

Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice  
SUCHO v roce 2016, úkolový list 31

Regionalizace území ČR dle výskytu hydrologického sucha

**Adam Vizina, Martin Hanel, Radek Vlnas**

**Název a sídlo organizace:**

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce  
Podbabská 2582/30 Praha 6 160 00

**Zadavatel:**

Ministerstvo životního prostředí České republiky

**Zahájení a ukončení úkolu:**

6/2016 - 9/2016

**Místo uložení zprávy:**

Oddělení hydrologie VÚV TGM, v.v.i.

**Ředitel:**

Mgr. Mark Rieder

**Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:**

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

**Vedoucí odboru:**

Ing. Anna Hrabánková

**Vedoucí oddělení:**

RNDr. Josef V. Datel, Ph.D.

**Řešitelé:**

Ing. Adam Vízina, Ph.D., Doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., Ing. Radek Vlnas

# **Obsah**

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Postup prací</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Metody řešení</b>	<b>6</b>
3.1	Propagace sucha . . . . .	6
3.2	Meteorologické sucho . . . . .	6
3.3	Agronomické sucho . . . . .	8
3.4	Hydrologické sucho . . . . .	8
3.5	Dopady sucha . . . . .	9
3.6	Indexy pro hodnocení sucha . . . . .	9
3.6.1	SPI, SRI . . . . .	9
3.6.2	DMPI . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Příprava přehledných mapových podkladů regionalizace ČR</b>	<b>13</b>
4.1	Podkladové mapy . . . . .	13
4.2	Klimatické sucho . . . . .	15
4.3	Hydrologické sucho . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Definování neznalostí a nejistot stávající úrovně řešení</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>25</b>
	<b>PŘÍLOHA 1: Mapy hydrologických such v letech 1947, 1953 a 2003 . . . . .</b>	<b>26</b>

## Seznam obrázků

1	Propagace sucha . . . . .	7
2	Dopady a dělení sucha . . . . .	10
3	Gamma rozdelení s parametry $\alpha=2.4$ a $\beta=23$ . . . . .	11
4	Histogram srážek . . . . .	11
5	Modelovaná povodí III.řádu na podkladu mapy České republiky . . . . .	13
6	Průměrné srážkové úhrny za období 1981-2010 . . . . .	14
7	Průměrné hodnoty potenciální evapotranspirace . . . . .	15
8	Průměrné roční hodnoty odtokových výšek . . . . .	16
9	Průměrné roční hodnoty bilance . . . . .	17
10	Pozorované průměrné roční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí (průměr na celou plochu povodí) . . . . .	17
11	Pozorované průměrné měsíční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí ve vegetačním období (květen-září) . . . . .	18
12	Pozorované průměrné měsíční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí v zimním období (říjen-duben) . . . . .	18
13	Délka období s hodnotou SPI menší než -2 . . . . .	19
14	Průměrná hodnota 60 nejmenších hodnot SPI . . . . .	19
15	Délka období s hodnotou DMPI menší než -2 . . . . .	20
16	Průměrná hodnota 36 nejmenších hodnot DMPI . . . . .	20
17	Pozorované průměrné roční odtokové výšky pro jednotlivá povodí (průměr na celou plochu povodí) . . . . .	21
18	Pozorované průměrné měsíční odtokové výšky pro jednotlivá povodí ve vegetačním období (květen-září) . . . . .	22
19	Pozorované průměrné měsíční odtokové výšky pro jednotlivá povodí v zimním období (říjen-duben) . . . . .	22
20	Délka období s hodnotou SRI menší než -2 . . . . .	23
21	Průměrná hodnota 60 nejmenších hodnot SRI . . . . .	23
22	Délka období s hodnotou DMRI menší než -2 . . . . .	24
23	Průměrná hodnota 30 nejmenších hodnot DMRI . . . . .	24

## **Seznam tabulek**

## 1 Úvod

Sucho je jednou z nejzávažnějších pohrom souvisejících s počasím. Také se od ostatních liší v mnoha směrech. Je to pomalu se projevující stav, který ani na začátku, ani na konci nemusí být jasně definován. Sucho musí být vnímáno jako přirozená součást klimatu za všech klimatických režimů. Jeho prostorové a časové charakteristiky se značně liší region od regionu. Vyskytuje se ve vysokých i nízkých dešťových srážkových oblastech. Nejzávažnější dopady sucha se často vyskytují v suchých a polosuchých oblastech, kde je dostupnost vody nízká již za normálních podmínek. Sucho by však nemělo být zaměňováno s vyprahlostí, což je dlouhodobý rys suchého klimatu, nebo s nedostatkem vody, což odpovídá podmínkám dlouhodobé nerovnováhy mezi dostupnými vodními zdroji a požadavky na ně. Trvale nízká dostupnost srážek, vlhkosti či vody není sucho, ale vyprahlost. Také klesající trend v dostupnosti vody není sucho, ale tzv. vysoušeňí, aridifikace nebo desertifikace. Další důležitou definicí je rozdíl mezi nízkým průtokem a suchem. Nízké průtoky se v oblastech s jasnou sezónností každoročně opakují (?????).

Přesto, že je sucho starý a velmi častý pojem, není jej snadné definovat. Neexistuje žádná jednotná definice sucha, která funguje za všech okolností (???). Existuje více než 150 publikovaných definic sucha (?). V technické zprávě Světové meteorologické organizace (WMO) je uveden přehled definic sucha a s nimi souvisejících přístupů založených na meteorologických a hydrologických proměnných, charakteristikách půdní vláhy a rostlin (?).

Předkládaná studie je důlžím výstupem UL 31 Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – Regionalizace území ČR dle výskytu hydrologického sucha a byly v ní provedeny následující činnosti, které je možné rozdělit do základních kroků:

1. Postup prací
2. Zdroje informací a popis metod řešení
3. Mapové výstupy
4. Doporučení a závěry

Podstatné závěry jsou shrnutý jednak na konci příslušných kapitol, jednak v závěru studie v kapitole 6.

## 2 Postup prací

1. Sběr odborných podkladů vychází především z úkolů řešených na půdě VÚV TGM, v.v.i.. Dále jsou shromažďovány podklady zabývající se řešením zemědělského a půdního sucha, především od organizací CzechGlobe, v.v.i. a ČHMÚ. Seznam základních projektů, ze kterých čerpáme, je uveden níže.
  - Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření
  - Časová a plošná variabilita sucha v podmínkách klimatické změny na území ČR
  - Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmínkách klimatické změny
  - Analýza propagace sucha v České republice
  - Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody
  - Výhledová studie potřeb a zdrojů vody v Karlovarském kraji
  - Projekt INTERSUCHO
2. Sběr dostupných dat je založen na vytvoření základní databáze klimatologických a hydrologických dat z řešených projektů. Práce nespočívají pouze ve sběru dat, ale též v posouzení a volby vhodného období pro regionalizaci území ČR (v jednotlivých projektech byly použity různé časové horizonty) a dostupnosti dat pro jednotlivé indexy sucha.
3. Volba indexu pro hodnocení sucha na základě dostupných dat. Pro hodnocení jsme stanovili základní kritéria, a to že z indexu bude možné stanovit jak četnost tak délka jednotlivých suchých epizod, a aby bylo možné stejný index použít pro hodnocení nejen sucha hydrologického, ale i sucha meteorologického (možnost porovnání jednotlivých lokalit). Z mnoha indexů zabývajících se hodnocením sucha byly vybrány indexy založených na principu SPI (Standardized Precipitation Index), DMI (Drought Magnitude Index) a nedostatkových objemů. Konečná volba indexu byla provedena až po dílčích výpočtech.
4. Identifikace pravděpodobnostních rozdělení pro jednotlivé vodoměrné stanice, ve kterých je analýza dělána, a jednotlivé indexy. Testují se rozdělení normální, log-normální, gamma a weibull.
5. Výběr pravděpodobnostního rozdělení pro Českou republiku a jednotlivé indexy. Na základě výběru je vytvořena jednotná distribuční funkce pro každý index a následně budou jednotlivé profily posouzeny.
6. Tvorba jednotlivých mapových podkladů
7. Definování nedostatků a prací, které by měly navazovat na současný stav řešení

### 3 Metody řešení

**Sucho** a nedostatek vody jsou pojmy, které je třeba od sebe rozlišovat.

**Nedostatek vody** je zde definován jako situace, kdy vodní zdroj není dostatečný pro uspokojení dlouhodobých průměrných požadavků na vodu.

**Sucho** představuje dočasný pokles průměrné dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev. Pro sucho je charakteristický jeho pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. Přirozeně dochází k výskytu sucha, pokud se nad daným územím vyskytne anomálie v atmosférických cirkulačních procesech v podobě vysokého tlaku vzduchu beze srážek, která setrvává po dlouhou dobu nad určitým územím.

Sucho hodnotíme z prostorového a časového hlediska, určuje se také jeho intenzita. Pro stanovení existence sucha a jeho intenzity existuje mnoho objektivních metod, do kterých jsou vstupem četné hydrometeorologické veličiny (srážkový úhrn, teplota vzduchu, reálná a potenciální evapotranspirace, půdní vláha, povrchový odtok, infiltrace vody do hlubších vrstev, zásoba vody ve sněhu, v řekách a nádržích). Vstupem pro výhodnocení jsou pozorované časové řady (teplota vzduchu, průtoky, atd.) a modelované hydrologickými modely (potenciální a reálná evapotranspirace, infiltrace, atd.).

Suchá období mívají různou intenzitu i různou délku trvání od krátkodobých až po několikaměsíční. Následky mohou být také závislé na ročním období, v němž se sucho vyskytne.

#### 3.1 Propagace sucha

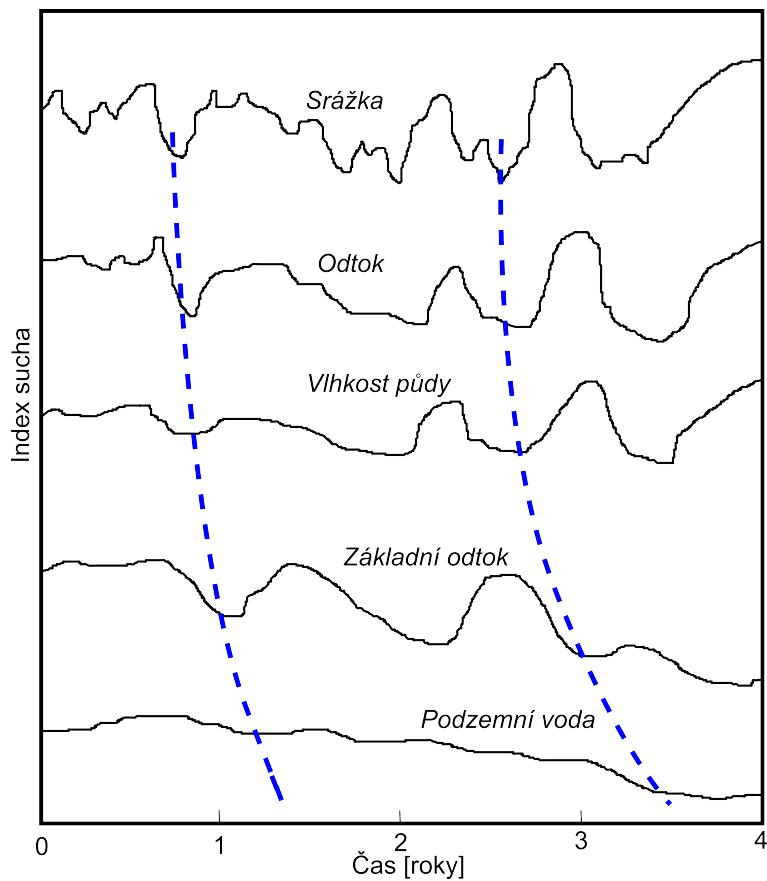
Propagace sucha (viz. obr. 1) je proces, ve kterém deficit srážkových úhrnů následně vede ke snížení povrchového odtoku, abnormálnímu deficitu půdní vlhkosti, podzemní vody a/nebo průtoků (?).

Suchá jsou často klasifikována do čtyř kategorií, které jsou založeny na různých částech hydrologického cyklu a dělíme je na:

1. Meteorologické sucho
2. Agronomické sucho
3. Hydrologické sucho
4. Socioekonomické sucho

#### 3.2 Meteorologické sucho

Primární příčinou meteorologického sucha je deficit srážek v určitém časovém intervalu, jenž může být prohlouben spolupůsobením ostatních meteorologických prvků, zejména vyššími teplotami vzduchu, intenzivnějším prouděním vzduchu či jeho nízkou relativní vlhkostí. Ve své „nejmírnější“



Obrázek 1 Propagace sucha

podobě nemusí působit žádné větší škody, obvykle se hodnotí na základě odchylky srážek od normálu za určité časové období. Využívá jednu z primárních příčin sucha, jakožto záporná odchylka srážek od normálu za určité časové období podmiňuje výskyt sucha zemědělského, hydrologického i socioekonomického. Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k srážkovým normálům pro danou lokalitu a roční dobu stanovili mnozí autoři různé definice meteorologického sucha v závislosti na dalších meteorologických prvcích (především na výparu, teplotě vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu aj.), pomocí klimatologických indexů. Meteorologické sucho je někdy nesprávně nazýváno suchem atmosférickým.

Jak již bylo řečeno, meteorologické sucho může být vyvoláno různými přírodními jevy. Srážky mohou být sníženy v důsledku zdvihání neobvykle velkých mas prachu ze zemského povrchu, zvýšení albeda, snížení množství biogenních jader pro tvorbu deště způsobenou snížením rostlinného pokryvu a podobných faktorů. Zvýšení albeda snižuje povrchové teploty, což zvýší zdvihání vzdušných mas a následně vede ke snížení srážek. Zvýšené albedo ale na druhou stranu způsobuje lokální tepelné ztráty vedoucí k teplotnímu spádu, což vyvolává oběh schopný obnovit rovnováhu s teplejším okolím, a tak se pokles srážek naopak snižuje. Dalším důležitým faktorem zdůvodňujícím sucho je oceánská cirkulace, která má určité složení proudů a tepla, jež ovlivňují počasí a podnebí (??).

### 3.3 Agronomické sucho

Jako zemědělské sucho označujeme období, kdy panuje dlouhodobější nedostatek vody v půdě a její dostupnost rostlinám se stává limitem jejich normálního růstu a vývoje. Zemědělské sucho je vyvolané předchozím nebo nadále trvajícím výskytem meteorologického sucha, často v kombinaci s vysokou ztrátou evapotranspirací. Z dalších vlivů mají značný význam vlastnosti půdy, úroveň zemědělské techniky, která se v dané oblasti používá, a celá řada dalších faktorů. Definice zemědělského sucha je obširně diskutovaným problémem, který předpokládá podrobné znalosti z hydropedologie, rostlinné fyziologie, ekonomiky a příbuzných oborů, jistě však úzce souvisí s výskytem a projevy fyziologického sucha.

### 3.4 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho je definováno pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s výskytem nízkých průtoků vzhledem k měsíčním či ročním normálovým hodnotám. Hydrologické sucho se vyskytuje zpravidla ke konci déle trvajícího období sucha, ve kterém nepadaly kapalné ani smíšené srážky. Obdobních kritérií je možno použít i pro stavu hladin podzemních vod a vydatnosti pramenů. Výskyt hydrologického sucha předznamenává nejvážnější škody způsobené suchem. Tento druh sucha se často vyskytuje vlivem retardáčních účinků i v době, kdy již meteorologické sucho dávno odeznělo. Naopak při výskytu meteorologického sucha se ještě nemusí jednat o sucho hydrologické. Studium hydrologického sucha znamená studium bezvodých (resp. málovodých) období a jejich parametrů, tedy období nedostatku vody, fáze minimálních průtoků, míry a trvání tohoto snížení.

Historická období hydrologického sucha lze charakterizovat různými veličinami: dosaženými minimy průtoků, dosaženými minimy průtoků z klouzavých průměrů (např. 7 až 30-denními), nedostatkovými objemy a trváním (objemy chybějícími pod určitou mezí průtoku a trváním průtoků pod určitou mezí aj. Dalším kritériem výskytu sucha může být významný pokles hladiny podzemních vod. Historická sucha zpravidla postihují území celé České republiky, o míře extremity v dané oblasti potom rozhodují zejména místní dlouhodobější srážkové poměry. Období sucha navíc většinou doprovází nadprůměrné teplotní poměry, které dále zhoršují vodní bilanci. Komplexní analýza suchých období pro Českou republiku zatím není dostupná.

Hydrologická sucha mají velmi rozdílné příčiny. Hydrologické sucho povrchových vod může být způsobeno i kratšími obdobími bez srážek, a to z toho důvodu, že povrchový odtok nebo jiné rychlé složky odtoku jsou významnou složkou celkového odtoku. Následující klasifikace dělí hydrologické sucho:

- sucho způsobené deficitem srážek v kapalném stavu,
- sucho v období smíšených srážek,

- sucho přechodného období (střídání vlhkých a suchých období), *nevyskytuje se v ČR*,
- sucho v období zmrzlého sněhu,
- sucho v období tání,
- smíšené sucho.

Procesy na pozadí těchto typů sucha jsou výsledkem vzájemného působení teploty a srážek v měsíci povodí v různých ročních obdobích. Výskyt typů hydrologického sucha je určen vlastnostmi klimatu na povodí (??).

### 3.5 Dopady sucha

Dopady sucha jsou méně nápadné – začátek a konec sucha lze stanovit jen velmi obtížně. Účinky sucha mají kumulativní charakter, neboť velikost intenzity sucha se zvyšuje s jeho délkou. S dopady sucha se setkáváme ještě několik let po výskytu normálních dešťů (?).

Sucho nepříznivě ovlivňuje různá odvětví lidské společnosti, např. zemědělství, energetiku, zásobování vodou, průmysl, navigaci; může mít i sociální a environmentální dopady. Četná odvětví jsou díky nedostatku vody potenciálně ohrožená v různých složkách hydrologického cyklu zemského povrchu (????) dělí dopady sucha na tři základní kategorie: ekonomické, environmentální a sociální (obr. 2).

### 3.6 Indexy pro hodnocení sucha

Vybrané indexy pro hodnocení:

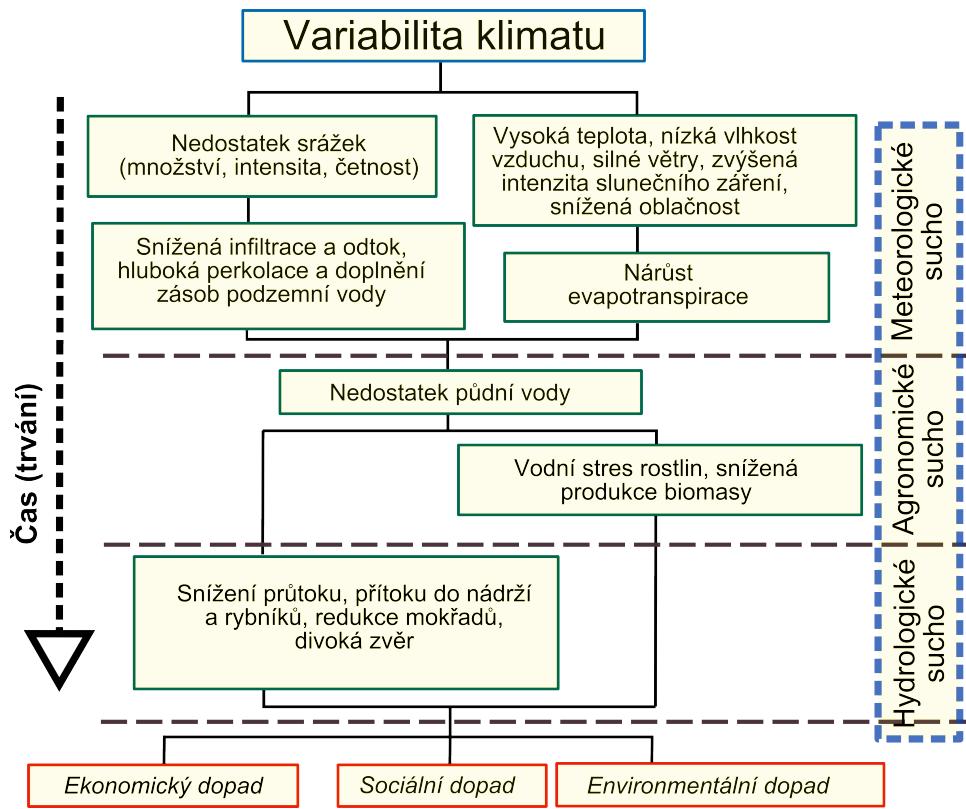
1. SPI, SRI
2. DMPI, DMRI

#### 3.6.1 SPI, SRI

Tento ukazatel byl vyvinut v roce 1993 (?) k monitorování a určení suchých období. Na rozdíl od jiných indexů má několik výhod: ke kalkulaci jsou nutná pouze srážková data, výpočet je relativně snadný (zavádí se jen dva další parametry), a standardizovaný charakter. Posledně zmíněná věc však může být zároveň nevýhodou. Extrémně suchá období budou klasifikována se stejnou frekvencí jako extrémně vlhká období na různých lokalitách. Proto se doporučuje použít jako doplňující informace k jiným ukazatelům (?).

#### Metoda výpočtu

Jedná se vlastně o transformaci srážkových časových řad na normální rozdělení. Hodnoty jsou approximovány pravděpodobnostním rozdělením (nejčastěji se používá Gamma rozdělení, ale v



Obrázek 2 Dopady a dělení sucha

některých případech může být vhodnější Poissonovo nebo Log-normální). Česká povodí jsou většinou approximována Gamma rozdělením s obdobným nebo lepším výsledkem než log-normální rozdělení (obr. 3). Poissonovo rozdělení nereflektuje srážkové úhrny pro česká povodí.

#### Gamma rozdělení

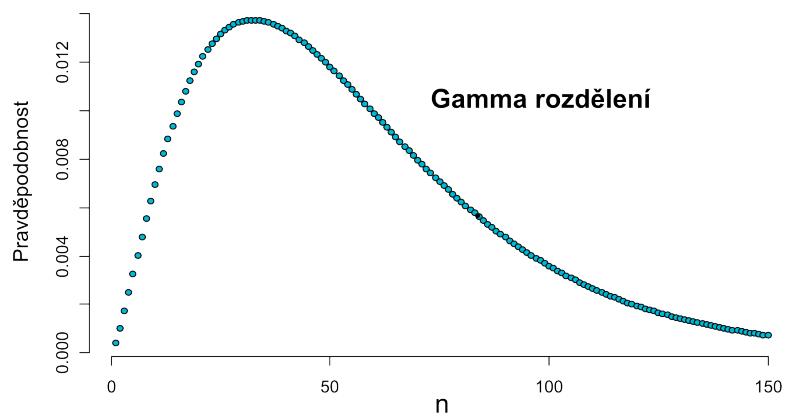
Je dané následující funkci, promenná  $x$  odpovídá srážkovým úhrnům (odtokům), parametry  $\alpha$  a  $\beta$  určují tvar křivky.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha (\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

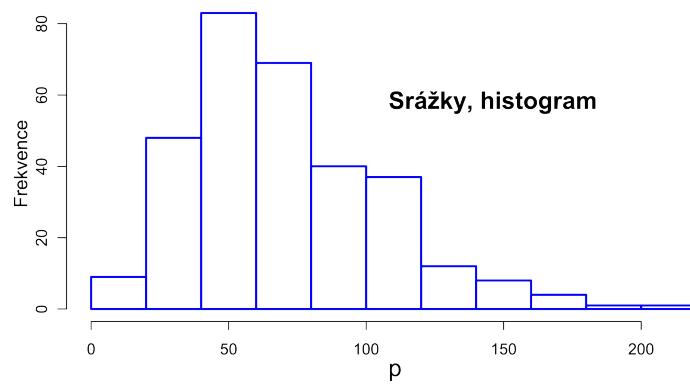
Tyto parametry je třeba určit pro každou oblast a časový interval (v našem případě byly vypočteny pro celou ČR, aby oblasti mohly být porovnávány), obvykle se používá následujících vztahů:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (2)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$



Obrázek 3 Gamma rozdělení s parametry  $\alpha=2.4$  a  $\beta=23$



Obrázek 4 Histogram srážek

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (4)$$

Pro daný srážkový úhrn se pak vypočte distribuční funkce (kumulativní pravděpodobnost) k již parametrizovanému Gamma rozdělení a výsledná hodnota se transformuje zpátky na normální rozdělení.

### 3.6.2 DMPI

Hodnocení celkového stavu sucha v závislosti na jeho trvání od začátku suchého období umožňují indikátory typu DM (Drought Magnitude). Stanovení indikátoru spočívá v prvním kroku v postupné integraci hodnot indikátoru typu S v období sucha. Období sucha je definováno jako období, kdy je indikátor aktuálního stavu (typ SPI) menší než  $-1$ . Suché období končí návratem indikátoru typu SPI do kladných hodnot. Tak jsou získány hodnoty DM (všechny postupnou integrací získané hodnoty). Jedná se v podstatě o analogii postupu při stanovení velikosti nedostatkových objemů (?), která bývá používána na povrchových tocích pro odvození hodnot nadlepšení průtoků apod. Tento ukazatel zmiňuje také původní práce (?). Ze samotných hodnot DM však není zřejmé, jak jsou tyto hodnoty extrémní. V dalším kroku je tedy třeba hodnoty DM podrobit podobnému procesu standardizace jako v případě stanovení indexu typu S, tzn. proložit teoretickým pravděpodobnostním rozdělením a poté transformovat na standardní normální rozdělení.

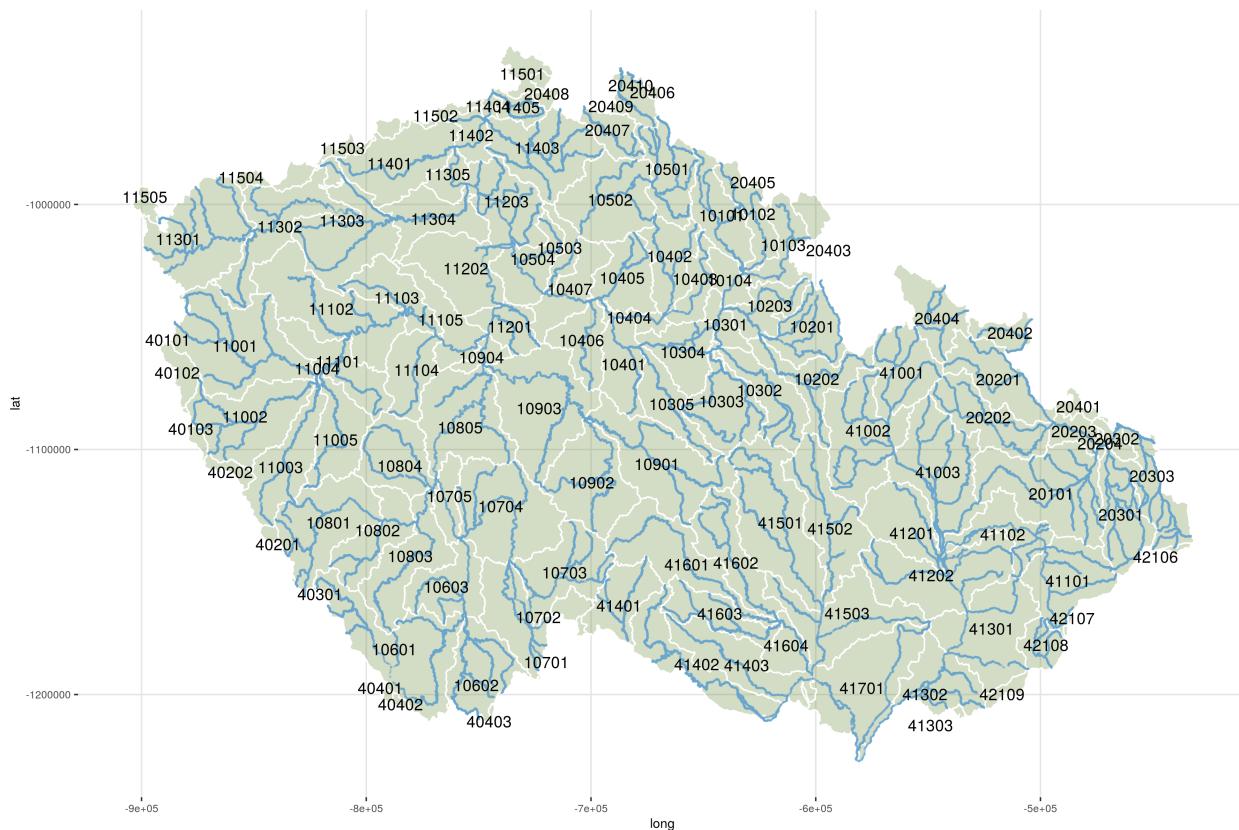
Pro potřeby prognózy, z hlediska hrozby vzniku sucha apod., je dobré znát i extremitu nadnormálních hodnot. Podobným způsobem jako DM je tedy vhodné zpracovat i hodnoty indikátoru typu S považované za nadnormální, tedy naopak větší než  $1$ . Standardizací transformované podnormální hodnoty DM pak představují indikátor celkového stavu sucha od začátku suché epizody, jehož rozsah a pravděpodobnost výskytu odpovídá rozsahu a pravděpodobnosti výskytu hodnot indikátoru typu S. Indikátor umožňuje vytvořit ucelený přehled nejen o vývoji sucha, ale zároveň i o vývoji kladné složky vodní bilance (v případě vyhodnocení i nadnormálních hodnot stejným postupem). Indikátor je tedy vhodný pro posouzení stavu vodních zdrojů z hlediska nebezpečí vzniku krizové situace.

Tento kumulativní indikátor je v případě hodnocení srážek značen symbolicky DMPI (Drought Magnitude Precipitation Index), v případě průtoků DMRI (Drought Magnitude Runoff Index) nebo pro stavy hladin ve vrtech a vydatnosti pramenů DMGI (Drought Magnitude Groundwater Index) a stejně tak pro hodnocení kombinace srážek a evapotranspirace DMPEI (Drought Magnitude Precipitation Evapotranspiration Index) (?).

## 4 Příprava přehledných mapových podkladů regionalizace ČR

Pro zhotovení mapových výstupů byla použita data z projektů TA01020508 Udržitelné využívání vodních zdrojů v podmírkách klimatické změny, TA02020320 Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu, Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatku vody na území ČR, Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmírkách klimatické změny na území ČR a Generel vodního hospodářství krajiny České republiky.

Mapa povodí III. řádu je zobrazena na obrázku ???. Na těchto dílčích povodích (v závislosti na dostupnosti dat) byly provedeny jednotlivé výpočty indexů SPI a DMPI pro srážkové úhrny a odtokové výšky.

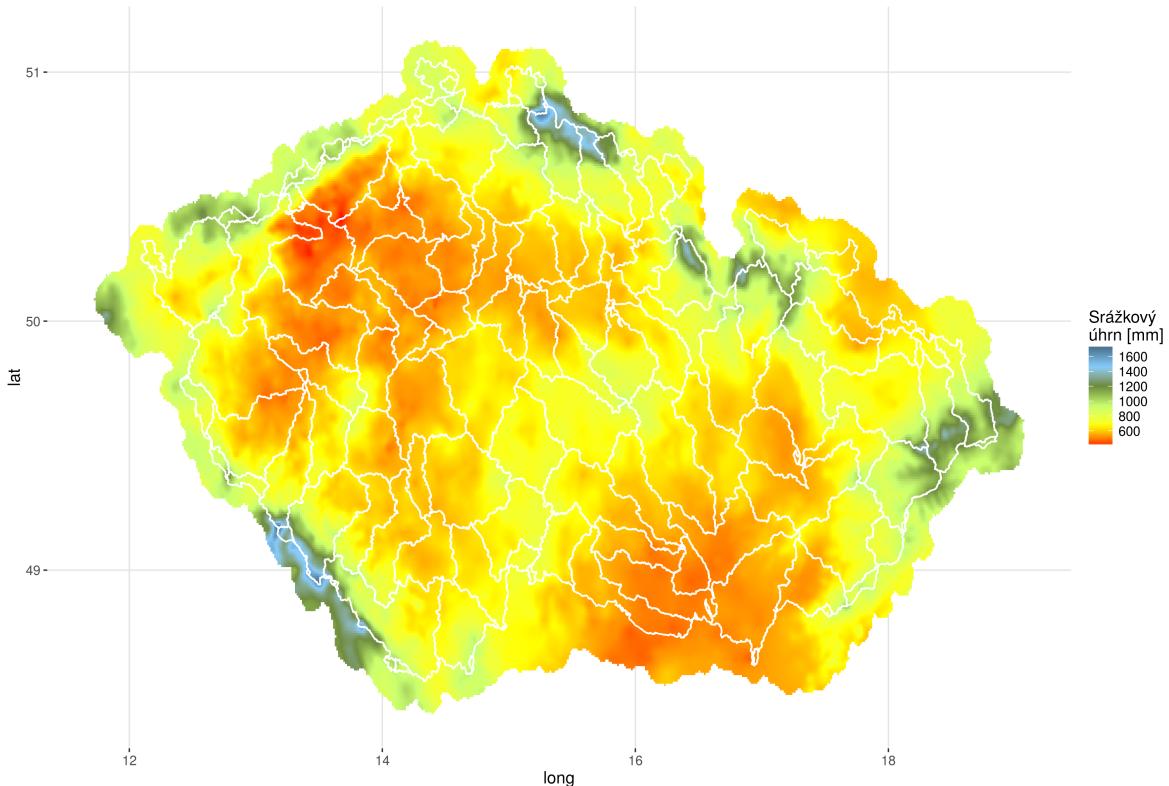


Obrázek 5 Modelovaná povodí III.řádu na podkladu mapy České republiky

## 4.1 Podkladové mapy

Hodnoty průměrných srážkových úhrnů za období 1981-2010 jsou zobrazeny na mapě ???. Na mapě ?? jsou poté vyjádřeny hodnoty potenciální evapotranspirace (PET), která byla vypočtena zjednodušeným vzorcem na základě průměrné teploty vzduchu za již zmíněné období.

$$PET = 60.89 * T + 154 \quad (5)$$



Obrázek 6 Průměrné srážkové úhrny za období 1981–2010

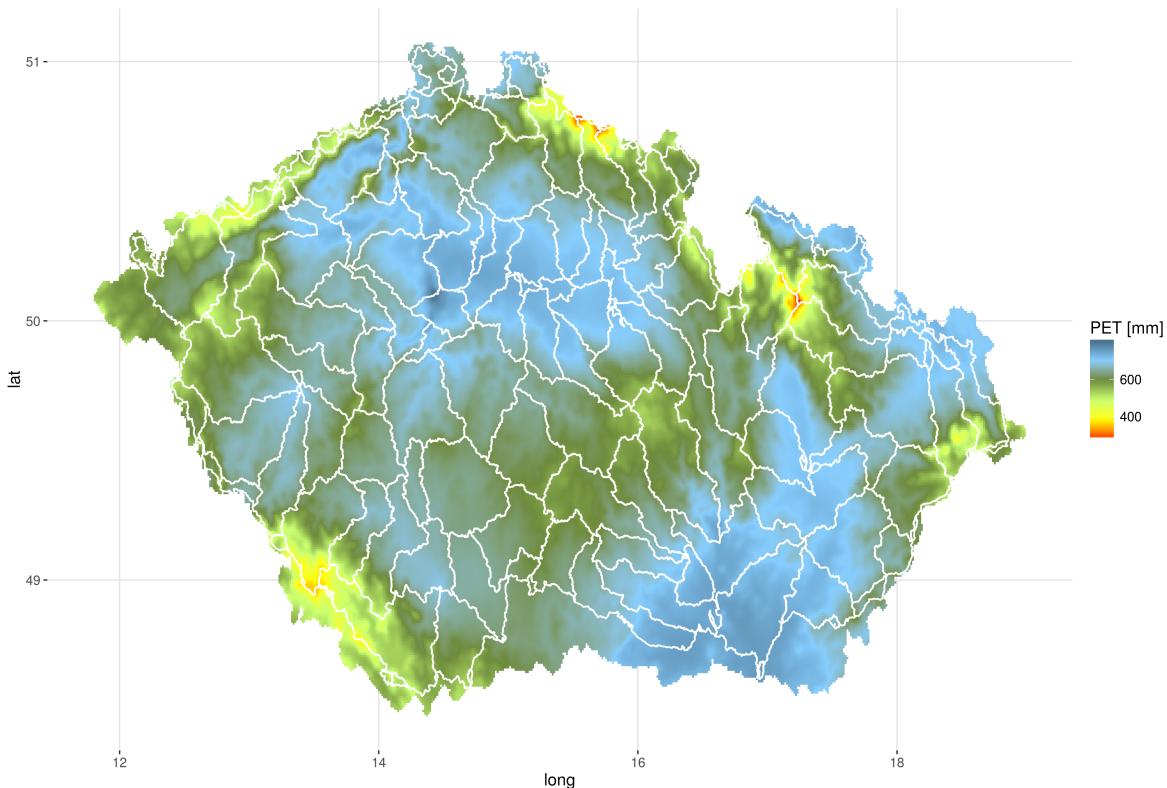
Průměrné roční hodnoty odtokových výšek byly approximovány následujícím vzorcem a jsou zobrazeny na mapě ??.

$$R = P^2 * 0.000571 + P * 0.132 - 170.2 \quad (6)$$

Základní vodní bilance je znázorněna na obr. ?? a byla vypočtena:

$$BIL = P - PET \quad (7)$$

Na mapách ??, ??, ?? a ?? v gridu 1 km x 1 km lze pozorovat suché oblasti za období 1981–2010, které jsou dané nízkým srážkovým úhrnem a vysokou potenciální evapotranspirací (na základě teplot vzduchu). Z těchto údajů byla vypočtena mapa odtokových výšek a vodní bilance, avšak jak již bylo zmíněno, každé povodí je specifické a proto se pokusíme v následujících kapitolách definovat klimatické a hydrologické sucho pro povodí III. řádu. Hodnocení je provedeno na základě indexů SXI a DMXI.



Obrázek 7 Průměrné hodnoty potenciální evapotranspirace

## 4.2 Klimatické sucho

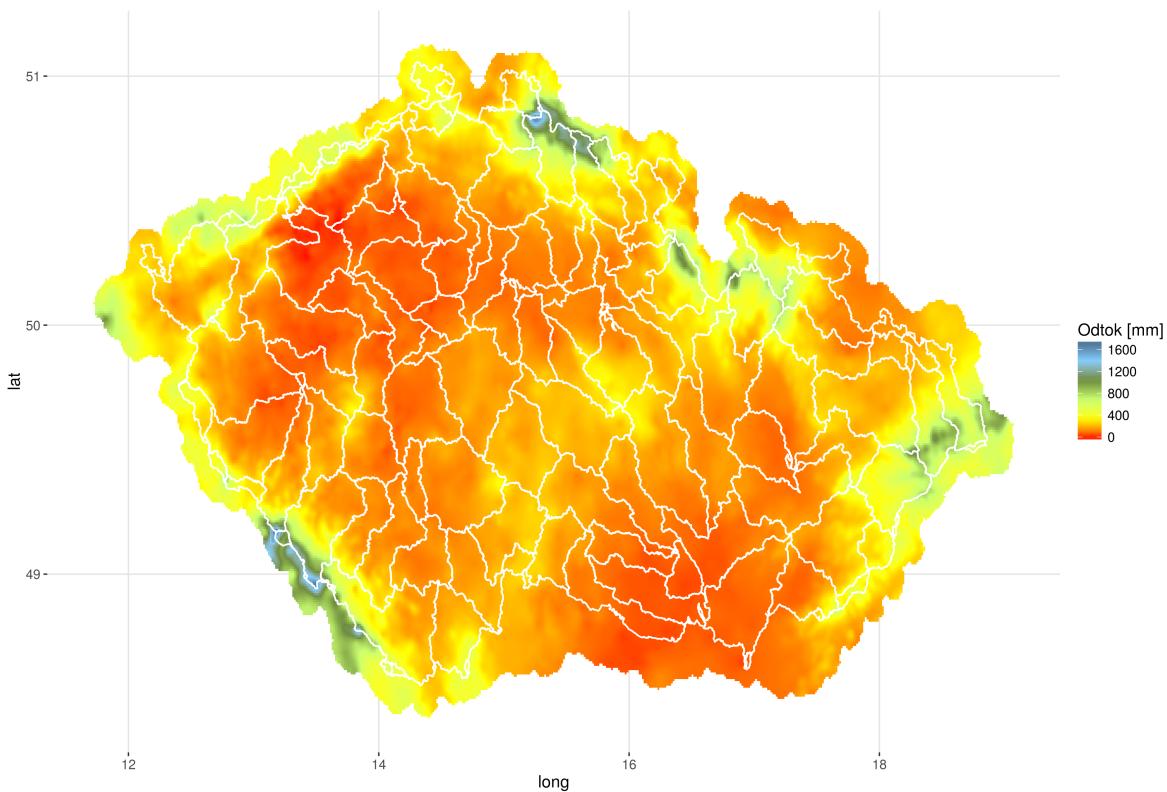
Pro hodnocení a tvorbu následujících mapových výstupů jsou použity měsíční časové řady srážkových úhrnů [mm] a odtokových výšek [mm] (hydrologické sucho) za období 1981-2010.

Průměrné roční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí jsou zobrazena na obrázku ??, které relativně dobře reprezentují problémové oblasti. Za problematické oblasti vyšly, dle očekávání, jižní Morava a středozápadní Čechy. Pro posouzení byly vytvořeny také sezónní měsíční průměry srážkových úhrnů pro zimní a letní období (mapy 11 a 12). V zimním období jsou nižší srážkové úhrny na západě Čech.

Pro pousození byly dále vypočteny standardizované indexy SXI a DMXI a jejich následující charakteristiky:

1. Počet měsíců, kdy hodnota indexu SXI a DMXI je pod limitní hodnotou
2. Suma indexu pod limitní hodnotou
3. Průměrná hodnota indexu za x hodnot
4. Minima, maxima a průměr indexu

Na mapě 13 je zobrazena délka v měsících, kdy hodnota indexu SPI je pod -2, což charakterizuje výrazné sucho.

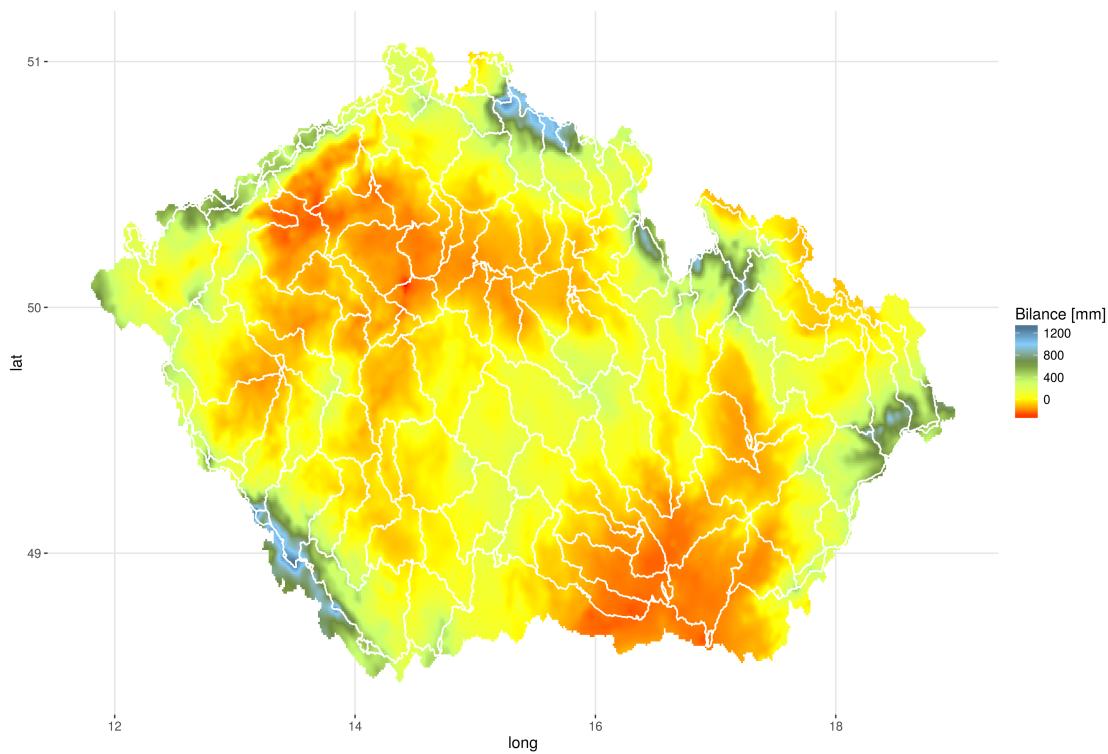


Obrázek 8 Průměrné roční hodnoty odtokových výšek

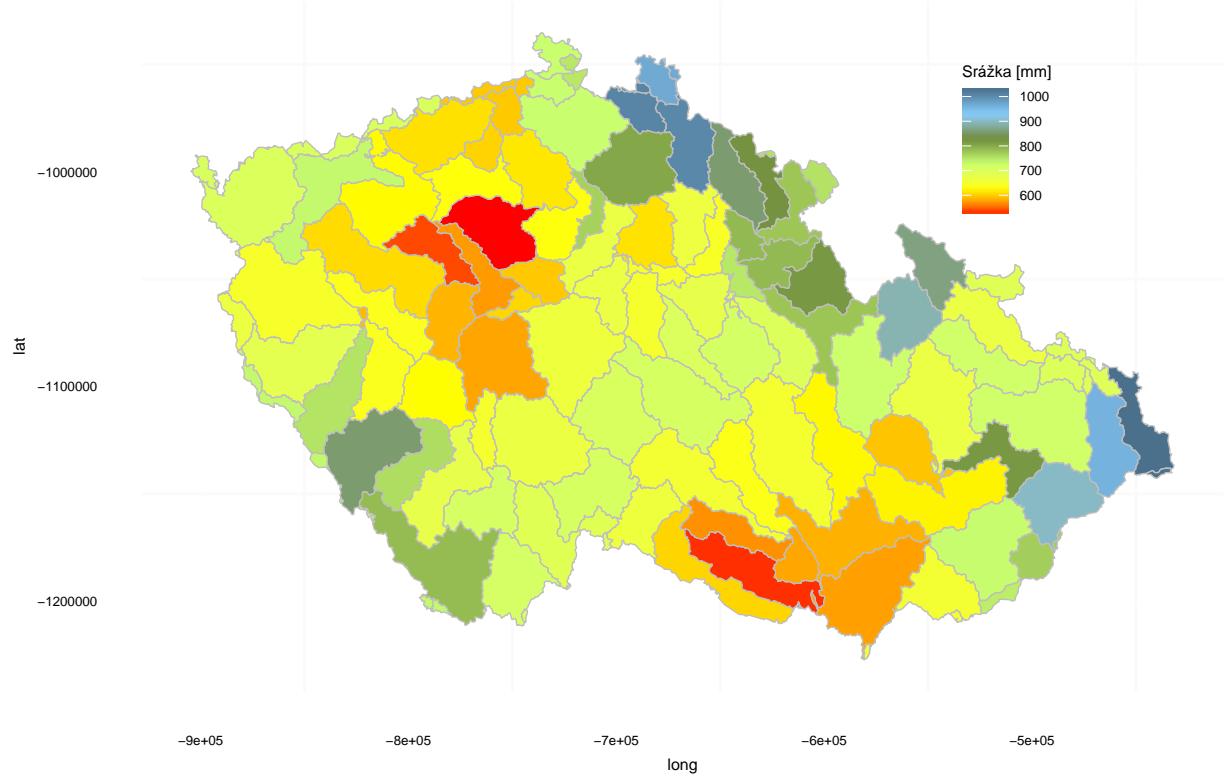
Na mapě 14 jsou zobrazeny průměry 60 nejmenších hodnot SPI, kdy se suchu, dle této charakteristiky, téměř nevyskytuje na jihozápadě Čech.

Při vyhodnocení indexu DMPI pod limitní hodnotou u srážkových úhrnů je podobně jako u indexu SPI výrazná oblast nedostatku ve středních Čechách a na jižní Moravě (viz. mapa 15).

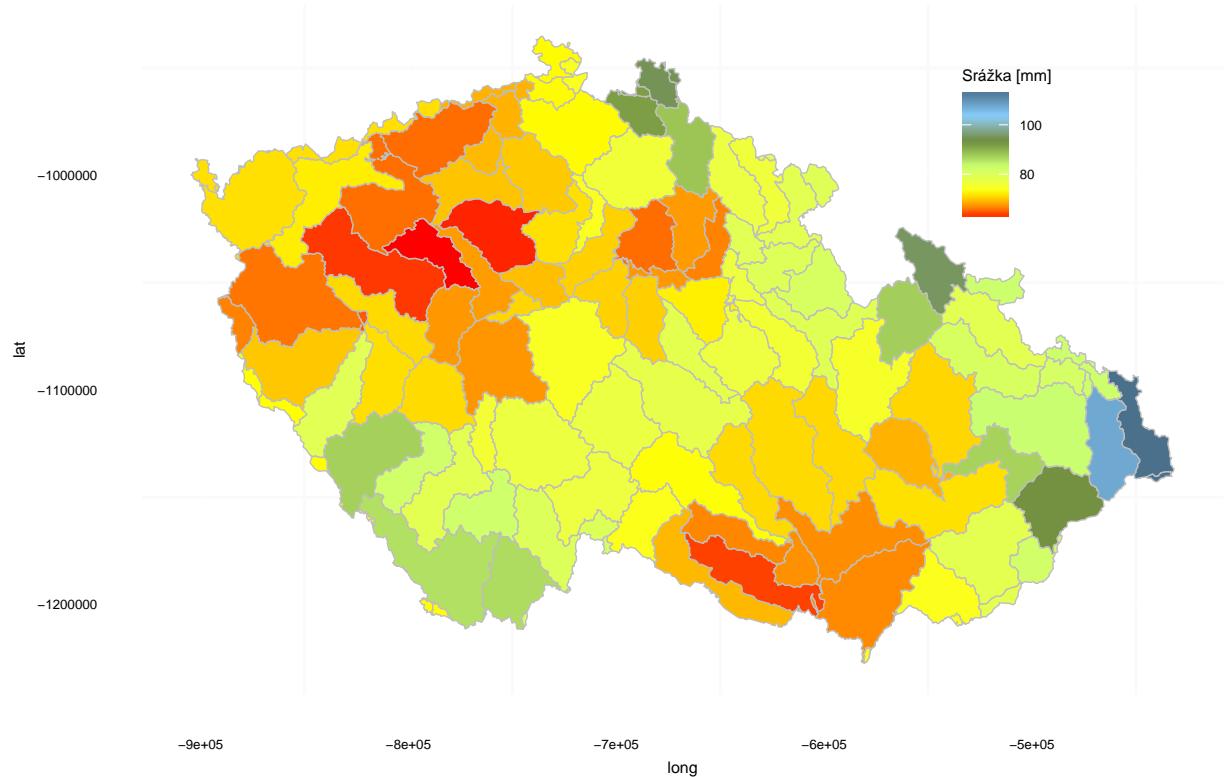
Při vyhodnocení 36 nejnižších hodnot DMPI (mapa 15) vyniknou oblasti jižní Moravy a západních Čech.



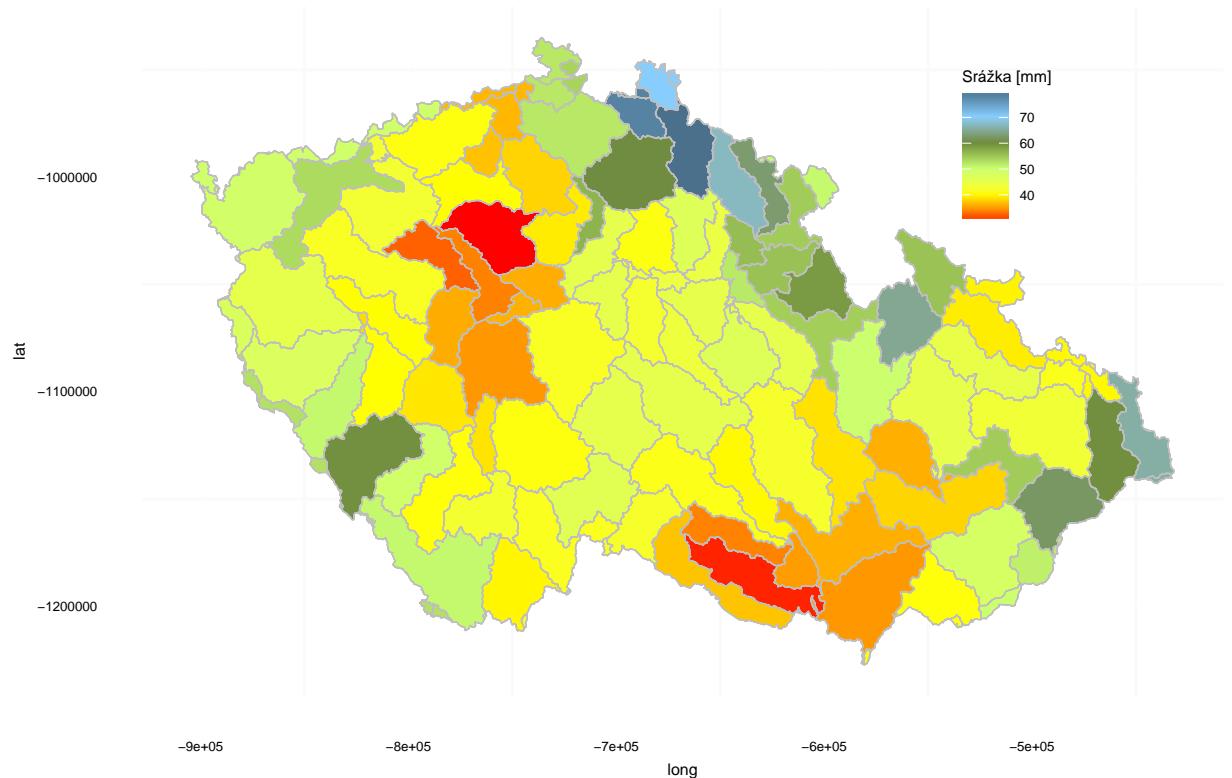
Obrázek 9 Průměrné roční hodnoty bilance



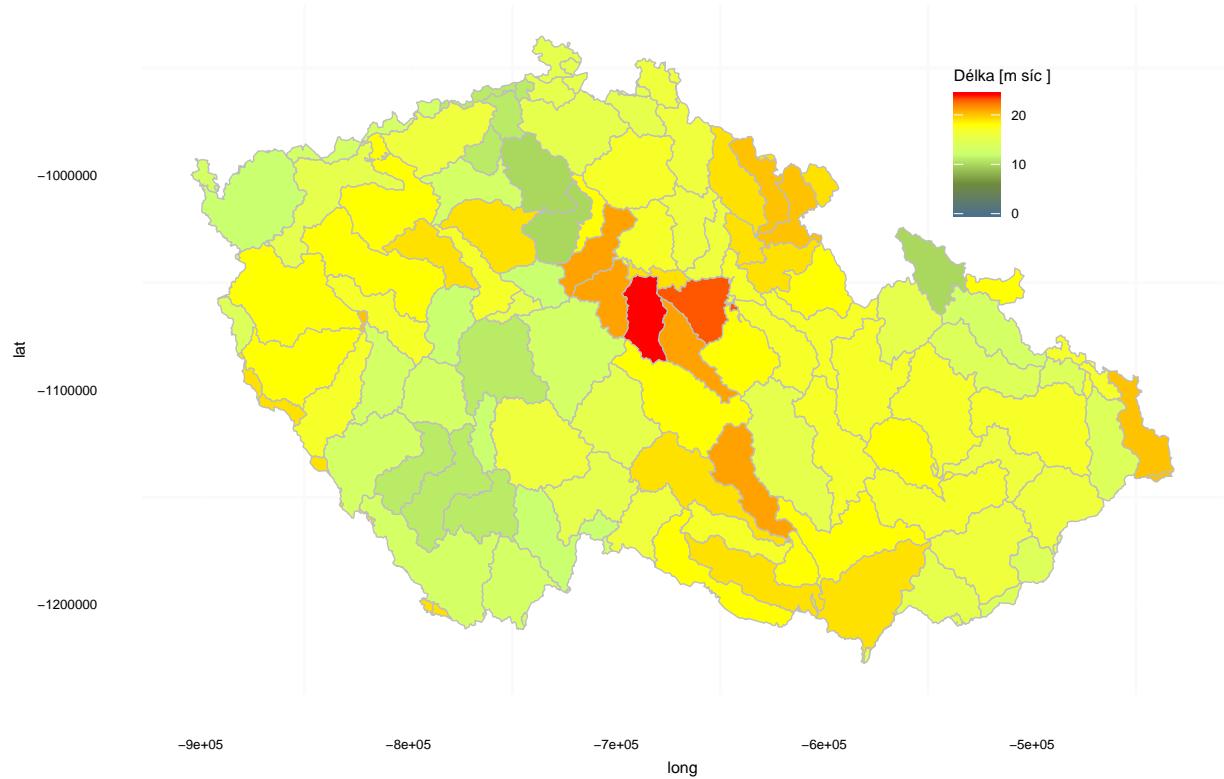
Obrázek 10 Pozorované průměrné roční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí (průměr na celou plochu povodí)



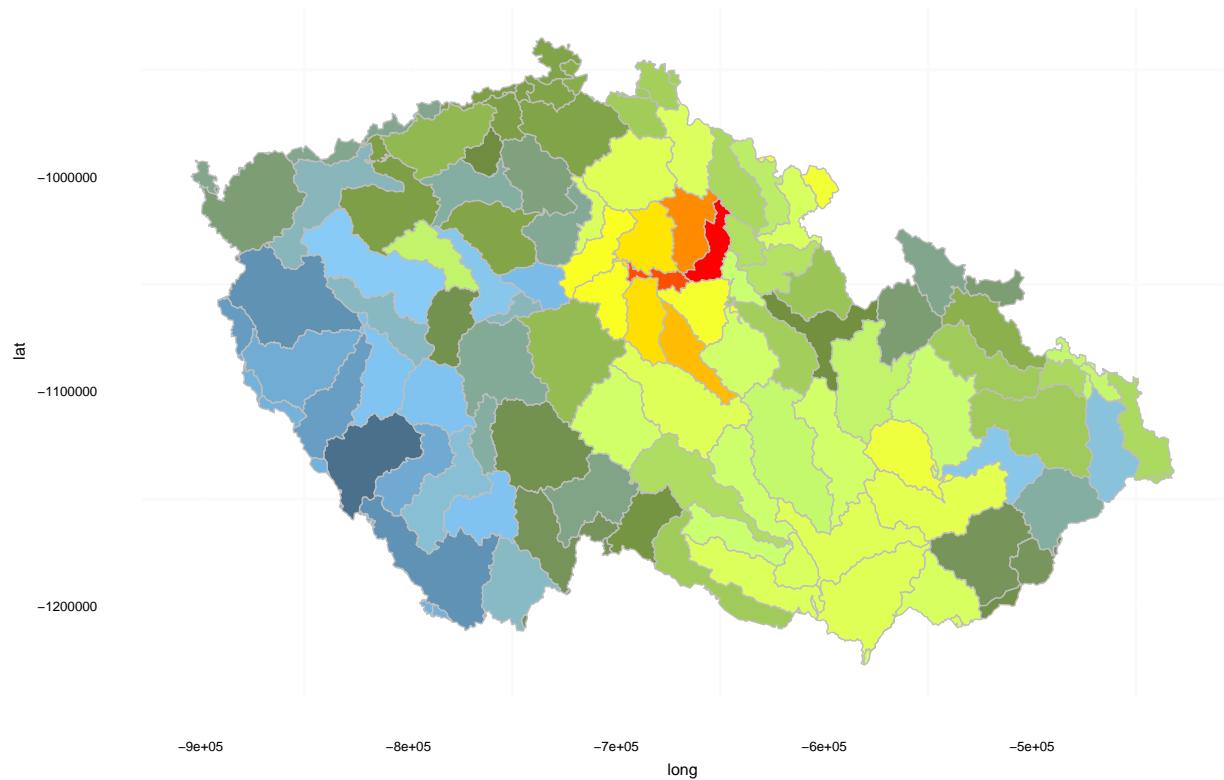
Obrázek 11 Pozorované průměrné měsíční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí ve vegetačním období (květen-září)



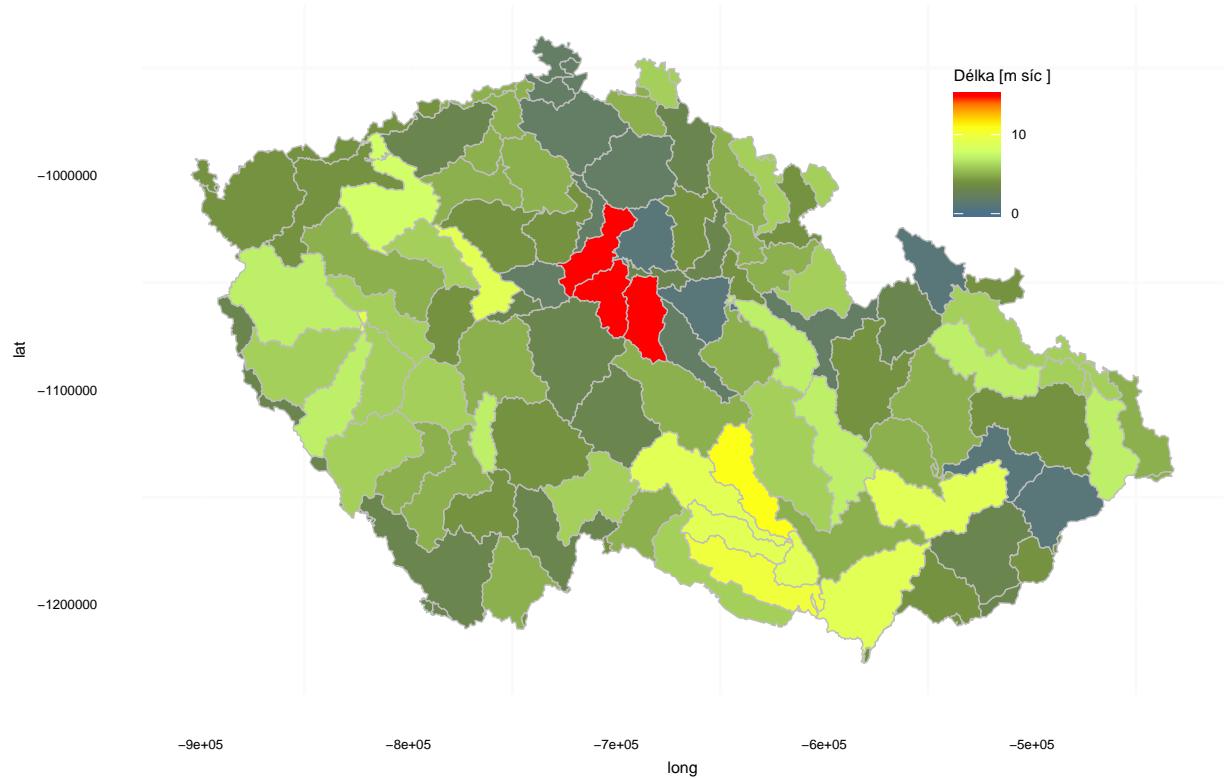
Obrázek 12 Pozorované průměrné měsíční srážkové úhrny pro jednotlivá povodí v zimním období (říjen-duben)



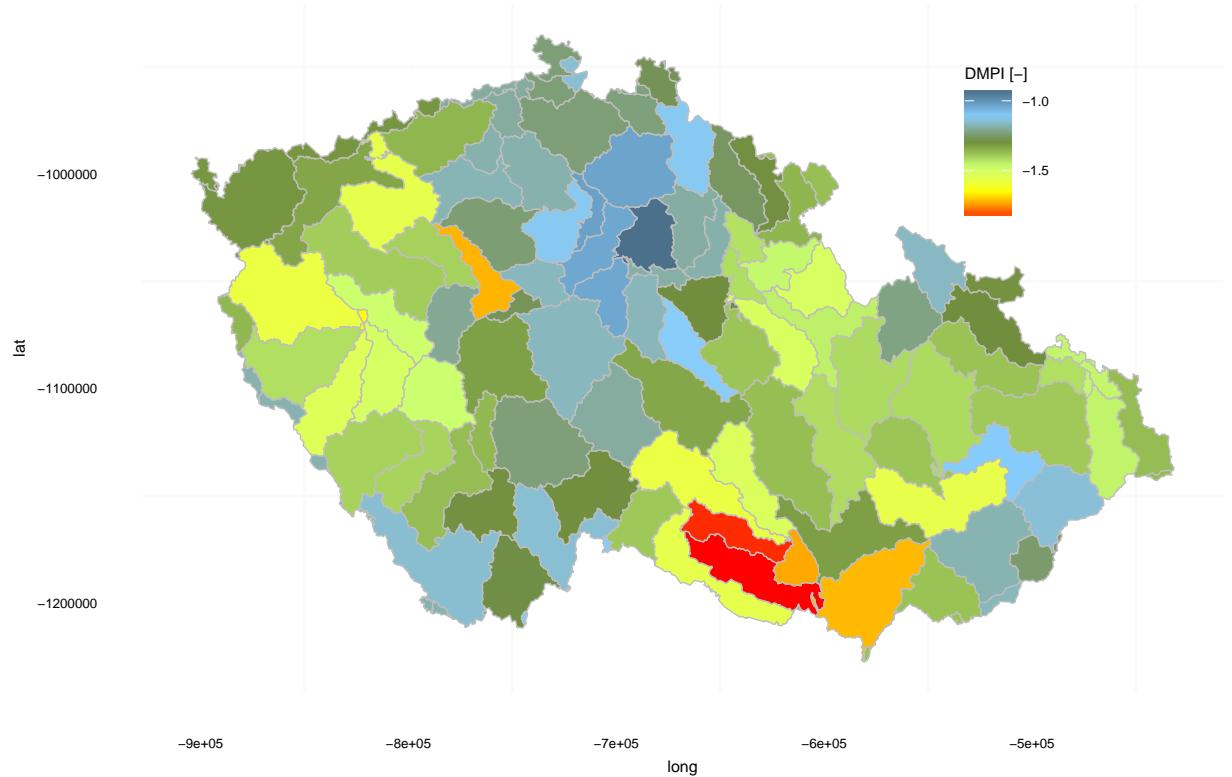
Obrázek 13 Délka období s hodnotou SPI menší než -2



Obrázek 14 Průměrná hodnota 60 nejmenších hodnot SPI



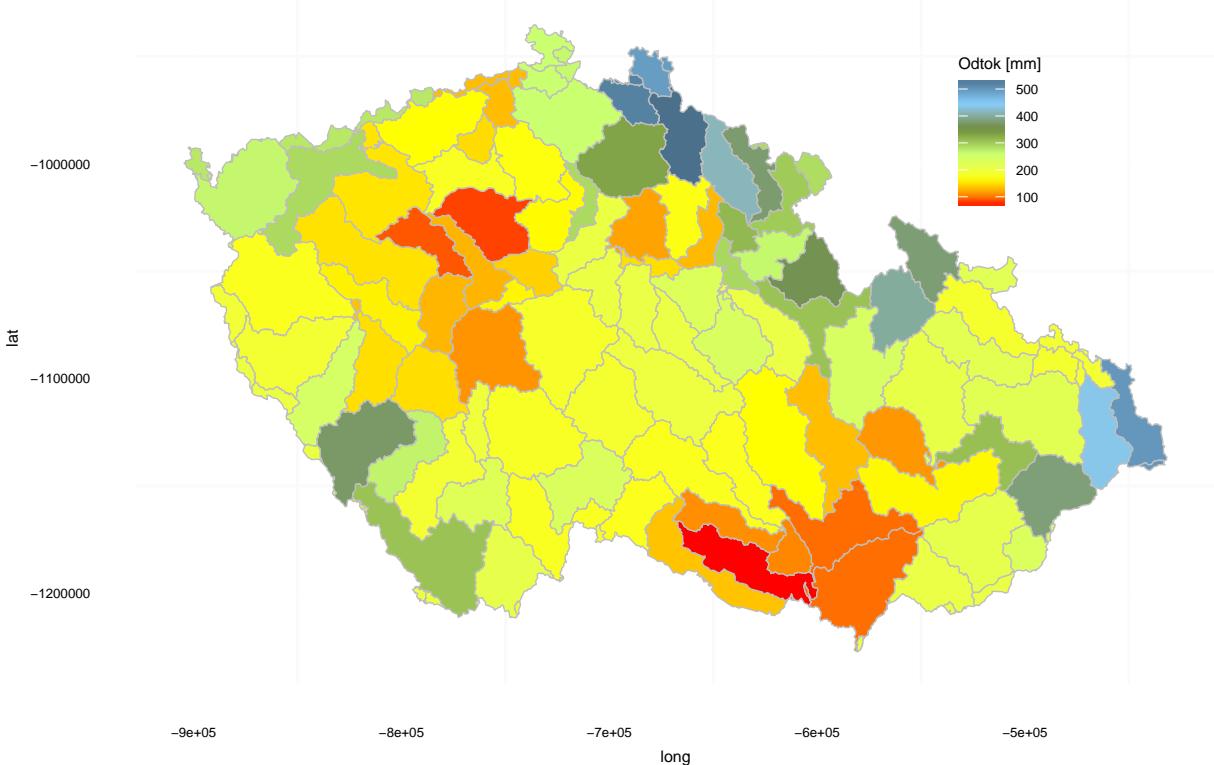
Obrázek 15 Délka období s hodnotou DMPI menší než -2



Obrázek 16 Průměrná hodnota 36 nejmenších hodnot DMPI

### 4.3 Hydrologické sucho

Pro hodnocení hydrologického sucha byly použity stejné metody a indexy (u jejich charakteristiky) jako u sucha klimatologického. Na obrázku 17 je možné vidět průměrné roční odtokové výšky, na mapách 18 a 19 poté průměrné měsíční odtokové výšky v zimní a v letní sezóně. Dle předpokladu a obdobně jako u hodnocení sucha klimatického se oblasti s nejnižším odtokem nacházejí na jižní Moravě a ve středozápadních Čechách.

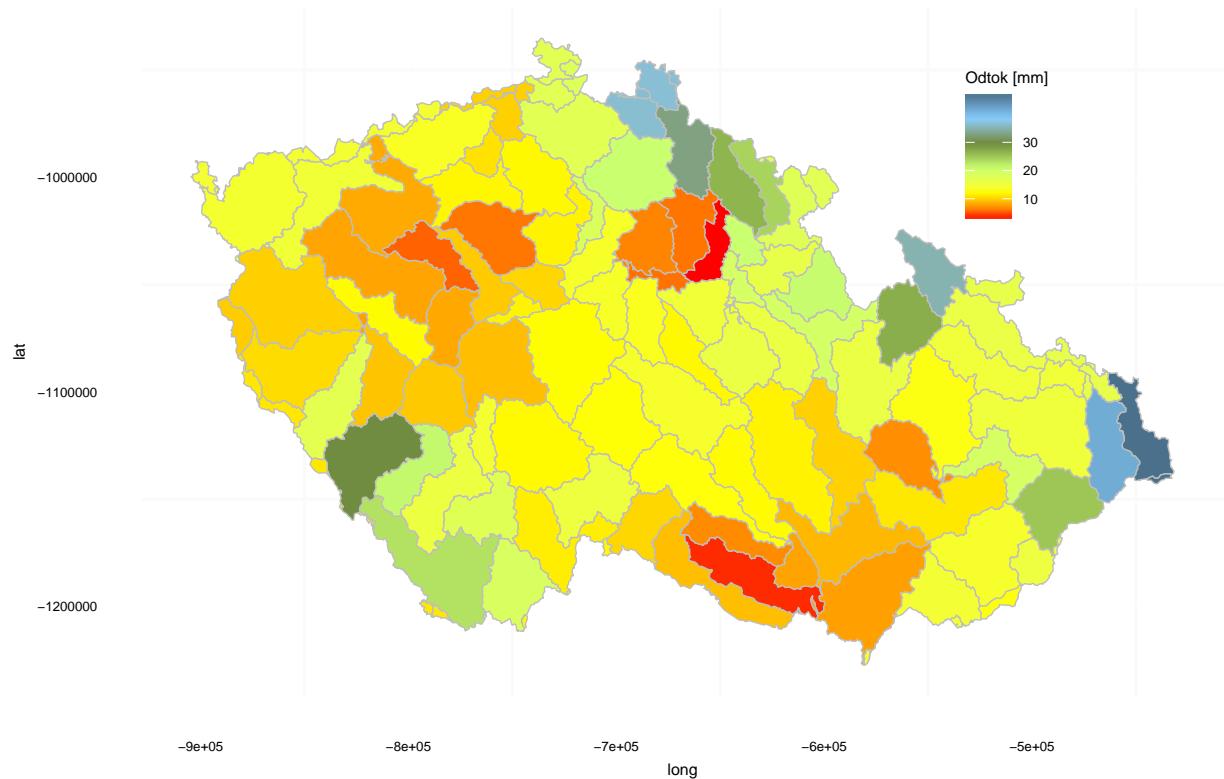


Obrázek 17 Pozorované průměrné roční odtokové výšky pro jednotlivá povodí (průměr na celou plochu povodí)

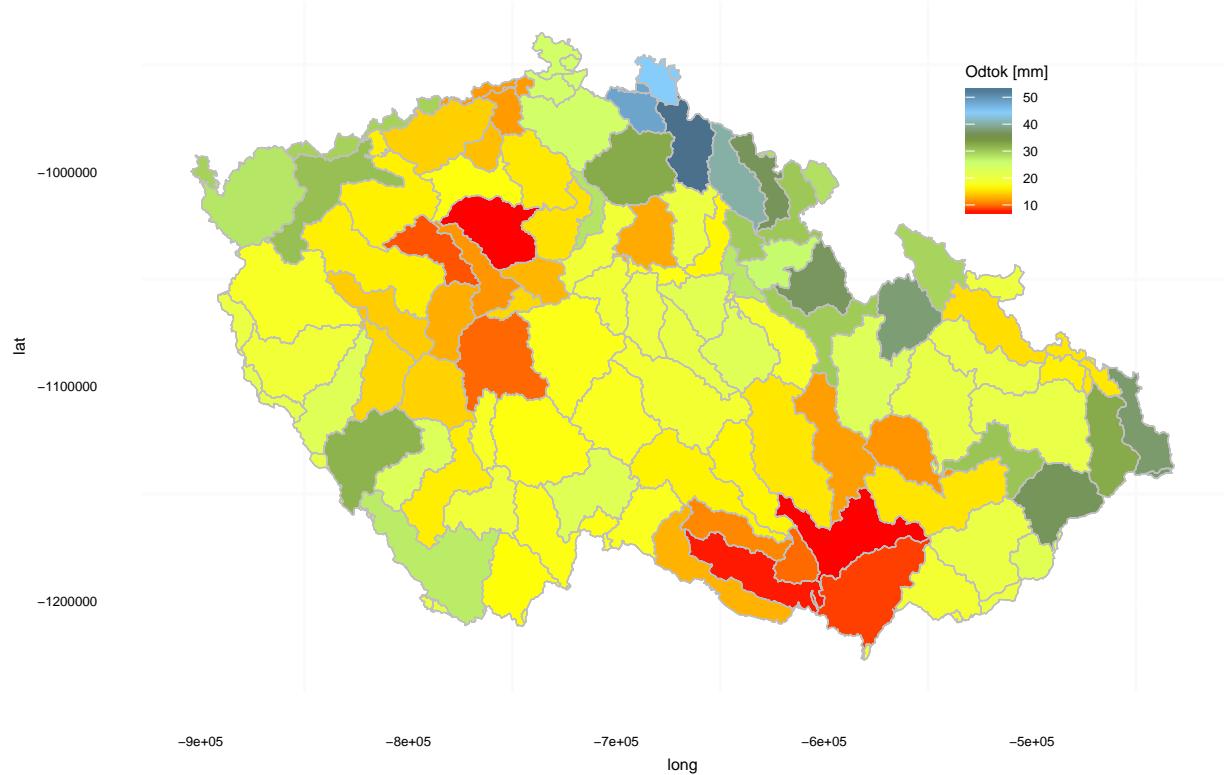
Na mapě 20 je zobrazen počet měsíců, kdy SRI je menší než -2 (významné sucho).

Na mapě 21 je uvedena průměrná hodnota 60 nejnižších hodnot SRI. Na obou posledních mapách je problematickou oblastí jižní Morava. Na mapě 21 je barevná škála ovlivněna povodím ve východních Čechách (nutno v budoucnosti prověřit kvalitu dat).

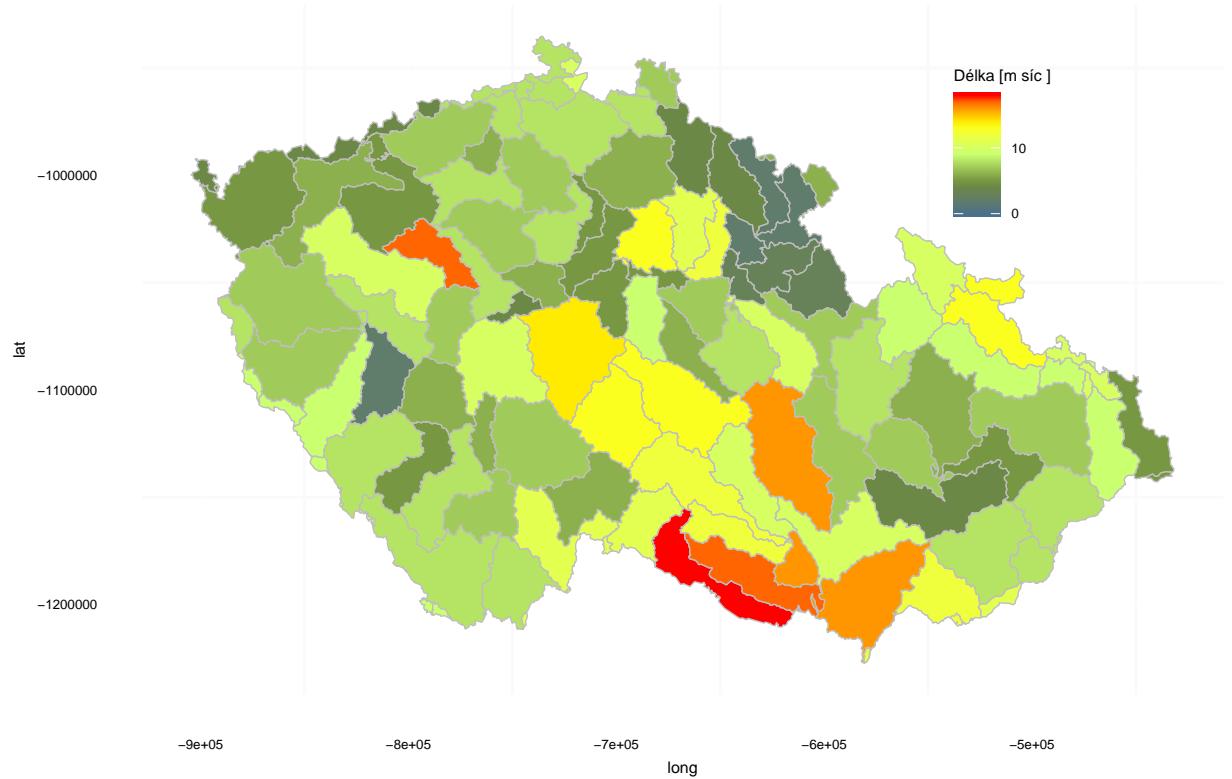
Analogicky jako u indexu SRI jsou na mapách 22 a 23 zobrazeny počty měsíců pod limitní hodnotou a průměrná hodnota 30 nejnižších hodnot DMRI. Jak již dle ostatních indexů za nejvíce problémovou oblast se jeví jižní Morava.



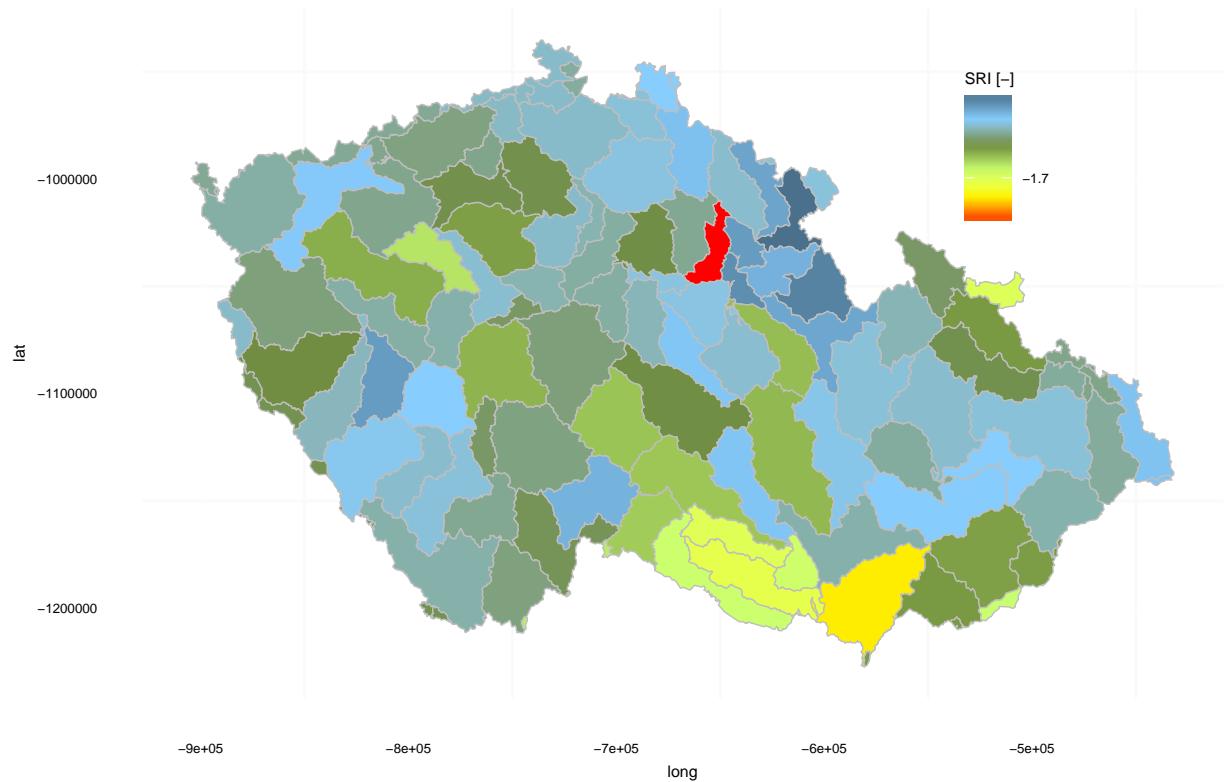
Obrázek 18 Pozorované průměrné měsíční odtokové výšky pro jednotlivá povodí ve vegetačním období (květen-září)



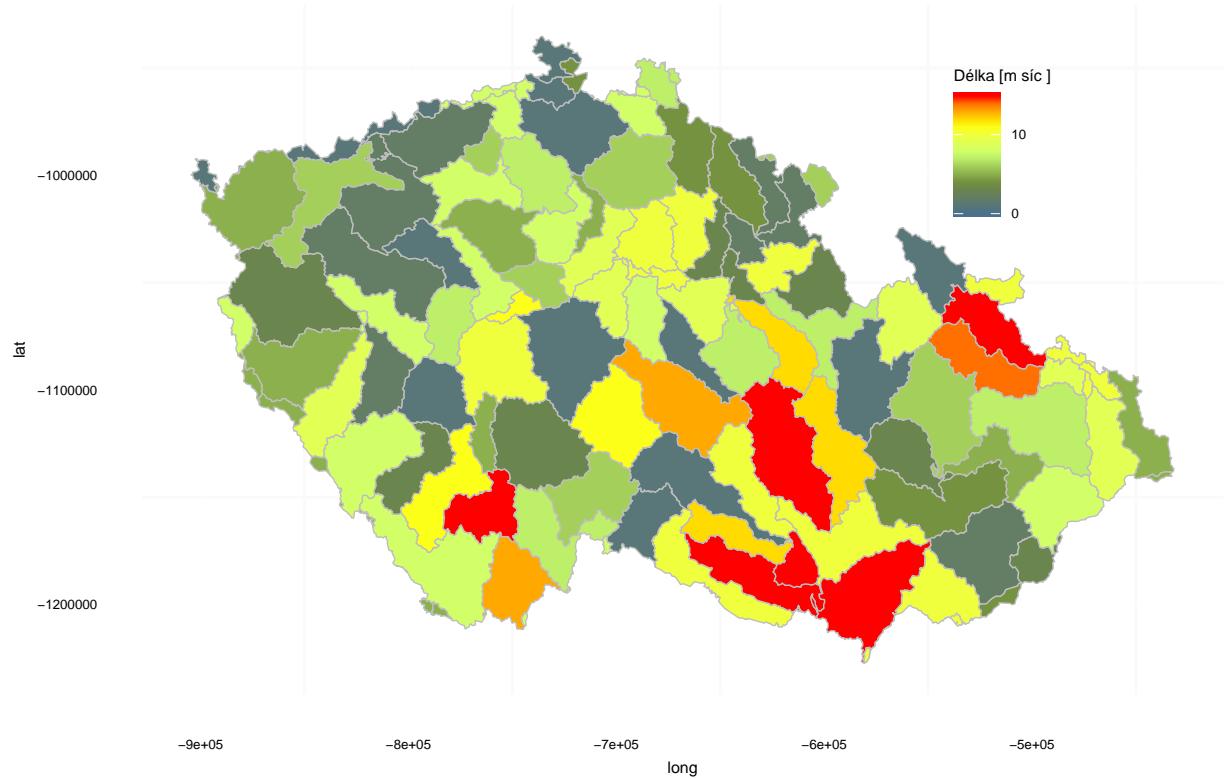
Obrázek 19 Pozorované průměrné měsíční odtokové výšky pro jednotlivá povodí v zimním období (říjen-duben)



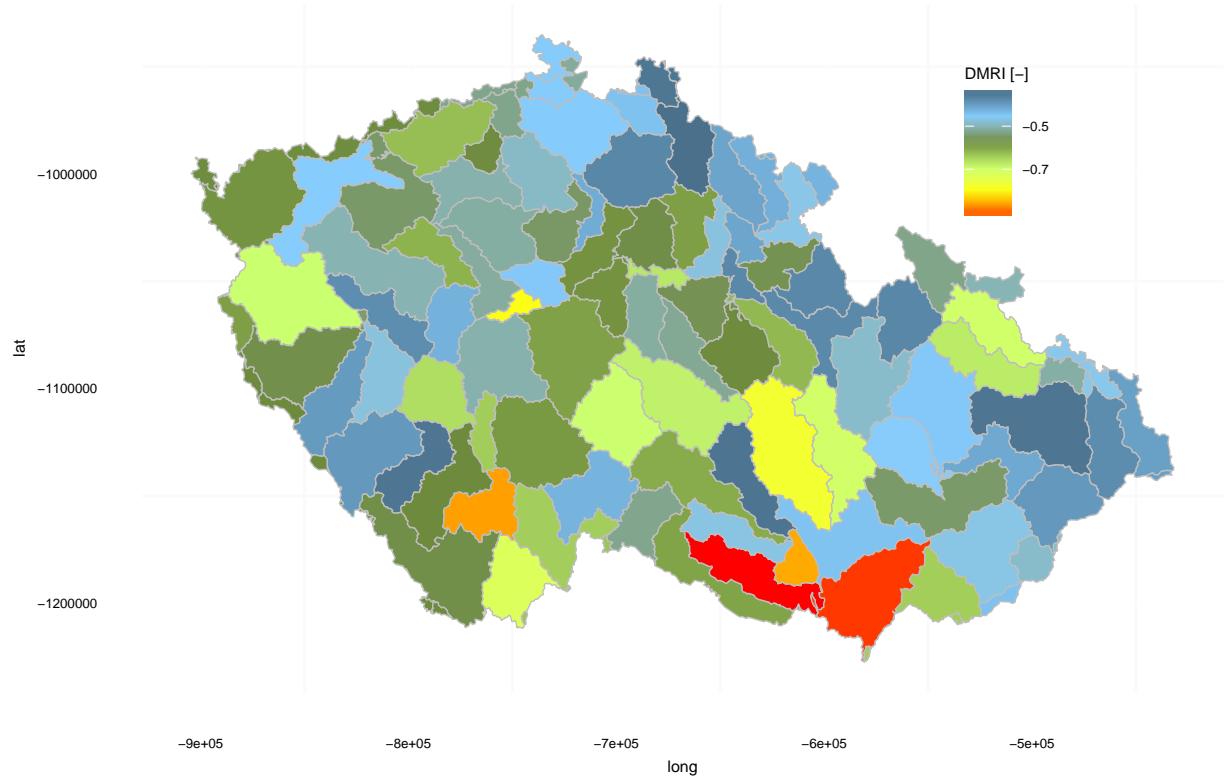
Obrázek 20 Délka období s hodnotou SRI menší než -2



Obrázek 21 Průměrná hodnota 60 nejmenších hodnot SRI



Obrázek 22 Délka období s hodnotou DMRI menší než -2



Obrázek 23 Průměrná hodnota 30 nejmenších hodnot DMRI

## 5 Definování neznalostí a nejistot stávající úrovně řešení

Pokud jde o výzkum týkající se plošné variability prvku (jevu), jsou mapy velmi dobrým nástrojem, jenž přes určitou generalizaci nabízí na danou problematiku poněkud ucelenější náhled. Mapy především umožní zpřehlednění výsledků a vyniknou v nich prostorové vazby. Hydrologické sucho není výjimkou. Zprvu se uvažovalo, že se bude mapovat podobně jako sucho meteorologické. Je ale třeba mít na vědomí, že hydrologické sucho je mnohem komplikovanější nežli sucho meteorologické a podléhá tak celému souboru rozličných fyzickogeografických faktorů a stupni poznání. V následujícím seznamu jsou uvedeny nejistoty a nedostatky stávající úrovně řešení:

1. Dostupná data
2. Hydrogeologická analýza základního odtoku
3. Vyhodnocení indexu a tvorba map pro jednotlivé měsíce roku – analýza v jednotlivých měsících
4. Vytvoření a návrh komplexního indexu, který by hodnotil hydrologické sucho (myšleno tím: současné hodnotící indexy jsou vhodné pro hodnocení jedné konkrétní epizody sucha a vyhodnocení závažnosti, avšak v dlouhodobém horizontu je možné, že se určité lokality vytratí)
5. Hodnota limitní hodnoty – je otázkou, zda-li má platit limitní hodnota konstantní pro celou ČR nebo má být individuální pro každé dílčí povodí
6. Hustota měření – prakticky celé střední a západní Čechy (problémová oblast) a také severní Morava trpí velkým nedostatkem měření
7. Kvalita dat – jak jsou data nízkých průtoků relevantní

## 6 Závěr

Ve zprávě jsou představeny výsledky analýzy hydrologického a klimatického sucha na území ČR v měsíčních časových řadách pro období 1981-2010. Data pro řešení byla použita z projektů řešených na VÚV TGM. Pro hodnocení byly též použity dlouhodobé průměry hydrologických veličin a indexy SXI a DMXI pro posouzení hydrologického a klimatického sucha. Pro agregaci jednotlivých indexů a jejich charakteristik byla použita clusterová analýza, která však nedopadla dle očekávání a bude potřeba jí věnovat pozornost v dalším výzkumu.

PŘÍLOHA 1: Mapy hydrologických such v letech 1947, 1953 a 2003

