339	802,727	1 028,985	1 133,907	774,923	884,029	1 031,522	944,008
1985	1 013,066	849,626	778,433	738,320	946,425	1 042,928	712,747	813,099	948,758	868,266
1986	1 282,201	1 075,341	985,235	934,466	1 197,856	1 319,997	902,099	1 029,111	1 200,810	1 098,933
1987	1 249,454	1 047,877	960,072	910,600	1 167,263	1 286,284	879,059	1 002,827	1 170,141	1 070,866
1988	1 269,948	1 065,065	975,820	925,536	1 186,409	1 307,383	893,478	1 019,276	1 189,334	1 088,431
1989	1 154,318	968,089	886,970	841,265	1 078,385	1 188,344	812,126	926,470	1 081,044	989,328
1990	1 039,575	871,859	798,803	757,641	971,191	1 070,219	731,398	834,376	973,585	890,986
1991	1 010,107	847,144	776,159	736,164	943,660	1 039,882	710,665	810,724	945,987	865,730
1992	1 102,158	924,345	846,891	803,251	1 029,657	1 134,647	775,429	884,606	1 032,195	944,624
1993	1 148,245	962,997	882,304	836,839	1 072,712	1 182,093	807,854	921,596	1 075,357	984,124
1994	1 147,996	962,788	882,113	836,658	1 072,480	1 181,836	807,678	921,396	1 075,124	983,910
1995	1 463,592	1 227,468	1 124,615	1 066,663	1 367,315	1 506,735	1 029,717	1 174,697	1 370,686	1 254,397
1996	1 263,930	1 060,017	971,195	921,150	1 180,787	1 301,187	889,244	1 014,446	1 183,698	1 083,273
1997	1 104,126	925,995	848,403	804,685	1 031,495	1 136,672	776,813	886,185	1 034,038	946,310
1998	1 197,051	1 003,929	919,807	872,409	1 118,308	1 232,337	842,191	960,768	1 121,065	1 025,954
1999	1 034,181	867,335	794,658	753,709	966,151	1 064,666	727,603	830,047	968,533	886,363
2000	1 255,950	1 053,325	965,064	915,334	1 173,332	1 292,971	883,629	1 008,041	1 176,224	1 076,434
2001	1 175,103	985,522	902,942	856,413	1 097,803	1 209,742	826,749	943,153	1 100,510	1 007,143
2002	1 876,592	1 573,838	1 441,962	1 367,657	1 753,148	1 931,909	1 320,286	1 506,177	1 757,470	1 608,366
2003	1 027,260	861,530	789,340	748,665	959,685	1 057,540	722,733	824,492	962,051	880,431
2004	1 257,938	1 054,993	966,592	916,783	1 175,189	1 295,019	885,028	1 009,637	1 178,087	1 078,138
2005	1 432,713	1 201,571	1 100,888	1 044,159	1 338,468	1 474,946	1 007,992	1 149,914	1 341,768	1 227,932
2006	1 353,925	1 135,494	1 040,348	986,738	1 264,862	1 393,835	952,561	1 086,678	1 267,981	1 160,405
2007	1 366,452	1 146,000	1 049,973	995,867	1 276,565	1 406,731	961,374	1 096,731	1 279,712	1 171,141
2008	1 299,948	1 090,225	998,872	947,400	1 214,436	1 338,267	914,585	1 043,355	1 217,430	1 114,143
2009	1 485,992	1 246,254	1 141,826	1 082,988	1 388,241	1 529,794	1 045,476	1 192,676	1 391,664	1 273,595
2010	1 309,131	1 097,926	1 005,928	954,092	1 223,015	1 347,720	921,045	1 050,725	1 226,030	1 122,014
2011	1 196,626	1 003,572	919,480	872,099	1 117,911	1 231,899	841,892	960,427	1 120,667	1 025,589

Data: ČHMÚ

Tab. 35: Vypočtené roční úhrny srážek za německá povodí

Hydroroky	Furth im Wald	Kalteneck	Kötzting	Linden	Schönberg	Teisnach
1962	575,797	726,718	749,275	917,381	802,118	710,217
1963	530,106	669,051	689,818	844,584	738,468	653,859
1964	634,354	800,623	825,474	1 010,676	883,692	782,444
1965	735,243	927,955	956,758	1 171,414	1 024,235	906,885
1966	792,227	999,875	1 030,911	1 262,204	1 103,617	977,172
1967	674,344	851,095	877,512	1 074,389	939,400	831,769
1968	612,480	773,015	797,009	975,824	853,219	755,463
1969	515,297	650,360	670,547	820,989	717,838	635,593
1970	666,496	841,189	867,300	1 061,885	928,467	822,089
1971	493,295	622,591	641,917	785,935	687,188	608,455
1972	530,997	670,175	690,977	846,003	739,709	654,958
1973	495,552	625,439	644,853	789,530	690,331	611,238
1974	728,986	920,058	948,617	1 161,446	1 015,519	899,167
1975	705,403	890,294	917,928	1 123,872	982,666	870,079
1976	556,086	701,840	723,625	885,976	774,660	685,904
1977	676,687	854,052	880,561	1 078,122	942,664	834,660
1978	643,290	811,900	837,102	1 024,912	896,139	793,465
1979	694,407	876,415	903,619	1 106,353	967,348	856,515
1980	718,493	906,814	934,962	1 144,727	1 000,901	886,224
1981	684,145	863,464	890,265	1 090,003	953,052	843,858
1982	549,190	693,136	714,651	874,988	765,053	677,398
1983	594,934	750,871	774,178	947,870	828,777	733,821
1984	603,513	761,698	785,341	961,539	840,728	744,403
1985	555,091	700,584	722,330	884,390	773,273	684,676
1986	702,559	886,704	914,227	1 119,341	978,704	866,570
1987	684,615	864,057	890,878	1 090,753	953,708	844,438
1988	695,845	878,230	905,490	1 108,644	969,351	858,289
1989	632,487	798,266	823,044	1 007,700	881,090	780,141
1990	569,616	718,916	741,232	907,532	793,508	702,593
1991	553,469	698,537	720,220	881,807	771,014	682,676
1992	603,907	762,196	785,854	962,166	841,277	744,889
1993	629,160	794,067	818,715	1 002,400	876,455	776,037
1994	629,023	793,895	818,537	1 002,182	876,265	775,869
1995	801,948	1 012,144	1 043,561	1 277,692	1 117,159	989,163
1996	692,547	874,068	901,199	1 103,390	964,757	854,221
1997	604,985	763,556	787,257	963,884	842,779	746,219
1998	655,902	827,819	853,514	1 045,006	913,709	809,022
1999	566,660	715,186	737,385	902,823	789,390	698,947
2000	688,174	868,550	895,509	1 096,424	958,666	848,828
2001	643,876	812,640	837,865	1 025,846	896,956	794,188
2002	1 028,244	1 297,754	1 338,036	1 638,235	1 432,402	1 268,287
2003	562,868	710,400	732,450	896,781	784,107	694,269
2004	689,264	869,925	896,927	1 098,160	960,184	850,172
2005	785,029	990,790	1 021,544	1 250,735	1 093,590	968,293
2006	741,858	936,305	965,367	1 181,955	1 033,451	915,045
2007	748,722	944,967	974,299	1 192,890	1 043,012	923,511
2008	712,283	898,977	926,881	1 134,834	992,250	878,565
2009	814,222	1 027,635	1 059,532	1 297,247	1 134,257	1 004,301
2010	717,314	905,327	933,428	1 142,850	999,259	884,771
2011	655,669	827,525	853,211	1 044,635	913,384	808,735

Data: DWD

Tab. 36: Vypočtené roční úhrny srážek za rakouská povodí

Hydroroky	Furthmühle	Hartmannsdorf	Oberkappel	Obermühl	Rotteneegg	Teufelmühle	Vorderanger	Zwettl - D.	Zwettl - G.R.
1962	760,914	768,880	718,502	644,456	745,226	760,151	776,111	781,198	778,894
1963	700,533	707,867	661,487	593,316	686,090	699,831	714,525	719,208	717,086
1964	838,296	847,073	791,572	709,995	821,013	837,456	855,039	860,644	858,105
1965	971,620	981,793	917,464	822,913	951,588	970,646	991,026	997,522	994,579
1966	1 046,924	1 057,886	988,571	886,693	1 025,340	1 045,876	1 067,835	1 074,834	1 071,663
1967	891,143	900,473	841,472	754,753	872,770	890,250	908,942	914,899	912,200
1968	809,389	817,864	764,276	685,512	792,702	808,578	825,555	830,966	828,515
1969	680,962	688,092	643,007	576,741	666,923	680,280	694,563	699,116	697,054
1970	880,771	889,993	831,679	745,969	862,613	879,889	898,363	904,251	901,584
1971	651,887	658,713	615,553	552,116	638,448	651,234	664,908	669,266	667,291
1972	701,710	709,057	662,598	594,313	687,243	701,007	715,725	720,416	718,291
1973	654,869	661,726	618,368	554,641	641,368	654,213	667,949	672,327	670,344
1974	963,351	973,438	909,657	815,911	943,490	962,386	982,592	989,033	986,115
1975	932,186	941,946	880,228	789,515	912,968	931,253	950,805	957,037	954,214
1976	734,865	742,560	693,906	622,394	719,715	734,129	749,543	754,456	752,230
1977	894,239	903,602	844,396	757,376	875,803	893,343	912,100	918,078	915,370
1978	850,104	859,005	802,721	719,996	832,578	849,253	867,083	872,767	870,192
1979	917,655	927,263	866,507	777,208	898,736	916,736	935,983	942,118	939,339
1980	949,484	959,426	896,562	804,166	929,909	948,533	968,448	974,796	971,921
1981	904,094	913,560	853,702	765,722	885,454	903,188	922,151	928,195	925,457
1982	725,752	733,350	685,300	614,675	710,789	725,025	740,247	745,099	742,901
1983	786,203	794,435	742,382	665,875	769,994	785,415	801,906	807,162	804,781
1984	797,540	805,890	753,087	675,477	781,097	796,741	813,469	818,801	816,386
1985	733,550	741,230	692,663	621,280	718,426	732,815	748,201	753,105	750,883
1986	928,428	938,148	876,679	786,332	909,287	927,498	946,971	953,178	950,366
1987	904,716	914,188	854,289	766,249	886,063	903,809	922,786	928,834	926,094
1988	919,555	929,183	868,302	778,817	900,597	918,634	937,922	944,069	941,284
1989	835,829	844,580	789,241	707,905	818,597	834,991	852,523	858,110	855,579
1990	752,745	760,626	710,789	637,537	737,226	751,991	767,780	772,812	770,532
1991	731,407	739,065	690,640	619,465	716,328	730,674	746,015	750,905	748,690
1992	798,061	806,416	753,579	675,917	781,607	797,261	814,000	819,336	816,919
1993	831,432	840,137	785,090	704,181	814,291	830,599	848,038	853,596	851,078
1994	831,251	839,955	784,919	704,028	814,114	830,419	847,854	853,411	850,894
1995	1 059,771	1 070,867	1 000,702	897,573	1 037,922	1 058,709	1 080,938	1 088,023	1 084,813
1996	915,197	924,779	864,186	775,126	896,329	914,281	933,477	939,595	936,823
1997	799,485	807,856	754,924	677,124	783,002	798,684	815,453	820,798	818,377
1998	866,772	875,847	818,460	734,112	848,902	865,903	884,084	889,878	887,253
1999	748,839	756,679	707,100	634,229	733,400	748,089	763,796	768,802	766,534
2000	909,419	918,941	858,730	770,233	890,670	908,508	927,583	933,663	930,909
2001	850,879	859,788	803,453	720,652	833,337	850,027	867,874	873,562	870,985
2002	1 358,820	1 373,047	1 283,082	1 150,852	1 330,806	1 357,459	1 385,960	1 395,044	1 390,929
2003	743,827	751,615	702,368	629,985	728,492	743,082	758,684	763,657	761,404
2004	910,859	920,396	860,090	771,452	892,080	909,947	929,052	935,141	932,383
2005	1 037,412	1 048,274	979,589	878,636	1 016,024	1 036,373	1 058,132	1 065,068	1 061,926
2006	980,362	990,627	925,719	830,318	960,151	979,380	999,943	1 006,497	1 003,528
2007	989,432	999,792	934,284	838,000	969,034	988,441	1 009,194	1 015,809	1 012,813
2008	941,278	951,133	888,813	797,215	921,872	940,335	960,078	966,371	963,520
2009	1 075,990	1 087,256	1 016,017	911,310	1 053,807	1 074,912	1 097,481	1 104,674	1 101,416
2010	947,927	957,852	895,092	802,847	928,384	946,978	966,860	973,197	970,327
2011	866,464	875,536	818,169	733,851	848,600	865,596	883,770	889,562	886,938

Data: eHYD

KAPITOLA 5

Diskuze

Hlavním cílem této práce bylo zhodnocení odtokového režimu v oblasti Šumavy a šumavského podhůří se zaměřením na analýzu změn srážko-odtokového režimu a objasnění možných příčin těchto změn z časového a prostorového hlediska. Pro tyto účely byly použity rozličné statistické metody, zejména testy absolutní a relativní homogenity. Byla rovněž aplikována orografická metoda pro zjištění závislosti srážek na nadmořské výšce a identifikace efektu návětrí a závětrí.

Bylo pracováno s časovými řadami průtoků a srážek, konkrétně jejich měsíčními a ročními průměry a minimy v případě průtoků a úhrny v případě srážek. Důvodem byla především motivace co nejlépe zachytit dlouhodobé trendy a také lepší dostupnost těchto dat i softwaru, který s nimi může efektivně pracovat. Měsíční data se rovněž jeví jako nejvhodnější pro orografickou interpolaci, protože s rostoucím časovým měřítkem se nejlépe projeví změna množství srážek s nadmořskou výškou. (Královec, 2009)

Problémy často činila nestejná délka časových řad. Muselo se tedy řešit, zda využít vždy celou řadu, nebo pro větší názornost časové řady zkrátit na stejnou délku. Pro možnost porovnání bylo několikrát využito obou přístupů, aby se mohly projevit i jinak nepostřehnutelné trendy (např. kap. 4.2.2).

Další potíž představovala chybějící data, nejčastěji během druhé světové války. Takové řady byly doplňovány, jen pokud existovala poblíž stanice bez výpadku, navíc se silnou závislostí s první stanicí a zároveň nebyl výpadek delší než dva roky. Z toho vyplývá, že najít takovou stanicí bylo téměř nemožné, takže chybějící data většinou doplňována nebyla. Bohužel pak muselo dojít k useknutí takové řady a použití jen její celistvé části např. pro test homogenity. Řada stanic, zejména na území Rakouska, měla rovněž příliš krátké časové řady, takže nebyla použita, přestože by dobře reprezentovala své okolí. Některé vodoměrné stanice sice byly pro analýzu použity, ale jejich trend průtoků je třeba brát vzhledem ke krátkým řadám s rezervou (např. u stanice Zwettl).

Bylo zjištěno, že zatímco v případě srážek s rostoucí nadmořskou výškou narůstá podíl srážek v zimní polovině hydrologického roku, v případě průtoků je tomu naopak. Důvodem je dřívější tání sněhu v níže položených povodích a tím pádem i větší odtok ještě v průběhu zimy. V případě rakouských stanic se tato závislost neprojevuje, přičemž důvodem může být nejkratší délka časových řad srážek i průtoků.

Pokud jde o testy homogenity, von Neumannova metoda ukázala zajímavé výsledky pouze v případě ročních srážek. Naopak Pettittův test, který se zde jeví jako citlivější a přesnější, ukázal nehomogenitu v případě sezónních srážek. Jeho výsledky se mnohem více shodují s dříve testovanými českými stanicemi pomocí součtových čar (Fiala, 2012) než v případě metody von Neumanna. Zejména v případě červencových srážek se při použití Pettittova testu prokázala nehomogenita téměř u všech českých stanic, zejména v 70. letech. Vzhledem k absenci těchto nehomogenit v případě německých a rakouských stanic by se mohlo jednat o projev orografického efektu, který je v létě nejsilnější (viz kap. 4.3).

Jako nejvhodnější vzorová stanice pro testování relativní homogenity se ukázala Modrava, jejíž absolutní homogenita je největší ze všech českých stanic, což už dříve prokázala metoda součtových čar (Kliment, Matoušková, 2005, 2007, 2009; Fiala, 2012) i testy absolutní homogenity (viz kap. 4.1.2). Původně byla jako druhá vzorová uvažována stanice Teisnach, která se podle testu absolutní homogenity jevila jako vhodný doplněk k Modravě, ale zejména v případě minimálních průtoků se ukázala jako nevhodná.

Analýza trendů srážek pomocí Mann - Kendallova testu ukázala u většiny stanic nárůsty měsíčních srážek v únoru a březnu (zejména v Rakousku) a poklesy v dubnu (převážně stanice v ČR a Německu). V případě průtoků se nejčastěji jednalo o nárůsty měsíčních průtoků v březnu a dubnu (převážně stanice v Německu) a poklesy v květnu až srpnu (převážně v Rakousku). Na první pohled se jedná o reakci nárůstu průtoků na nárůst srážek a totéž v případě poklesů. Neobvyklé však je, že zatímco se některé trendy projeví v Německu, v Rakousku už nebyly statisticky významné (opačně to platilo také). Trendy u obou zemí se částečně srovnají, pokud použijeme u všech stanic stejné časové období.

Mann - Kendallův použili v roce 2011 pro analýzu měsíčních průtoků a úhrnů srážek v povodích Vydry, Ostružné a Blanice Z. Kliment, M. Matoušková a V. Královec z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy a O. Ledvinka z ČHMÚ. Také prokázali vzestup průtoků v únoru a březnu a poklesy v květnu až červenci a v případě srážek částečný vzestup úhrnů v únoru a pokles v červnu (Kliment, Matoušková, Ledvinka, Královec, 2011). Částečný rozdíl ve velikosti trendů a jejich statistické významnosti oproti této práci může být způsoben rozdílnými obdobími pozorování. Zatímco výše zmiňovaní autoři analyzovali průtoky a srážkové úhrny v letech 1962 - 2008, v této práci byly analyzovány průtoky na všech stanicích již od počátku měření.

Trendy ročních a měsíčních průtoků v ČR letech 1961 - 2005 analyzoval v roce 2008 Theodor Fiala z ČHMÚ. Pro celé jihozápadní Čechy prokázal vzestup průměrných ročních průtoků. Ve shodě s touto prací prokázal také výrazné vzestupy březnových a poklesy červnových měsíčních průtoků (Fiala, 2008). Rozdíly ve velikosti trendu mohou být opět způsobeny odlišnou délkou doby pozorování.

V případě závislosti množství srážek na nadmořské výšce se ukázala nejsilnější pozitivní závislost v případě českých stanic, u německých stanic byla nižší, ale v případě rakouských stanic byla téměř nulová (místo dokonce záporná). I přes nejmenší počet rakouských stanic se zdá, že v tomto případě existuje významná odlišnost nejen mezi českými a německými povodími, což se očekávalo, ale také mezi německými a rakouskými povodími. Ve všech případech však platí, že nejvýraznější byl orografický efekt v létě a nejslabší v zimě. Z tohoto důvodu se jako nejvhodnější pro výpočet srážek na plochu povodí jeví zejména letní srážky nebo roční průměry. Důvod těchto sezónních rozdílů vysvětluje ve své práci Lejsková (2000), která uvádí, že množství orografických srážek závisí nejvíce na obsahu vlhkosti a stabilitě vzduchové hmoty. Tato vlastnost se nejvíce projevuje v létě, kdy je vzduch dostatečně teplý, aby na horských překážkách vyvolal konvekční pohyby. Z konvekční oblačnosti také obvykle vypadávají nejsilnější srážky. (Lejsková, 2000).

Orografický efekt Šumavy ve své práci také zmiňuje např. Prančl (1973), který analyzoval srážky v letech 1961 – 1970 nejen srážkové úhrny a jejich změny, ale také příčinné meteorologické situace. Uvádí, že rozhodující vliv na zvýšení srážek v horské oblasti Šumavy oproti podhůří mají západní a SZ situace a že nejvýraznější orografické zesílení srážek těchto situací je v zimě, kdy horské polohy dosáhnou až devítinásobku srážek v podhůří. Podle Prančla nejčastější výskyt zaznamenala srážková období se západním prouděním, v čemž se shoduje mj. s Huthem a Cahynovou (2007). Také oni uvádějí, že narůstá počet západních cyklonálních situací a ubývá četnost SV proudění. To může být příčinou, proč u německých stanic dochází k nárůstům zimních srážek, zatímco u českých ani rakouských stanic k tomu nedochází.

KAPITOLA 6

Závěr

Tato práce ukázala, že v oblasti Šumavy docházelo a stále dochází k významným srážkovým a odtokovým změnám, na kterých se podílejí přírodní faktory, antropogenní faktory i disturbance. Často působí několik faktorů současně a je složité určit jejich míru vlivu na odtokový proces. Hlavní roli ve změně odtoku však hrají převážně změny ve srážkových úhrnech, především ty sezónní. Podstatným faktorem je rovněž změna krajinného pokryvu, zejména v případě českých povodí (úbytek orné půdy a nárůst plochy lesů). Významnou roli mohly rovněž sehrát kůrovcové kalamity, které měly za následek dočasný úbytek lesů ve vrcholových partiích Šumavy na české i německé straně. Vliv kůrovcových kalamit na odtok v oblasti Šumavy podrobněji zkoumala ve své práci např. Bartůňková (2011).

Potvrdila se hypotéza, že v nižších polohách docházelo k nejvýraznějším odtokovým změnám v 70. a 80. letech minulého století, jak ukázaly zejména testy absolutní i relativní homogenity. Nepotvrdily se však v tomto ohledu očekávané výraznější mezi německými a českými povodími. Přestože v případě českých povodí došlo prokazatelně k výraznějším změnám krajinného pokryvu, hrály větší roli změny ve srážkách.

Dalo by se tedy konstatovat, že se neliší období, kdy k podstatným změnám v odtoku došlo. Liší se především sezóna, na kterou tyto změny připadají, a také míra projevu těchto změn (síla trendu). Proto se na základě těchto faktů a také odlišné reakce srážek na změnu nadmořské výšky dá říci, že orografický efekt na Šumavě existuje, byť není pochopitelně tak silný jako v případě vysokých pásemných pohoří (Alpy, Skandinávské pohoří, atd.).

Tato práce může posloužit jako podklad pro další analýzu odtokových poměrů zejména na úrovni malých povodí. Otázkou pak může být, zda také na úrovni těchto malých povodí může rovněž existovat orografický efekt a do jaké míry se zde uplatňují změny v krajinném pokryvu. Může také přispět k poznatkům při protipovodňové ochraně a zvýšení retence vody v krajině. V souvislosti se současnou tendencí zvyšování retence vody v krajině a navrácení přírody do původního stavu tato práce umožňuje zaměřit se na místa nejvíce postižená lidskou činností a jejich následný návrat do přirozeného stavu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Tištěné publikace

- ALEXANDERSSON, A. (1986): A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data. *J. Climatol.*, 6, 661-675.
- ALEXANDERSSON, H., MOBERG, A. (1997): *Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends.* *International Journal of Climatology.* 17. s. 25-34.
- BARTUŇKOVÁ, K. *Vliv lesních disturbancí na dynamiku odtoku v oblasti centrální Šumavy.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2011. 116 s.
- BASISTHA, A. et al. (2009): *Analysis of historical changes in rainfall in the Indian Himalayas.* *International Journal of Climatology.* 29. s. 555-572.
- BRÁZDIL, R. (1986): Variation of atmospheric precipitation in the C.S.S.R. with respect to precipitation changes in the European region. *Universita J. E. Purkyně, Brno*, 169 s.
- BUCHTELE, J. (1991): Změny odtokového režimu v důsledku klimatické variability. *Vodní hospodářství*, 11.
- BUSIHAND, T.A. (1981): The analysis of homogeneity of long-term rainfall records in The Netherlands. *R. Neth. Meteorol. Inst. (K.N.M.I.), De Bilt, Sci. Rep.* 81, 7.
- BUIHAND, T.A. (1982): Some Methods for Testing the Homogeneity of Rainfall Records. *J. Hydrol.*, 58, 11-27.
- BURN, D. H., ELNUR, M. A. H. (2002): *Detection of hydrologic trends and variability.* *Journal of Hydrology.* 255. s. 107-122.
- BURN, D. H., CUNDERLIK, J. M. (2004): *Hydrological trends and variability in the Liard River basin.* *Hydrological Sciences Journal.* 49. s. 53-67.
- CAHYNOVÁ, M., HUTH, R. (2007): *Trendy v kalendáři povětrnostních situací HMÚ/ČHMÚ v období 1946-2002.* *Meteorologické zprávy.* 60. č.6, s. 175-182.
- CRADDOCK, J.M. (1979): Methods of Comparing Annual Rainfall Records for Climatic Purposes. *Weather*, 34, 332-346.
- EASTERLING, D. R., PETERSON, T. C., KARL, T. R. (1996): On the development and use of homogenized climate data sets. *J. Climate*, 9, 1429-1434.
- ECKHARD, K; ULBRICH, U. (2003): Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *Journal of Hydrology.* 284, 244 – 252.
- FIALA, O. *Změny odtokového režimu v oblasti Šumavy.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2012. 70 s.
- FIALA, T. (2008): Statistical characteristics and trends of mean annual and monthly discharges of czech rivers in the period 1961–2005. *Journal of hydrology and hydromechanics*, 56, č. 2, s. 133 - 140.

- HLAVCOVÁ, K.; ČUNDERLÍK, J. (1998): Impact of climate change on the seasonal distribution of runoff in mountainous basins in Slovakia. *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters*, 248, 39 – 46.
- CHALUŠOVÁ, J. (2004): *Vliv fyzickogeografických faktorů na časový a prostorový výskyt povodní v povodí Labe*. Disertační práce. PřF UK. Praha. 133 str.
- KACZMAREK, Z. (1996): Climate change impacts on the water supply system in the Warta River catchment, Poland. *International Journal of Water Resources*, 12, 2, 165 – 180.
- KAHYA, E., KALAYCI, S. (2004): *Trend analysis of streamflow in Turkey*. *Journal of Hydrology*. 289. s. 128-144.
- KAŇOK, J. (1997): *Antropogenní ovlivnění velikosti průtoků řek povodí Odry po profil Kožle*. Spisy prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity. 103. PřF OU. Ostrava. 188 str.
- KAŠPÁREK, L. et al. (2006): *Climate Change and Water Regime in the Czech Republic*. VÚV TGM. Praha. 80 str.
- KAŠPÁREK, L. (2009): Analýza citlivosti hydrologické bilance na změny srážek a relativní vlhkosti vzduchu při zvyšování teploty vzduchu. *Vodohospodářské technicko - ekonomické informace*, 51, č. 1, s. 3 - 5.
- KRÁLOVEC, V. *Změny srážkoodtokových poměrů v povodí horní Opavy: Changes of rainfall-runoff conditions in the Upper Opava River basin*. Praha, 2009. 125 s.
- KHALIQ, M. N., OUARDA, T. B. M. J. (2007): *Short Communication. On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT)*. *International Journal of Climatology*. 27. s. 681-687.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005a): *Trendy ve vývoji odtoku v povodí Otavy*. *Geografie – Sborník ČGS*. 110. č.1. ČGS. Praha. s. 32-45.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2005b): *Změny ve vývoji odtoku ve vybraných povodích horské a podhorské Šumavy*. Sborník VI. Česko-slovenské konference Hydrologické dny 2005. Bratislava. s. 370-388.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2007): *Změny ve vývoji odtoku v pramenných oblastech Otavy v kontextu vlivu člověka a změny klimatu*. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko*. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině. PřF UK. Praha. s. 95-103.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2009): *Runoff changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the foothill regions: Extent of influence by human impact and climate change*. *Water Resources Management*. 23. s. 1813-1834.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., LEDVINKA, O., KRÁLOVEC, V. (2011): Trend analysis of rainfall-runoff regimes in selected headwater areas of the Czech republic. *Journal of hydrology and hydromechanics*, 59, č. 1, s. 36 - 50.
- KULASOVÁ, B. et al. (1996): *Homogenita a antropogenní ovlivnění průtokových řad 1931-1990*. Výzkumná zpráva úkolu 43/210. ČHMÚ. Praha. 125 str.

- LEDVINKA, O. (2008): *Trendy srážkoodtokového režimu v povodí Rolavy*. Diplomová práce. PřF UK. Praha. 122 str.
- LEJSKOVÁ, K. (2000): *Srážky v jihočeské části Šumavy v období 1961 - 95*. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha.
- LIBISELLER, C. (2004): *MULTMK/PARTMK. A Program for the computation of multivariate and partial Mann-Kendall test*. LIU. Linköping. 18 str.
- MPELASOKA, F. S., CHIEW, F. H. S. (2009): Influence of rainfall scenario construction methods on runoff projections. *Journal of hydrometeorology*, 10, s. 1168 - 1183.
- PETTIT, A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *App. Statist.*, 28, no. 2: 126-135.
- PRANČL, K. *Srážková období šumavské a pošumavské oblasti*. Praha, 1973. 33 s.
- RADZIEJEWSKI, M., KUNDZEWICZ, Z. W. (2004): *Detectability of changes in hydrological records*. *Hydrological Sciences Journal*. 49. s. 39-51.
- SALAS, J. D. (1993): *Analysis and modeling of hydrologic time series*. Chapter 19. In: Maidment, D. R. (ed.): *Handbook of hydrology*. The McGraw Hill. 72 str.
- ŠERCL, P. (2008): *Hodnocení metod odhadu plošných srážek*. *Meteorologické zprávy*. 61. č.2, s. 33-43.
- ŠMÍDOVÁ, J. (2009): *Analýza mechanismu vzniku povodní v povodí Opavy po profil Opava*. Diplomová práce. PřF UK. Praha.
- ŠTĚPÁNEK, P. (2004): *Homogenizace teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových pozorování*. *Práce a studie*. seš. 32. ČHMÚ. Praha. 58 str.
- TREML, P. (2010): Nejvýznamnější období sucha v letech 1956 - 2009 na území České republiky. *Vodohospodářské technicko - ekonomické informace*, 52, č. 1, s. 13 - 16.
- TOŠIĆ, I. (2004): *Spatial and temporal variability of winter and summer precipitation over Serbia and Montenegro*. *Theoretical and Applied Climatology*. 77. s. 47-56.
- XIONG, L., GUO, S. (2004): *Trend test and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station*. *Hydrological Sciences Journal*. 49. s. 99-112.
- ZOLINA, O., C. SIMMER, A. KAPALA, S. BACHNER, S. GULEY, H. MAECHET (2008): Seasonally dependent changes of precipitation extremes over Germany since 1950 from a very dense observational network, *J. Geophys. Res.*, 113,6, 1-27.
- ZVERYAJEV, I. I. (2006): Seasonally varying modes in long-term variability of European precipitation during the 20th century, *J. Geophys. Res.*, 111.

Internetové zdroje

ARC EUROPE: *Arcdata Praha - geografické informační systémy* [online]. 2014 [cit 2014-01-11]. Dostupné z URL: <http://www.arcdata.cz/>.

ASTER GDEM: *Japan Space Systems*. [online]. 2014 [cit 2014-02-21]. Dostupné z URL: <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/index.jsp>.

ASTER GDEM: *Japan Space Systems*. [online]. 2009 [cit 2014-07-20]. Dostupné z URL: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/2.html>.

DIBAVOD: *Oddělení geografických informačních systémů a kartografie V. Ú. V. T. G. M.* [online]. 2014 [cit 2014-01-15]. Dostupné z URL: <http://www.arcdata.cz/>.

EEA: European Environment Agency. [online]. 2014 [cit 2014-04-11]. Dostupné z URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>.

EHYD: *Zugang zu hydrographische Daten Österreichs*. [online]. 2014 [cit 2014-01-15]. Dostupné z URL: <http://ehyd.gv.at/>.

ESRI: Maps and map layers [online]. 2013 [cit 2013-09-15]. Dostupné z URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline/maps/maps-and-map-layers>.

DWD: *Deutscher Wetterdienst*. [online]. 2014 [cit 2014-05-25]. Dostupné z URL: <http://www.dwd.de>.

GRIMVALL, A., LIBISELLER, C. (2003): MULTMK/PARTMK - a Visual Basic program for multivariate and conditional Mann-Kendall tests. [online]. 2014 [cit 2013-01-15]. Dostupné z URL: http://www.yangtzeffloods.net/AEoooErIAEi1P/Mann-Kendall_test.xls

HND. *Hochwassernachrichtendienst*. [online]. 2014 [cit 2014-03-20]. Dostupné z URL: <http://www.hnd.bayern.de>.

Hydrologická databáze. ČHMÚ. Praha. 2012.

Klimatologická databáze CLIDATA. ČHMÚ. Praha. 2012.

ŠTĚPÁNEK, P. (2003): AnClim – Software for time series analysis (for Windows). 2014 [cit 2014-02-17]. Dostupné z URL: <http://www.climahom.eu>.

Zdroje dat

ASTER GDEM. JSS. Tokio. 2009

Corine Land Cover. MŽP. Praha. 2006

Digitální báze vodohospodářských dat DIBAVOD. VÚV TGM. Praha. 2007

DWD. Deutscher Wetterdienst. Offenbach. 2014

EHYD. Zugang zu hydrographische Daten Österreichs. Wien. 2014

HND. Hochwassernachrichtendienst. München. 2014

Hydrologická databáze. ČHMÚ. Praha. 2012.

Klimatologická databáze CLIDATA. ČHMÚ. Praha. 2012.

Web Werdis. DWD. Offenbach. 2014

World Topographic Map. ArcGIS online. 2013