



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

ANALÝZA KLIMATOLOGICKÝCH DAT V POVODÍ ŘEKY DYJE

CLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF THE THAYA RIVER BASIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Macík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. DANIEL MARTON, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ondřej Macík
Název	Analýza klimatologických dat v povodí řeky Dyje
Vedoucí práce	doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Racsko, P., Szeidl, L., & Semenov, M. (1991). A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling*, 57(1-2), 27-41. DOI: 10.1016/0304-3800(91)90053-4.

Semenov, M.A., Barrow, E.M., LARS-WG A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies User Manual - version 3.0. Rothamsted Research, UK, 2002.

Semenov MA & Stratonovitch P (2010) The use of multi-model ensembles from global climate models for impact assessments of climate change. *Climate Research* 41:1-14

Knoppová, K., Stochastické generování srážek pomocí vybraných generátorů počasí. Brno, 2016. 52 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Daniel Marton, Ph.D.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Klimatická změna je vážným celospolečenským tématem a její dopady lze postupně pozorovat i na území ČR. Na úrovni vodního hospodářství jde zejména o projevy spojené s vydatností povrchových a podzemních vodních zdrojů. Jednou z nejvíce postižených oblastí na území ČR je a bude Jižní Morava, kde se nachází významný zdroj povrchové vody v povodí řeky Dyje nádrž Vranov. Cílem bakalářské práce je provést klimatologickou simulaci popisující budoucí klimatickou změnu a následně analýzu získaných klimatických dat v povodí řeky Dyje nad nádrží Vranov. Pro klimatický downscaling cílený na zájmové povodí bude použit stochastický generátor počasí LARS WG a vybraný globální resp. regionální klimatický model a emisní scénář. Následná analýza klimatologických dat bude spočívat v porovnání historických a simulovaných klimatických veličin. Bakalářská práce bude sloužit jako dílčí podklad pro řešení projektu ATCZ28 SEDECO.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Současná změna klimatu a přetrvávající sucho vyvolávají otázky o budoucím vývoji teplot a srážek na území ČR. Jedna z nejvíce postižených oblastí je jižní Morava a zde se nacházející povodí řeky Dyje. Cílem této bakalářské práce je provedení predikce budoucího vývoje klimatu v povodí řeky Dyje pomocí emisních scénářů, globálního klimatického modelu a umělé časové řady Baseline za použití stochastického generátoru LARS-WG a následné analýzy výsledků. Získané výsledky budou mezi sebou vhodně porovnány a upraveny do formy pro jejich budoucí využití.

KLÍČOVÁ SLOVA

Změna klimatu, LARS-WG, klimatické modely, emisní scénáře, Baseline

ABSTRACT

The current climate changes and the persistent drought raise questions about the future development of temperatures and precipitation in the Czech Republic. One of the most affected area is south Moravia and the basin of River Dyje located there. The aim of this bachelor's thesis is to predict the future development of climate in the basin of River Dyje, using emission scenarios, a global climate model and an artificial time series Baseline by using a stochastic generator LARS-WG and subsequent analysis of the results. The obtained results will be suitably compared with each other and adjusted to the form for their future use.

KEYWORDS

Climate change, LARS-WG, global climate model, emission scenario, Baseline

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ondřej Macík *Analýza klimatologických dat v povodí řeky Dyje*. Brno, 2020. 59 s., 0 s. příloh.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ústav vodního
hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing Daniel Marton. Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Analýza klimatologických dat v povodí řeky Dyje* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2020

Ondřej Macík
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Analýza klimatologických dat v povodí řeky Dyje* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2020

Ondřej Macík
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Danielu Martonovi, Ph.D. za přínosné rady, připomínky, odborné vedení, trpělivost a čas věnovaný konzultaci této bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. CÍL PRÁCE	11
3. SOUČASNÝ STAV	12
4. METODY ANALÝZY	13
4.1. LARS-WG	13
4.1.1. <i>Funkce programu LARS-WG</i>	13
4.1.2. <i>Baseline</i>	16
4.1.3. <i>Model EC-EARTH</i>	17
4.2. Základní statistika	17
4.2.1. <i>Aritmetický průměr</i>	17
4.2.2. <i>Minimum a maximum</i>	17
4.2.3. <i>Roční průměrné úhrny srážek</i>	17
4.2.4. <i>Měsíční průměrné úhrny srážek</i>	18
4.2.5. <i>Roční průměrná teplota</i>	19
4.2.6. <i>Měsíční průměrná teplota</i>	19
4.3. Klimadiagram	20
4.4. Stanovení typů dnů	21
4.4.1. <i>Tropický den</i>	21
4.4.2. <i>Mrazový den</i>	22
4.4.3. <i>Arktický den</i>	22
5. PRAKTICKÁ APLIKACE	24
5.1. Zájmové území	24
5.2. Charakterizace stanic	25
5.2.1. <i>Kostelní Myslová</i>	26
5.2.2. <i>Breitenfeld</i>	26
5.2.3. <i>Geras</i>	26
5.2.4. <i>Weikertschlag an der Thaya</i>	26
5.2.5. <i>Jemnice</i>	27
5.2.6. <i>Dobersberg</i>	27
5.2.7. <i>Pommersdorf</i>	27
5.3. Popis vstupů	27

5.3.1.	<i>Jedna stanice</i>	28
5.3.2.	<i>Sedm stanic</i>	28
5.4.	Generování v programu LARS-WG	29
5.5.	Zjednodušující předpoklady	29
5.6.	Výstup dat	30
5.6.1.	<i>Jedna stanice</i>	32
5.6.2.	<i>Sedm stanic</i>	41
5.7.	Shrnutí výsledků	50
6.	ZÁVĚR	53
7.	SEZNAM CITACÍ	54
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
9.	SEZNAM TABULEK	57
10.	SEZNAM GRAFŮ	58

1. ÚVOD

V současné době na území ČR, ale také v celé Evropě probíhají prokazatelné změny klimatu. Česká krajina se postupně mění a některé oblasti začínají svým klimatickým charakterem připomínat středozemní klima. Změny jsou doprovázeny vysokými teplotami, které způsobují rekordní maxima ve všech ročních obdobích. Dle Národního úřadu pro oceán a atmosféru (National Oceanic and Atmospheric Administration) byl rok 2018 zařazen u Afriky, Asie, Evropy, Oceánie a Severní Ameriky do top 10 nejteplejších let. Pro řadu Evropských států jako je Česko, Francie, Německo a Maďarsko se jednalo o nejteplejší rok v historii. [1] Historická maxima teplot byla v létě roku 2019 překonána hned u tří Evropských států, kde nejvyšší teplotu 42,6 °C zaznamenalo Německo. [2] V České republice bylo v lednu roku 2020 na Šumavě naměřeno 14,6 °C a teplota vody ve vodním díle Slapy dosahovala 7 °C. [3] Nárůst vysokých teplot je často spojován s narůstající koncentrací CO₂ v zemské atmosféře. Koncentrace CO₂ v roce 2019 dosáhla hodnoty 415,29 ppm, což je dle odhadů nejvyšší dosažená koncentrace za posledních 800 tisíc let. [4] Od roku 1950 koncentrace CO₂ neustále roste a v současné době se koncentrace pohybuje okolo hodnoty 413,38 ppm. [5]

Tyto změny jsou doprovázeny alarmujícím suchem způsobeným vzrůstající teplotou a menším výskytem srážek. Tato skutečnost má za následek vysychání jak povrchových, tak podzemních zdrojů. Významné vodní dílo Vranov, ležící na řece Dyji, se posledních několik let potýká s nedostatečným přítokem do nádrže, což má za následek čím dál menší akumulovaný objem. [6] Tento fakt, a také zhoršující se situace na jižní Moravě byly důvodem ke vzniku této bakalářské práce.

Tato bakalářská práce pojednává o využití stochastického generátoru počasí LARS-WG pro simulaci budoucího vývoje klimatu v zájmovém povodí řeky Dyje. Základem ke vzniku samotných simulací byla použita data naměřená ze sedmi stanic nad vodním dílem Vranov. Po zvolení vhodného klimatického modelu a dostupných emisních scénářů byly vygenerovány syntetické datové řady popisující budoucí vývoj klimatu v zájmovém povodí. Za pomoci základní statistiky a matematických podmínek byly tyto datové řady upraveny do formy tabulek a následně i do formy grafů pro jednodušší popsání probíhajících změn. V závěru práce dochází ke shrnutí a porovnání dosažených výsledků pro jejich budoucí využití.

Na základě dosažených výsledků je možné si lépe představit, jak alarmující začíná situace být, a jak je nutné se na budoucí změny připravit.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat meteorologická data, získaná pro 7 stanic nacházejících se nad vodním dílem Vranov, a upravit tato data do vhodné formy vstupu pro stochastický generátor počasí LARS-WG. Na základě těchto dat byly vygenerovány umělé časové řady Baseline, a několik syntetických časových řad pro metodu jedné a sedmi stanic s použitím klimatického modelu EC-EARTH s různou kombinací emisních scénářů a časových období. Z reálných měřených dat, ale také z vygenerovaných časových řad byla provedena jednoduchá klimatologická analýza v podobě klimadiagramů, statistického vyhodnocení, stanovení počtu tropických, mrazových a arktických dní a grafického zpracování.

3. SOUČASNÝ STAV

V současné době je stále znatelnější a citelnější změna klimatu, a to nejen na jižní Moravě, ale i po celé střední Evropě. Jižní Morava, především oblast povodí Dyje, se v letních a jarních měsících potýká s vysokými teplotami a nedostatkem srážek. V zimních měsících se naopak potýká s nedostatkem sněhové pokrývky, která slouží především k doplnění vodního deficitu způsobeného letními obdobími. Tato skutečnost je příčinou nedostatečného přítoku do vybudovaných vodních nádrží, a to především vodního díla Vranov. Z těchto důvodů se v dnešní době o změně klimatu více hovoří a diskutuje, a je více podporován výzkum na toto téma.

Příčinou změny klimatu je s největší pravděpodobností narůstající skleníkový efekt v atmosféře způsobený lidskou činností a nárůstem emisí skleníkových plynů. Pro minimalizování způsobených škod klimatickou změnou byla v březnu roku 2017 vládou schválena Politika ochrany klimatu v České republice, která má za cíle a opatření snižovat emise skleníkových plynů. Tato politika se zaměřuje na období 2017 – 2030 s výhledem do roku 2050. [7] V říjnu roku 2015 byla schválena Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, která obsahuje zhodnocení pravděpodobných dopadů změny klimatu, návrhy konkrétních adaptačních opatření, legislativní a částečnou ekonomickou analýzu. „Adaptační strategie ČR je připravena na roky 2015 – 2020 s výhledem do roku 2030 a bude implementována Národní akčním plánem adaptace na změnu klimatu“. [8]

V posledních letech je také podporována tvorba informačních systémů, které poskytují monitoring současné změny, ale také poskytují včasnou výstrahu před nežádoucími dopady spojenými s klimatickou změnou. Jeden z projektů zabývajících se tvorbou informačního systému se nazývá CzechAdapt. Tento projekt informuje o možnostech budoucí adaptace zemědělství, lesnictví, energetiky a hydrologie na nepříznivý vývoj klimatu. Poskytuje řadu klimatických map, grafů a predikcí, pro současný ale také budoucí vývoj klimatu na území ČR. [9] Dalším projektem je Intersucho. Tento projekt informuje o klimatické změně nejen v Česku, ale také na Slovensku a střední Evropě. Na stejnojmenném webovém portálu je řada map znázorňující intenzitu sucha, vodní deficit, nasycení půdy vodou, a dopad na vegetaci, zemědělství a lesy. [10] Oba tyto projekty mají za cíl informovat širokou i odbornou veřejnost o probíhající změně klimatu, ale také předcházet škodám, které tato změna může způsobit.

4. METODY ANALÝZY

Tato kapitola bude pojednávat o softwaru LARS-WG použitého pro tvorbu syntetických časových řad a jejich generování. Dále budou popsány podmínky tvorby klimadiagramů a jednotlivých typů dnů a základní statistika použitá pro úpravu generovaných časových řad.

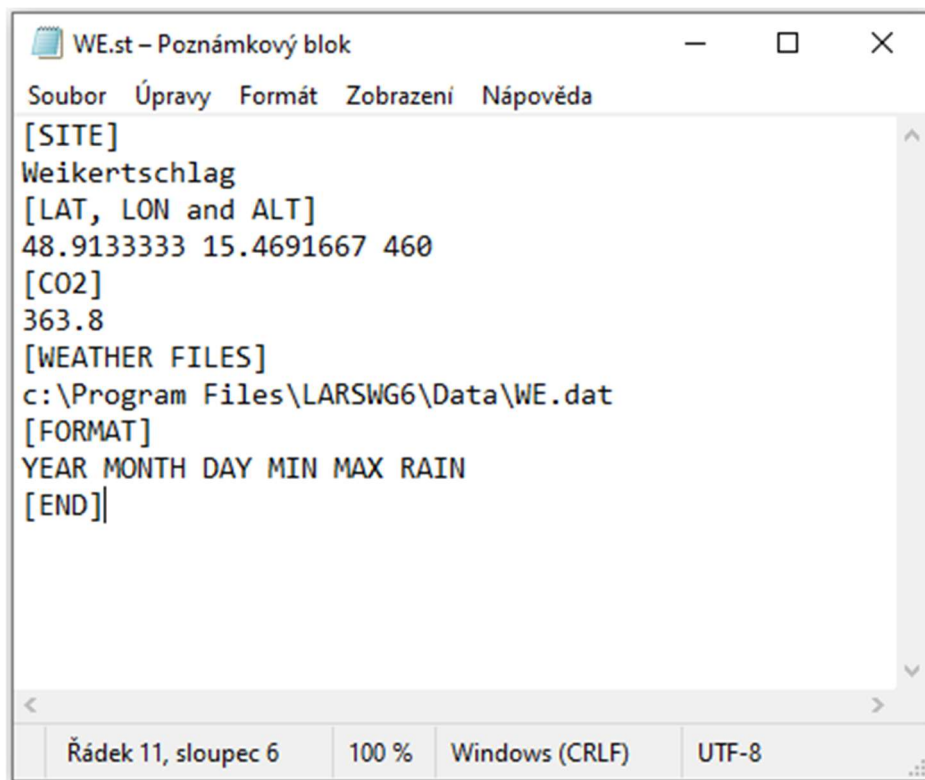
4.1. LARS-WG

Generátor počasí LARS-WG byl vytvořený Mikhailem A. Semenovem v rámci projektu Rothamsted Research. Generátor byl původně vytvořený pro dva hlavní účely. První účel bylo poskytnout vhodný prostředek pro simulaci časových řad se statistickými charakteristikami dostatečně dlouhými na to, aby odpovídaly statistickým údajům v konkrétní lokalitě, a aby mohly být použity pro vyhodnocování hydrologických rizik. Druhým účelem bylo rozšířit simulaci časových řad počasí i v místech, která nejsou měřena a pozorována, a to pomocí interpolace parametrů generátoru získaných ze sousedních oblastí. Data jsou do generátoru vkládána v denních časových řadách obsahující srážkový úhrn (mm), minimální a maximální teplotu (°C), případně intenzitu slunečního záření ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$). Vložená data jsou dále použita k vytvoření umělé řady Baseline. Samotná umělá řada pak dále slouží k zajištění, že rozdělení pravděpodobnosti simulovaných dat se blíží ke skutečnému dlouhodobému pozorování. Generátor pak dále obsahuje pět klimatických modelů, kde každý z nich obsahuje minimálně dva emisní scénáře a možnost volby tří konkrétních období, ke kterým je možné provést samotnou simulaci. Každé z těchto období má délku dvaceti let. Vygenerování časové řady může být, i při zvolení konkrétního časového období, delší než dvacet let. Při zvolení stoleté časové řady je vygenerováno námi zvolené období 5krát v konkrétní délce dvaceti let. Výsledky generátoru jsou uloženy do textového dokumentu obsahující rok, den (1 až 365), minimální a maximální teplotu (°C), srážkový úhrn (mm) a případně sluneční záření ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$). [11]

4.1.1. Funkce programu LARS-WG

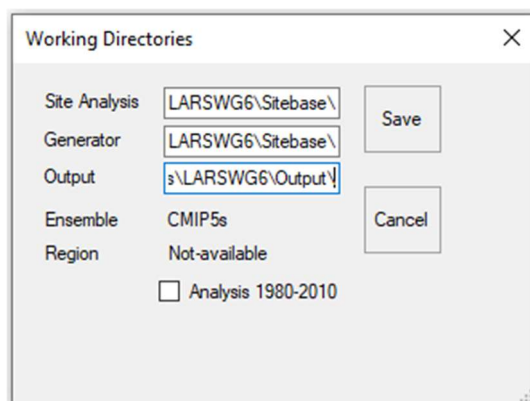
Aby bylo možné s vytvořenými vstupy pracovat je nutné vytvořit řídicí soubor (Obr. 1), který obsahuje podrobnější informace o původu těchto dat. Software LARS-WG vyžaduje jako řídicí soubor poznámkový blok s příponou .st, který po otevření musí obsahovat název stanice (SITE), zeměpisnou šířku, délku a nadmořskou výšku stanice (LAT, LON and ALT), odkazovou cestu na vstupní data a posloupnost jednotlivých sloupců podle typu obsažených dat (WEATHER FILES). V řídicím souboru je možnost uvést i koncentraci oxidu uhličitého (dále CO_2) vyskytující se v oblasti použité stanice. Jelikož koncentrace CO_2 nebyly známy ani u jedné

z vybraných stanic, byla proto zde ponechána koncentrace CO₂, která byla obsažena v ukázkovém řídicím souboru.



Obr. 1) Řídicí soubor obsahující původ dat meteorologické stanice Weikertschlag an der Thaya, odkazující na soubor se vstupními daty WE.dat

Před samotným generováním dat je nutné v programu nastavit odkazovou cestu (Obr. 2), kam se mají vygenerovaná data ukládat. Tuto cestu lze nastavit ve vyvolaném okně pomocí tlačítka Options na hlavním panelu.

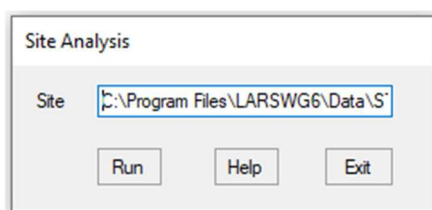


Obr. 2) Okno pro nastavení odkazové cesty, vyvolané tlačítkem Options

V programu LARS-WG probíhá generování ve dvou krocích. První krok je Site Analysis, neboli analýza dat, která je dostupná pomocí tlačítka Analysis na hlavním panelu (Obr. 3).

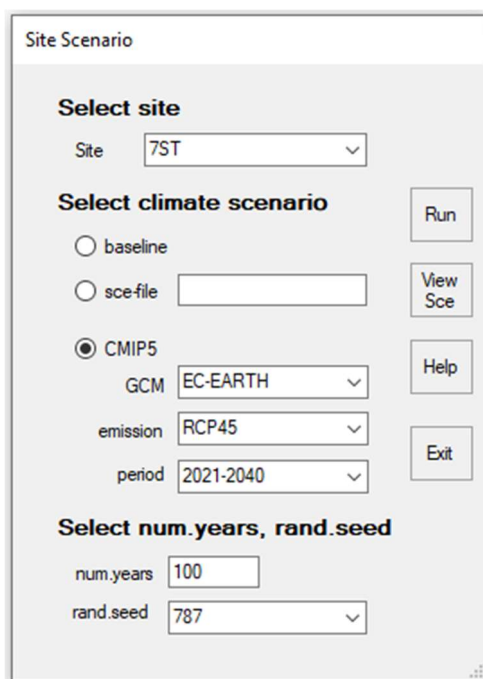
Vyvolané okno obsahuje pouze volný řádek (Site), kde je nutné zadat odkazovou cestu k řídicímu souboru. Spuštění samotné analýzy je možné pomocí tlačítka Run. Pokud se vyskytla chyba při provádění analýzy, objeví se dialogové okno, které odkazuje na textový soubor Error, nacházející se v souborech programu, který po otevření informuje o vzniklých chybách. Po úspěšně provedené analýze dat jsou v souborech programu vytvořeny dva soubory:

1. soubor obsahující parametry (.wg);
2. soubor obsahující statistické údaje (.sta).



Obr. 3) Okno Site Analysis vyvolané pomocí tlačítka Analysis

Druhým krokem je generátor. Generátor slouží k vytvoření predikce vývoje klimatu na základě vložených dat, klimatického modelu, emisního scénáře a časového období. Generátor je dostupný pomocí tlačítka Generator na hlavním panelu, které vyvolá další panel s tlačítkem Site. Po aktivaci tlačítka Site je vyvoláno okno Site Scenario, které slouží k nastavení parametrů budoucí predikce.



Obr. 4) Okno Site Scenario sloužící k nastavení parametrů predikce

Ve vyvolaném okně (Obr. 4) je prvně nutné nastavit, ze kterých dat má predikce vycházet. K tomu slouží výběrový řádek Site. Tento řádek odkazuje na soubory vytvořené v prvním kroku generování (Obr. 3) Site Analysis. Dále následuje výběr klimatického scénáře nebo výběr umělé časové řady reprezentující současnost (baseline). Jako klimatický scénář je zde možné si vybrat:

1. zadání odkazové cesty na vlastní klimatický scénář (sce-file);
2. klimatické scénáře dostupné v programu LARS-WG (CMIP5).

Program LARS-WG nabízí k výběru 5 klimatických scénářů, kde každý scénář obsahuje alespoň 2 emisní scénáře a 3 časové období (Tab. 1). V poslední řadě je nutné nastavit délku časové řady v počtu let, které budou vygenerovány (num.years) a počet náhodných počátečních hodnot (rand.seed). Po nastavení všech parametrů je možné spuštění predikce pomocí tlačítka Run. Predikce je vygenerována jako poznámkový blok do předem určeného adresáře.

Tab. 1) Dostupné možnosti volby nastavení jednotlivých klimatických scénářů dostupných v LARS-WG

Klimatický scénář	Emisní scénář	Časové období
EC-EARTH	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040
		2041-2060
		2061-2080
GFDL-CM3	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040
		2041-2060
		2061-2080
HadGEM2-ES	RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5	2021-2040
		2041-2060
		2061-2080
MIROC5	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040
		2041-2060
		2061-2080
MPI-ESM-MR	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040
		2041-2060
		2061-2080

4.1.2. Baseline

Časová řada Baseline je umělou časovou řadou popisující stávající stav. „Scénáře změny klimatu se vytvářejí vzhledem k určitému výchozímu stavu – referenčnímu období, které představuje tzv. současný stav. Nejčastěji se jako referenční používá období 1961-1990.“ [12]

4.1.3. Model EC-EARTH

Klimatický model EC-EARTH je vyvíjen jako součást celoevropského sdružení, čímž podporuje přístup k datům, znalostem a mezinárodní spolupráci. EC-EARTH je globální klimatický model, který využívá jako predikační základ světový model předpovědi počasí. Model samotný lze použít jako klasický klimatický model složený z atmosféry, půdy, oceánu a mořského ledu, ale je také možné přidat konfiguraci Earth System, která přidává chemické složení atmosféry a obsah aerosolů, biochemické složení oceánů, vegetaci a Grónský ledový štít. [13]

4.2. Základní statistika

Data vygenerována programem LARS-WG, tedy maximální a minimální teplotu a denní úhrn srážek je nutno seřadit a vhodným způsobem porovnat. Seřazení dat je provedeno pomocí aritmetického průměru maxima a minima. Pro získání výsledků je nutné srovnání ročních průměrných úhrnů srážek, měsíčních průměrných úhrnů srážek, ročních průměrných teplot, měsíčních průměrných teplot.

4.2.1. Aritmetický průměr

Aritmetický průměr je středem dvou, anebo více hodnot. Můžeme ho charakterizovat dle uvedeného vztahu (2). [14]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

kde:

\bar{x} aritmetický průměr datové řady;

x_i jednotka datové řady;

n počet jednotek datové řady.

4.2.2. Minimum a maximum

Minimum je nejnižší hodnota z konkrétní datové řady a maximum je naopak nejvyšší hodnota z konkrétní datové řady.

4.2.3. Roční průměrné úhrny srážek

Ročním průměrným úhrnem srážek lze získat průměr srážek za rok z několika leté časové řady, anebo v konkrétním roce. Je charakterizován uvedenými vztahy dle (3)(4). [15]

$$H_{s,r} = \sum_{i=1}^m H_{s,d_i} \quad (3)$$

kde:

$H_{s,r}$ roční úhrn srážek v konkrétním roce (mm);

H_{s,d_i} denní úhrny srážek v konkrétním roce (mm);

m počet dní v roce.

$$\bar{H}_{s,r} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{s,r_i}}{n} \quad (4)$$

kde:

$\bar{H}_{s,r}$ průměrný roční úhrn srážek (mm/rok);

H_{s,r_i} roční úhrny srážek v jednotlivých letech (mm);

n počet let.

4.2.4. Měsíční průměrné úhrny srážek

Měsíčním průměrným úhrnem srážek lze získat průměr srážek v určitém měsíci z několika leté časové řady, anebo v konkrétním měsíci v konkrétním roce. Je charakterizován uvedenými vztahy (5)(6). [15]

$$H_{s,m} = \sum_{i=1}^m H_{s,d_i} \quad (5)$$

kde:

$H_{s,m}$ měsíční úhrn srážek v konkrétním měsíci a roce (mm);

H_{s,d_i} denní úhrny srážek v konkrétním měsíci a roce (mm);

m počet dní v měsíci.

$$\bar{H}_{s,m} = \frac{\sum_{i=1}^n H_{s,m_i}}{n} \quad (6)$$

kde:

$\bar{H}_{s,m}$ průměrný měsíční úhrn srážek (mm/měsíc);

H_{s,m_i} měsíční úhrny srážek v konkrétním měsíci (mm);

n počet let.

4.2.5. Roční průměrná teplota

Roční průměrnou teplotou lze získat průměrnou teplotu za rok z několika leté časové řady, anebo v konkrétním roce. Je charakterizována uvedenými vztahy (7)(8). [15]

$$T_r = \frac{\sum_{i=1}^m T_{d_i}}{m} \quad (7)$$

kde:

T_r průměrná roční teplota v konkrétním roce (°C);

T_{d_i} průměrné denní teploty v konkrétním roce (°C);

m počet dní v roce.

$$\bar{T}_r = \frac{\sum_{i=1}^n T_{r_i}}{n} \quad (8)$$

kde:

\bar{T}_r průměrná roční teplota (°C);

T_{r_i} průměrné roční teploty v jednotlivých letech (°C);

n počet let.

4.2.6. Měsíční průměrná teplota

Měsíční průměrnou teplotou lze získat průměrnou teplotu v určitém měsíci z několika leté časové řady, anebo v konkrétním měsíci v konkrétním roce. Je charakterizována uvedenými vztahy (9)(10). [15]

$$T_m = \frac{\sum_{i=1}^m T_{d_i}}{m} \quad (9)$$

kde:

T_m průměrná měsíční teplota v konkrétním měsíci a roce (°C);

T_{d_i} průměrné denní teploty v konkrétním měsíci a roce (°C);

m počet dní v měsíci.

$$\bar{T}_m = \frac{\sum_{i=1}^n T_{m_i}}{n} \quad (10)$$

kde:

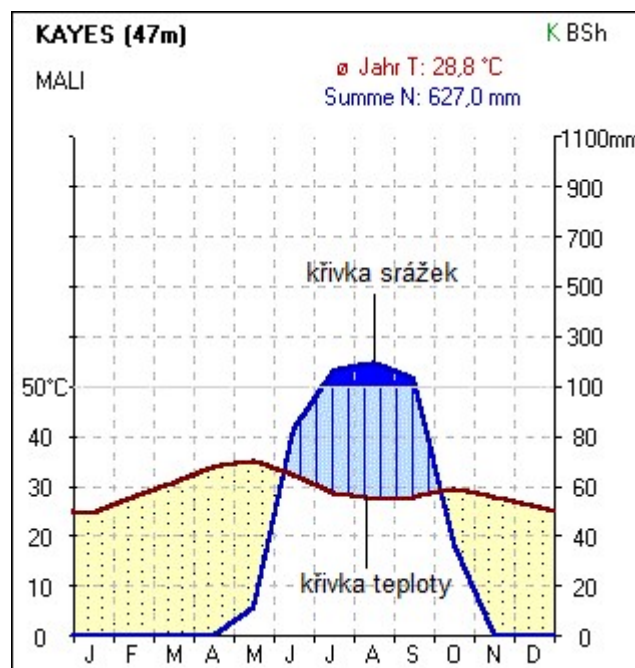
\bar{T}_m průměrná měsíční teplota (°C);

T_{r_i} průměrné měsíční teploty v konkrétním měsíci v jednotlivých letech (°C);

n počet let.

4.3. Klimadiagram

Klimatické diagramy, neboli klimadiagramy, mají v klimatologii zvláštní postavení a význam, jelikož poukazují na klimatické vlastnosti lépe nežli tabulky nebo slovní popis. Využívají se především pro zachycení více než dvou klimatických prvků. Návod ke konstrukci klimadiagramu popsali ve 20. století H. Walter a H. Lieth. Pro přehlednost klimadiagramu uvažovali H. Walter a H. Lieth ty klimatické prvky, které mají důležitý význam pro vegetaci. Nejdůležitější prvky pro vegetaci jsou především teplota a srážky. Klimadiagram je konstruován tak, že na osu x jsou vynášeny jednotlivé měsíce, na hlavní osu y jsou vynášeny teploty a na vedlejší osu y srážky. Hodnoty na osy y vynášíme v poměru 1:2 tak, aby 10 °C odpovídalo 20 mm srážek. Po vynesení dat nám vzniknou dvě křivky, a to křivka teploty a křivka srážek. Leží-li křivka srážek nad křivkou teploty popisujeme toto období jako vláhově vyrovnané. Jestliže křivka teploty leží nad křivkou srážek popisujeme toto období jako suché. [16]



Obr. 5) Klimadiagram dle H. Walter a H. Lieth [17]

4.4. Stanovení typů dnů

Jednotlivé typy dnů jsou stanoveny podle teploty dosažené během celého dne. Podle následného zařazení můžeme jednotlivé roky charakterizovat, zda se jednalo o teplý nebo studený rok. [18]

Pro zjištění konkrétního počtu typu dnů byly, v rámci této bakalářské práce, vytvořeny podmínky v programu Excel, které následně udávaly informace, zda se v konkrétním dni hledaný den vyskytl nebo nikoliv. Podmínka byla vytvořena pomocí funkce „KDYŽ“. Pokud se hledaný typ dne vyskytl byla podmínkou napsána jednička, ale pokud se hledaný den nevyskytl byla podmínkou napsána nula. Následný součet všech jedniček nám udalo kolikrát se hledaný typ dne vyskytl za celé časové období.

4.4.1. Tropický den

O tropický den se jedná, pokud teplota během dne dosáhne nebo překročí 30 °C. Tropický den je v České republice charakteristický především pro oblast jižní Moravy, kde se vyskytuje více než 13krát za rok. Ve vyšších nadmořských výškách se vyskytuje jen velmi výjimečně, a to méně než 1krát za rok. [18] Dle výše zmíněného byla pro zjištění tropického dne vytvořena podmínka (11).

$$T_{\text{den},i} = \begin{cases} T_{\text{den},i} = 1, & T_{\text{max}} \geq 30^{\circ}\text{C} \\ T_{\text{den},i} = 0, & T_{\text{max}} < 30^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (11)$$

kde:

$T_{\text{den},i}$ tropický den

T_{max} maximální teplota v konkrétním dni [°C]

Následnou sumarizací výsledků podmínky byl zjištěn počet tropických dní za celé časové období (12).

$$P_{T,\text{den}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{den},i} \quad (12)$$

kde:

$T_{\text{den},i}$ tropický den

$P_{T,\text{den}}$ počet tropických dní za časové období

4.4.2. Mrazový den

O mrazový den se jedná, pokud teplota během dne klesla pod bod mrazu. Mrazových dní je v České republice nejvíce v horských oblastech, a to více jak 180 dní ročně. Nejméně mrazových dní je v Praze, kde je méně jak 80 mrazových dní ročně. [18] Dle výše zmíněného byla pro zjištění mrazového dne vytvořena podmínka (13).

$$M_{\text{den},i} = \begin{cases} M_{\text{den},i} = 1, & T_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C} \\ M_{\text{den},i} = 0, & T_{\text{min}} > 0^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (13)$$

kde:

$M_{\text{den},i}$ mrazový den

T_{min} minimální teplota v konkrétním dni [$^{\circ}\text{C}$]

Následnou sumarizací výsledků podmínky byl zjištěn počet mrazových dní za celé časové období (14).

$$P_{M\text{den}} = \sum_{i=1}^n M_{\text{den},i} \quad (14)$$

kde:

$M_{\text{den},i}$ mrazový den

$P_{M\text{den}}$ počet mrazových dní za časové období

4.4.3. Arktický den

O arktický den se jedná, pokud je teplota během dne menší nebo rovna -10°C . Arktický den se v České republice objevuje ojediněle, a to v průměru 0 až 2 arktické dny ročně. V nejvyšších polohách se objevuje až 6krát ročně. [18] Dle výše zmíněného byla pro zjištění arktického dne vytvořena podmínka (15).

$$A_{\text{den},i} = \begin{cases} A_{\text{den},i} = 1, & T_{\text{min}} \leq -10^{\circ}\text{C} \\ A_{\text{den},i} = 0, & T_{\text{min}} > -10^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (15)$$

kde:

$A_{\text{den},i}$ arktický den

T_{min} minimální teplota v konkrétním dni [$^{\circ}\text{C}$]

Následnou sumarizací výsledků podmínky byl zjištěn počet arktických dní za celé časové období (16).

$$P_{A_{den}} = \sum_{i=1}^n A_{den,i} \quad (16)$$

kde:

$A_{den,i}$ arktický den

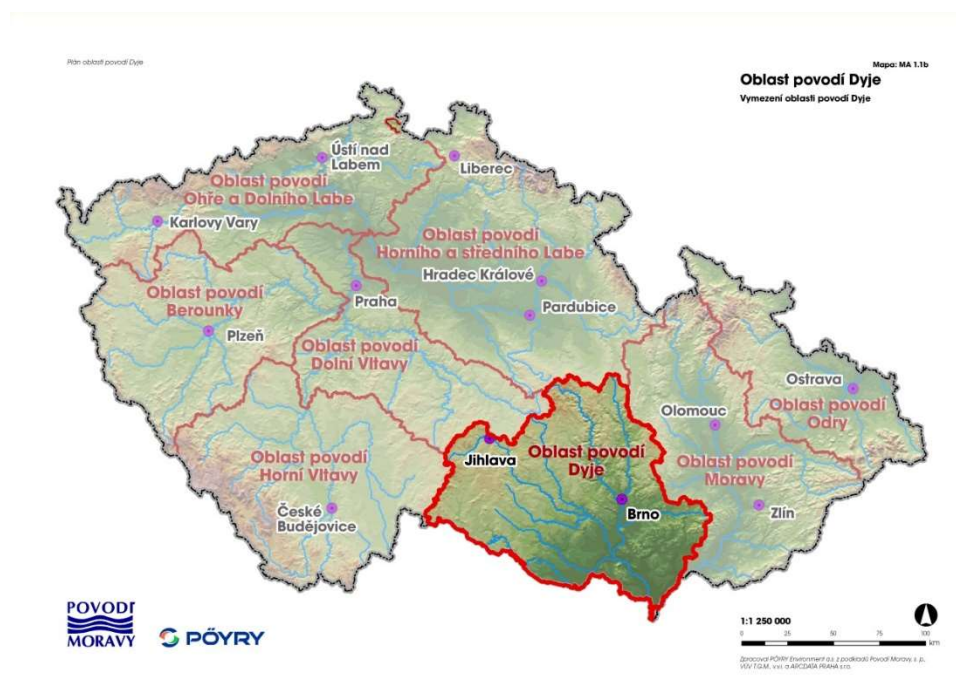
$P_{A,den}$ počet arktických dní za časové období

5. PRAKTICKÁ APLIKACE

Předmětem praktické aplikace je charakterizování jednotlivých stanic, ze kterých byla čerpána měřená data, popsání dvou metod vstupů použitých pro generování syntetických časových řad v programu LARS-WG a následná prezentace získaných výsledků.

5.1. Zájmové území

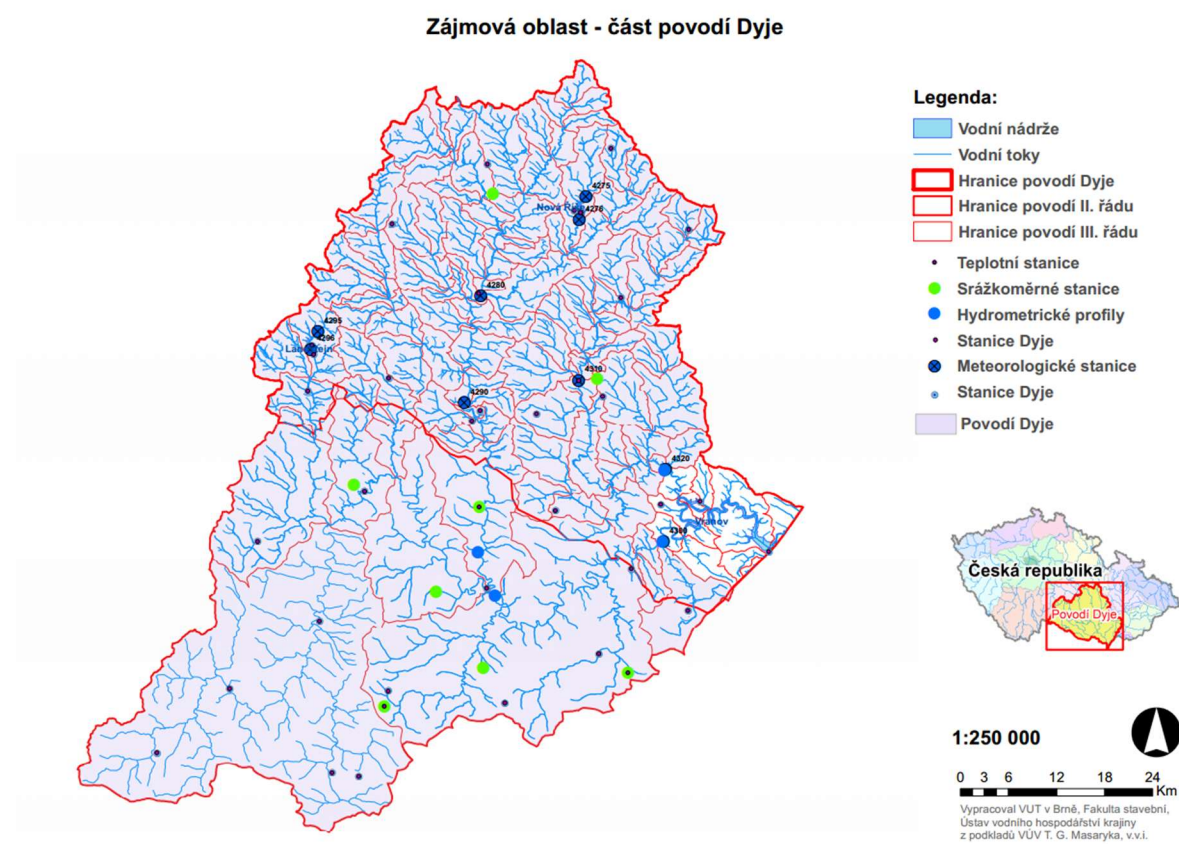
Oblast povodí řeky Dyje je o rozloze 11 164 km² na území České republiky druhé největší z celkových osmi povodí rozkládajících se na tomto území. Povodí řeky Dyje je v rámci mezinárodního povodí součástí povodí Dunaje, ale na území České republiky je dílčím povodím povodí Moravy. Povodí Dyje se rozkládá také na území Rakouska, se kterým naše povodí sousedí a vytváří tak hranici mezi státy. Nachází se zde několik významných toků, a to Dyje, Jevišovka, Svatka, Svitava, Litava, Jihlava, Oslava, Rokytná, Trkmanka a Kyjovka. Bylo zde vybudováno množství vodních děl, mezi které například patří VD Vranov, VD Brno, VD Vír I a VD Nové Mlýny. [19]



Obr. 6) Oblast povodí Dyje [19]

Při výběru vhodné stanice měřící srážky a teplotu bylo především vycházeno ze stanic nacházející se nad vodním dílem Vranov. Konkrétně se vybíralo ze stanic nacházející se na vodních tocích, které slouží jako přítok do Vranovské přehrady. Jelikož se velká část vodních toků v povodí nad nádrží nachází v Rakousku, bylo nutné použít a získat data ze stanic

nacházející se v povodí Rakouské Dyje. Na české straně povodí Dyje nad nádrží se nachází 2 meteorologické stanice, 4 hydrometrické profily a 2 srážkoměrné stanice. Tato data byla poskytnuta od Českého hydrometeorologického ústavu. Na rakouské straně povodí Dyje nad nádrží se nachází 10 meteorologických stanic, 4 hydrometrické profily a 6 srážkoměrných stanic. Tato data jsou dostupná na webovém portálu Ústředního ústavu pro meteorologii a geodynamiku a v archívu Rakouské hydrografie. [20] [21] Z těchto všech stanic a profilů byly pro účely této bakalářské práce použita data z meteorologických stanic Kostelní Myslová, Breitenfeld, Geras a Weikertschlag an der Thaya a ze srážkoměrných stanic Jemnice, Dobersberg a Pommersdorf.



Obr. 7) Zájmové povodí Dyje nad vodním dílem Vranov

5.2. Charakterizace stanic

Vstupní data byla čerpána ze dvou druhů stanic. Srážkoměrné stanice a meteorologické stanice. Srážkoměrné stanice slouží především k měření množství spadlých srážek, které jsou následně přepočítány na srážkový úhrn a intenzitu deště, ale mohou také měřit vrstvu spadlého sněhu, ze které se na následně stanovuje vodní hodnota sněhu. Meteorologické stanice slouží, stejně jako srážkoměrné stanice, k měření spadlých srážek nebo také vrstvy sněhové pokrývky, ale navíc

také mohou měřit maximální, minimální a průměrnou teplotu, rychlost větru, délku slunečního svitu a relativní vlhkost. Pro tuto bakalářskou práci byl stěžejní především srážkový úhrn, vodní hodnota sněhu, maximální, minimální a průměrná teplota. Ostatní uvedené měřené veličiny nebudou dále zmiňovány.

Jak už bylo výše uvedeno bylo vybráno 7 stanic, které posloužily jako vstupní data pro samotnou predikci budoucího vývoje srážek a teplot v zájmové oblasti. Žádná z těchto stanic není stejná, ať už se jedná o délku měření, typ měření, typ stanice, nadmořskou výšku nebo umístění samotné stanice, a proto je nutné si jednotlivé stanice podrobněji charakterizovat.

5.2.1. Kostelní Myslová

Kostelní Myslová je meteorologickou stanicí nacházející se 3,5 km jihozápadně od města Telč v kraji Vysočina. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 569,00 m n. m. a slouží k měření teplot a srážek. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1987. a tato řada končí datem 31.12.2017. Celková délka časové řady je 31 let.

5.2.2. Breitenfeld

Meteorologická stanice Breitenfeld leží ve stejnojmenné vesnici nacházející se 6,0 km jižně od města Groß-Siegharts ve spolkové zemi Dolní Rakousy. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 568,00 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1971. a tato řada končí datem 31.12.2016. Celková délka časové řady je 45 let. Z této stanice byla také poskytnuta časová řada teplot, která byla poskytnuta od data 1.1.1991 a tato řada končí 31.12.2018. Celková délka časové řady je 27,9 let.

5.2.3. Geras

Meteorologická stanice Geras se nachází na okraji stejnojmenného města ve spolkové zemi Dolní Rakousy. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 464,00 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1977. a tato řada končí datem 31.12.2016. Celková délka časové řady je 40 let. Z této stanice byla také poskytnuta časová řada teplot, která byla poskytnuta od data 1.2.1991 a tato řada končí 31.12.2018. Celková délka časové řady je 27,9 let.

5.2.4. Weikertschlag an der Thaya

Meteorologická stanice Weikertschlag an der Thaya se nachází na okraji obce Oberndorf bei Weikertschlag, která leží 11,0 km severozápadně od města Raabs an der Thaya ve spolkové

zemi Dolní Rakousy. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 460 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1971. a tato řada končí datem 31.12.2016. Celková délka časové řady je 46 let. Z této stanice byla také poskytnuta časová řada teplot, která byla poskytnuta od data 1.2.1991 a tato řada končí 31.12.2018. Celková délka časové řady je 27,9.

5.2.5. Jemnice

Srážkoměrná stanice Jemnice leží na okraji stejnojmenného města v kraji Vysočina. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 502,00 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1987. a tato řada končí datem 31.12.2017. Celková délka časové řady je 31 let.

5.2.6. Dobersberg

Srážkoměrná stanice Dobersberg leží na okraji stejnojmenného městyse, které leží 9,0 km severně od města Thaya ve spolkové zemi Dolní Rakousy. Stanice je umístěna 488,00 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1971. a tato řada končí datem 31.12.2016. Celková délka časové řady je 46 let.

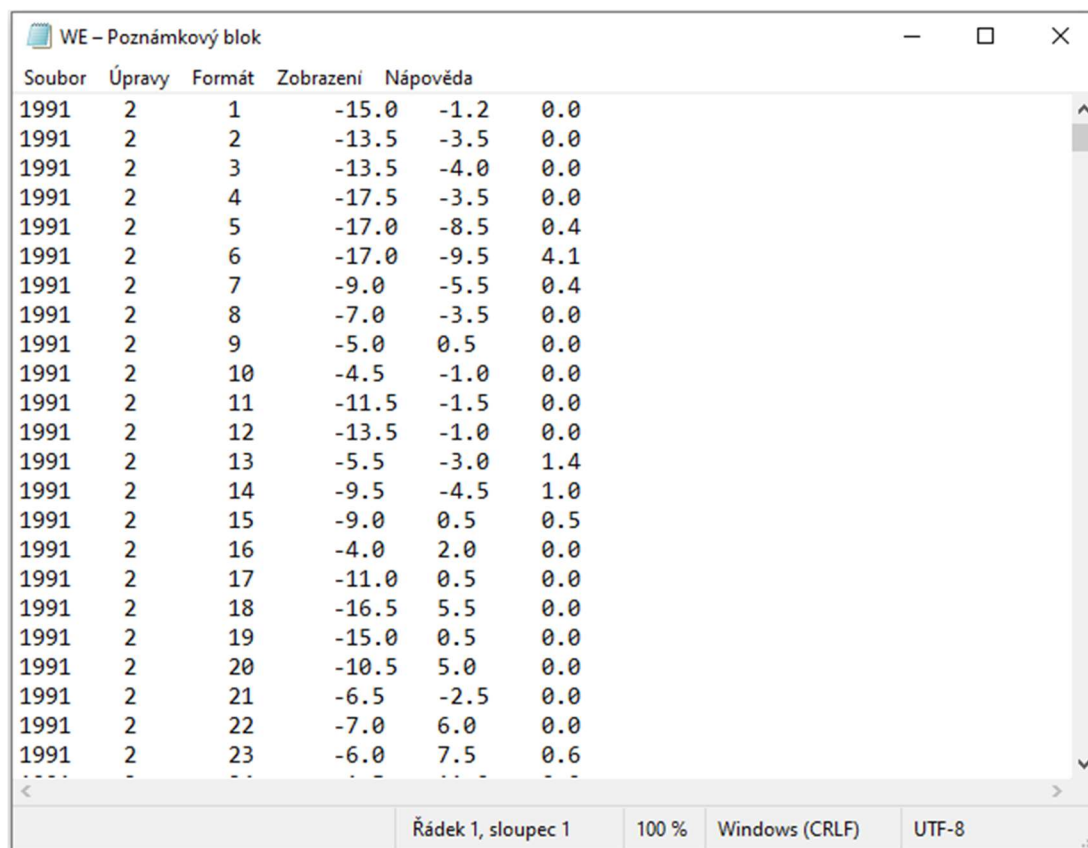
5.2.7. Pommersdorf

Srážkoměrná stanice Pommersdorf leží uprostřed stejnojmenné obce, která leží 6,0 km západně od města Raabs an der Thaya ve spolkové zemi Dolní Rakousy. Stanice je umístěna 483,00 m n. m. Časová řada srážek byla z této stanice poskytnuta od data 1.1.1981. a tato řada končí datem 31.12.2016. Celková délka časové řady je 36 let.

5.3. Popis vstupů

Pro vyhotovení predikce vývoje klimatu v zájmové oblasti bylo nutné provést porovnání alespoň mezi dvěma různými vstupními daty. Pro první vstupní data byla zvolena metoda jedné stanice. Pro druhá vstupní data byla vybrána metoda více stanic. Obě metody byly následně upraveny do stejné formy vstupu, aby bylo možné dále s nimi pracovat. V pořadí rok, měsíc, den, minimální teplota, maximální teplota a srážkový úhrn byly tyto vstupní data vloženy jako sloupce do poznámkového bloku. Data získaná z výše uvedených sedmi stanic byla brána vždy od roku 1991 po rok 2018. Tyto data nebyly vždy kompletní a bylo nutné chybějící data nahradit. Chybějící data byla později nahrazena samotným programem LARS-WG na hodnotu -99,0. Jelikož se jednalo pouze o jeden měsíc chybějícího záznamu minimální a maximální teploty v roce 1991 a jeden měsíc záznamu úhrnu srážek v roce 2018, tak tato korekce nikterak

významně neovlivnila následně provedené predikce. Data byla nahrazena u stanice Weikertschlag an der Thaya.



Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda
1991	2	1	-15.0	-1.2 0.0
1991	2	2	-13.5	-3.5 0.0
1991	2	3	-13.5	-4.0 0.0
1991	2	4	-17.5	-3.5 0.0
1991	2	5	-17.0	-8.5 0.4
1991	2	6	-17.0	-9.5 4.1
1991	2	7	-9.0	-5.5 0.4
1991	2	8	-7.0	-3.5 0.0
1991	2	9	-5.0	0.5 0.0
1991	2	10	-4.5	-1.0 0.0
1991	2	11	-11.5	-1.5 0.0
1991	2	12	-13.5	-1.0 0.0
1991	2	13	-5.5	-3.0 1.4
1991	2	14	-9.5	-4.5 1.0
1991	2	15	-9.0	0.5 0.5
1991	2	16	-4.0	2.0 0.0
1991	2	17	-11.0	0.5 0.0
1991	2	18	-16.5	5.5 0.0
1991	2	19	-15.0	0.5 0.0
1991	2	20	-10.5	5.0 0.0
1991	2	21	-6.5	-2.5 0.0
1991	2	22	-7.0	6.0 0.0
1991	2	23	-6.0	7.5 0.6

Obr. 8) Vložená vstupní data v poznámkovém bloku

5.3.1. Jedna stanice

Metoda jedné stanice je založena na výběru jedné konkrétní stanice, která svojí polohou dobře popisuje vývoj klimatu v zájmovém povodí. Pro tuto metodu byla vybrána meteorologická stanice Weikertschlag an der Thaya. Byla vybrána také proto, jelikož se jedná o meteorologickou stanici, která zaznamenává všechna potřebná data pro tuto práci. Více je o této stanici popsáno v kapitole 5.2.4. Data získaná z této stanice byla dále upravena do požadované formy vstupu, jak už bylo popsáno v kapitole 5.3.

5.3.2. Sedm stanic

Metoda sedmi stanic je založena na seskupení více datových řad a následné úpravě do požadované formy vstupu. Jedná se především o seskupení datových řad srážek, které měří každá z vybraných stanic. Tyto stanice jsou popsány v kapitolách 5.2.1 – 5.2.7. Datové řady srážek byly převedeny do sedmi sloupců o stejné délce časové řady, kde každý sloupec obsahuje měření z jedné ze sedmi stanic. Tyto řady byly následně aritmetickým průměrem zprůměrovány

a výsledné hodnoty byly použity pro vytvoření vstupu. Tento postup nemohl být aplikován u minimálních a maximálních teplot, jelikož pouze 4 ze 7 stanic tyto hodnoty měří a nebyl by proto vytvořen průměr o stejném počtu vstupních hodnot. Do výsledného vstupu byla použita stejná časová řada teplot, jako u metody jedné stanice. Výsledný vstup byl vytvořen dle kapitoly 5.3.

5.4. Generování v programu LARS-WG

V rámci této bakalářské práce bylo pracováno pouze s umělou časovou řadou reprezentující současnost Baseline a s klimatickým scénářem EC-EARTH. Časová řada Baseline byla vygenerována pro každá vstupní data zvlášť. Při práci s klimatickým scénářem EC-EARTH byl generován jak negativní, tak i středně pozitivní emisní scénář pro každé z možných časových období. Každá časová řada byla generována v délce 20 let s výchozím počtem náhodných počátečních hodnot 787. Pro metodu jedné stanice, i pro metodu sedmi stanic byl vygenerován stejný počet scénářů o stejné délce a se stejným počátečním nastavením, aby bylo možné pozdější porovnání výsledků (Tab. 2).

Tab. 2) Vygenerované scénáře a jejich počáteční nastavení

Metoda	Klimatický scénář	Emisní scénář	Časové období	Počet let	Rand.seed
Jedna stanice	EC-EARTH	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040	20	787
			2041-2060		
			2061-2080		
Sedm stanic	EC-EARTH	RCP4.5 RCP8.5	2021-2040	20	787
			2041-2060		
			2061-2080		

5.5. Zjednodušující předpoklady

Jako první zjednodušující předpoklad bylo neprovedení biaskorekce u umělé časové řady Baseline. Tato korekce by upravila vygenerovaná data tak, že by výsledky více přiblížila k reálně naměřeným hodnotám.

Druhým zjednodušujícím předpokladem bylo generování vlastní umělé časové řady Baseline pro každou metodu na základě jejich vstupních dat. K těmto časovým řadám byly vztahovány všechny získané výsledky a porovnání.

Dalším zjednodušením bylo doplnění přestupného roku do vygenerovaných časových řad. Vygenerované časové řady obsahují jednotlivé roky pouze v délce 365 dní, a proto bylo provedeno doplnění přestupného roku jako průměr předchozího a následujícího dne.

5.6. Výstup dat

Vygenerovaná i reálná data byla převedena do programu Excel a každé časové řadě byl přidělen vlastní list a pojmenován tak, aby bylo možné rozlišit data k metodě jedné a sedmi stanic. Následně bylo provedeno rozdělení časové řady reálných dat na dvě časové období. Původní období 1991 – 2018 bylo rozděleno na období popisující minulost 1991 – 2010 a období popisující současnost 2011 – 2018. Toto rozdělení bylo provedeno pro lepší porovnání reálných dat s daty vygenerovanými, a také pro zjištění rychlosti změny klimatu v současnosti. Vygenerovaná data bylo nutné nejprve upravit do podoby reálných dat, a to přidáním přestupného roku a rozdělením na jednotlivé měsíce. Dále byla u všech datových řad vypočítána průměrná teplota jednotlivých dní v roce dle vzorce (2) a zjištěn počet jednotlivých typů dnů dle postupů v kapitolách 4.4.1 – 4.4.3. Následně byla vytvořena tabulka sjednocující výsledky, které byly získány z celé délky datové řady. Jednalo se především o průměrný srážkový úhrn, průměrnou teplotu, počet tropických dní, počet mrazových dní a počet arktických dní (Tab. 3). Tyto veličiny byly následně převedeny do formy sloupcových grafů pro lepší porovnání.

Tab. 3) Sjednocené výsledky získané z celé délky datových řad

Datová řada	Průměrný srážkový úhrn [mm]	Průměrná teplota [°C]	Tropické dny	Mrazové dny	Arktické dny
Reálná data 1991-2010	617.3	8.6	173	2150	8
Reálná data 2011-2018	573.4	7.8	127	921	1
Baseline	628.5	8.6	114	2291	0
EC-EARTH (8.5) 2021 - 2040	658.3	9.5	179	1869	0
EC-EARTH (8.5) 2041 - 2060	654.2	10.5	259	1384	0
EC-EARTH (8.5) 2061 - 2080	664.0	11.3	383	1165	0
EC-EARTH (4.5) 2021 - 2040	648.3	9.5	163	1882	0
EC-EARTH (4.5) 2041 - 2060	659.8	9.9	223	1687	0
EC-EARTH (4.5) 2061 - 2080	695.6	10.0	246	1650	0

Aby bylo možné získat více výsledků z jednotlivých dat, bylo nutné datové řady seřadit do sérií tabulek, kde každá obsahovala konkrétní informace. Tabulky obsahují informace hledané v konkrétním měsíci a roce (Tab. 4). Díky tomuto seřazení bylo možné získat vývoj jednotlivých měsíců po dobu celého časového období. K tomuto seřazení byly použity postupy a vzorce uvedené v kapitolách 4.2.1 – 4.2.6.

Tab. 4) Seřazená data pro konkrétní měsíc v konkrétním roce pomocí základní statistiky

MĚSÍČNÍ SRÁŽKY [mm] - REÁLNÁ DATA (2011-2018)								
Měsíc/Rok	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Leden	25.9	70.8	73.5	34.3	38.8	41.4	23.5	35.5
Únor	4.4	18.3	51.6	11.4	8.3	51.4	13.6	22.6
Březen	32.9	10.7	43.5	13.4	33.3	15.8	45.9	25.4
Duben	23.3	40.2	11.8	20.8	28.9	42.1	64.2	16.3
Květen	77.5	58.2	131.9	109.6	75.7	74.3	10.7	81
Červen	89.8	94.6	128.5	46.7	41.5	58.6	35	114.7
Červenec	124.1	108.6	29.7	74.8	18.8	73	71.6	46.5
Srpen	77.6	94.8	59.9	101.6	66.5	32.2	36.3	32.6
Září	73	41.8	42.7	123	61.1	13.3	48.1	83.4
Říjen	50.1	42.1	32.6	45.1	72.4	49.3	50.5	26.6
Listopad	3.6	23.1	24.9	32.8	71	37.8	47.1	34.6
Prosinec	23.5	49	18.9	27	20.8	25.3	22.1	0

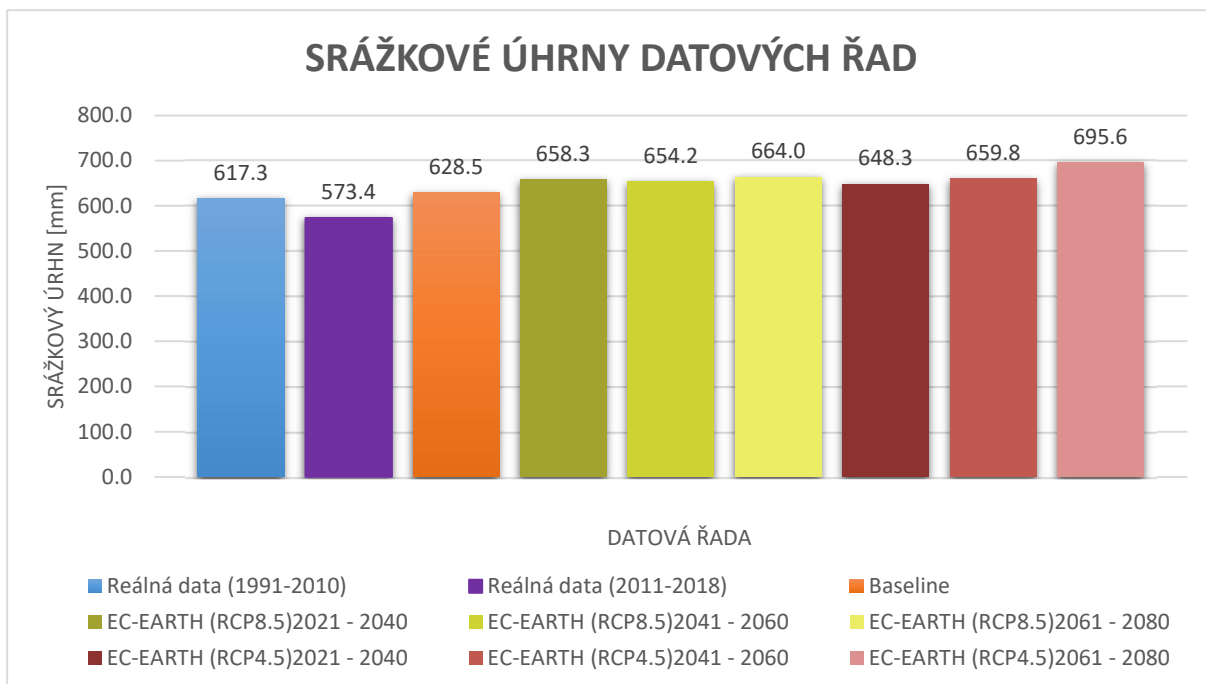
Poslední provedené seřazení bylo získání průměrných teplot a srážek v konkrétním měsíci z celé datové řady. K tomuto seřazení posloužila data seřazená v předešlém kroku (Tab. 4). Byla vytvořena série tabulek pro každou datovou řadu, a následně byla z těchto dat vytvořena sada bodových grafů znázorňující rozdíly jednotlivých měsíců mezi jednotlivými datovými řadami. Z těchto dat byla také vytvořena série klimadiagramů znázorňující vláhovou vyrovnanost v jednotlivých časových obdobích. Tvorba a popis klimadiagramu je popsán v kapitole 4.3.

Tab. 5) Průměrné měsíční hodnoty za konkrétní časové období

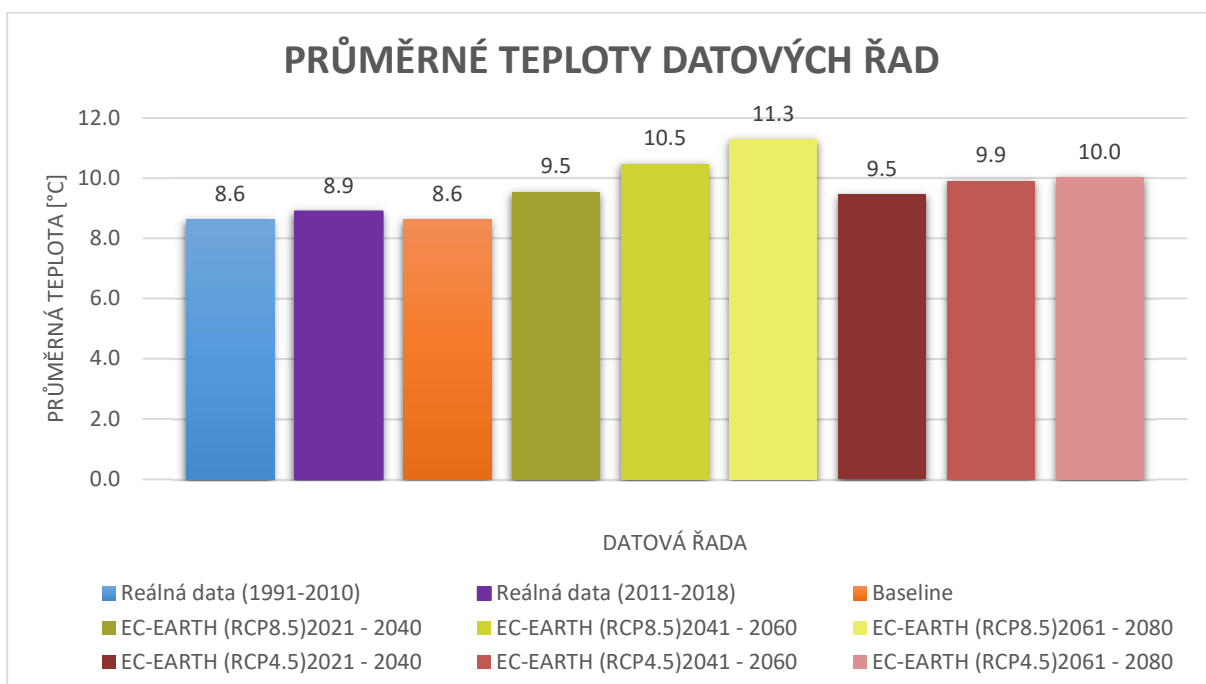
REÁLNÁ DATA (2011-2018)		
Měsíc/Popis veličiny	Průměrné měsíční teploty [°C]	Průměrné měsíční srážky [mm]
Leden	-1.3	43.0
Únor	-0.8	22.7
Březen	3.7	27.6
Duben	8.9	31.0
Květen	13.2	77.4
Červen	17.0	76.2
Červenec	19.1	68.4
Srpen	18.9	62.7
Září	14.1	60.8
Říjen	8.7	46.1
Listopad	3.8	34.4
Prosinec	0.7	23.3

5.6.1. Jedna stanice

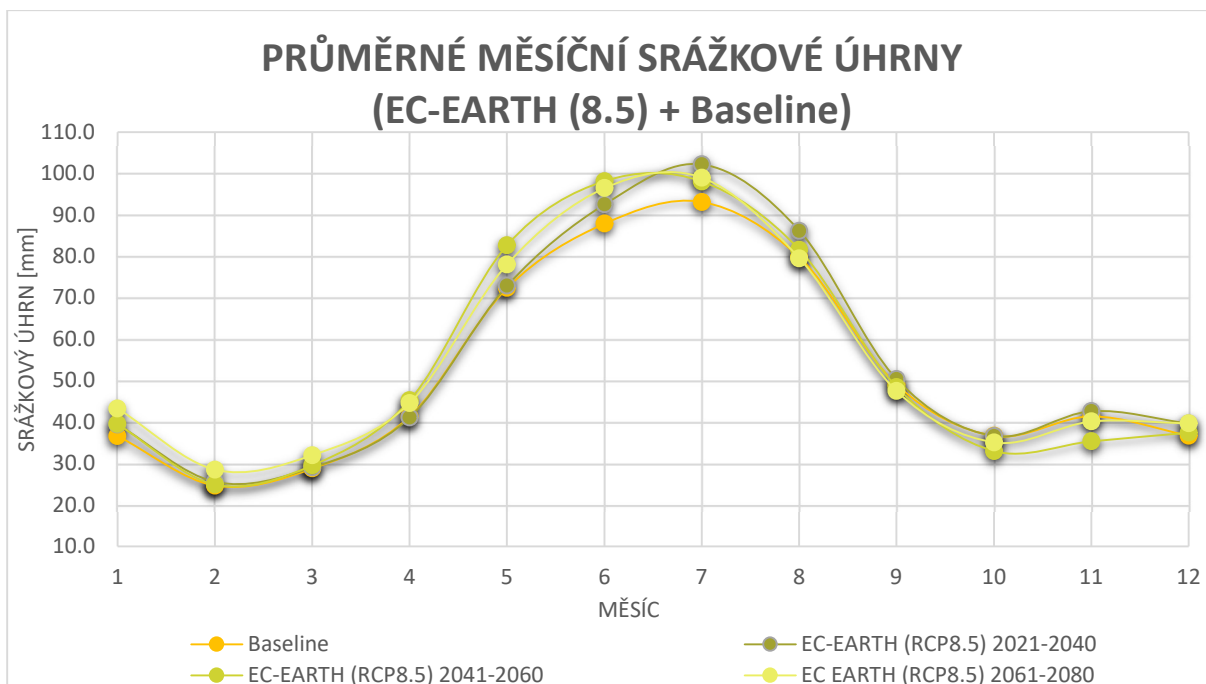
Série grafů obsažená v této kapitole obsahuje řadu výsledků získané z metody jedné stanice. Metoda jedné stanice je popsána v kapitole 5.3.1. Grafy obsahují výsledky charakterizující celé období datové řady, kde se jedné především o průměrnou teplotu (Graf. 2) a průměrný srážkový úhrn (Graf. 1). Jsou zde také graficky znázorněny průměrné teploty (Graf. 4 a 6) a průměrné srážkové úhrny (Graf. 3 a 5) jednotlivých měsíců z celého období datové řady. Pro snadnější popis změny a vývoje klimatu slouží především klimadiagramy (Graf. 7 – 15) obsažené pro jednotlivé datové řady. Popis tvorby klimadiagramu je popsán v kapitole 4.3. Poslední ze série grafů obsahují vývoj jednotlivých typů dnů (Graf. 16 – 17). Jednotlivé typy dní jsou popsány v kapitolách 4.4.1 – 4.4.3.



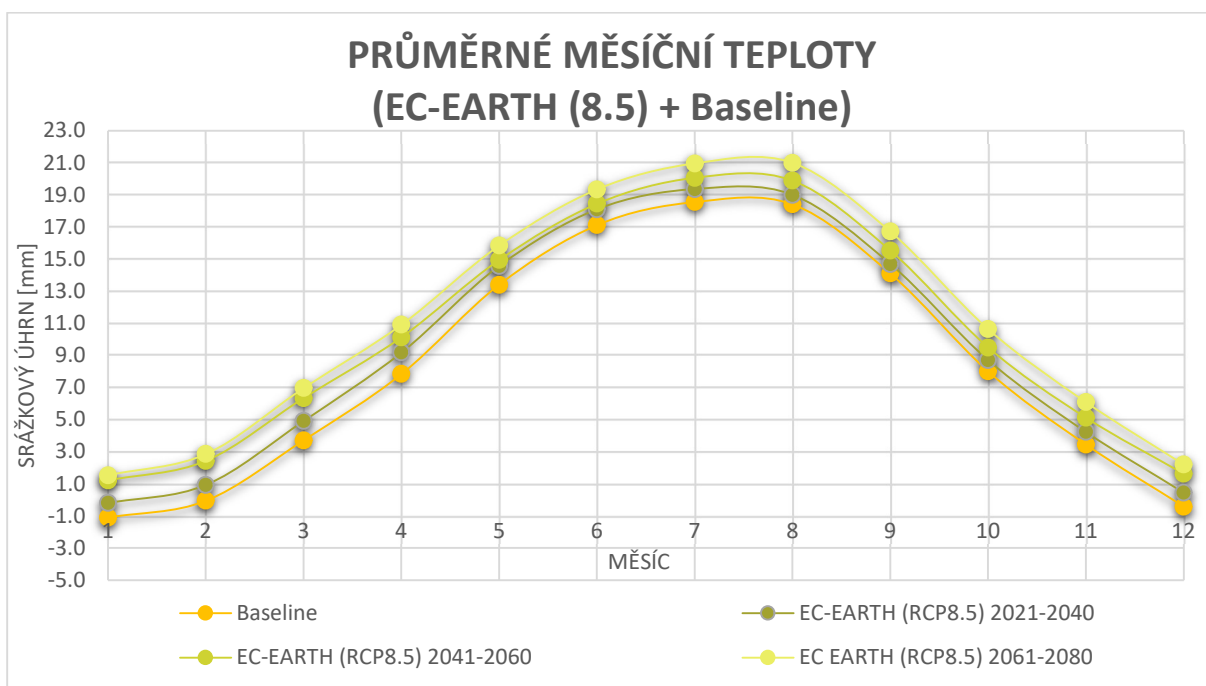
Graf. 1) Srovnání průměrných srážkových úhrnů z celé délky datových řad, metoda jedné stanice



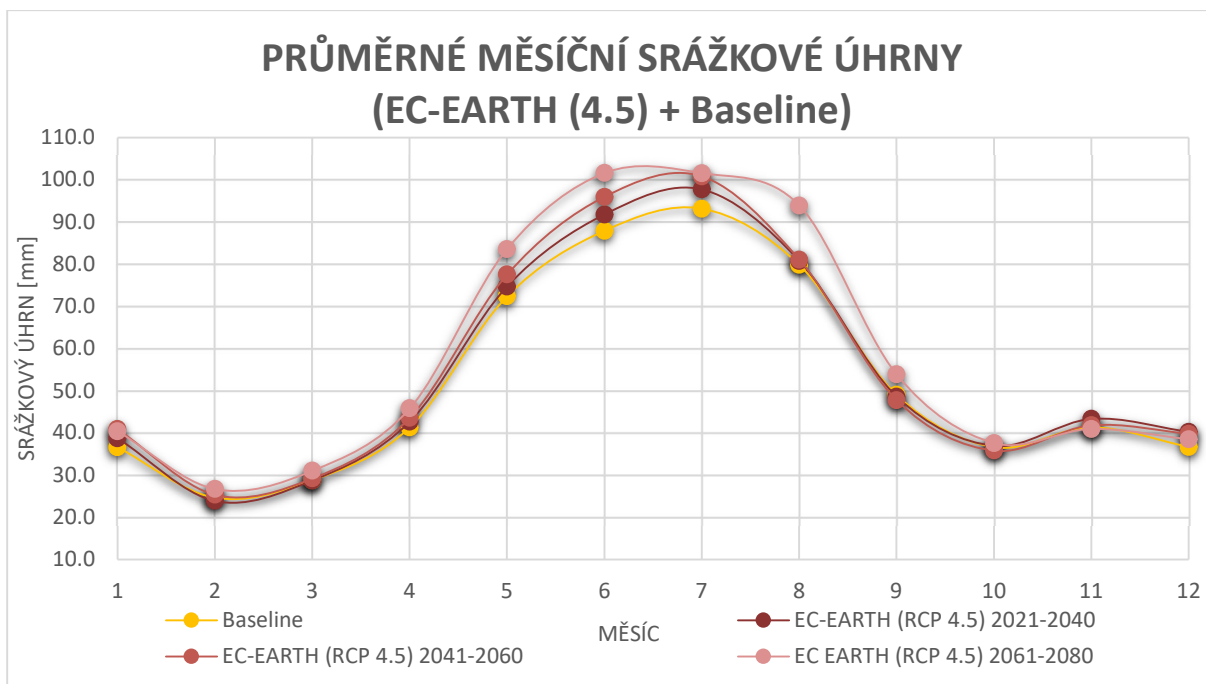
Graf. 2) Srovnání průměrných teplot z celé délky datových řad, metoda jedné stanice



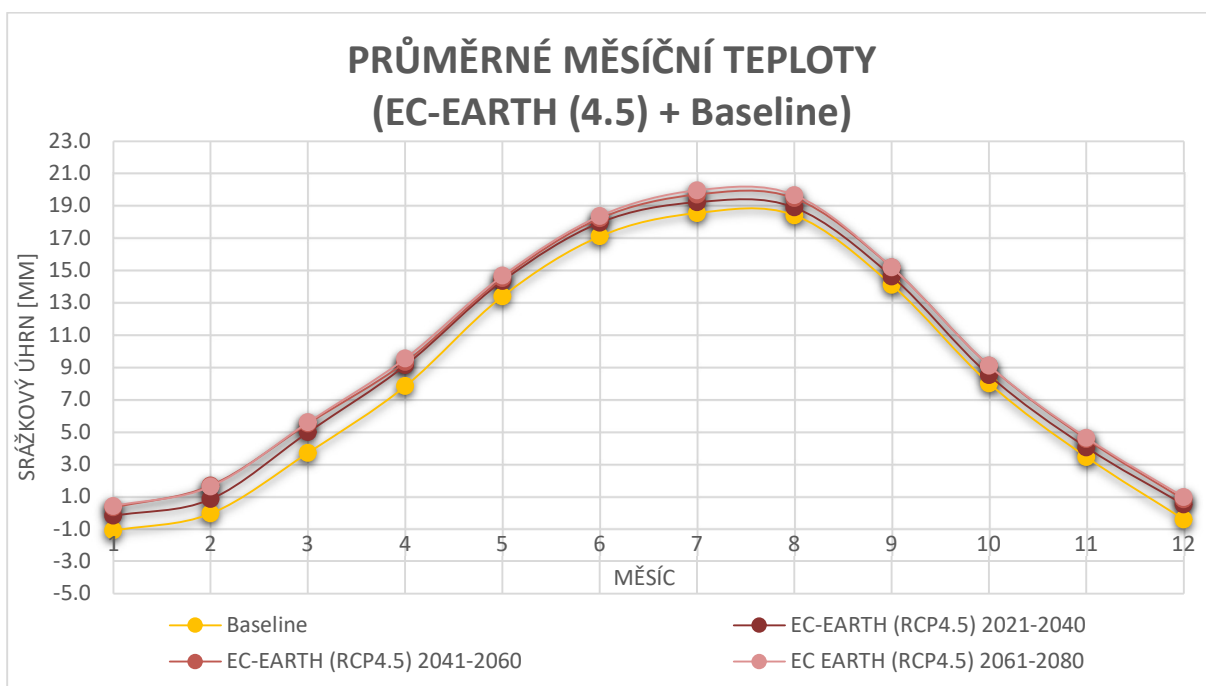
Graf. 3) Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline a RCP8.5, metoda jedné stanice



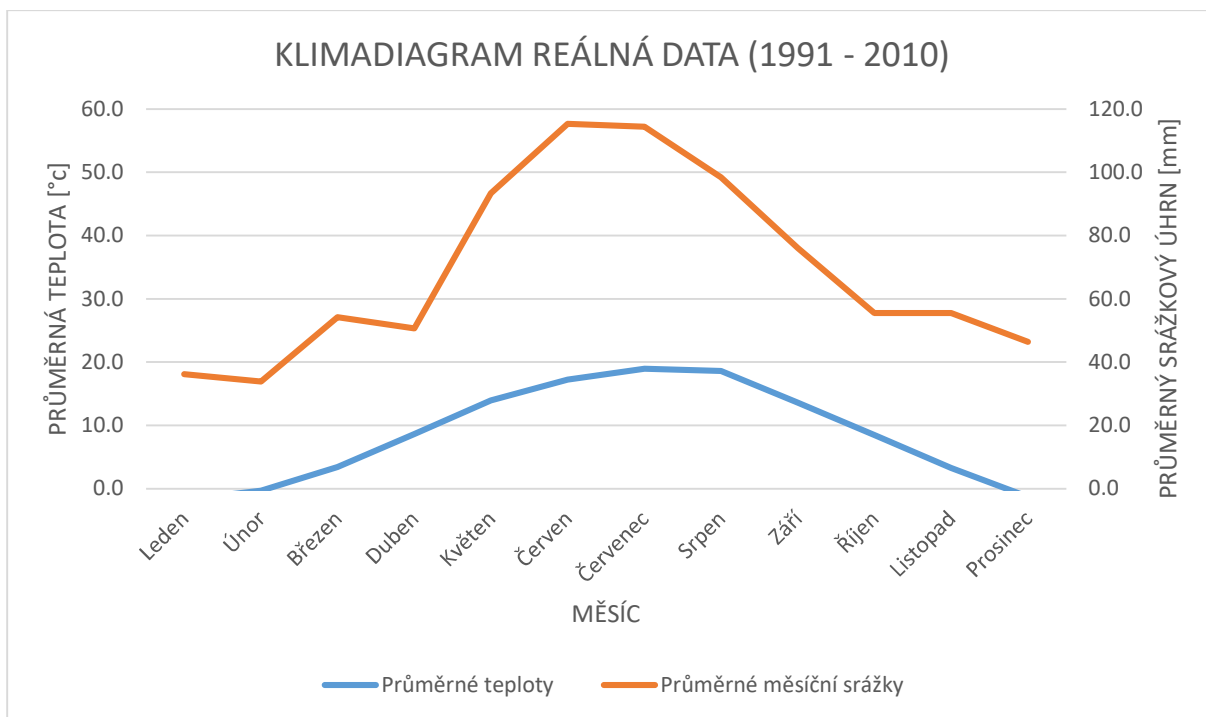
Graf. 4) Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline a RCP8.5, metoda jedné stanice



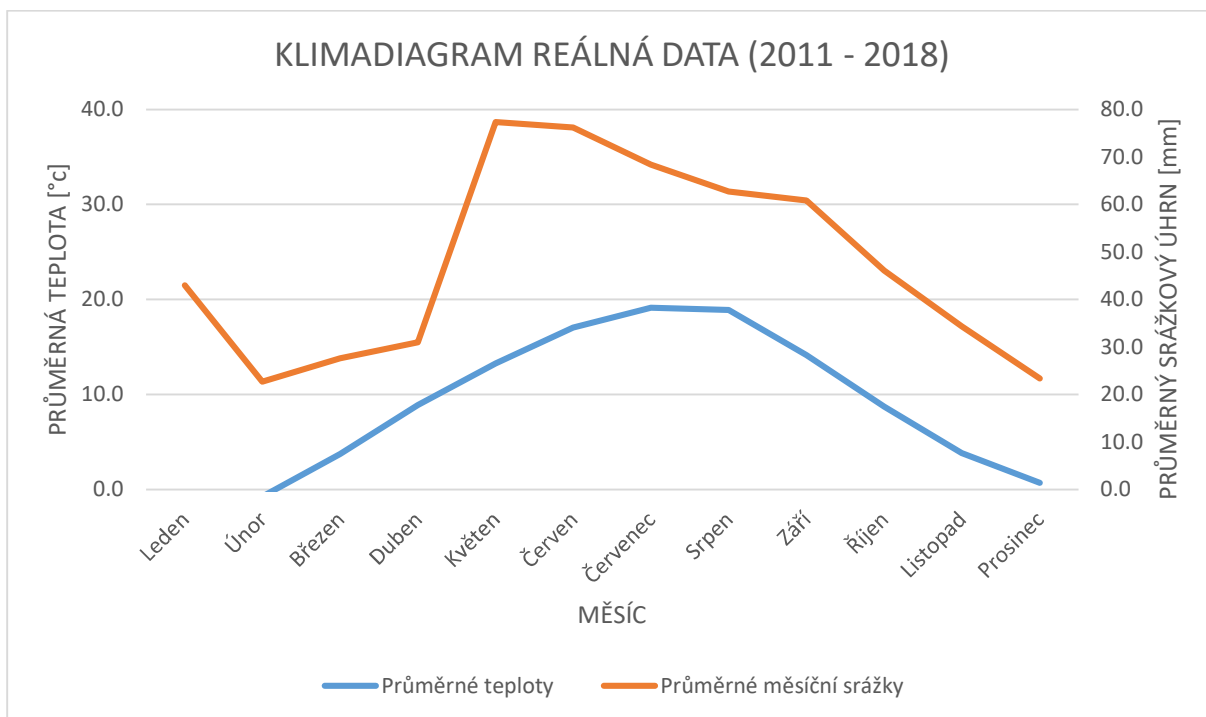
Graf. 5) Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline a RCP4.5, metoda jedné stanice



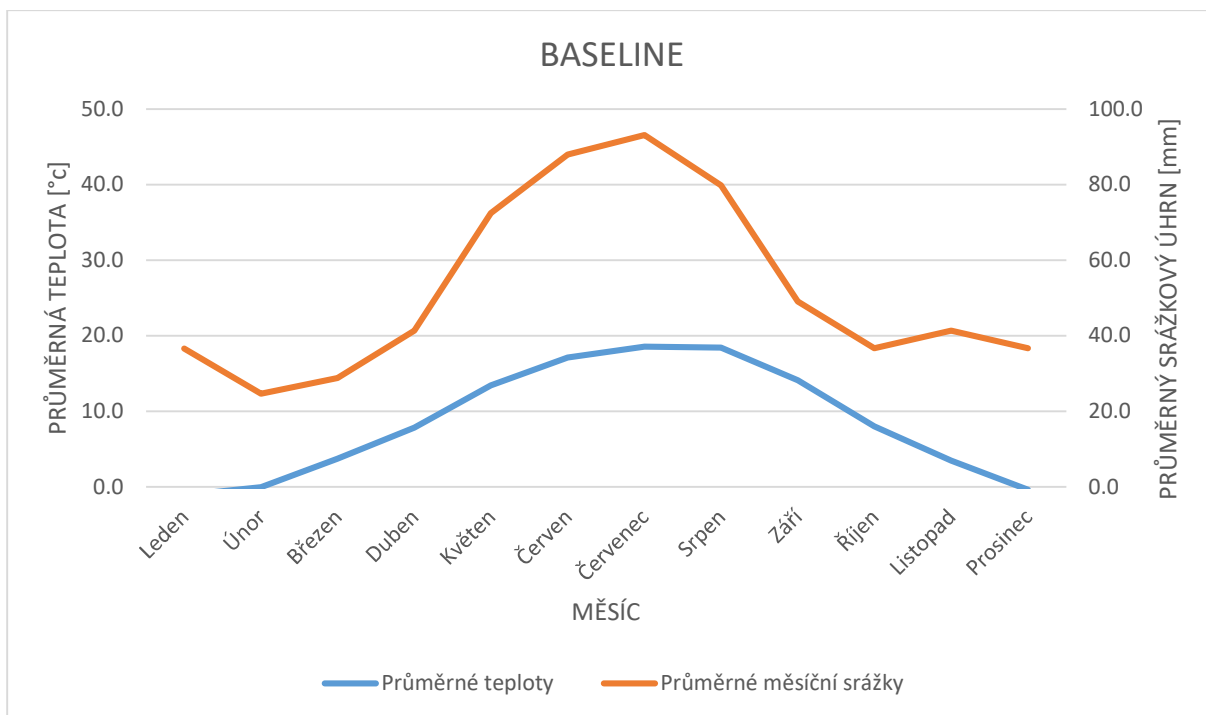
Graf. 6) Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline a RCP4.5, metoda jedné stanice



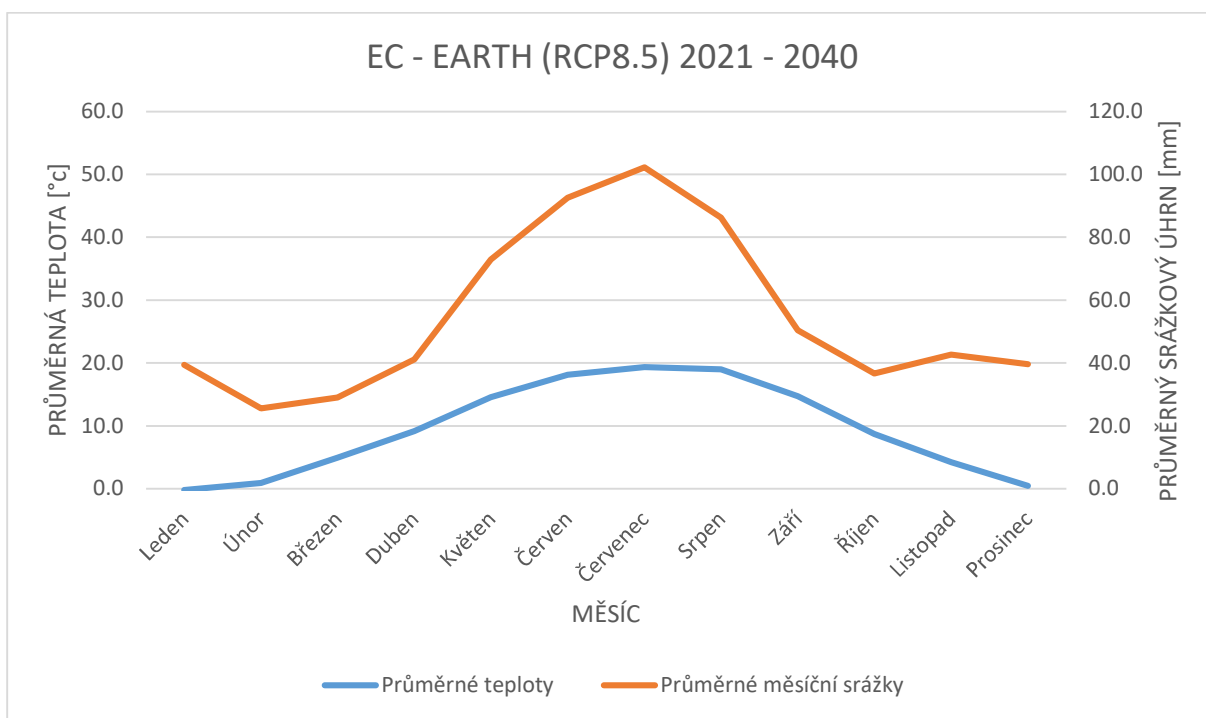
Graf. 7) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 1991 – 2010, metoda jedné stanice



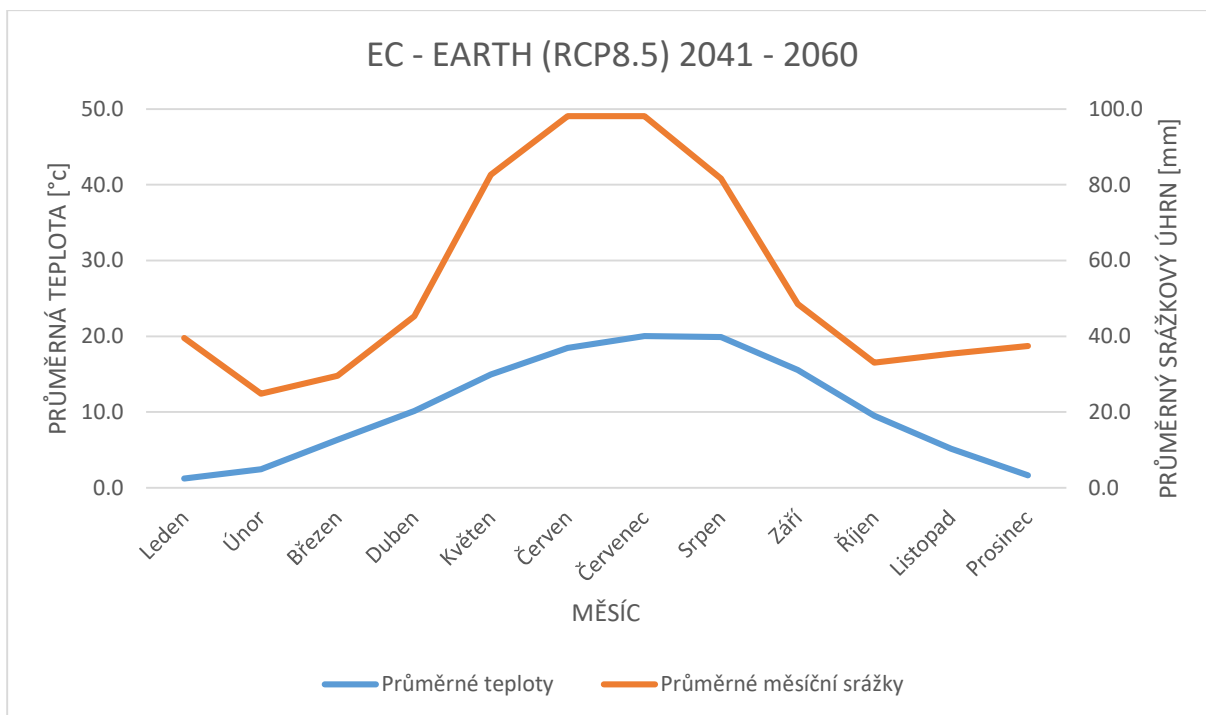
Graf. 8) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 2011 – 2018, metoda jedné stanice



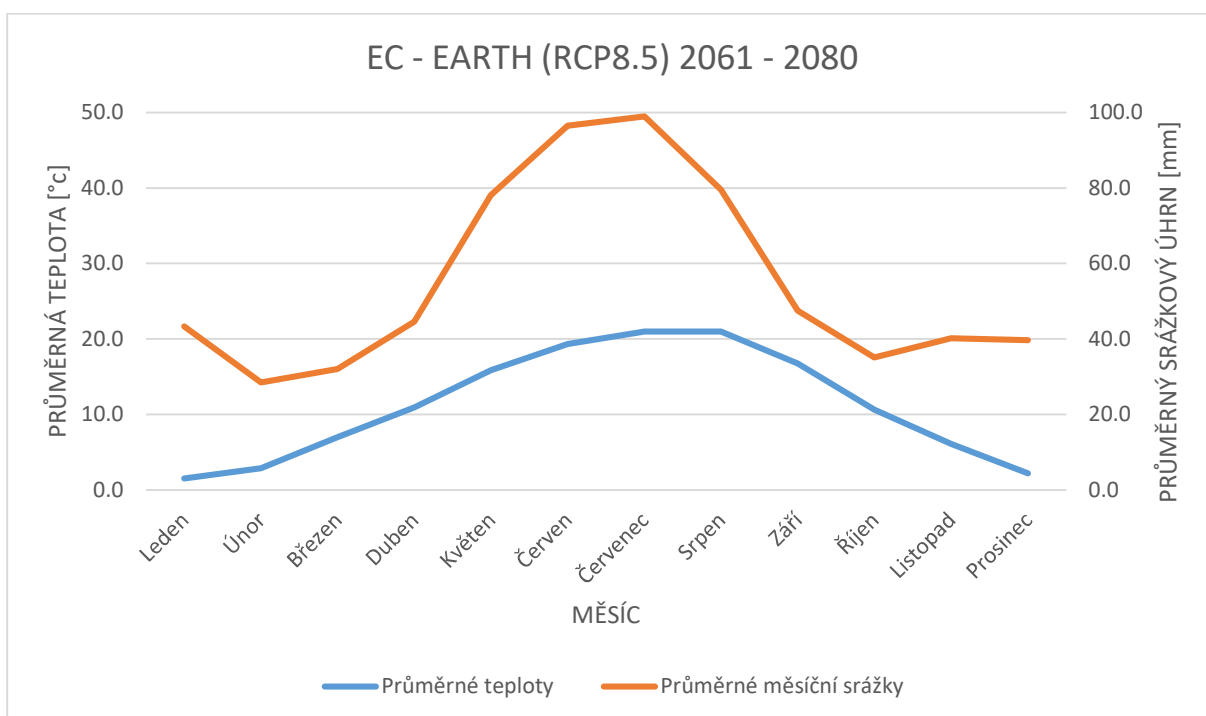
Graf. 9) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti z časové řady Baseline, metoda jedné stanice



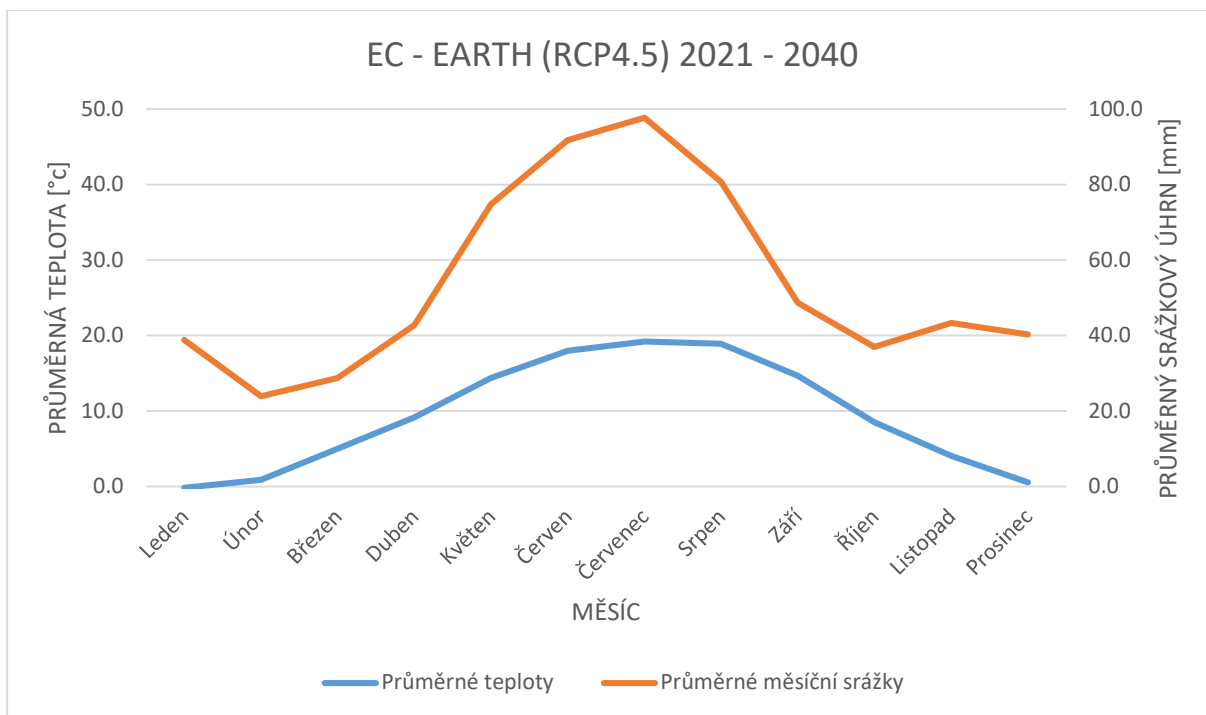
Graf. 10) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2021 – 2040, metoda jedné stanice



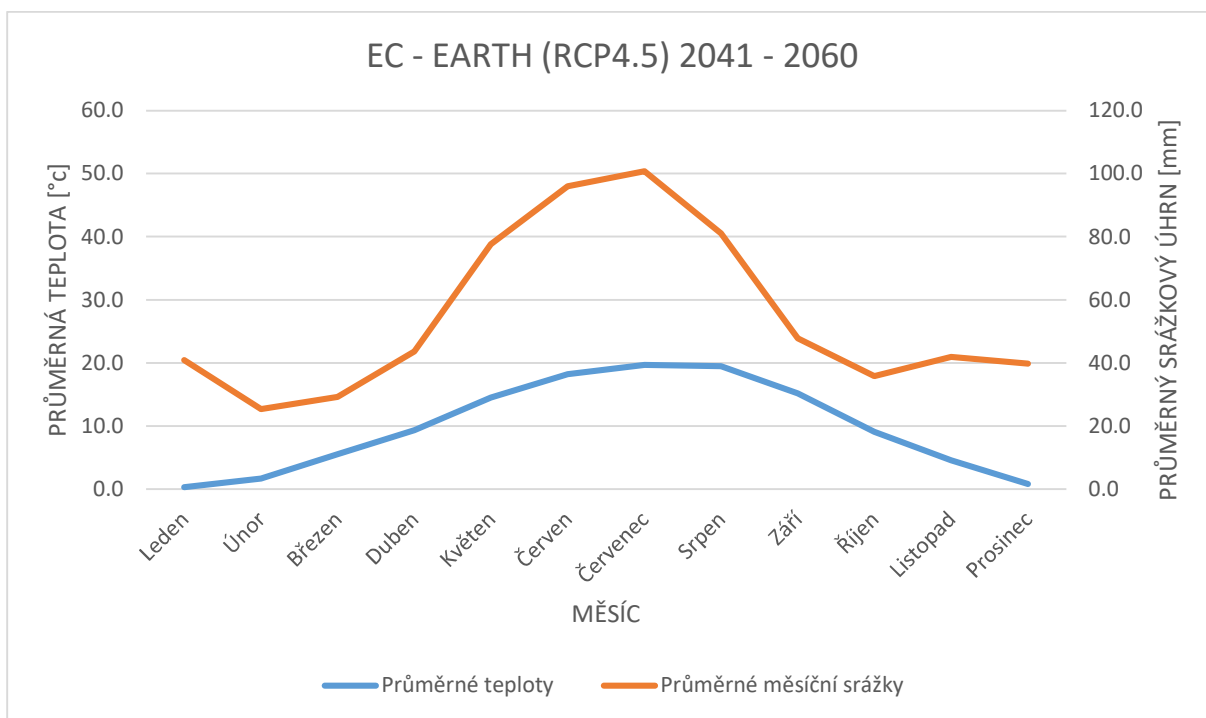
Graf. 11) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2041 – 2060, metoda jedné stanice



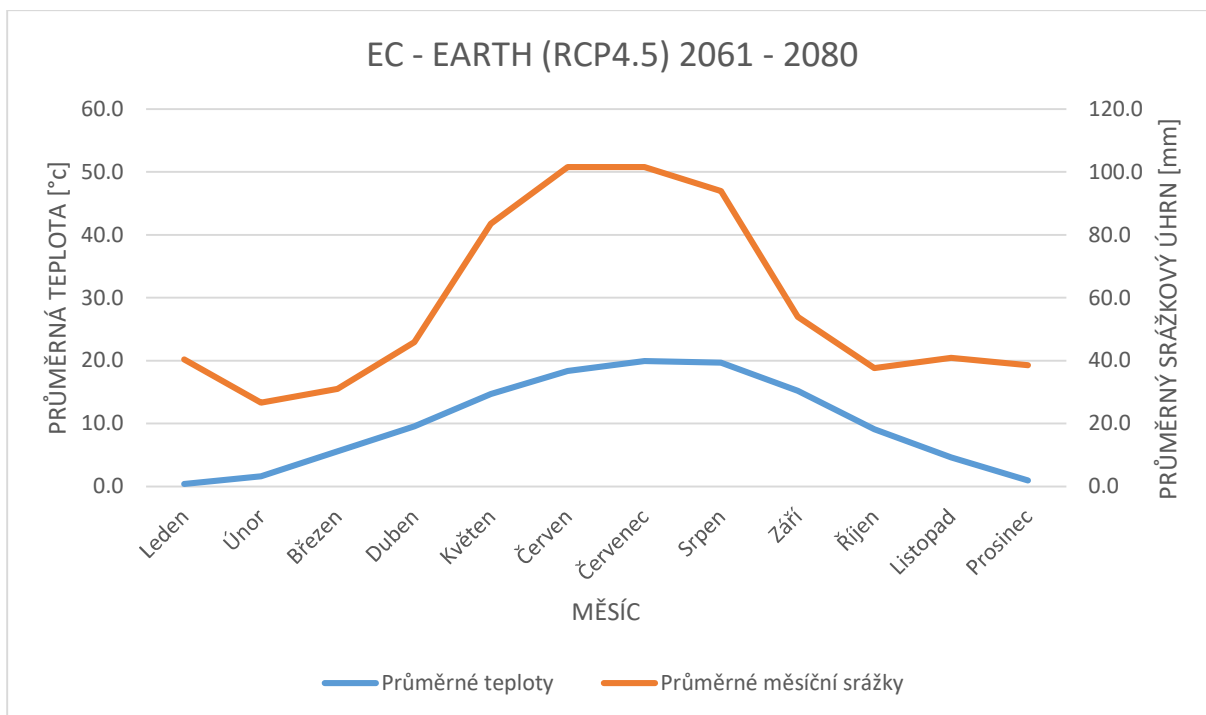
Graf. 12) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2061 – 2080, metoda jedné stanice



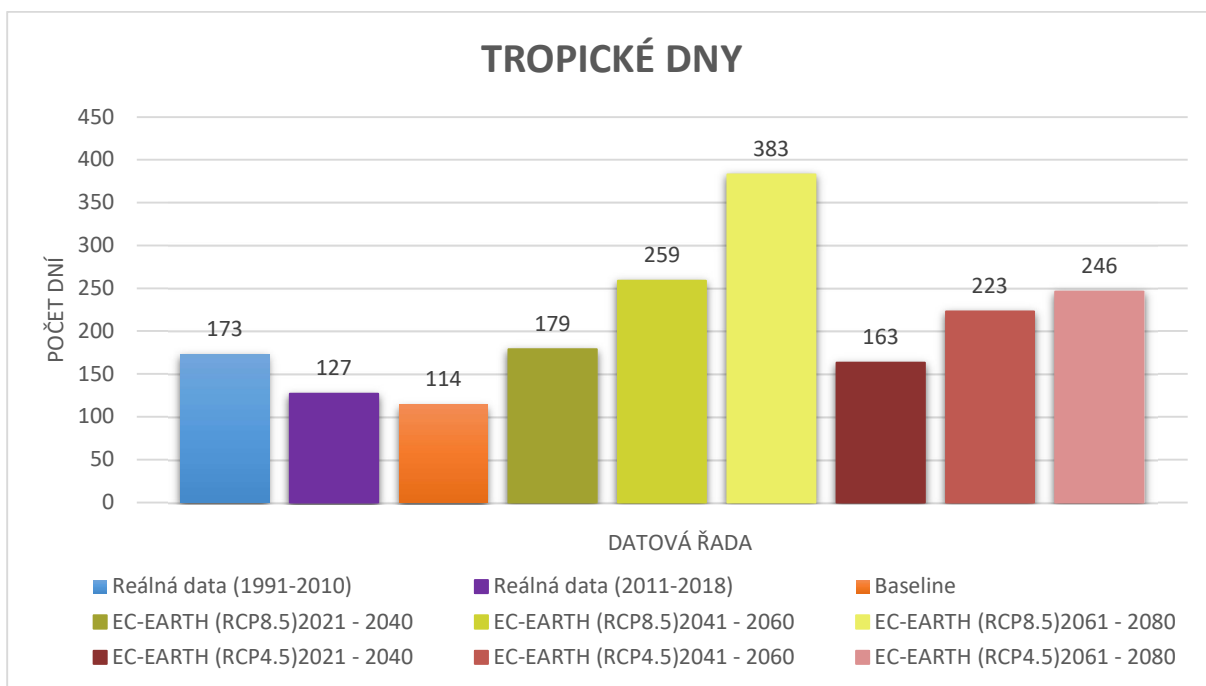
Graf. 13) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2021 – 2040, metoda jedné stanice



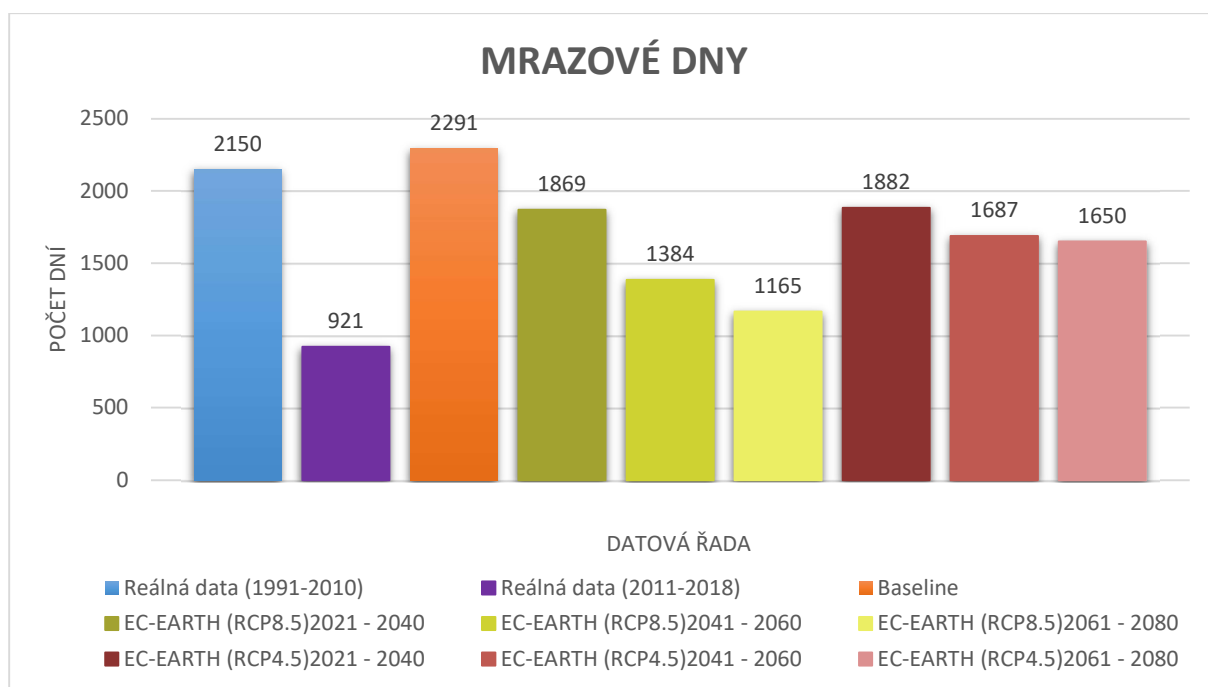
Graf. 14) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2041 – 2060, metoda jedné stanice



Graf. 15) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2061 – 2080, metoda jedné stanice



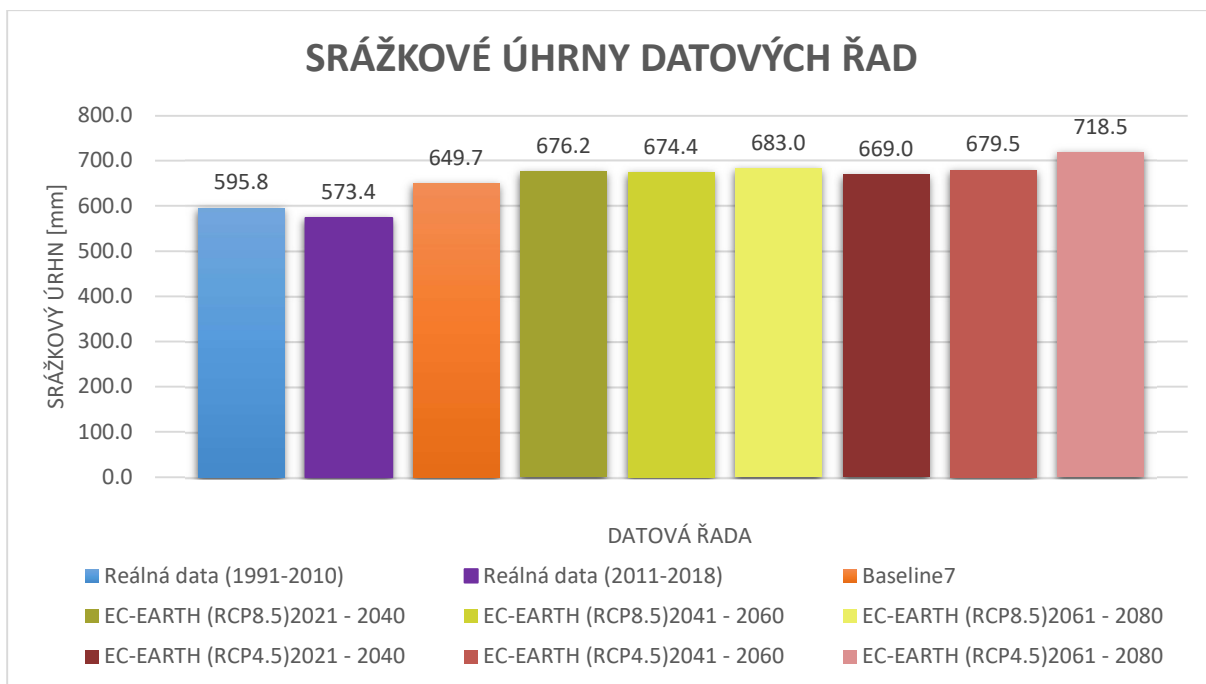
Graf. 16) Vývoj počtu tropických dní ve srovnání všech datových řad, metoda jedné stanice



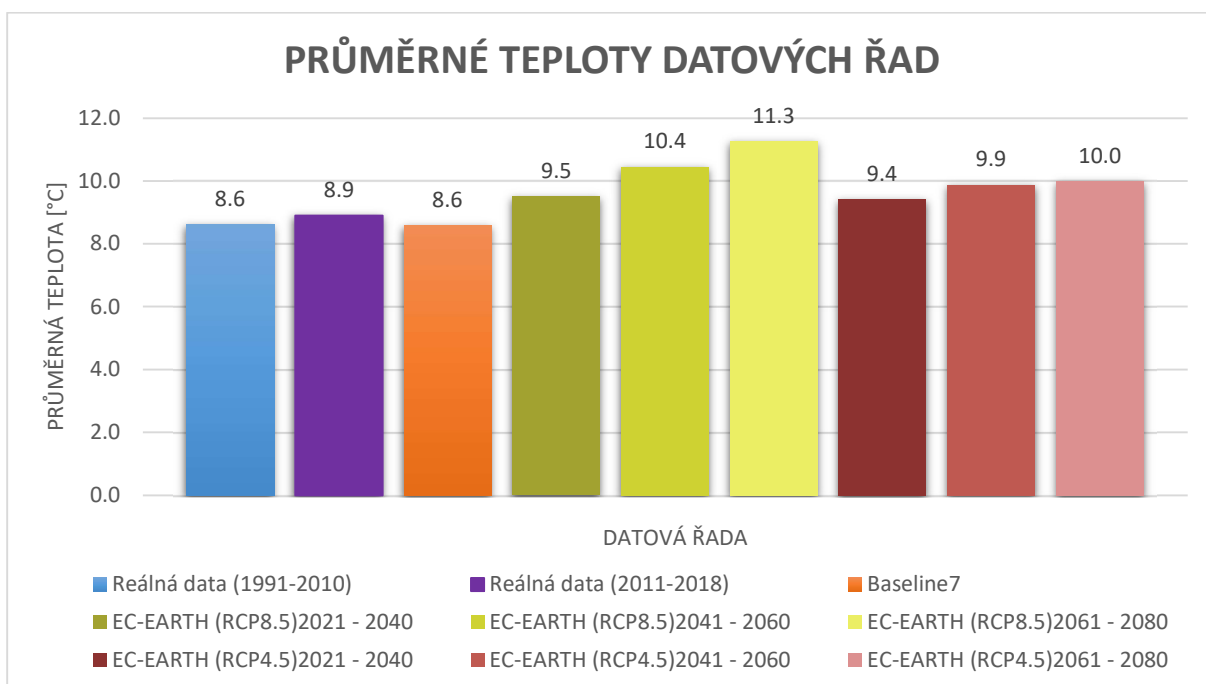
Graf. 17) Vývoj mrazových dní ve srovnání všech datových řad, metoda jedné stanice

5.6.2. Sedm stanic

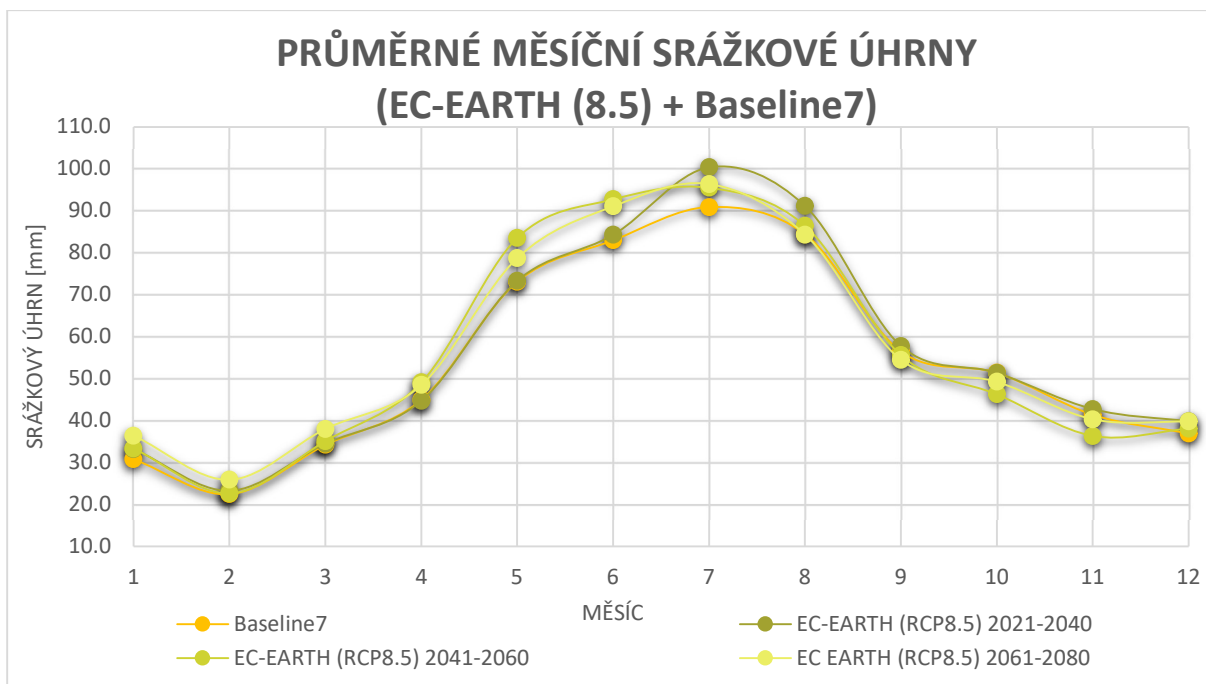
Série grafů obsažená v této kapitole obsahuje řadu výsledků získaných z metody sedmi stanic. Metoda sedmi stanic je popsána v kapitole 5.3.2. Grafy obsahují výsledky charakterizující celé období datové řady, kde se jedné především o průměrnou teplotu (Graf. 19) a průměrný srážkový úhrn (Graf. 18). Jsou zde také graficky znázorněny průměrné teploty (Graf. 21 a 23) a průměrné srážkové úhrny (Graf. 20 a 22) jednotlivých měsíců z celého období datové řady. Pro snadnější popis změny a vývoje klimatu slouží především klimadiagramy (Graf. 24 – 32) obsažené pro jednotlivé datové řady. Popis tvorby klimadiagramu je popsán v kapitole 4.3. Poslední ze série grafů obsahují vývoj jednotlivých typů dnů (Graf. 33 – 34). Jednotlivé typy dní jsou popsány v kapitolách 4.4.1 – 4.4.3. Pro lepší přehlednost byl pro metodu sedmi stanic upraven název umělé časové řady Baseline na Baseline7.



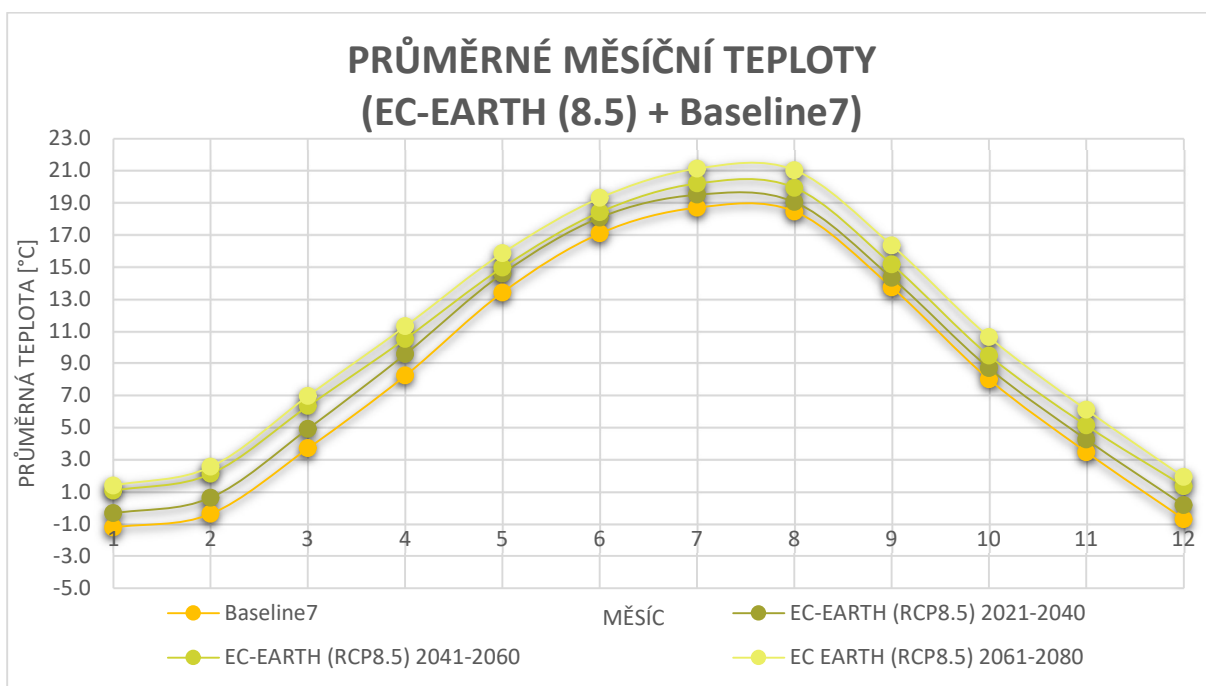
Graf. 18) Srovnání průměrných srážkových úhrnů z celé délky datových řad, metoda sedmi stanic



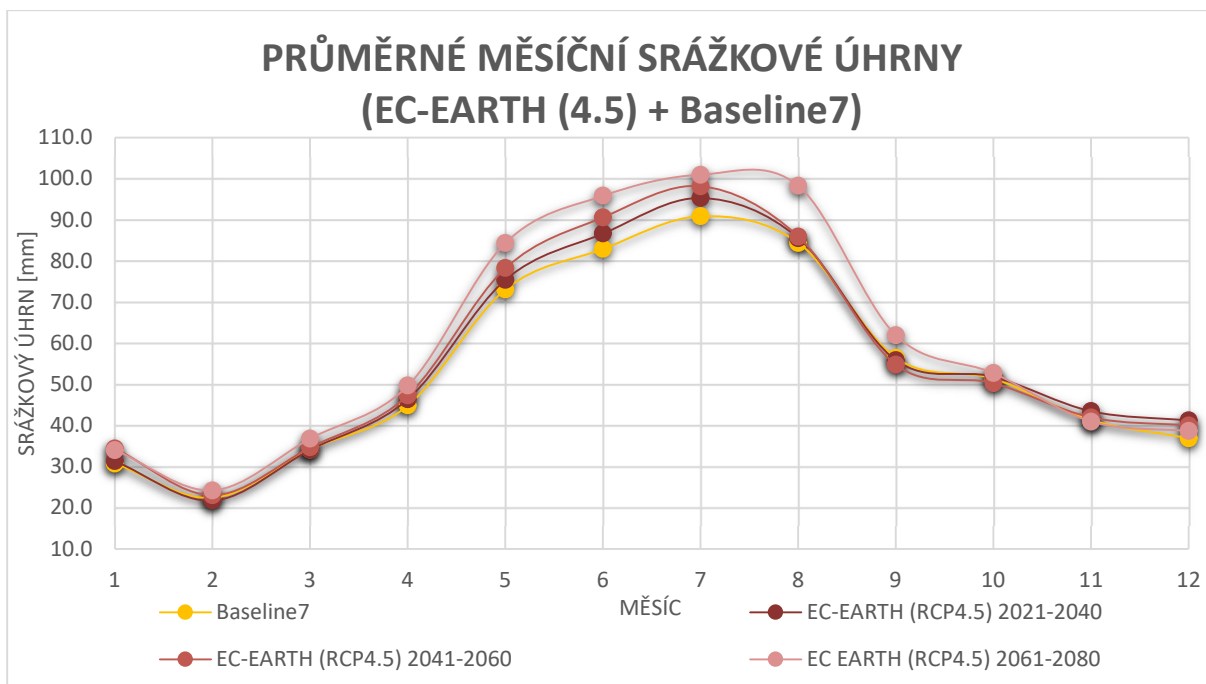
Graf. 19) Srovnání průměrných teplot z celé délky datových řad, metoda sedmi stanic



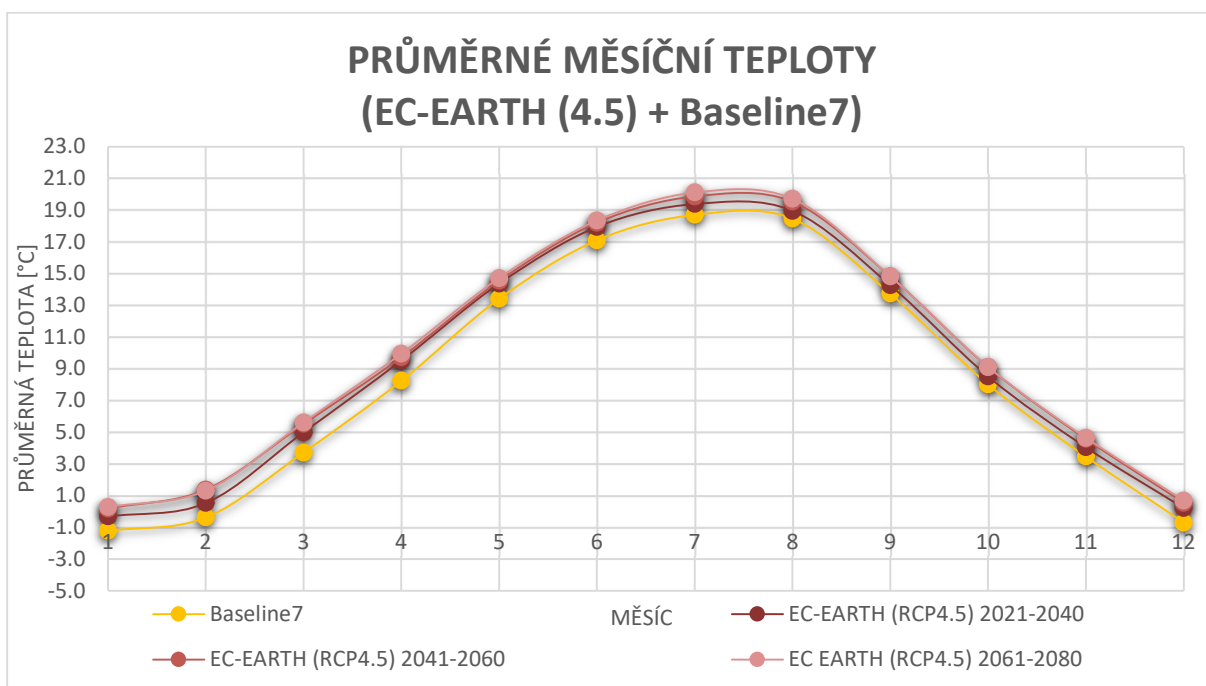
Graf. 20) Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline7 a RCP8.5, metoda sedmi stanic



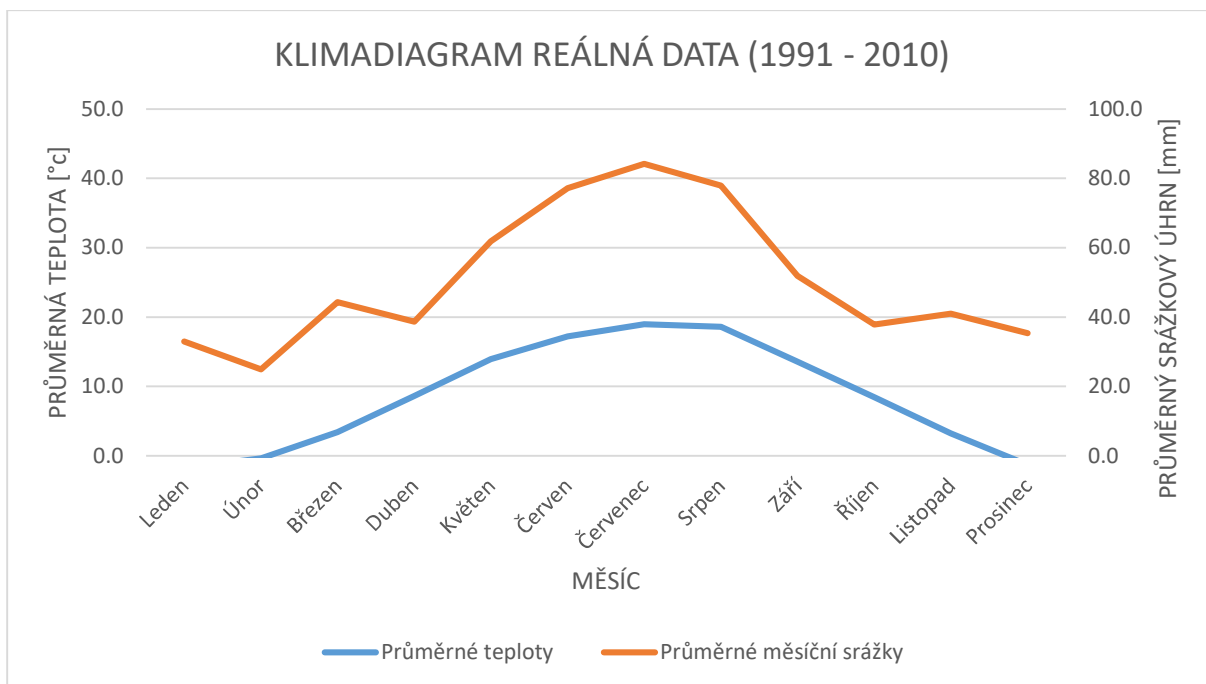
Graf. 21) Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline7 a RCP8.5, metoda sedmi stanic



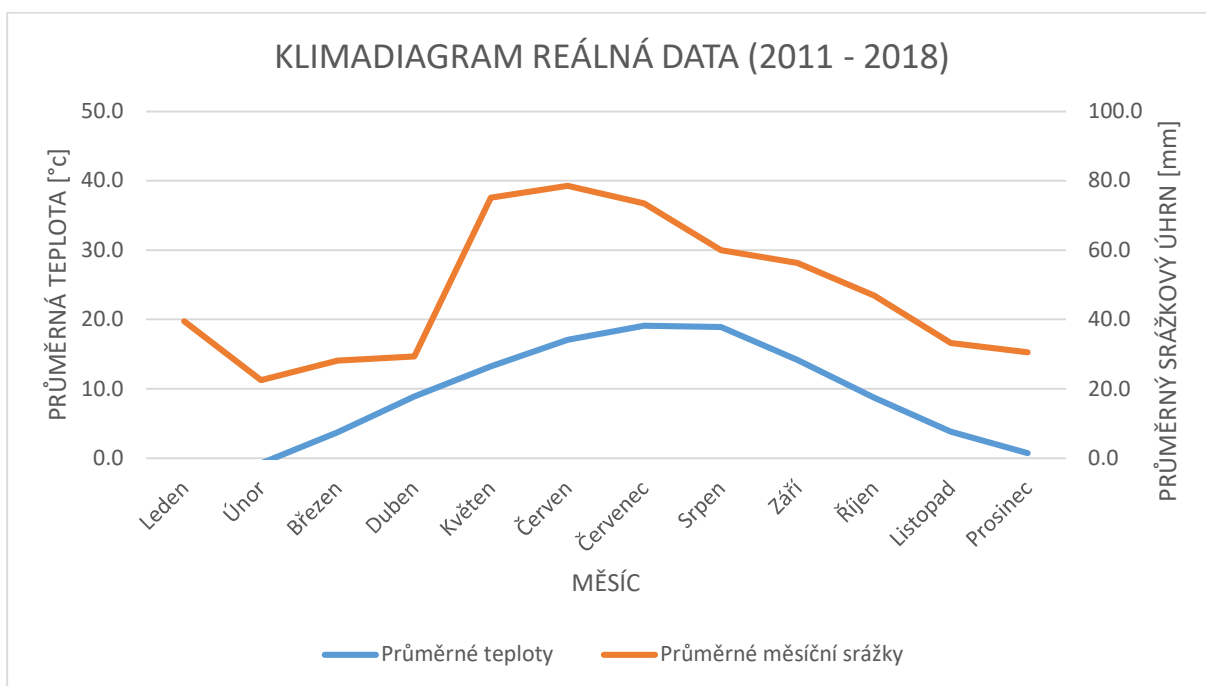
Graf. 22) Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline7 a RCP4.5, metoda sedmi stanic



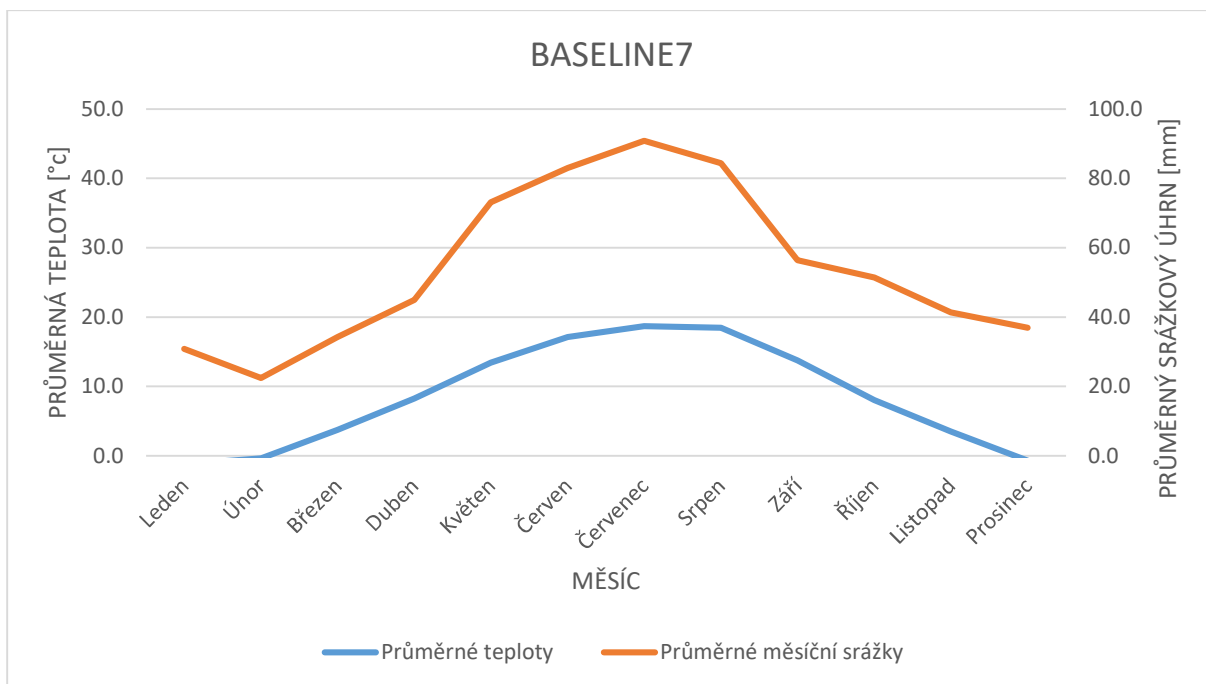
Graf. 23) Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline7 a RCP4.5, metoda sedmi stanic



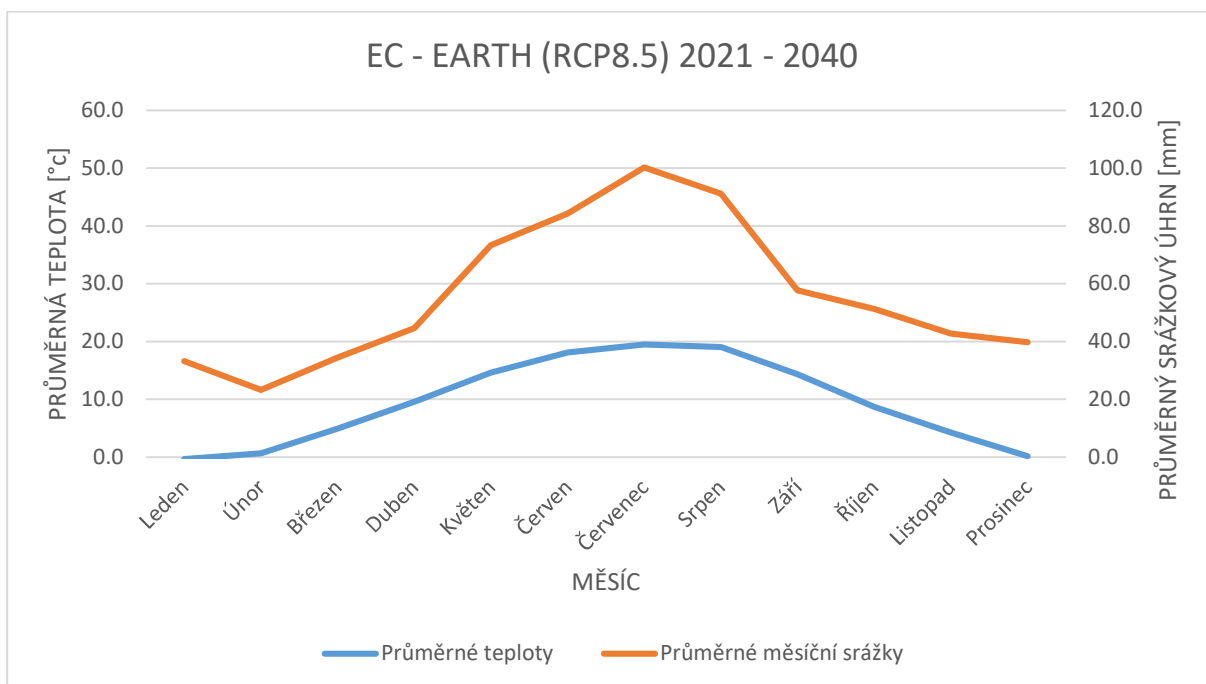
Graf. 24) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 1991 – 2010, metoda sedmi stanic



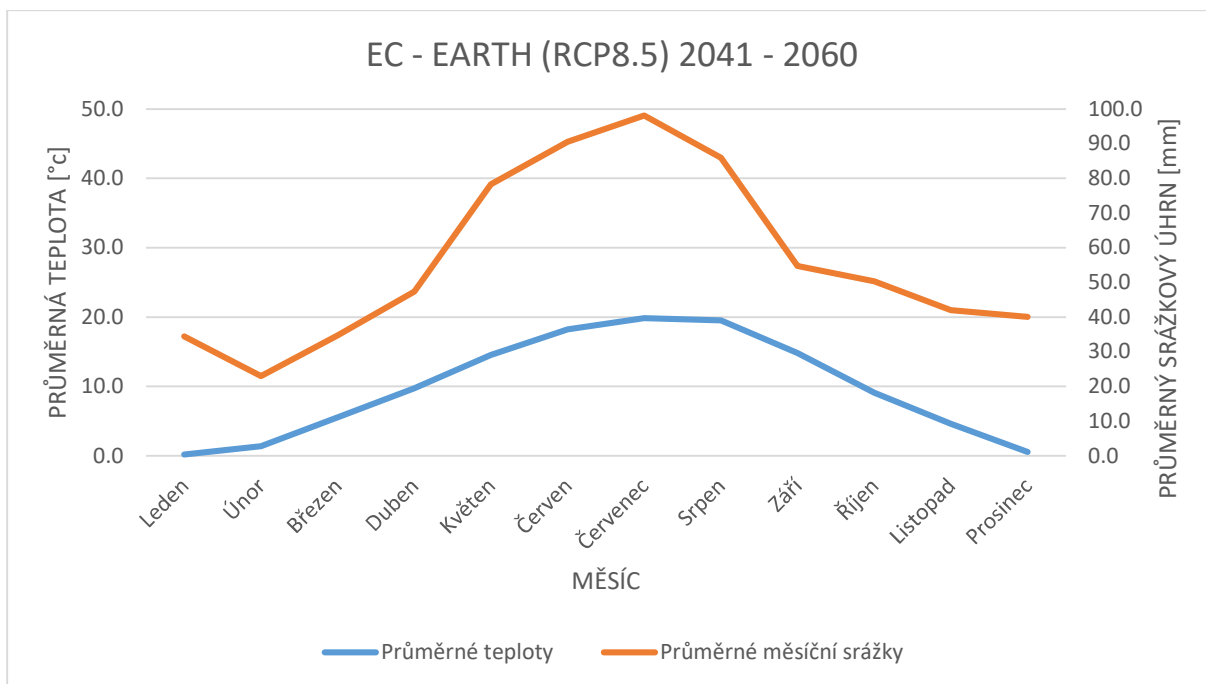
Graf. 25) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 2011 – 2018, metoda sedmi stanic



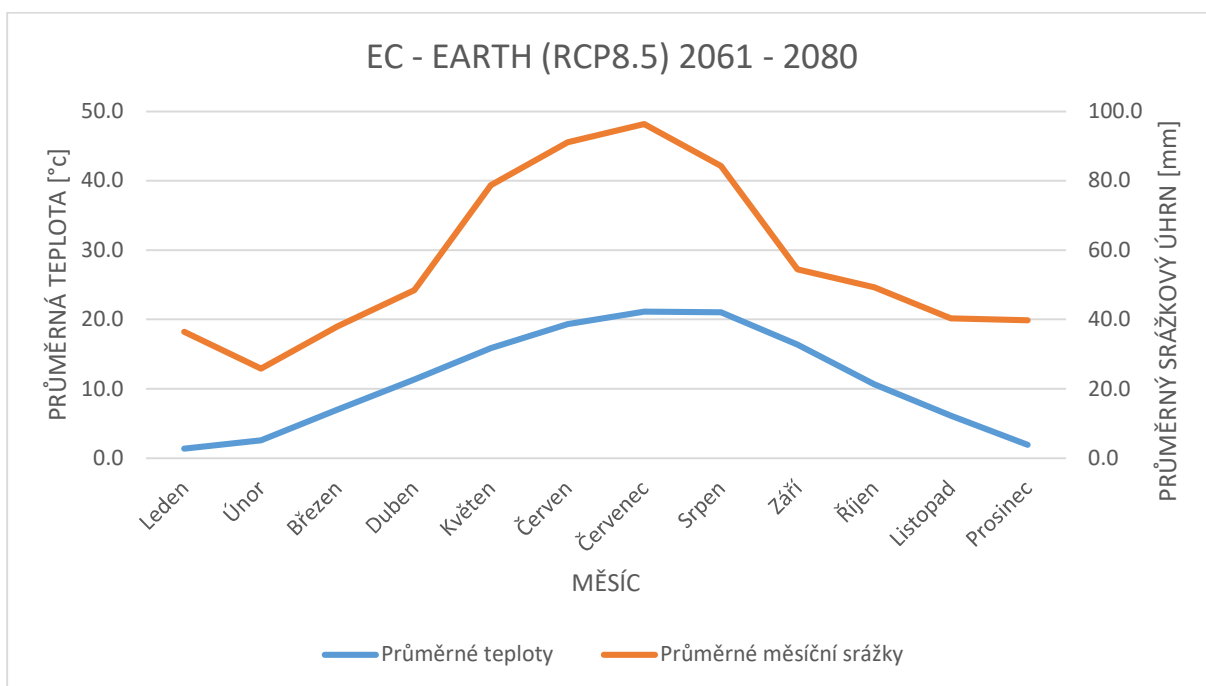
Graf. 26) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti z časové řady Baseline7, metoda sedmi stanic



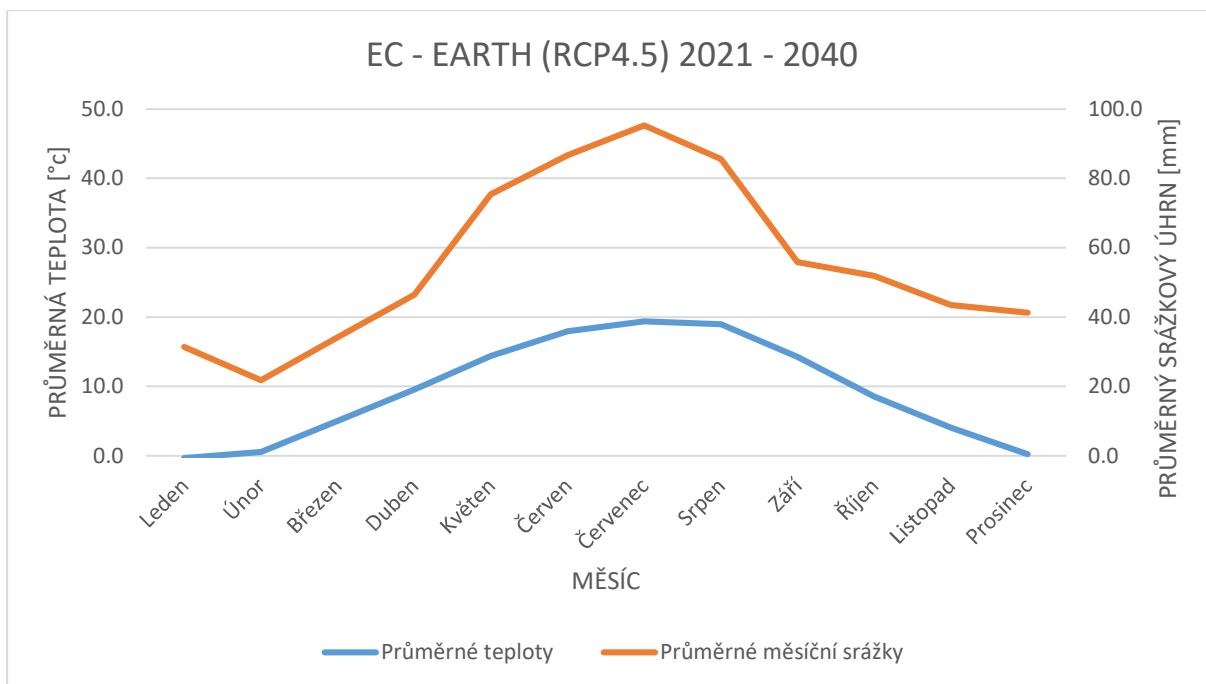
Graf. 27) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2021 – 2040, metoda sedmi stanic



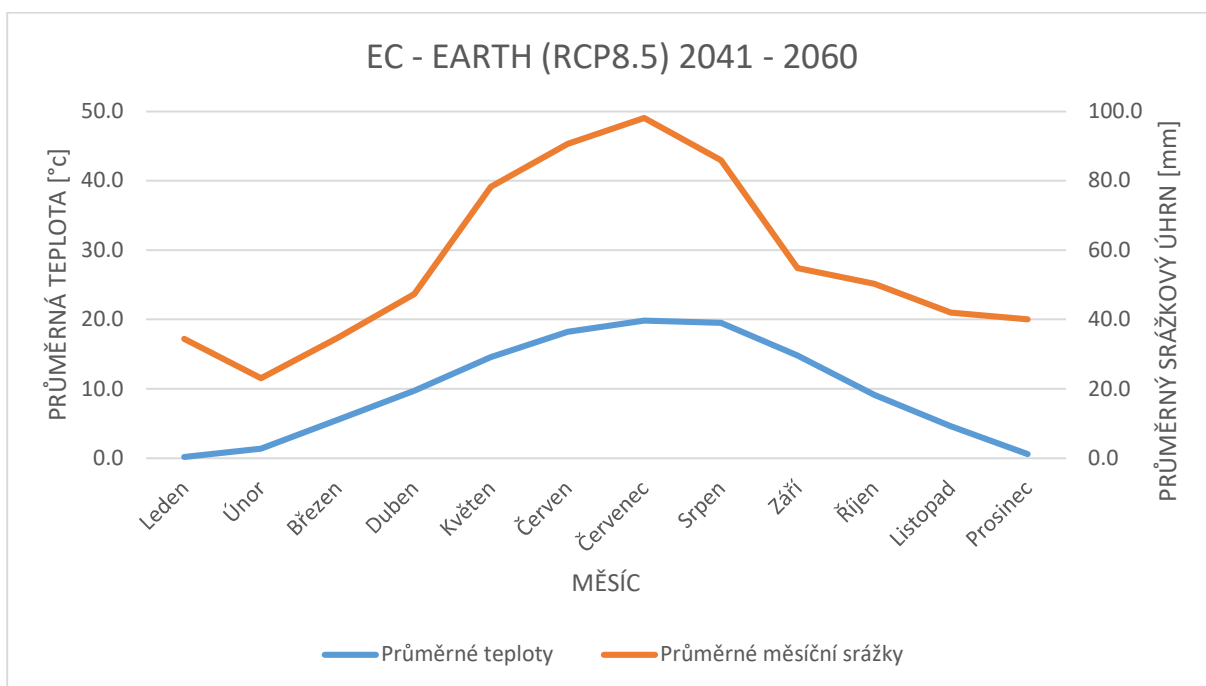
Graf. 28) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2041 – 2060, metoda sedmi stanic



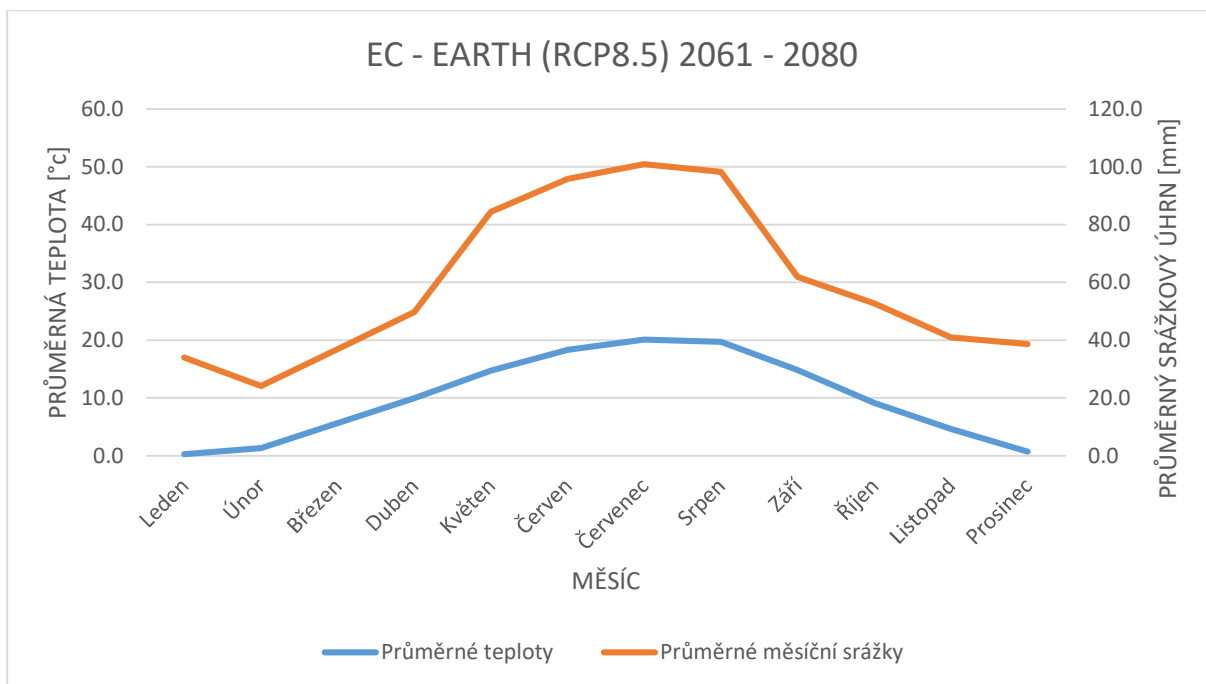
Graf. 29) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2061 – 2080, metoda sedmi stanic



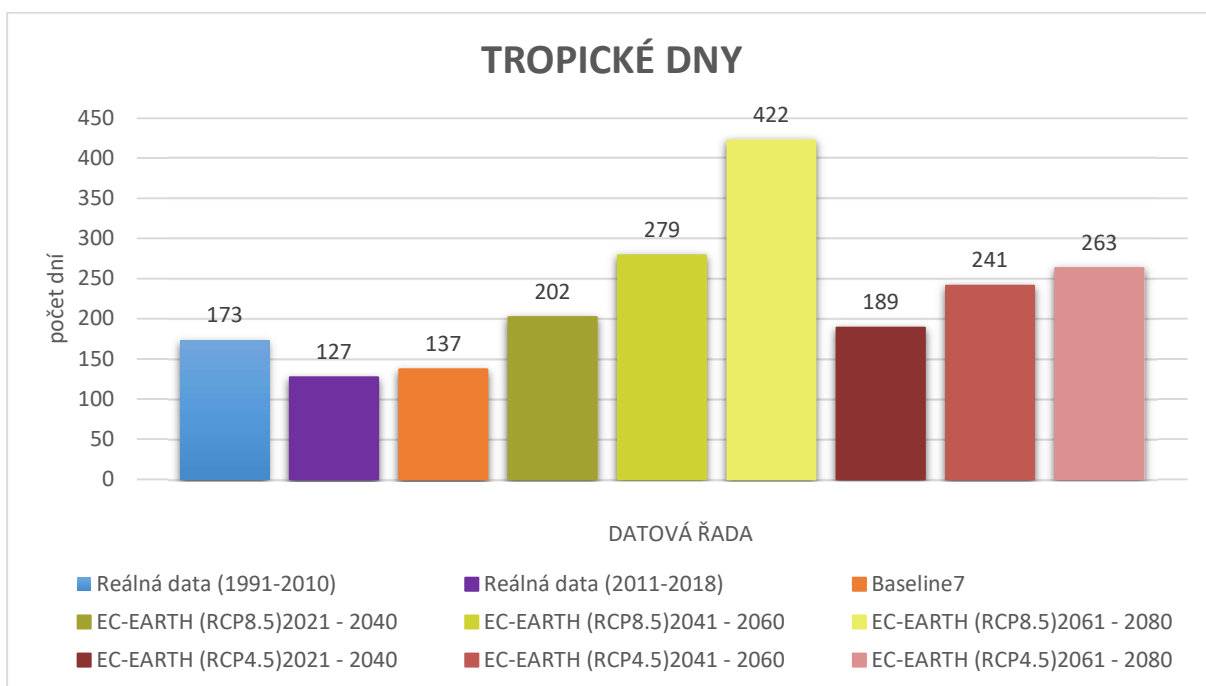
Graf. 30) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2021 – 2040, metoda sedmi stanic



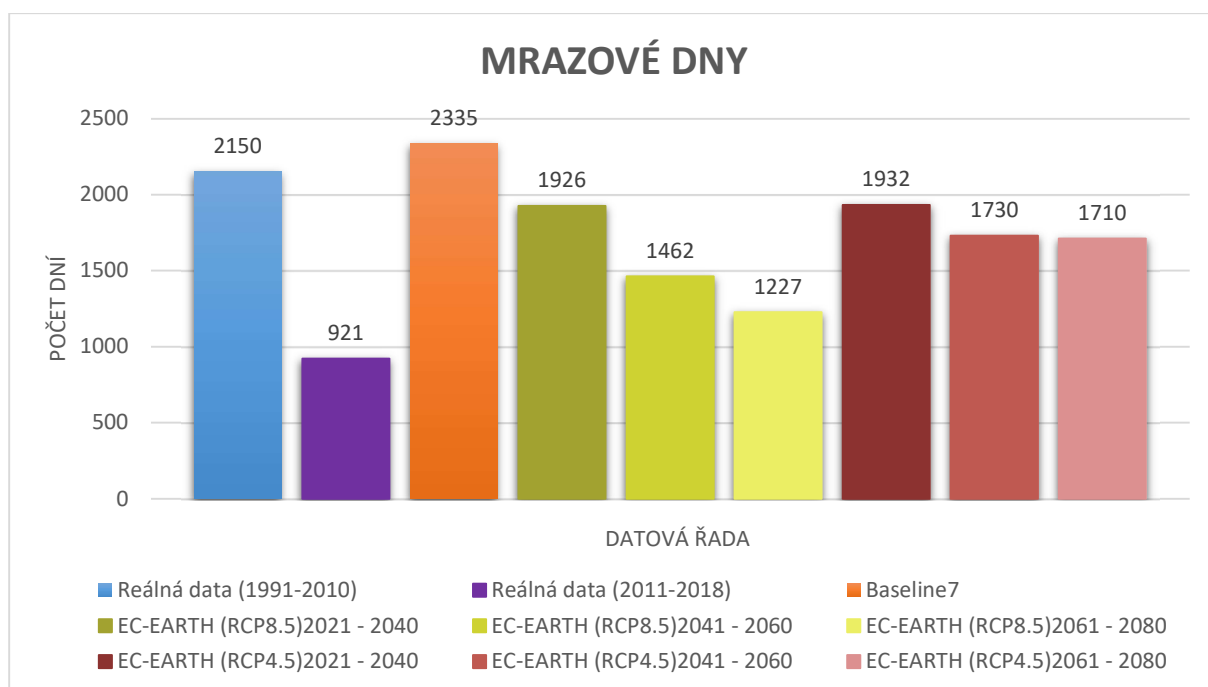
Graf. 31) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2041 – 2060, metoda sedmi stanic



Graf. 32) Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2061 – 2080, metoda sedmi stanic



Graf. 33) Vývoj počtu tropických dní ve srovnání všech datových řad, metoda sedmi stanic



Graf. 34) Vývoj mrazových dní ve srovnání všech datových řad, metoda sedmi stanic

5.7. Shrnutí výsledků

Dle výsledků uvedených v metodě jedné stanice, pro průměrný srážkový úhrn (Graf. 1) a průměrné teploty (Graf. 2), je zřejmý budoucí růst teplot i srážek oproti současnému stavu. Z porovnání reálných dat jasně vyplývá, že období 1991 – 2010 bylo bohatší na srážky nežli období 2011 – 2018, kde je viditelný pokles srážek z 617,3 mm na 573,4 mm tj. pokles o 7,65 %. V případě průměrných teplot je naopak období 2011-2018 o 0,2 °C teplejší nežli období 1991-2010 tj. nárůst o 3,49 %. V případě Baseline je vidět mírná odchylka hodnot nežli u reálných dat. Průměrný srážkový úhrn je u Baseline 628,5 mm, ale naopak hodnota průměrné teploty je totožná s obdobím reálných dat 1991-2010. V porovnání pouze EC-EARTH (RCP8.5) (dále P8.5) v obdobích 2021 – 2040, 2041 – 2060 a 2061 – 2080 je vidět u průměrného srážkového úhrnu stagnující tendence mezi hodnotami 654,2 - 664,0 mm/rok, ale u průměrných teplot je naopak růst z 9,5 °C na 11,3 °C, tj. nárůst o 18,95 %. U datových řad EC-EARTH (RCP4.5) (dále P4.5) v obdobích 2021 – 2040, 2041 – 2060 a 2061 – 2080 je situace příznivější než v případě P8.5. Zde je vidět růstový trend průměrných úhrnů srážek z 648,3 mm na 695,6 mm, tj. nárůst o 7,30 % a také růst průměrných teplot z 9,5 °C na 10 °C, tj. nárůst o 5,30 %.

Průměrné měsíční srážkové úhrny (Graf. 3 a 5) v porovnání Baseline a P8.5 a P4.5 udávají, že budoucí srážkový úhrn v měsících zaří – duben bude srovnatelný s dosavadním množstvím

srážek. V měsících květen – srpen dochází k výraznějšímu nárůstu srážek u P8.5 a P4.5 oproti Baseline. U průměrných měsíčních teplot (Graf. 4 a 6) je zřetelné budoucí oteplení všech měsíců. Při porovnání Baseline a P8.5 lze vidět oteplení všech měsíců o 2,2 – 3,3 °C. U P4.5 dochází také k oteplení všech měsíců jako v případě P8.5, ale pouze o 1,1 – 1,9 °C.

Klimadiagramy reálných dat (Graf. 7 a 8) poukazují na úbytek srážek v období 2011 – 2018, než v případě období 1991 – 2010, a to především v letních měsících. Klimadiagram Baseline (Graf. 9) je při srovnání s reálnými daty blíže k období 2011 – 2018. Vývoj klimadiagramů P8.5 (Graf. 10 – 12) poukazují na úbytek srážkového úhrnu od dubna do října, ale i na malý nárůst srážek v měsících listopad – únor. U vývoje klimadiagramů P4.5 (Graf. 13 – 15) je naopak zřetelný postupný růst srážek v měsících leden – říjen, ale v měsících listopad – prosinec je vidět malý pokles srážek.

Grafy znázorňující vývoj jednotlivých typů dnů (Graf. 16 – 17) poukazují na změny spojené se zvyšující se teplotou. Kde tropických dní bude v budoucnu přibývat a mrazových dní bude naopak ubývat. Arktický den na jižní Moravě vymizí úplně a nebude se v budoucnu vyskytovat. U tropických dní je zřetelný nárůst jak u P8.5, tak u P4.5. Ve srovnání s Baseline a P8.5 je z 114 dní vidět postupný nárůst až na 383 tropických dní za 20 let. U P4.5 je vidět nárůst pouze na 246 tropických dní za 20 let. U reálných dat v období 2011 – 2018 je vidět, i přes kratší délku období, rychlejší nárůst tropických dní, než se vyskytovalo v období 1991 – 2010. Ve srovnání mrazových dní u Baseline a P8.5 a P4.5 je vidět pokles z 2291 dní za 20 let na 1165 dní u P8,5 a na 1650 dní u P4.5. Při srovnání reálných dat lze zjistit, že i přes vzrůstající počet tropických dní roste v období 2011 – 2018 také počet mrazových dní. U období 1991 – 2010 byl výskyt 107 mrazových dní za rok, ale u období 2011 – 2018 je výskyt 115 mrazových dní 115 za rok.

Výsledky uvedené v metodě sedmi stanic poukazují, jako v případě metody jedné stanice, na budoucí růst teplot i srážek. Průměrné teploty (Graf. 19) jsou stejné jako v případě metody jedné stanice a tím i jejich vyhodnocení. Při porovnání průměrných srážkových úhrnů (Graf. 18) z reálných dat jasně vyplývá, že období 1991 – 2010 bylo bohatší na srážky nežli období 2011 – 2018, kde je viditelný pokles srážek z 595,8 mm na 573,4 mm tj. pokles o 3,90 %. V případě Baseline⁷ je vidět, jako u metody jedné stanice, mírná odchylka hodnot nežli u reálných dat. Průměrný srážkový úhrn je u Baseline⁷ 649,7 mm. V porovnání pouze P8.5 v obdobích 2021 – 2040, 2041 – 2060 a 2061 – 2080 je vidět u průměrného srážkového úhrnu stagnující tendence mezi hodnotami 674,4 – 683,0 mm/rok. U P4.5 v obdobích 2021 – 2040,

2041 – 2060 a 2061 – 2080 je situace opět příznivější než v případě P8.5. Zde je vidět růstový trend průměrných úhrnů srážek z 669,0 mm na 718.5 mm, tj nárůst o 7,40 %.

Průměrné měsíční srážkové úhrny (Graf. 20 a 22) v porovnání Baseline7 a P8.5 a P4.5 udávají, že budoucí srážkový úhrn v měsících září – duben bude srovnatelný s dosavadním množstvím srážek. V měsících květen – srpen dochází k výraznějšímu nárůstu srážek u P8.5 a P4.5 oproti Baseline7. U průměrných měsíčních teplot (Graf. 21 a 23) je zřetelné budoucí oteplení všech měsíců. Při porovnání Baseline7 a P8.5 lze vidět oteplení všech měsíců o 2,3 – 3,3 °C. U P4.5 dochází také k oteplení všech měsíců jako v případě P8.5, ale pouze o 1,1 – 1,9 °C.

Klimadiagramy reálných dat (Graf. 24 a 25) poukazují na úbytek srážek v období 2011 – 2018, než v případě období 1991 – 2010, a to především v měsících únor, březen, duben, srpen a listopad, ale naopak v měsících květen, září, říjen a leden dochází k vyšším srážkám nežli v období 1991 – 2010. Klimadiagram Baseline7 (Graf. 26) je při srovnání s reálnými daty více vláhově příznivější. Vývoj klimadiagramů P8.5 (Graf. 27 – 29) poukazují na vyšší srážkový úhrn od dubna do září, ale naopak v měsících listopad a prosinec poukazují na úbytek srážek. Zbylé měsíce jsou srovnatelné. U vývoje klimadiagramů P4.5 (Graf. 30 – 32) je zřetelný postupný růst srážek v měsících březen – září, ale v měsících říjen – prosinec je vidět malý pokles srážek. Zbylé měsíce jsou srovnatelné.

Tak jako v případě metody jedné stanice, tak i u metody sedmi stanic, grafy, znázorňující vývoj jednotlivých typů dnů (Graf. 33 – 34), poukazují na stejné změny spojené se zvyšující se teplotou. U tropických dní je zřetelný nárůst jak u P8.5, tak u P4.5. Ve srovnání s Baseline7 a P8.5 je z 137 dní vidět postupný nárůst, až na 422 tropických dní za 20 let. U P4.5 je vidět nárůst pouze na 263 tropických dní za 20 let. Ve srovnání mrazových dní u Baseline7, P8.5 a P4.5 je vidět pokles z 2335 dní za 20 let na 1227 dní u P8,5, a na 1710 dní u P4.5. Srovnání reálných dat je stejné jako u metody jedné stanice.

Při srovnání metody jedné stanice a sedmi stanic lze říct, že jednotlivé výsledky mají mezi sebou pouze menší odchylky. Nejvýraznější odchylkou je srážkový úhrn reálných dat v období 1991 – 2010, kde u metody jedné stanice je výrazně vyšší než u metody sedmi stanic. Tato odchylka je způsobena zprůměrováním více vstupních hodnot u metody sedmi stanic. Další odchylkou je počet tropických a mrazových dní, kde u metody sedmi stanic je počet dní v obou případech vyšší nežli v případě metody jedné stanice.

6. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce pojednávala o využití stochastického generátoru počasí LARS-WG pro simulaci vývoje počasí v zájmovém povodí řeky Dyje.

Teoretická část práce se zabývala zpracováním dat v programu LARS-WG, základní statistikou používanou při vyhodnocování dat, tvorbou klimadiagramů a stanovením jednotlivých typů dnů. Teoretická část práce byla stěžejní, pro pochopení prezentovaných výsledků.

V praktické části je představeno zájmové povodí řeky Dyje a jsou zde charakterizovány jednotlivé srážkoměrné a meteorologické stanice, jejichž naměřená data sloužila jako vstup do programu LARS-WG. Dále zde byla popsána úprava jednotlivých dat do požadované formy vstupu pro metodu jedné a sedmi stanic, samotné generování v programu LARS-WG, prezentace výsledků a následné shrnutí výsledků.

Při porovnání výsledků reálně naměřených dat lze říct, že za posledních deset let se změna klimatu podstatně zrychlila a je citelnější než v minulosti. Výsledky syntetických časových řad P8.5 a P4.5 poskytly více než jasný obraz o možném budoucím vývoji klimatu v povodí řeky Dyje a na Jižní Moravě. Z provedených klimadiagramů vyplývá, že i přes vzrůstající teplotu jsou a budou následující roky stále vláhově vyrovnané. Z dosažených výsledků lze říct, že v dalších letech bude docházet k nárůstu teploty, a také k častějšímu výskytu krátkodobých intenzivních srážek. Budoucí nárůst průměrné teploty, až o 3,3 °C, je více než alarmující fakt, který bude mít za následek, i přes zvýšený výskyt srážek, vyšší výpar z plochy povodí a prohlubování přetrvávajícího sucha.

Zvyšující se teplota může mít za následek budoucí změnu charakteristického mírného podnebného pásu, pro střední Evropu, na pás teplý středomořský až subtropický a s tím související častější extrémními výkyvy počasí. V závislosti na dosažených výsledcích o vzrůstajícím počtu tropických dní, snižujícím se počtem mrazových dní a vymizením arktických dní lze říct, že charakteristické střídání čtyř ročních období na jižní Moravě vymizí, a budou zde pouze roční období tři. Na základě prezentovaných výsledků je možné říct, že cíl bakalářské práce byl splněn.

7. SEZNAM CITACÍ

- [1] *World meteorological organization: State of the Climate in 2018 shows accelerating climate change impacts* [online]. Amerika: World meteorological organization, 2019 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2018-shows-accelerating-climate-change-impacts>
- [2] *IDnes* [online]. Praha: MAFRA, 1999 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zpravy/zahranicni/pocasi-vysoke-teploty-teplotni-rekord-pariz-francie.A190725_143440_zahranicni_knn
- [3] Infomet [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2009 [cit. 2020-05-021]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1579096137>
- [4] *VTM* [online]. Praha: CZECH NEWS CENTER, 2009 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/v-atmosfere-je-rekordni-mnozstvi-oxidu-uhliciteho-nove-zmerena-hodnota-muze-byt-nejvyssi-za-800-tisic-let/sc-870-a-198429/default.aspx>
- [5] *Climate NASA* [online]. Amerika: Nasa, 2020 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>
- [6] VISKOT, Marek. *Povodí Moravy: Konference vodní nádrže* [online]. Brno: Marek Viskot, 2019, Marek Viskot [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <http://vodninadrze.pmo.cz/cz/stranka/vodni-nadrze-2019/>
- [7] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu
- [8] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2015 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie
- [9] *Klimatická změna* [online]. Brno: CzechAdapt, 2016 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/>
- [10] *Intersucho* [online]. Brno: Intersucho, 2012 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz/cz/?from=2020-05-05&to=2020-06-02&t=2020-05-31>
- [11] SEMENOV, Mikhail A. a Elaine M. BARROW. LARS-WG A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies: Developed by Mikhail A. Semenov -

- Version 3.0 - User Manual [online]. Rothamsted Research, 2002 [cit. 2020-05-21].
Dostupné z: <http://www.rothamsted.ac.uk/sites/default/files/groups/mas-models/download/LARS-WG-Manual.pdf>
- [12] BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1. [cit. 2020-05-21]
- [13] EC-Earth [online]. Europe: EC-Earth, 2020 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <http://www.ec-earth.org/>
- [14] Wikipedia [online]. San Francisco: Wikimedia, 2001 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Aritmetick%C3%BD_pr%C5%AFm%C4%9Br
- [15] Kateřina Knoppová *Stochastické generování srážek pomocí vybraných generátorů počasí*. Brno, 2016. 52 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Daniel Marton, Ph.D.
- [16] Miloš, Nosek. *Metody v klimatologii*. Praha : Academia, 1972.
- [17] *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. Brno: Mgr. Jitka Daňková, 2012 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pics/obr05-01d.png
- [18] Peštová, Zuzana. Meteopress. www.meteopress.cz. [Online] 2019
<https://www.meteopress.cz/vysvetleni/letni-tropicky-mrazovy-den-co-to-znamenat/>.
- [19] Plán oblasti povodí Dyje [online]. Brno: Povodí Moravy, 2009 [cit. 2020-05-21].
Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/0-uvod/0-uvod.html>
- [20] *EHYD* [online]. Vídeň: eHYD, 2002 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://ehyd.gv.at/>
- [21] *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik* [online]. Vídeň: ZMAG, 2002 [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/aktuell>

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1)	Řídicí soubor obsahující původ dat meteorologické stanice Weikertschlag an der Thaya, odkazující na soubor se vstupními daty WE.dat	14
Obr. 2)	Okno pro nastavení odkazové cesty, vyvolané tlačítkem Options	14
Obr. 3)	Okno Site Analysis vyvolané pomocí tlačítka Analysis	15
Obr. 4)	Okno Site Scenario sloužící k nastavení parametrů predikce	15
Obr. 5)	Klimadiagram dle H. Walter a H. Lieth [7]	20
Obr. 6)	Oblast povodí Dyje [9].....	24
Obr. 7)	Zájmové povodí Dyje nad vodním dílem Vranov	25
Obr. 8)	Vložená vstupní data v poznámkovém bloku	28

9. SEZNAM TABULEK

Tab. 1)	Dostupné možnosti volby nastavení jednotlivých klimatických scénářů dostupných v LARS-WG.....	16
Tab. 2)	Vygenerované scénáře a jejich počáteční nastavení	29
Tab. 3)	Sjednocené výsledky získané z celé délky datových řad.....	30
Tab. 4)	Seřazená data pro konkrétní měsíc v konkrétním roce pomocí základní statistiky	31
Tab. 5)	Průměrné měsíční hodnoty za konkrétní časové období.....	32

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf. 1)	Srovnání průměrných srážkových úhrnů z celé délky datových řad, metoda jedné stanice	33
Graf. 2)	Srovnání průměrných teplot z celé délky datových řad, metoda jedné stanice	33
Graf. 3)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline a RCP8.5, metoda jedné stanice	34
Graf. 4)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline a RCP8.5, metoda jedné stanice	34
Graf. 5)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline a RCP4.5, metoda jedné stanice	35
Graf. 6)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline a RCP4.5, metoda jedné stanice	35
Graf. 7)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 1991 – 2010, metoda jedné stanice	36
Graf. 8)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 2011 – 2018, metoda jedné stanice	36
Graf. 9)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti z časové řady Baseline, metoda jedné stanice	37
Graf. 10)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2021 – 2040, metoda jedné stanice	37
Graf. 11)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2041 – 2060, metoda jedné stanice	38
Graf. 12)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2061 – 2080, metoda jedné stanice	38
Graf. 13)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2021 – 2040, metoda jedné stanice	39
Graf. 14)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2041 – 2060, metoda jedné stanice	39
Graf. 15)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2061 – 2080, metoda jedné stanice	40
Graf. 16)	Vývoj počtu tropických dní ve srovnání všech datových řad, metoda jedné stanice	40
Graf. 17)	Vývoj mrazových dní ve srovnání všech datových řad, metoda jedné stanice ..	41
Graf. 18)	Srovnání průměrných srážkových úhrnů z celé délky datových řad, metoda sedmi stanic	42
Graf. 19)	Srovnání průměrných teplot z celé délky datových řad, metoda sedmi stanic ..	42
Graf. 20)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline7 a RCP8.5, metoda sedmi stanic	43
Graf. 21)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline7 a RCP8.5, metoda sedmi stanic	43
Graf. 22)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních srážkových úhrnů Baseline7 a RCP4.5, metoda sedmi stanic	44
Graf. 23)	Srovnání vývoje průměrných měsíčních teplot Baseline7 a RCP4.5, metoda sedmi stanic	44
Graf. 24)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 1991 – 2010, metoda sedmi stanic	45
Graf. 25)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti reálných dat z období 2011 – 2018, metoda sedmi stanic	45

Graf. 26)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti z časové řady Baseline7, metoda sedmi stanic.....	46
Graf. 27)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2021 – 2040, metoda sedmi stanic	46
Graf. 28)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2041 – 2060, metoda sedmi stanic	47
Graf. 29)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP8.5) 2061 – 2080, metoda sedmi stanic	47
Graf. 30)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2021 – 2040, metoda sedmi stanic	48
Graf. 31)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2041 – 2060, metoda sedmi stanic	48
Graf. 32)	Klimadiagram vláhové vyrovnanosti řady EC-EARTH (RCP4.5) 2061 – 2080, metoda sedmi stanic	49
Graf. 33)	Vývoj počtu tropických dní ve srovnání všech datových řad, metoda sedmi stanic	49
Graf. 34)	Vývoj mrazových dní ve srovnání všech datových řad, metoda sedmi stanic...	50