

**UNIVERZITA KARLOVA**  
**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Učitelství geografie pro střední školy – Učitelství matematiky pro střední školy



**Bc. Kateřina Králová**

**Členění oblasti Šumavy z hlediska silných srážek**  
**Division of the region of the Šumava/Böhmerwald**  
**Mts. in terms of heavy precipitation**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Miloslav Müller, Ph.D.

Praha, 2023

## **Zadání diplomové práce**

### **Název práce**

*Členění oblasti Šumavy z hlediska silných srážek*

### **Cíle práce**

*Práce si klade dva hlavní cíle. Jedním z nich je analýza souboru silných srážek v oblasti Šumavy z hlediska jejich prostorového rozdělení, sezóny výskytu a meteorologických příčin, přičemž bude věnována pozornost vzájemným vztahům těchto aspektů. Druhým cílem je pak rozdělení zájmového území do regionů, které se navzájem liší z hlediska rozdělení silných srážek.*

### **Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje**

*Práce bude založena na analýze dlouhých a pokud možno souvislých řad denních úhrnů srážek ze srážkoměrných stanic na Šumavě a v jejím širším okolí, a to v Česku, Německu i Rakousku. Na základě těchto dat budou vybrány extrémní srážkové události, jejichž soubor bude analyzován z prostorového hlediska metodou určení těžiště srážkové události a z hlediska relativního zastoupení v jednotlivých sezónách. Stanice budou rozděleny do několika skupin na základě vhodně zvolených prahových hodnot charakteristik buď prostorového, nebo sezónního rozdělení silných srážek.*

Datum zadání: 30. listopadu 2020

Jméno studenta: Bc. Kateřina Králová

Podpis studenta: .....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Miloslav Müller, Ph.D.

Podpis vedoucího práce: .....

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

V Praze dne 11. 12. 2023

.....

Kateřina Králová

## Poděkování

Ráda bych v první řadě poděkovala svému vedoucímu diplomové práce RNDr. Miloslavu Müllerovi, Ph.D. za jeho věnovaný čas, ochotu a trpělivost, cenné rady a odborné vedení. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě při psaní práce maximálně podporovali.

## Členění oblasti Šumavy z hlediska silných srážek

### Abstrakt

Práce se zabývá prostorovým a časovým rozložením silných srážek v oblasti Šumavy. První část práce je věnována rešerši literatury týkající se srážkových poměrů v horských oblastech a stručné charakteristice Šumavy. Druhá část je věnována nejprve analýze celkem 683 silných srážkových událostí na 64 stanicích rozložených rovnoměrně mezi Česko, Německo a Rakousko. Za silné srážkové události bylo vybráno vždy 50 největších denních úhrnů srážek na jednotlivých stanicích v období 1971–2018. Analýza byla zaměřena na sezonní rozdělení těchto událostí do čtyř období, a to jaro, léto, podzim a zima. Zde se projevuje silná vazba mezi zimním obdobím a západním prouděním a letním obdobím a cirkulačními typy B, Bp, SWc a C, a také je zde potvrzeno, že jaro a podzim jsou spíše přechodná období mezi teplou a chladnou částí roku s ohledem na silné srážky. Dále došlo k analýze silných srážkových událostí na základě umístění těžiště události  $T_u$  do kvadrantů I–IV, které byly definovány za pomoci vytvořeného vektorového prostoru. I. a IV. kvadrant (česká strana Šumavy) obsahuje především  $T_u$  v teplé části roku a II. a III. kvadrant (německo-rakouská strana) shromažďuje drtivou většinu  $T_u$  zimních srážkových událostí. Analýze byly podrobeny i vybrané silné srážkové události z rešeršní části, konkrétně prosinec 1993, srpen 2002 a červen 1996 a také celková srážková prvenství. Veškerá analýza pracuje také s informacemi o typech povětrnostní situace jednotlivých událostí.

Práce se v praktické části věnuje také členění srážkoměrných stanic na Šumavě, kdy každou stanicí reprezentuje jejích 50 nejsilnějších srážkových událostí. Stanice jsou nejprve členěny na základě sezónnosti. V regionu 1 převládají silné srážkové události v teplé části roku a spadají sem výhradně české a rakouské stanice. Region 2 ukazuje na vysoké zastoupení silných srážkových událostí v chladné části roku, kdy se jedná především o bavorské stanice a v regionu 3 jsou stanice, kde podíl silných srážkových událostí nesplňuje ani jednu ze zvolených prahových hodnot. Druhé členění je založeno na metodě směrových statistik, která klasifikuje stanice do pěti tříd na základě velikosti výsledného vektoru, který zohledňuje i konkrétní velikosti srážkových úhrnů. Tato metoda taky ukazuje průměrné datum, kdy na jednotlivých stanicích dochází k silným srážkovým událostem.

**Klíčová slova:** silné srážky, Šumava, sezonalita, těžiště událostí, region, metoda směrových statistik

## **Division of the region of the Šumava/Böhmerwald Mts. in terms of heavy precipitation**

### **Abstract**

This thesis deals with the spatial and temporal distribution of heavy precipitation in the Šumava region. The first part of the work is devoted to literature review regarding precipitation conditions in mountainous areas and a brief description of the Šumava mountains. The second part is initially devoted to the analysis of a total of 683 heavy precipitation events at the 64 stations spread evenly between Czechia, Germany, and Austria. The 50 largest daily precipitation totals at individual stations in the period 1971–2018 were always selected as strong precipitation events. The analysis was focused on the seasonal division of these events into four periods, namely spring, summer, autumn, and winter. Here, a strong link between the winter period and the westerly flow and the summer period and circulation types B, Bp, SWc and C is shown, and it is also confirmed here that spring and autumn are rather transition periods between the warm and cold part of the year with regard to heavy precipitation. Furthermore, an analysis of strong precipitation events was conducted based on the location of the geographical midpoint of the  $T_u$  event in quadrants I–IV, which were defined using the created vector space. I. and IV. quadrant (Czech side of Šumava) mainly contains  $T_u$  in the warm part of the year and II. and III. quadrant (German-Austrian side) collects the vast majority of  $T_u$  winter precipitation events. Selected strong precipitation events from the research part, namely December 1993, August 2002 and June 1996, as well as the highest recorded precipitation amounts, were also analyzed. All analyses also work with information about the types of weather conditions of individual events.

In the research part, the thesis also deals with the breakdown of rain gauge stations in Šumava mountains, where each station is represented by its 50 strongest rainfall events. Stations are first divided based on seasonality. In Region 1, the majority of heavy precipitation events are concentrated in the warm period of the year and we only Czech and Austrian stations fall here. Region 2 shows a high representation of heavy precipitation events in the cold period of the year, represented mainly by mainly Bavarian stations, and in Region 3 there are stations where the proportion of heavy precipitation events does not meet any of the chosen threshold values. The second division is based on the method of

directional statistics, which classifies stations into five groups based on the size of the resulting vector, which also takes into account the specific sizes of precipitation totals. This method also shows the average date when heavy precipitation events occur at individual stations.

**Key words:** heavy precipitation, Šumava Mts., seasonality, center of events, region, method of directional statistics

# Obsah

Obsah .....	8
1. Úvod .....	10
2. Srážkové poměry v horských oblastech .....	13
2.1 Cirkulační podmínky při srážkách v horách .....	13
2.2 Rozdělení srážek v horách .....	14
2.2.1 Rozdělení srážek ve vybraných evropských pohořích .....	16
2.3 Regionalizace srážek vybraných oblastí Evropy .....	18
3. Silné srážkové události .....	24
3.1 Příčiny silných srážkových událostí v Evropě .....	24
3.2 Silné srážkové události ve vybraných evropských horách .....	25
3.2 Klasifikace silných srážkových událostí .....	29
3.3 Konkrétní případy silných srážkových událostí na Šumavě .....	30
3.3.1 Prosinec 1993 .....	30
3.3.2 Srpen 2002 .....	33
3.3.3 Červen 1996 .....	36
4. Fyzickogeografická charakteristika zájmového území .....	40
4.1 Geomorfologické uspořádání .....	41
4.2 Klima .....	42
4.3 Hydrologie zájmového území .....	44
5. Data a metody zpracování .....	46
5.1 Zdroje dat .....	46
5.2 Výběr srážkových událostí .....	46
5.3 Doplnění chybějících dat .....	47
5.4 Metody analýzy souboru srážkových událostí .....	47
5.4.1 Rovnoměrnost silných srážkových událostí .....	47
5.4.2 Výpočet těžiště silných srážkových událostí .....	48
5.4.3 Silné srážkové události ve vektorovém prostoru .....	48
5.4.4 Typizace povětrnostních situací při silných srážkových událostech .....	49
5.5 Klasifikace stanic na základě silných srážkových událostí .....	50
5.5.1 Metoda zastoupení ročních období .....	50
5.5.2 Metoda směrových statistik .....	51
5.6 Vizualizace sezonního rozdělení silných srážkových událostí .....	52
6. Analýza silných srážkových událostí v zájmovém území .....	53

6.1 Analýza sezonního rozdělení silných srážkových událostí .....	53
6.1.1 Jarní události .....	53
6.1.2 Letní události .....	55
6.1.3 Podzimní události .....	57
6.1.4 Zimní události .....	59
6.2 Prostorová analýza silných srážkových událostí .....	61
6.3 Analýza vybraných silných srážkových událostí .....	64
6.3.1 Prosinec 1993 .....	64
6.3.2 Srpen 2002 .....	65
6.3.3 Červen 1996 .....	66
6.4 Srážková prvenství ve zvoleném období .....	67
7. Členění Šumavy .....	70
7.1 Sezónní členění stanic na základě silných srážkových událostí .....	70
7.2 Členění stanic založené na metodě směrových statistik .....	72
8. Diskuze .....	76
9. Závěr .....	80
Literatura .....	82
Internetové zdroje .....	86
Zdroje dat .....	87
Seznam obrázků .....	87
Seznam tabulek .....	89
Seznam příloh .....	89

# 1. Úvod

Silné srážkové události jsou jedním z hlavních přírodních rizik vyskytující se na Zemi, které sužují prakticky celý svět a mají katastrofální dopady na lidskou společnost. Extrémní srážkové události pak mohou vyvolat rozsáhlé povodně, sesuvy půdy a bahenní toky (Kyselý 2009). V zimním období pak silné sněhové srážky velmi komplikují situaci například v dopravě, na konstrukcích staveb nebo při volném pohybu v horách může docházet k uvolňování rozsáhlých lavin, pokud dojde k překročení hladiny smykového tření. V posledních letech, kdy se začala celosvětově řešit klimatická změna, jsou meteorologická zkoumání ještě o poznání intenzivnější, jelikož se očekává přibývání těchto extrémních srážkových událostí (Groisman et al. 1999; Fischer a Knutti 2016).

Vzhledem k prostorovým rozličnostem při srážkových událostech i na malém státním území jako je Česko je třeba silné srážky zkoumat na regionální úrovni, kdy především ve fyzickogeografickém prostředí je dobré se oprostít od státních hranic a provádět výzkum s přeshraniční spoluprací. České hranice jsou obklopeny různými horskými celky jako jsou Šumava, Krkonoše, Beskydy, Krušné hory atd. Především na Šumavě byla tato spolupráce ovšem značnou část minulého století omezená či dokonce neexistovala vůbec. Kromě spolupráce toho v tomto období také zaniklo značné množství meteorologických stanic, a tak nejsou dostupné podrobné informace o srážkových událostech z nejvyšších poloh tohoto pohoří. V mnohých případech na německé straně Šumavy zjišťujeme, že některé stanice v období „železné opony“ přerušily své fungování a znovu byly obnoveny v 90. letech 20. století. Zároveň od pádu „železné opony“ začínají vznikat i nové stanice, aby toto území bylo možno analyzovat ještě podrobněji (Procházka et al. 2023). Motivací ke zkoumání Šumavy byly i silné srážkové události z let 1993 (Lett et al. 1993), 2002 (Rudolf a Rapp 2003; Sandev et al. 2002; Müller a Kakos 2003) nebo 2013 (Sandev a Dvořák 2013; Valeriánová et al. 2013), které způsobily rozsáhlé povodně nejen na českém území.

Šumava je navíc charakteristická svým pásovitým postavením pohoří ve směru severozápad–jihovýchod a stává se tak významnou horskou překážkou především při převládajícím západním proudění, které přináší na návětrnou bavorskou stranu větší množství srážek. Směrem k hřebenu pak dochází i k zesílení padajících srážek díky orografickému efektu (Křivancová a Vavruška 1997). Vliv orografie na Šumavě tak zkoumal ve své práci už Brádka (1970). Pro silné úhrny srážek je západní proudění podstatné hlavně

v chladné části roku (Květoň a Žák 2011; 2018). V letních měsících ovšem bylo potvrzeno, že nejsilnější srážkové události velkoplošného charakteru jsou vázány především na cyklonu nad střední Evropou, která má svůj zdroj vlhkosti ve Středozezemním moři (Květoň a Žák 2018; Sandev 2017; Kašpar a Müller 2010). Práce, které by analyzovaly přesnější dosah návětrí a závětrí při silných srážkových událostech v rámci jednotlivých ročních období ovšem doposud podrobněji zpracovány nebyly.

V bakalářské práci Králová (2020) jsem dokázala, že silné srážkové události lze dělit do třech typů na základě vnitřní podobnosti rozložení srážek na jednotlivých stanicích napříč Šumavou. Jednotlivé typy také odráží jistou homogenitu v ohledu na cirkulační podmínky, sezonní zastoupení a rovnoměrnost srážek. Tato práce se tak stala motivací pro diplomovou práci, která si ukládá dva cíle. Prvním cílem je analýza silných srážkových událostí, do které je zapojeno celkem 64 srážkoměrných stanic v oblasti Šumavy, a to v Česku, Německu i Rakousku za období let 1971–2018. Prostorová analýza bude založena na těžišti silné srážkové události ve vektorovém prostoru a sezonní analýza bude odrážet zastoupení silných srážkových událostí v jednotlivých obdobích v kalendářním roce. Analýzy navíc budou doplněny o informace o cirkulačních podmínkách, denních průměrech úhrnů srážek, zastoupení srážkových extrémů apod., včetně posouzení vzájemných závislostí uvedených charakteristik.

Druhým cílem diplomové práce je rozdělení stanic do regionů. Toto členění proběhne na základě dvou odlišných metod, první z nich je založena pouze na sezonním zastoupení vždy 50 nejsilnějších srážkových událostí na konkrétní stanici. Druhá metoda využívá směrové vektory, které odráží konkrétní kalendářní dny výskytu silných srážkových událostí a také zohledňují velikost denních úhrnů srážek na konkrétní stanici.

Samotná diplomová práce je sestává ze dvou hlavních částí, teoretické (viz kap. 2, 3 a 4) a praktické (viz kap. 5, 6 a 7). Teoretická část vychází z rešerše dostupné literatury a je zaměřena na srážkové poměry v horských oblastech, včetně jejich regionalizace, jelikož snahy členit jednotlivá pohoří do regionů podle srážkových poměrů již v několika pracích proběhly. Za konkrétní příklady jsou vybrány pohoří Pyreneje a Alpy díky unikátním srážkovým poměrům v jejich jednotlivých částech. Další část rešerše rozebírá silné srážkové události, a to obecně i konkrétně opět na příkladu Alp a Pyrenejí. Na to navazuje rozbor vybraných silných srážkových událostí na Šumavě a možná klasifikace těchto událostí. Rešeršní část ukončuje základní fyzickogeografické charakteristiky vybraného zájmového

území – Šumavy. Praktická část se následně pokouší přinést odpovědi s ohledem na stanovené cíle.

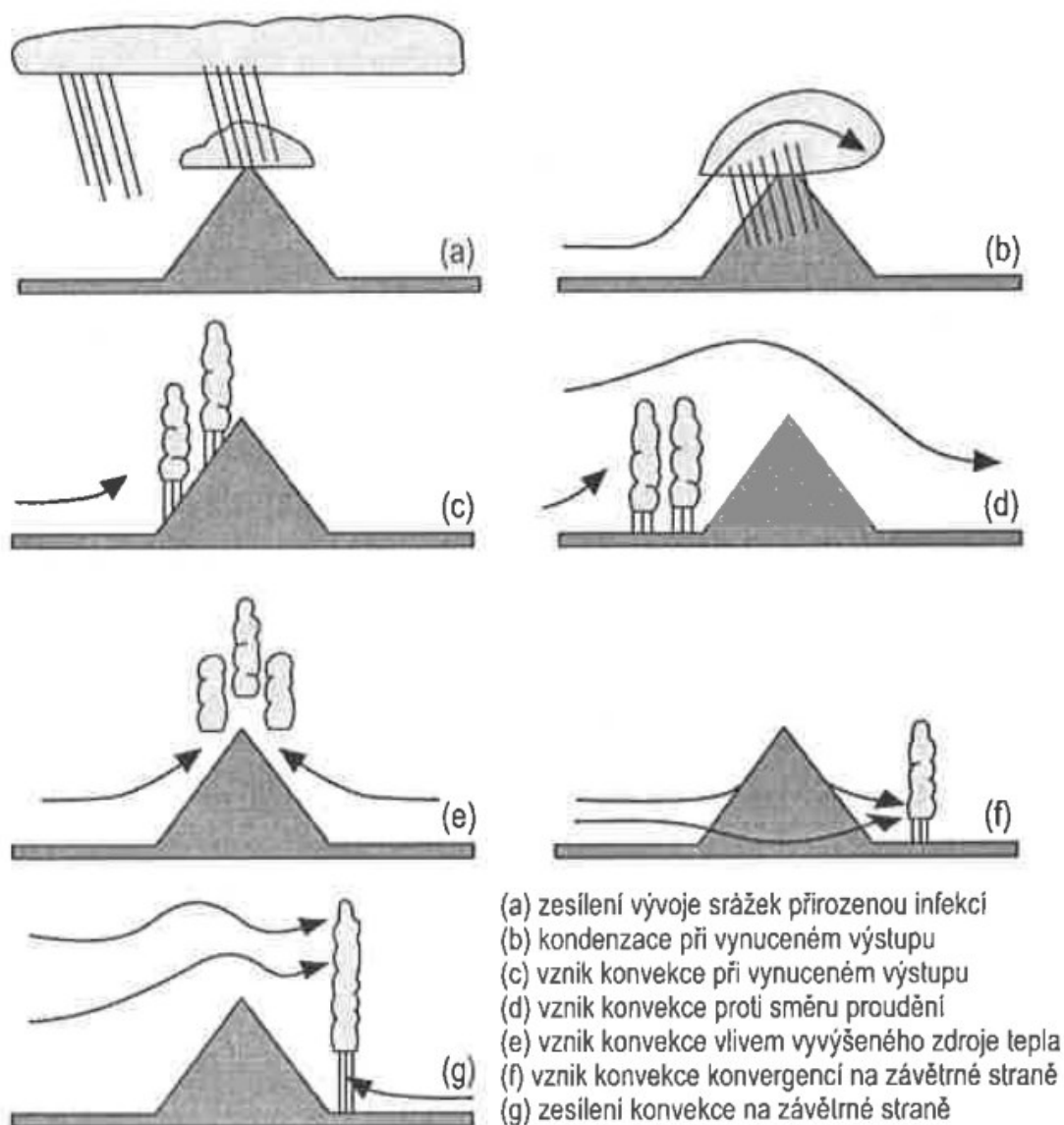
## 2. Srážkové poměry v horských oblastech

### 2.1 Cirkulační podmínky při srážkách v horách

Orografie je výraznou překážkou pro vzdušné proudění a v závislosti na to má vliv i na prostorové rozložení a množství srážek (Smith 1979). Zároveň orografická překážka může sama o sobě vyvolat nebo ovlivnit vývoj srážkových oblaků nebo srážky propadávající orografickou oblačností zesílit (Řezáčová et al. 2007). Množství srážek se tak zpravidla zvyšuje s narůstající nadmořskou výškou (Smith 1979). Samotná výška pohoří není jediným faktorem ovlivňující srážky v horách. Důležitou roli hrají ještě blízkost vodních ploch (zdroj vlhkosti), reliéf terénu a návětrný/závětrný efekt při převažujícím směru proudění, který je ve středních zeměpisných šířkách podmíněn výskytem a mohutností přechodných tlakových útvarů (Smith 1979; Whiteman 2000).

Podle prací Řezáčová et al. (2007) i Smith (1979) jsou tři různé kategorie, které ovlivňují vznik či zesílení srážkových událostí v horách. Barry a Chorley (2003) ve své publikaci uvádějí kategorií rovnou pět, ovšem to je dáno pouze jemnějším dělením. Také Whiteman (2000) přichází s dělením mechanismů vzniku srážek v horách na terénu vynucené a konvektivní mechanismy a tyto dvě kategorie se opět dále dělí na různé podkategorie.

Budeme-li se držet výše zmíněných třech kategorií, pak prvním případem je orografické zesílení srážek nad kopcovitým terénem, které je založeno na tzv. seeder-feeder efektu. Srážky propadávají typicky z výše vzniklé srážkové oblačnosti do níže vzniklého orografického oblaku, který je sám o sobě nesrážkový, ale propadávající srážky může podstatně zesílit (obr. 1a). Další možností je kondenzace při proudění do svahu. K vytvoření srážkových oblaků tak může dojít i za stabilního zvrstvení pouhým vynuceným výstupem do horského svahu, a to čistě orograficky (obr. 1b). Častější ale bývá, že přes horskou překážku přechází frontální oblačnost a orografie vynuceným pohybem pouze zesiluje již existující srážkové události. V závětrí pak naopak dochází k výraznému vysušování vzduchu. Poslední kategorie je orograficky vyvolaná srážková konvekce, kdy je podmínkou vzniku potenciálně instabilní atmosféra. Výsledkem tak bývá oblačnost druhů cumulus nebo dokonce cumulonimbů a může být zároveň zdrojem silných, ale krátkodobých srážek. Principy vzniku jsou znázorněny na obr. 1c–g (Řezáčová et al. 2007).



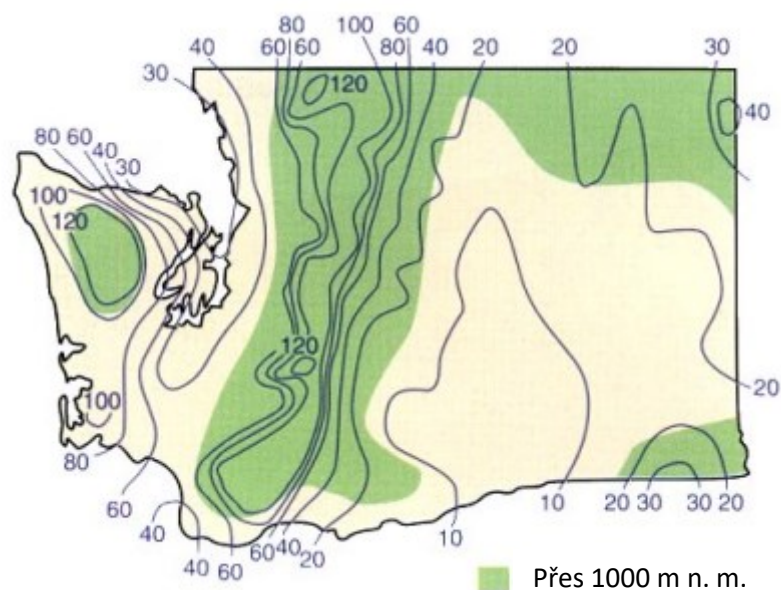
Obrázek 1: Schematické znázornění mechanismů, které se uplatňují při vývoji orografických srážek; zdroj: Řezáčová et al. 2007)

## 2.2 Rozdělení srážek v horách

Na základě globální cirkulace vzduchu a mechanismům vzniku srážek v horách lze usuzovat, že jejich prostorové uspořádání bude značně nerovnoměrné. Nadmořská výška a směr proudění vzduchu se tak stává klíčovým faktorem ovlivňující roční úhrny srážek v konkrétním území (Whiteman 2000).

Výstupné pohyby spojené se srážkovou činností ovlivňují hlavně západních okraje pobřežních hor mimotropických oblastí, jako je západní pobřeží Kanady a států Washington (obr. 2) a Oregon v USA (Barry a Chorley 2003; Whiteman 2000). V Evropě lze tento efekt

dobře pozorovat například v Norsku. Dalším z výborných příkladů návětrného efektu v rámci orografických srážek jsou Jižní Alpy na Novém Zélandu (Barry a Chorley 2003).



Obrázek 2: Průměrné roční úhrny srážek ve státě Washington v palcích; zdroj: Whiteman (upraveno)

V tropických pohořích je důležité brát zřetel na různé roční sezóny. Na severní polokouli se srážky spojené s orografií vyskytují převážně v období od prosince do dubna s druhým maximem v červnu a červenci, které je spojeno s posunem intertropické zóny konvergence (Barry a Chorley 2003). Speciálním případem pak bývají letní monzuny, které přinášejí enormní množství srážek kvůli orografickému zdvihu především v horských oblastech jižní a jihovýchodní Asie (Whiteman 2000). Konvektivní bouře poté vznikají v drtivé většině v období od května do listopadu a jsou zpravidla koncentrovány do odpoledních hodin (Barry a Chorley 2003). Na jižní polokouli tomu je obráceně.

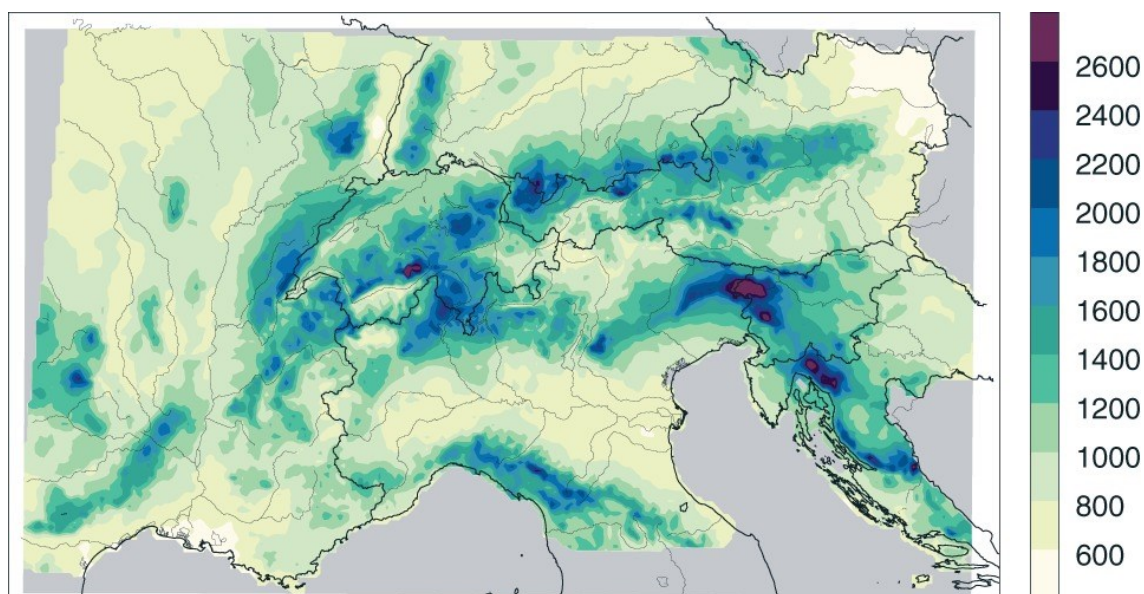
Ve středních zeměpisných šířkách jsou podmínky ještě o něco komplikovanější. Srážky jsou zde navázány především na cyklonální činnost a orografie tak typicky zvyšuje četnost a intenzitu srážek, a to především v zimních měsících (Barry a Chorley 2003). Právě v zimě, se zvýšenou silou západního proudění, dochází k přínosu vlhkosti především do pobřežních hor (Whiteman 2000). Celkově se ale orografické zesílení srážek projevuje v průběhu celého roku a mohou jej zaznamenávat i malé vyvýšeniny s převýšením nižším než 60 m, jako je tomu třeba ve Švédsku (Smith 1979; Barry a Chorley 2003). V létě orografie pak podmiňuje především vznik konvektivních bouří různé intenzity (Barry a Chorley 2003; Whiteman 2000).

Samotnou kapitolu atmosférického proudění, které je ovlivněno topografických efektem v Evropě, představují Alpy, Pyreneje a v neposlední řadě i hory Balkánu. Tato horstva totiž oddělují středomořské a mírné oceánské klima (Barry a Chorley 2003). Právě o rozdělení srážek v prvních dvou zmíněných horských systémech bude řeč v následující části.

### 2.2.1 Rozdělení srážek ve vybraných evropských pohořích

Pohoří byla vždycky jistou překážkou, ať už pro vzdušné proudění, jak je zmiňováno v předchozích kapitolách, tak i pro působení člověka. Výjimkou není ani měření úhrnů srážek, které je v lidské direkci. Právě nadmořská výška v minulosti výrazně limitovala a dodnes stále částečně limituje toto měření, a to především v nadmořských výškách nad 1500 m n. m. V nedávné historii tak vzniklo mnoho projektů na obnovu dat, jelikož časové řady jsou zpravidla částečné a s různou kvalitou. Odborníci na klima se přitom v posledních letech na horské oblasti zaměřují čím dál častěji, hlavně v souvislosti s probíhajícími klimatickými změnami (Cuadrat et al. 2014). Nyní se ovšem blíže podívejme na samotné roční srážkové úhrny v Alpách a Pyrenejích a jejich prostorovou variabilitu.

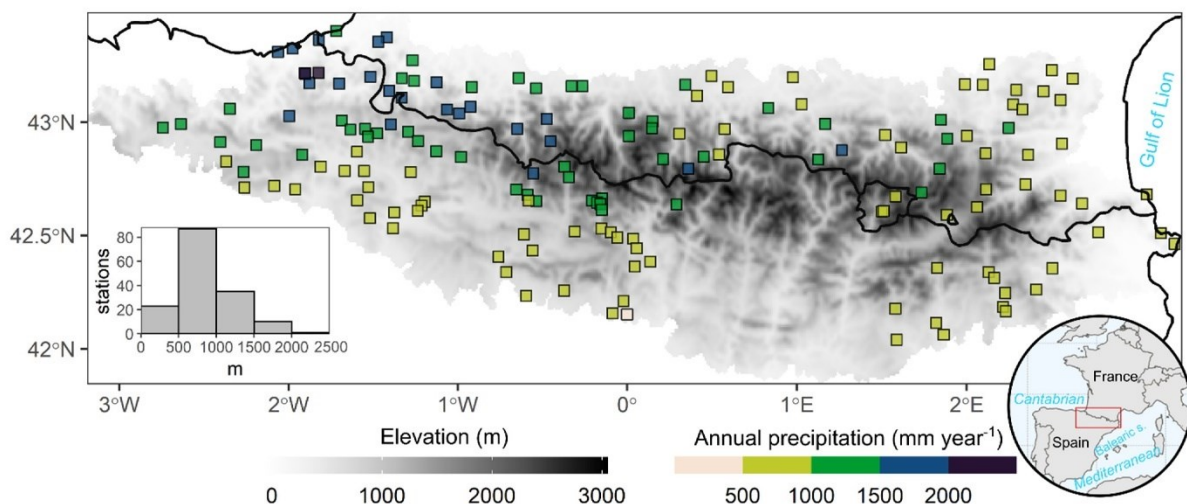
Průměrné roční úhrny srážek se v Alpách poměrně liší, a to i na poměrně malých vzdálenostech, jak ukazuje i obr. 3. Nejsušší alpské oblasti zaznamenávají roční úhrny srážek pod 800 mm, a naopak nejdeštivější mohou přesahovat v průměru i 2600 mm. Hlavní vliv na rozmístění srážek má topografie a díky ní vznikající návětrí/závětrí, jak již bylo řečeno dříve.



Obrázek 3: Průměrné roční úhrny srážek (v mm) v Alpách a přilehlých oblastech; zdroj: Isotta et al. (2013)

Za vlhké části jsou považovány severní a jižní okraje Alp, přičemž hlavními srážkovými oblastmi jsou jižní Švýcarsko spolu s italskými regiony Lombardie a Piemont. Ještě o něco vlhčí území bychom hledali na východě Alp, konkrétně v Julských a Karnských Alpách. Naopak jako suché oblasti jsou většinou označovány vnitřní regiony Alp, kdy jsou úhrny srážek srovnatelné s rovinatými oblastmi, které celé Alpy ohraničují (Isotta et al. 2013). Například švýcarské údolí řeky Rhony, které se táhne paralelně s hřebenem Alp, má tak přes svou vysokou nadmořskou výšku nejsušší podnebí ve Švýcarsku. Důvodem je obklopení vysokými hřebeny, které zadržují téměř veškerou vlhkost z většiny směrů a do údolí pak klesá suchý a poměrně i teplý vzduch (Whiteman 2000). Dále je za výrazně sušší oblast považováno i samotné ústí řeky Rhony do Středozemního moře (příčinou může být třeba srážkový stín z Centrálního masivu anebo také vliv středomořského klimatu). V neposlední řadě je třeba zmínit i východní Rakousko s úhrny srážek nižšími než 600 mm/rok (Isotta et al. 2013), kde už můžeme pozorovat i přechod od oceanity ke kontinentalitě.

I druhé rozsáhlé evropské pohoří má svá srážková specifika. Celkové roční úhrny srážek v Pyrenejích pravidelně přesahují 700 mm a vystupují tak nad výrazně sušší oblasti, které je obklopují (obr. 4). Maximální roční úhrny srážek dosahují hodnot v průměru 1800–2000 mm, kdy v návětrných svazích to může být i více (Cuandrat et al. 2014). Právě návětrné západní pobřeží s vysokým oceánským vlivem má roční úhrny srážek vůbec nejvyšší a ty mohou dosahovat hodnot až 2500 mm. Obecně pak srážek ubývá od západu k východu, přičemž nejvýchodnější oblasti mají opět trochu zvýšené úhrny srážek díky přítomnosti Středozemního moře (Lemus-Canovas et al. 2019).



Obrázek 4: Průměrné roční úhrny srážek (v mm) na vybraných stanicích v Pyrenejích; zdroj: Lemus-Canovas et al. (2021)

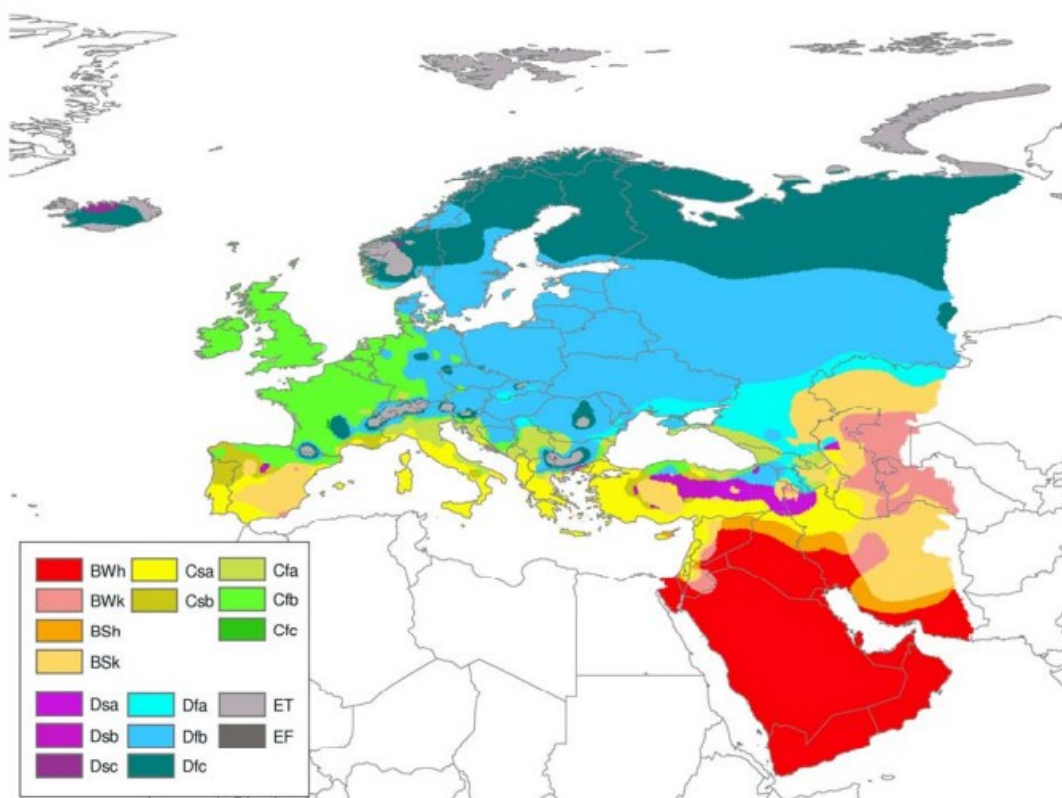
Dobré je tedy poznamenat, že v celém pohoří existují výrazné prostorové rozdíly, které jsou zapříčiněny geografickou polohou na rozhraní středomořského a mírného oceánského klimatu. Pyreneje tak mají ve svých jednotlivých oblastech značnou variabilitu srážek (Lemus-Canovas et al. 2019). Tyto rozdíly může pozorovat každý při pouhém přejezdu z francouzské části do španělské, kdy francouzská je zpravidla bohatší na srážkové úhrny a oplývá tak i bujnější vegetací (Cuadrat et al. 2014).

V rámci jednotlivých horských celků tedy existují značné prostorové odlišnosti v rozmístění srážek v průběhu roku i v rámci jednotlivých srážkových událostí. Ač je tedy každé místo v horách značně unikátní, tak přesto můžeme pozorovat jisté prostorové vzorce, které nám pomáhají horské oblasti alespoň částečně regionalizovat a tím i lépe chápat rozložení srážkových událostí a jejich případné dopady na společnost.

## 2.3 Regionalizace srážek vybraných oblastí Evropy

Fyzickogeografickou regionalizaci lze definovat jako rozdělení zemského povrchu na regiony, které mají určitou vnitřní homogenitu s charakteristickými přírodními rysy. Jedná se o zvláštní druh klasifikace přirozených územních jednotek nebo geosystémů a metodu, jak identifikovat charakteristické rysy jednotlivých částí geografického sféry (Isachenko 1979).

Konkrétních fyzickogeografických regionalizací v Evropě, které jsou již založeny na srážkových a teplotních poměrech, je celá řada. Základní klasifikaci klimatu vytvořil německý vědec W. Köppen, podle kterého je také pojmenována, a dále ji blíže specifikoval ještě R. Geiger (Kottek et al. 2006). Jeho klasifikace je založena na dělení podle teplot a srážek ve vztahu k vegetaci. Na Zemi tak vytváří pět klimatických pásem A–E, která se poté ještě člení s ohledem na detailnější podmínky (Vysoudil 2004). Většina Evropy spadá do oblasti C – mírné dešťové podnebí (teploty nejchladnějšího měsíce jsou mezi +18 °C a -3 °C) anebo D – boreální podnebí (teploty nejteplejšího měsíce jsou nad 10 °C a teplota nejchladnějšího měsíce je pod -3 °C) (Kottek et al. 2006), viz obr. 5. Pro aplikaci na menší oblasti (což může zahrnovat i konkrétní pohoří) je tato regionalizace příliš obecná a generalizovaná.



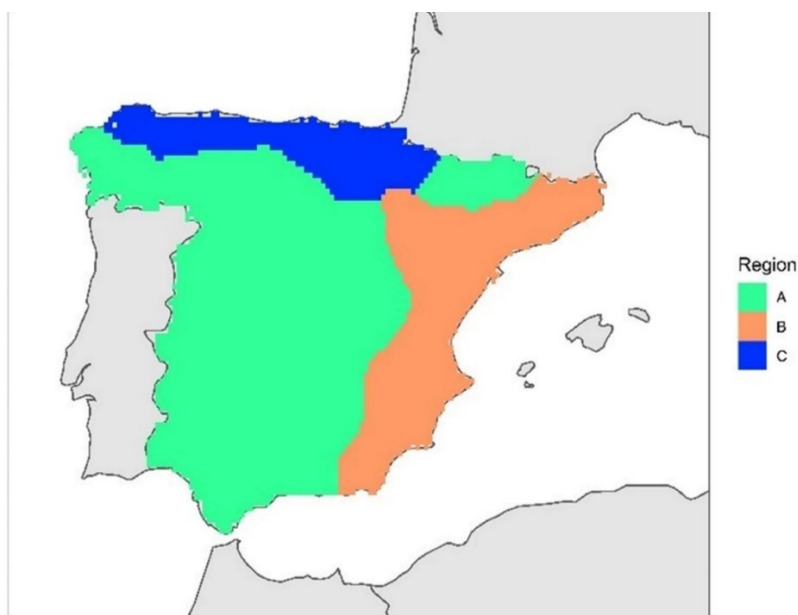
Obrázek 5: Köppenova klasifikace klimatu pro Evropu a západ Asie; zdroj: Peel et al. (2007)

Jemnější regionalizace jsou v rámci Evropy stále většinou na státní úrovni. Vzniklé regionalizace tak pokrývají buď území celého státu anebo nějaké jeho charakteristické části. Jen ve velmi ojedinělých případech lze najít regionalizace, které stojí na pomezí dvou a více států a většinou tak vyžadují jistou přeshraniční spolupráci. Z čistě logického hlediska přitom dělení fyzickogeografických celků, kterými jsou právě třeba jednotlivá pohoří, na základě státních hranic nedává úplně smysl. Vzdušné proudění se nám nezastaví na hranici, protože vstupuje právě do jiného státu a je tedy nejlepší pro komplexnost pozorování zahrnovat do fyzickogeografických regionalizací celé fyzickogeografické celky. Nyní se ovšem podíváme na konkrétní regionalizace v Evropě a evropských pohoří (opět zaměřeno na Pyreneje a Alpy) z pohledu srážkových úhrnů včetně různých metod vytváření regionalizací.

Začneme-li na Pyrenejském poloostrově, tak v první řadě můžeme zmínit práci Martinez-Artigas et al. (2020), kteří se zabývali oblastí Španělska. Ve své práci používali Pearsonova korelačního koeficientu mezi srážkami a atmosférickými dálkovými vazbami s hladinou spolehlivosti 99 %. Následujícím krokem bylo vytvoření nové databáze proměnných pomocí analýzy hlavních komponent, vytvoření korelace mezi původními a novými daty, a tím mohlo vzniknout grafické znázornění vymezující jednotlivé klimatické

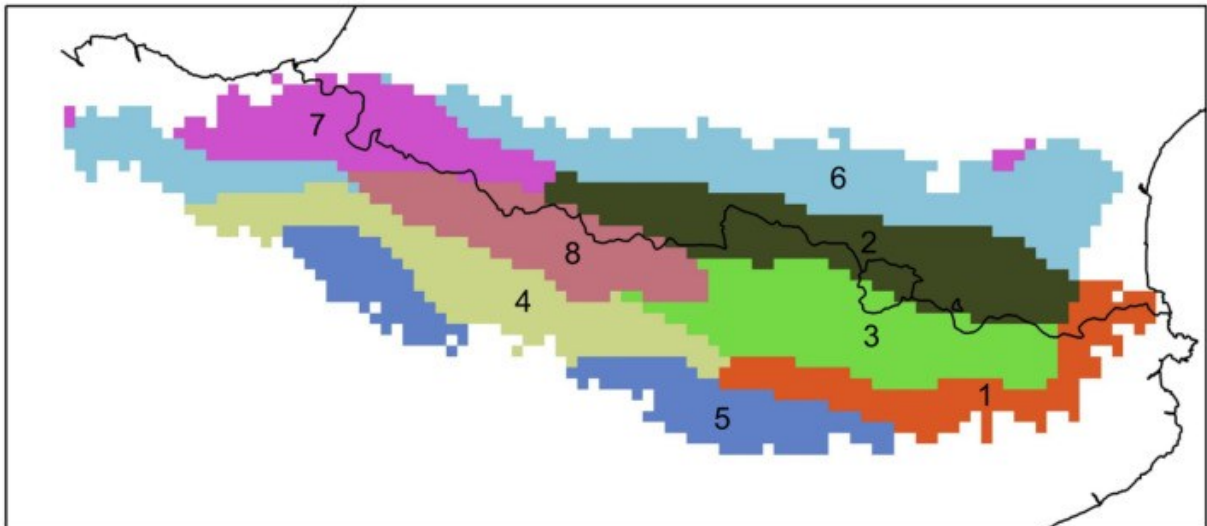
oblasti. Jedná se o tzv. klimatický downscaling, který je hojně využíván v klimatologii především pro vytváření různých klimatických modelů (Warner 2011).

Z výsledků plyne, že stejně jako u ostatních atmosférických prvků, zde hraje významnou roli orografie a cirkulační podmínky. Oblast A (obr. 6) vyplňuje centrální náhorní plošinu a nemá žádnou výraznou orografickou překážku při západním proudění. Atmosférické proudy od Atlantiku tak pronikají do náhorní plošiny a nenacházejí žádné překážky, postupně také ztrácí vlhkost a do vnitrozemí až k východním okrajům přináší suché, a ještě teplejší počasí. Oblast B je orientovaná na teplé a vlhké vzdušné proudění ze Středomoří. Na pobřeží jsou výrazná horská pásma, kde je vlhký vzduch nucen stoupat a vytváří hlavně konvektivní srážky. Oblast C je charakterizována Kantabrijským pohořím a blízkostí Atlantského oceánu. Tato část je tak pod vlivem vlhkých vzduchových proudů ze severu a severozápadu, které přinášejí především stratiformní srážky (Martinez-Artigas et al. 2020).



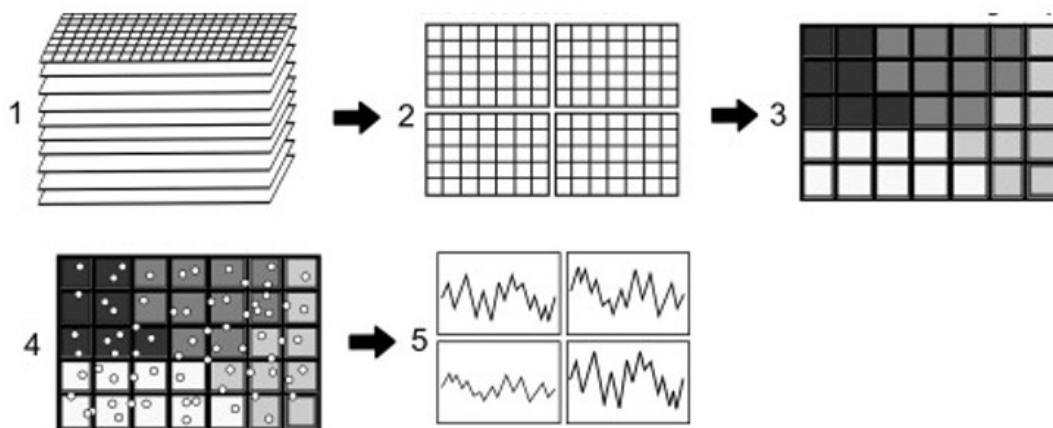
Obrázek 6: Regionalizace poloostrovního Španělska na základě korelací mezi srážkami a indexy telekonekce; zdroj: Martinez-Artigas et al. (2020)

Pokud bychom setrvali na Pyrenejském poloostrově a zaměřili se na pohoří, pak regionalizace, kterou na základě 20 rozdílných cirkulačních situací v jihozápadní Evropě vytvořili Lemus-Canovas et al. (2019) a zanalyzovali pohoří jako celek, nám ukazuje výrazné zonální uspořádání ve směru rozložení pohoří (obr. 7). Zároveň autoři potvrzují, že severní oblasti a oblasti s atlantickým (západním) vlivem mají vyšší úhrny srážek než oblasti východní a celkově oblasti vystavené vlivu Středozemního moře.



Obrázek 7: Regionalizace Pyrenejí metodou k-means na základě kombinace 20 rozdílných cirkulačních situací a srážkových poměrů; zdroj: Lemus-Canovas et al. (2019)

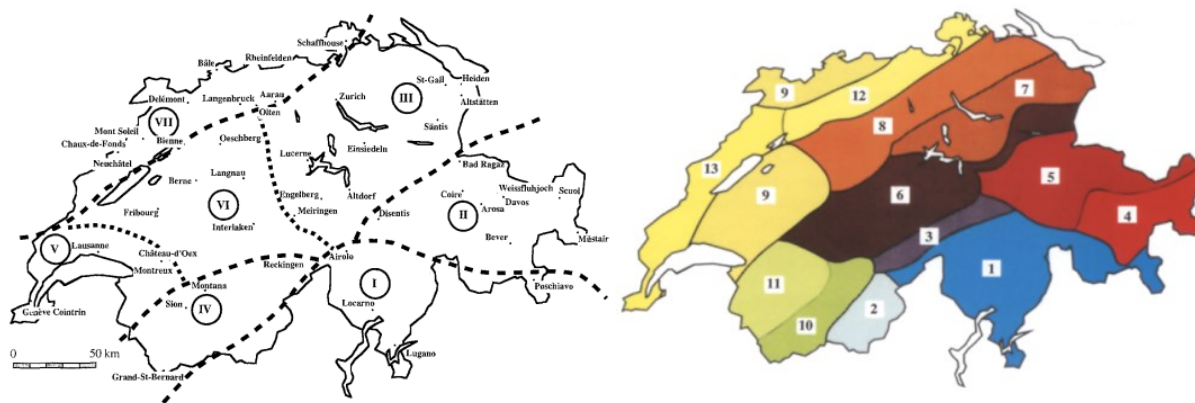
Samotný proces regionalizace je ilustračně znázorněn v pěti krocích na obr. 8. Výsledkem tak je vytvoření mapy srážek v regionech a vytvoření řady ročních hodnot srážek pro každý srážkový region. Začneme-li od začátku, tak prvním krokem by byla opět analýza hlavních komponent na  $n$  standardizovaných modelech srážek, jejím cílem je odstranění nadbytečných informací. Druhým krokem je převzorkování hlavních komponent v prostorovém rozlišení  $5 \times 5$  km, aby došlo k omezení vlivu místních efektů a diskontinuit v regionech. Za třetí je použita metoda shlukování K-means s využitím euklidovské metriky, která pomáhá dosáhnout malého, ale dostatečného množství shluků zachycující rozmanitost srážkových režimů bez ztráty zobecnění. Předposlední fází je normalizace všech stanic a následné zprůměrování podle každého klasifikovaného regionu a tím vzniká standardizovaná řada pro každý z regionů klasifikace. V poslední kroku jsou tyto řady převedeny na reálné hodnoty ročních srážek a výsledkem se tak stává regionální a roční srážková řada, u které lze ověřovat statistickou významnost (Lemus-Canocas et al. 2019).



Obrázek 8: Postupný vývojový diagram znázorňující postup navržený pro získávání srážkových režimů (shluková mapa) a ročních regionálních srážkových řad; zdroj: Lemus-Canovas et al. (2019)

Kdybychom se zaměřili i na konkrétní výsledky dané oblasti (viz obr. 7), pak region 1 definuje srážkový režim Středomoří (letní minima a zimní maxima). Region 2 představuje vliv severní a severovýchodní advekce, srážky jsou zde zadržovány na severních svazích Pyrenejí. Region 3 je situován jižně od regionu 2 a kompletuje tak oblast s převažujícím cyklonální prouděním s jihozápadní advekcí. Regiony 4 a 5 jsou si velmi podobné, jediným výrazným rozdílem jsou vyšší celkové úhrny srážek v regionu 4. Stejně jako jsou si podobné regiony 4 a 5, jsou si podobné i regiony 2 a 6, zde opět region s vyššími nadmořskými výškami je výrazně vlhčí (tedy region 2). Nejvlhčím regionem je region 7. Toto prvenství je připisováno silné severní advekci, blízkosti Atlantského oceánu a vlivu západní cyklonální advekce. Posledním regionem je region 8, jenž je ovlivněn západní a jihozápadní advekcí. Oblast je tedy návětrná od západu, a to jí zajišťuje stále bohaté srážkové úhrny.

S technikou analýzy hlavních komponent a shlukovou analýzou pracuje i další práce od autorů Baeriswyl a Rebetz (1997) zabývající se regionalizací tentokrát Švýcarska. Oblast Švýcarska vyplňuje pohoří Alpy, které je ovšem tak rozsáhlé a rozmanité a rozkládá se na území většího počtu států, že jen málokdy dochází k analýze pohoří jako celku, jak již bylo zmíněno dříve. Pro klasifikaci byla tentokrát zvolena metoda Ward, která pro vyhodnocování vzdálenosti mezi shluky používá přístup analýzy rozptylu. Tato metoda bývá velmi účinná, ale má tendenci vytvářet shluky malé velikosti. Ukazuje se také, že analýza je závislá na množství vybraných stanic, jelikož práce operuje se dvěma časovými řadami, a to 1961–1980 obsahující 47 stanic a 1981–1993 čítající 101 stanic. V prvním případě došlo k vyhrazení celkem sedmi regionů, v druhém již dokonce 13 regionům (obr. 9).



Obrázek 9: Regionalizace Švýcarska pro období 1961–1980 (vlevo) a pro období 1981–1993 (vpravo); zdroj: Baeriswyl a Rebetez (1997)

Hlavní dělení Švýcarska je na sever a jih Alp (obr. 9), kdy skupina I je zdaleka nejrozdílnější od ostatních. Dále je oddělena oblast Graubünden (skupina II) a východní část švýcarské náhorní plošiny (skupina III) jako další podobnější skupina a poslední seskupení tvoří zbytek náhorní plošiny (skupiny V a VI), Valais (skupina IV) a Jura a její úpatí (skupina VII). Členění do skupin je založeno na rozdílech mezi zimou a létem markantně pozorovatelné ve skupině II, k tomu se váží i letní konvektivní srážky, které jsou typické třeba pro oblast východní švýcarské náhorní plošiny. Zbytek plošiny je pak bližší srážkovým režimům Jury, což znamená poměrně suchý podzim a následně srážky v zimním období díky převažujícímu západnímu proudění. Oblast IV je poměrně srážkově vyrovnaná v průběhu roku s lehkou převahou zimních srážek. Jižní alpský region má poté výrazně sušší zimní období než letní, zároveň se zde na podzim silně projevuje proudění, které na návětrnou část přináší srážky a na závětrné straně vytváří fénový efekt (Baeriswyl a Rebetez 1997).

Pokud bychom to měli porovnat s regiony vzniklými na základě období 1981–1993 (obr. 9), kde bylo zapojeno větší množství stanic, za to je časové období kratší, zjistíme, že hlavní oblasti zůstávají stejné, tedy rozdělení na jih Alp, centrální a východní oblast a západ. Následné členění je poté o něco jemnější, charakteristiky ale zůstávají velmi podobné (Baeriswyl a Rebetez 1997).

Celkově z této podkapitoly lze udělat závěr, že v rámci regionalizace srážkových úhrnů záleží hlavně na velikosti zvoleného území. Principy regionalizace zůstávají ovšem stejné, nejprve musí dojít ke klasifikaci oblastí, přičemž čím více faktorů bereme v potaz, tím je následná klasifikace přesnější. Stejně tak klasifikaci zpřesňuje množství stanic, se kterými se pracuje, a délka časové řady zájmového území. Regionalizace je poté v podstatě kartografické znázornění vzniklé klasifikace.

### 3. Silné srážkové události

Již v kapitole 2.1 jsme se věnovali vzniku srážkových událostí v horách, nyní se více zaměříme na silné srážkové události vzhledem k zaměření této práce. V předchozích kapitolách byl také nastíněna souvislost stále vyššího zájmu o srážkové události v horských oblastech v souvislosti s probíhající klimatickou změnou, která je pravděpodobně příčinou stále častějších extrémních srážkových událostí, jenž mají často katastrofický dopad na společnost a jsou tak v posledních letech v centru pozornosti odborníků po celém světě (López-Moreno a Beniston 2009; Lemus-Canovas et al. 2021). Je dobré se nejprve věnovat specifickým rozdílům vzniku silných srážkových událostí v Evropě v průběhu roku, a to dále konkretizovat ve vybraných evropských horách. Součástí kapitoly budou i klasifikace silných srážkových událostí včetně konkrétních případů silných srážkových událostí v zájmovém území Šumava.

#### 3.1 Příčiny silných srážkových událostí v Evropě

Silné srážkové události se vyznačují anomálně vysokým transportem vodních par. K tomu, aby mohlo k těmto přesunům docházet, musí být ovšem i ojedinělé meteorologické situace. Budeme-li se pohybovat ve středních zeměpisných šířkách, je třeba také rozlišovat mezi jednotlivými ročními obdobími, jelikož každé podmiňuje jedinečné podmínky pro vznik silných srážkových událostí (Grazzini et al. 2020).

Rozdíly mezi ročními obdobími sledujeme hlavně mezi zimou a létem, kam je koncentrována většina silných srážkových událostí ve střední Evropě. V zimním období je pro vznik silných srážkových událostí potřeba, aby byl přítomen mohutný vlhkostní transport ze vzdálenějších oblastí (Sandeve et al. 2002). Někdy může vzniknout i tzv. atmosférická řeka a v kombinaci s orografií pak může docházet k vysokým srážkovým úhrnům (Giannakaki a Martius 2015; Lavers a Villarini 2013). V tomto období totiž studenější vzduch není schopen pojmout tolik vlhkosti a vláhu je tak třeba neustále přesouvat z vlhčích oblastí. Atmosférická řeka proudící do Evropy zpravidla vzniká již u pobřeží Severní Ameriky a vláhu transportuje na obrovské vzdálenosti. Tento fenomén je poté nejlépe pozorovatelný v západní Evropě, která je ohraničena Atlantickým oceánem, a tedy v blízkosti zdroje vláhy. Je ovšem dokázáno, že takto vzniklé silné srážkové události můžeme identifikovat i v Německu či dokonce až v Polsku (Lavers a Villarini 2013).

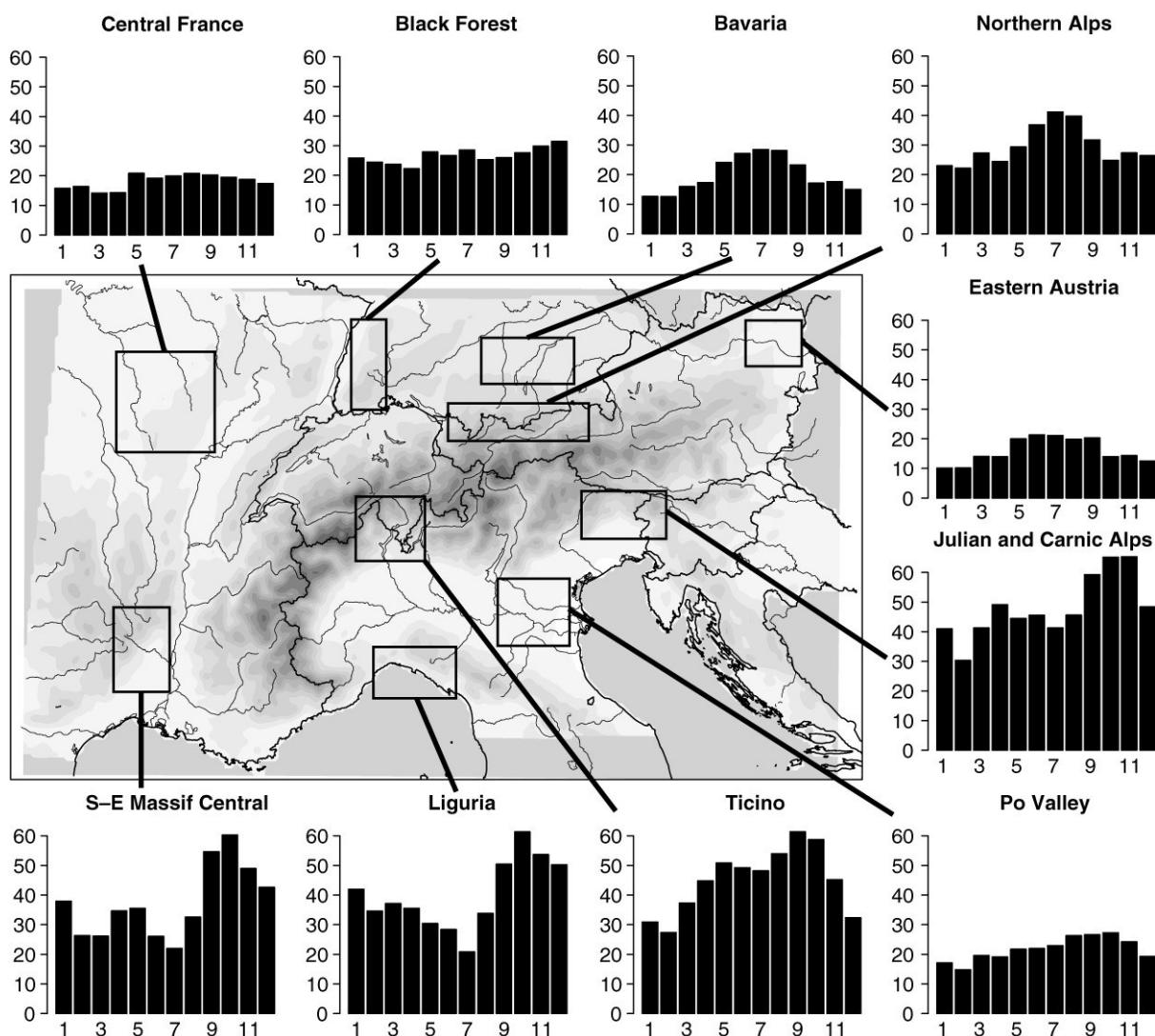
V letních měsících jsou toky vlhkosti výrazně vyšší, jelikož jsou přímo závislé na teplotě a hustotě vzduchu (Müller a Kašpar 2011) a vzduch je tedy schopen pojmout více vlhkosti. Zároveň je i vysoká termodynamická instabilita (Grazzini et al. 2020), která pomáhá k vytvoření konvektivní oblačnosti i v nižších nadmořských výškách. Nižší nadmořské výšky dávají také prostor k tomu, aby byla konvektivní oblačnost vertikálně mohutnější a tím pádem i intenzivnější. Do letních silných srážkových událostí ve střední Evropě (a obzvláště v Česku) dále výrazně zasahují teplotně asymetrické cyklony z oblasti Středozemního moře (Brázdil et al. 2005; Sandev 2017). Přední strana cyklony je příznivá pro konvektivní srážky a zadní strana cyklony naopak pro vývoj vrstevnaté oblačnosti, které díky své dlouhé době trvání s dostatečným zdrojem vlhkosti způsobuje nejvyšší denní úhrny srážek v Česku, které jsou zpravidla spojeny i s velkými povodňovými situacemi (Sandev 2017). Na základě těchto zvláštností může být následně vytvořena jistá klasifikace silných srážkových událostí, které jsou rozebrány níže.

### 3.2 Silné srážkové události ve vybraných evropských horách

Prostorové rozložení ročních srážkových úhrnů v evropských horách je rozmanité (viz kap. 2.2), a stejně tak je tomu i v případě silných srážek. Zároveň je nutné poznamenat, že se oblasti s nejvyššími ročními srážkami nemusejí shodovat s oblastmi nejsilnějších srážkových událostí, a také jejich roční cykly mohou být odlišné a někdy téměř až obrácené (Isotta et al. 2013). My se zaměříme opět na alpský a pyrenejský horský celek stejně jako v kapitole 2.2.1 a 2.3.

V Alpách existují v jednotlivých oblastech značné rozdíly mezi silnými srážkovými událostmi (obr. 10), které jsou z velké části způsobeny i prostorovou rozsáhlostí tohoto pohoří. V severních Alpách a dále na východ je výrazná amplituda ročního chodu silných srážek. Maximum je koncentrováno do letních měsíců, spojeno je s letní konvekcí a hodnoty úhrnů jsou téměř dvakrát větší než v zimě. Na jižním okraji Alp můžeme nalézt dokonce dvě oblasti, které jsou typické svými vysokými denními úhrny srážek. První oblastí je přeshraniční oblast Piedmont-Ticino-Lombardie a druhou Julské a Karské Alpy. V obou případech jsou maxima koncentrována do období od září do listopadu (Isotta et al. 2013). Pro oblast jihovýchodních Alp je také typické spojení vysokého toku vlhkosti se silnými

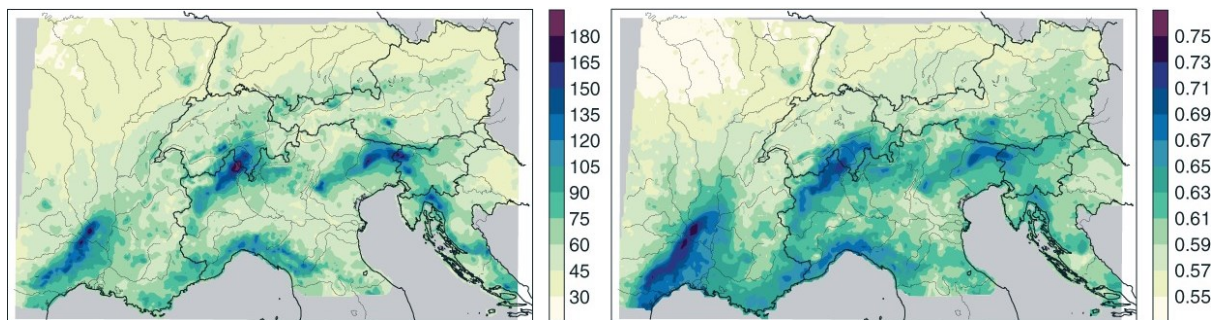
srážkovými událostmi. V letních měsících tyto toky vlhkosti bývají spojeny s prouděním od východu a severu a na podzim se poté jedná o toky vlhkosti od jihu (Müller a Kašpar 2011).



Obrázek 10: Roční cyklus silných srážek v alpském regionu a přilehlém okolí. Sloupce představují průměr měsíčních maximálních denních srážek v mm/den za období 1971–2008; zdroj: Isotta et al. (2013)

Z pohledu ročních maximálních úhrnů srážek (obr. 11) opět výrazně vystupuje nad své okolí oblast Piedmont-Ticino-Lombardie a Julské a Karské Alpy. Roční maxima denních úhrnů srážek jsou zde i 2–3× vyšší, než je tomu u zbytku Alp. Zároveň v těchto oblastech představuje 25 % silných srážkových událostí více než dvě třetiny veškerých ročních srážkových úhrnů. Na základě obr. 11 také můžeme říci, že jižní okraj Alp má denní srážkové události zpravidla intenzivnější než severní část oblasti (Isotta et al. 2013). Obě oblasti jsou z důvodu intenzivních srážkových událostí poměrně hojně zkoumány. Vysokou míru zájmu o oblast Piedmont vyvolala mimo jiné srážková událost z listopadu roku 1994, která způsobila

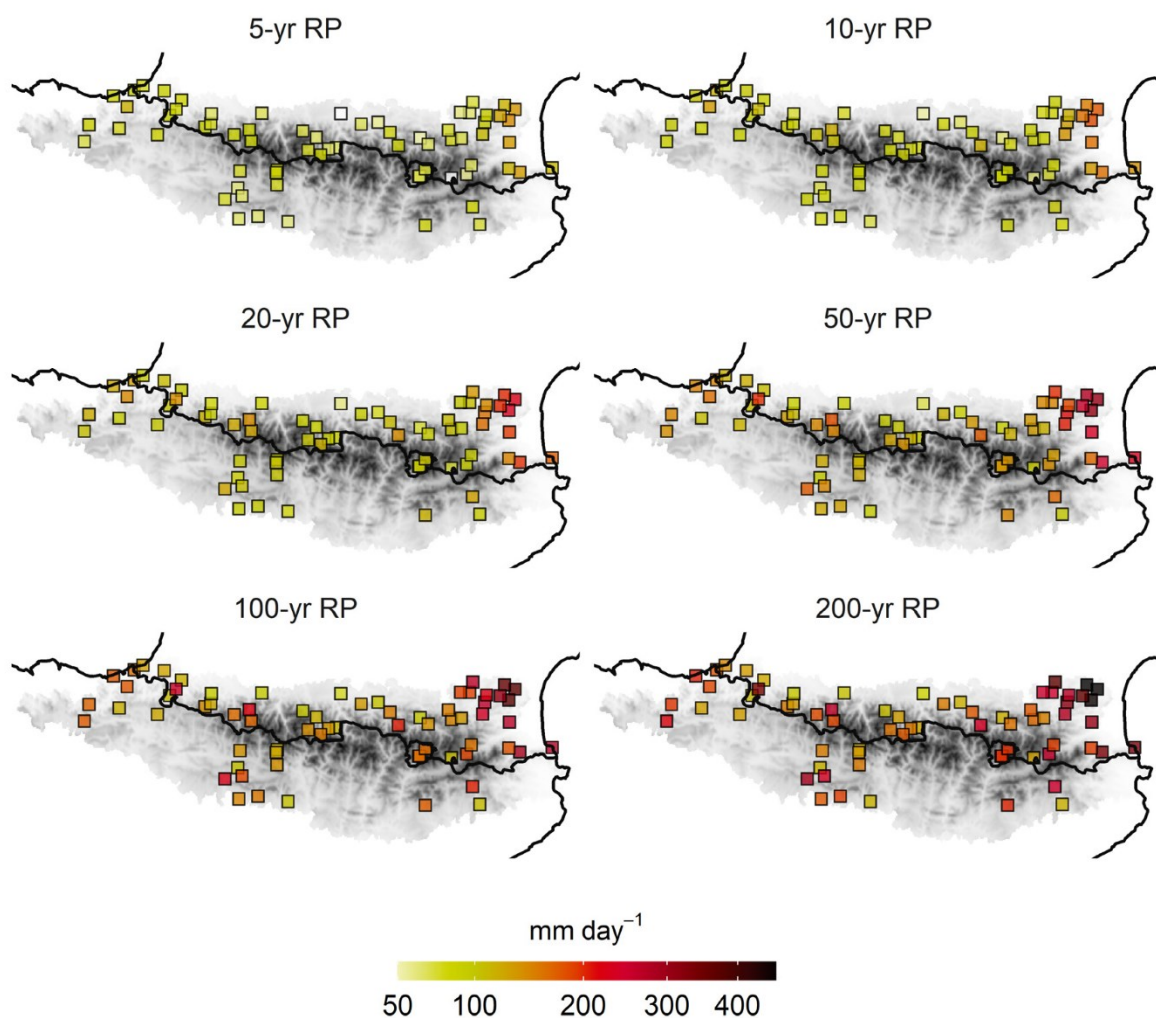
rozsáhlé katastrofické povodně. I na základě této události bylo vypořádováno, že tok vlhkosti směřující k Alpám od jihu často bývá usměrňován mezi nenasycený vzduch na východě a nasycený vzduch na západě. Kvůli horské překážce, kterou Alpy tvoří, je následně stáčen směrem na západ k nasycenému proudu, kdy ovšem dochází k výrazné konvergenci mezi těmito dvěma proudy a může dojít k výraznému nárůstu množství srážek v dané oblasti (Rotunno a Ferretti 2001).



Obrázek 11: Průměr ročních maxim denních srážkových úhrnů v mm v letech 1971–2008 (vlevo) a podíl srážek pocházejících ze středních až silných srážkových událostí, tj. srážky rovné nebo větší než 75% kvantil (vpravo); zdroj: Isotta et al. (upraveno)

Silné srážkové události mohou ovšem zasáhnout i jiné oblasti Alp. Příkladem nám je extrémní srážková událost z října 2020, která zasáhla západní oblast Alp. Příčinou zde byla atmosférická řeka, která způsobila enormní toky vlhkosti z Atlantiku v oblasti jihovýchodní Francie a severní Itálie (západní Alpy) a způsobila tím 24hodinové úhrny srážek v některých místech i přes 600 mm (Davolio et al. 2023).

Nyní se zaměříme na extrémní srážkové události v Pyrenejích, kde jsou převážně soustředěny do jejich okrajových částí. Západní okraj je ovlivňován především vzduchovými hmotami s dlouhou trajektorií vznikajícími na východním pobřeží Severní Ameriky a Kanady. Silné srážkové události východní části (především severní oblasti) charakterizují krátké trajektorie vzduchových mas přicházejících ze subtropických zeměpisných šířek. Jižní a jihovýchodní proudění s intenzivními toky vlhkosti od Středomořího moře v kombinaci s orografií a instabilním prostředím mohou totiž vytvářet mohutné konvektivní systémy, které způsobují prudké srážkové události, což dokazuje i výzkum extrémních srážkových událostí v této oblasti (Trapero et al. 2013). Právě východní Pyreneje jsou tudíž z pohledu silných srážkových událostí postihovány nejvíce. V této oblasti mohou denní srážková maxima dosahovat i více než 400 mm převážně s dobou opakování 100 a více let (obr. 12) (Lemus-Canovas et al. 2021).



Obrázek 12: Odhady návrhových denních srážkových úhrnů v Pyreneích pro doby opakování (RP): 5, 10, 20, 50, 100 a 200 let; zdroj: Lemus-Canovas et al. (2021)

Z ročních úhrnů srážek by se mohlo zdát, že severní i jižní svahy Pyrenejí v centrální oblasti vykazují srovnatelné hodnoty, a tak i srážkové události budou podobné. Toto tvrzení je třeba vyvrátit, jelikož severní okraje jsou mnohem více ovlivněny oceanitou, která zpravidla způsobuje častější, ale méně intenzivní srážky. Jižní svahy jsou naproti tomu vystavené méně častým, zato intenzivnějším srážkovým událostem (Lemus-Canovas et al. 2019).

Pokud bychom se soustředili na trendy úhrnů srážek, pak lze předpokládat, že počet dnů se srážkami bude pravděpodobně menší, a to především na jaře a v létě. S tím je ovšem spojeno i to, že srážkové události by mohly být v budoucnosti extrémnější, převážně pak v oblastech, které již nyní jsou sužovány extrémními srážkovými úhrny (López-Moreno a Beniston 2009). Toto může mít zásadní vliv hlavně na Andorru, pro kterou jsou právě silné

deště a s tím spojené záplavy nejčastějším přírodním ohrožením, jelikož doposud způsobily i nejvyšší počty obětí na životech v jedné události (Trapero et al. 2013).

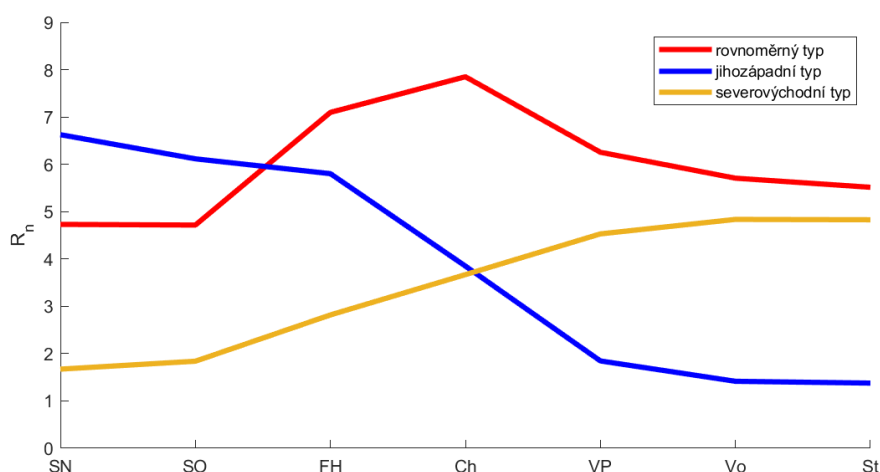
### 3.2 Klasifikace silných srážkových událostí

Metody k vytvoření klasifikace silných srážkových událostí jsou různé. Rozdělením silných srážkových událostí na konvektivní, stratiformní a smíšené/nevyřešené se zabýval například Cipolla et al. (2020) v oblasti Sicílie. Svou klasifikaci postavili na určení prahových hodnot indexů CAPE (dostupná potenciální konvekční energie) a VIDMF (vertikální integrál divergence toku vlhkosti) z průměrných maxim a následně zvoleném subjektivním kritériu zohledňujícím podobnost mezi srážkoměry. Jelikož je tato metoda silně závislá na definici prahů hodnot, nese s sebou i řadu nedostatků. Autoři si toho jsou vědomi, a tak vytvořili klasifikaci za pomoci tzv. fuzzy logiky, která mimo jiné pomáhá k eliminaci smíšených/nevyřešených událostí.

Další metodou může být například mezidenní korelační matice a následně přístup v t-módu, kterou ve své studii použili Capozzi et al. (2023) a sestavili klasifikaci, jejímž výsledkem byl vznik 6 kategorií silných srážkových událostí v jižní Itálii. Stejnou metodu používá pro klasifikaci cirkulačních typů vedoucím k silným srážkám v Německu i Ibebuchi (2022). Pro tuto práci je ale zajímavější publikace Grazzini et al. (2020), kteří za pomoci kombinace K-means klasifikace a subjektivního prahového přístupu vytvořili tři základní kategorie silných srážkových událostí v oblasti severní Itálie na základě jejich geneze. Nutno dodat, že tyto kategorie a zároveň i zvolená metoda jejich tvorby se z velké části shodují s výsledky dosaženými v bakalářské práci Králové (2020) v zájmovém území Šumava.

Králová (2020) rozdělila silné srážkové události do třech kategorií (obr. 13). Silné srážkové události byly zaznamenány v příčném profilu napříč Šumavou začínající stanicí Strakonice v šumavském podhůří a končící stanicí Schönberg/Niederbayern na německé straně Šumavy. Kritériem vytvoření kategorií silných srážkových událostí byly absolutní velikosti úhrnů srážek na jednotlivých stanicích a jejich vzájemná podobnost, která byla posuzována právě výše zmíněnou metodou K-means. Tři výsledné typy pak byly nazvány jako rovnoměrný typ, kde srážky byly vysoce zastoupeny na české i německé straně a maxima byla dosažena v nejvyšších nadmořských výškách. Druhou kategorií byl jihozápadní typ, přičemž srážkové události spadající do této skupiny měly charakter vysokých úhrnů

srážek na německé straně a velmi zanedbatelné či dokonce žádné srážky na straně české. Byl zde tedy pozorován výrazný efekt návětrí a závětrí vůči převažujícímu západnímu proudění. Poslední kategorie byl nejvíce diskutabilní. Jednalo se o severovýchodní typ, který své maxima koncentroval do českého podhůří. Na základě dalších kritérií (sezonalita a povětrnostní podmínky) bylo možné usuzovat, že se jednalo z velké části o srážkové události podmíněné silnou konvekcí v instabilním prostředí, spojovaným převážně s letními měsíci.



Obrázek 13: Tři typy srážkových událostí, charakterizované těžištěm skupiny normovaných úhrnů srážek  $R_n$  na jednotlivých stanicích, řazených od jihozápadu k severovýchodu; zdroj: Králová (2020)

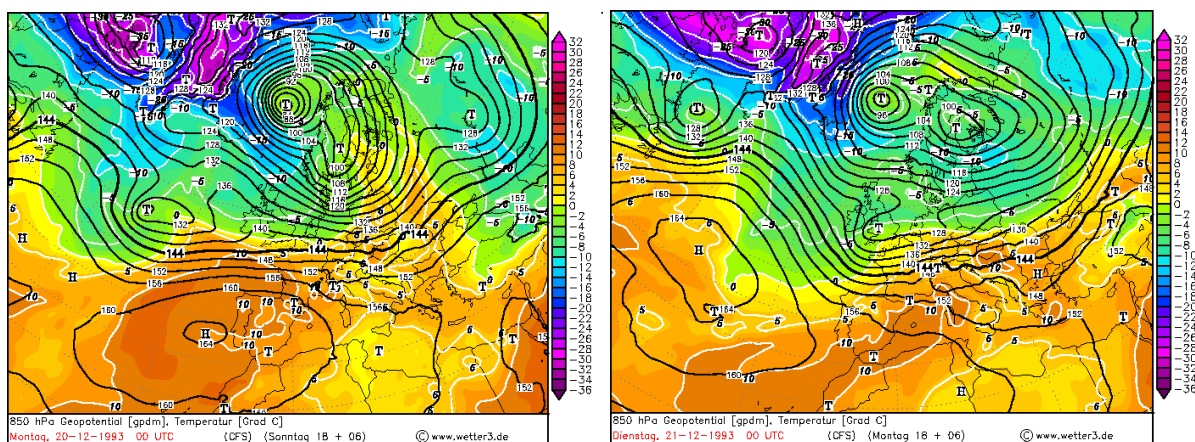
### 3.3 Konkrétní případy silných srážkových událostí na Šumavě

V následujících třech podkapitolách je vybrána vždy jedna konkrétní srážková událost v oblasti Šumavy na základě bakalářské práce Králová (2020) a podrobněji meteorologicky a hydrologicky rozebrána včetně jejich dopadů na společnost.

#### 3.3.1 Prosinec 1993

Příčinou události byla od začátku prosince působící západní cyklonální cirkulace (Wc), která měla velmi dlouhé nepřetržité trvání (Caspary 1995; Lett et al. 1993; Schwanke et al. 2009). Spolu s tím docházelo k častým přechodům front, které s sebou přinášely oceánský vlhký vzduch, a to mělo za následek téměř každodenní srážky v oblasti Šumavy s ohledem na orografii. Teploty byly na prosinec nadprůměrné a k akumulaci sněhových srážek tak docházelo pouze v polohách nad 1000 m n. m. a v polovině prosince zde zásoby vody tak dosahovaly cca 100–200 mm (Lett et al. 1993).

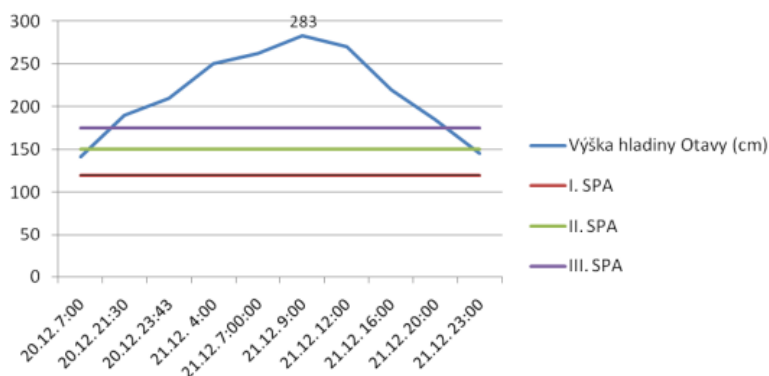
Zásadním okamžikem byl frontální systém spojený s hlubokou cyklónou nad Norským mořem (obr. 14), jehož teplá fronta přecházela přes Šumavu v odpoledních a podvečerních hodinách dne 19. 12. 1993 a přinášela trvalý déšť i v nejvyšších polohách Šumavy. Následně srážky zeslábly/ustály a k jejich zesílení došlo znovu ve druhé polovině noci dne 20. 12., kdy se na území přibližovala studená fronta. Tato čára fronty se zastavila přibližně na hranici Nová Pec – Český Krumlov a na jejích obou stranách (více na studené straně) vypadávaly trvalé srážky ve formě deště, přičemž v nejvyšších polohách to byl déšť se sněhem a v severní části Šumavy částečně i sníh. V teplém sektoru teploty i v 21 hod SEČ přesahovaly 10 °C (např. Vyšší Brod, Český Krumlov) a vítr vanul jihozápadní až západní s rychlostmi 8–15 m/s. Na studené straně se teploty pohybovaly lehce nad nulou a vítr dosahoval rychlostí maximálně 4 m/s. Následně došlo k rozšíření teplého sektoru i do severní části v rámci okludující frontální vlny a studená fronta této vlny pak prošla od západu přes celý region v ranních teplotách 21. 12. a po jejím přechodu došlo k zeslabení srážek. Společně s ochlazením tak odezněly mimořádné odtokové podmínky v oblasti Šumavy (Lett et al. 1993).



Obrázek 14: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpdm) a teplota vzduchu (°C) v této hladině ve dnech 20. 12. 1993 v 00 UTC (vlevo) a 21. 12. 1993 v 00 UTC (vpravo); zdroj: Wetter3.de (2023)

Celá situace byla významná z hlediska množství srážek. Ve dni 20. 12. 1993 tak mnoho stanic překročilo prosincová jednodenní maxima úhrnů srážek. Za zmínku stojí denní maximum srážek na českých stanicích, které bylo naměřeno na Kvildě, a to 94,4 mm. I další stanice pak zaznamenaly úhrny mezi 70 a 80 mm. Mimořádná intenzita srážek tak souvisela s výstupnými pohyby podél frontálního rozhraní (Lett et al. 1993). Pokud se vzdálíme ze Šumavy, tak ve Francii maximum dvoudenních úhrnů srážek přesahovalo 100 mm (Barredo 2007).

Významnější zásoby sněhu byly před začátkem intenzivní srážkové události pozorovány pouze na pohraničním hřebeni Šumavy. Zároveň ale kvůli srážkám v průběhu celého prosince byla oblast poměrně vysoce nasycena, a tedy měla nižší retenční schopnosti. V kombinaci s výše zmíněnými meteorologickými podmínkami to způsobilo povodeň, která ve vrcholových částech Šumavy přesahovala 100leté hodnoty (Lett et al. 1993); stejně tak tomu bylo v některých částech Německa (Barredo 2007). Nárůst hladin vodních toků byl v různých částech Šumavy postupný. Jako první se zvyšovaly průtoky tam, kde byla v povodí sněhová zásoba, a to již 19. 12. v odpoledních hodinách. Následovaly další povodí Šumavy. Délka trvání povodně poté byla různá. Nejkratší dobu trvání zaznamenala Vydra, kdy stavy klesly pod povodňové ohrožení už 22. 12., naproti tomu povodeň v Bechyni pak trvala dva týdny (Lett et al. 1993). Průběh vodního stavu lze pozorovat na obr. 15. Mimo českou oblast způsobily silné deště v kombinaci s táním sněhu povodně třeba taky na řekách Mosela, Oise, Mába Neckar a Rýn (Barredo 2007; Schwanke et al. 2009) a Dunaj (Caspary 1995). V celé Evropě pak byly zaznamenány škody v hodnotě kolem 2 mld. \$ (Caspary 1995; Barredo 2007).

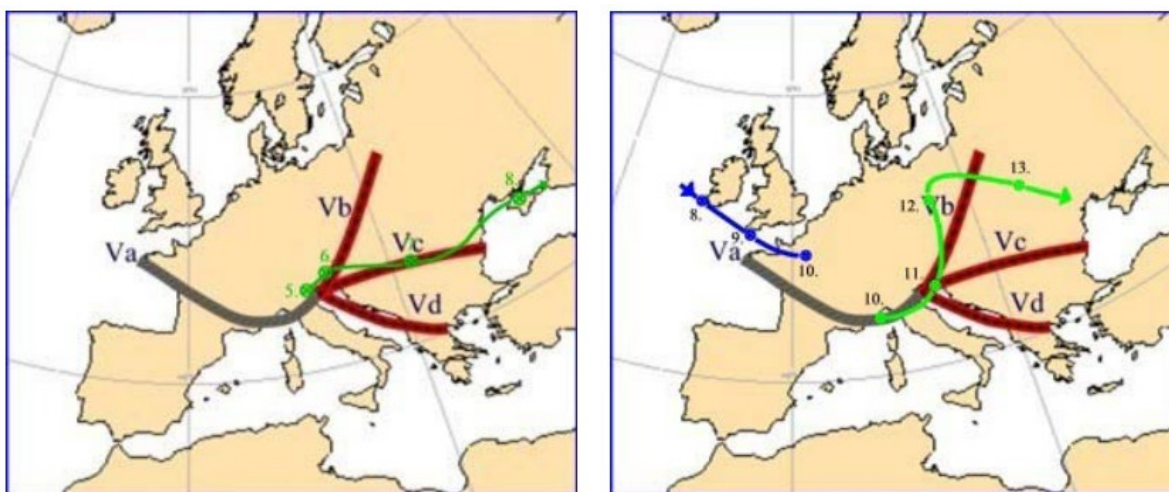


Obrázek 15: Výška hladiny Otavy v cm v Sušici v době 20. – 21. 12. 1993; zdroj: Potužáková (2011)

Pokud bychom měli celý typ události zgeneralizovat, pak se jedná o zimní události převážně s povětrnostní typem Wc nebo NWc (Severozápadní cyklonální situace), které kombinují silné srážkové úhrny (v důsledku rychle postupujících front) spolu s táním sněhové pokrývky ve vyšších nadmořských výškách (Vlasák 2007). Mírné teploty a vysoké nasycení půdy pak mohou za působení silného deště způsobit extrémní povodňové stavy nejen v oblasti Šumavy. V Německu bychom tomu mohly připodobnit povodně v únoru 1990 či lednu 1995 (Caspary 1995).

### 3.3.2 Srpen 2002

Již od června převládalo ve střední Evropě meridionální proudění nad zonálním. Nad severní Evropou vznikaly tlakové výše, a díky tomu byla frontální zóna až nad Středozemním mořem. Tato frontální zóna začínala již v oblasti Pyrenejského poloostrova, mířila přes Středomoří a dále k východu. Důležitým faktorem bylo i výrazné teplotní rozhraní mezi severní Afrikou a západní Evropou, které způsobilo vznik frontální oblačnosti. Na frontě se pak 6. srpna mohla vytvořit vlna s mělkou tlakovou níží postupující k severovýchodu (dráha Vb viz obr. 16) a již nad Pádskou nížinou začala okludovat (Sandev et al. 2002).

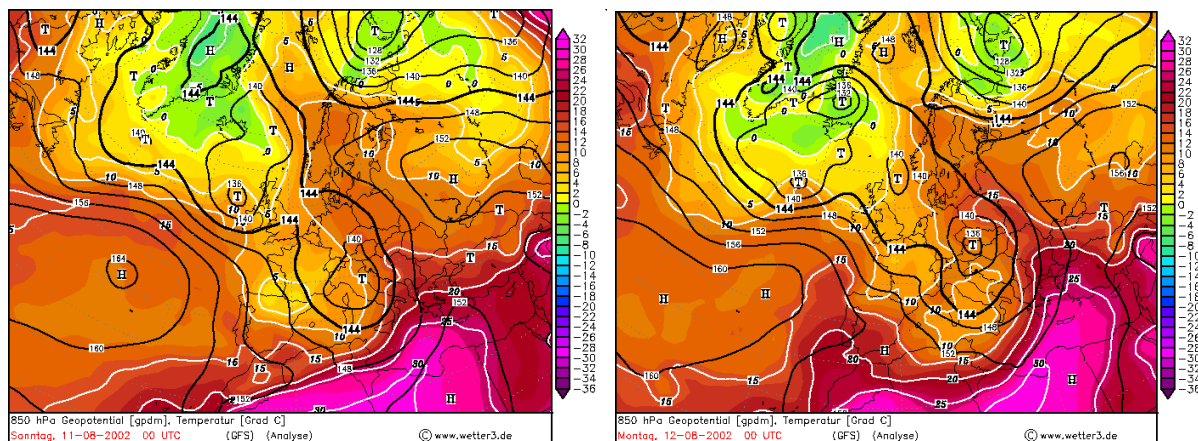


Obrázek 16: Postup středu tlakové níže v průběhu první (vlevo) a druhé (vpravo) vlny srážek; zdroj: Sandev et al. (2002)

Tlaková níže se prohlubovala v přízemních i vyšších vrstvách a srážkové pásmo postupovalo přes severní Itálii nad Bavorsko a Rakousko. V odpoledních hodinách pak dosáhl vydatný trvalý déšť i jižní Čechy. Následujícího dne cyklona nadále okludovala a držela se na území jižních Čech. Zde zapůsobil i návětrný efekt od severovýchodu a nejvyšší srážkové úhrny tak byly zaznamenávány ve vyšších polohách Šumavy i Novohradských hor. Během večerních hodin se pak cyklona začala přesouvat k jihovýchodu a srážky v jižních Čechách začaly slábnout (Sandev et al. 2002).

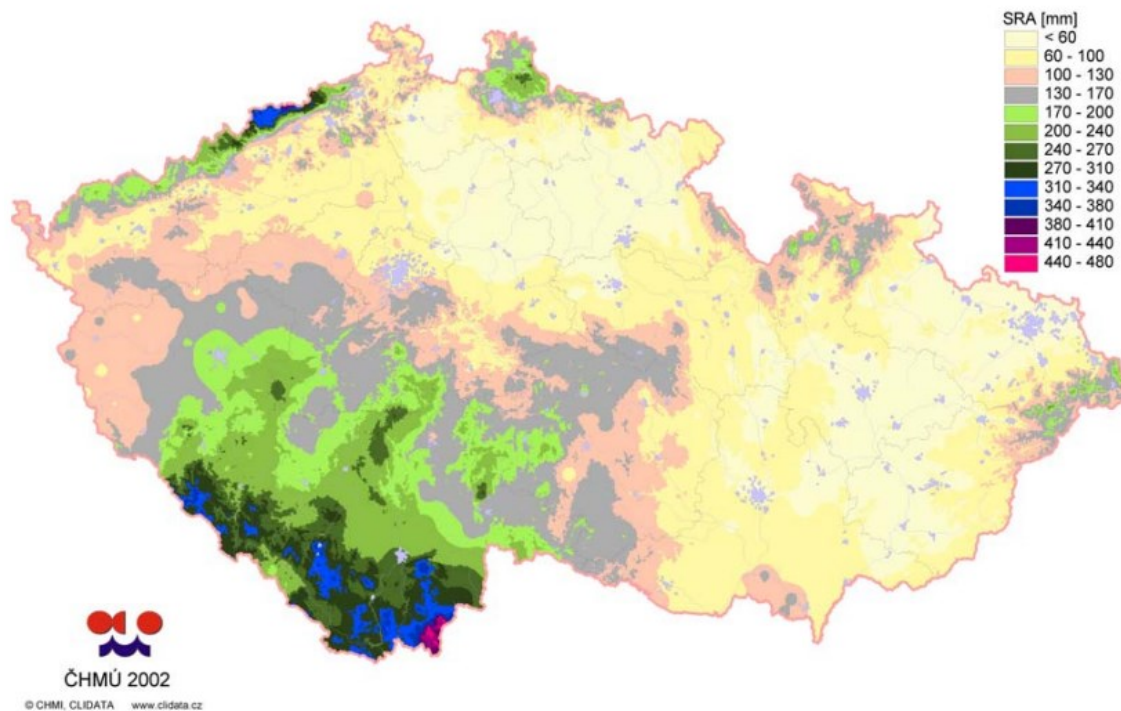
Druhá srážková epizoda měla stejný charakter jako ta první a započala frontálním systémem směřujícím nad Středozemní moře již 7. srpna, kdy první vlna teprve opouštěla střední Evropu. Nad Středomořím výrazně zmohtněla oblačnost. Večer 10. srpna se pak vytvořila nová tlaková níže nad Janovským zálivem a severním směrem pak zasahovalo frontální rozhraní (viz obr. 17). Následujícího dne se tlaková níže již nad severní Itálií začala prohlubovat a spirálovitě se stáčet. Zároveň ale vznikl nový střed na Pádskou nížinou, který

se v průběhu dne začal posouvat k severovýchodu a později severu a přibližovat se tak k Česku a srážky tak začaly ovlivňovat toto území již v poledních hodinách 11. srpna. Nutno dodat, že intenzita vrstevnatých srážek byla velmi silná a do toho se objevovaly i bouřky (Rudolf a Rapp 2003; Sandev et al. 2002).



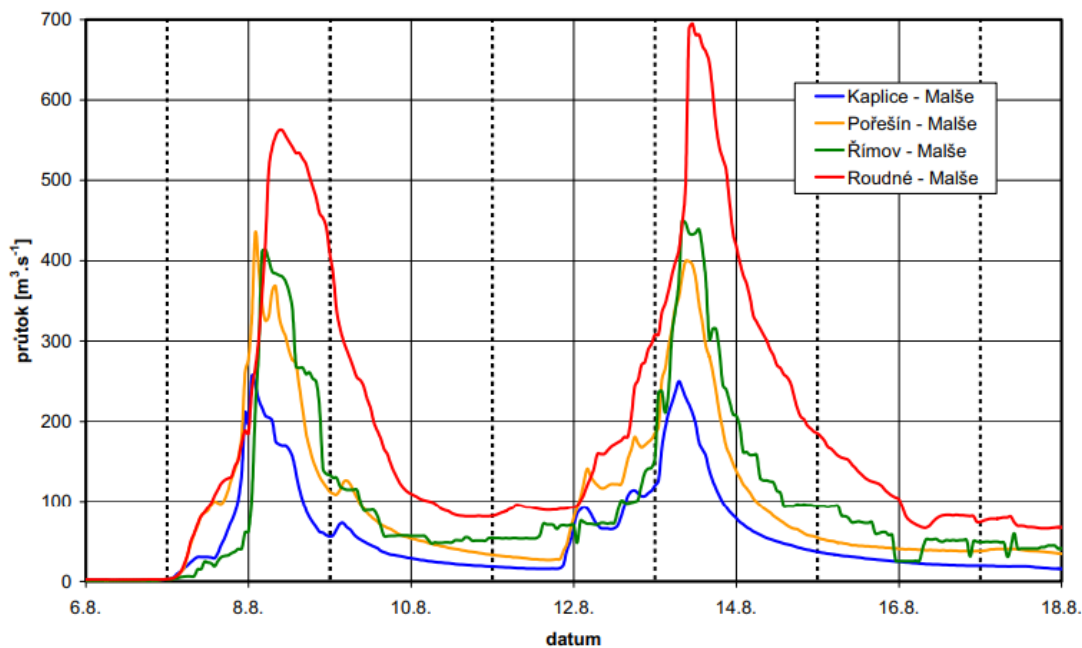
Obrázek 17: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpdm) a teplota vzduchu (°C) v této hladině ve dnech 11. 8. 2002 v 00 UTC (vlevo) a 12. 8. 2002 v 00 UTC (vpravo); zdroj: Wetter3.de (2023)

Dne 12. srpna už střed přízemní tlakové níže ležel nad jihem Česka. Mimořádná intenzita srážek byla pak způsobena výraznými rozdíly v teplotách na frontách. Tlaková níže se pak pohybovala přes území Česka a s ní spojená okluzní fronta tak setrvala na území Čech poměrně dlouhou dobu a způsobovala výrazné srážky na většině území Čech. Ty byly opět nejvíce zesíleny návětrným efektem v oblasti Šumavy, Novohradských hor, Brd a Krušných hor (Müller a Kakos 2003; Sandev et al. 2002) viz obr. 18. Do půlnoci 13. srpna se pak střed tlakové níže poměrně rychle přesunul nad Polsko (Müller a Kakos 2003) a nad Česko se začal pomalu rozšiřovat výběžek vyššího tlaku vzduchu ze západní Evropy a s tím souviselo slábnutí a následné ustání srážkové činnosti v oblasti Šumavy (Sandev et al. 2002).



Obrázek 18: Mapa úhrnů srážek v Česku za období od 6. do 15. srpna 2002; zdroj: Květoň et al. (2002)

Jelikož se jednalo o dvě po sobě jdoucí intenzivní srážkové události, tak tato událost měla katastrofickou povodňovou odezvu (Barredo 2007), úhrny srážek při obou srpnových událostech totiž přesahovaly na některých českých, německých i rakouských stanicích 100 mm/den. Obě tlakové níže postupovaly pouze pomalu přes naše území, a tedy období trvalých srážek trvalo poměrně dlouho. Po první vlně navíc došlo k nasycení půdního profilu v jižních Čechách a v druhé vlně tak půda neměla dostatečné retenční možnosti, aby pojmula značnou část srážek a ty se tak začaly koncentrovat převážně do koryt vodních toků (Müller a Kakos 2003; Sandev et al. 2002). Nejprve došlo k rychlým a prudkým přívalovým povodním na malých a středních povodích horských přítoků velkých řek a na horních tocích hlavních řek (Kundzewicz et al. 2005). Dalším faktorem byla ohromná plocha zasažena silnými srážkami (Barredo 2007). První vlna povodní tedy zasáhla převážně jižní Čechy, druhá již téměř celé povodí Vltavy včetně jejích přítoků (Sandev et al. 2002), viz obr. 19. Celkově rozsáhlé povodně byly ještě na řece Labi (v Česku i Německu) a dále v některých regionech Rakouska (např. Salzburg) (Barredo 2007). Škody se vyšplhaly přes 15 mld. euro a povodňová událost se tak v Evropě stala rekordní z hlediska ekonomického (Rudolf a Rapp 2003).

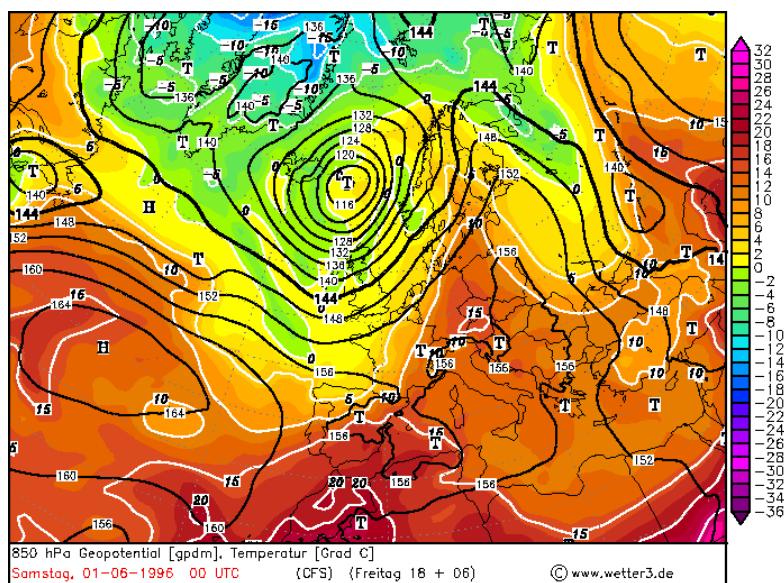


Obrázek 19: Průtoky na Malši ve dne 6. 8. – 18. 8. 2002; zdroj: Šercl et al. (2002)

Tato událost reprezentuje převážně jarní/letní srážkové události spojené často s povětrnostním typem C nebo Ec. Typická je blokující anticyklóna nad severní Evropou a tu doplňující tlaková níže pohybující se po tzv. dráze Vb (viz obr. 9) (Brázdil a Štekl 1986). Tyto srážkové události mají často dostatek vlhkosti, mohou zasáhnout rozsáhlé území a při pomalém pohybu cyklony srážky trvají i dostatečně dlouho na to, aby vyvolaly následně rozsáhlé povodně na území Šumavy (i celkově Česka). Podobná situace nastala také například v červnu 2013 (ČHMÚ 2023a).

### 3.3.3 Červen 1996

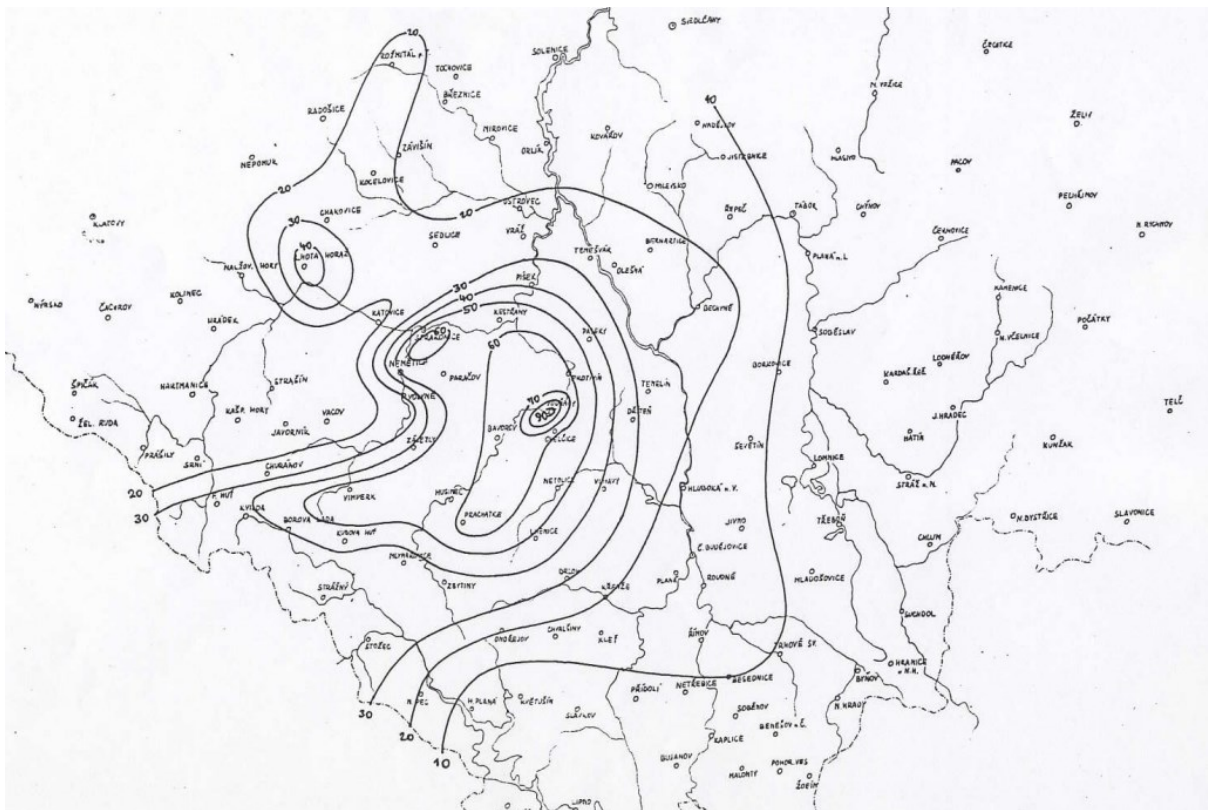
Následující text vychází ze zprávy Křivancová et al. (1996). Počasí na Šumavě na konci přelomu května a června 1996 bylo ovlivňováno prohlubující se brázdou nízkého tlaku vzduchu (obr. 20) přecházející od Beneluxu přes západní Německo k východu. Zároveň ve večerních hodinách postoupila i zvlněná studená fronta. Mezitím se v přízemní vrstvě v jižních Čechách drželo slabé jihovýchodní až východní proudění a během odpolední hodin vrcholil příliv teplého vzduchu, který způsoboval teploty v hodnotách 28–30 °C na většině území regionu.



Obrázek 20: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpm) a teplota vzduchu dtto (°C) ve dne 1. 6. 1996 v 00 UTC; zdroj: Wetter3.de (2023)

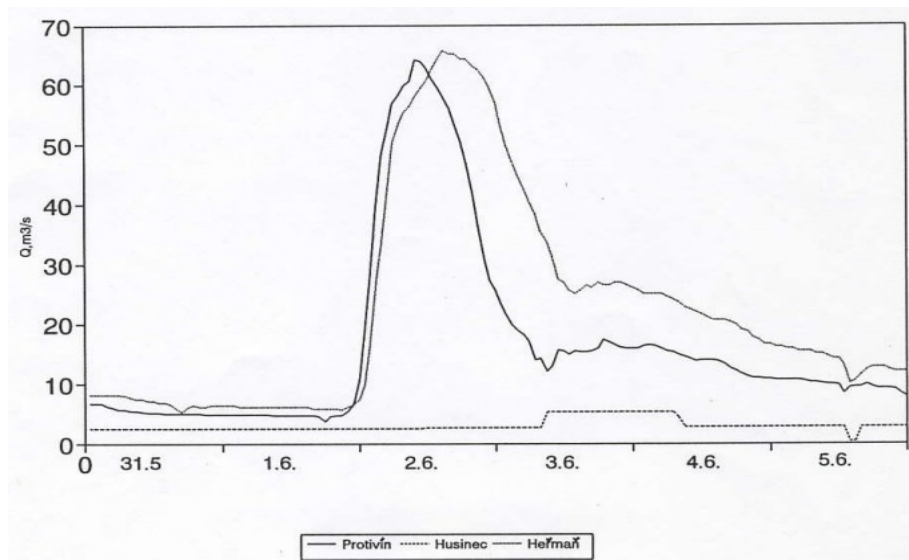
Stejně tak se v odpoledních hodinách začaly nad Horním Rakouskem, následně i nad Bavorskem objevovat jednotlivá bouřková jádra, která měla poměrně rychlý vývoj i výškový postup. Jádra, která následně vznikala nad Bavorskem a Šumavou byla četnější, ale prostorově méně rozsáhlá. Po přechodu šumavského hřebene se některá jádra dokonce spojovala a některá se vířivým pohybem mohla pohybovat i zpět k hřebeni Šumavy, což bylo nejspíš důvodem vysoké srážkové intenzity v závětrné části Šumavy z pohledu převládajícího západního proudění.

Část Šumavy tak zasáhlo několik bouřkových jader, kdy intenzivněji začalo pršet kolem 21:30 a déšť končil přibližně v 1:20 dne 2. 6. 1996. Důležité jsou především dvě intenzivnější fáze, kdy během krátké doby byly zaznamenány extrémní srážkové úhrny (např. v Husinci za 20 minut 21 mm a ve Vimperku za 7 minut 11 mm). Druhá fáze byla kolem půlnoci, kdy Husinec zaznamenal dalších 16 mm během 10 minut a Vimperk 13 mm za 16 minut. Celkové úhrny pak byly maximální v prostoru mezi Prachaticemi a Strakonícemi, kdy se čísla pohybovaly v rozmezí 50–60 mm (obr. 21). Úplné maximum potom vykázala stanice ve Vodňanech, kde bylo naměřeno dokonce 91 mm srážek. Předpovídané úhrny přitom byly v této oblasti pouze cca 10 mm, některé modely uváděly pouze 1–5 mm.



Obrázek 21: Izohyety srážkového úhrnu ze dne 1. 6. 1996 (od 8.00 1. 6. do 8.00 2. 6. SELČ); zdroj: Křivancová et al. (1996)

Z hydrologického hlediska byla postižená oblast poměrně nasycena, a tedy i při nepřilíh extrémních úhrnech mohlo dojít k významnějšímu zvýšení odtoku. Protože se ovšem jednalo o přívalový déšť, který měl vysokou intenzitu a zároveň byl poměrně plošně rozsáhlý a trval i delší dobu, tak došlo k zvednutí hladin převážně povodí Blanice (konkrétněji jejich levých přítoků) a Volyňky. Povodňová vlna pak měla velmi strmý počátek a mírnější pokles (převážně pak na dolním povodí řeky Blanice), jak je vyobrazeno na obr. 22. Pro nejvíce postižené oblasti lze pak usuzovat, že se jednalo o povodně s dobou opakování 50 a místy i 100 let, což již představuje katastrofální rozvodnění. Nejvíce zasaženou oblastí se tak stal nejspíš jihozápadní okraj města Vodňany.



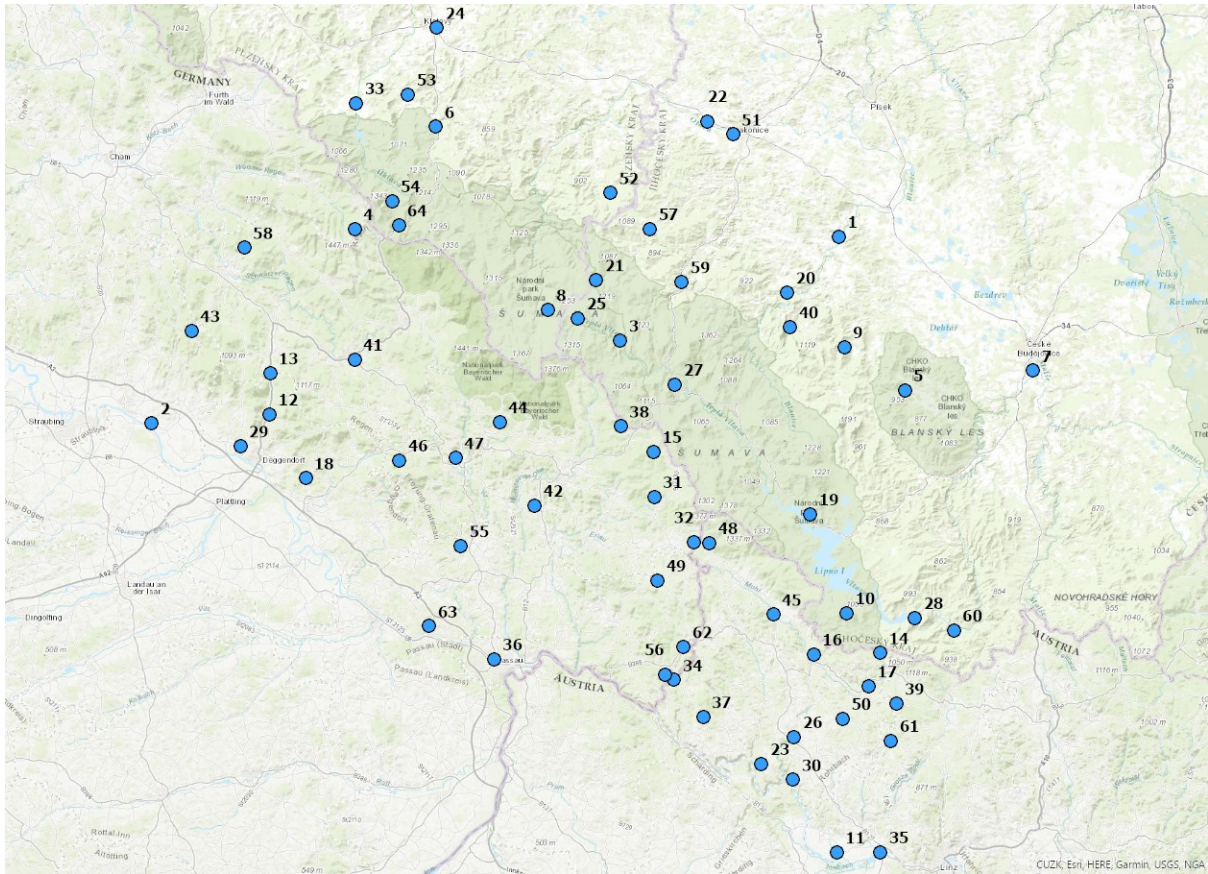
Obrázek 22: Průtoky na řece Blanici mezi dny 31. 5. 1996 - 5. 6. 1996; zdroj: Křivancová et al. (1996)

Takový typ událostí se pojí především s letními konvektivními bouřemi v oblasti podhůří, které jsou spojené s vysokou instabilitou atmosféry, vysokou teplotou a stříhem větru ve vyšších hladinách atmosféry. Typická bývá i brázda nízkého tlaku vzduchu postupující od západu a spojená se zvlněnou studenou frontou (Řezáčová et al. 2007). Svůj význam mají především na lokální úrovni, kde mohou způsobovat přívalové povodně (Kron 2005). Z oblasti Šumavy můžeme zmínit dále třeba srpen 2001, červen 1995, 2019 a 2022 (ČHMÚ 2023a).

## 4. Fyzickogeografická charakteristika zájmového území

V této kapitole budou stručně popsány fyzickogeografické charakteristiky Šumavy, které přímo souvisejí se vznikem silných srážek, anebo ty, které jsou spojeny s dopady silných srážkových událostí. Poměrně detailní popis části zájmového území byl již zpracován v bakalářské práci Králová (2020).

Zájmové území bylo vymezeno subjektivně s přihlédnutím k rozmístění případných srážkoměrných stanic. V Česku byla za hranici zvolena dopravní komunikace Klatovy–Strakonice–České Budějovice. Z Českých Budějovic byla vedena přímá linie k Vyšebrodskému průsmyku nacházejícím se na hranicích s Rakouskem a odtud po řece Große Rodl až po veletok Dunaj. Dunaj je přirozenou fyzickogeografickou hranicí po celém jihozápadním až severozápadním okraji zájmového území. Severozápadní ohraničení zájmového území bylo odděleno od Dunaje přibližně u města Bogen, odkud byla hranice směřována přímou linií zpět přes české Nýrsko až do severovýchodních Klatov (obr. 23). Hranice oblasti byly zvoleny tak, aby v zájmovém území mohl být dobře pozorován návětrný a závětrný efekt ve všech třech státech jak při převažujícím západním proudění, tak i u ostatních typů povětrnostních situací. Celkem tak do zájmového území spadá 64 stanic (konkrétní výpis stanic nalezneme v příloze 1), které zároveň splňují i další kritéria popsaná v kapitole 5.2 týkající se dat a metod jejich zpracování.



Obrázek 23: Umístění srážkoměrných stanic v zájmovém území; pro vysvětlení čísel, viz přílohu 1

## 4.1 Geomorfologické uspořádání

Geomorfologické uspořádání je důležitým fyzikogeografickým faktorem, který určuje klima. Jsou to totiž právě orografické celky, které v zájmovém území mají jeden z největších vlivů na denní i roční srážkové úhrny. Naše zájmové území je již natolik rozsáhlé, že je zde zastoupeno několik geomorfologických celků, které je vhodné v hrubých rysech zmínit a částečně popsat. Dobré je také zmínit, že celé pohoří Šumava se táhne od severozápadu na jihovýchod. Pohoří je navíc tvořeno megaantiklinálními hřbety, které oddělují megasyklinální sníženiny (Demek et al. 2014).

Nyní se zaměříme na geologický vývoj oblasti České vysočiny, na které se rozprostírá celé zájmové území. Česká vysočina je prvohorního stáří a vznikla při tzv. hercynském vrásnění v geologickém období karbon. Následoval druhohorní klid a třetihorní dotvarování do podoby kotliny s okrajovými pohořími (Demek et al. 2014). Reliéf byl poté ještě významně formován v době alpinského vrásnění v třetihorách a střídáním dob ledových a meziledových ve čtvrtohorách, kdy do oblasti sice nezasahoval pevninský ledoec, ale

důkazy o horském pleistocenním zalednění můžeme v krajině pozorovat dodnes (Czudek 2005).

Česká vysočina, která je morfostrukturně nazývána Českým masivem, se dále dělí na několik menších podoblastí. Z geomorfologického hlediska se zájmové území skládá především z celků Šumava a Šumavské podhůří a z nepatrné části ještě Českobudějovické pánve, Blatenské pahorkatiny a Švihovské vrchoviny na české straně (Demek et al. 2014). Na území Německa leží celá část zájmového území na geomorfologické jednotce zvané Bavorský les (což je v podstatě jen jiné pojmenování Šumavy), který můžeme dále dělit na ještě menší celky. Stejně je tomu i na rakouské straně, kde Král (1999) označuje celou část zájmového území jedním termínem – Šumava. Jihozápadní hranici těchto celků pak tvoří řeka Dunaj, stejně jako je tomu u vymezení zájmové oblasti.

Většinu území zaujímají hornatiny a vrchoviny, které jsou definovány výškovými rozdíly na území 4×4 km 30–300 m, to nám dává informaci o značné členitosti reliéfu (Demek et al. 2014). Dalším ukazatelem jsou nadmořské výšky zvolených srážkoměrných stanic, které se pohybují v rozmezí od 260 m n. m. u rakouské stanice Goldwörth do 1117 m n. m. u české stanice Churáňov, přičemž pro porovnání nejvyšším vrcholem Šumavy je Große Arber (1456 m n. m.).

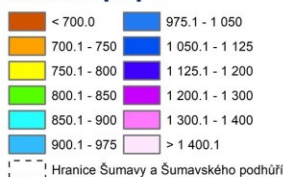
## 4.2 Klima

Při zaměření se na úhrny srážek můžeme pozorovat výrazné rozdíly na poměrně malých vzdálenostech (obr. 24). Zatímco vrcholové části Šumavy při hranicích s Německem (převážně oblast Modravy a Březníku) vykazují pravidelně roční úhrny srážek vyšší než 1400 mm, tak východní okraj podhůří klesá až pod 700 mm. Kdybychom to měli porovnávat s ročním českým průměrem, který činí cca 670 mm, dojdeme k závěru, že oblast Šumavy bude z většiny srážkově nadprůměrná. Průměrná roční teplota je vzhledem k nadmořské výšce zhruba v rozmezí 3–6 °C, ale je důležité brát zřetel i na mrazové kotliny, které se zde vyskytují, kde mohou ranní teploty i ve vrcholném létě dosahovat záporných hodnot typicky v okolí Horské Kvildy. Na Horské Kvildě zároveň byla naměřena absolutní minima denních teplot v pěti z dvanácti měsíců v roce, další 2 minima pak připadají další oblasti na Šumavě, a to Rokytské slati (NP Šumava 2023; ČHMÚ 2023b).

## Srážkové poměry ŠUMAVY

Průměrný roční úhrn srážek  
v období let 2000 - 2019

Úhrn srážek [mm]

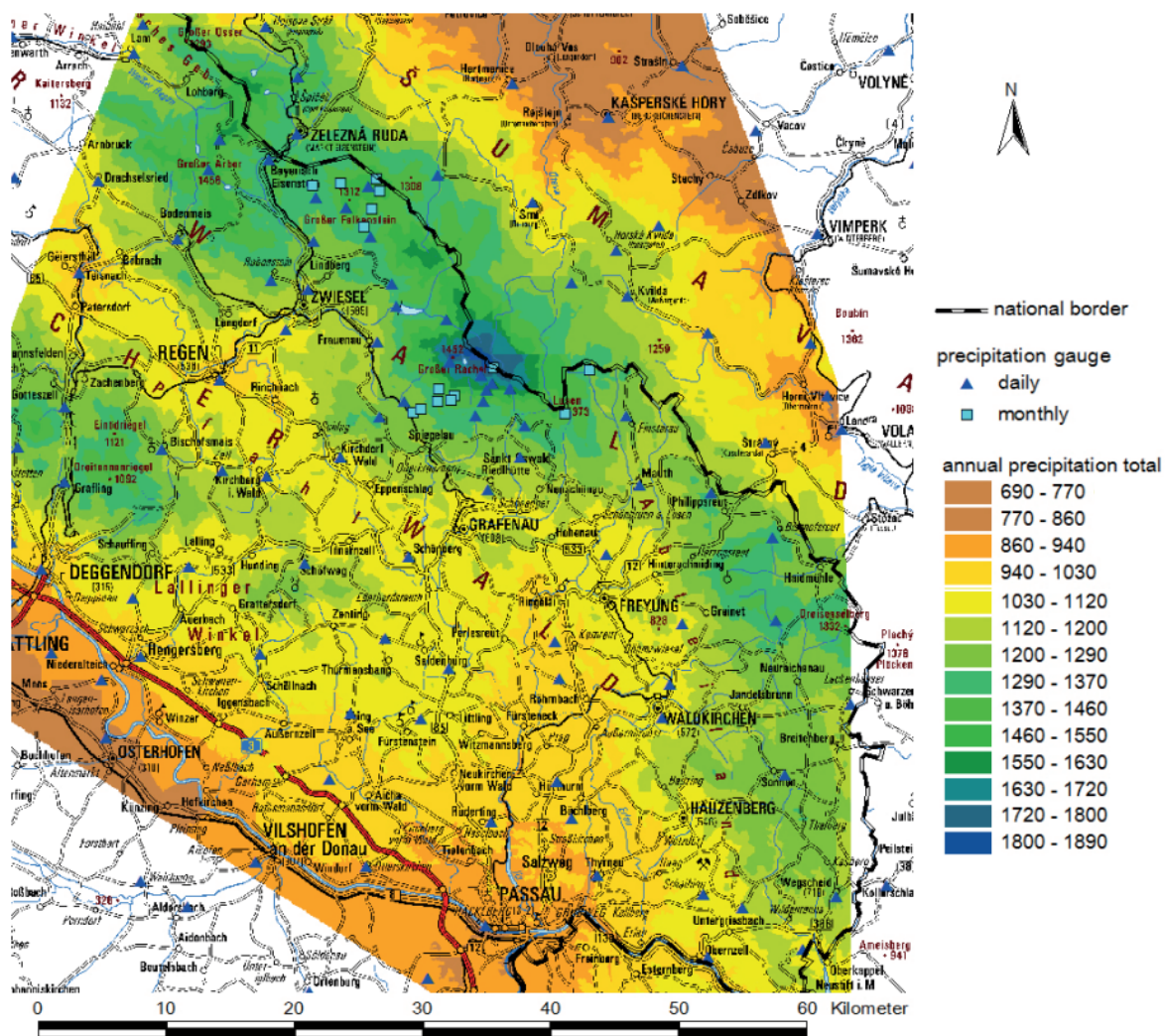


0 10 20 km

1. Špičák 1450,8 mm	11. Jelení 975,7 mm	21. Rožmitál na Šumavě 772,9 mm	31. Slavkov 702,9 mm
2. Prášíly 1379,6 mm	12. Borová Lada 965,5 mm	22. Lipno 767,9 mm	32. Křemže 689,4 mm
3. Železná Ruda 1209,2 mm	13. Strážný 957,2 mm	23. Prachovice 766,5 mm	33. Sušice 678,6 mm
4. Kvilda 1177,6 mm	14. Stožec 952,5 mm	24. Černá v Pošumaví 747,0 mm	34. Červený Dvůr 673,2 mm
5. Filipova Huť 1127,6 mm	15. Čachrov 893,3 mm	25. Strážov 746,8 mm	35. Český Krumlov 665,0 mm
6. Horská Kvilda 1123,4 mm	16. Kašperské Hory 830,0 mm	26. Vacov 744,7 mm	36. Zálezly 651,0 mm
7. Hojsova Stráž 1091,9 mm	17. Zbýtiny 809,2 mm	27. Přídolí 744,6 mm	37. Volyně 641,9 mm
8. Churáňov 1058,3 mm	18. Frantoly 782,5 mm	28. Vyšší Brod 744,0 mm	38. Vlkonice 639,7 mm
9. Srní 1006,8 mm	19. Vimperk 777,3 mm	29. Strašín 737,0 mm	39. Bavorov 637,7 mm
10. Kubova Huť 983,6 mm	20. Ktiš 773,1 mm	30. Husinec 709,8 mm	40. Strakonice 628,0 mm
			41. Chelčice 625,9 mm

Obrázek 24: Průměrné roční úhrny srážek v mm na Šumavě v období let 2000-2019; zdroj: Za krásnější Vimperk (2020)

Západ zájmového území, tedy německá (návětrná) část Šumavy je charakteristická ještě vyššími průměrnými úhrny srážek (obr. 25). Běžně se zde roční úhrny dostávají přes hranici 1000 mm, a naopak jen velmi výjimečně a na velmi malé ploše klesají pod 700 mm (Hera et al. 2012). Některé zdroje, například Procházka (2019) nebo Printzen et al. (2002), uvádějí maximální úhrny srážek dokonce kolem hranice 2000 mm/rok ve vrcholových oblastech Šumavy. Fischer et al. (2002) udávají průměrné úhrny srážek pouze 1100–1500 mm/rok. Teplotně se ponejvíc ročními průměry drží do 7,3 °C (Hera et al. 2012). Stejně jako v dalších oblastech světa ve spojitosti s klimatickou změnou i zde můžeme pozorovat vzrůstající trend teploty vzduchu zhruba od přelomu 19. a 20. století (Bässler 2008).



Obrázek 25: Průměrné roční úhrny srážek v mm v Bavorském lese v období let 1980-2015; zdroj: Klöcking (2018)

### 4.3 Hydrologie zájmového území

Hydrologie a klimatologie jsou spolu velmi úzce spojeny. Přesněji vysvětleno klimatické faktory nám přímo určují hydrologické poměry daných lokalit. V zájmovém území, jak již bylo nastíněno v minulé kapitole, můžeme hovořit o nadprůměrných srážkových úhrnech, což potvrzuje i Tolasz (2007), a tak zde vzniká poměrně hustá říční síť především v oblasti Šumavských plání (Albrecht et al. 2003).

Šumava je z hydrologického hlediska podstatná díky rozvodí mezi Severním a Černým mořem, které se táhne přibližně po hlavním hřebeni pohoří (Krause a Margold 2019). Rozvodí se tak z většiny shoduje se státní hranicí s výjimkou Železnorudska, kam nám na území Čech zasahuje povodí Černého moře. Z úvodních informací je dobré zmínit i hydrologický režim, který je pro celou hercynskou střední Evropu (kromě řeky Rýn) tzv. střeoevropský nebo také pluvio-nivální. Řeky svou vodnost tak získávají deštěm a

tajícím sněhem a svou maximální vodnost mají v jarních měsících (Král 1999). Ve vysokých nadmořských výškách se režim toků mění na niválně-pluviální, což upozorňuje na převažující zdroj vodnosti z tuhých sněhových srážek.

Kromě podrobného rozboru poměrů ovlivňujících odtok, které byly popsány v bakalářské práci Králová (2020), se zde trochu více zmíníme ještě o důležité součásti Šumavy, kterou jsou mokřady (obr. 26). Vlhké prostředí, které bylo vždy charakteristické pro Šumavu, prošlo výraznou proměnou. V minulosti zde byly budovány odvodňovací kanály, docházelo k narovnávání toků a postupnému mizení mokřadů. Že se jedná o závažný problém si lidé uvědomili především v druhé polovině minulého století, kdy zde vznikly národní parky Šumava a Bavorský les. V 90. letech pak proběhlo důkladné mapování mokřadů a vznikla dlouhodobá koncepce, která usiluje o jejich revitalizaci. V dnešní době tak probíhá již třetí etapa obnovy mokřadů na Šumavě, kterou představuje přeshraniční projekt LIFE for Mires (Linhart 2021).



Obrázek 26: Mokřad ve vrcholové oblasti Bavorského lesa; zdroj: vlastní foto

## 5. Data a metody zpracování

### 5.1 Zdroje dat

K analýze silných srážkových událostí a k vytvoření členění bylo nejprve třeba získat data o denních srážkových úhrnech ( $R_d$ ) v zájmovém území. Pro české stanice byl zdrojem dat Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) spravující srážkoměrnou síť pro celé území Česka. Data pro německé stanice vycházely z databáze Německé povětrnostní služby. Soubor zkompletovala rakouská data, které poskytuje Hydrografická služba Rakouska. Všechna data jsou pro kohokoliv dostupná online. Rakouská služba ovšem poskytuje data pouze od ledna roku 1971 po prosinec roku 2018, a tedy i takto bylo zvoleno zkoumané období pro tuto práci. Celkově se tedy pracovalo s 64 stanicemi, a to 26 českými, 23 německými a 15 rakouskými stanicemi (viz obr. 23). Následné úpravy dat jsou popsány podrobněji v dalších kapitolách včetně konkrétních zvolených metod.

### 5.2 Výběr srážkových událostí

Prvním krokem úpravy dat bylo vybrání samotných silných srážkových událostí. K tomuto nám pomohl tabulkový procesor Microsoft Excel. Celková časová řada, se kterou se zde pracuje, čítá dohromady 17532 dní. Ne každá stanice ovšem má kompletní časové řady. Byl tedy zvolen práh počtu chybějících úhrnů. Tato hranice byla alespoň 17 000 dní, jelikož následně by již byla nutnost doplňovat značné množství dat a mohlo by dojít ke zvýšení nepřesností. Data u více než 17 000 dnů tak splňovalo výše zmíněných 64 stanic, a to poměrně rovnoměrně rozložených po celém území Šumavy a jejího podhůří.

Dalším faktorem bylo samotné zvolení silných srážkových událostí. Jelikož se jedná o téměř padesátiletou časovou řadu, tak bylo vybráno právě 50 největších srážkových  $R_d$  pro každou stanici zvlášť. To lze zdůvodnit rovnoměrným zastoupením na každé stanici, což v následujících krocích vede k přesnějším výsledkům. Jelikož se některé silné srážkové události na jednotlivých stanicích překrývaly, tak nakonec byl sestaven soubor čítající 683 srážkových událostí, se kterým se pracovalo po celou dobu ve všech následujících krocích.

## 5.3 Doplnění chybějících dat

Jelikož již bylo nastíněno, že ne všechny stanice měly kompletní časové řady, tak nakonec úplná data mělo 534 srážkových událostí, následně 109 srážkových událostí bylo s jedním, 33 událostí se dvěma a 7 událostí se třemi chybějícími údaji. Bylo nutné tedy provést doplnění chybějících dat, aby nedocházelo ke zkreslení. Pro kompletní prostorovou analýzu je totiž potřeba, aby všechny silné srážkové události měly údaje o  $R_d$  ze všech srážkoměrných stanic v zájmovém území.

V prvním kroku z kompletních srážkových událostí byla v excelu vytvořena korelační matice napříč stanicemi, abychom zjistili, které dvě stanice spolu mají nejvíce podobné hodnoty denních úhrnů srážek při jednotlivých událostech. Nutno podotknout, že tato korelace nemusí být vždy oboustranná. Následovalo samotné doplnění dat (hodnot  $R_{dd}$ ), která vycházelo vždy z kompletní řady silných srážkových událostí. Odtud byla vytvořena rovnice lineární regrese, která představuje nejjednodušší způsob aproximace dat založené na metodě nejmenších čtverců, ve tvaru:

$$R_{dd} = a_i \cdot R_{di} + b_i \quad (1)$$

kde  $R_{di}$  je  $R_d$  na nejvíce korelované stanici vůči  $i$ -té stanici a  $a_i$ ,  $b_i$  jsou konkrétní koeficienty rovnice pro  $i$ -tou stanici. Na takto zkompletovaném souboru dat jsou dále založeny veškeré výpočty popisované níže.

## 5.4 Metody analýzy souboru srážkových událostí

### 5.4.1 Rovnoměrnost silných srážkových událostí

Aby bylo možné hodnotit prostorovou rovnoměrnost  $R_d$  při jednotlivé srážkové události, bylo vhodné zavést novou veličinu, kterou jsme si pojmenovali jako prostorová rovnoměrnost, dále jen  $P_r$ . Tento vzorec byl založen na podílu průměrného ( $\bar{R}$ ) a maximálního ( $R_{max}$ )  $R_d$  v rámci vždy jedné silné srážkové události. Tedy:

$$P_r = \frac{\bar{R}}{R_{max}} \cdot 100 \quad (2)$$

Výsledné hodnoty jsou poté v procentech.

## 5.4.2 Výpočet těžiště silných srážkových událostí

Těžiště nám reprezentuje konkrétní bod na Zemi na základě zeměpisných souřadnic. Pro tuto práci nám může takto umístěný bod posloužit k vytvoření soustavy souřadnic (viz podkapitolu 5.4.3), s tím souvisí lepší orientace v prostoru, a také k porovnávání silných srážkových událostí. Nejprve jsme tak vypočítali těžiště všech 64 stanic, které dále označujeme jako  $S_o$  (střed oblasti), pomocí obecného vzorce na výpočet těžiště. Tento střed je určen dvěma souřadnicemi (zanedbáváme nadmořskou výšku, která v tomto případě neudává žádný potřebný doplňující údaj), zvláště tak musíme počítat průměrnou zeměpisnou délku  $x_{so}$  a průměrnou zeměpisnou šířku  $y_{so}$ :

$$x_{so} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; y_{so} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

kde  $x_i$  je zeměpisná délka  $i$ -té stanice a  $y_i$  je zeměpisná šířka  $i$ -té stanice, založené na systému kartézské soustavy souřadnic, a  $n=64$  je počet stanic.

Za účelem prostorové analýzy srážkových úhrnů při jednotlivých srážkových událostech jsme dále pro každou z nich vytvořily samostatné těžiště  $T_u$  (těžiště události). Tento výpočet je o něco komplikovanější, protože zde musí být zohledněny i samotné  $R_d$  na jednotlivých stanicích. Opět jsme počítali jednotlivě zeměpisnou délku  $x_{tu}$  a zeměpisnou šířku  $y_{tu}$ :

$$x_{tu} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{di} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n R_{di}}; y_{tu} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{di} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n R_{di}} \quad (4)$$

kde  $R_{di}$  je denní úhrn srážek na  $i$ -té stanici a  $n=64$  je počet stanic.

## 5.4.3 Silné srážkové události ve vektorovém prostoru

Pro lepší orientaci, a především pro snadnější počítání v zájmovém území, je vhodné vytvořit vektorový (lineární) prostor. Nejprve jsme si nadefinovali lineární soustavu souřadnic. K tomu nám posloužil repér  $R$ :

$$R = (S_o; \vec{e}_1, \vec{e}_2) \quad (5)$$

kde  $S_o$  je počátkem soustavy souřadnic a  $\vec{e}_1$  a  $\vec{e}_2$  jsou vektory kanonické báze, která je volena rovnoběžně se zeměpisnou šířkou a délkou.

Do takto vzniklé soustavy souřadnic jsme vložili veškeré body  $T_u$ . Problémem ovšem je, že jeden šířkový stupeň přepočítanému na km neodpovídá jednomu délkovému stupni přepočítanému na km. Jeden stupeň zeměpisné šířky je všude na zeměkouli roven přibližně

111 km. Pro cca 48–49° s. š., kde se nachází naše zájmová oblast, je ale velikost jednoho stupně zeměpisné délky přibližně 73 km. Nejprve tak muselo dojít k přepočtu ze stupňové míry do eukleidovské metriky, aby bylo možno dále pracovat s vektorových prostorem. Vyjádřeno rovnicí:

$$\begin{aligned}x''_{tu} &= x'_{tu} \cdot 73 \\y''_{tu} &= y'_{tu} \cdot 111\end{aligned}\tag{6}$$

kde  $x'_{tu}$  je zeměpisná délka  $T_u$  ve vektorovém prostoru ve stupních a  $y'_{tu}$  je zeměpisná šířka  $T_u$  ve vektorovém prostoru ve stupních. Výsledná hodnota je vyjádření x-ové a y-ové souřadnice  $T_u$  v km.

Šumava je navíc otočena zhruba o 45° vůči poledníkové síti. Pro naše účely tak došlo k otočení veškerých bodů o  $\alpha = 315^\circ$  (tedy o 45° po směru hodinových ručiček) pomocí vzorce:

$$\begin{aligned}x'''_{tu} &= x''_{tu} \cos \alpha - y''_{tu} \sin \alpha \\y'''_{tu} &= x''_{tu} \sin \alpha + y''_{tu} \cos \alpha\end{aligned}\tag{7}$$

Výsledné body lze zařadit do jednotlivých kvadrantů I-IV dle matematické konvekce, přičemž kvadrant I reprezentuje sever české části Šumavy, kvadrant II severní německou oblast Šumavy, kvadrant III jih německo-rakouské strany Šumavy a kvadrant IV jižní oblast české části Šumavy.

K porovnávání jednotlivých  $T_u$  můžeme zvolit taky jejich vzdálenosti od  $S_o$ . Vzdálenost nám totiž může pomoci s prostorovou analýzou silných srážkových událostí. Jelikož se pohybujeme ve vektorovém prostoru, ke zjištění vzdálenosti nám posloužil vzorec:

$$|T_u S_o| = \sqrt{(x''_{tu})^2 + (y''_{tu})^2}\tag{8}$$

#### 5.4.4 Typizace povětrnostních situací při silných srážkových událostech

Jednou ze základních meteorologických charakteristik, díky které lze analyzovat silné srážkové události je i typizace povětrnostních situací, a proto ji používáme i my pro naši práci. Typizace povětrnostních situací, které dnes používá ČHMÚ (2023c), vychází z práce Brádka et al. (1961), kteří sestavili první typizaci synoptických typů pro území Čech a Moravy. V průběhu let se původní typizace čítající 21 typů rozšířila na dnešních 25 typů povětrnostních situací. Pro naši analýzu byla zvolena nejnovější verze, poskytovaná stránkami ČHMÚ (2023c), kde lze získat i kompletní kalendář povětrnostních situací v Česku/Československu od roku 1946 až po současnost (tedy rok 2022, jelikož je databáze

vydávána vždy za kompletní kalendářní rok) a každá srážková událost byla opatřena konkrétním typem povětrnostní situace. U typu povětrnostní situace Ap (putující anticyklóna) ČHMÚ poskytuje v databázi vícero variant Ap<sub>1</sub>–Ap<sub>4</sub>, pro naše účely ovšem stačí tyto typy sloučit do jednoho. Stejně tak se nezabýváme podrobnějším rozbohem SWc situací (jihozápadní cyklonální situace) a jsou tak také sloučeny do jediné. Kompletní tabulka zkratk a vysvětlivek jednotlivých typů povětrnostních situací používaných v analýze viz tabulku 1.

Tabulka 1: Vybrané zkratky typizace povětrnostních situací; zdroj: chmi.cz

Zkratka	Název
Ap	Putující anticyklóna
B	Brázda nízkého tlaku nad střední Evropou
Bp	Brázda postupující přes střední Evropu
C	Cyklóna nad střední Evropou
Cv	Cyklóna výšková
Ea	Výhodní anticyklonální situace
Ec	Východní cyklonální situace
Nc	Severní cyklonální situace
NEc	Severovýchodní cyklonální situace
NWc	Severozápadní cyklonální situace
Sa	Jižní anticyklonální situace
SEc	Jihovýchodní cyklonální situace
SWa	Jihozápadní anticyklonální situace
SWc	Jihozápadní cyklonální situace
Vfz	Vchod frontální zóny
Wa	Západní anticyklonální situace
Wal	Západní anticyklonální situace letního typu
Wc	Západní cyklonální situace

## 5.5 Klasifikace stanic na základě silných srážkových událostí

K vyjádření odlišností stanic v zájmovém území, které reprezentuje vždy jejich 50 nejsilnějších srážkových událostí, jsou vybrány metody, které pracují s kalendářními dny. Tyto metody jsou schopny vyobrazit sezonalitu, která je jedním z klíčových faktorů, jak vymezit rozdíly mezi jednotlivými stanicemi v zájmovém území.

### 5.5.1 Metoda zastoupení ročních období

První klasifikace byla založena na procentuálním sezonním zastoupení silných srážkových událostí na konkrétní stanici. To nám dávalo informaci o tom, v které části roku lze na dané

stanici očekávat silné srážkové události. V rámci klimatologie ovšem víme, že jaro a podzim jsou považována spíše za přechodná období a nemají úplně jasné charakteristiky. Jedná se tak o přechod mezi chladnou a teplou částí roku. Proto i pro tuto klasifikaci bylo zvoleno základní dělení na teplý půlrok od poloviny dubna do poloviny října a chladný půlrok od poloviny října do poloviny dubna. V rámci těchto období bylo ještě ponecháno vyzdvižení léta v měsících červen–srpen a zimy v rozmezí prosinec–únor.

### 5.5.2 Metoda směrových statistik

Touto metodou jsme schopni převést datum výskytu silné srážkové události do polohy na jednotkové kružnici prostřednictvím polárního souřadnicového systému. Počátek roku byl umístěn do nejsevernějšího bodu kružnice a dny pak následovaly po směru hodinových ručiček. Stejnou metodu ve své práci používají i Čekal a Hladký (2007), kteří ovšem využívají matematické konvekce s počátkem roku v nejuvýchodnějším bodu kružnice a orientaci proti směru hodinových ručiček. Jelikož jsme měli vždy soubor 50 silných srážkových událostí, tak  $R_d$  byly nejprve převedeny na normalizovaná data, označovaná dále jako  $R_n$ . Normalizaci představuje rovnice:

$$R_n = \frac{R_d}{\max(R_d)} \quad (9)$$

kde  $\max(R_d)$  představuje maximální  $R_d$  na dané stanici.

Každé datum dané silné srážkové události bylo nejdřív převedeno na úhlovou hodnotu  $\phi_i$  (v radiánech):

$$\phi_i = GD_i \left( \frac{360}{365} \right) \quad (10)$$

kde  $GD_i$  je datum podle gregoriánského kalendáře. Následně jsme vypočítali x-ovou a y-ovou souřadnici dané události, které byly ještě vynásobeny  $R_n$ :

$$x_n = \cos(\phi_i) \cdot R_n; \quad y_n = \sin(\phi_i) \cdot R_n \quad (11)$$

Pro normalizovaná data se pak počítaly jejich normalizované souřadnice  $\bar{x}_n$  a  $\bar{y}_n$  průměrného data výskytu silných srážkových událostí na dané stanici jako:

$$\bar{x}_n = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k; \quad \bar{y}_n = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_k \quad (12)$$

kde  $\bar{x}_n$  a  $\bar{y}_n$  reprezentují normalizované x-ovou a y-ovou souřadnici průměrného data výskytu silné srážkové události,  $x_k$  je x-ová souřadnice a  $y_k$  je y-ová souřadnice i-té silné srážkové události.

Aby byla hodnota průměrného data vynesena správně, tak zbývalo zjistit souřadnice  $\bar{x}$  a  $\bar{y}$  průměrného data výskytu silných srážkových událostí zbavené normalizace. K tomu pomohl následující výpočet:

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_n}{|\bar{x}_n \bar{y}_n|}; \bar{y} = \frac{\bar{y}_n}{|\bar{x}_n \bar{y}_n|} \quad (13)$$

kde  $|\bar{x}_n \bar{y}_n|$  je vzdálenost souřadnic  $\bar{x}_n$  a  $\bar{y}_n$ . Tato vzdálenost navíc sloužila také jako velikost výsledného vektoru.

## 5.6 Vizualizace sezonního rozdělení silných srážkových událostí

Po vytvoření klasifikací založených na silných srážkových událostech bylo vhodné výsledky vizualizovat, aby bylo možné na první pohled mezi sebou vzniklé klasifikace (a tím pádem i jisté regiony) rozlišit. K tomuto nám posloužilo prostředí ArcGIS Pro, které je zaměřeno právě na vizualizaci dat ve 2D, 3D i 4D a dokáže je i sám analyzovat. V prostředí ArcGIS Pro byly zvoleny pouze nejjednodušší principy, jako je vynesení X a Y souřadnic do mapy, vytvoření koláčových grafů z tabulkových hodnot v přesně zvolených souřadnicových sítích a vytvoření vektorů s předem zadaným směrem a velikostí.

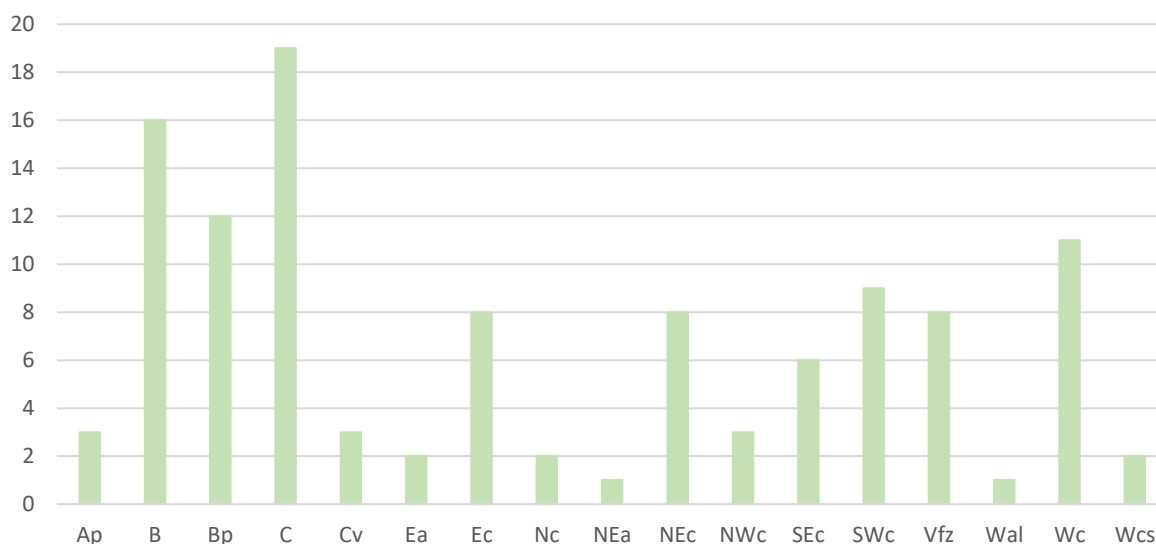
## 6. Analýza silných srážkových událostí v zájmovém území

### 6.1 Analýza sezonního rozdělení silných srážkových událostí

Klasifikace a následná analýza silných srážkových událostí může probíhat na základě různých parametrů. V této kapitole se zaměříme hlavně na jeden z nich, kterým jsou jednotlivá období v průběhu roku. Různá roční doba má za následek také rozdílné charakteristiky jednotlivých silných srážkových událostí. Jelikož s kalendářními dny a s tím spojenými ročními obdobími pracujeme i v rámci pozdějšího členění, tak si v následující kapitole tyto rozdíly rozebereme poměrně podrobně.

#### 6.1.1 Jarní události

Prvním obdobím je jaro, které v našem textu reprezentují měsíce březen–květen. Jarních silných srážkových událostí je celkem 114, a je to tak druhé nejpočetnější období. Přibližně v době, kdy začíná astronomické jaro, tedy okolo 21. 3., dochází také k přelomu převládajícího typu povětrnostních podmínek ze západního proudění typu Wc, Wcs a NWc na typy B, Bp, C, Bp, SWc a další (viz obr. 27). Zde se nám ukazuje, že jaro je v rámci meteorologie spíše přechodné období mezi chladnou a teplou částí roku.



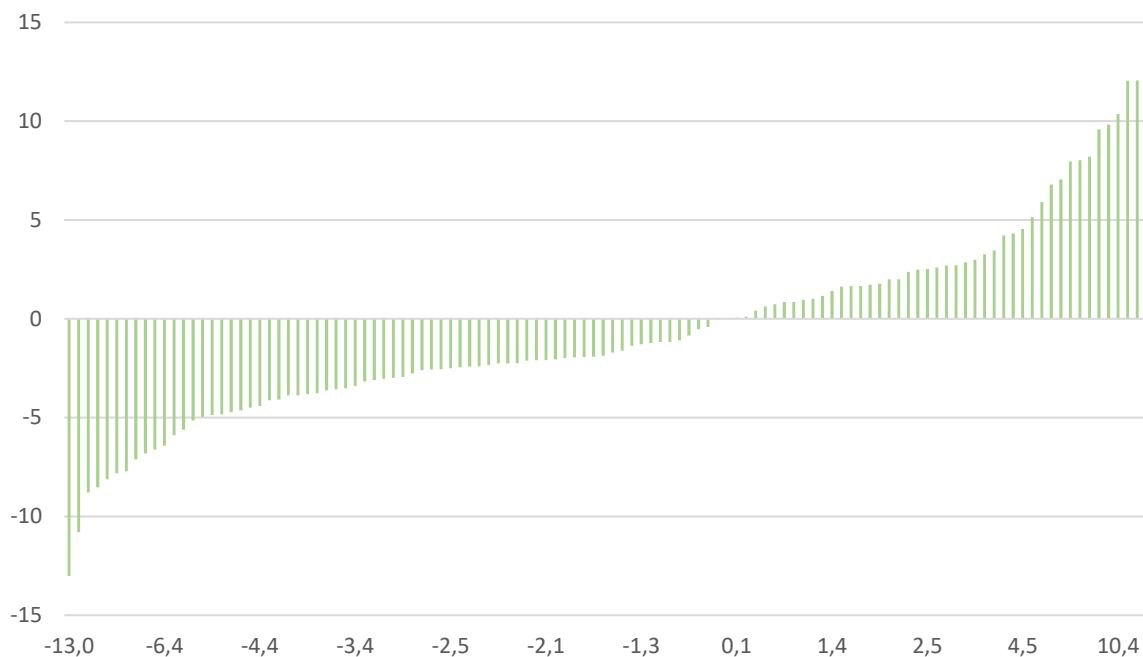
Obrázek 27: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v jarním období

Průměrná hodnota  $\bar{R}$  dosahuje 15,8 mm a  $R_{\max}$  přesahuje pouze ve dvou případech 100 mm. Zajímavější zde ovšem je se soustředit na  $P_r$ , kdy se pohybujeme v rozmezí 2–57 % a průměr pak činí 29 %. Čím je tato hodnota vyšší, tím více je daná srážková událost v celém

zájmovém území rovnoměrnější. Pouze čtyři květnové události ovšem přesahují hranici 50 %. Samotný březen má hodnoty  $P_r$  v průměru vyšší (35 %) než zbylé měsíce, značí to menší počet lokálních silných srážkových událostí, které jsou zpravidla napojeny na konvektivní srážky, a s tím související vyšší instabilitu atmosféry, v teplé části roku.

Dalším zajímavým faktorem je sledovat vzdálenosti  $T_u$ . Průměrná vzdálenost  $T_u$  je 10,1 km s jistou odlišností mezi březnem a zbylými měsíci, kdy březen je o poznání méně rozkolísaný a vzdálenosti má celkově nižší. Ovšem když se oprostíme od vzdálenosti a budeme se soustředit pouze na souřadnici  $X$  v rámci  $T_u$ , která reprezentuje posun na severovýchod/jihozápad a tím pádem dává přesnější informace o návětrném a závětrném efektu, tak zjistíme, že můžeme události dělit přibližně podle osy hřebene Šumavy. Jako hraniční jsme si nastavili práh 5 km, který klasifikuje události na české, německo-rakouské a hraniční.

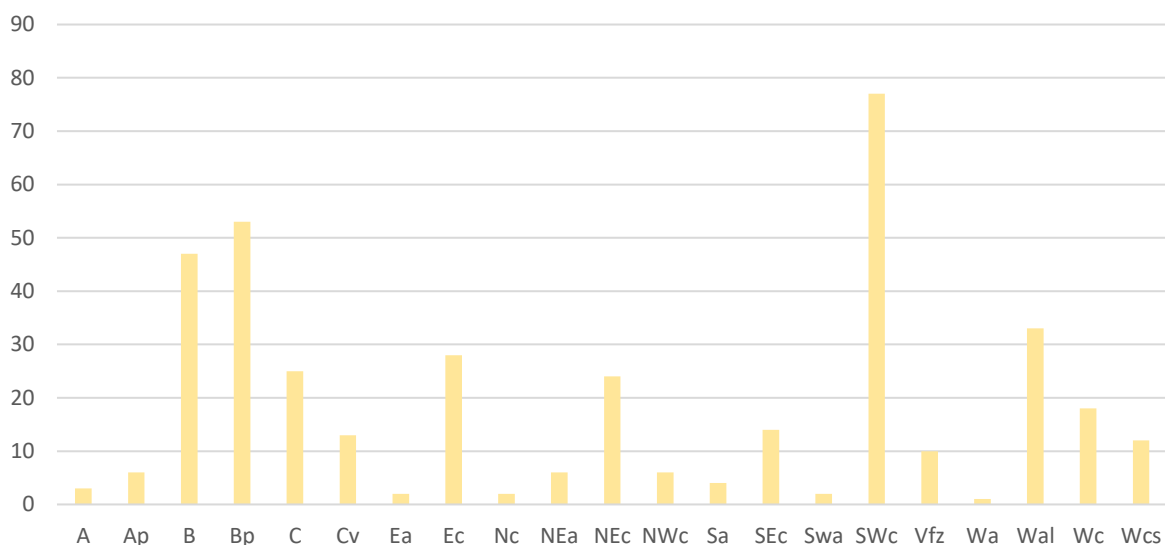
Vzdálenosti od osy  $x$  jsou znázorněny na obr. 28. Českých jarních událostí je celkem 13 a jsou navázány výhradně na měsíce duben a květen. Je zde také výrazně nižší  $P_r$  (pouhých 12 %). Německo-rakouských událostí je 15 a v nemalé míře jsou zde zastoupeny i březnové události související s převažujícím západním typem proudění.  $P_r$  se již blíží celkovému průměru jarního období, konkrétněji je roven 26 %. To samozřejmě symbolizuje prostorově vyrovnanější srážkové události na západním svahu Šumavy. V pohraniční oblasti je koncentrováno 86 hraničních událostí, které svými  $P_r$  v průměru dosahují na 32 %. Fakt, že je tato hodnota z jednotlivých oblastí nejvyšší není překvapující, jelikož pokud je srážka prostorově vyrovnaná, tak své těžiště bude mít přesně na ose. Nejvíce odlehlá  $x$ -ová souřadnice  $T_u$  je v tomto období 13 km západní směrem (obr. 28) ze dne 27. 5. 2018. Závěrem jarní období má zastoupení  $T_u$  v jednoznačný prospěch německo-rakouské strany před tou českou.



Obrázek 28: X-ové souřadnice otočeného  $T_u$  jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění  $T_u$  od osy hřebene v km v jarním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu)

### 6.1.2 Letní události

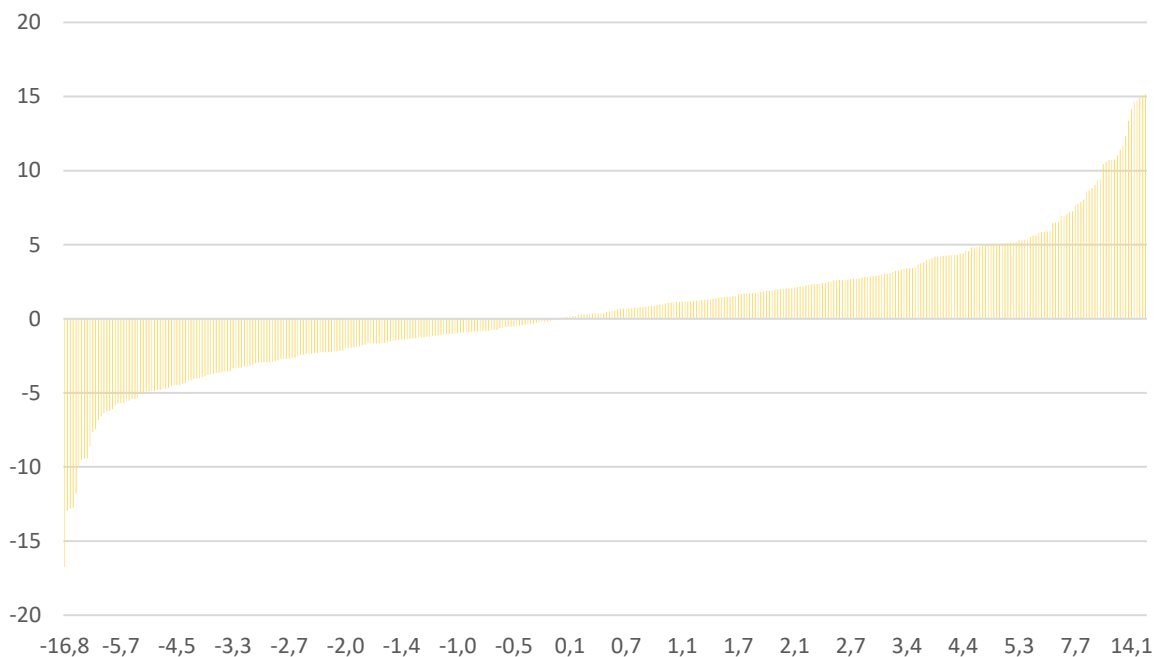
Podle očekávání je v letním období (červen–srpen) nejvyšší počet silných srážkových událostí. Je to způsobeno hlavně tím, že v létě je vzduch schopen pojmout více vzdušné vlhkosti a díky tomu mohou být i srážkové události intenzivnější. Těchto událostí je celkem 386. Hlavními typy povětrnostních situací jsou po celou dobu SWc, B a Bp, za zmínku určitě také stojí typy Ec, C, NEc a Wal (obr. 29).



Obrázek 29: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v letním období

Letní události mají průměrnou hodnotu  $\bar{R}$  14,9 mm a  $R_{\max}$  v jedenácti případech přesahuje hranici 100 mm.  $P_r$  pak činí 27 % a je předzvěstí vyšší prostorové rozkolísanosti. Hodnoty  $P_r$  se skutečně pohybují v rozevřenějším rozmezí, kterým je interval od 2 % do neuvěřitelných 77 %. Více než 50 % zaznamenává dokonce 29 silných srážkových událostí, které tak lze hodnotit jako prostorově velmi vyrovnané. Pokud se ovšem zaměříme na druhou stranu škály, tak celých 48 silných srážkových událostí nedosahuje hodnoty ani 10 %. Na tyto události jsou zároveň poměrně často napojeny anticyklonální povětrnostní typy, což skutečně naznačuje velmi lokální charakter události a s největší pravděpodobností je příčinou takové události letní konvektivní bouře.

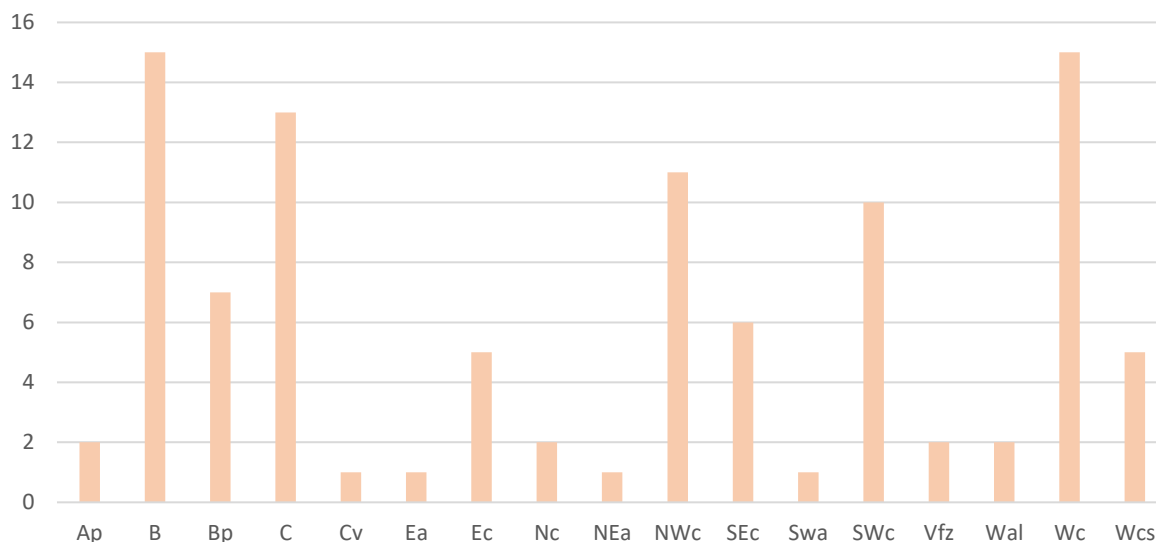
Průměrná vzdálenost  $T_u$  je zde pochopitelně v rámci jednotlivých období nejvyšší, a to 11,0 km. Tentokrát navíc česká oblast shromažďuje výrazně více  $T_u$  než strana německo-rakouská (obr. 30). Dohromady 57 událostí tak lze klasifikovat jako české.  $P_r$  činí pouhých 15 % a s narůstající vzdáleností od osy tento podíl zpravidla klesá. Z povětrnostních typů se v těchto případech setkáváme často s anticyklóny, případně typem Wal. Německo-rakouské události, kterých je celkem 29, mají jen o něco málo vyšší  $P_r$  (přesněji 16 %) a v nejednom případě se nám zde vyskytují i v teplé části roku události spojené se západním typem proudění. Na hraniční události nám tak zbývá 300 případů, které svým  $P_r$  v průměru stoupají k hodnotě 31 % a až na pár výjimek se setkáváme s povětrnostními situacemi typu SWc, B, Bp či C. Nejvzdálenější událostí od osy hlavního hřebene je událost z 8. 6. 2018, jejíž  $x''_{tu}$  je 16,8 km směrem do německo-rakouského vnitrozemí.



Obrázek 30: X-ové souřadnice otočeného  $T_u$  jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění  $T_u$  od osy hřebene v km v letním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu)

### 6.1.3 Podzimní události

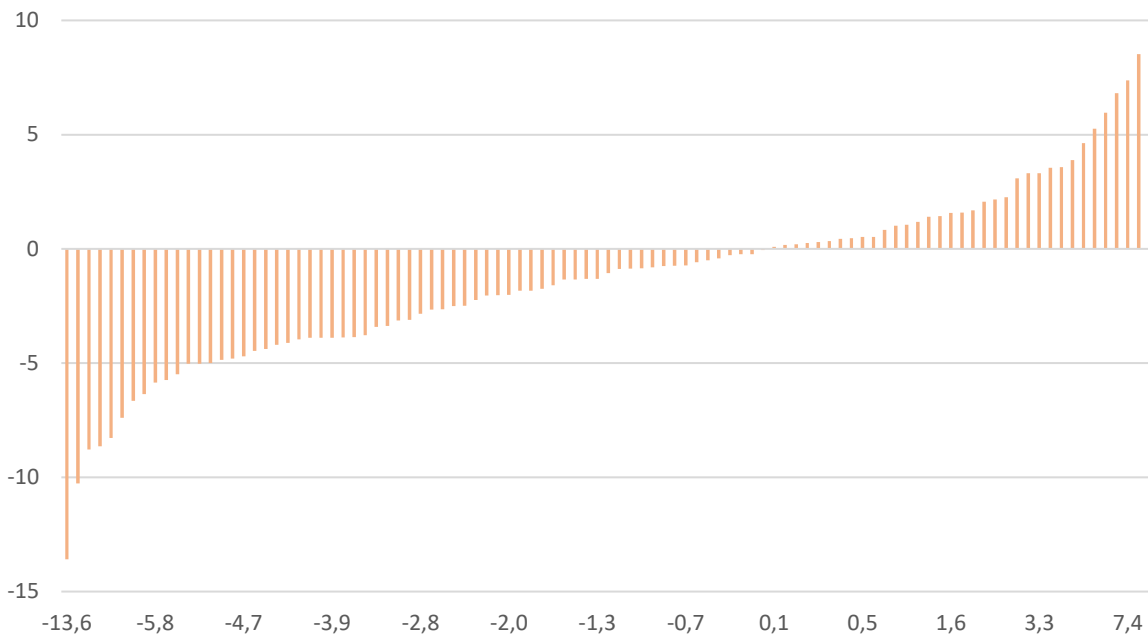
S podzimem, tedy měsíci září–listopad, začíná ubývat silných srážkových událostí na celkový počet 99, přičemž je polovina zastoupena pouze v kalendářním měsíci září. To nám symbolizuje jasné dozvuky meteorologického léta a charakteristiky navázané na teplou část roku. Podobně jako v jarním období zde dochází ke zlomu, kdy se nám postupně začíná objevovat vliv západního proudění. Nedochozí k němu vyloženě na astronomickém předělu léta a podzimu, ale spíše až přibližně druhý říjnový týden. Ze směsice typů povětrnostních situací s převahou B a C se nám tak stává proudění typu Wc, NWc a SWc. Celkové zastoupení povětrnostních typů je k nahlédnutí na obr. 31.



Obrázek 31: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v podzimním období

Průměrné  $\bar{R}$  stoupá na 19,0 mm. Je to tak jasný důsledek výrazného úbytku silných srážkových událostí, které se vyskytují pouze lokálně. Obecně ale  $\bar{R}$  nemají tak vysoké hodnoty jako v letních měsících, což může být jedním z důvodů, proč se na podzim již nevyskytuje tolik povodňových situací. Stejně jako v jarním období nám pak pouze dvě srážkové události přesahují v rámci  $R_{\max}$  hranici 100 mm a obě to jsou události z kraje září. Postupně nám klesá i rozpětí  $P_r$  ke 4–66 %. V průměru se pak pohybujeme na čísle 35 %, přičemž září samo o sobě má 32 %. Přes ojedinělé zásahy konvektivních srážek tak zůstává průměr  $P_r$  poměrně vyrovnaný a vysoký po celé toto období.

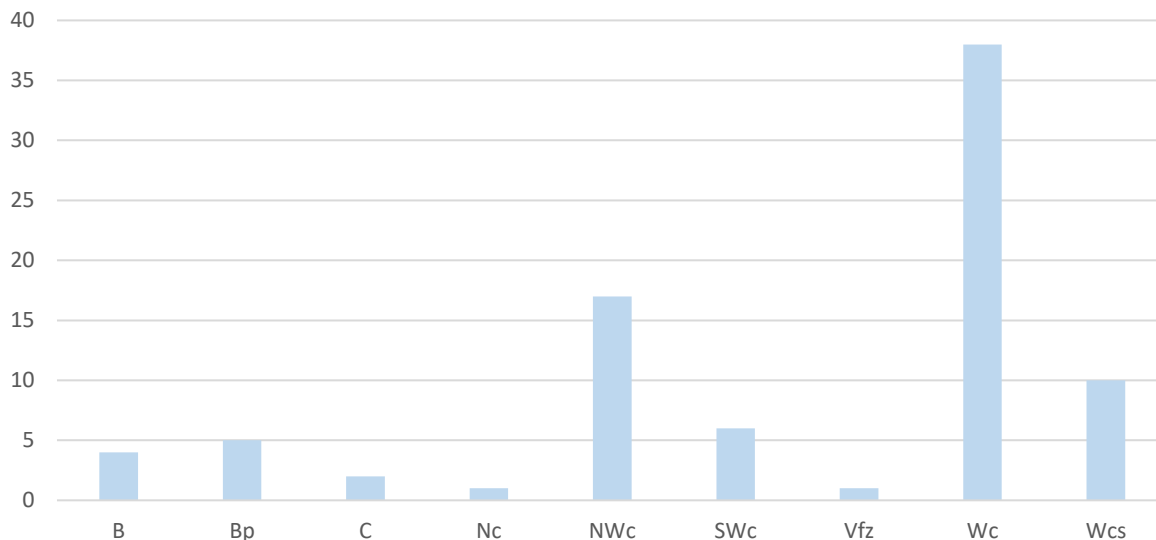
I průměrná vzdálenost  $T_u$  značí vyšší prostorovou homogenitu, jelikož se zastavuje na hodnotě 8,0 km. Výrazně nám ubylo  $T_u$  na české straně, jak ukazuje obr. 32. České události pak reprezentuje pouze 6 zástupců. Průměr  $P_r$  dosahuje pouze na 24 % a události jsou ponejvíc vázány na povětrnostní situace typu B. Do německo-rakouských událostí spadá celkem 14  $T_u$  a průměr  $P_r$ , na rozdíl od českých událostí, roste k 30 %. Při zaměření se na povětrnostní typy jsou zde zastoupeny opět převážně ty, které souvisejí s převažujícím západním prouděním. Pár výjimek tvoří zářijové události, které jsou spojené i s anticyklonami, na které je navázána i nejodlehlejší  $x''''_{tu}$  tohoto období s hodnotou 13,6 km ze dne 18. 9. 2018. Hraniční události čítají zbylých 63 událostí, kde průměrný  $P_r$  roste až k 37 %, což již jsou poměrně vysoké hodnoty. Silné srážkové události tohoto období, které mají své  $T_u$  v oblasti hřebene Šumavy, tak zasahují poměrně velkou oblast zájmového území.



Obrázek 32: X-ové souřadnice otočeného  $T_u$  jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění  $T_u$  od osy hřebene v km v podzimním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu)

#### 6.1.4 Zimní události

Zimních silných srážkových událostí, vyskytujících se od začátku prosince do konce února, je pochopitelně nejméně. Mluvíme o 84 událostech, jejichž rozdělení v průběhu období je poměrně rovnoměrné. Zimu tak lze nazvat jako nejvíce stabilní období, což značí hned několik faktorů. Prvním z nich je absolutní dominance převládajícího západního proudění spojeného s povětrnostními situacemi typu Wc, Wcs a NWc (obr. 33). Ostatní typy jsou pak výrazně utlumeny a s anticyklonální situací zde není spojena ani jedna silná srážková událost.

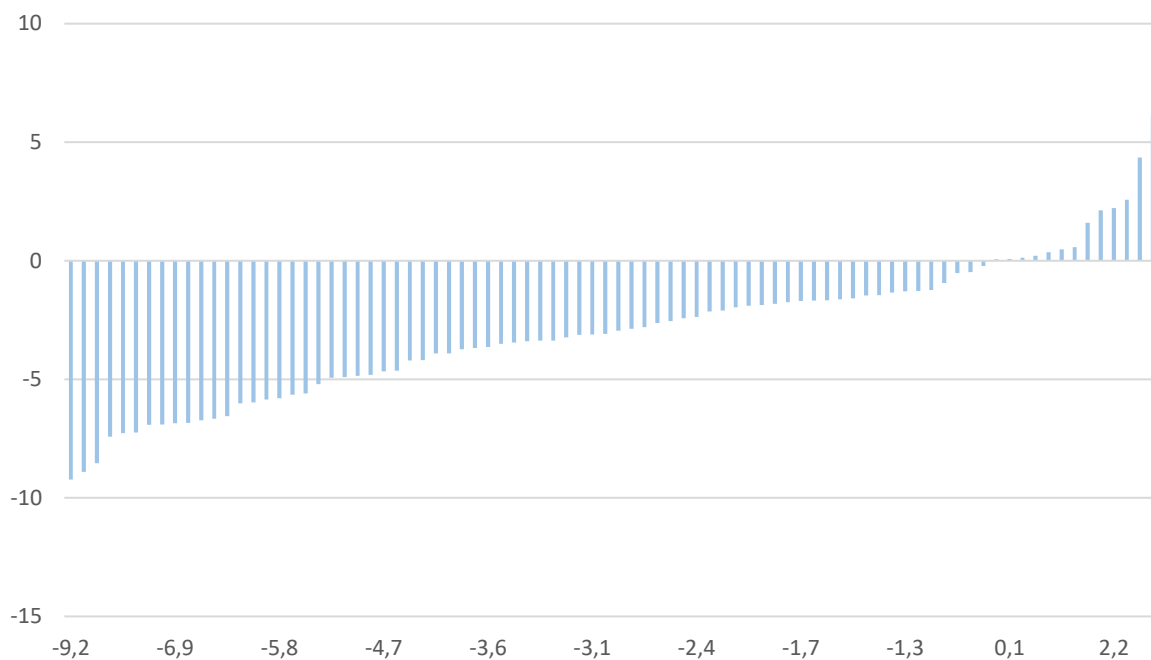


Obrázek 33: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v zimním období

Posuneme-li se k dalšímu z faktorů, kterým je průměrné  $\bar{R}$ , dostáváme se k číslu 20,4 mm. Mezi jednotlivými období je tato hodnota rozhodně nejvyšší, ovšem neznačí to také nejvyšší  $\bar{R}$ , a tedy nejextrémnější silné srážkové události.  $R_{max}$  totiž ani v jednom případě nepřesahuje hodnotu 100 mm. Nejvyšší  $R_{max}$  je 96,5 mm/den ze dne 20. 1. 2005 následovaný již zmiňovaným prosincem 1993, který je dále analyzován v kapitole 6.3.1.  $P_r$  ovšem výrazně zvyšuje svojí spodní hranici na 18 %, a tím nám vypadávají extrémní události na malém území vzdálených od hřebene a zvyšují se všechny ostatní parametry. Horní hranice  $P_r$  je pak 60 % a průměrný  $P_r$  stoupá až k 36 %. My tak můžeme tvrdit, že intenzita srážek je prostorově nejvyrovnanější v rámci jednotlivých období.

O absenci silných lokálních srážkových událostí vypovídá i nejnižší průměrná vzdálenost  $T_u$ , a to 6,3 km. Českou událost zde máme pouze jedinou (obr. 34) navázanou na povětrnostní situaci typu B s  $P_r$  37 %. Jedná se o důkaz výrazného úbytku silných srážkových událostí na závětrné straně v zimním období při převažujícím západním proudění. Německo-rakouské události naopak v zimním období nabírají na důležitosti a celkovým počtem 20 mnohonásobně převyšují tu českou. Průměrný  $P_r$  činí 35 %, což opět jen potvrzuje absenci lokálních srážkových událostí. Nejvyšší hodnota  $x'''_{tu}$  události je 9,2 km a je situována na západní stranu od osy hřebene (událost ze dne 17. 1. 2000). I tato událost nabývá  $P_r$  alespoň 29 %. Na hraniční události tak zbývá 63 událostí, které mají průměrný  $P_r$  36 %. Zde je vidět, že v zimním období skutečně nezáleží, kde je  $T_u$  situované, události mají dost podobnou charakteristiku a v průměru zasahují území o téměř stejné velikosti. Z výše popsaného navíc

můžeme potvrdit výrazný návětrný efekt na německo-rakouské straně Šumavy a závětrí na straně české při silných srážkových událostech.



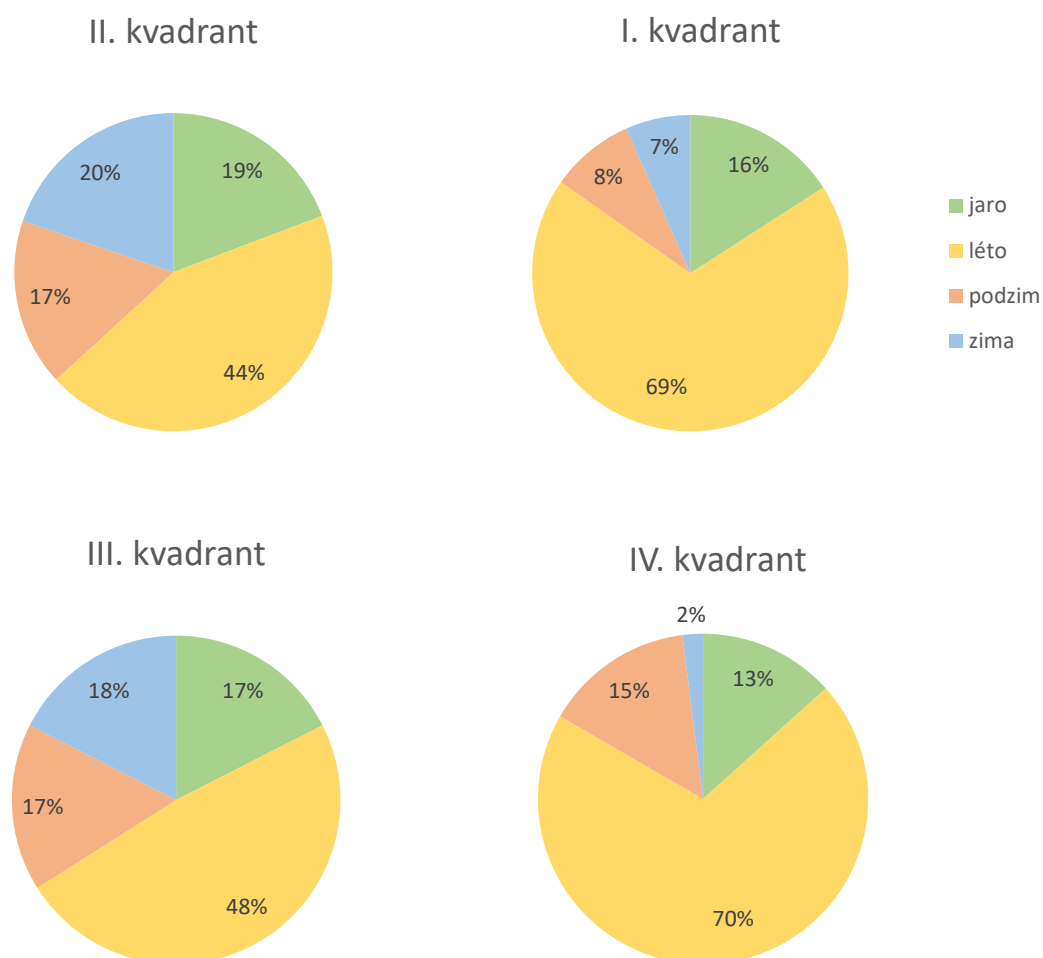
Obrázek 34: X-ové souřadnice otočeného  $T_u$  jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění  $T_u$  od osy hřebene v km v zimním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu)

## 6.2 Prostorová analýza silných srážkových událostí

Celkových 683 silných srážkových událostí bylo na základě umístění jejich  $T_u$  rozděleno do čtyř základních kvadrantů, reprezentujících vždy konkrétní části Šumavy. Důležitou osou se zde stalo rozdělení na I. a IV. kvadrant na české straně Šumavy a II. a III. kvadrant na německo-rakouské straně. Nyní se tak podíváme na porovnání konkrétních specifik silných srážkových událostí jednotlivých kvadrantů.

Počet  $T_u$  spadajících do jednotlivých kvadrantů není stejný. Popořadě v prvním kvadrantu nalezneme 151  $T_u$ , druhý kvadrant obsahuje 182  $T_u$ , třetí kvadrant představuje dokonce 200  $T_u$  a na čtvrtý kvadrant nám tak zbývá pouhých 150  $T_u$ . Větší rozdíly, než v celkovém počtu, bychom ovšem pozorovali napříč jednotlivými ročními obdobími, viz obr. 35. Zatímco západní strana Šumavy, tedy II. a III. kvadrant, má vysoké zastoupení všech ročních období, tak česká strana naopak poměrně postrádá především zimní silné srážkové události, a to hlavně IV. kvadrant. Může to být důsledkem srážkového stínu, který v chladné části roku tato část Šumavy vytváří při převládajícím západním proudění. Toto zároveň

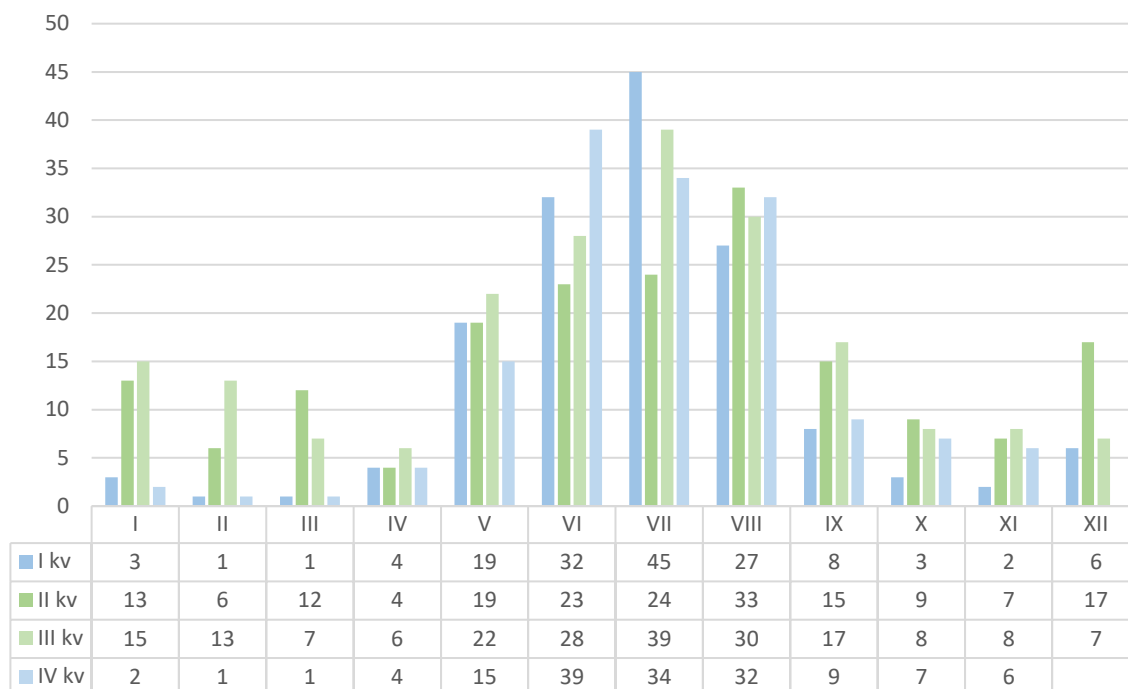
vysvětluje výrazné zastoupení zimních silných srážkových událostí ve II. kvadrantu. Pro Česko je pak charakteristické nadpoloviční podíl  $T_U$  letních silných srážkových událostí.



Obrázek 35: Zastoupení silných srážkových událostí v jednotlivých ročních obdobích pro kvadranty I.-IV. kvadrantu

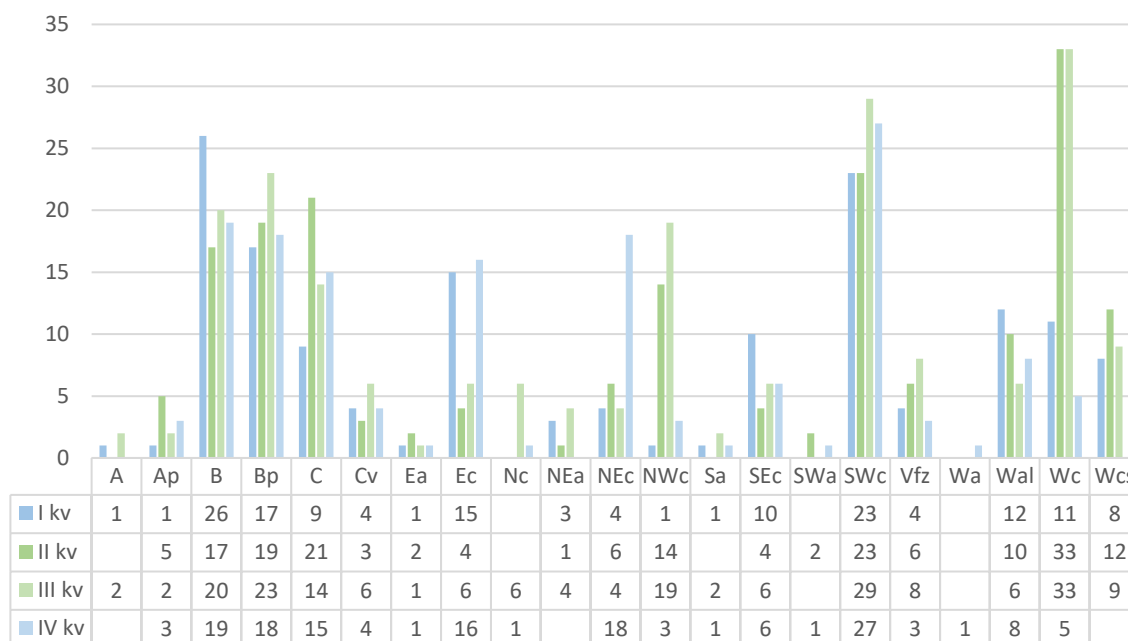
Zastoupení  $T_U$  v průběhu roku lze zkoumat ještě na detailnější úrovni, než je tomu u ročních období, a poslouží nám k tomu jednotlivé kalendářní měsíce. Na základě obr. 36 docházíme k závěru, že zatímco I. a IV. mají výrazné maximum četnosti zastoupení silných srážkových událostí v létě, tak II. a III. kvadrant zaznamenávají ještě zvýšený počet silných srážkových událostí ve vrcholné zimě, tedy především v měsících prosinec a leden. Nejvyšší počet silných srážkových událostí pak máme v měsíci červenec. Pro nás je ovšem zajímavější měsíc duben (v menší míře i měsíc říjen a listopad), kdy naopak silné srážkové události chybí. Opět to potvrzuje, že jaro a podzim jsou přechodná období mezi chladnou a teplou částí roku, kdy dochází k výrazné změně meteorologických podmínek pro vznik silných srážkových událostí. Zajímavý je ještě měsíc březen, který zaznamená silné srážkové události především

v jeho první polovině a  $T_u$  jsou vázána nejvíce na II. a III. kvadrant, což souvisí ještě s doznívající chladnou částí roku.



Obrázek 36: Měsíční zastoupení četnosti  $T_u$  v jednotlivých kvadrantech

Z pohledu zastoupení jednotlivých typů povětrnostních situací můžeme opět pozorovat jisté prostorové rozdílnosti v rámci kvadrantů. Zatímco některé typy mají napříč kvadranty rovnoměrné zastoupení, jiné jsou dominantní jen pro jeden či dva z nich (obr. 37). Pokud budeme jmenovat ty nejpočetněji zastoupené, tak pro všechny kvadranty jsou v popředí typy B, Bp a SWc (v letních měsících pak i typ Wal). Typ C je důležitý pro II. a především pro IV. kvadrant, protože právě na tento povětrnostní typ je v daném kvadrantu navázáno značné množství  $T_u$  těch nejsilnějších srážkových událostí z celé zkoumané databáze. Typ Ec je ze svého charakteru důležitý hlavně pro českou část Šumavy, tedy I. a IV. kvadrant. Čtvrtý kvadrant navíc má ještě jasnou dominanci typu NEc v porovnání s ostatními kvadranty. Všechny zmíněné typy jsou vázány z většiny na teplou část roku.



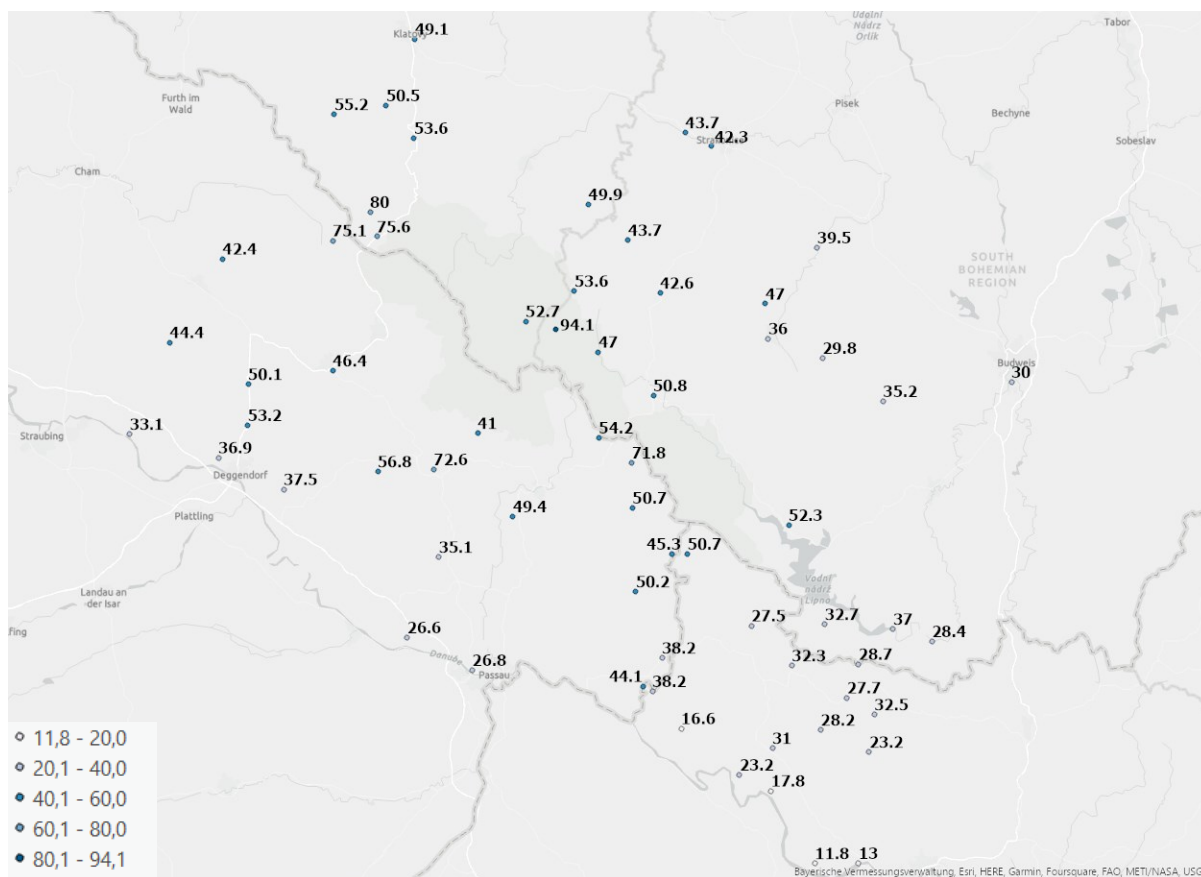
Obrázek 37: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v jednotlivých kvadrantech

V souvislosti s převažujícím západním prouděním je zcela logická spojitost umístění  $T_u$  v kvadrantech II a III s povětrnostními situacemi typu Wc a NWc. Pokud bychom analýzu prováděli hlouběji, zjistíme, že typy Wc a NWc jsou vázány ale především na chladnou část roku a v teplém období mají pouze minimální zastoupení.

## 6.3 Analýza vybraných silných srážkových událostí

### 6.3.1 Prosinec 1993

Událost ze dne 20. 12. 1993 byla již z meteorologického hlediska podrobně rozebrána v podkapitole 3.3.1. Nyní se na ní podíváme ještě z pohledu námi zvolených stanic a dat z nich, které máme k dispozici. Tato událost poněkud vybočuje z běžných zimních událostí svou extremitou, jelikož  $\bar{R}$  je 42,8 mm, a také svým charakterem. Jedná se o událost s typem povětrnostní situace Wc, které mají svá  $T_u$  především ve II. či III. kvadrantu. Tato událost ovšem spadá svým  $T_u$  do I. kvadrantu, a dokonce vzdálenost  $T_u$  je 6,3 km od  $S_0$ . Hodnota  $R_{max}$ , která byla naměřena na české stanici Kvilda, je obdivuhodných 94,1 mm (obr. 38) a jen jedna zimní událost měla  $R_{max}$  vyšší, jak již bylo zmíněno výše. Je to tedy událost, která významně zasáhla velkou část zájmového území, o čemž svědčí i hodnota  $P_r$  45 %. Mnoho stanic v severní části českého území pak má ve svých 50 nejsilnějších srážkových událostí pouze jediného zástupce ze zimy, a tím je právě 20. 12. 1993.



Obrázek 38: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zámjovém území dne 20. 12. 1993

### 6.3.2 Srpen 2002

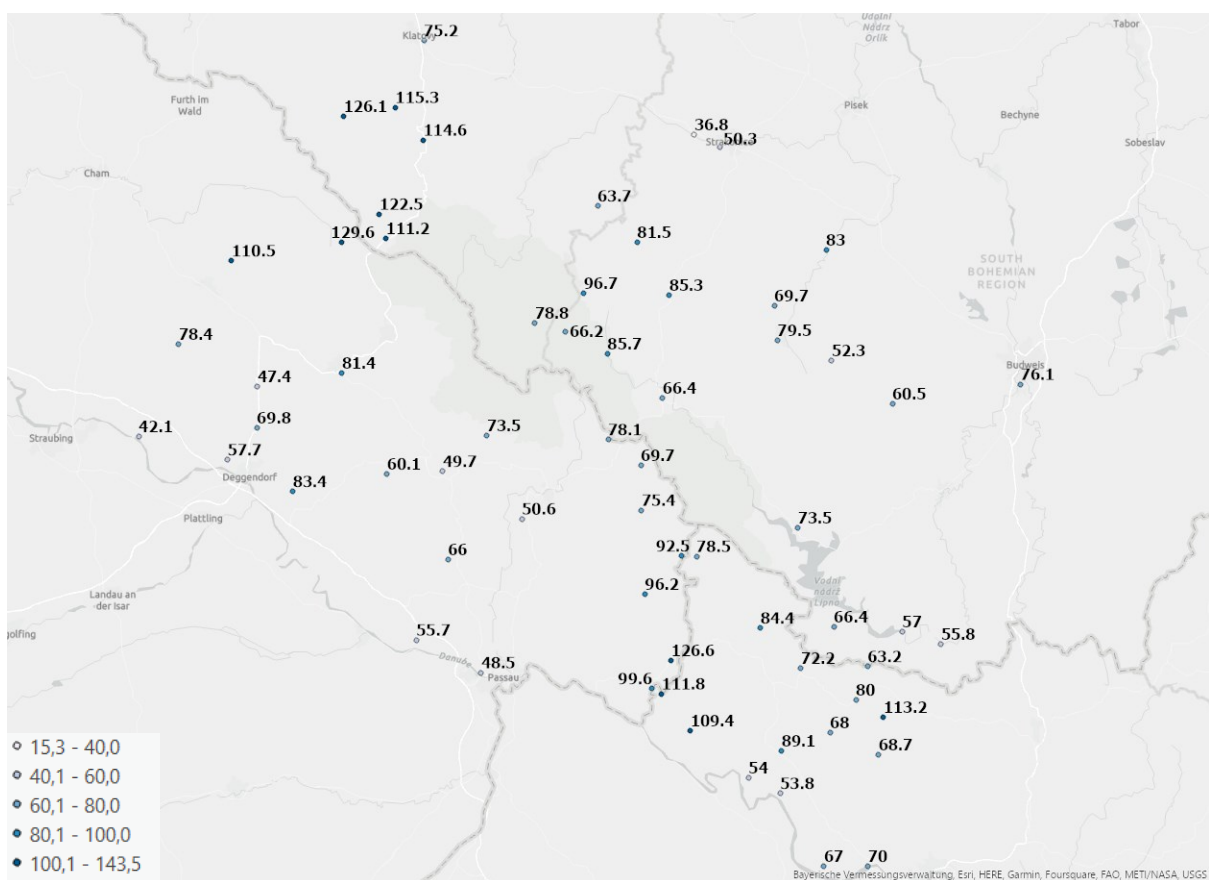
Srážkové události ze srpna 2002 jsou jedny z nejvýznamnějších ve střední Evropě v novodobé historii. Velmi podrobně jsou meteorologické podmínky rozebrány v podkapitole 3.3.2. Z našeho souboru dat můžeme také vyvodit pár závěrů v této události, které vycházejí z tab. 2.

Tabulka 2: Hlavní charakteristiky silných srážkových událostí ze dnů 6. – 7. 8. a 11. – 12. 8. 2002; pro každý den je uveden typ povětrnostní situace (TPS), průměrný denní úhrn srážek na stanici ( $\bar{R}$ ), maximální denní úhrn srážek ( $R_{max}$ ), vzdálenost  $T_u$  od  $S_o$  (Vzdálenost), podíl průměrných a maximálních denních úhrnů srážek ( $P_r$ ), kvadrant umístění  $T_u$  (Kvadrant)

Datum	TPS	$\bar{R}$	$R_{max}$	Vzdálenost	$P_r$	Kvadrant
6. 8. 2002	C	52,8	91,1	3,4	58 %	IV
7. 8. 2002	C	67,5	143,5	9,8	47 %	IV
11. 8. 2002	C	54,2	120,5	3,9	45 %	IV
12. 8. 2002	C	77,7	129,6	1,0	60 %	I

Svým  $T_u$  spadají tři dny do čtvrtého kvadrantu a jeden do prvního kvadrantu, tedy ve všech případech na českou stranu. Dvanáctý srpen 2002 je pak den s nejvyšším  $\bar{R}$  z celého

souboru dat, a to 77,7 mm (tab. 2) a s  $R_{\max}$  během jednoho dne 129,6 mm na německé stanici Brennes (obr. 39). Celkem bylo tento den víc než 100 mm pozorováno na 11 stanicích z 64 a jedná se o nejvyšší počet překročení této hranice v rámci všech silných srážkových událostí v zájmovém území za vybrané časové období. Absolutní  $R_{\max}$  z těchto čtyř událostí zaznamenává událost ze 7. 8. 2002. Ten den bylo na stanici Helfenberg naměřeno 143,5 mm, dále bylo více než 100 mm zaznamenáno ještě na dalších 9 stanicích. Prostorové rozložení srážek ze všech dnů, tedy ze 7. – 8. 8. a 11. – 12. 8. 2002 (viz obr. 39 a přílohu 2, 3 a 4), nám vykresluje tentokrát českou návětrnou stranu a německo-rakouskou závětrnou stranu Šumavy.

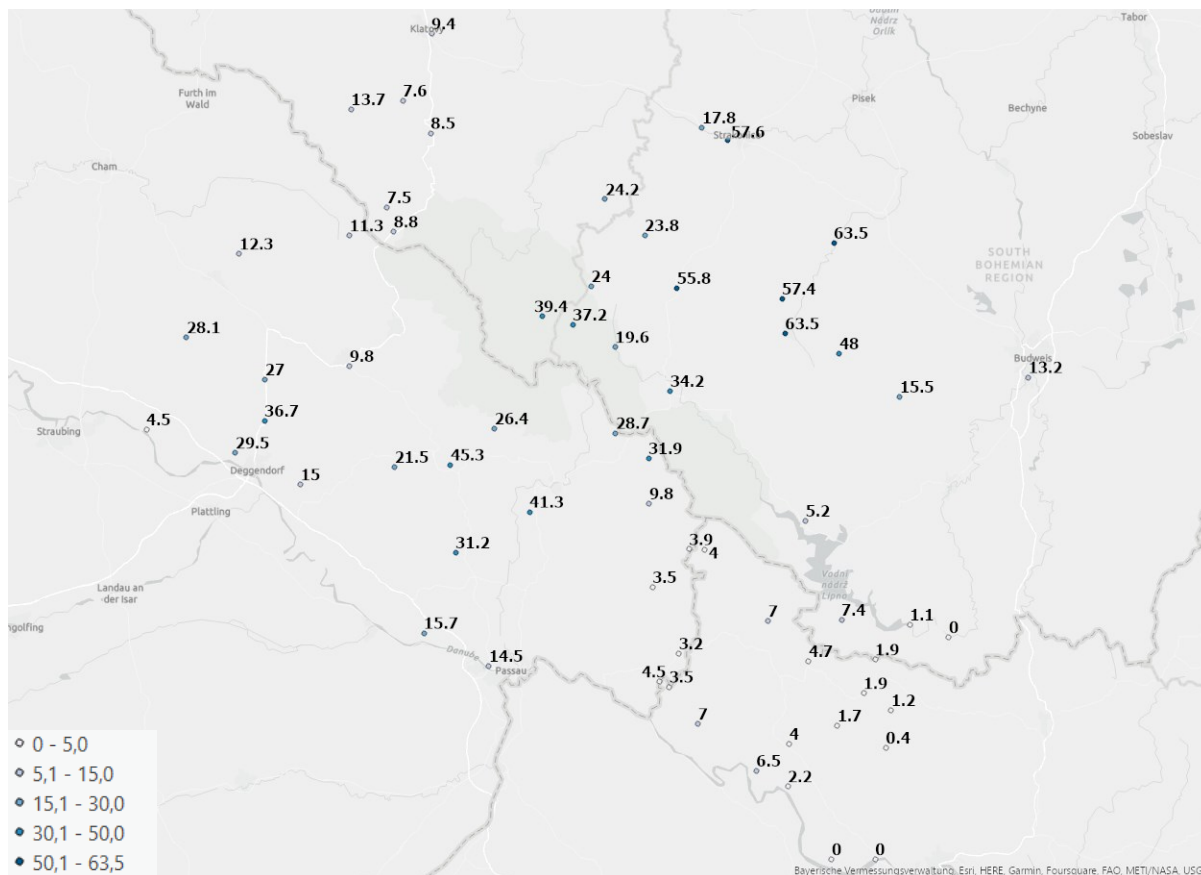


Obrázek 39: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 12. 8. 2002

### 6.3.3 Červen 1996

Jednou z vybraných silných srážkových událostí je i událost ze dne 1. 6. 1996, která se rozebírá již v kapitole 3.3.3. V rámci naší analýzy spadá  $T_u$  do prvního kvadrantu a vzdálenost od  $S_0$  má 16,3 km, to již svědčí o značně lokálním charakteru. Událost je spojena s povětrnostní situací typu B.  $P_r$  je v tomto kontextu spíše vysoký, a to 29 %. Hodnota  $\bar{R}$  byla

18,2 mm a  $R_{max}$  byl 63,5 mm na české stanici Bavorov a shodně i na stanici Prachatice (obr. 40).



Obrázek 40: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 1. 6. 1996

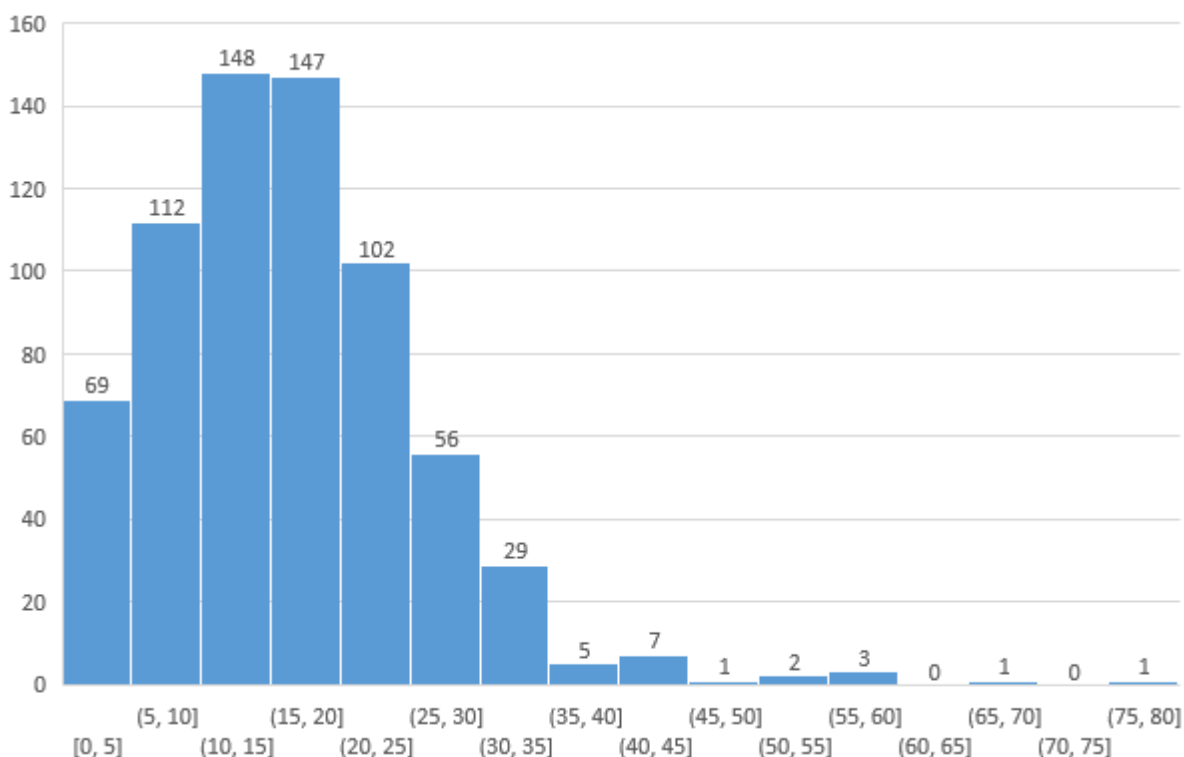
## 6.4 Srážková prvenství ve zvoleném období

Tato diplomová práce se zabývá silnými srážkovými událostmi na Šumavě, z logického hlediska tak je dobré zařadit i podkapitolu o tzv. „srážkových nej“. Některé události byly již popsány nebo alespoň zmíněny výše, zde ovšem dojde k jejich systematickému sepsání bez rozdělování na dané kvadranty či jednotlivá období v roce. Vybrané události sdružuje tab. 3.

Tabulka 3: Hlavní charakteristiky pro vybrané silné srážkové události; pro každý den je uveden typ povětrnostní situace (TPS), průměrný denní úhrn srážek na stanici ( $\bar{R}$ ), maximální denní úhrn srážek ( $R_{max}$ ), vzdálenost  $T_u$  od  $S_o$  (Vzdálenost), podíl průměrných a maximálních denních úhrnů srážek ( $P_r$ ), kvadrant umístění  $T_u$  (Kvadrant), prvenství jsou v jednotlivých událostech zvýrazněny tučně

Datum	TPS	$\bar{R}$	$R_{max}$	Vzdálenost	$P_r$	Kvadrant
<b>12. 6. 1977</b>	SWc	<b>0,7</b>	38,4	<b>60,8</b>	<b>2 %</b>	III
<b>6. 8. 1985</b>	Bp	46,2	59,9	<b>0,2</b>	<b>77 %</b>	IV
<b>12. 8. 2002</b>	C	<b>77,7</b>	129,6	1,0	60 %	I
<b>1. 8. 1991</b>	Vfz	30,0	<b>174,6</b>	9,2	17 %	I

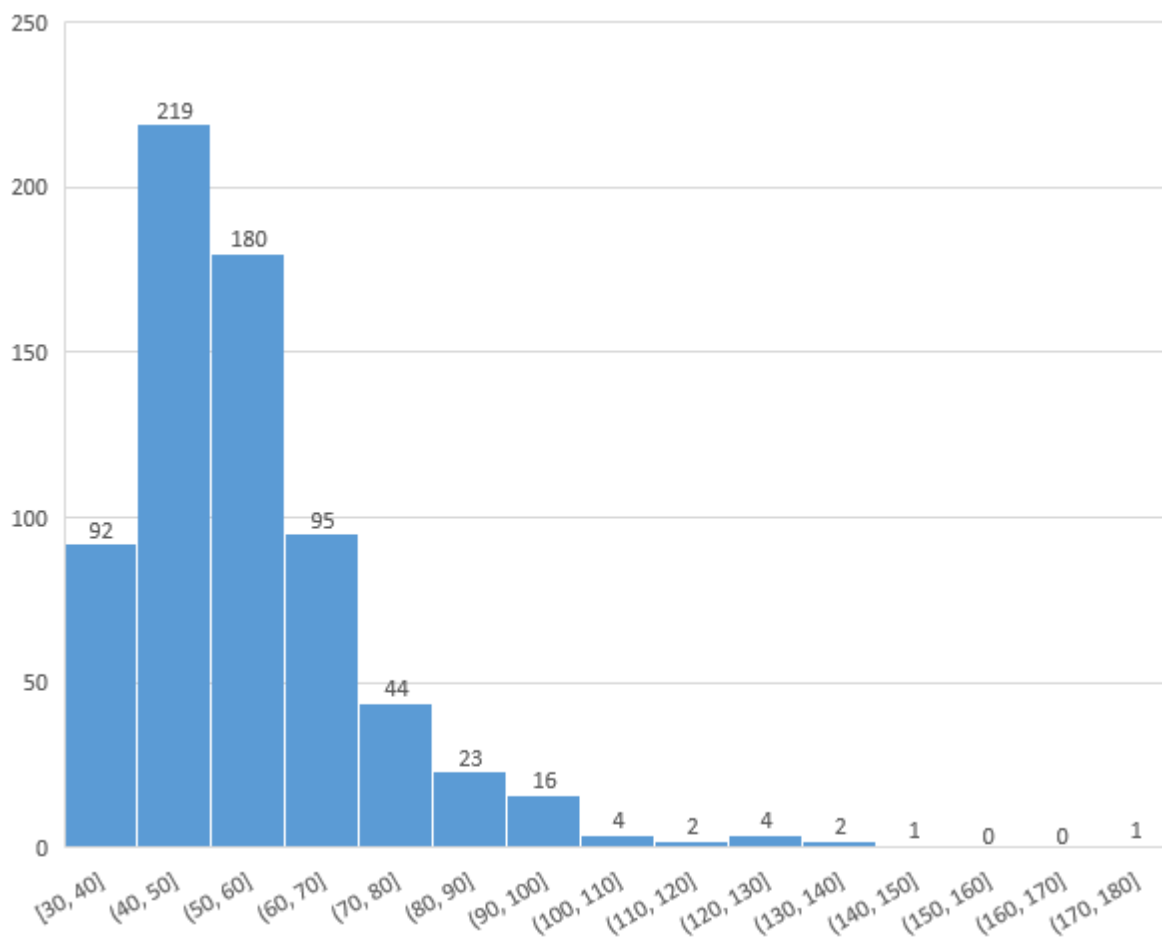
Podle hodnoty  $\bar{R}$  můžeme určit plošně nejsilnější srážkové události. Vrchní pozice zauímají téměř výhradně takové události, které svým  $T_u$  náleží české straně Šumavy, a to především čtvrtému kvadrantu. Tyto události se pojí nejčastěji s typem povětrnostní situace C a typicky se jedná o letní srážkové události. U deseti takto nejsilnějších srážkových událostí je rozdíl v  $\bar{R}$  téměř 34 mm dále jsou již rozdíly o poznání nižší (obr. 41). Z pohledu průměrné vzdálenosti  $T_u$  od  $S_o$  se zde pohybujeme v rozmezí 0,2–9,8 km. Z opačného konce škály mezi 10 nejnižších hodnot  $\bar{R}$  patří výhradně události v letním, pozdním jarním a brzkém podzimním období. Nejbastoupenějším typem povětrnostní situace je SWc, ovšem do popředí se nám zde dostávají i anticyklonální události. Tyto události navíc mají rozsah vzdáleností  $T_u$  od  $S_o$  dokonce od 9,9 do 60,8 km.



Obrázek 41: Četnost zastoupení  $\bar{R}$  silných srážkových událostí v mm

Také je vhodné vyzdvihnout ještě událost s absolutním  $R_{max}$ . Toto maximum bylo naměřeno dne 1. 8. 1991 na české stanici Špičák, a to 174,6 mm, viz tabulku 3. Při bližším zkoumání vedlejších stanic vyšlo najevo, že na 5 km jižně vzdálené stanici Železná ruda byl naměřen  $R_d$  148,5 mm. Úhrny přes 100 mm vykazovala i stanice Čachrov, lokalizovaná 10 km severovýchodně. Další blízká stanice Strážov, ležící cca třináct kilometrů severoseverovýchodně, naměřila také téměř 100 mm. Na stanici Nýrsko, které se nachází

přibližně 10 km severně, byla ale hodnota  $R_d$  „pouhých“ 54 mm. Toto nám svědčí o extrémně silné srážkové události, která ovšem byla i poměrně lokálního charakteru a dosvědčuje to i hodnota  $P_r$ , která byla pro tuto událost jen 17 %. Samotné rozdělení  $R_{max}$  je dost podobné jako rozdělení  $\bar{R}$  (obr. 42)

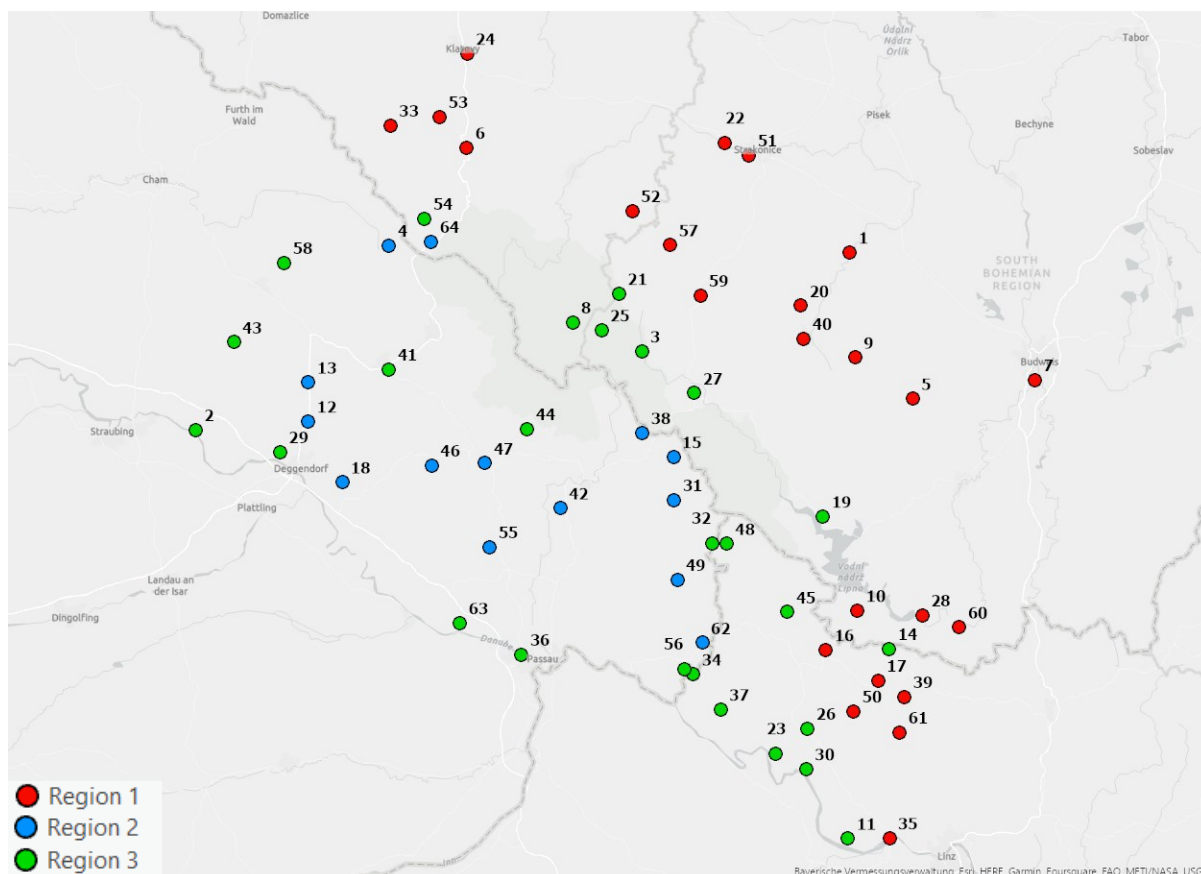


Obrázek 42: Četnost zastoupení  $R_{max}$  silných srážkových událostí v mm

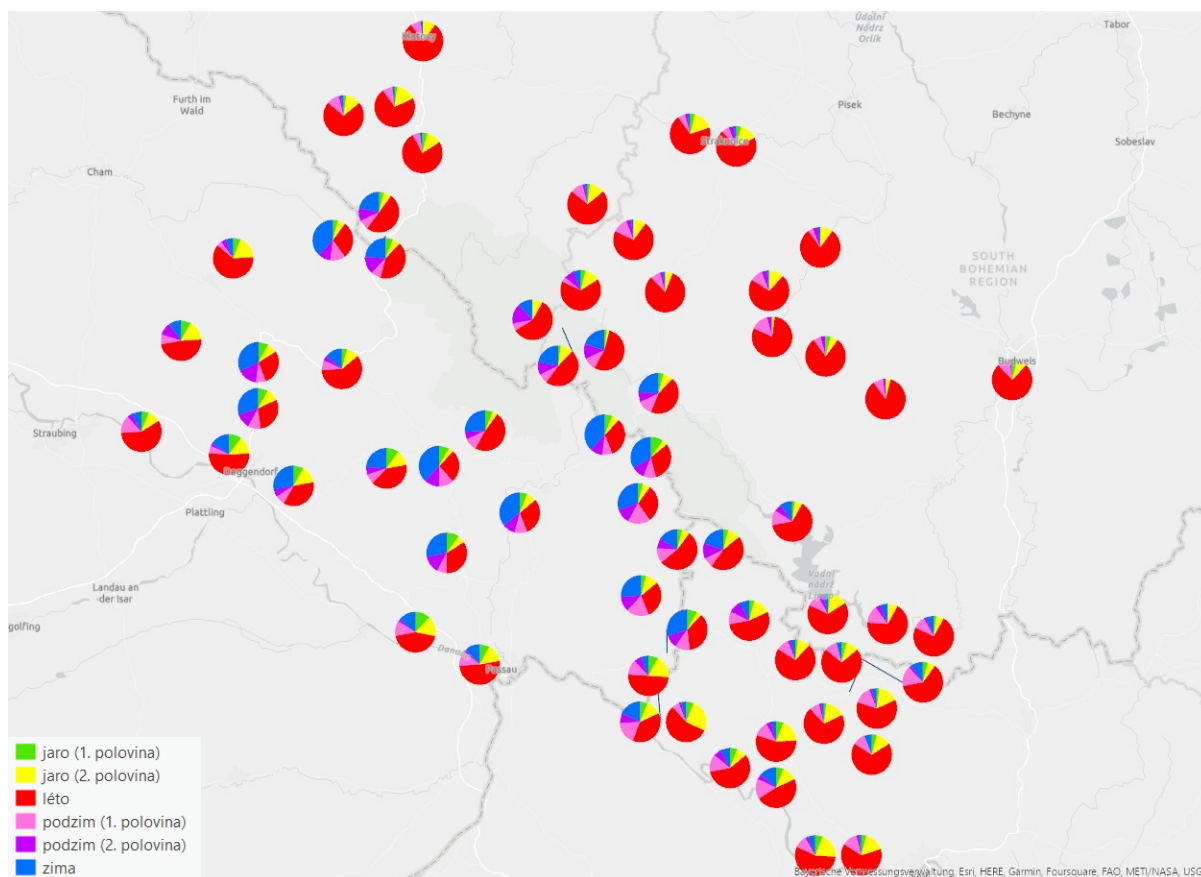
## 7. Členění Šumavy

### 7.1 Sezónní členění stanic na základě silných srážkových událostí

Na základě metodiky popsané v kapitole 5.5.1 proběhlo rozdělení stanic do celkem třech regionů (obr. 43). Do regionu 1 patří takové stanice, které vykazují podíl silných srážkových událostí v teplé části roku alespoň 90 %. Jako region 2 označujeme takové srážkoměrné stanice, které dosahují v chladném půlroce podílem zastoupení silných srážkových událostí aspoň k 40 %. Zbytek stanic stojí na rozmezí a byly tak zařazeny do regionu 3. Regiony byly vymezeny subjektivně s tím vědomím, že pravděpodobnost výskytu letní silné srážkové události je vyšší než pravděpodobnost výskytu intenzivní zimní srážkové události, a proto je prahová hodnota výrazně posunuta směrem nahoru v teplém půlroce. Rozdělení vždy 50 nejsilnějších srážkových událostí do jednotlivých období pro každou stanici zvlášť lze pozorovat na obr. 44.



Obrázek 43: Sezónní členění stanic na Šumavě na základě jejich 50 nejsilnějších srážkových událostí; pro vysvětlení čísel, viz přílohu 1



Obrázek 44: Sezonní zastoupení vždy 50 nejsilnějších srážkových událostí na jednotlivých stanicích

Nyní si blíže představíme specifika jednotlivých regionů. Region 1 sdružuje stanice převážně na české straně Šumavy, a to navíc poměrně vzdálené od hlavního hřebene Šumavy, především pak z oblasti Šumavského podhůří. Dalšími stanicemi jsou rakouské stanice umístěné v jižní části zájmového území. Všechny stanice (celkem 24) tedy mají převahu silných srážkových událostí v teplé části roku, ale žádná z nich nemá 100% zastoupení. Existují ovšem stanice, které alespoň nemají žádnou silnou srážkovou událost vyloženě v zimním období (jedná se o čtyři české stanice). Celých 98 % zastoupení silných srážkových událostí v teplé části roku vykazují české stanice Brloh a Klatovy. Rakouské stanice mají zpravidla nižší zastoupení silných srážkových událostí v letním období na úkor událostí pozdního jara a brzkého podzimu. Celkově stanicím z tohoto regionu chybí silné srážkové události spojené se západním typem proudění, a tím lze vyvodit závěr, že se jedná především o stanice ve srážkovém stínu Šumavy při silných srážkových událostech s převládajícím západním prouděním v chladné části roku.

Region 2 se skládá ze 14 stanic (13 německých, 1 česká). Stanice jsou situovány především do centrální oblasti německé části zájmového území a dále k hlavnímu hřebeni

Šumavy. Předpokládá se, že celá západní část hlavního hřebene Šumavy by měla spadat do tohoto regionu, jelikož zde působí výrazné převládající západní proudění. Na základě stavby pohoří ovšem docházíme k závěru, že tomu tak není. Jednotlivá horská pásma jsou od sebe oddělena údolími, kde dochází k poklesu silných srážkových událostí v chladné části roku. Můžeme tak usuzovat, že se jedná o důsledek orografie a vytvoření menšího srážkového stínu.

Region 3 představuje rozhraní mezi chladnou a teplou polovinou roku a charakterizuje ho celkem 26 stanic. Na území Česka se jedná o stanice v blízkosti hlavního hřebene Šumavy s narůstajícími zimními silnými srážkovými událostmi na jednotlivých stanicích. V Německu jsou stanice koncentrovány především na okraje zájmového území, případně k hranicím s Rakouskem. Dvě stanice jsou umístěny do centrální části německé části zájmového území, což bude důsledkem srážkového stínu, jak bylo zmíněno u regionu 2. Stanice na západním okraji regionu jsou pak typické vysokým zastoupením silných srážkových událostí z počátku a konce teplé poloviny roku. Výrazně tak na nich klesá podíl letních silných srážkových událostí a směřují spíše k regionu 2.

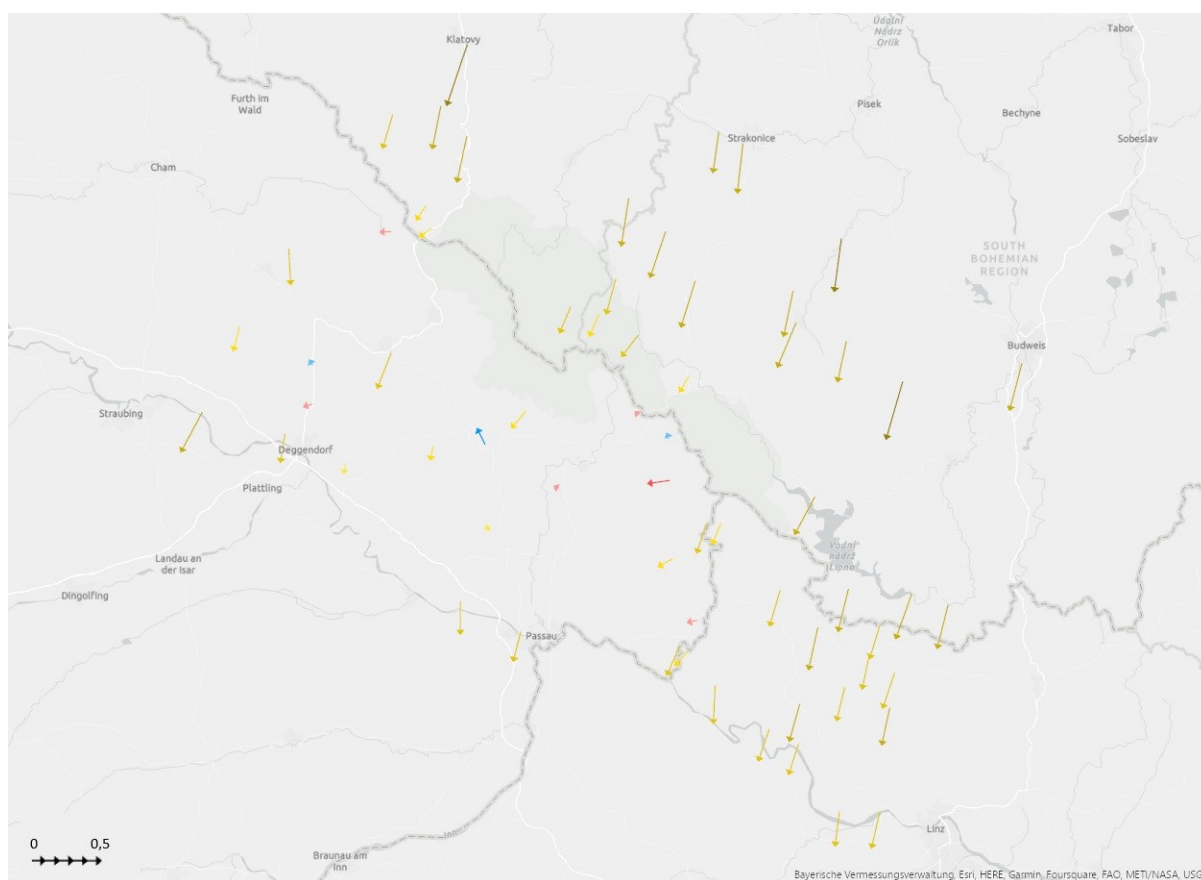
## 7.2 Členění stanic založené na metodě směrových statistik

Tato členění je postaveno na velikosti vektoru a průměrném datu (směru vektoru) tak, jak byl definován v podkapitole 5.5.2. Velikost vektoru je kombinací dvou konkrétních faktorů. První z nich je vyrovnanost  $R_d$  z 50 nejsilnějších srážkových událostí na konkrétní stanici, tedy čím je hodnota vyšší, tím by měly být úhrny srážek rovnoměrnější. Dále velikost vektoru ovlivňuje také rozložení silných srážkových událostí v průběhu kalendářního roku. Vyšší koncentrace v kratším časovém úseku ukazuje také vyšší hodnoty velikostí vektorů. Velikosti vektorů se tak pohybují od cca 0,0418 odpovídající německé stanici Philippsreut do cca 0,496 z české stanice Klatovy.

Druhá část vytvářející členění je zmíněné průměrné datum, které je stejně jako velikost vektoru založeno na rozložení silných srážkových událostí v průběhu kalendářního roku. V menší míře je zde zohledněn i faktor  $R_d$ , ovšem průměrné datum to ovlivňuje podstatně méně než velikost. Průměrné datum se pohybuje mezi kalendářními dny 27. 6. na německé stanici Viechtach-Bühling až po 7. 12. na německé stanici Haidmühle-Bischofreut. Nemáme zde tedy žádné zastoupení průměrného data, které by odpovídalo jarnímu období.

To může být důkazem méně silných srážkových událostí v tomto ročním období. Nejzastoupenějším dnem se stal 15. červenec, který je průměrným datem u šesti stanic.

Každá stanice je tak na obr. 45 charakterizována vektorem o jisté velikosti a svým průměrným datem. Třídy jsme si vytvořili na základě velikosti vektorů s rozestupy 0,1, dohromady nám tak vzniklo 5 tříd, které si rozebereme podrobněji. Předtím ještě stojí za zmínku pohled na průměrná data, kdy 55 stanic spadá tímto směrem do letního období. Tento závěr je očekávaný s ohledem na koncentraci silných srážkových událostí především v tomto období. Šest stanic má průměrné datum v podzimních dnech a zbývající čtyři stanice směřují již do zimního období.



Obrázek 45: Směrové vektory jednotlivých stanic; směrové vektory vyjadřují průměrný kalendářní datum silných srážkových událostí na jednotlivých stanicích, velikost vektoru vyjadřuje míru časové koncentrace, viz legendu, barva roční období průměrného data (žluté léto, červený podzim, modrá zima)

První třída shromažďuje největší vektory v rozmezí 0,4–0,5. Patří sem tři české stanice (Klatovy, Brloh a Bavorov – řazeno sestupně dle velikosti) nacházející se na východním okraji zájmového území a dominance letního období je zde zcela očividná. Stejně tak jsou i menší rozdíly v  $R_d$  při jednotlivých silných srážkových událostech na daných stanicích.

Druhou třídu o velikostech 0,3–0,4 představuje 19 stanic (15 českých, 3 rakouské, 1 německá). Lehce tak můžeme nahlédnout, že první dvě třídy jsou především českou záležitostí. Tyto stanice navíc podle charakteristiky mají také poměrně nízké výkyvy v  $R_d$ , a proto jsou hodnoty velikostí vektorů stále vysoké. Zároveň si můžeme všimnout, že se jedná o stanice především ze Šumavského podhůří. Německá stanice Bogen-Pfelling, která spadá také do druhé kategorie, je stanicí ležící na západním okraji zájmového území, výkyvy v rámci roku tak budou taky minimální, jelikož se zde ještě neprojevuje v plné míře vliv převažujícího západního proudění a s tím související návětrný efekt Šumavy.

Třetí třídu tvoří 21 stanic (obr. 45), kde dominuje tentokrát Rakousko součtem deseti stanic, jejichž velikosti vektorů se pohybují v rozmezí 0,2–0,3. Právě rakouské stanice zaznamenávají podobné charakteristiky jako české stanice blízko rakouských hranic, což poukazuje na výrazné zmenšení rozdílů mezi jednotlivými stranami hřebene. Jedním z důvodů může být zřejmé snížení návětrného a závětrného efektu v této oblasti. Také nám v této třídě vzrůstá podíl německých stanic (celkový počet 7), které jsou rozmístěny především po okrajích zájmového území. České stanice se zde vyskytují čtyři a je patrné značné přiblížení k hlavnímu hřebeni Šumavy.

Čtvrtá třída se má velikosti vektorů od 0,1 do 0,2. Spadá sem 12 stanic a již se zde vyskytují i průměrná data odpovídající podzimu a zimě. Navíc i průměrná data, která směřují do letních dní se stáčíjí z červencových hodnot spíše do těch srpnových. Toto je výsledkem především snižujícího se počtu silných letních srážkových událostí, což souvisí i s návětrným efektem při převažujícím západním proudění. Do popředí nám navíc jde zastoupení německých stanic, svým součtem šesti stanic. Za vyzdvižení stojí především stanice Schönberg/Niederbayern, jelikož u této stanice průměrné datum již odpovídá zimnímu období, ale také má vektor poměrně značnou velikost. Toto poukazuje na převažující vliv zimních silných srážkových událostí. Dále zde máme čtyři české stanice, které jsou situované nejbližše hlavního hřebene Šumavy, a tedy nejspíš zde není ještě výrazný vliv závětrí při převažujícím západním proudění v chladné části roku. Soubor doplňují dvě rakouské stanice, které jsou umístěné v těsné blízkosti hranic s Německem.

Pátá třída má rozpětí velikostí od 0 do 0,1 a patří sem výhradně německé stanice. Zároveň zde narůstá podíl podzimních a zimních průměrných dat a z pohledu zastoupení silných srážkových událostí výrazně ubývá těch letních na úkor zimních, případně podzimních. Tyto stanice díky svým malým vektorům mají nejspíš nejvyrovnanější

zastoupení událostí v průběhu roku nebo také mohou mít rovnoměrné denní úhrny srážek u jednotlivých silných srážkových událostech.

## 8. Diskuze

V této diplomové práci bylo prvním cílem vytvořit podrobnou analýzu silných srážkových událostí v oblasti Šumavy a podrobněji se zaměřit na jejich prostorové rozložení, sezonní zastoupení a meteorologické příčiny, které k nim vedou. Každou silnou srážkovou událost jsme analyzovali zvláště, především na základě umístění  $T_u$  a kalendářním dni, kdy se událost v průběhu roku vyskytla, a to bez ohledu na případnou vícedennost. Vždy jsme tak počítali pouze s denními úhrny srážek a jejich modifikacemi. Právě  $T_u$  se pak ukázalo jako vhodná veličina na porovnávání prostorového rozložení jednotlivých událostí a kalendářní den nám k tomu dodal informace o sezonním rozdělení těchto událostí. Druhým cílem pak bylo vytvořit vlastní členění srážkoměrných stanic do regionů, které jsou co nejvíce vnitřně homogenní. K tomu nám pomáhaly informace o kalendářních dnech, kdy se na stanicích jednotlivé silné srážkové události vyskytovaly, a také konkrétní denní úhrny srážek na příslušných stanicích. Tato členění nám tak poskytla příležitost porovnávat mezi sebou stanice v prostoru. Na základě toho jsme mohli potvrdit různé fyzickogeografické hypotézy spojené se silnými srážkami na Šumavě. Veškeré výsledky jsou tak vzájemně propojeny a potvrzují poznatky z rešeršních kapitol 2–4.

V analýze několikrát docházíme k závěru, že výrazný vliv na rozložení  $T_u$ , s tím souvisí i celkové rozložení srážkových úhrnů v prostoru, má především návětrná a závětrná strana. Tento fakt potvrdili ve svých pracích i Smith (1979) nebo Whiteman (2000), jak je zmíněno v kapitole 2.1. Efekt návětrné a závětrné strany se nám pak nejvíce projevuje u zimních srážkových událostí, které jsou z většiny navázány na povětrnostní situace typu Wc a NWc, což dokázali i výsledky z prací Králová (2020) a Květoň a Žák (2011). V zimních měsících jsou tak  $T_u$  shlukována na západní straně hlavního hřebene Šumavy (do kvadrantů II a III), a pokud je přeci jen nějaké  $T_u$  umístěno na českou stranu (kvadrant I a IV), tak je zpravidla stále v těsné blízkosti tohoto hřebene. Kombinaci intenzity srážek s orografií, západním prouděním a zimního období uváděli ve svých studiích i Barry a Chorley (2003), na Šumavě to pak zmínil ve své práci Brádka (1970), který navíc přišel i s poznatkem značného potlačení konvekce v této době. Tento fakt je v naší analýze zahrnut v souvislosti s hodnotami  $P_r$ , které jsou právě v zimních měsících nejméně rozkolísané a zároveň poměrně vysoké, v průměru se jedná o hodnotu 36 %.

Druhým výrazným obdobím je léto, kdy naopak jednotlivá  $T_u$  jsou lokalizovaná spíše do I. a IV. kvadrantu, tedy na českou stranu Šumavy. Silné srážkové události jsou navíc často navázány na povětrnostní situace typu SWc, B a Bp. Zajímavější jsou zároveň vysoká zastoupení typů C, Ec, NEc a Wal, které se v zimním období nevyskytují. Na typ C jsou navázány plošně nejextrémnější srážkové události, které svým  $T_u$  náleží právě I. a IV. kvadrantu. Toto propojení ve svých pracích potvrdili Květoň a Žák (2018), Sandev (2017) nebo Kašpar a Müller (2010). Hodnoty  $P_r$  v létě dosahují v průměru na 27 %, ale míra rozkolísanosti je výrazně vyšší než v zimě. Tento faktor spolu s častým napojením na anticyklonální povětrnostní typy je předzvěstí výskytu konvektivních srážek. Orografie navíc podmiňuje vznik konvektivních bouří různé intenzity (Barry a Chorley 2003; Whiteman 2000), které pak mohou vznikat na svazích pohoří, ale i na stranách návětrných a hlavně závětrných. Právě na závětrné straně může být konvekce dokonce ještě zesílená (Řezáčová et al. 2007). Tento poznatek vysvětluje rozprostření  $T_u$  v celé zájmové oblasti a může to přispívat i k vyššímu zastoupení  $T_u$  na české straně Šumavy. Při porovnávání takto lokálních silných srážkových událostí navíc právě můžeme dojít k závěru, že často jsou události intenzivnější a častější v nižších nadmořských výškách.

Následná analýza vybraných srážkových událostí dokresluje intenzitu na námi zvolených srážkoměrných stanicích. Díky charakteristikám jednotlivých událostí pak přináší shodu s rešeršní kapitolou 3.3. Popořadě prosincová silná srážková událost z roku 1993 je spojena s typem povětrnostní situace Wc,  $T_u$  je umístěno v I. kvadrantu což značí silné zastoupení úhrnů srážek na území Česka s maximem na stanici Kvilda, jak zmínil i Lett et al. (1993). O extremitě a jedinečnosti události svědčí v první řadě fakt, že se jedná o nejsilnější zimní srážkovou událost celého zkoumaného období a v druhé řadě to, že na mnohých českých stanicích se vyskytuje pouze jedna silná zimní srážková událost, a to právě tato. To je v rozporu s předpokladem výrazného srážkového stínu na české straně Šumavy při tomto typu proudění. Vysvětlením může být přechod studené fronty, která se na našem území v těchto dnech vyskytovala, jak uvedli Lett et al. (1993).

Srpnové události roku 2002 také vycházejí na předních příčkách nejextrémnějších srážkových událostí v zájmovém území. Provázání s povětrnostním typem C a umístění  $T_u$  jednotlivých srážkových dnů v I., anebo IV. kvadrantu pak potvrzuje zprávu, kterou napsal Sandev et al. (2002). Událost z 1. 6. 1996 ukazuje především svou extremitu na malém

území. Hodnota  $P_r$  je sice 29 %, ale vzdálenost  $T_u$  od  $S_o$  je celých 16,3 km. Naznačuje to tak lokální charakter a souvislost s konvektivní bouří, jak zmínila Křivancová et al. (1996).

Členění Šumavy do jednotlivých regionů a kategorií nám opět poukazuje na rozdíl mezi návětrnou a závětrnou stranou Šumavy. V obou případech máme výrazné zastoupení silných srážkových událostí v teplé polovině roku především na stanicích na české straně Šumavy a čím více se vzdalujeme od hřebene, tím tento podíl zpravidla ještě roste, stejně tak se zvyšuje velikost vektoru stanic a jejich průměrná data směřují do vrcholného léta. Stanice ve vyšších polohách bavorské návětrné strany Šumavy pak vykazují nejvyšší podíly silných srážkových událostí v chladné polovině roku, průměrné datum se stáčí směrem do podzimu a zimy a zmenšují svou velikost. Docházíme tak ke shodě s rešeršní kapitolou 3.1. Zbylé stanice vytvářejí jistou přechodnou oblast mezi chladnou a teplou polovinou roku, tedy poměr zastoupení jejich nejsilnějších srážkových událostí je vyrovnanější v průběhu kalendářního roku, průměrná data pak zpravidla ukazují stále do letního období, ale velikosti jsou znatelně nižší. Především u prvního členění navíc záleží na zvolení prahových hodnot. Nižší práh pro teplou část roku by způsobil výraznější posunutí k hlavnímu hřebeni Šumavy na české straně a posunutí k hranicím Německa u rakouských stanic. Stejně tak bychom mohli zvolit vyšší počet regionů, třeba vytvořit dělení na jednotlivá roční období, což by ale přineslo pouze vyšší roztržitost a menší pozorovaný rozdíl mezi propojením sezonního zastoupení s návětrím a závětrím Šumavy.

Dále rešeršní kapitola 4.2 by nás mohla vést k hypotéze, že lokality, kde jsou vyšší roční úhrny srážek, tak tam budou i v průměru vyšší extrémy srážkových událostí. Ovšem, jak již předznamenal ve své práci Issota et al. (2013) o srážkových poměrech v Alpách, tak tyto lokality se vůbec nemusejí shodovat. Nadmořská výška, stejně tak jako návětrná či závětrná strana Šumavy, nemá na maximální ani průměrné úhrny srážek při silných srážkových událostech téměř žádný vliv. Některé stanice ve vyšších polohách (především v Německu) tak mají vyloženě nižší maximální denní úhrny silných srážkových událostí než stanice v nižších polohách. Zároveň také stanice na návětrné straně Šumavy vykazují celkově stejné nebo dokonce nižší maximální i průměrné úhrny srážek při silných srážkových událostech než stanice na straně závětrné, především pak Šumavské podhůří.

Veškeré výsledky jsou samozřejmě do jisté míry závislé na zvolených datech a metodách, které vedou jak k analýze, tak následnému členění. Z prostorového hlediska by se dalo zahrnout více srážkoměrných stanic v zájmovém území, k tomu by mohlo vést buď

snížení nároků na časovou řadu, což je ovšem vzhledem k výjimečnosti extrémních srážkových událostí spíše nežádoucí. Další možností rozšíření souboru stanic je zahrnutí stanic s vyšším počtem chybějících dat. Následně by pak bylo vhodnější volit již sofistikovanější metody k doplnění časových řad v rámci tzv. interpolace dat, která využívá metody jako je kriging nebo korekční metody (ČMeS 2023). V naší analýze, kdy chybějících dat bylo minimum a odchylka výsledků analýzy tak byla také zanedbatelná, je tento postup již zbytečně komplikovaný. Navíc i při interpolaci dat dochází k určité odchylce od skutečných hodnot z důvodu vysoké variability počasí v prostoru a čase.

Jednotlivé metody analýzy mají také vícero variant, které lze použít. U posuzování rovnoměrnosti silných srážkových událostí se ve většině případů počítá s variabilitou na základě vzorce pro rozptyl. V našem případě by ale hodnoty rozptylu vycházely malé pro extrémně vyrovnané srážkové události, ale také pro události, kdy je srážkový úhrn zaznamenán pouze na malém počtu stanic.

Výpočty prováděné ve vektorovém prostoru jsou efektivní a snadné, ale je třeba počítat také s drobnou odchylkou. Vektorový prostor je rovina, do kterého převádíme údaje ze sféry. Aby veškeré výpočty byly zcela korektní, museli bychom vše vypočítávat se sférickými souřadnicemi a počítat tak se zakřivením zemského povrchu. Ovšem naše zájmové území je na dostatečně malé ploše, abychom to mohli zanedbat. Pro představu rozdíl mezi výpočty vzdáleností  $T_u$  pomocí vektorového počtu a vzorcem pro ortodromu se pohybují maximálně v řádech stovek metrů.

U členění stanic, případně kdybychom chtěli vytvořit vyloženě regionalizaci, je volba jiných metod poněkud složitější. Extrémní srážkové události jsou totiž spojeny s maloměřítkovými vlastnostmi a procesy jako jsou konvekce, fronty, orografická cirkulace apod. (Warner 2011), a kvůli tomu je velmi obtížné vytvoření jejich regionalizace.

## 9. Závěr

Na příkladu Šumavy bylo v této práci analyzováno dohromady 683 silných srážkových událostí z celkem 64 stanic rozdělených mezi českou, německou a rakouskou stranu za období 1971–2018. Prvním cílem práce bylo podrobněji rozebrat a v jistém smyslu i klasifikovat silné srážkové události, a to především z hlediska jejich sezonality, velikosti denních úhrnů, cirkulačních podmínek a dále z pohledu prostorové variability a s tím souvisejícím umístěním těžiště srážek  $T_u$ . Dalším cílem bylo vytvoření dvou členění postavených na prostorovém rozmístění zkoumaných stanic napříč celým pohořím včetně jeho okrajových částí. Obě tato členění byla založena hlavně na kalendářních dnech, kdy se silné srážkové události na Šumavě vyskytují, přičemž první využívala celé období v roce a druhá pak byla podrobněji zaměřena na konkrétní kalendářní dny.

Výsledky analýzy potvrzují spojitost mezi západním prouděním při silných srážkových událostech v chladné části roku, kdy  $T_u$  jsou zpravidla soustředěna na německo-rakouskou stranu Šumavy do kvadrantů II a III. Zároveň je při těchto událostech největší prostorová vyrovnanost mezi jednotlivými silnými srážkovými událostmi. Jarní a podzimní období je vnímáno jako přechodné mezi chladnou a teplou částí roku, a dochází zde tak k postupné transformaci z většinového zastoupení západního proudění při silných srážkových událostech k následné převaze typů povětrnostních situací B, Bp, SWc a C v teplé části roku. V této části roku spadají  $T_u$  především na českou stranu Šumavy do kvadrantů I a IV, přičemž právě na IV. kvadrant jsou navázány  $T_u$  většiny nejsilnějších srážkových událostí ve zkoumaném období. Prostorová vyrovnanost silných srážkových událostí je značně rozkolísaná a události se tak projevují na různě velkých plochách.

Z prvního vytvořeného členění, které obsahuje celkově tři regiony, vyplývá v regionu 1 jasná dominance letních silných srážkových událostí na české straně Šumavy, a to především v Šumavském podhůří, s lehkým přesahem do Rakouska v jižní části zájmového území. Dále je jasně vytvořen region zimních silných srážkových událostí (region 2) na území Bavorska. Z tohoto členění je tak jasně patrná absence silných srážkových událostí na většině českého území v chladném půlroce, což je důkazem výrazného srážkového stínu. Jako poslední region (region 3) vzniká jistá přechodná oblast mezi teplou a chladnou částí roku, která vede mezi nimi a zároveň lemuje severozápadní okraj zájmového území, kde vliv návětrí a závětrí ještě není tak silný. Druhá členění pak v mnohých ohledech potvrzuje

závěry z prvního a přináší ještě jemnější dělení regionů do celkem pěti tříd na základě velikosti vektoru a průměrného data jednotlivých srážkoměrných stanic v zájmovém území.

Ze shrnutých výsledků lze usoudit, že oba cíle práce byly naplněny. Hlavním přínosem této práce je hlavně analýza pohoří jako celku s přeshraniční spoluprací s německými a rakouskými stanicemi. Díky tomu nám vznikla možnost vytvářet členění založené na plošném dopadu silných srážkových událostí na Šumavě, což může mít další využití při vytváření např. povodňové ochrany při podobném charakteru silných srážkových událostí v budoucnu. Veškeré výsledky ovšem stojí na množství zvolených stanic, které by především v pohraniční oblasti mělo být vyšší, a to hlavně proto, aby byla přesněji detekována hranice mezi jednotlivými regiony. Zároveň by se tím dala detekovat přibližná hranice, kam až dosahuje návětrný a závětrný efekt při různých meteorologických podmínkách.

Výsledky této práce vytváří základ pro další výzkum. Značný potenciál spočívá například v rozšíření sítě srážkoměrných stanic i s ohledem na kratší časové řady, které by doplnily existující soubor měřících míst a přinesly informace alespoň o některých silných srážkových událostech. Prostor se otevírá i pro prostorovou analýzu jednotlivých typů povětrnostních situací při silných srážkových událostech. Dále by samozřejmě bylo zajímavé aplikovat principy použité při tvorbě předložené práce i pro jiná pohraniční horská pásma, kde lze pozorovat návětrný a závětrný efekt.

## Literatura

ALBRECHT J. et al. (2003): Chráněná území ČR – Českobudějovicko. In: Mackovčin P., Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.

BAERISWYL, P.-A., REBETEZ, M. (1997): Regionalization of precipitation in Switzerland by means of principal component analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 58, 31–41.

BARREDO, J. I. (2007): Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Natural Hazards*, 42, 125–148.

BARRY, R. G., CHORLEY, R. J. (2003): *Atmosphere, weather and climate*. Routledge, New York, 421 s.

BÄSSLER, C. (2008): Klimawandel – Trend der Lufttemperatur im Inneren Bayerischen Wald (Böhmerwald). *Silva Gabreta*, 42 (1), 1–18.

BRÁDKA, J. (1970): Srážky v závětrí Šumavy při západní cyklonální povětrnostní situaci. *Meteorologické zprávy*, 23, č.5, 140–144

BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J. (1961): Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Hydrometeorologický ústav v Praze, Praha, 32 s.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L., KAKOS, V., KOTYZA, O., KVĚTOŇ, V., MACKOVÁ, J., MÜLLER, M., ŠTEKL, J., TOLASZ, R., VALÁŠEK, H. (2005): Historické a současné povodně v České republice. In: *Historie počasí a podnebí v českých zemích*, svazek 7. Masarykova univerzita v Brně a Český hydrometeorologický ústav v Praze, Brno–Praha, 370 s.

BRÁZDIL, R., ŠTEKL, J. (1986): Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR. Přírodovědecká fakulta Univerzity J. E. Purkyně, Brno, 298 s.

CAPOZZI, V., ANNELLA, C., BUDILLON, G. (2023): Classification of daily heavy precipitation patterns and associated synoptic types in the Campania Region (southern Italy). *Atmospheric Research*, 289, 19 s.

CASPARY, H. J. (1995): Recent Winter Floods in Germany Caused by Changes in the Atmospheric Circulation Across Europe. *Physics and Chemistry of the Earth*, 20(5–6), 450–462.

CIPOLLA, G., FRANCIANE, A., NOTO, L. V. (2020): Classification of extreme rainfall for a Mediterranean region by mean of atmospheric circulation patterns and reanalysis data. *Water resources management*, 34, 3219–3235.

CUADRAT, J. M., SERRANO, R., SAZ, M. A., TEJEDOR, E., PROHOM, M., CUNILLERA, J., SOUBEYROUX, J., DEAUX, N., ESTEBAN, P. (2014): El clima de los Pirineos: Base de datos y primeros resultados. *Tiempo y clima*, 45, 38–41.

CZUDEK, T. (2005): Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. Moravské zemské muzeum, Brno, 238 s.

ČEKAL, R., HLADKÝ, J. (2007): Metody k objektivizaci regionalizace sezónního výskytu povodní na území ČR. In: Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 85–94.

DAVOLIO, S., VERCELLINO, M., MIGLIETTA, M. M., PITURA, L. D., LAVIOLA, S., LEVIZZANI, V. (2023): The influence of atmospheric river on a heavy precipitation event over the western Alps. *Weather and Climate Extremes*, 39, 15 s.

DEMEK, J., MACKOVČIN, P. (eds.) (2014): Zeměpisný lexikon ČR. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 607 s.

FISCHER, A., LINDNER, M., ABS, C., LASCH, P. (2002): Vegetation dynamics in central european forest ecosystems (near-natural as well as managed) after storm events. *Folia Geobot*, 37, 17–32.

FISCHER, E. M., KNUZZI, R. (2016): Observed heavy precipitation increase confirms theory and early models. *Nature climate change*, 6, 986–991.

GIANNAKAKI, P., MARTIUS, O. (2015): Synoptic-scale flow structures associated with extreme precipitation events in northern Switzerland. *International Journal of Climatology*, 36(6), 2497–2515.

GRAZZINI, F., CRAIG, G. C., KEIL, C., ANTOLINI, G., PAVAN, V. (2020): Extreme precipitation events over northern Italy. Part I: A systematic classification with machine-learning techniques. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(726), 69–85.

GROISMAN, P. YA., KARL, T. R., EASTERLING, D. R., KNIGHT, R. W., JAMASON, P. F., HENNESSY, K. J., SUPPIAH, R., PAGE, C. M., WIBIG, J., FORTUNIAK, K., RAZUVAEV, V. N., DOUGLAS, A., FORLAND R., ZHAI, P. (1999): Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. In KARL, T. R., NICHOLLS, N., GHAZI, A. (ed.): *Weather and Climate Extremes*. Springer, 243–283.

HERA, U., RÖTZER, T., ZIMMERMANN, L., SCHULZ, C., MAIER, H., WEBER, H., KÖLLING, C. (2012): *Klima en détail*. LWF aktuell, 86, 34–37.

IBEBUCHI, C. C. (2020): Patterns of atmospheric circulation in Western Europe linked to heavy rainfall in Germany: preliminary analysis into the 2021 heavy rainfall episode. *Theoretical and Applied Climatology*, 148, 269–283.

ISOTTA, F. A., FREI, C., WEILGUNI, V., TADIC, M. P., LASSEGUES, P., RUDOLF, B., PAVAN, V., CACCIAMANI, C., ANTOLINI, G., RATTO, S. M., MUNARI, M., MICHELETTI, S., BONATI, V., LUSSANA, C., RONCHI, C., PANETTIERI, E., MARIGO, G., VERTAČNIK, G. (2013): The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data. *International Journal of Climatology*, 34(5), 1657–1675.

KAŠPAR, M., MÜLLER, M. (2010): Variants of synoptic-scale patterns inducing heavy rains in the Czech Republic. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, 277–283.

KLÖCKING, B. (2018): Simulation of meteorological conditions in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta*, 24, 69–84.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F. (2006): World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 250–263.

KRÁL, V. (1999): *Fyzická geografie Evropy*. Academia, Praha, 384 s.

KRÁLOVÁ, K. (2020): Rozdělení silných srážek napříč Šumavou. Bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 72 s.

KRAUSE, D., MARGOLD, M. (2019): Glacial geomorphology of the Šumava/Bayerischer Wald mountains, Central Europe. *Journal of Maps*, 15 (2), 719–725.

KRON, W. (2005): Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability. IWRA, Water International, 30(1), 58–68.

KŘIVANCOVÁ, S., LETT, P., POLCAR, P. (1996): Povodně na přítocích Blanice na počátku června 1996. Český Hydrometeorologický ústav, České Budějovice, 12 s.

KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F. (1997): Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961–1990. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 114 s.

KUNDZEWICZ, Z. W., ULBRICH, U., BRÜCHER, T., GRACZYK, D., KRÜGER, A., LECKEBUSCH, G. C., MENZEL, L., PINSKWAR, I., RADZIEJEWSKI, M., SZWED, M. (2005): Summer Floods in Central Europe – Climate Change Track? *Natural Hazards*, 36, 165–189.

KVĚTOŇ, V. et al. (2002): Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek (kapitola 2). In: Ministerstvo životního prostředí (ed.): *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.

KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M. (2011): Vliv středomořských tlakových níží na kalamitní sněžení v České republice. *Meteorologické zprávy*, 64, č.5, 129–136.

KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M. (2018): Vliv středomořských tlakových níží na četnost výskytu vydatných srážek a kalamitních sněžení ve vybraných regionech České republiky. *Meteorologické zprávy*, 71, č.2, 45–58.

KYSELÝ, J. (2002): Comparison of extremes in GCS-simulated, downscales and observed central-European temperature series. *Climate Research*, 20, 211–222.

KYSELÝ, J. (2009): Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961–2005. *International Journal of Climatology*, 29, 1745–1758.

LAVERS, D. A., VILLARINI, G. (2013): The nexus between atmospheric rivers and extreme precipitation across Europe. *Geophysical Research Letters*, 40(12), 3259–3264.

LEMUS-CANOVAS M., LOPEZ-BUSTINS J. A., TRAPERO L., MARTIN-VIDE J. (2019): Combining circulation weather types and daily precipitation modelling to derive climatic precipitation regions in the Pyrenees. *Atmospheric Research*, 220, 181-193.

LEMUS-CANOVAS M., LOPEZ-BUSTINS, J. A., MARTIN-VIDE, J., HALIFA-MARIN, A., INSUA-COSTA, D., MARTINEZ-ARTIGAS, J., TRAPERO, L., SERRANO-NOTIVOLI, R., CUADRAT, J. M.

(2021): Characterisation of extreme precipitation events in the Pyrenees: from the local to the synoptic scale. *Atmosphere*, 12(6), 665, 16 s.

LETT, P. et al. (1993): Zpráva o povodni v prosinci roku 1993. Český hydrometeorologický ústav, České Budějovice, 33 s.

LINHART, L. (2021): Přeshraniční projekt na záchranu mokřadů a obnovu vodního režimu na Šumavě. *Veronica*, 25 (1), 20–23.

LÓPEZ-MORENO, J. I., BENISTON M. (2009): Daily precipitation intensity projected for the 21st century: seasonal changes over the Pyrenees. *Theoretical and applied climatology*, 95, 375-384.

MARTINEZ-ARTIGAS, J., LEMUS-CANOVAS M., LOPEZ-BUSTINS, J. A. (2020): Precipitation in peninsular Spain: Influence of teleconnection indices and spatial regionalisation. *International Journal of Climatology*, 41(S1), 1320–1335.

MÜLLER, M., KAKOS, V. (2003): Hydrometeorologické srovnání povodní v srpnu 2002 s vybranými historickými případy dešťových povodní na Vltavě v Praze. *Meteorologické zprávy*, 56(5), 129–136.

MÜLLER, M., KAŠPAR, M. (2011): Association between anomalies of moisture flux and extreme runoff events in the south-eastern Alps. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11, 915–920.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., MCMAHON, T. A. (2007): Updated world map of Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633–1644.

POTUŽÁKOVÁ, H. (2011): Přípravenost JPO a obyvatel Sušice na povodně. Bakalářská práce, fakulta bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 83 s.

PRINTZEN, C., HALDA, J., PALICE, Z., TØNSBERG, T. (2002): New and interesting lichen records from old-growth forest stands in the German National Park Bayerischer Wald. *Nova Hedwigia*, 74, č.1, 25–49.

PROCHÁZKA, J. (2019): Březník – srdce Šumavy i z pohledu meteorologie. In Lipina, P., Procházka, J. (eds.): *Meteorologická konference Šumava 2019*. Praha, 149 s.

PROCHÁZKA, J., ŠUSTKOVÁ, V., JIRÁK, J., TESAŘ, M. (2023): Význam a problematika automatického měření sněhové pokrývky – studie pro oblast Šumavy. *Meteorologické zprávy*, 76 (3), 73–83.

ROTUNNO, R., FERRETTI, R. (2001): Mechanisms of Intense Alpine Rainfall. *Journal of the atmospheric sciences*, 58 (13), 1732–1749.

RUDOLF, B., RAPP, J. (2003): The Century Flood of the River Elbe in August 2002: Synoptic Weather Development and Climatological Aspects. *Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst, Special Topic July 2002*, 7–22.

ŘEZÁČOVÁ, D., NOVÁK, P., KAŠPAR, M., SETVÁK, M. (2007): *Fyzika oblaků a srážek*. Academia, Praha, 574 s.

- SANDEV, M. (2017): Mechanismus cirkulace atmosféry vedoucí k vydatným srážkám a povodním ve střední Evropě. *Meteorologické zprávy*, 70, č.3, 78–86.
- SANDEV, M. et al. (2003): Meteorologické příčiny katastrofální povodně v srpnu 2002 a vyhodnocení extremity příčinných srážek (kapitola 1). In: Ministerstvo životního prostředí (ed.): *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.
- SANDEV, M., DVOŘÁK, M. (2013): Vyhodnocení cirkulačních podmínek v atmosféře v první polovině roku 2013. *Meteorologické zprávy*, 66 (6), 167–174.
- SCHWANKE, K., PODBREGAR, N., LOHMANN, D., FRATER, H. (2009): *Naturkatastrophen*. Heidelberg, Berlin, 286 s.
- SMITH, R. B. (1979): The influence of mountains on the atmosphere. *Advances in Geophysics*, 21, 87–230.
- ŠERCL, P. et al. (2002): Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 (kapitola 1). In: Ministerstvo životního prostředí (ed.): *Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.
- TOLASZ, R. (2007): *Atlas podnebí Česka*. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc, 255 s.
- TRAPERO L., BECH J., LORENTE J. (2013): Numerical modelling of heavy precipitation events over Eastern Pyrenees: Analysis of orographic effects. *Atmospheric Research*, 123, 368–383.
- VALERIÁNOVÁ, A., HOLTANOVÁ, E., CRHOVÁ, L. (2013): Klimatologie příčinných srážek červnové povodně v České republice v roce 2013. *Meteorologické zprávy*, 66 (6), 190–196.
- VLASÁK, T. (2007): Povodňové režimy Otavy a Lužnice. In: Langhammer, J. (ed.): *Změny v krajině a povodňové riziko*. Sborník příspěvků semináře *Povodně a změny v krajině*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 173–182.
- VYSOUDIL, M. (2004): *Meteorologie a klimatologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 232 s.
- WARNER, T. W. (2011): *Numerical weather and climate prediction*. Cambridge University Press, Cambridge, 526 s.
- WHITEMAN, C. D. (2000): *Mountain Meteorology – fundamentals and applications*. Oxford University Press, New York, 355 s.

## Internetové zdroje

- ČHMÚ (2023a): Hlásná a předpovědní povodňová služba. [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove\\_zpravy.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy.html) (cit. 18. 7. 2023)
- ČHMÚ (2023b): Historické extrémy. <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/historicke-extremy> (cit. 11. 11. 2023)

ČHMÚ (2023c): Typizace povětrnostních situací pro území České republiky. <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetrnostnich-situaci#> (cit. 12. 11. 2023)

ČMeS (2023): Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS). <http://slovník.cmes.cz> (cit. 27. 11. 2023)

ISACHENKO, A. G (1979): Physicogeographical Regionalization. In: Great Soviet Encyclopedia, 3rd Edition, The Gale Group, Inc. <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Physicogeographical+Regionalization> (cit. 25. 6. 2023)

NP Šumava (2023): Přírodní poměry. <https://www.npsumava.cz/priroda/prirodni-pomery/> (cit. 28. 11. 2023)

Za krásnější Vimperk (2020): Český hydrometeorologický ústav: Srážkové poměry Šumavy. <http://zakrasnejsivimperk.cz/?p=185766> (cit. 10. 7. 2023)

Wetter3.de (2023): Archiv GFS. [http://www1.wetter3.de/archiv\\_gfs\\_dt.html](http://www1.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html) (cit. 27. 6. 2023)

## Zdroje dat

ČHMÚ (2023): Denní data dle zákona 123/1998 Sb. <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb> (cit. 9. 12. 2023)

DWD (2023): Open Data Bereich des Climate Data Center. <https://cdc.dwd.de/portal/> (cit. 9. 12. 2023)

eHYD (2023): WebGIS-Applikation eHYD. <https://ehyd.gv.at/#> (cit. 9. 12. 2023)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Schematické znázornění mechanismů, které se uplatňují při vývoji orografických srážek .....	14
Obrázek 2: Průměrné roční úhrny srážek ve státě Washington v palcích .....	15
Obrázek 3: Průměrné roční úhrny srážek (v mm) v Alpách a přilehlých oblastech .....	16
Obrázek 4: Průměrné roční úhrny srážek (v mm) na vybraných stanicích v Pyrenejích .....	17
Obrázek 5: Köppenova klasifikace klimatu pro Evropu a západ Asie .....	19
Obrázek 6: Regionalizace poloostrovního Španělska na základě korelací mezi srážkami a indexy telekonekce .....	20
Obrázek 7: Regionalizace Pyrenejí metodou k-means na základě kombinace 20 rozdílných cirkulačních situací a srážkových poměrů .....	21
Obrázek 8: Postupný vývojový diagram znázorňující postup navržený pro získávání srážkových režimů (shluková mapa) a ročních regionálních srážkových řad .....	22
Obrázek 9: Regionalizace Švýcarsko pro období 1961-1980 (vlevo) a pro období 1981-1993 (vpravo) .....	23

Obrázek 10: Roční cyklus silných srážek v alpském regionu a přilehlém okolí. Sloupce představují průměr měsíčních maximálních denních srážek v mm/den za období 1971–2008 .....	26
Obrázek 11: Průměr ročních maximálních denních srážkových úhrnů v mm v letech 1971–2008 (vlevo) a podíl srážek pocházejících ze středních až silných srážkových událostí, tj. srážky rovné nebo větší než 75% kvantil (vpravo).....	27
Obrázek 12: Odhady návrhových denních srážkových úhrnů v Pyrenejích pro doby opakování (RP): 5, 10, 20, 50, 100 a 200 let .....	28
Obrázek 13: Tři typy srážkových událostí, charakterizované těžištěm skupiny normovaných úhrnů srážek $R_n$ na jednotlivých stanicích, řazených od jihozápadu k severovýchodu.....	30
Obrázek 14: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpm) a teplota vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) v této hladině ve dnech 20. 12. 1993 v 00 UTC (vlevo) a 21. 12. 1993 v 00 UTC (vpravo).....	31
Obrázek 15: Výška hladiny Otavy v Sušici v době 20. – 21. 12. 1993 .....	32
Obrázek 16: Postup středu tlakové níže v průběhu první (vlevo) a druhé (vpravo) vlny srážek .....	33
Obrázek 17: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpm) a teplota vzduchu ( $^{\circ}\text{C}$ ) v této hladině ve dnech 11. 8. 2002 v 00 UTC (vlevo) a 12. 8. 2002 v 00 UTC (vpravo) .....	34
Obrázek 18: Mapa úhrnů srážek v Česku za období od 6. do 15. srpna 2002.....	35
Obrázek 19: Průtoky na Malši ve dne 6. 8. – 18. 8. 2002 .....	36
Obrázek 20: Geopotenciál hladiny 850 hPa (gpm) a teplota vzduchu dtto ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve dne 1. 6. 1996 v 00 UTC .....	37
Obrázek 21: Izohyety srážkového úhrnu ze dne 1. 6. 1996 (od 8.00 1. 6. do 8.00 2. 6. SELČ) .....	38
Obrázek 22: Graf průtoků řeky Blanice mezi dny 31. 5. 1996 - 5. 6. 1996 .....	39
Obrázek 23: Umístění srážkoměrných stanic v zájmovém území .....	41
Obrázek 24: Průměrné roční úhrny srážek v mm na Šumavě v období let 2000-2019.....	43
Obrázek 25: Průměrné roční úhrny srážek v mm v Bavorském lese v období let 1980-2015.....	44
Obrázek 26: Mokřad ve vrcholové oblasti Bavorského lesa .....	45
Obrázek 27: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v jarním období .....	53
Obrázek 28: X-ové souřadnice otočeného $T_u$ jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění $T_u$ od osy hřebene v km v jarním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu).....	55
Obrázek 29: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v letním období .....	55
Obrázek 30: X-ové souřadnice otočeného $T_u$ jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění $T_u$ od osy hřebene v km v letním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu).....	57
Obrázek 31: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v podzimním období.....	58
Obrázek 32: X-ové souřadnice otočeného $T_u$ jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění $T_u$ od osy hřebene v km v podzimním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu).....	59
Obrázek 33: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v zimním období.....	60

Obrázek 34: X-ové souřadnice otočeného $T_u$ jednotlivých silných srážkových událostí představující vzdálenost umístění $T_u$ od osy hřebene v km v zimním období (kladné hodnoty představují souřadnice v I. a IV. kvadrantu, záporné hodnoty souřadnice ve II. a III. kvadrantu).....	61
Obrázek 35: Zastoupení silných srážkových událostí v jednotlivých ročních obdobích pro kvadranty I.-IV. kvadrantu .....	62
Obrázek 36: Měsíční zastoupení četnosti $T_U$ v jednotlivých kvadrantech.....	63
Obrázek 37: Četnost zastoupení typů povětrnostních situací v jednotlivých kvadrantech ....	64
Obrázek 38: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 20. 12. 1993 .....	65
Obrázek 39: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 12. 8. 2002 .....	66
Obrázek 40: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 1. 6. 1996 .....	67
Obrázek 41: Četnost zastoupení $R$ silných srážkových událostí v mm.....	68
Obrázek 42: Četnost zastoupení $R_{max}$ silných srážkových událostí v mm.....	69
Obrázek 43: Sezonní členění stanic na Šumavě na základě jejich 50 nejsilnějších srážkových událostí.....	70
Obrázek 44: Sezonní zastoupení vždy 50 nejsilnějších srážkových událostí na jednotlivých stanicích .....	71
Obrázek 45: Směrové vektory jednotlivých stanic .....	73

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vybrané zkratky typizace povětrnostních situací.....	50
Tabulka 2: Hlavní charakteristiky silných srážkových událostí ze dnů 6. – 7. 8. a 11. – 12. 8. 2002) .....	65
Tabulka 3: Hlavní charakteristiky pro vybrané silné srážkové události.....	67

## Seznam příloh

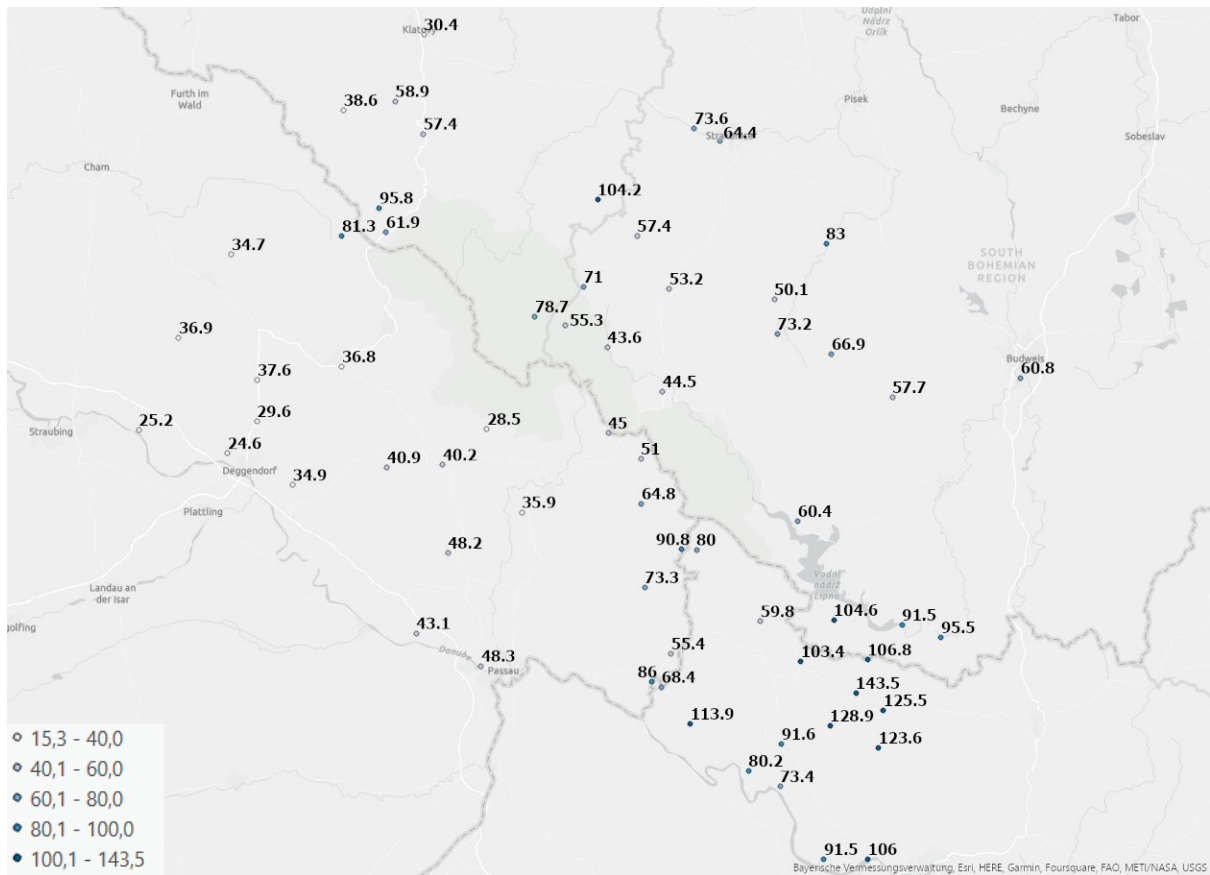
Příloha 1: Abecední seznam stanic v zájmovém území	
Příloha 2: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 6. 8. 2002	
Příloha 3: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 7. 8. 2002	
Příloha 4: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 11. 8. 2002	

Příloha 1: Abecední seznam stanic v zájmovém území

Stanice			
<b>1</b>	Bavorov	<b>33</b>	Nýrsko
<b>2</b>	Bogen-Pfelling	<b>34</b>	Oberkappel
<b>3</b>	Borová Lada	<b>35</b>	Ottensheim
<b>4</b>	Brennes	<b>36</b>	Passau-Maierhof
<b>5</b>	Brloh	<b>37</b>	Pfarrkirchen
<b>6</b>	Čachrov	<b>38</b>	Philippstreu
<b>7</b>	České Budějovice	<b>39</b>	Piberstein
<b>8</b>	Filipova Huť	<b>40</b>	Prachatice
<b>9</b>	Frantoly	<b>41</b>	Regen
<b>10</b>	Frymburk, Svatý Tomáš	<b>42</b>	Röhrnbach-Reisersberg
<b>11</b>	Goldwörth	<b>43</b>	Sankt Englmar
<b>12</b>	Grafling	<b>44</b>	Sankt Oswald-Riedlhütte
<b>13</b>	Grafling-Mühlen	<b>45</b>	Schlägl
<b>14</b>	Guglwald	<b>46</b>	Schöfweg
<b>15</b>	Haidmühle-Bischofsreut	<b>47</b>	Schönberg/Niederbayern
<b>16</b>	Haslach	<b>48</b>	Schwarzenberg
<b>17</b>	Helfenberg	<b>49</b>	Sonnen
<b>18</b>	Hengersberg-Unterfrohntetten	<b>50</b>	St.Peter am Wimberg
<b>19</b>	Horní Planá	<b>51</b>	Strakonice
<b>20</b>	Husinec	<b>52</b>	Strašín
<b>21</b>	Churáňov	<b>53</b>	Strážov
<b>22</b>	Katovice	<b>54</b>	Špičák
<b>23</b>	Kirchberg ob der Donau	<b>55</b>	Tittling
<b>24</b>	Klatovy	<b>56</b>	Untergriesbach-Glotzing
<b>25</b>	Kvilda	<b>57</b>	Vacov, Peckov
<b>26</b>	Lanfalsen	<b>58</b>	Viechtach-Bühling
<b>27</b>	Lenora	<b>59</b>	Vimperk
<b>28</b>	Lipno	<b>60</b>	Vyšší Brod
<b>29</b>	Metten	<b>61</b>	Waxenberg
<b>30</b>	Neuhaus an der Donau	<b>62</b>	Wegscheid
<b>31</b>	Neureichenau-Duschlberg	<b>63</b>	Windorf-Otterskirchen
<b>32</b>	Neureichenau-Klafferstraß	<b>64</b>	Železná Ruda



Příloha 3: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 7. 8. 2002



Příloha 4: Úhrny srážek v mm na jednotlivých stanicích v zájmovém území dne 11. 8. 2002

