

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

Bc. ZDENĚK KOUREK

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav agrosystémů a bioklimatologie



Posouzení trendů
aktivních a efektivních teplot v období 1961-2010

Diplomová práce

Vedoucí práce:
prof. Ing. Zdeněk Žalud Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Zdeněk Kourek

Brno 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Zdeněk Kourek
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Zemědělské inženýrství

Vedoucí práce: prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.

Název práce: **Posouzení trendů aktivních a efektivních teplot v období 1961-2010**
Jazyková varianta: Čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracovat dlouhodobé řady teploty vzduchu pro vybrané stanice a určit počty dnů s aktivními teplotami
2. Zpracovat dlouhodobé řady teploty vzduchu pro vybrané stanice a určit sumy efektivních teplot pro vybrané stanice
3. Vyhodnotit trendy aktivních a efektivních teplot za hodnocené období
4. Porovnat získané výsledky s proxy daty z oboru fenologie rostlin
5. Porovnat získané výsledky s proxy daty z oboru fenologie živočichů

Rozsah práce: 50-60 stran

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Posouzení trendů aktivních a efektivních teplot v období 1961-2010 vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu prof. Ing. Zdeňku Žaludovi, Ph.D. za jeho cenné rady a časté konzultace, kterými mi se zpracováním diplomové práce velmi pomohl.

ABSTRAKT

Práce analyzuje meteorologický prvek teplota vzduchu na třech klimatologických stanicích. Cílem bylo posoudit změny v hodnotách teplotních sum, a to sum aktivních teplot (sumy teplot nad stanovenou teplotní hodnotu) a sumy efektivních teplot (sumy teplot nad stanovenou teplotní hodnotu mínus daný stanovenou teplotní hodnotu) za období 1961 - 2010. Současně byla analyzována doba velkého (počet dnů kdy průměrná denní teplota je trvale nad 5 °C), hlavního (počet dnů kdy průměrná denní teplota je trvale nad 10 °C vegetačního období) a vegetačního léta (počet dnů kdy průměrná denní teplota je trvale nad 15 °C). Tyto výsledky porovnány s proxy daty z oboru fenologie rostlin a živočichů. Ze zástupců vyšších rostlin byl vybrán dub letní (*Quercus robur*) a z ptačích druhů sýkora koňadra (*Parus major*) a to v lokalitě Lednice. Na základě výpočtu sum aktivních a efektivních teplot, lze konstatovat, že se jejich hodnoty ve sledované časové řadě zvyšují, stejně jako počet dnů vegetačních období. Výsledky vykazují regionální rozdíly.

Klíčová slova: teplotní suma, vegetační období, variabilita klimatu, změna klimatu, fenofáze

ABSTRACT

The work analyzes the meteorological element air temperature at three climatological stations. The aim was to assess changes in the values of temperature sum, and the sum of active temperatures (sum of temperatures over specified threshold) and the sum of effective temperatures (sum of temperatures over specified threshold - defined threshold) for the period 1961 - 2010. At the same time large vegetation season (number of days when the average daily temperature is consistently above 5 ° C), the main (number of days when the average daily temperature is consistently above 10 ° C the growing season) and the growing years (number of days when the average daily temperature is consistently above 15 ° C) was analyzed. These results were then compared with the proxy data from the field of plant and animal phenology. Pedunculate oak or English oak (*Quercus robur*) was chosen as a representative for the higher plants and the Great tit (*Parus major*) was chosen for the representatives of the bird species in the Lednice area. On the basis of calculating the sum of active and

effective sum, we can say that their values increase with time, as far as the number of days in the growing seasons. The results are regionally different.

Keywords: temperature sum, vegetation season, climate variability, climate change, phenophase

Obsah

1 ÚVOD.....	10
2 CÍL PRÁCE	11
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1 Teplota	12
3.1.1 Teplota skutečná, aktuální	13
3.1.2 Teplota průměrná	14
3.1.3 Minimální a maximální teploty	14
3.2 Teplotní sumy.....	15
3.2.1 Efektivní teplota	15
3.2.2 Aktivní teplota.....	15
3.3 Vymezení vegetačních období	16
3.3.1 Velké vegetační období (VVO5)	16
3.3.2 Hlavní vegetační období (HVO10)	17
3.3.3 Vegetační léto (VL15)	17
3.4 Suma teplot a termín sklizně kukuřice.....	18
3.5 Meteorologické stanice.....	19
3.5.1 Synoptické meteorologické stanice	19
3.5.2 Klimatologické stanice.....	20
3.6 Podnebí České Republiky	22
3.6.1 Změna klimatu.....	23
3.6.2 Změna klimatu v důsledku lidské činnosti	24
3.7 Fenologická pozorování	26
3.7.1 Dub letní.....	28
3.7.2 Sýkora koňadra.....	29
4 MATERIÁL A METODIKA.....	31
5 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	33
5.1 Velké Meziříčí.....	33
5.1.1 Průměrná roční teplota	33
5.1.2 Velké vegetační období (teplota nad 5 °C).....	34
5.1.3 Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)	35
5.1.4 Vegetační léto (teplota nad 15 °C)	36
5.1.5 Délka trvání vegetačních období.....	37

5.1.6	Sumy efektivních teplot	38
5.1.7	Sumy aktivních teplot.....	39
5.2	Bystřice nad Pernštejnem	40
5.2.1	Průměrná roční teplota	41
5.2.2	Velké vegetační období (teplota nad 5 °C).....	41
5.2.3	Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)	42
5.2.4	Vegetační léto (teplota nad 15 °C)	43
5.2.5	Délka trvání vegetačních období.....	44
5.2.6	Sumy aktivních teplot.....	45
5.3	Velké Pavlovice.....	46
5.3.1	Průměrná roční teplota	46
5.3.2	Velké vegetační období (teplota nad 5 °C).....	47
5.3.3	Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)	48
5.3.4	Vegetační léto (teplota nad 15 °C)	49
5.3.5	Délka trvání vegetačních období.....	50
5.3.6	Sumy efektivních teplot	51
5.3.7	Sumy aktivních teplot.....	52
5.4	Lednice	53
5.4.1	Průměrná roční teplota	54
5.4.2	Velké vegetační období (teplota nad 5 °C).....	54
5.4.3	Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)	55
5.4.4	Vegetační léto (teplota nad 15 °C)	57
5.4.5	Délka trvání vegetačních období.....	59
5.4.6	Sumy efektivních teplot	60
5.4.6	Sumy aktivních teplot.....	61
6	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65

1 ÚVOD

Jedním z prokazatelných projevů změny klimatu je dlouhodobý trend změny teploty vzduchu. Její postupné zvyšování, které jen za období 1881 - 2006 činí na území České republiky jeden stupeň celsia (Brázdil a Trnka 2015) má řadu dopadů nejen na krajinu a lesy, ale i na agrosystémy a v jejich rámci na pěstování polních plodin. Samotný nárůst teploty a teorie změny klimatu je s vysokou pravděpodobností spojená s nárůstem radiačně aktivních (skleníkových) plynů, které mají schopnost absorbovat dlouhovlnné záření zemského povrchu, zatímco příjem energie přicházející formou slunečního krátkovlnného záření se nemění. Toto porušení radiační bilance má pro rostliny zásadní důsledky, které jsou spojeny s fenologickými posuny, formování výnosotvorných prvků, skladbu plodin a výběr odrůd, změny ve vzorci chování chorob a škůdců a řadu dalších dopadů přímo spojených s ovlivněním agroklimatických podmínek. Měřitelným a přitom praktickým způsobem jak daný fenomén změny klimatu monitorovat je sledování délky vegetačního období a současně teplotních sum. Na rozdíl od často obecně vedených studií je cílem této diplomové práce zpracovat dlouhodobou meteorologickou databázi pro čtyři stanice reprezentující své mikroregiony za účelem získat konkrétní a matematicky, případně statisticky zpracované závěry týkající se teploty vzduchu. Vegetační období byly pojaty ve smyslu teplotních omezení pro velké (průměrná denní teplota vyšší než 5 °C), hlavní (průměrná denní teplota vyšší než 10 °C) vegetační období a vegetační léto (průměrná denní teplota vyšší než 15 °C). Teplotní sumy byly vymezeny jako sumy aktivních teplot (teploty nad vymezenou hranicí) a sumy efektivních teplot (teploty nad vymezenou hranicí minus daná hranice).

Problematika změny teploty vzduchu a s ní související dopady do krajiny se stává nejen v oblasti vědeckých jedním z klíčových faktorů, které v zemědělství mění stanovištní podmínky pro růst a vývoj plodin. Analýza datových řad, která je pro čtyři stanice obsahem diplomové práce, je příspěvkem ke studiu vazeb mezi atmosférou a rostlinou v měnících se klimatických podmínkách v regionálním měřítku. Součástí práce je i studium fenologických reakcí zástupce rostlinné (dub letní) a živočišné (sýkora koňadra) říše.

2 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo přispět k poznání o vývoji teploty vzduchu za období 1961 – 2010 na vybraných klimatologických stanicích a výsledky porovnat s proxy daty z oboru fenologie rostlin a živočichů.

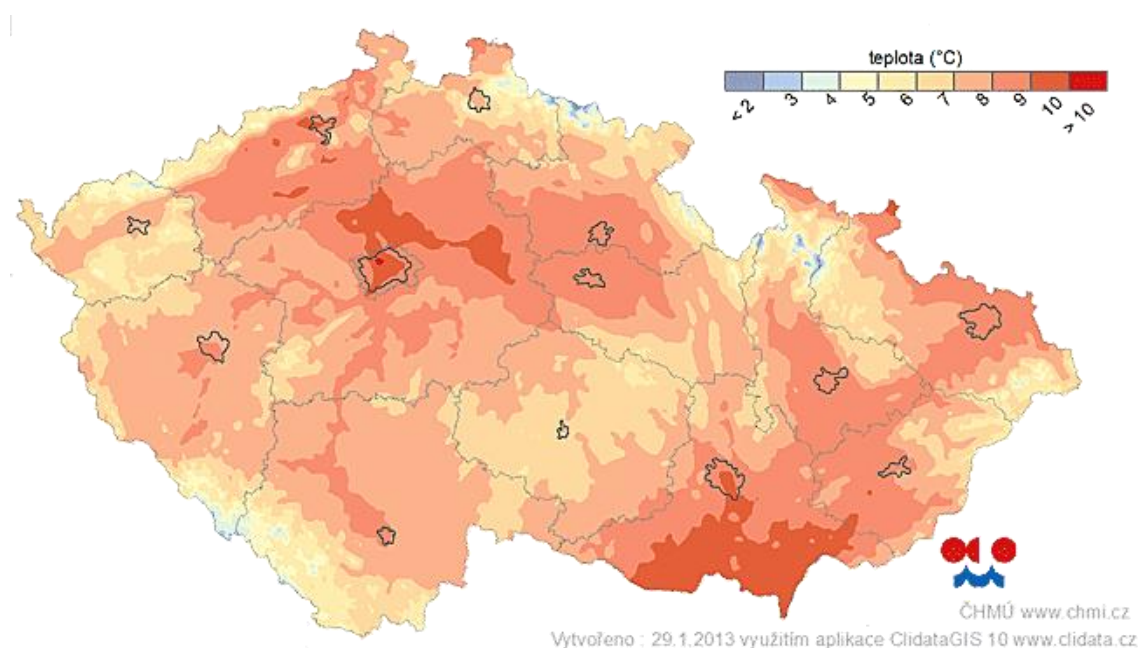
Pro dosažení hlavního cíle bylo nutné splnit cíle dílčí.

- zpracovat a vyhodnotit sumy aktivních teplot
- zpracovat a vyhodnotit sumy efektivních teplot
- na základě aktivních teplot zpracovat doby trvání velkého vegetačního období
- na základě aktivních teplot zpracovat doby trvání hlavního vegetačního období
- na základě aktivních teplot zpracovat doby trvání vegetačního léta
- najít vazby mezi studovanými teplotními veličinami a vegetačními obdobími na fenologii dubu letního (*Quercus robur*) a sýkory koňadry (*Parus major*)

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Teplota

Teplota vzduchu je důležitá veličina podmiňující existenci živých organismů. Významně se podílí na utváření a charakteru přírodního prostředí a je zásadní pro mnoho oblastí lidské činnosti. Ovlivňuje vegetační poměry svým dlouhodobým režimem. Problémy v mnoha oblastech hospodářství (snížení výnosu hospodářských plodin, zdravotní problémy, zvýšená úrazovost, snížená produktivita práce) mohou být zapříčiněny vlnami horkých dní, které výrazně přispívají k zesilování sucha. Stejně tak i vlny mrazivých dní mohou působit problémy (zvýšené nároky na energii ve výrobě, zdravotní problémy způsobené podchlazením, dopravní komplikace apod.) (Tolasz et al., 2007).



Obr. 1 Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961 – 2000. Zdroj: (ČHMÚ)

Teplota je charakteristika tepelného stavu hmoty, souvisí s kinetickou energií částic látky. Obecně je to vlastnost předmětů a okolí, kterou jsme schopni vnímat a přiřazovat ji pocity chladu a tepla. Energie je v prostoru přenášena zářením nebo jinými mechanismy. Hmota tuto energii pohlcuje či emituje a tím se její teplota mění. Vlastnosti a energetická bilance dané hmoty jsou důležité pro stanovení změny teploty a její konečné hodnoty. Teplota je tedy termodynamický stav tělesa. Je to míra střední kinetické energie pohybujících se (termodynamický pohyb) částic dané hmoty.

Z termodynamického pohledu existuje stav nerovnovážný (energie přechází od teplejšího tělesa k chladnějšímu tělesu) a stav rovnovážný (dvě stejně teplá tělesa, kdy mezi nimi nedochází k výměně energie).

Základní stupnicí pro měření teploty je termodynamická teplotní stupnice. Na počátku stupnice je nejnižší teoreticky možná teplota, kterou nazýváme absolutní (teplotní) nula, která má hodnotu $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jednotkou stupnice je kelvin (značíme K) a řadí se k základním jednotkám soustavy SI. Kelvin je $273,16$ díl termodynamické teploty trojného bodu vody, jenž má hodnotu $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Trojným bodem vody rozumíme jedinou teplotu, při které se voda současně vyskytuje ve všech třech skupenstvích (pevném ve formě ledu, kapalném a plynném ve formě vodní páry).

Nejběžněji používaná jednotka pro měření teploty v běžné praxi, vědeckých disciplínách jako jsou meteorologie či klimatologie, je stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$), což je za normálního tlaku ($1013,25\text{ hPa}$) stý díl mezi bodem tuhnutí (0°C) a bodem varu vody (100°C). V horských oblastech, kde je hodnota tlaku vzduchu nižší, nastupuje bod varu vody při nižších teplotách. Naopak v nižších oblastech s vyšším tlakem vzduchu nastupuje bod varu vody při vyšších teplotách. Stupeň celsia je odvozená jednotka soustavy SI. Absolutní velikost jednoho dílku stupnice ($1\text{ }^{\circ}\text{C}$) je rovna 1 K .

Platí následující vztah, kde t = teplota v $^{\circ}\text{C}$ a T = teplota v K:

$$T = t + 273,15$$

$$t = T - T_0 \quad (T_0 = 273,15)$$

Z těchto vztahů vyplývá:

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$$

$$0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.1.1 Teplota skutečná, aktuální

Měříme ji za pomoci zastíněného teploměru, který je umístěn v meteorologické budce ve výšce 2 metrů nad zemí (měření v jiné výšce musí být uvedeno). Tato teplota je stanovena pro daný čas na daném místě. Na meteorologických stanicích je teplota měřena hodinově nebo v tzv. termínové teplotě. To je v $7, 14, 21$ hodin MSSČ (Místního středního slunečního času). Aktuální teplota se využívá k výpočtu většiny teplotních charakteristik, pro popis teplotních poměrů daného místa a v reálném čase.

3.1.2 Teplota průměrná

Nejčastěji denní, pentádní, dekádní, měsíční a roční. Denní průměrná teplota se vypočítá jako aritmetický průměr naměřených teplot vzduchu v 7 hodin, 14 hodin a dvojnásobně započtené teploty ve 21 hodin MSSČ. Novější automatizované meteorologické stanice, na kterých je aktuální teplota zaznamenávána každých 10 minut, vypočítávají průměrnou teplotu vzduchu jako aritmetický průměr z těchto záznamů. Tato hodnota je přesnější a lépe postihuje prudké změny teploty během dne. Rozdíl mezi oběma průměry obvykle nepřevyšuje desetiny stupně. Někdy se také průměrná denní teplota vypočítá jako průměr součtu denní maximální a denní minimální teploty. Tato se využívá např. k popisu růstu a vývoje plodin za pomoci tzv. teplotních sum (sumy aktivních teplot), hodnocení vegetační sezony či polních pokusů ve vazbě na sledované parametry (Žalud, 2015). Dny, podle naměřených hodnot teploty, dělíme na tzv. **tropický den** - den, kdy maximální denní teplota ve stínu překročila teplotu 30 °C, **tropickou noc** - noc, kdy minimální noční teplota neklesla pod teplotu 20 °C, **letní den** - den, kdy maximální denní teplota měřená ve stínu dosáhla nejméně teploty 25 °C, ale nedosáhla 30 °C, **chladný den** - den, kdy maximální denní teplota ve stínu nepřekročila teplotu 10 °C, **mrazový den** - den, kdy minimální teplota klesla pod 0,0 °C, **ledový den** - den, kdy maximální denní teplota nevystoupila nad – 0,1 °C a **arktický den** - den, kdy maximální denní teplota nevystoupila nad – 10,0 °C (Jířík, 2017).

3.1.3 Minimální a maximální teploty

Je to nejnižší, respektive nejvyšší naměřená hodnota teploty vzduchu v průběhu meteorologického dne (od 21 hod. do 21 hod.). Jsou vztahovány zvláště ke kritickému období rostlinného růstu (jarní mrazíky, vlny veder), které rostlině mohou způsobovat stres či poškození. Obě tyto extrémní teploty jsou někdy průměrovány a tak slouží k výpočtu průměrné denní teploty. K těmto extrémním teplotám řadíme rovněž tzv. přízemní minimální teplotu, která je měřena v 5 cm nad zemí. Minimální a maximální teploty se uvádí jako pentádní, dekádní, měsíční či absolutní roční, absolutní za normálové období apod. (Žalud, 2015).

3.2 Teplotní sumy

Nejvíce využívanými jsou v praktické klimatologii dva typy teplotních sum. V agroklimatologické rajonizaci jsou využívány teplotní sumy (TS) nad 5, 10 či 15 °C, které se někdy také označují jako sumy aktivních teplot (SAT). Jako posouzení teplotních dopadů na vývoj rostlin, ale i živých organismů (např. škůdců), se stále častěji využívají sumy efektivních teplot (SET), kdy je prahová teplota daná nejčastěji teplotním biologickým prahem, od kterého se suma načítá.

Pro výpočet sum aktivních teplot (SAT) i sum efektivních teplot (SET) je zapotřebí znát průměrnou denní teplotu. Dále je potřeba stanovit, kdy průměrná denní teplota trvale v jarním období překročila námi stanovený práh (např. 5 °C) a naopak v podzimním období pod tento práh klesne. Sečtením těchto teplot dostaneme výslednou SAT. Odečteme-li od SAT hodnotu stanoveného prahu (5 °C) vynásobenou počtem dní, které toto období trvalo, dostaneme SET jak je uvedeno v rovnici (3).

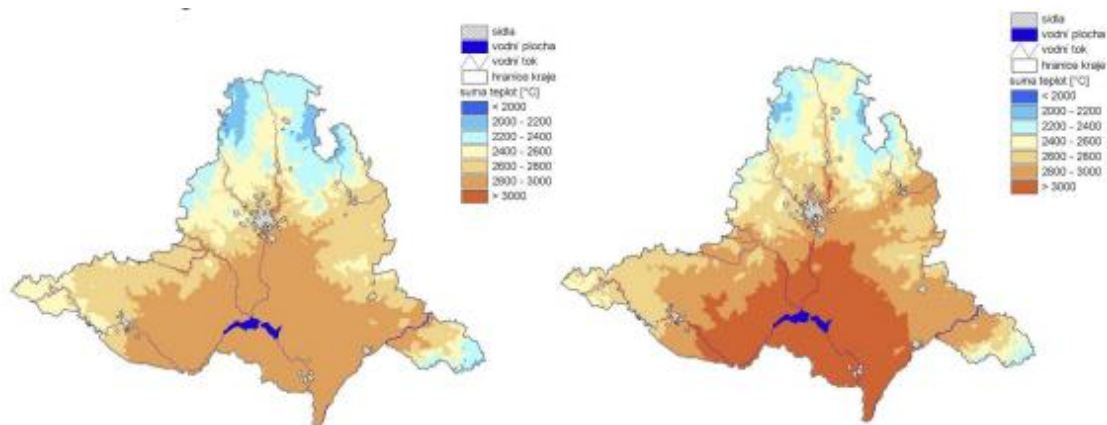
3.2.1 Efektivní teplota

Je teplota vzduchu zmenšená o hodnotu biologického minima teploty. Dříve se toto biologické minimum nazývalo „biologická teplotní nula“ nebo „nula efektivní teploty“. Při této teplotě rostlina začíná nebo přestává růst, omezuje metabolické procesy a transformaci energie. Pro většinu rostlin (C3) pásma mírného klimatu jde o teplotu 5 °C. Pro určité druhy škůdců je biologická hodnota minima taková teplota, při které škůdce zastavuje své životní pochody, pokud se teplota dostane pod biologické minimum. Tato hodnota se může lišit druh od druhu, stejně tak se může lišit i pro různá vývojová stadia jednoho konkrétního druhu. Hodnota biologického minima se pro většinu škůdců pohybuje od 5 do 10 °C. Je-li tedy teplota vzduchu 18,2 °C a teplota biologického minima 5 °C, pak je efektivní teplota 13,2 °C (Havlíček et al., 1986). Například při výpočtu nástupu jednotlivých růstových fází obilnin se vychází ze sum efektivních teplot. Jsou-li meteorologické podmínky příznivé, jednotlivé fenologické fáze se mohou zkracovat.

3.2.2 Aktivní teplota

Je teplota vyšší než biologické minimum teploty. Aktivní teplotou je tedy např. 18,2 °C, naopak 3,6 °C nenáleží do skupiny aktivních teplot za předpokladu, že budeme pro biologické minimum teploty počítat s 5 °C (Havlíček et al., 1986).

Na mapách (Obr. 2) jsou zachyceny sumy aktivních teplot nad 10 °C pro Jihomoravský kraj, ve kterých je znázorněn nárůst těchto teplotních sum (za období čtyřiceti osmi let) oproti třicetiletému průměru. Sytě červený odstín náleží teplotní sumě nad 3000 °C. Světlejší odstíny náleží nižším teplotním sumám (Rožnovský et al., 2010).



Obr. 2 Suma teplot nad 10 °C na jižní Moravě 1961 – 1990 (vlevo) a Suma teplot nad 10 °C na jižní Moravě 1961 – 2008 (vpravo).

3.3 Vymezení vegetačních období

Za vegetační období se označuje takový časový úsek, během něhož mají rostliny příznivé podmínky pro růst a vývoj. Tato období jsou vymezena průměrnými daty nástupu a ukončením určité průměrné teploty vzduchu (Sobíšek et al., 1993). Nástupem považujeme to období, ve kterém se průměrná teplota vzduchu rovnala nebo byla vyšší než teplota charakteristická pro určité vegetační období (např. 5 °C) po dobu alespoň šesti dnů. Konec vegetačního období zpravidla nastává, když průměrná teplota vzduchu klesne pod určitou hodnotu (např. 5 °C) po dobu alespoň šesti dnů.

3.3.1 Velké vegetační období (VVO5)

Je vymezeno nástupem a ukončením průměrné denní teploty 5 °C a vyšší. Teplota 5 °C je považována za biologické minimum, při kterém obnovuje vegetace na jaře svoji činnost aktivací fyziologických procesů a na podzim ji zastavuje (Pokladníková et al., 2008). Podle všech teplotních diagnostikovaných údajů z let 1961–2000 (Tolasz et al., 2007) bylo zjištěno, že v nejteplejších částech České republiky, ke kterým patří jižní Morava a Mělnicko trvá VVO5 230 až 240 dnů. V horských oblastech jen cca 120 dnů i

méně. Většina území republiky (včetně téměř celé Českomoravské vrchoviny) spadá do rozmezí 200-220 dnů. Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a více je pro ČR na rozhraní měsíců března a dubna, kdežto konec tohoto období je na přelomu měsíce října a listopadu. Dále například SAT nad 5 °C přesahují hodnotu 3500 °C na území jižní Moravy (Mikulovsko). Naopak nejnižší hodnoty SAT nad 5 °C náleží horským polohám.

3.3.2 Hlavní vegetační období (HVO10)

Nebo někdy také nazývané jako malé vegetační období, je vymezeno nástupem a ukončením průměrné denní teploty 10 °C a vyšší. Vyznačuje se dobrými podmínkami pro růst a vývoj vegetace. Toto období trvá na území ČR zpravidla déle než 60 dní. Pouze v nejvyšších horských partiích má toto období kratší trvání. V zemědělsky obhospodařovaných oblastech délka HVO10 přesahuje 140 dní a v nejteplejších oblastech jižní Moravy (Mikulovsko, Znojensko), toto období trvá déle než 180 dní. To dokazují i nejvyšší naměřené hodnoty SAT nad 10 °C, které pouze na jižní Moravě a v Hornomoravském úvalu překračují hodnotu 3000 °C. Vysoké hodnoty v rozmezí od 2750 do 3000 °C jsou dosahovány např. v okolí Pardubic, na Hané, Mělnicku, Litoměřicku. V horských polohách okrajových pohoří však teplotní sumy nad 10 °C nepřesahují místy ani 1000 °C. Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty vzduchu 10 °C a více začíná na našem území na přelomu měsíce dubna, kdežto konec tohoto období je na přelomu měsíce září a října (Pokladníková et al., 2008) a (Tolasz et al., 2007).

3.3.3 Vegetační léto (VL15)

Je charakteristické nástupem průměrných denních teplot 15 °C a vyšších. V průběhu tohoto období dochází k intenzivnímu růstu, zrání a sklizni většiny kulturních plodin pěstovaných na našem území. Na většině území ČR trvá VL15 do 120 dnů. Nejjižnější části Moravy však tuto hodnotu překračují. Trvání VL15 v oblastech Polabí, Poodří, Mělnicka je v rozmezí 100-120 dnů. Sumy teplot nad 15 °C na většině území ČR až na výjimky nepřesahují hodnotu 2250 °C. Výjimkou je část Mikulovska. Na jižní Moravě jsou SAT nejvyšší. Dále se ojediněle vyskytují hodnoty do 2000 °C ve středních Čechách, na Litovelsku a Kroměřížsku. Naopak v horských polohách činí roční sumy

teplot nad 15 °C méně než 250 °C. Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty vzduchu 15 °C a více začíná na našem území na konci první dekády měsíce června a končí posledním týdnem v srpnu (Pokladníková et al., 2008) a (Tolász et al., 2007).

3.4 Suma teplot a termín sklizně kukuřice

Kukuřice je nejvýznamnější jednoletá pícnina pěstovaná na našem území. Sklizeň na siláž v nevhodném termínu může nadělat velké škody v chovech skotu. Proto je důležité provádět sklizeň v optimálním termínu zralosti za obsahu sušiny okolo 28 až 35%. V závislosti na počasí stoupá obsah sušiny v rostlině mezi půl až jedním procentem za den, z toho vyplývá optimální období sklizně 7 až 14 dnů. V posledních letech přichází do praxe metoda, která na základě teplotních sum pomůže určit správný termín sklizně (Ježková, 2012).

Na základě znalosti fyziologie rostlin jsou k určení průběhu zralosti vyvíjeny různé koncepty. V Evropě se osvědčuje metoda stanovení silážní zralosti kukuřice na konceptu sumy teplot. Pro výpočet denních efektivních teplot se používá průměrných denních teplot, které jsou vypočítány jako střední hodnota minimální denní teploty (T_{\min}) a maximální denní teploty (T_{\max}). Od průměrné denní teploty se odečítá biologická hodnota minima 6 °C, kterou kukuřice potřebuje ke svému růstu. Denní efektivní teplota se vypočítá dle rovnice č. (1). Sumy teplot sledujeme od výsevu kukuřice. Každý hybrid kukuřice potřebuje ode dne výsevu ke dni silážní zralosti určitou SET. Její výše je odvislá od FAO každého hybridu (Kulovaná, 2001).

$$\text{Denní efektivní teplota} = (T_{\min} + T_{\max} / 2) - 6 \quad (1)$$

Číslo FAO (Food and Agriculture Organization) poukazuje na ranost jednotlivých hybridů. Hodnota vychází z předpokladu, že jedním z rozhodujících faktorů prostředí pro kukuřici je teplota, jejíž optimální hodnota pro růst a vývoj generativních orgánů je 20 až 24 °C. V ČR zkoušené a pěstované hybridy mají číslo FAO v rozmezí 190 až 400. Čím je toto číslo nižší, tím je odrůda ranější (Ježková, 2012).

Některé firmy mají pro vlastní sortiment hybridních odrůd vypočítány orientačně SET, což může zákazníkovi pomoci při stanovování termínu silážní zralosti hybridu. Například pro hybrid s rozpětím čísla FAO 200-230 udávají SET 1350-1410 °C, v průměru tedy 1380 °C a při dosažení této hodnoty se předpokládá sušina celé rostliny

na úrovni 30-31%. Porosty jsou v konkrétních pěstitelských podmínkách dále ovlivňovány půdním druhem, expozicí pozemku, stresem za sucha, nadmořskou výškou, výsevem před 20. dubnem anebo po 10. květnu. V praxi je tedy třeba počítat při využívání SET v konkrétních podmínkách s určitou korekturou. Je-li například hybrid pěstován na písčitém pozemku, připočítáváme k celkové SET nutné pro dosažení ideální zralosti porostu pro sklizeň na siláž dalších 150 °C.

Znalost údajů o aktuálním stavu sumy efektivních teplot pro konkrétní pěstitelské podmínky usnadňuje zemědělským podnikům efektivní plánování při nasazování mechanizace a využívání lidských zdrojů v podniku (KWS, 2017).

3.5 Meteorologické stanice

Meteorologie je vědní obor zabývající se rozmanitými fyzikálními i chemickými ději, které probíhají v zemské atmosféře a neustále mění její stav. Pro reprezentativní pozorování počasí byly vybudovány meteorologické stanice na různých místech naší Země. Tyto stanice slouží k získávání meteorologických dat v celosvětovém měřítku. K hlavním sledovaným meteorologickým prvkům patří teplota, vlhkost a tlak vzduchu, intenzita slunečního záření, atmosférické srážky, výpar, směr a rychlost větru.

Na základě znalosti meteorologických dat se stanovuje diagnóza počasí, která je základem k sestavení předpovědi počasí. Dále data slouží k vědeckému zpracování klimatických poměrů, pro různé obory hospodářství, jako například zemědělství, lesnictví, technické obory, pozemní a leteckou dopravu, pojišťovnictví, energetiku atd. Náplní práce na meteorologických stanicích je neustálé sledování počasí a jeho změn. Pro srovnatelnost dat z jednotlivých meteorologických stanic se data pořizují ve stejnou denní dobu v tzv. klimatologických termínech 07, 14, 21 hod. místního středního slunečního času. Každou hodinu se měření provádí na synoptických meteorologických stanicích (Možný et al., 2012). Rozlišujeme tři základní druhy meteorologických stanic: srážkoměrné, klimatologické a synoptické. Z hlediska určování hodnot teploty vzduchu jsou důležité právě dvě poslední zmíněné.

3.5.1 Synoptické meteorologické stanice

Tyto stanice jsou obsluhovány zaměstnanci Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Pozorovací program synoptických stanic je nejrozsáhlejší. Měření je

prováděno nepřetržitě v hodinových intervalech. Data o teplotě, vlhkosti a tlaku vzduchu, hodnotě rosného bodu, srážkách a mnoho dalších, jsou odesílána do pražského meteorologického centra v Komořanech. Data získaná na synoptických stanicích slouží k vypracování synoptických map aktuálního stavu počasí a dále slouží k sestavování předpovědi počasí pro nejbližší hodiny a dny (Hučík, 2007).

Pro termín měření se používá světový čas UTC – Universal Time Coordinated (koordinovaný světový čas), který nahradil dříve používaný GMT – Greenwich Mean Time (Greenwichský čas) (Žalud, 2015).

3.5.2 Klimatologické stanice

Tyto stanice jsou obsluhovány dobrovolnými pozorovateli spolupracujícími s ČHMÚ. Zaznamenané údaje o meteorologických jevech, jejich druhu a intenzitě a časovém výskytu jsou automaticky odesílány na nejbližší pobočku ČHMÚ. Pozorování a měření všech základních meteorologických prvků se provádí v tzv. klimatických termínech (07, 14, 21 hod.) třikrát denně. Dále je v klimatickém termínu 07 hod. měřeno množství spadlých srážek, výška sněhového pokryvu a její vodní hodnota.

Termínem měření, jak již bylo zmíněno, je klimatický termín, což je hodnota pro Místní střední sluneční čas (MSSČ). MSSČ je dán místním poledníkem, tzn., že na jednom poledníku je na všech zeměpisných šířkách stejný MSSČ. V České republice (platí pro celou střední Evropu) se používá středoevropský čas – SEČ. Je to střední sluneční čas 15. poledníku východní délky. Pro stanovení MSSČ v jakémkoli libovolném bodě na našem území použijeme časovou korekci SEČ. K SEČ připočteme 4 minuty na 1° zeměpisné délky, pokud stanice leží západně od 15. poledníku (na stanici měříme později o příslušný počet minut). Naopak, leží-li stanice východně od 15. poledníku, provedeme odečtení 4 minut na každý 1° zeměpisné délky (na stanici měříme dříve o příslušný počet minut). V případě platnosti středoevropského letního času (SEČL) připočítáváme + 1 hodinu. Tímto je stanovena stejná denní doba vůči poloze Slunce na obloze pro každou stanici. Toto stanovení MSSČ je důležité vzhledem ke skutečnosti, že většina meteorologických prvků se mění v průběhu dne v závislosti na poloze Slunce na obloze (Žalud, 2015).

3.5.3 Systematická (přístrojová) meteorologická měření

Nejkvalitnějším zdrojem informací k dalšímu klimatologickému zpracování jsou data získaná z přístrojových měření na meteorologických stanicích. Začátky meteorologického měření a pozorování v českých zemích sahají do 18. století. To je při porovnání se západní Evropou nebo Itálií později. První zmínky o souvislém měření tlaku a teploty vzduchu pochází ze Zákup, kde pan Jahann Carl Rost vedl záznamy od 21. prosince 1719 do 31. března 1720. Tyto údaje jsou dále publikovány spolu s dalšími pozorováními a měřeními jiných evropských stanic. Historicky jsou ještě staršího data údaje o minimální teplotě vzduchu z Prahy a Karlových Varů, kde byla roku 1708/1709 velmi tuhá zima (Brázdil a Valášek, 2002a).

Vůbec nejdelší nepřerušené meteorologické pozorování, které pokračuje i v současnosti pochází z Prahy (Klementinum). Od 1. ledna 1775 je zaznamenávána teplota vzduchu a od roku 1804 množství srážek (Brázdil et al., 2007).

První denní meteorologická měření pocházející z Moravy jsou od Františka Aloise Maga z Maggu, telčského vrchnostenského lékaře. Údaje pochází z jeho druhého pozorovacího deníku. Začínají 7. května 1771 a končí 9. března 1775 (Brázdil et al., 2002b). K nejstaršímu popisu klimatu Moravy bylo využito části meteorologického pozorování (z let 1790-1794) profesora Josefa Gaara z Olomouckého lycea (Brázdil a Valášek, 2001). V Brně začal s dlouhou řadou teplotních pozorování Ferdinand Knittelmayer roku 1799, která jsou dále od roku 1803 doplněna o měření srážek, které vykonával Zachariáš Melzar, úředník stavovské účtárny. V katastru města Brna pokračují v různých místech meteorologická pozorování dodnes.

Roku 1815 byl založen Meteorologický spolek při c. k. Moravskoslezská hospodářská společnost, jehož založení vedlo k výraznému zlepšení meteorologických pozorování na Moravě a ve Slezsku. Pozorovatelé si mohli zakoupit tlakoměry a teploměry a dále měli přístup k podrobným publikacím s instrukcemi o pozorování. Dále byli spolkem požádáni o sdílení svých pozorování. Některé tyto záznamy jsou dochovány v archivních materiálech. V letech 1820-1847 byla denní pozorování publikována novinami Brünner Zeitung (Brázdil et al., 2005).

V roce 1851 je ve Vídni zřízen Ústřední ústav pro meteorologii a magnetismus, pod jehož správu se postupně dostala i meteorologická pozorování prováděna v českých zemích. Po vzniku samostatného Československa v roce 1918 přejímá správu nad tímto pozorováním nově zřízený Státní ústav meteorologický v Praze. Nyní v této činnosti

pokračuje Český hydrometeorologický ústav, který je hlavním garantem prováděných meteorologických pozorování na našem území (Krška a Šamaj, 2001).

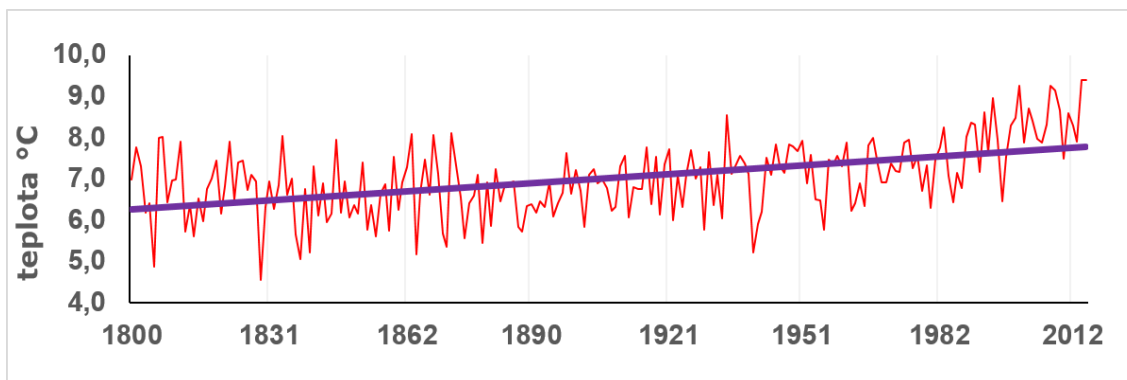
3.6 Podnebí České Republiky

Klima nebo také podnebí je abstraktní termín popisující výsledné dlouhodobé působení radiačních poměrů, lidských zásahů, atmosférické cirkulace a vlastností podkladu jakou jsou: nadmořská výška, tvar terénu, jeho orientace a sklon, schopnost přijímat (pohlcovat) a odrážet záření (Tolazs et al., 2007).

Podnebí ČR je významně ovlivněno cirkulačními a geografickými poměry. S ohledem na polohu ČR jde o oblast přechodného klimatu středoevropského. Po převážnou část roku u nás převládá vzduch mírného pásma, dále má vliv vzduchová hmota tropická, v krátkých časových úsecích také vzduchová hmota arktická (v zimním období). Na naše podnebí působí vliv Atlantického oceánu, ale také v menší míře euroasijský kontinent. Kontinentalita našeho území od západu k východu vzrůstá přibližně o 10 %. Oceanita Čech se uvádí asi 55 %, pro východní Moravu kolem 50 %. V Čechách je mírnější zima a chladnější léto, sluneční svit je nižší a srážky jsou stejnoměrněji rozložené než na Moravě a ve Slezsku, kde jsou větší teplotní amplitudy. To dokládá zmírňující vliv mořského klimatu hlavně v zimním období. Naopak v letním období vyšší teploty vzduchu dokládají částečný kontinentální vliv.

Významný vliv na podnebí mají hory. Které z části zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu, ale vzhledem k západnímu proudění vyvolávají dešťový stín. Na klimatickou rozmanitost více působí výškové poměry a členitost terénu než zeměpisná poloha. Obecně lze uvést, že podnebí ČR závisí hlavně na cyklonální činnosti a podle její aktivity jsou jednotlivé roky velmi proměnlivé.

Průměrná roční teplota se na území České republiky pohybuje mezi 5,5 °C až 9 °C. Na grafu (Obr. 3) jsou znázorněny průměrné roční teploty na našem území od roku 1800 až do roku 2012, tyto teploty v průměru stále narůstají. Průměrná teplota v roce 2013 = 7,9 °C, 2014 = 9,4 °C, 2015 = 9,4 °C a v roce 2016 = 8,7 °C. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou 20 °C. Průměrně o 20 °C chladnějším měsícem je leden, kdy i v nížinách klesá teplota pod 0 °C (Rožnovský et al., 2010).



Obr. 3 Průměrné roční teploty vzduchu na našem území. Zdroj: (Brázdil, 2015)

Podnebí jižní Moravy je velmi proměnlivé, poznamenané kontinentálními vlivy, z toho vyplývá častější výskyt sucha než v ostatních částech našeho území. Průměrná teplota vzduchu na většině území tohoto kraje je mezi 8 °C až 10 °C. Vyskytují se zde regiony suché až mírně suché, tzn. s ročním průměrným úhrnem srážek od nižších než 500 mm až 600 mm. Častý je výskyt sucha v průběhu vegetačního období. Podle klimatologických studií je pro převážnou část území typické sucho v počátku vegetace a v jeho závěru. Výjimkou však nejsou ani sucha v létě. Z provedených analýz od roku 1961 do roku 2008 vyplývá, že rostou teploty vzduchu, ale úhrny srážek nerostou, naopak jsou v jednotlivých letech velmi proměnlivé (Rožnovský et al., 2010). Průměrná teplota vzduchu v roce 2016 pro Jihomoravský kraj (Tab. 1) byla 9,8 °C.

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Česká republika	T	-1,4	3	3,3	7,7	13,4	17,2	18,6	17	15,8	7,4	2,7	-0,5	8,7
	N	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8	2,7	-1	7,5
	O	1,4	4,1	0,8	0,4	1,1	1,7	1,7	0,6	3	-0,6	0	0,5	1,2
Jihomoravský	T	-1,4	4,3	4,7	9,1	14,7	18,8	20,2	18,4	17	8,3	3,5	-0,6	9,8
	N	-2,6	-0,6	3,4	8,6	13,5	16,6	18,1	17,6	13,9	8,8	3,3	-0,7	8,3
	O	1,2	4,9	1,3	0,5	1,2	2,2	2,1	0,8	3,1	-0,5	0,2	0,1	1,5

Tab. 1 Územní teploty v roce 2016. T = teplota vzduchu (°C), N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961 – 1990 (°C), O = odchylka od normálu (°C). Zdroj: (ČHMÚ, 2017)

3.6.1 Změna klimatu

Klima na Zemi se mění v časovém i prostorovém měřítku. V anglicky psané literatuře se hovoří o pojmu „climatic change“. Tento pojem zahrnuje veškerou časovou

variabilitu, ačkoli se jeví jako účelné hovořit o kolísání klimatu a změnách klimatu. Kolísáním klimatu rozumíme klimatické výkyvy v intervalu 1–100 roků, které jsou podmíněny vnitřní variabilitou klimatického systému a kolísáním klimatotvorných faktorů. Změnou klimatu jsou klimatické výkyvy vyjádřeny zřetelným dlouhodobým trendem (ochlazování, oteplování) v časovém intervalu 1 000 a více roků, jako důsledek změny základních klimatických faktorů. Je známo z paleoklimatických údajů pro posledních 542 milionů let (období tzv. fanerozoika), že klima na naší Zemi prodělávalo výrazné časové změny. V posledním kvartéru tohoto období (2,588 milionů let), bylo pro klima charakteristické střídání tzv. glaciálů (chladné období s výrazným nástupem zalednění) a interglaciálů (teplé období s ústupem zalednění), tyto se vnitřně dále člení. Nyní právě žijeme v postglaciálním období zvaném holocén (posledních asi 11 000 let). Toto období následovalo po tzv. würmském glaciálu (Žalud, 2009).

3.6.2 Změna klimatu v důsledku lidské činnosti

Naše planeta Země přijímá energii v podobě krátkovlnné radiace (záření) od Slunce a sama směrem do vesmíru vyzařuje radiaci dlouhovlnnou. Tento fakt je velmi důležitý pro pochopení celého problému změny klimatu. Roční bilance obou radiačních toků musí být vyrovnaná, jinak by docházelo k zahřívání planety. K zahřívání by došlo, pokud by bilance radiačních toků byla kladná. To by planeta radiaci více přijímala, než vydávala. Naopak k ochlazování by došlo v případě záporné bilance radiačních toků. Planeta by více radiace vydávala, než přijímala. Bilance se vždy dříve či později vyrovná. Otázkou je, jaká bude výsledná bilanční teplota po vyrovnání. Díky schopnosti některých plynů (oxid uhličitý, freon, metan, oxid dusný a další) pohlcovat dlouhovlnnou radiaci, kterou naše planeta (její zemský povrch) vyzařuje, je průměrná teplota planety Země 15 °C. Nebýt této schopnosti takzvaných skleníkových plynů zachycovat dlouhovlnnou radiaci, byla by průměrná teplota Země výrazně nižší a to o více jak 30 °C (uvádí se -18 °C). Pro výskyt života je přítomnost tohoto procesu velmi žádoucí. Dalo by se říci, že tento jev vyvolává analogii s podmínkami ve skleníku. Avšak je nutné si uvědomit, že v reálném skleníku je teplo udržováno díky absenci tepelné ztráty turbulentním a konvekčním přenosem. Základem teorie probíhající (pozorované) a očekávané změny klimatu je narušování rovnovážné radiační bilance

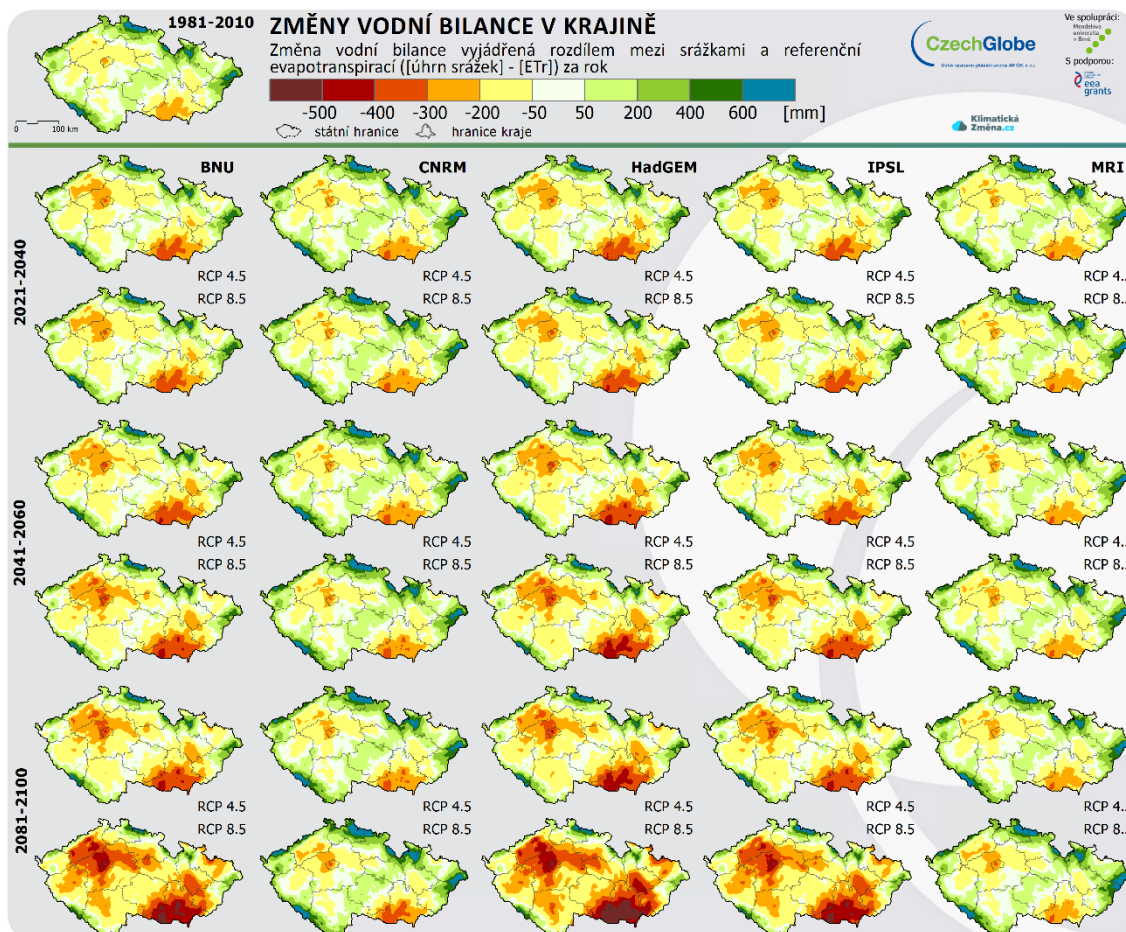
systemu Země – vesmír. Tato bilance je narušena zesílením tzv. skleníkového efektu, zapříčiněného zvyšováním koncentrace skleníkových plynů.

Jevem skleníkového efektu jsme ovlivněni pravidelně. Může to být například noční zatažená obloha, kdy oblačnost odráží nebo absorbuje a vyzařuje zpětně vyzařenou energii od zemského povrchu. Za této situace je tepleji než za jasné noci. Díky našemu plynnému obalu Země, kterým je atmosféra a v ní probíhajícímu tzv. skleníkovému efektu nejsou rozdíly denních a nočních teplot tak markantní jako třeba na měsíci, který nemá atmosféru. Samotný skleníkový efekt bychom tedy neměli považovat za nějaký problém. Problémem je zesilování skleníkového jevu a s ním spojené nárůsty teploty, které jsou zapříčiněny zvyšující se koncentrací tzv. radiačně aktivních (skleníkových) plynů (oxid uhličitý, freon, metan, oxid dusný a další) v atmosféře. Tyto plyny dokáží pohlcovat dlouhovlnné záření (nebo aspoň část jeho spektra), které zemský povrch vyzařuje.

Podle mezivládního panelu pro změnu klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change) je změna klimatu jakoukoli změnou klimatu v průběhu času, která je způsobena v důsledku lidského působení, anebo přirozenou variabilitou. Takto užitý termín se oproti Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu liší. Zde je klimatická změna přímo či nepřímo připisována lidské činnosti, která mění složení globální atmosféry. Tato činnost společně s přirozenou variabilitou je pozorována v průběhu stejného časového úseku. Změnou klimatu podle úmluvy OSN se rozumí dlouhodobé změny. Například střídání dob ledových a meziledových, které je přirozené. Dále je třeba zmínit pojem variabilita klimatu, což je zcela přirozený jev, pokud nevykazuje žádný trend. Pod tuto variabilitu můžeme zařadit např. několik chladných či teplých let, které nelze považovat hned za změnu klimatu. Neexistují pevně dané shodné klimatické charakteristiky pro jedno konkrétní místo v konkrétním časovém úseku. Až teprve statistické trendy dlouhodobých řad (klesající, stoupající trendy) v rozsahu desítek let, které se prokazatelně mění, dokazují posun v klimatických charakteristikách. Tyto změny jsou signálem měnícího se klimatu (IPCC, 2007).

Změna klimatu se sebou do budoucna ponese i související změny ve vodní bilanci v krajině. Ta byla modelově zpracována (Obr. 4) v projektu CzechAdapt. Mapy jsou vytvořeny na základě pěti předpokládaných Globálních klimatických modelů pro tři časová období (dvacetiletá) až do roku 2100. Dále je počítáno s různými variantami vypouštění emisí. Střední emise (RCP 4,5) - značí tzv. přechodný scénář budoucího

vývoje, kdy emise nebudou striktně omezeny, ale zároveň bude regulován jejich růst. Vysoké emise (RCP 8,5) - značí scénář s velmi vysokými emisemi oxidu uhličitého v budoucích letech, které nebudou nijak omezeny v budoucích letech.



Obr. 4 Změna vodní bilance podle pěti Globálních klimatických modelů, pro tři časové horizonty a dva předpokládané scénáře vypouštění emisí (RCP 4.5 a RCP 8,5). Zdroj: (CzechAdapt)

3.7 Fenologická pozorování

Fenologická studie (Bauer et al., 2014) byla vedena v nížinné lokalitě (161 m. n. m.) jihovýchodně od Brna (48°48'22'' zeměpisné šířky a 16°46'32'' zeměpisné délky), kde dominantním ekosystémem je zemědělská krajina s převahou zahradnických plodin (Lednice). Pro účel této diplomové práce byl vybrán jeden příkladový ptačí druh – sýkora koňadra (*Parus major*) a příkladový druh vyšších rostlin – dub letní (*Quercus*

robur). Tito zástupci se nejvíce hodí k porovnávání s teplotními údaji řešenými v diplomové práci. Nejsou tak náchylní k možným změnám jejich fenofází vůči srážkovým podmínkám, suchým periodám. Je to díky hlubokému kořenovému systému dubu letního a díky vyšší hladině podzemní vody v lokalitě lužního lesa.

Metodika pozorování fenologických fází (fenofází) rostlinných druhů v neřízených ekosystémech vychází z Návodu pro činnost fenologických stanic, Lesní rostliny (ČHMÚ, 1987). V této knize je pojem fenologická fáze – fenofáze, popsána jako určitý zevně dobře rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev vývinu nadzemních orgánů (zejména pupenů, listů, květenství) sledovaných druhů vyšších rostlin. Nástup fenofáze je potom časový údaj vyjadřující informaci, že vývoj dospěl právě do úrovně dané popisem fenofáze a obvykle se vyjadřuje datem nástupu fenofáze (Bartošová, 2010).

Pozorované fenofáze u rostlinných druhů vyšších rostlin:

- první květ
- plné kvetení
- vyrašení pupenů
- plné olistění

Fenofáze první květ je charakterizována otevřením prvního květního poupěte (na celé sledované populaci nebo na skupině jedinců). Fenofáze plné kvetení je stanovena, když je dosaženo maximálního kvetení (opět na celé sledované populaci nebo na skupině jedinců), ale ještě nenastal opad květních plátků (ČHMÚ, 1987). Fenofází vyrašení pupenů se rozumí datum, kdy se na sledovaném jedinci otevřou první listové pupeny, pupen je prasklý a jeho obalné šupiny jsou otevřeny a jsou vidět první špičky zelených listů. Vyrašení pupenů se pozoruje na terminálních pupenech. Následuje vývoj a růst listů, který je ukončen fenofází plné olistění, která je stanovena v den, kdy čepel listu je již zcela rozvinutá; způsob, jakým list dosedá na větévku, je zřetelný (je vidět celý řapík, popřípadě báze přisedlého listu); list má charakteristický, dospělosti odpovídající tvar (ČHMÚ, 1987).

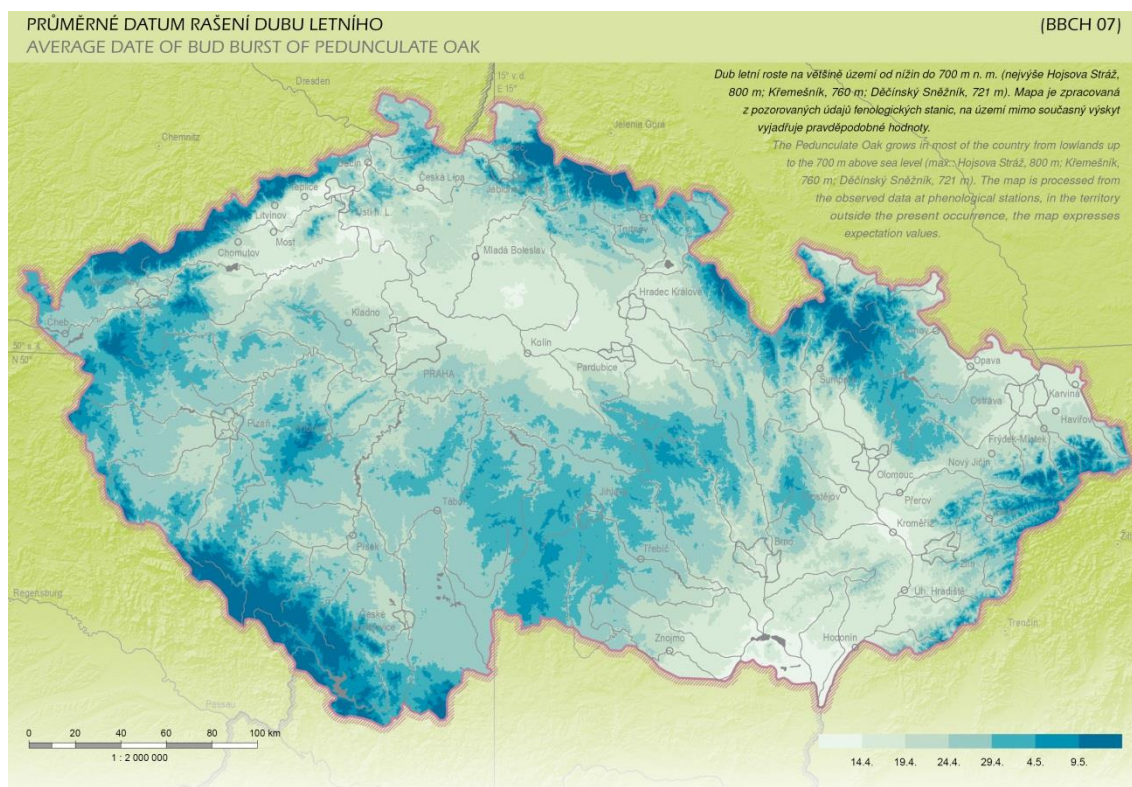
3.7.1 Dub letní

Na dané lokalitě byla sledována fenologie dominantní dřeviny ekosystémů lužních lesů a to dubu letního. Bylo zaznamenáváno vyrašení pupenů a plné olistění na vhodně zvoleném jedinci. Pro dub letní byly sledovány dvě fenofáze, vyrašení listových pupenů a plné olistění. Tato fenologická etapa byla sledována na stále stejných jedincích dubu letního po celou dobu pozorování. Protože nástup fenofází může a taky často probíhá na různých částech stromu odlišně (byly zaznamenány dřívější nástupy fenofází v horních částech stromů na rozdíl od dolních částí stromů a naopak), byla sledována stále stejná část stromu v úrovni očí pozorovatele (Bartošová, 2010).

Dub letní vykazuje ve sledovaném období 1991 až 2010 v nástupech fenofází velkou variabilitu. Nástupy fenofází byly nejvíce urychleny v roce 2009, naopak nejvíce opožděny byly v roce 1991.

Dub letní začíná rašit v jednotlivých výškových pásmech v průměru mezi 14. dubnem a 12. květnem (Obr. 5), začátek kvetení nastává mezi 27. dubnem a 24. květnem, konec kvetení nastupuje v průměru mezi 13. květnem a 4. červnem a opad listů nastává v průmětu mezi 25. říjnem a 21. listopadem. Mezi rašením a opadem listů uplyne v průměru 167 až 221 dní při sumě teploty vzduchu 1 752 až 3 335 °C, trvání slunečního svitu 1 210 až 1 307 hodin, úhrn srážek 439 až 466 mm a 63,9 až 68,4 dní se srážkovým úhrnem alespoň 1 mm. Pentádní teplota vzduchu ke dni nástupu fenofáze, trvání slunečního svitu a počet dní se srážkovým úhrnem alespoň 1 mm nevykazují se vzrůstající nadmořskou výškou zcela jednoznačnou tendenci. Suma teploty vzduchu ve fenofázových intervalech vykazuje klesající tendenci se vzrůstající nadmořskou výškou.

Všechny sledované fenofáze (kromě žloutnutí listů a opadu listů) vykazují za dvacetileté období celkovou tendenci k dřívějšímu nástupu fenofází (Hájková et al., 2012).



Obr. 5 Průměrný termín začátku rašení u dubu letního (*Quercus robur*). Zdroj: (Hájková et al., 2012)

3.7.2 Sýkora koňadra

Ekologický a fenologický výzkum ptačích druhů (Bauer et al., 2014) byl prováděn na totožných pokusných parcelách jako u dubu letního. Sledované období bylo také totožné (1961 – 2012). Základní pozorovanou plochou pro výzkum byli čtyři hektary na každém místě. Sýkora koňadra (*Parus major*) byla vybrána za příkladového zástupce z ptačích druhů pro své dominantní zastoupení v dané lokalitě. Bylo tak možné získat každoročně dostatek dat pro statistické vyhodnocování. Dalším důvodem pro výběr sýkory koňadry jako příkladného ptačího druhu byl fakt, že bez problému hnízdí a rozmnožuje se v ptačích budkách. Díky tomu bylo relativně jednoduché zajistit pozorování při rozmnožování. Ptačí budky byly navěšeny na kmeny stromů v rámci pozorovaného území čtyřech hektarů. Ptačí budky byly přizpůsobeny pro rozmnožování sýkory koňadry – zavěšeny ve dvou metrech na kmeni stromu a nebyly přemístovány po celou dobu pozorování. Aplikace ptačích budek umožňuje pozorovat vstupní proces páření – od začátku stavění hnízda, kladení vajec, hnízdění a líhnutí až po opuštění hnízda mláďaty. Nejlepší fenofází pro fenologická pozorování je snesení vejce. Samička

klade jedno vejce každý den v závislosti na podmínkách prostředí, díky tomu je relativně jednoduché přesně určit prvního nakladeného vejce v hnízdě. Nesouvislost v některých letech v kladení vajec jednou denně byla určena studenými teplotními periodami. Doba pro absolutně první snesené vejce (FLD) pro celou populaci vypovídá o důležitých informacích o fenofázi a je analogická s fenofází první květ. MLD odpovídá fenofázi plný květ.

Pozorované fenofáze u sýkory koňadry:

- první nakladené vejce (FLD)
- průměrné první nakladené vejce v celé populaci (MLD)

Fenofází první nakladené vejce (FLD – z anglického termínu First Laying Date) je definováno pro ptačí populace a vyjadřuje termín, kdy bylo nakladeno první vejce v celé sledované populaci jednoho ptačího druhu. Průměrné první nakladené vejce v populaci (MLD – z anglického Mean Laying Date) je poté fenofáze, která udává průměrný termín prvního vejce všech sledovaných hnízdních párů v celé populaci (Bauer et al., 2010).

4 MATERIÁL A METODIKA

Základem pro tuto bakalářskou práci byly údaje z dlouhodobých datových řad z let 1961-2010 získaných denním měřením na meteorologických stanicích Velké Meziříčí, Bystřice nad Pernštejnem a Velké Pavlovice. Tyto stanice podléhají správě ČHMÚ. Pro práci s daty byl použit tabulkový procesor Microsoft Excel.

Ze zaznamenané denní teploty maximální (T_{\max}) a denní teploty minimální (T_{\min}), byla vypočítána průměrná denní teplota (T_{den}) pro všechny dny stanoveného období 50 let. Ta je rovna střední hodnotě T_{\max} a T_{\min} , podle rovnice (2).

$$T = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 \quad (2)$$

Průměrná denní teplota (T_{den}) byla dále použita pro výpočet průměrných ročních teplot (T_{rok}) sečtením všech T_{den} jednotlivých dnů v roce a vydělena počtem dnů v roce (365 nebo 366 pokud se jednalo o přestupný rok). Průměrné roční teploty jednotlivých let byly zpracovány do spojnicového grafu.

Pro jednodušší zpracování grafů byly vytvořeny tabulky pro tři vegetační období a pro výpočet teplotních sum za tato období. V každém roce byl stanoven začátek a konec jednotlivých vegetačních období za pomoci funkce filtr. Začátkem velkého vegetačního období VVO5 je nástup průměrných denních teplot vyšších nebo rovných 5 °C, které trvalo alespoň 6 dnů a končí toto období dnem, kdy průměrná denní teplota klesla pod 5 °C na minimálně šest dní. Pokud se v daném roce nevyskytlo minimálně šestidenní období s průměrnou denní teplotou nad stanovenou hranicí 5 °C v prvním pololetí (tj. do 30. 6.), je doba trvalého výskytu těchto teplot rovna 0. Analogicky bylo postupováno i pro stanovení délky hlavního vegetačního období (HVO10) a pro vegetační léto (VL15), tedy období s průměrnou denní teplotou minimálně 10 resp. 15 °C. V určitých letech bylo nutné, vzhledem k značné variabilitě průměrných teplot, začátek respektive konec zvolit značně subjektivně. Data nástupu a konce jednotlivých období byla zaznamenána.

Dále byly spočítány sumy aktivních teplot (SAT) a sumy efektivních teplot (SET) pro každý rok a každé období zvlášť. SAT pro počítané období je rovno součtu všech průměrných denních teplot v tomto období zaznamenaných. SET pro toto stejné období je rovna SAT, od kterých je odečtena číselná hodnota délky tohoto období

vynásobená prahovou hodnotou období (pro VVO5 je tato hodnota 5). Pro výpočet sumy efektivních teplot pro VVO5 tedy byla použita rovnice č. 3:

$$SET = SAT - (\text{délka trvání VVO5} * 5) \quad (3)$$

Obdobně bylo postupováno pro HVO10 a VL15.

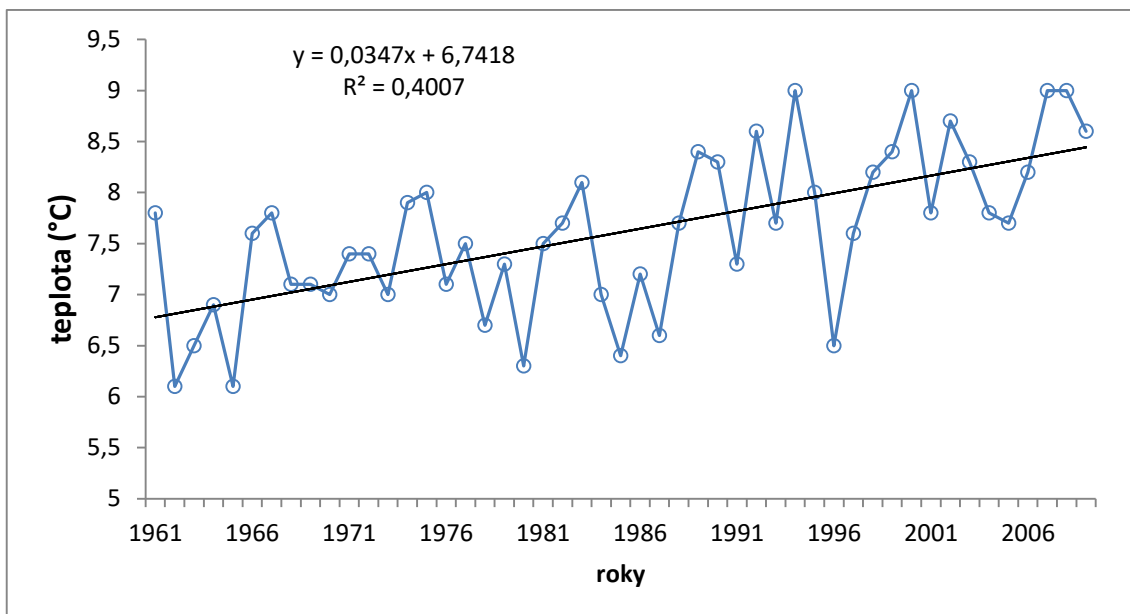
5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Velké Meziříčí

Meteorologická stanice Velké Meziříčí (16°01' východní délky a 49°35' severní šířky a nadmořskou výškou 452 m.) patří mezi automatizované klimatologické stanice I. typu. Provádí se pozorování základních meteorologických prvků (teplota vzduchu, max. a min. teplota vzduchu, přízemní min. teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru). Měření je prováděno plně automatizovaně pomocí měřících přístrojů (čidel) s intervalem záznamu 10 minut, u srážek s intervalem záznamu 1 minuta. Stanice je vybavena datovým přenosem. Pozorovatel doplňuje automatizovaná měření manuálním pozorováním (např. množství oblačnosti, stav počasí, stav půdy, apod.), sleduje a zapisuje meteorologické jevy a v zimním období měří sněhové charakteristiky klasickými přístroji. Stanice je v majetku ČHMÚ (ČHMÚ, 2017).

5.1.1 Průměrná roční teplota

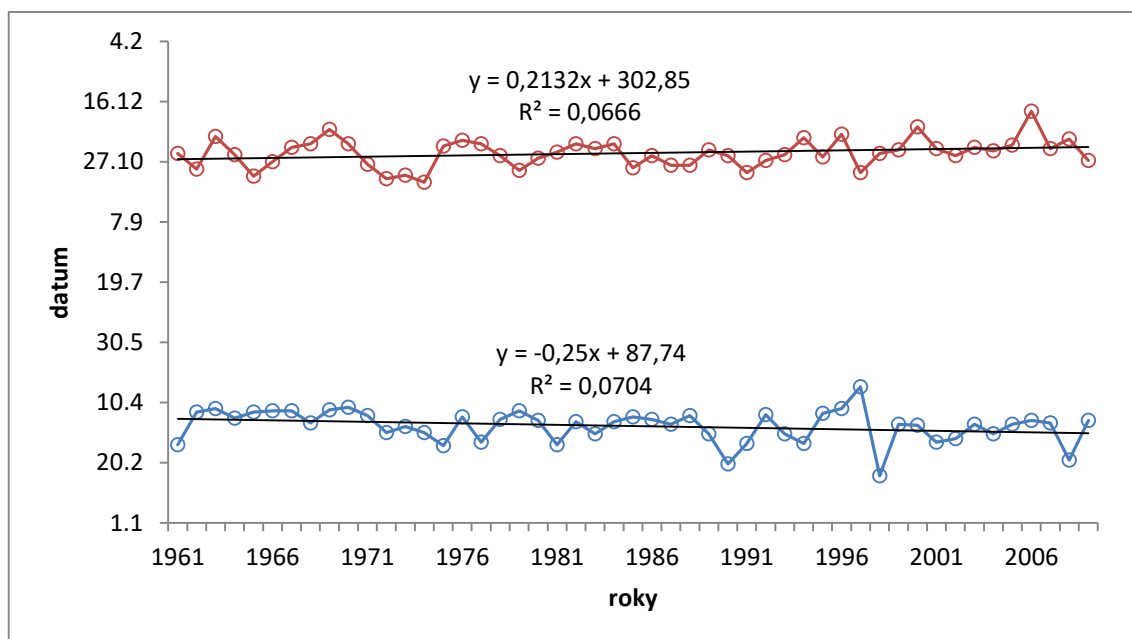
Na stanici Velké Meziříčí (Obr. 6) byla za sledované období 7,61 °C, s maximální hodnotou 9,05 °C v roce 1994 a minimální průměrnou teplotou 6,07 °C v roce 1965. Rovnice lineární regrese je $y = 0,0347x + 6,7418$. Z této rovnice lze vypočítat, že v roce 1961 byla průměrná teplota 6,78 °C a v roce 2010 byla průměrná teplota 8,44 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení průměrné roční teploty o 1,66 °C.



Obr. 6 Průměrná roční teplota vzduchu za období let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

5.1.2 Velké vegetační období (teplota nad 5 °C)

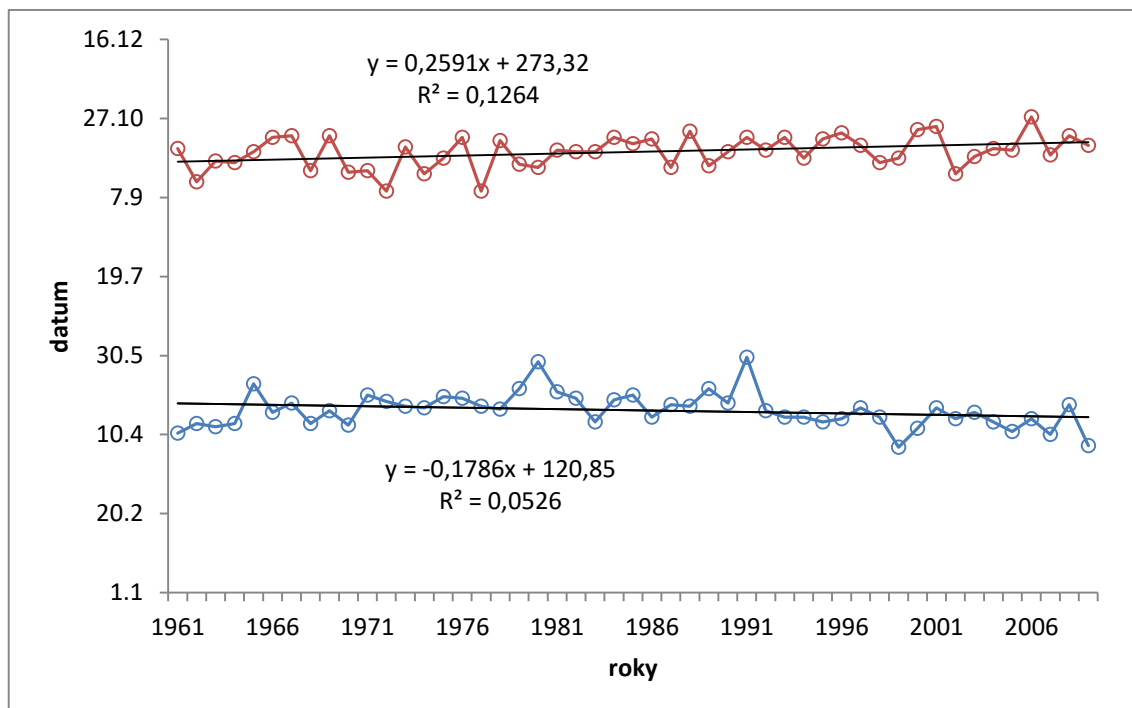
Začíná v průměru 21. 3. a končí 3. 11. (227 dní). Nejdéle VVO trvalo 268 dní a to v roce 1998 a 2008 naopak nejkratší bylo v roce 1997 a to 179 dní (Obr. 10). V roce 1961 začínalo toto období 27. 3. a končilo 29. 10. a v roce 2010 začínalo 15. 3. a končilo 8. 11. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 21 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 7), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 7 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) velkého vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

5.1.3 Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)

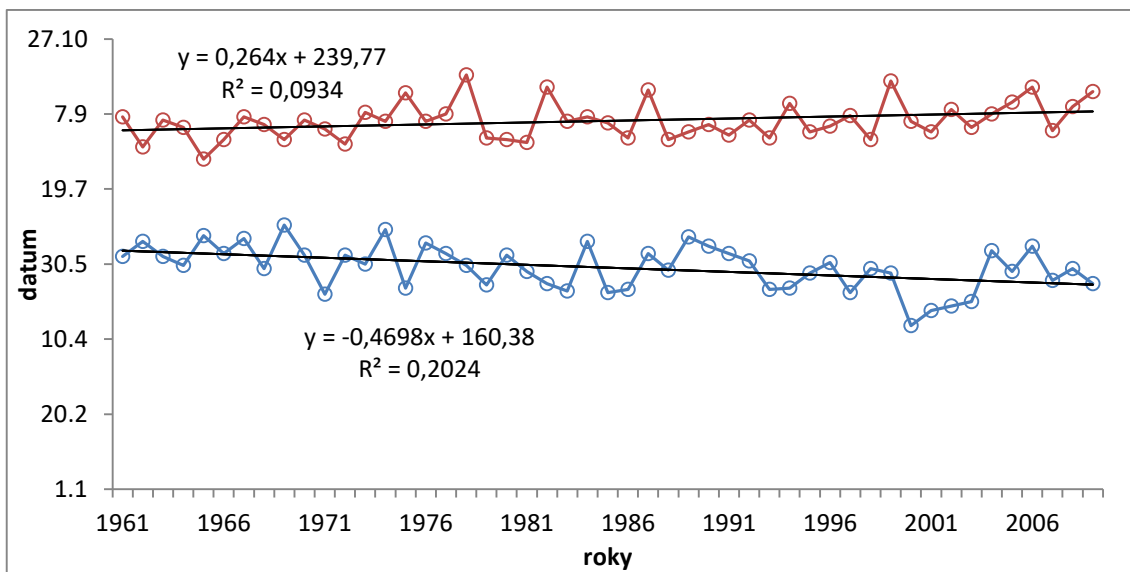
Začíná v průměru 25. 4. a končí 5. 10. (164 dní). Nejdéle HVO trvalo 192 dní a to v roce 2006 naopak nejkratší bylo v roce 1980 a to 124 dní (Obr. 10). V roce 1961 začínalo toto období 29. 4. a končilo 29. 9. a v roce 2010 začínalo 21. 4. a končilo 12. 10. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 22 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 8), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 8 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) hlavního vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

5.1.4 Vegetační léto (teplota nad 15 °C)

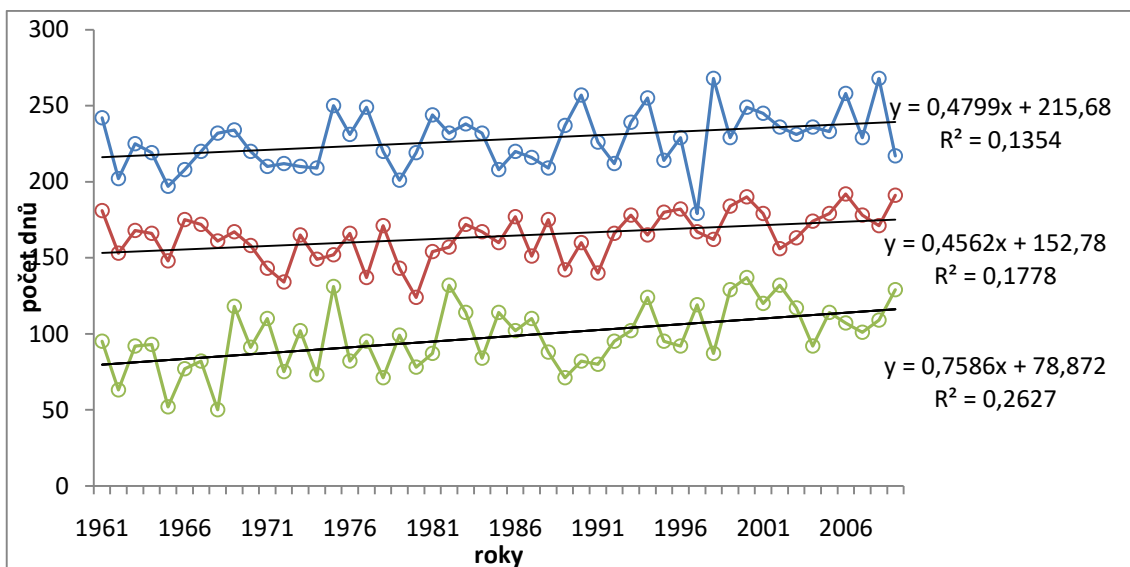
Začíná v průměru 27. 5. a končí 2. 9. (98 dní). Nejdéle VL trvalo 137 dní a to v roce 2000 naopak nejkratší bylo v roce 1968 a to 50 dní (Obr. 10). V roce 1961 začínalo toto období 7. 6. a končilo 27. 8. a v roce 2010 začínalo 16. 5. a končilo 8. 9. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 34 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 9), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 9 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) vegetačního léta v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

5.1.5 Délka trvání vegetačních období

Graf (Obr. 10) ukazuje trend prodlužování sledovaných vegetačních období. Nejvíce je zřejmý u vegetačního léta, které se za sledované období 50 let prodloužilo o 34 dní.



Obr. 10 Délka trvání ve dnech vegetačního léta (zelená), hlavního vegetačního období (červená), velkého vegetačního období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

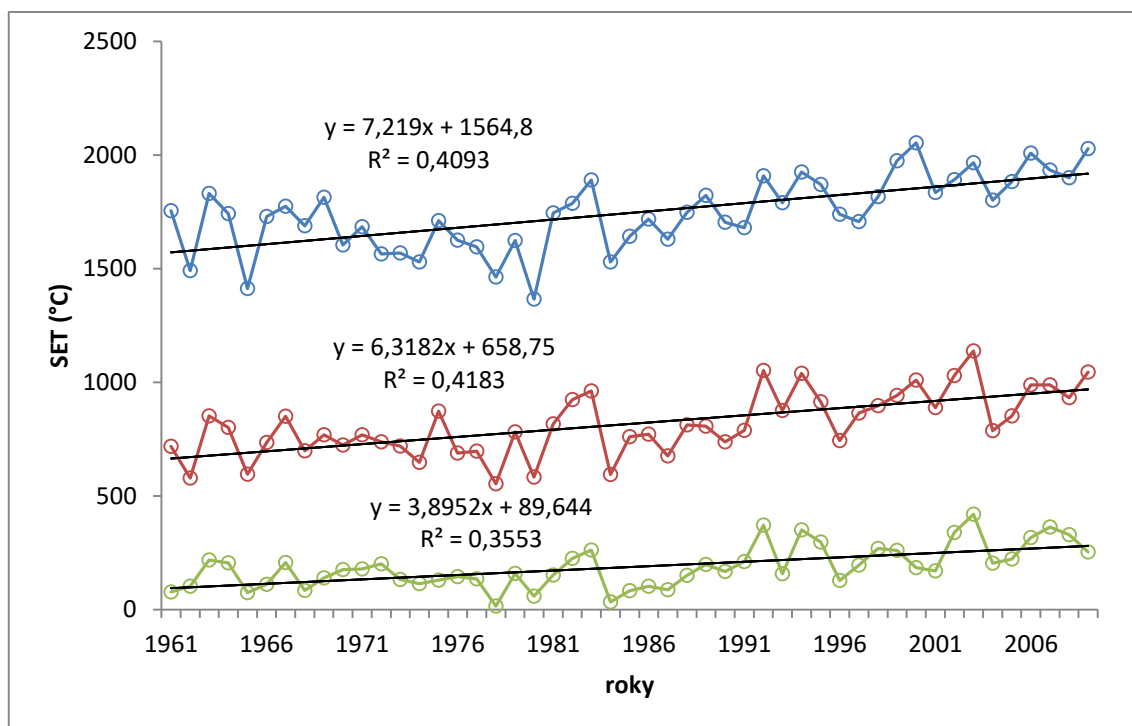
K podobnému výsledku dospěli i (Pokorný, 2011). Délka vegetačního léta se za sledované období 1960/1961 – 2009/2010 na stanici Zemědělského výzkumného ústavu v Kroměříži prodloužilo o 27 dní.

5.1.6 Sumy efektivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 1745 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1366 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 2053 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 11) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SET 1572 °C a v roce 2010 to bylo 1919 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 347 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SET.

SET pro hlavní vegetační období byly v průměru 817 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 554 °C dosáhly v roce 1978, nejvyšší 1138 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 11) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SET 665 °C a v roce 2010 to bylo 968 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 303 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SET.

SET pro vegetační léto byly v průměru 187 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 15 °C dosáhly v roce 1978, nejvyšší 420 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 11) pro vegetační léto v roce 1961 byla SET 94 °C a v roce 2010 to bylo 281 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 187 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SET.



Obr. 11 Sumy efektivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

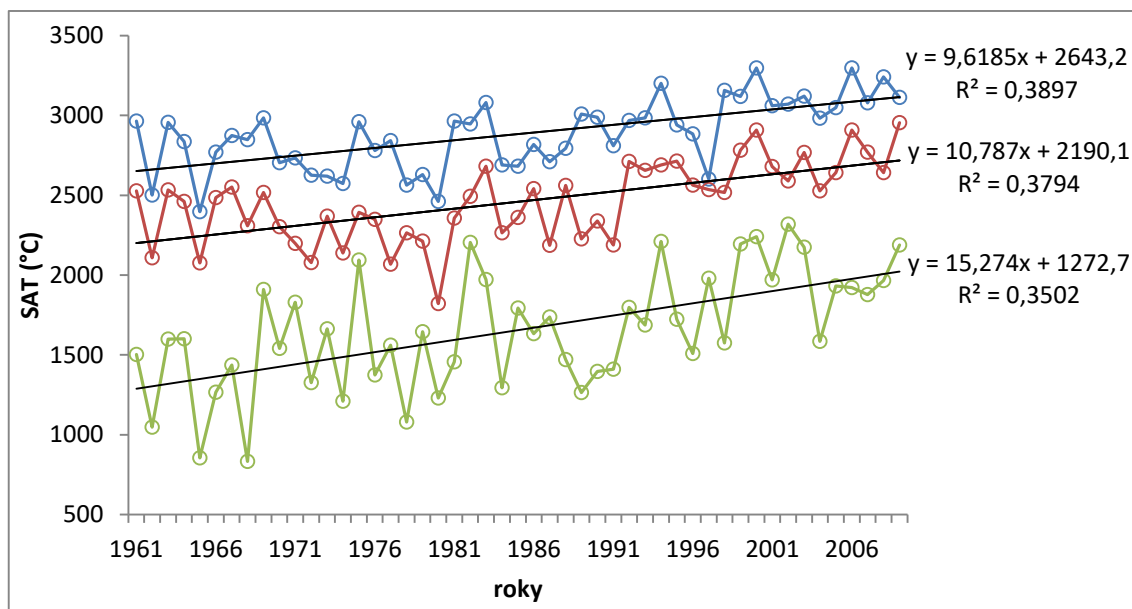
5.1.7 Sumy aktivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 2884 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 2397 °C dosáhly v roce 1964, nejvyšší 3298 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 12) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SAT 2653 °C a v roce 2010 to bylo 3115 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 462 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SAT.

SAT pro hlavní vegetační období byly v průměru 2460 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1822 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 2956 °C v roce 2010. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 12) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SAT 2201 °C a v roce 2010 to bylo 2719 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 518 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SAT.

SAT pro vegetační léto byly v průměru 1655 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 834 °C dosáhly v roce 1968, nejvyšší 2319 °C v roce 2002. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 12) pro vegetační léto v roce 1961 byla SAT 1288 °C a

v roce 2010 to bylo 2021 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 733 °C. Jedná se o statistický průkazné navyšování SAT.



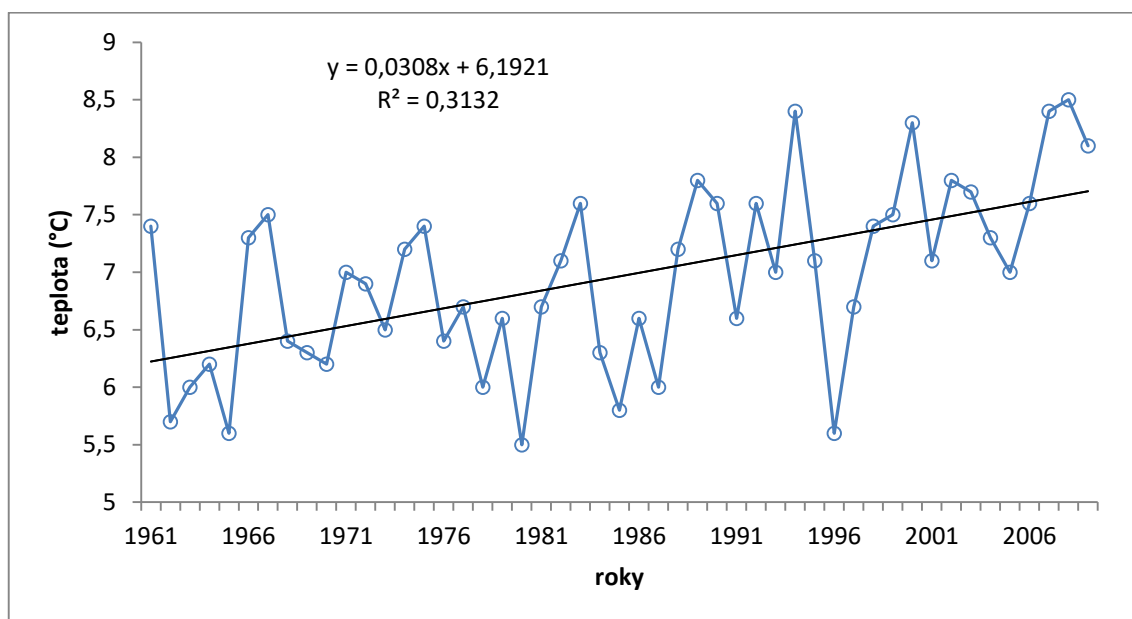
Obr. 12 Sumy aktivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Meziříčí.

5.2 Bystřice nad Pernštejnem

Meteorologická stanice Bystřice nad Pernštejnem (16°25' východní délky a 49°52' severní šířky a nadmořskou výškou 573 m.) patří mezi automatizované klimatologické stanice I. typu. Provádí se pozorování základních meteorologických prvků (teplota vzduchu, max. a min. teplota vzduchu, přízemní min. teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru). Měření je prováděno plně automatizovaně pomocí měřicích přístrojů (čidel) s intervalem záznamu 10 minut, u srážek s intervalem záznamu 1 minuta. Stanice je vybavena datovým přenosem. Pozorovatel doplňuje automatizovaná měření manuálním pozorováním (např. množství oblačnosti, stav počasí, stav půdy, apod.), sleduje a zapisuje meteorologické jevy a v zimním období měří sněhové charakteristiky klasickými přístroji. Stanice je v majetku (ČHMÚ, 2017).

5.2.1 Průměrná roční teplota

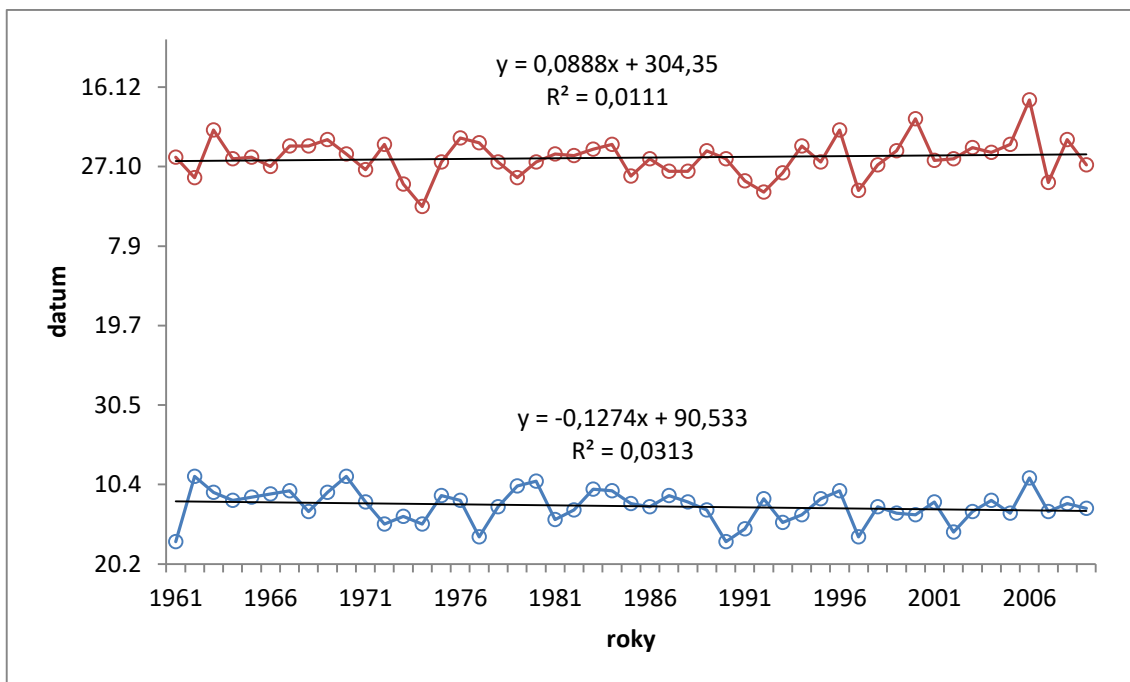
Na stanici Bystřice nad Pernštejnem (Obr. 13) byla za sledované období 6,96 °C, s maximální hodnotou 8,49 °C v roce 2008 a minimální průměrnou teplotou 5,46 °C v roce 1980. Rovnice lineární regrese je $y = 0,0308x + 6,1921$. Z této rovnice lze vypočítat, že v roce 1961 byla průměrná teplota 6,23 °C a v roce 2010 byla průměrná teplota 7,70 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení průměrné roční teploty o 1,47 °C.



Obr. 13 Průměrná roční teplota vzduchu za období let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.2.2 Velké vegetační období (teplota nad 5 °C)

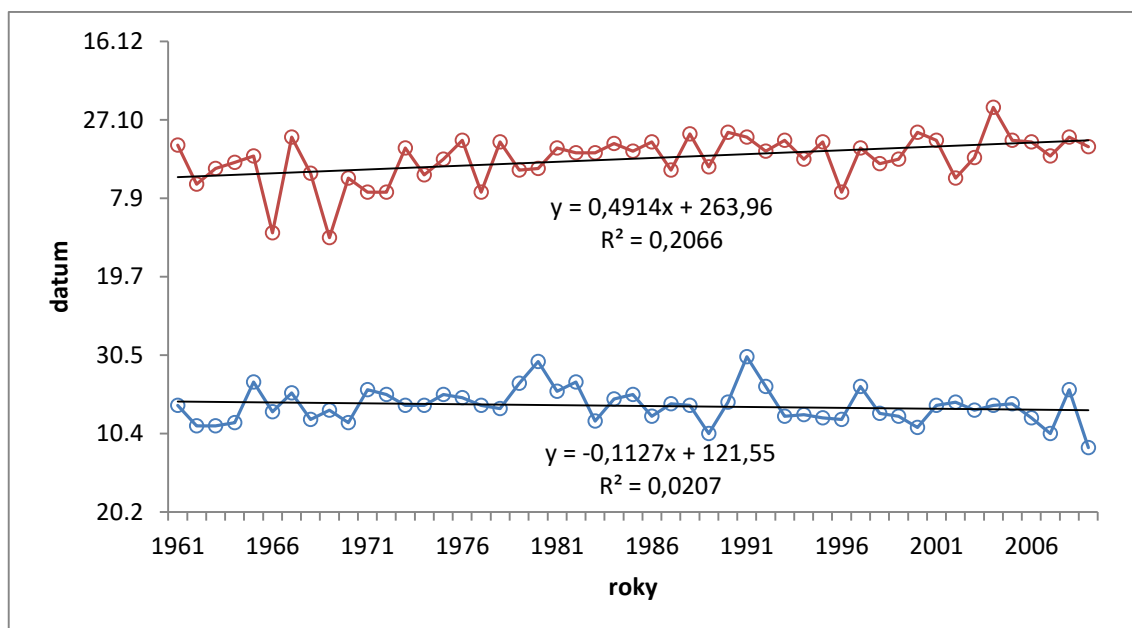
Začíná v průměru 27. 3. a končí 1. 11. (220 dní). Nejdéle VVO trvalo 250 dní a to v roce 2000 naopak nejkratší bylo v roce 1962 a to 189 dní (Obr. 17). V roce 1961 začínalo toto období 30. 3. a končilo 30. 10. a v roce 2010 začínalo 24. 3. a končilo 3. 11. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 10 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 14), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají). Více zřejmý je posun začátku vegetačního období do dřívějších dnů jarního období.



Obr. 14 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) velkého vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.2.3 Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)

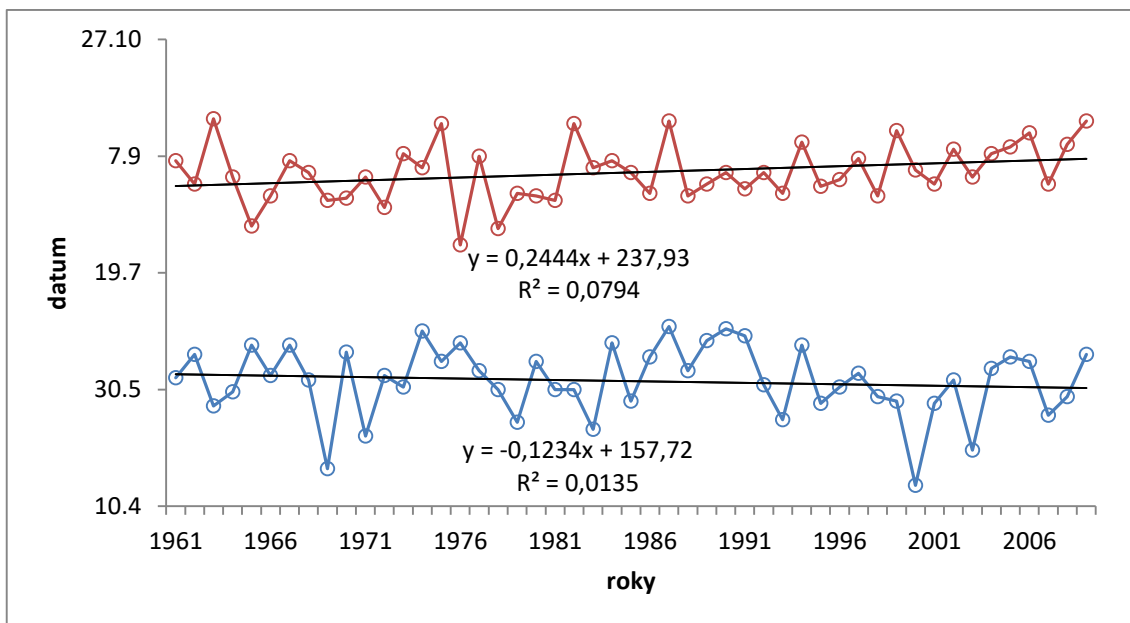
Začíná v průměru 27. 4. a končí 2. 10. (158 dní). Nejdéle HVO trvalo 193 dní a to v roce 2010 naopak nejkratší bylo v roce 1980 a to 124 dní (Obr. 17). V roce 1961 začínalo toto období 30. 4. a končilo 20. 9. a v roce 2010 začínalo 25. 4. a končilo 14. 10. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 28 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 15), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 15 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) hlavního vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.2.4 Vegetační léto (teplota nad 15 °C)

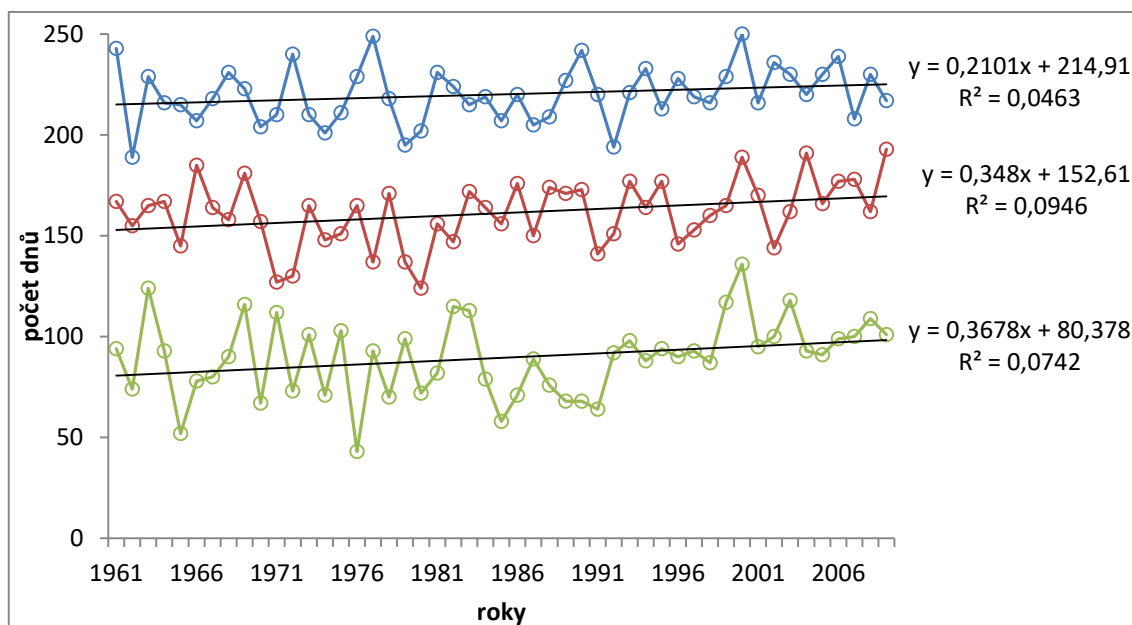
Začíná v průměru 2. 6. a končí 31. 8. (90 dní). Nejdéle VL trvalo 136 dní a to v roce 2000 naopak nejkratší bylo v roce 1976 a to 43 dní (Obr. 17). V roce 1961 začínalo toto období 5. 6. a končilo 25. 8. a v roce 2010 začínalo 30. 5. a končilo 6. 9. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 18 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 16), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 16 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) vegetačního léta období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.2.5 Délka trvání vegetačních období

Graf (Obr. 17) ukazuje trend prodlužování sledovaných vegetačních období. Nejvíce se prodloužila délka hlavního vegetačního období. Za sledované období 50 let o 28 dní.



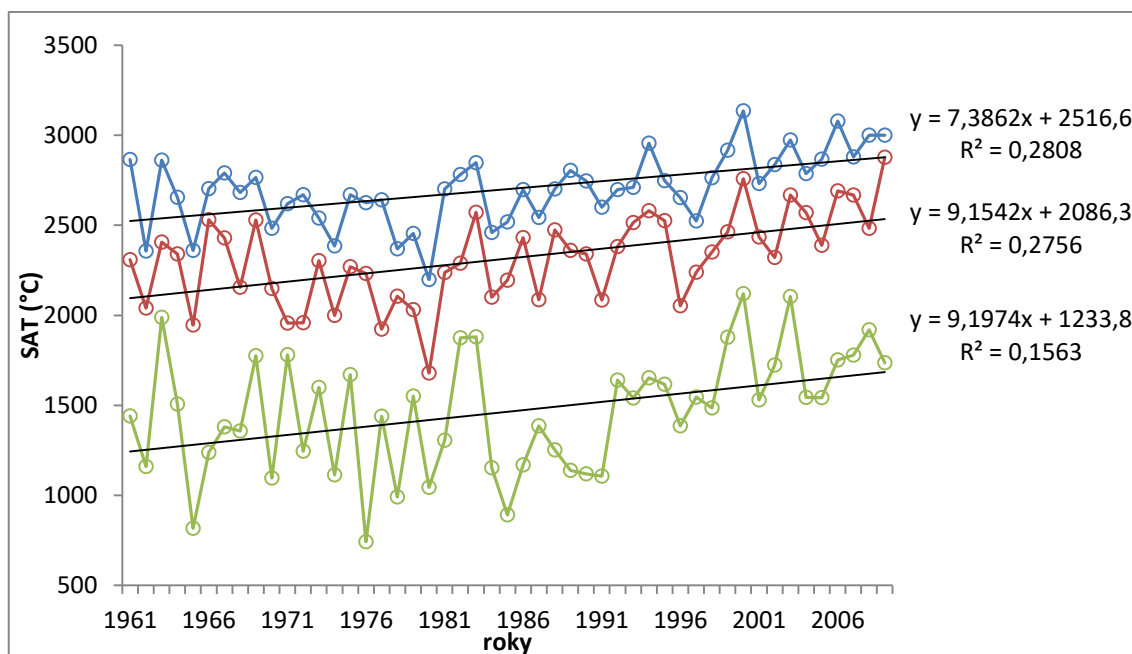
Obr. 17 Délka trvání ve dnech vegetačního léta (zelená), hlavního vegetačního období (červená), velkého vegetačního období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.2.6 Sumy aktivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 2884 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 2199 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 3135 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 18) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SAT 2524 °C a v roce 2010 to bylo 2879 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 355 °C.

SAT pro hlavní vegetační období byly v průměru 2315 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1680 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 2878 °C v roce 2010. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 18) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SAT 2095 °C a v roce 2010 to bylo 2535 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 440 °C.

SAT pro vegetační léto byly v průměru 1464 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 742 °C dosáhly v roce 1976, nejvyšší 2121 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 18) pro vegetační léto v roce 1961 byla SAT 1243 °C a v roce 2010 to bylo 1685 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 442 °C.



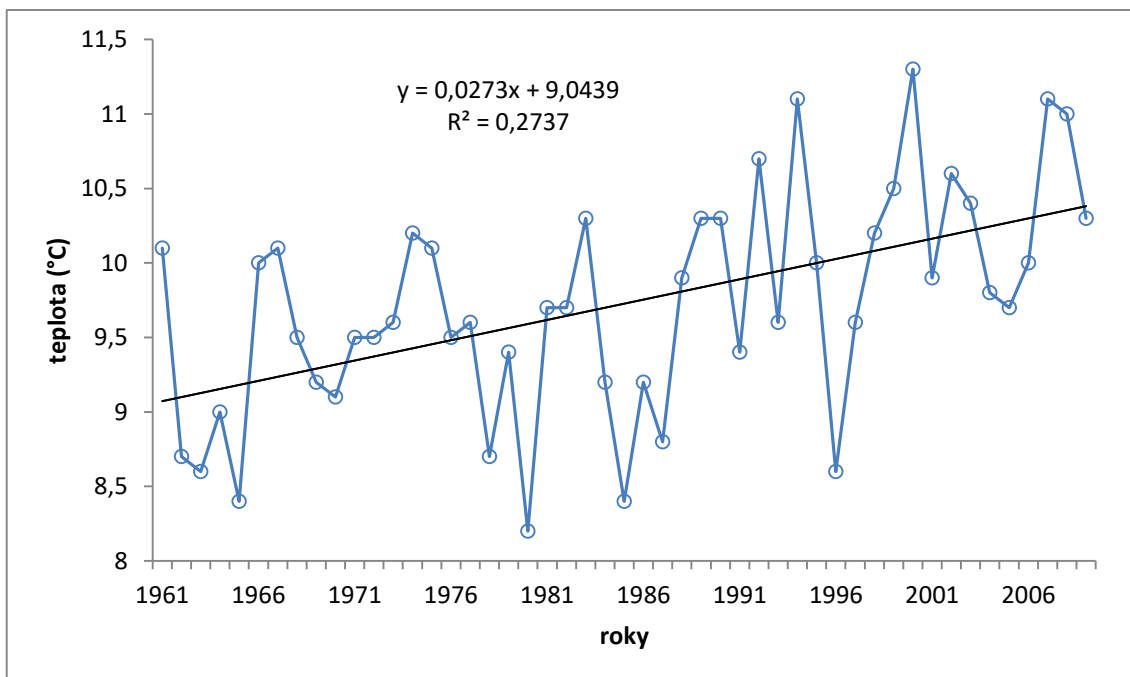
Obr. 18 Sumy aktivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Bystřice nad Pernštejnem.

5.3 Velké Pavlovice

Meteorologická stanice Velké Pavlovice (16°82' východní délky a 48°91' severní šířky a nadmořskou výškou 196 m.) patří dobrovolnické klimatologické stanice, jejichž činnost je popsána výše (viz. část - Klimatologické stanice).

5.3.1 Průměrná roční teplota

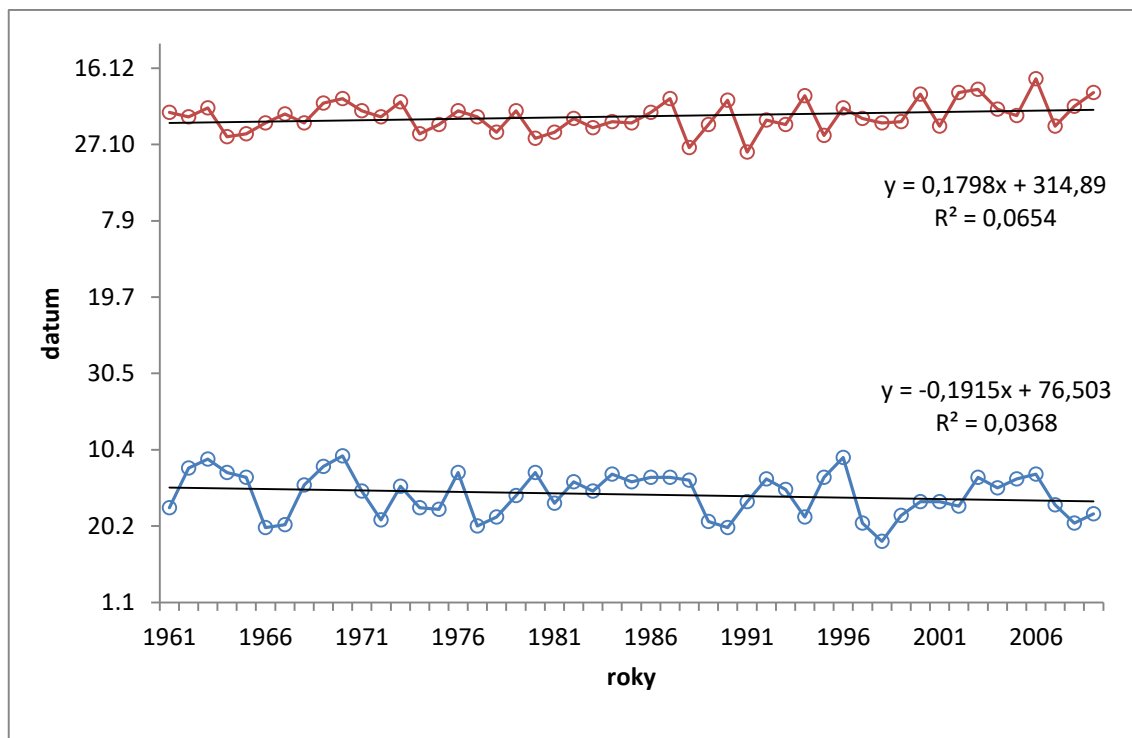
Na stanici Velké Pavlovice (Obr. 19) byla za sledované období 9,73 °C, s maximální hodnotou 11,25 °C v roce 2000 a minimální průměrnou teplotou 8,25 °C v roce 1980. Rovnice lineární regrese je $y = 0,0273x + 9,0439$. Z této rovnice lze vypočítat, že v roce 1961 byla průměrná teplota 9,07 °C a v roce 2010 byla průměrná teplota 10,38 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení průměrné roční teploty o 1,31 °C.



Obr. 19 Průměrná roční teplota vzduchu za období let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.3.2 Velké vegetační období (teplota nad 5 °C)

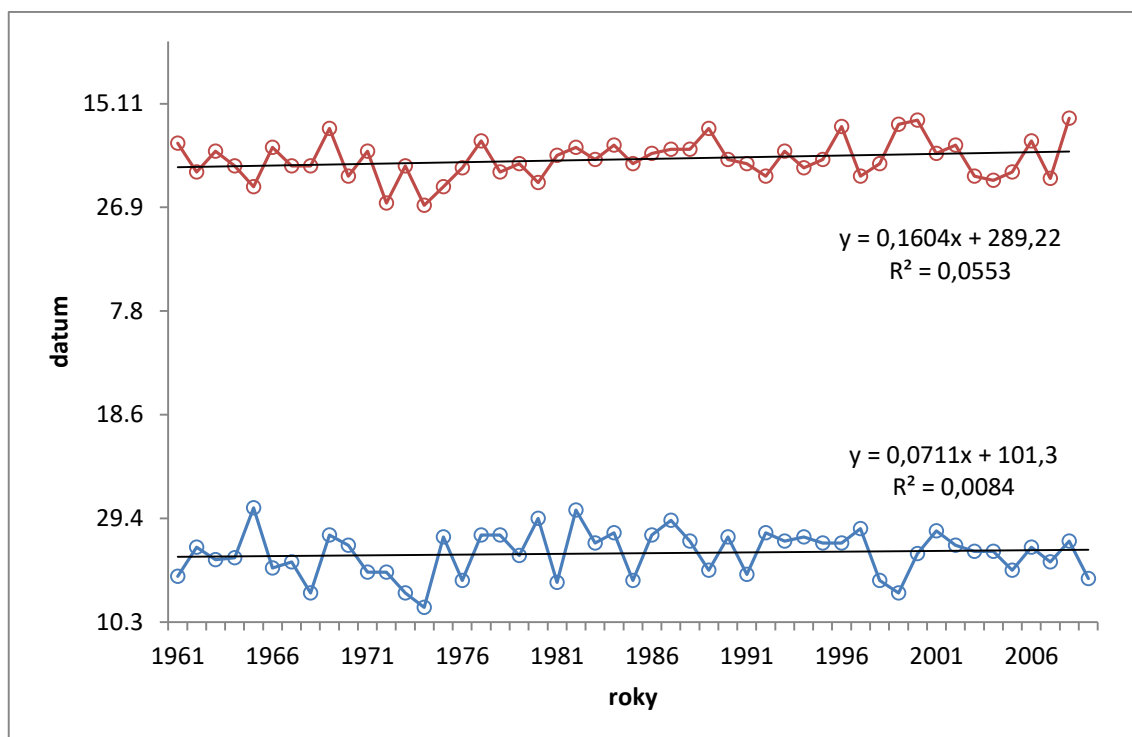
Začíná v průměru 11. 3. a končí 14. 11. (248 dní). Nejdéle VVO trvalo 281 dní v roce 1990, naopak nejkratší bylo v roce 1988 a to 219 dní (Obr. 23). V roce 1961 začínalo toto období 16. 3. a končilo 10. 11. a v roce 2010 začínalo 7. 3. a končilo 18. 11. Doba velkého vegetačního období se tak prodloužila za 50 let o 18 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 20), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



Obr. 20 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) velkého vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.3.3 Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)

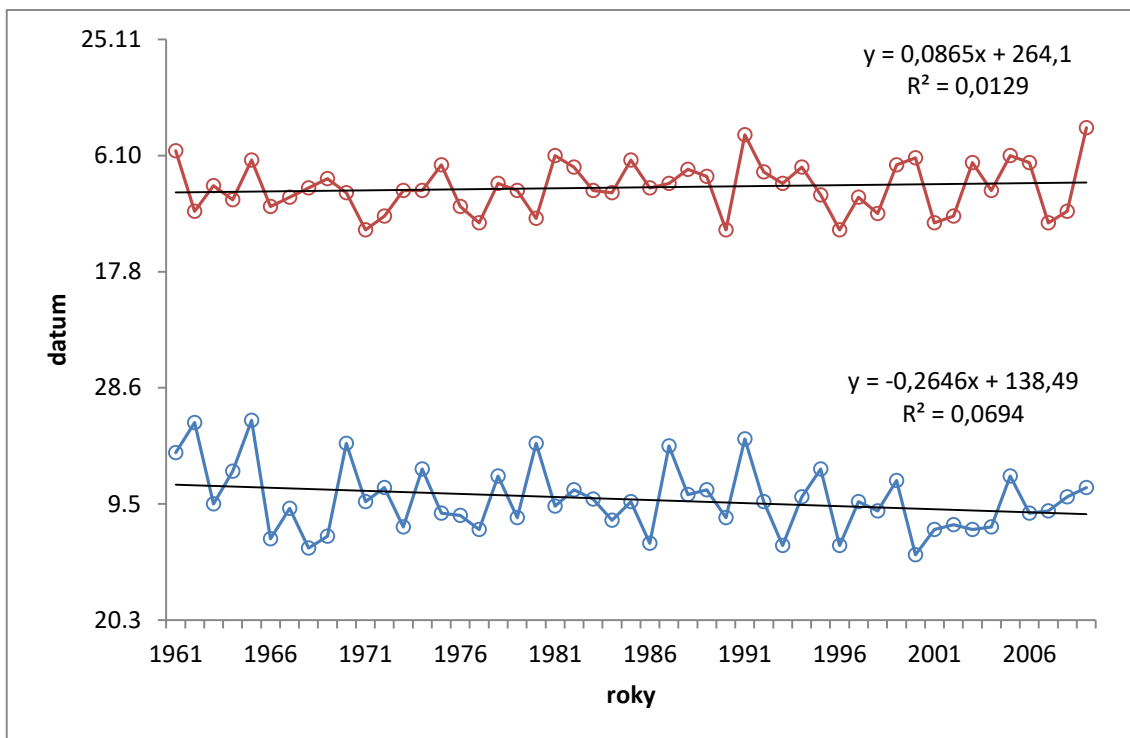
Začíná v průměru 12. 4. a končí 19. 10. (191 dní). Nejdéle HVO trvalo 227 dní a to v roce 1999 naopak nejkratší bylo v roce 1965 a to 156 dní (Obr. 23). V roce 1961 začínalo toto období 10. 4. a končilo 15. 10. a v roce 2010 začínalo 13. 4. a končilo 23. 10. Doba hlavního vegetačního období se tak prodloužila za 50 let o 5 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese) (Obr. 21).



Obr. 21 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) hlavního vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.3.4 Vegetační léto (teplota nad 15 °C)

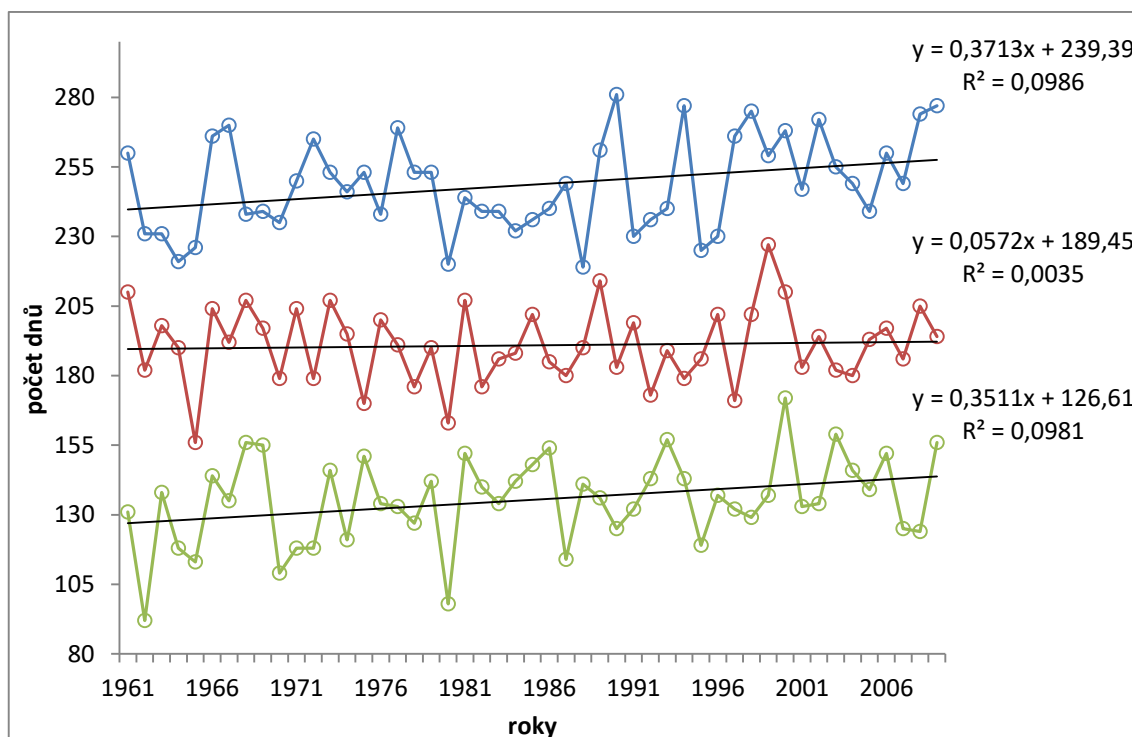
Začíná v průměru 10. 5. a končí 22. 9. (135 dní). Nejdéle VL trvalo 172 dní a to v roce 2000 naopak nejkratší bylo v roce 1962 a to 92 dní (Obr. 23). V roce 1961 začínalo toto období 17. 5. a končilo 20. 9. a v roce 2010 začínalo 4. 5. a končilo 24. 9. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 17 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 22), kdy se lineární spojnice trendu nástupu VL posouvá rychleji k dřívějším datům než lineární spojnice trendu konce VL.



Obr. 22 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) vegetačního léta v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.3.5 Délka trvání vegetačních období

Graf (Obr. 23) ukazuje trend délky sledovaných vegetačních období. Nejvíce se prodloužilo velké vegetační období, které se za sledované období 50 let prodloužilo o 18 dní. Dále se prodloužila délka vegetačního léta o 17 dní za sledované období. Délka hlavního vegetačního období se prodloužilo o 5 dní. Podobných výsledků bylo zjištěno v práci (Potopová et al., 2014), kdy se za sledované období let 1961 – 2011 prodloužila délka velkého vegetačního období o 15 dní, hlavního vegetačního období o 11 dní a vegetačního léta o 5 dní.



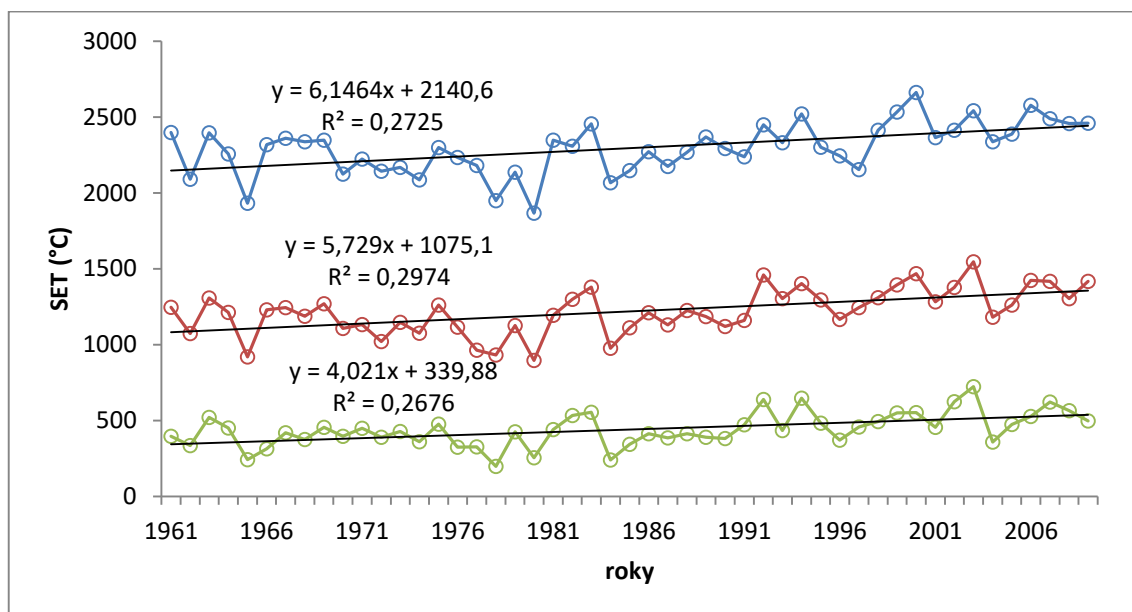
Obr. 23 Délka trvání ve dnech vegetačního léta (zelená), hlavního vegetačního období (červená), velkého vegetačního období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.3.6 Sumy efektivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 2294 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1867 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 2662 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 24) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SET 2147 °C a v roce 2010 to bylo 2442 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 295 °C.

SET pro hlavní vegetační období byly v průměru 1218 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 896 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 1545 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 24) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SET 1081 °C a v roce 2010 to bylo 1356 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 275 °C.

SET pro vegetační léto byly v průměru 440 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 198 °C dosáhly v roce 1978, nejvyšší 723 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 24) pro vegetační léto v roce 1961 byla SET 343 °C a v roce 2010 to bylo 537 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 194 °C.



Obr. 24 Sumy efektivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

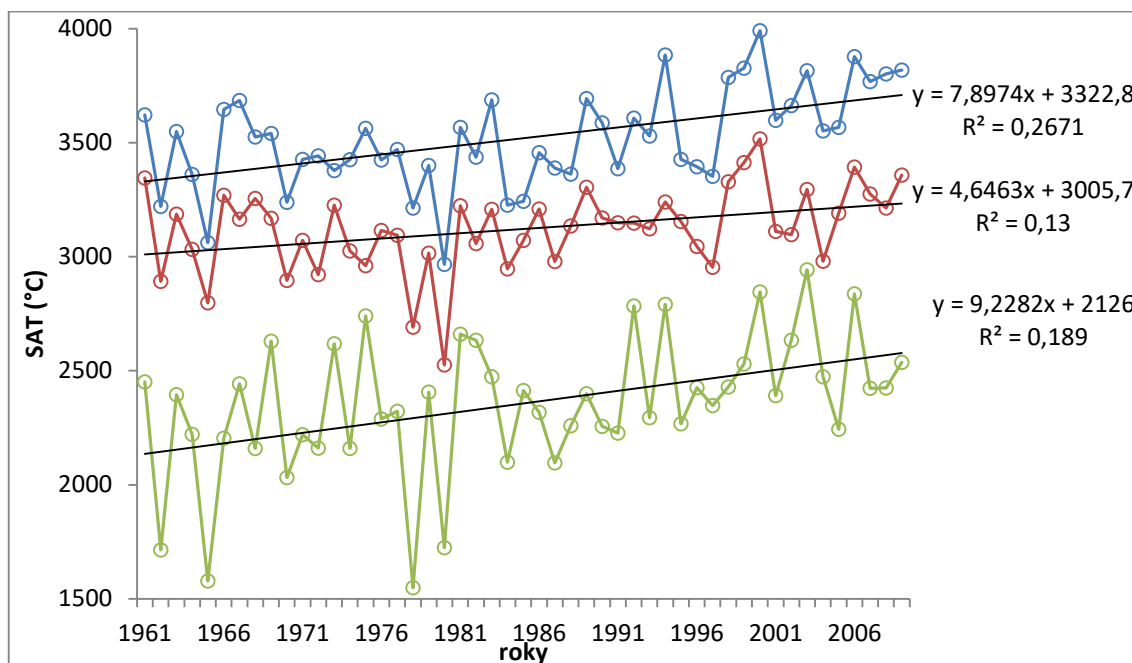
5.3.7 Sumy aktivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 3520 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 2967 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 3992 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 25) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SAT 3331 °C a v roce 2010 to bylo 3710 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 379 °C.

SAT pro hlavní vegetační období byly v průměru 3122 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 2526 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 3518 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 25) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SAT 3010 °C a v roce 2010 to bylo 3233 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 223 °C. Zjištěná průměrná hodnota SAT je ve shodě s (Rožnovský et al., 2010), zmíněné již výše (Obr. 2).

SAT pro vegetační léto byly v průměru 2357 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1548 °C dosáhly v roce 1978, nejvyšší 2943 °C v roce 2003. Podle rovnice

lineární regrese v grafu (Obr. 25) pro vegetační léto v roce 1961 byla SAT 2135 °C a v roce 2010 to bylo 2578 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 443 °C.



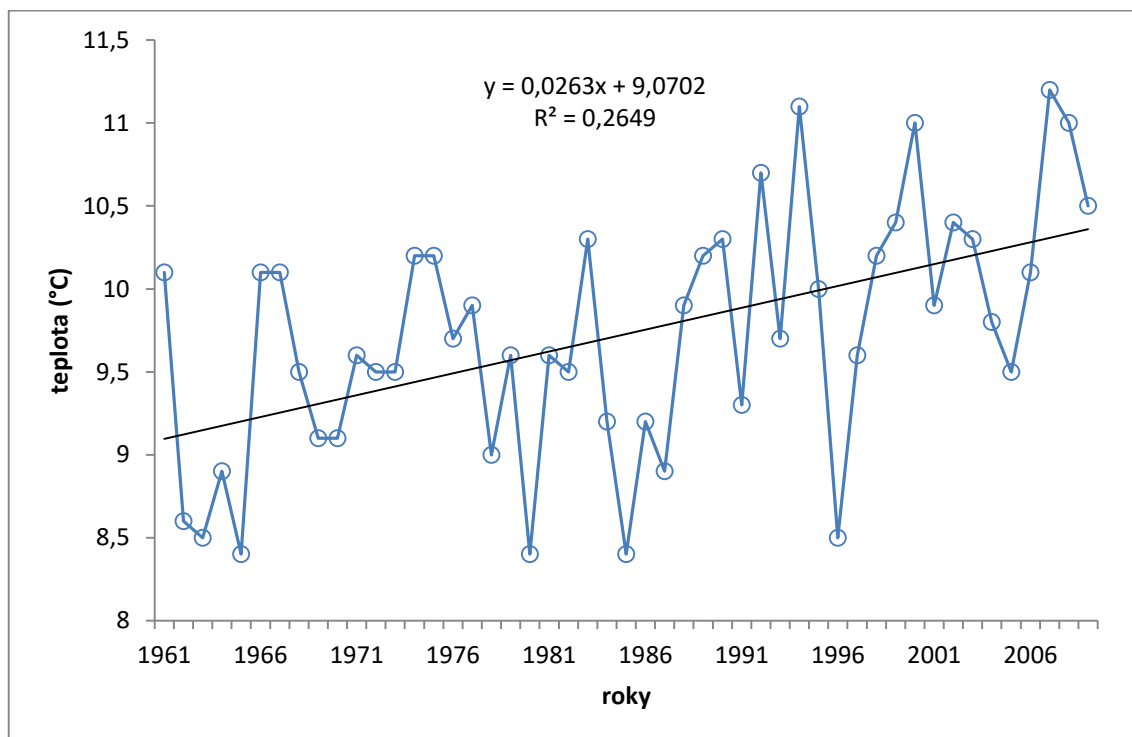
Obr. 25 Sumy aktivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Velké Pavlovice.

5.4 Lednice

Meteorologická stanice Lednice (16°79' východní délky a 48°79' severní šířky a nadmořskou výškou 177 m.) patří mezi automatizované klimatologické stanice II. typu. Tyto stanice měří všechny meteorologické prvky jako stanice manuální. Měření se však provádí pomocí automatických přístrojů (čidel) s intervalem záznamu 10 minut, u srážek s intervalem záznamu 1 minuta. Stanice jsou vybaveny datovým přenosem. Pozorovatel zajišťuje manuální pozorování stejně jako na manuálních klimatologických stanicích (např. množství oblačnosti, stav půdy, apod.), sleduje a zapisuje meteorologické jevy a v zimním období měří sněhové charakteristiky klasickými přístroji (ČHMÚ, 2017).

5.4.1 Průměrná roční teplota

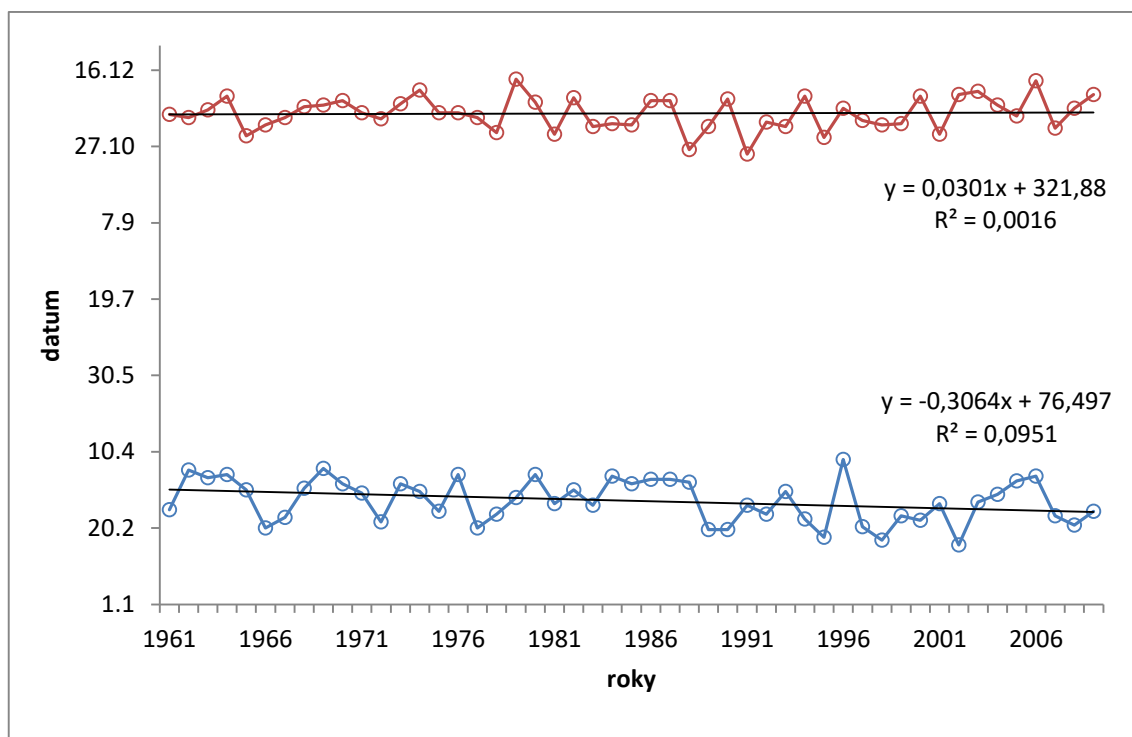
Na stanici Lednice (Obr. 26) byla za sledované období 9,73 °C, s maximální hodnotou 11,23 °C v roce 2007 a minimální průměrnou teplotou 8,35 °C v roce 1965. Rovnice lineární regrese je $y = 0,0263x + 9,0702$. Z této rovnice lze vypočíst, že v roce 1961 byla průměrná teplota 9,10 °C a v roce 2010 byla průměrná teplota 10,36 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení průměrné roční teploty o 1,26 °C.



Obr. 26 Průměrná roční teplota vzduchu za období let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.

5.4.2 Velké vegetační období (teplota nad 5 °C)

Začíná v průměru 9. 3. a končí 28. 11. (255 dní). Nejdéle VVO trvalo 296 dní v roce 2002, naopak nejkratší bylo v roce 1988 a to 219 dní (Obr. 32). V roce 1961 začínalo toto období 16. 3. a končilo 16. 11. a v roce 2010 začínalo 1. 3. a končilo 18. 11. Doba velkého vegetačního období se tak prodloužila za 50 let o 16 dní (vypočteno z rovnic lineární regrese). Tento trend prodlužujícího se vegetačního období je vidět i na grafu (Obr. 27), kdy se lineární spojnice trendu nástupu a konce vegetačního období od sebe rozcházejí (rozevírají).



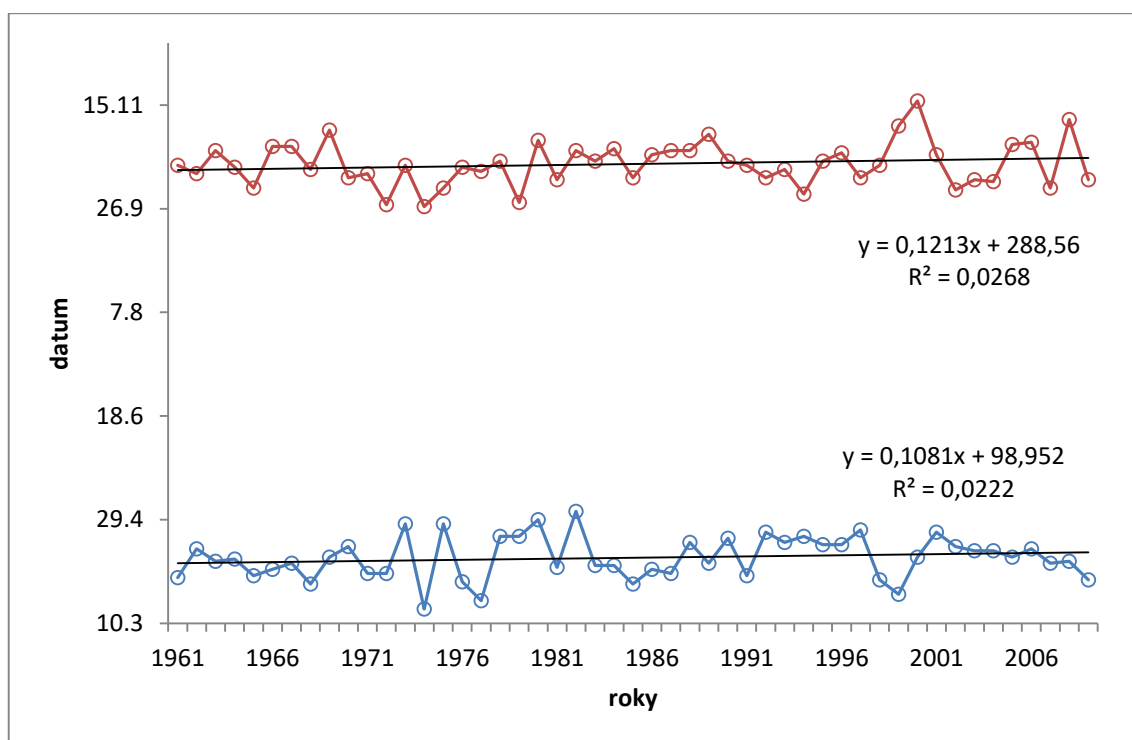
Obr. 27 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) velkého vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.

5.4.3 Hlavní vegetační období (teplota nad 10 °C)

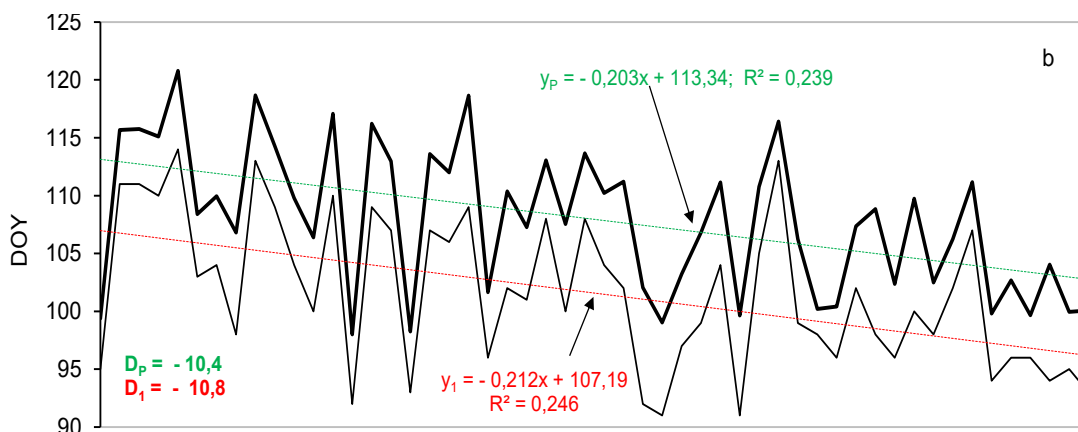
Začíná v průměru 11. 4. a končí 18. 10. (191 dní). Nejdéle HVO trvalo 227 dní a to v roce 1999 naopak nejkratší bylo v roce 1979 a to 162 dní (Obr. 32). V roce 1961 začínalo toto období 8. 4. a končilo 14. 10. a v roce 2010 začínalo 13. 4. a končilo 20. 10. Doba vegetačního léta se tak prodloužila za 50 let o 1 den (vypočteno z rovnic lineární regrese), což není nikterak statisticky významné. Čeho si lze povšimnout v grafu (Obr. 28) je akorát posunutí tohoto období (začíná a končí později v průběhu roku).

Průměrná doba nástupu hlavního vegetačního období je ve shodě s dobou pro fenofázi FLD – First Laying Date, což je termín pro absolutně první snesené vejce v celé populaci sýkory koňadry (*Parus major*). Ta svoje absolutně první vejce (Bauer et al., 2014) klade 101,6. den v roce, tedy 12. 4. (Obr. 29). Dále si lze na tomto grafu všimnout postupného uspořádání kladení vajec sýkorou koňadrou a to o 10,8 dne dříve v průběhu roku za pozorované období 52 let. Toto je však v rozporu se zjištěním uvedeným o odstavci výše, že se začátek vegetačního období spíše oddaluje. Avšak vysvětlení můžeme hledat ve zvyšujících se sumách efektivních teplot (SET) pro hlavní

vegetační období, které v průměru každoročně rostou (Obr. 33). Dále pro určení začátku vegetačního období byly brány dny jdoucí za sebou bez přerušení (minimálně 6 dnů). Z toho důvodu bylo v některých letech dostatek dnů nad stanovený teplotní práh ještě před začátkem tohoto vegetačního období, které mohly sýkory využít k začátku kladení vajec.



Obr. 28 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) hlavního vegetačního období v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.



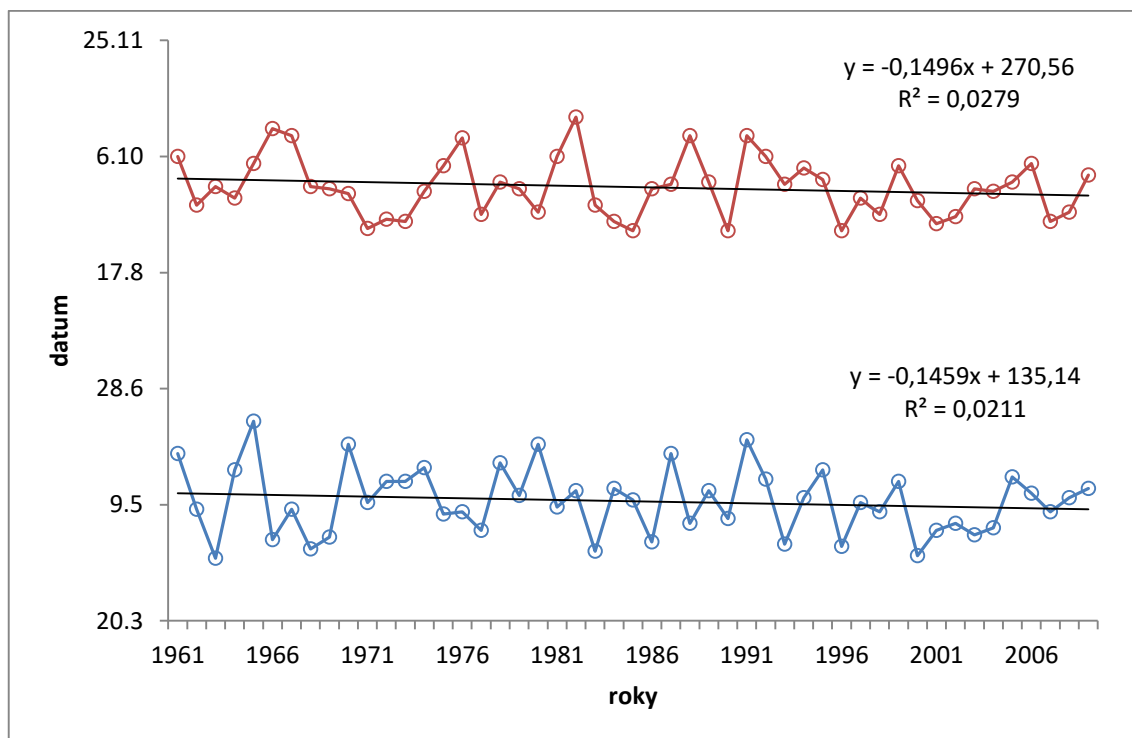
Obr. 29 Fenologické změny u sýkory koňadry (*Parus major*) během let 1961-2012 v lokalitě Lednice. Tenká čára odpovídá fenofázi FLD (první nakladené vejce). Tlustá čára odpovídá fenofázi MLD (průměrné první nakladené vejce v celé populaci). DOY (zkratka pro anglický význam Day Of Year) na ose Y znázorňuje dny v roce. D_1 znázorňuje změnu ve fenofázi FLD (ve dnech) v roce 2012 oproti roku 1961 (vypočteno z rovnice lineární regrese). D_p znázorňuje změnu v MLD (ve dnech) v roce 2012 oproti roku 1961 (vypočteno z rovnice lineární regrese). Zdroj: (Bauer et al., 2014)

5.4.4 Vegetační léto (teplota nad 15 °C)

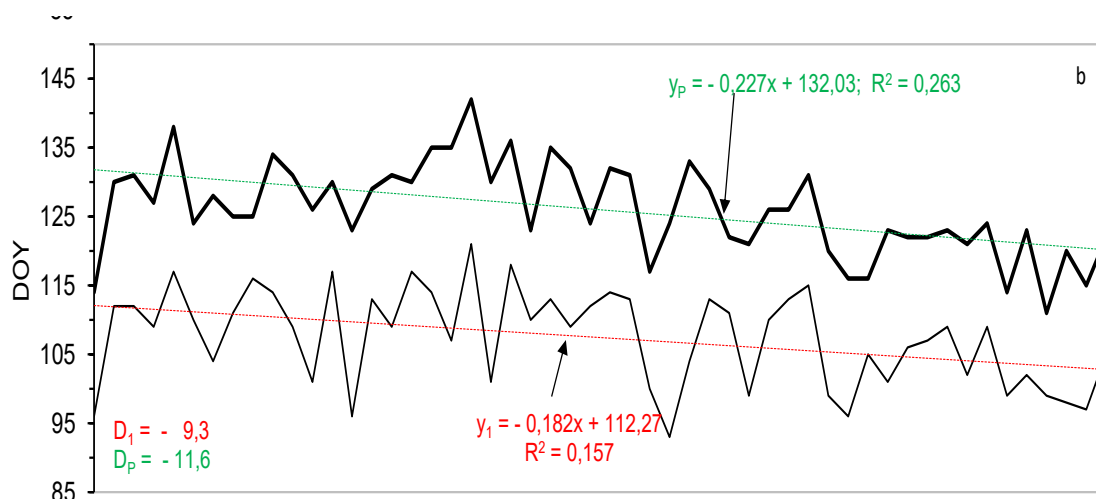
Začíná v průměru 11. 5. a končí 23. 9. (136 dní). Nejdéle VL trvalo 178 dní a to v roce 1966 naopak nejkratší bylo v roce 1980 a to 101 dní (Obr. 32). V roce 1961 začínalo toto období 14. 5. a končilo 26. 9. a v roce 2010 začínalo 7. 5. a končilo 19. 9. Doba trvání vegetačního léta tak zůstala beze změny (vypočteno z rovnic lineární regrese), dále tento graf (Obr. 30) poukazuje na posun VL do dřívějšího období v roce a to o 7 dní (konec je taktéž posunut o 7 dní).

Podle práce (Bauer et al., 2014) nastupuje u dubu letního (*Quercus robur*) fenofáze plné olistění (ukončení vývoje a růstu listů) v průměru 126. den v roce, tedy 6. 5. (Obr. 31). Toto datum se velmi blíží datu průměrného nástupu vegetačního léta na bioklimatologické stanici Lednice, které připadá na 131. den v roce, tedy 11. 5. Dále si lze povšimnout postupného uspořádání v nástupu jednotlivých fenofází dubu letního (fenofáze vyrašení pupenů – o 9,3 dne dříve a plné olistění – o 10,6 dne dříve) v průběhu roku za pozorované období 52 let. Trend postupného posouvání fenofáze plné olistění do dřívějších dní v roce je ve shodě se zjištěním této diplomové práce (posunutí nástupu vegetačního léta o 7 dní), viz. odstavec výše. Desítky rostlinných druhů pro ČR

byly zpracovány v práci – Atlas fenologických poměrů Česka (Hájková et al., 2012).
 Výsledky jsou v souladu s námi dosaženými závěry.



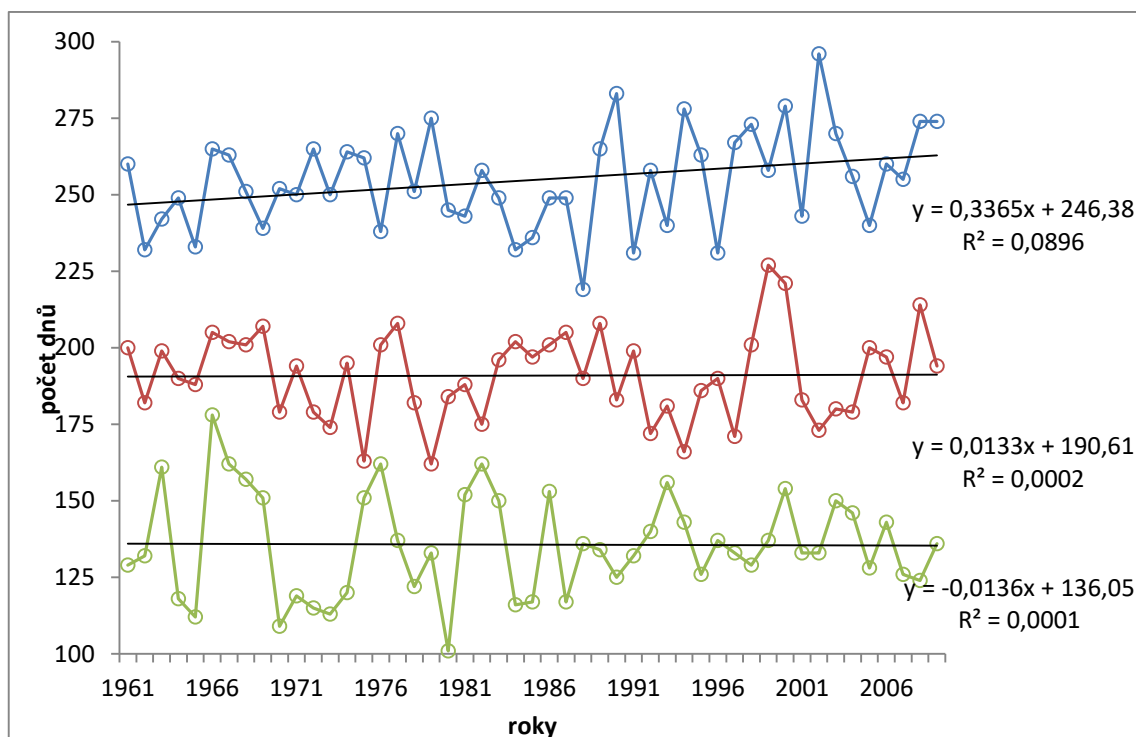
Obr. 30 Datum nástupu (modrá čára) a datum konce (červená čára) vegetačního léta v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.



Obr. 31 Fenologické změny dubu letního (*Quercus robur*) během let 1961-2012 v lokalitě Lednice. Tenká čára odpovídá fenofázi vyrašení pupenů. Tlustá čára odpovídá fenofázi plné olistění. DOY (zkratka pro anglický význam the Day Of the Year) na ose Y znázorňuje dny v roce. D_1 znázorňuje změnu ve fenofázi první květ (ve dnech) v roce 2012 oproti roku 1961 (vypočteno z rovnice lineární regrese). D_p znázorňuje změnu ve fenofázi plné olistění (ve dnech) v roce 2012 oproti roku 1961 (vypočteno z rovnice lineární regrese). Zdroj: (Bauer et al., 2014)

5.4.5 Délka trvání vegetačních období

Graf (Obr. 32) ukazuje trend délky sledovaných vegetačních období. K jedinému prodloužení nastalo u velkého vegetačního období, které se za sledované období 50 let prodloužilo o 16 dní. U hlavního vegetačního období a u vegetačního léta nedošlo k statisticky významným změnám v délkách trvání.



Obr. 32 Délka trvání ve dnech vegetačního léta (zelená), hlavního vegetačního období (červená), velkého vegetačního období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.

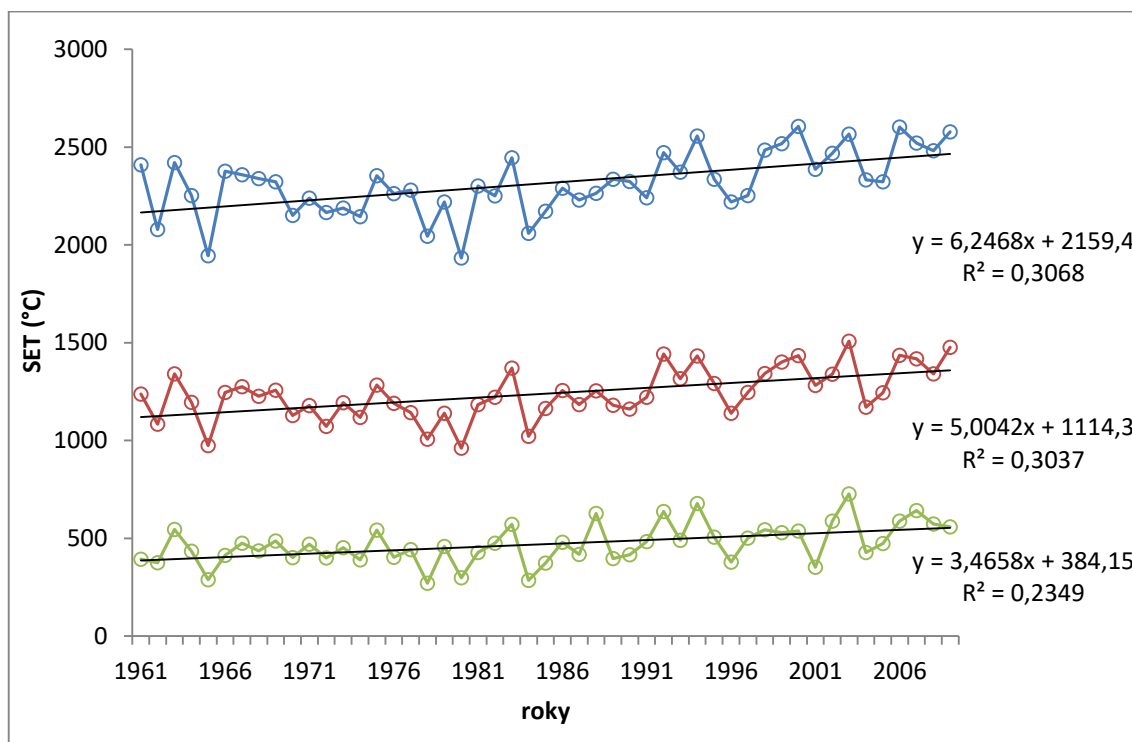
5.4.6 Sumy efektivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 2315 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1933 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 2605 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 33) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SET 2166 °C a v roce 2010 odpovídala 2465 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 299 °C.

SET pro hlavní vegetační období byly v průměru 1239 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 961 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 1507 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 33) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SET 1119 °C a v roce 2010 odpovídala 1360 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 241 °C.

SET pro vegetační léto byly v průměru 470 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 271 °C dosáhly v roce 1978, nejvyšší 727 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 33) pro vegetační léto v roce 1961 byla SET 388 °C a

v roce 2010 odpovídala 554 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 166 °C.



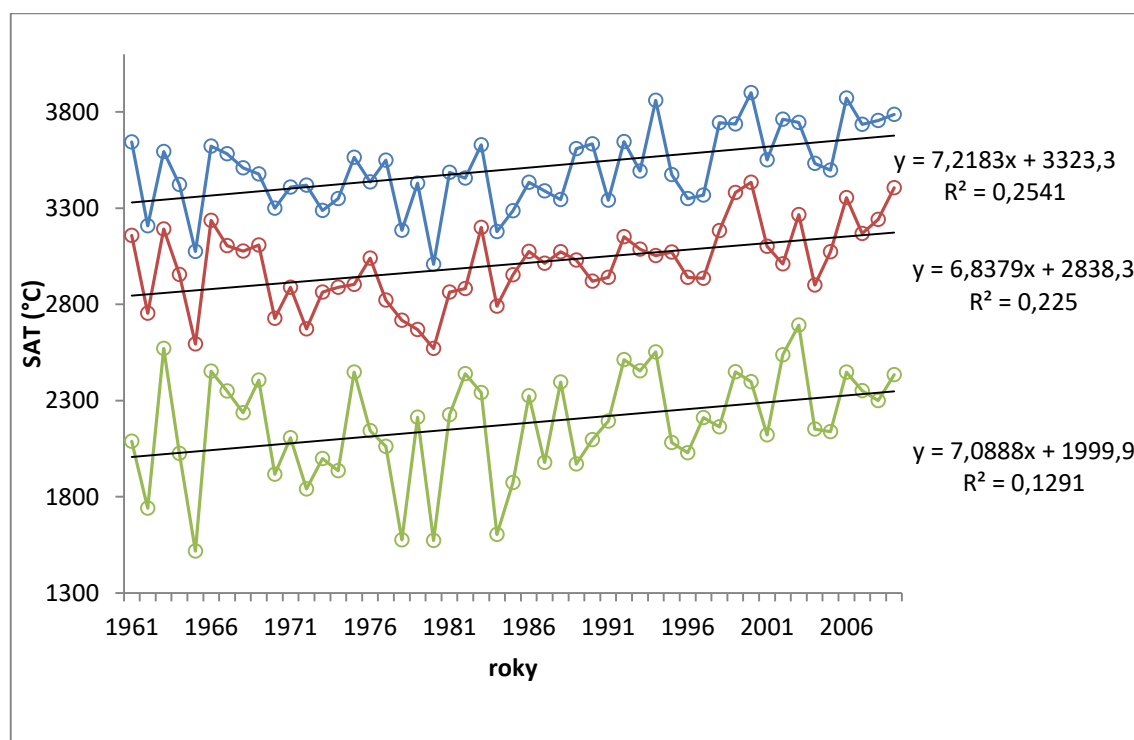
Obr. 33 Sumy efektivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.

5.4.6 Sumy aktivních teplot

Pro velké vegetační období byly v průměru 3557 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 3008 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 3900 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 34) pro velké vegetační období v roce 1961 byla SAT 3330 °C a v roce 2010 odpovídala 3677 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 347 °C.

SAT pro hlavní vegetační období byly v průměru 3119 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 2571 °C dosáhly v roce 1980, nejvyšší 3434 °C v roce 2000. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 34) pro hlavní vegetační období v roce 1961 byla SAT 2845 °C a v roce 2010 odpovídala 3173 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SET o 328 °C.

SAT pro vegetační léto byly v průměru 2463 °C za sledované období. Nejnižší hodnoty 1518 °C dosáhly v roce 1965, nejvyšší 2692 °C v roce 2003. Podle rovnice lineární regrese v grafu (Obr. 34) pro vegetační léto v roce 1961 byla SAT 2007 °C a v roce 2010 odpovídala 2347 °C. Z toho plyne, že za 50 let došlo ke zvýšení SAT o 340 °C.



Obr. 34 Sumy aktivních teplot za vegetační léto (zelená), hlavní vegetační období (červená), velké vegetační období (modrá) v průběhu let 1961 – 2010 na klimatologické stanici Lednice.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo provést vyhodnocení sum aktivních, efektivních teplot a případné změny průměrných teplot na vybraných klimatologických stanicích lokalizovaných na jižní Moravě za období 1961-2010. Dále na základě aktivních teplot zpracovat doby trvání vegetačních období pro jednotlivé klimatologické stanice, popřípadě zjistit trend změny v nástupu a konci těchto období. Vybrány byly stanice Velké Meziříčí, Bystřice nad Pernštejnem, Velké Pavlovice a Lednice z důvodu různých nadmořských výšek, a tím očekávané různé teplotní charakteristice. Stanice Velké Meziříčí a Bystřice nad Pernštejnem spadají do chladnějšího (mírně teplé oblasti) klimatického regionu oproti Velkým Pavlovicím a Lednici, které jsou naopak lokalizovány v jednom z nejteplejších klimatických regionů (teplá oblast) na území ČR. Zdrojem pro vypracování stanovených cílů byla data z každodenních záznamů minimálních a maximálních denních teplot od roku 1961 až do roku 2010 z těchto klimatologických stanic ČHMÚ.

Ze studie vyplynulo, že průměrná teplota vzduchu za sledované období (50 let) se zvýšila na každé sledované lokalitě. Nejvíce ve Velkém Meziříčí, kde rovnice regrese $R^2 = 0,40$ nabyla nejvyšší hodnoty. Z rovnice lineární regrese bylo zjištěno zvýšení průměrné teploty o $1,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ za dobu 50 let. Naopak nejméně se průměrná teplota zvýšila na stanicích Velké Pavlovice a Lednice, tedy nejteplejší lokalitě ze sledovaných. Rovnice regrese $R^2 = 0,27$ (Velké Pavlovice) a $R^2 = 0,26$ (Lednice) nabily nejnižších hodnot. Průměrná teplota se zvýšila o $1,31\text{ }^{\circ}\text{C}$, respektive $1,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ za dobu 50 let.

Dále byl vyzorován trend zvyšování sum aktivních a efektivních teplot pro všechna sledovaná vegetační období, který jak můžeme předpokládat, souvisí se zvyšováním průměrných teplot. Nejvíce se zvýšily sumy aktivních teplot za velké vegetační období (teploty nad $5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Na stanici Velké Meziříčí dosáhla hodnota rovnice regrese $R^2 = 0,39$, můžeme hovořit o statistické průkaznosti. Podle rovnice lineární regrese došlo ke zvýšení SAT o $462\text{ }^{\circ}\text{C}$ za dobu 50 let.

Délka všech vegetačních období na všech stanicích se prodlužuje, až na výjimku hlavního vegetačního období v Lednici, kde doba trvání zůstala stejně dlouhá za sledované období. Hlavní vegetační období pro tuto stanici se posunulo do dřívějšího období v průběhu roku (7 dní). Nejvíce se prodloužila délka vegetačního léta ve Velkém Meziříčí o 34 dnů. Průměrná doba trvání vegetačního léta na této stanici je 98 dnů, tedy od 27. 5. do 2. 9. včetně.

Stejně jako se ve většině případů posouvala vegetační období do dřívějších dnů v roce, stejně tak byly uspíšeny směrem k začátku roku fenofáze dubu letního a sýkory koňadry.

Je nutné si však uvědomit, že hodnocení dlouhodobých teplotních řad (jako jsou hodnoceny v této práci) v jednotlivých oblastech umožňuje výsledky korelovat s faktory řady odvětví lidské činnosti jako například zemědělství, lesnictví nebo i zdravotní stav obyvatelstva.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BARTOŠOVÁ, L. *Detekce odezvy změny klimatu v přírodních ekosystémech v kukuřičné výrobní oblasti*. Brno, 2010. Disertace. MENDELU. Vedoucí práce Prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.
- BAUER, Z., BARTOŠOVÁ, L. *Observed phenological response of ecosystems to the climate*. Brno: Global Change Research Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, 2014. ISBN 978-80-87902-00-4.
- BAUER, Z., TRNKA, M., BAUEROVÁ, J., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., BARTOŠOVÁ, L., ŽALUD, Z., 2010: Changing climate and the phenological response of Great Tit and Collared Flycatcher populations in floodplain forest ecosystems in Central Europe, *Int. J. of Biometeorology*, 54, 99–111.
- BRÁZDIL, R., VALÁŠEK, H., 2002a: Meteorologická měření a pozorování v Zákupích v letech 1718–1720. *Geografie - Sborník České geografické společnosti*, 107: 1–22.
- BRÁZDIL, R., VALÁŠEK, H., SVITÁK, Z., MACKOVÁ, J., 2002b: History of Weather and Climate in the Czech Lands V. Instrumental meteorological measurements in Moravia up to the end of the eighteenth century. Masaryk University, Brno, 250 s.
- BRÁZDIL, R., VALÁŠEK, H., MACKOVÁ, J., 2005: Meteorologická pozorování v Brně v první polovině 19. století. *Historie počasí a hydrometeorologických extrémů*. Archiv města Brna, Brno, 452 s.
- BRÁZDIL, R., ŘEZNÍČKOVÁ, L., VALÁŠEK, H., KOTYZA, O., 2007: Early instrumental meteorological observations in the Czech Lands III: František Jindřich Jakub Kreybich, Žitenice, 1787–1829. *Meteorologický časopis*, 10: 63–74.
- BRÁZDIL, R. A TRNKA, M. *Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Brno: centrum výzkumu globální změny akademie věd české republiky, 2015. Isbn 978-80-87902-11-0.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 1987: Metodický předpis č. 10, Návod pro činnost fenologických stanic, Lesní rostliny, Praha.

HÁJKOVÁ, L. *Atlas fenologických poměrů Česka: Atlas of the phenological conditions in Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012. ISBN 978-80-86690-98-8.

HAVLÍČEK, V., et al., 1986: Agrometeorologie. Vydání první. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, ISBN 07-081-86.

IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 [online]. IPCC, 2007: Kapitola Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis.

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001: Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum, Praha, 568 s.

MOŽNÝ, M., TRNKA, M., ŠTĚPÁNEK, P., ŽALUD, Z., KOŽNAROVÁ, V., HÁJKOVÁ, L., BAREŠ, D., SEMERÁDOVÁ, D. Long-term comparison of temperature measurements by the multi-plate shield and Czech-Slovak thermometer screen. *Meteorologische Zeitschrift*. 2012. sv. 21, č. 2, s. 125-133. ISSN 0941-2948.

POKORNÝ, E., et al., 2011: Analýza dlouhodobých srážkových a teplotních řad a hodnocení jejich dopadu na změny vlastností půd vybraného agroekosystému. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 118s. ISBN 978-80-7375-584-3.

POTOPOVÁ, V., ZAHRADNÍČEK, P., TÜRKOTT, L., ŠTĚPÁNEK, P., 2014: Časové změny vegetačního období Polabí. *Meteorologické zprávy*, roč. 67, č. 5, s. 147-153. ISSN: 0026-1173.

SOBÍŠEK, B., et al., 1993: Meteorologický slovník, výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: vyd. Academia, 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

TOLASZ, R. et al., 2007: Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

ŽALUD, Z., POKORNÝ, E., PROCHÁZKOVÁ, B., NEUDERT, L., LUKAS, V., SMUTNÝ, V., KOČMÁNKOVÁ, E., JUROCH, J., CHLOUPEK, O., STŘEDA, T., DOSTÁL, V., FAJMAN, M., FISCHER, M., 2009: *Adaptační opatření na změnu*

klimatu v agrosektoru. In: ŽALUD, Z. *Změna klimatu a české zemědělství - dopady a adaptace*. 10. vyd. 2. Brno: Folia Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně, 2009. s. 110--140. ISBN 978-80-7375-369-6.

ŽALUD, Z. 2015. *Bioklimatologie*. Mendelova univerzita v Brně, s. 168, ISBN 918-80-7509-189-5

Internetové zdroje:

HUČÍK, Michal. *Meteorologické stanice. Meteorologická stanice Maruška: hostýnské vrchy* [online]. 2007 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://maruska.ordoz.com/meteorologie/meteorologicke_stanice

JEŽKOVÁ, Alena. *Výběr hybridů kukuřice podle FAO. Náš chov* [online]. 2012 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://naschov.cz/vyber-hybridu-kukurice-podle-fao/>

JIŘÍK, Miloš. *Statistické veličiny. Amatérská meteorologická stanice* [online]. 2015 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://pocasi.ok5aw.cz/teorie.php?doc=page3>

KULOVANÁ, Eliška. *Suma teplot a termín sklizně kukuřice. Úroda* [online]. 2001 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://uroda.cz/suma-teplot-a-termin-sklizne-kukurice/>

Meteorologické stanice ČHMÚ. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2015 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html

POKLADNÍKOVÁ, Hana, Jaroslav ROŽNOVSKÝ a Bronislava MUŽÍKOVÁ. *Vybrané agroklimatické charakteristiky České republiky na základě klimatických dat v gridu 10 km*. In: *Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině* [online]. 2008 [cit. 2017-04-23]. ISBN 978-80-86690-55-1. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/sbornik08b/Pokladnikova.pdf>

ROŽNOVSKÝ, Jaroslav, Petra FUKALOVÁ, Filip CHUCHMA a Tomáš STŘEDA. *Dynamika podnebí jižní Moravy ve vztahu k vymezení klimatických regionů*. In: *Voda*

v *krajině* [online]. 2010 [cit. 2017-04-23]. ISBN 978-80-86690-79-7. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/Sbornik10a/RoznFukalovaChuchmaStreda.pdf>

Klimatická změna.cz [online]. 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.klimatickazmena.cz/cs/>

Územní teploty v roce 2014. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2014 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4 Historicka data/P4 1 Pocasi/P4 1 4 Uzemni teploty&nc=1&portal lang=cs#PP Uzemni teploty>

Význam měření SET. *KWS* [online]. 2015 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.kws.cz/aw/KWS/czechia/Agroservis/Suma_efektivn%EDch_teplot/~bnqr/V%FDznam_m_en%ED_SET/