

INFORMACE O PĚSTOVÁNÍ RÉVY VINNÉ JAKO ZDROJ POZNÁNÍ VÝVOJE KLIMATU ČESKÉ REPUBLIKY V MINULOSTI, SOUČASNOSTI A V BUDOUCNOSTI

Grapevine information as a source of the climatological knowledge in the Czech Republic in the past, present and future

Zahradníček P.¹, Štěpánek P.¹

¹Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Abstrakt:

Pěstování révy vinné (*Vitis vinifera* L.) a vinařství v České republice je významně ovlivněno počasím. Tato práce se snaží komplexně postihnout tento vztah jak v minulosti, tak i v současnosti, a na základě těchto informací i predikovat možný vývoj do budoucnosti.

V minulosti byli lidé více citliví na výkyvy počasí, protože množství a kvalita úrody byla více závislá na povětrnostních podmínkách. Proto v historických pramenech nalzáme rozličné zprávy o počasí. Kromě toho i informace zdánlivě nesouvisející s počasím jako jsou například zprávy týkající se révy vinné (hlavně začátek vinobraní, kvalita, množství a cena vína), které lze využít naopak jako nepřímý indikátor pro rekonstrukci klimatických podmínek a povětrnostních jevů v minulosti. Data začátku vinobraní ze Znojma v letech 1800–1890 byla využita pro rekonstrukci teplot vzduchu v Brně s použitím lineárně regresního modelu. Pro Bzenec (1800–1890), Znojmo (1802–1845), Bohutice (1861–1912) a Velké Pavlovice (1926–1998) byly použity řady kvality vína (výborné, dobré, méně dobré, špatné) k vyjádření její závislosti na teplotě vzduchu. Propad v kvantitě a nebo ceně vína může indikovat nějaký hydrometeorologický extrém, který postihl danou oblast.

Práce se snaží objasnit vztah mezi fenofázemi révy vinné a vybranými meteorologickými charakteristikami a také je zkoumána její dynamika v kontextu současné změny klimatu. Fenologická pozorování v České republice mají dlouho tradici, ale díky změně metodiky jsou použitelná pouze pro období od roku 1984. Analýzy jsou prováděny pro stanici Velké Pavlovice, kde jsou prováděna jak fenologická, tak i klimatologická pozorování. Meteorologické charakteristiky jsou vypočteny z tzv. „technických“ řad, které jsou po kontrole kvality dat a procesu homogenizace doplněny o chybějící hodnoty.

V rámci projektu EC FP6 CECILIA byla pro gridovou síť České republiky 10×10 km vypočtena budoucí teplota vzduchu pro dvě třicetiletí 2021–2050 a 2071–2100. Na základě informací získaných výzkumem vztahu fenofází a teploty vzduchu v referenčním období 1984–2007 byla provedena predikce chování révy vinné v budoucnosti. Pro výpočet nástupu fenofáze v letech 2021–2050 a 2071–2100 byly použity dvě metody. První vychází z lineárně regresního modelu stanoveného pro současné klima a druhá metoda z aktivních sum teplot nad 5 a 10°C. V referenčním období bylo zjištěna suma teploty vzduchu, která byla dosažena ke dni nástupu fenofáze a tato hodnota byla použita pro výpočet v budoucnosti.

Klíčová slova:

réva vinná, fenofáze, teplotní rekonstrukce, technické řady meteorologických prvků, predikce do budoucnosti, klimatická změna, kvalita vína, meteorologické extrémy

Abstract:

Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivation in the Czech Republic is strongly influenced by the weather. This study tries to explain relationship between viticulture and climate in the past, present and, based on this knowledge, estimate possible evolution for the future.

People were more sensitive to fluctuations of the weather in the past, because vine yield and quality was more dependent on the weather. This is the reason we find various information about weather in the historical records. Furthermore we can find information not related to weather such as reports about grapevine (e.g. the start date of the grape harvest, notes on wine quality and quantity, the price of wine), which can be used as proxy indicator for the reconstruction of climatic conditions and weather extremes in the past. The starting dates of grape harvests in Znojmo between years 1800 and 1890 are used for the reconstruction of April - September temperatures in Brno with application of the linear regression model. The quality of the wine (levels were: excellent, good, average and bad) from Bzenec (1800–1890), Znojmo (1802–1845), Bohutice (1861–1912) and Velké Pavlovice (1926–1998) was used to express its dependence on temperature. The decline in the quantity or price can indicate weather extremes, which affected given area.

The study attempts to explain connection between selected phenophases and meteorological characteristics and their temporal dynamics in the context of present climatic change. Phenological observations in the Czech Lands have a long tradition, but due to change of the methodology are only available from the year 1984. Analyses are performed for the Velké Pavlovice station, where phenological and climatological observations are available. Meteorological characteristics are calculated from “technical” data series, which passed quality control, homogenization and were filled with missing values.

Within EC FP6 CECILIA, the new temperature gridded dataset for the territory of the Czech Republic with spatial resolution of 10×10 km for two time periods 2021–2050 and 2071–2100 was created. For future estimation of the trend, grapevine phenophases and the knowledge of their relationship to temperatures in the reference period 1984–2007 were used. Two methods were used for calculations of beginning of the grapevine phenophases in the periods 2021–2050 and 2071–2100. The first method is linear regression model of the temperature, which has highest correlation with phenophases. The second method is the model of the active sums of the temperatures higher than 5°C and 10°C. In the reference period 1984–2007 the sum of the temperatures that were achieved on the starting day of the phenophase was calculated, and this value was used for the prediction.

Key words:

grapevine, temperature reconstruction technical series of the meteorological elements, prediction for the future, climatic change, wine quality, weather extremes

1. Úvod

Pěstování révy vinné (*Vitis vinifera* L.) v Evropě je domovem v pásmu mezi 25–40° severní zeměpisné šířky a její rozšíření na jih a sever až k 52° s.š. je teprve druhotné. Vinařství v České republice je do značné míry ovlivněno skutečností, že pěstování vinné révy na našem území zasahuje k severní hranici jejího rozšíření v Evropě (Košťál 1956), čímž výrazně roste jeho závislost na povětrnostních podmínkách (Kraus 1964, 1999). Charakter dopadů počasí je úzce spjat s časovým úsekem během roku, ve kterém povětrnostní podmínky ovlivňují vývoj fenofází révy vinné, jako je růst, kvetení a plodnost (např. Winkel et al. 1974; Mullins 1992). Mezi příznivé faktory ovlivňující zrání, úrodu a kvalitu vína patří dostatek slunečního svitu, vyšší teploty vzduchu, ale také dostatek srážek. Naopak nepříznivě působí

chladné a deštivé počasí, extrémní zimní mrazy, pozdní jarní a časné podzimní mrazy, přivalové deště a krupobití. Na meteorologických podmínkách je závislý také výskyt chorob a škůdců (Brázdil et al. 2008).

Takto blízká spojitost vinařství s povětrnostními podmínkami znamená, že informace o pěstování révy vinné může sloužit jako přímý nebo nepřímý zdroj znalostí o převažujícím charakteru počasí. Nicméně na zřetel se musí vzít i fakt, že je rozdíl mezi striktně přírodními informacemi (například datum kvetení a cukernatost) a údaji částečně ovlivněnými člověkem (datum sklizně a množství úrody). Tyto poznatky nacházejí uplatnění v historické klimatologii, kde vývoj klimatu a výskyt hydrometeorologických extrémů před začátkem pravidelných přístrojovým měření může být rekonstruován na základě studia různých typů dokumentárních pramenů (Brázdil et al. 2005).

Aby se data o pěstování révy vinné dala co nejvhodnějším způsobem využít pro poznání vývoje klimatu, je nutná detailní znalost těsnosti závislosti mezi růstovými faktory *Vitis vinifera* a jednotlivými meteorologickými prvky. Jako příhodné informace se jeví fenologické pozorování.

Dat u nástupů nebo doby trvání fenologických ročních období a dalších fenologických údajů lze použít k charakteristice povětrnostních poměrů jednotlivých roků. Naopak dlouhé řady feno-logických pozorování mohou posloužit ke studiu kolísání klimatu, protože trendy nástupu fenofází musejí zákonitě korelovat minimálně s trendy teploty vzduchu (Krška 2006).

Navíc do zkoumání soudobého vztahu vývoje révy vinné a meteorologických prvků vstupuje zajímavý faktor. Zhruba od 80. let 20. století dochází k intenzivnější změně klimatu, které má dopady jak na přírodní složky, tak i na lidskou činnost. Tato studie se snaží odpovědět na otázku, zda díky současnému oteplování dochází k významným rozdílům v nástupu data fenofází.

V posledních letech vyvstala poptávka po pracích týkajících se predikce budoucího stavu klimatu i složek na něm závislých, aby bylo možné připravit odpovídající adaptační a mitigační opatření. Vzniklo několik možných scénářů, na jejichž základě jsou počítány klimatologické charakteristiky pro 21. století. Díky získaným znalostem o závislosti révy vinné na klimatu jak z historického, tak i ze současného období, lze předpovídat možný vývoj právě pro následující století, i když s určitou mírou nejistoty, která je ovlivněna naší neznalostí, jak použítý klimatický model odpovídá skutečnosti.

2. Data a metody

Jelikož se tato studie zabývá třemi většími obdobími, tak se podle toho lišili vstupní data a použité metody.

2.1 Informace důležité pro rekonstrukci klimatu

Klimatologicky využitelné informace o pěstování révy vinné pro starší dobu pocházejí hlavně z dokumentárních pramenů a jsou to data o začátku vinobraní, kvalitě, kvantitě a ceně vína.

Archívních materiálů o vinařství se dochovalo nespočet, ale absolutní většina je nepoužitelná pro účely historické klimatologie a s tím spjatou rekonstrukci klimatu. Bylo prozkoumáno velké množství starých dokumentů, ale systematické záznamy o vinobraní se neobjevovaly. Převážná část materiálů se zabývá pouze prodejem vinic a záznamy sklepmistrů, kolik a za jakou cenu víno prodali. Pokud se na některém z panství fenologické záznamy objevovaly, tak byly pravděpodobně časem ztraceny.

I přesto se podařilo získat dlouhou řadu záznamů o sklizni révy vinné ve Znojmě, a to díky kompilaci ze dvou zdrojů. Prvním z nich jsou protokoly městské rady pro léta 1800–

1864. Každý rok městští úředníci vydali nařízení s datem započetí práce na obecních vinohradech. Tato zpráva byla datována zhruba 14 dní před určeným dnem sklizně. U těchto protokolů se také vyskytoval detailní rozpis práce, na jaké vinici bude kdo a kdy pracovat. Po roce 1864 se tyto zprávy přestaly objevovat a nahradil je druhý zdroj informací, a to místní noviny *Znaimer Wochenblatt*. Vycházely z počátku jednou týdně a v měsíci září a říjnu se zde právě objevovaly inzeráty městské rady, které opět ohlašovaly, kdy započnou práce na vinohradu. Město Znojmo inzerovalo tuto skutečnost do roku 1890. Po tomto datu byly tisknuty anonce týkající se okolních obcí. Mnohé z nich v dnešní době patří už pod město Znojmo. Poslední informace ze *Znaimer Wochenblatt* o sklizni révy vinné je z roku 1938.

Zprávy o kvalitě vína jsou dostupné ze čtyř míst v oblasti jižní Moravy pro různě dlouhá období. Nejdelší období 1796–1908 pokrývá řada údajů z Bzence. Na deskách jedné bzenecké gruntovní knihy byl zachován zápis o úrodě a ceně vína ze starých dob, který byl následně doplněn a v roce 1908 publikován ve specializovaném časopisu *Vinařský obzor*. V letech 1796–1899 je popis pouze slovní. V roce 1900 se struktura změnila a jsou uváděny hodnoty cukernatosti a kyselin v moštu.

V roce 1873 vydal Johann Haase publikaci zabývající se vinařstvím v okresech Znojmo a Jaroslavice. Autorovi se podařilo objevit staré poznámky o kvalitě vína v premonstrátském klášteře Louka u Znojma. První zpráva o kvalitě vína se datuje už k roku 1317, ale delší souvislá série informací o kvalitě vína pochází až z 19. století pro období 1802–1845. Pro roky 1846–1872 Johann Haase publikoval tabulku s údaji o počtu věder podzimního vinného moštu na jednotku plochy (jitro), ceny moštu za jedno vědro a cenu za jedno vědro vína v době Vánoc. Kvalita vína už není slovně hodnocena, ale hodnota cukernatosti byla měřena pomocí Wágnerova moštoměru.

Vinařský obzor poprvé publikoval zápisy Josefa Svobody z Bohutic u Moravského Krumlova už v roce 1907 a po jeho smrti v květnu 1913 byla vydána kompletní řada. Rolník Josef Svoboda byl známý svým pokročilým hospodářstvím a hospodářskou i osvětovou prací ve své obci i v moravsko-krumlovském okrese. Každý rok si vedl zápisy o svém hospodářství, tedy i o svých vinicích od roku 1861 až do své smrti (Anonym 1913). Rolník si zaznamenával počet keřů a měřic, množství sklizených věder, jakost vína, průměrnou cenu na vědro, celkový výtěžek a poznámky týkající se většinou počasí, které ovlivnilo révu vinou.

Kvalitu vína pro 20. století z velké části pokrývají údaje z Velkých Pavlovic v letech 1926–1998. Údaje publikoval významný odborník v oblasti vinařství Prof. Vilém Kraus (1999).

2.2 Současné fenologické údaje

V České republice, podobně jako ve většině ostatních evropských zemí, se dlouhodobě sledují fenologické projevy významných druhů rostlin s využitím sítě pozorovacích stanic. Z odborného hlediska se jedná o systematické získávání informací o rychlosti vývoje vybraných druhů rostlin v závislosti na podnebí a počasí, které jsou využitelné jak pro studium klimatu, tak i pro aktuálně zaměřené informační služby do sektoru zemědělství, lesnictví, tvorby a ochrany krajiny, ale i medicíny (Coufal 2004). Fenologická pozorování započala už v 80. letech 18. století pod vedením ředitele stanice Praha-Klementinum Antonína Strnada (Nekovář 2008). Fenologická ročenka byla vydávána od roku 1923 Výzkumným zemědělským ústavem v Brně a od roku 1938 převzal tuto roli Centrální meteorologický institut (později Hydrometeorologický institut), ale bohužel neobsahuje informace o révě vinné (Mihalíková 1983). Proto musela být data pořízena z originálních záznamů stanice uložené v archívu Českého hydrometeorologického ústavu. Základní instrukce pro pozorovatele byla vydána v roce 1956 (Pifflová 1956) a ta už obsahovala pokyny k zaznamenávání fenofází u révy vinné. Začalo se s pozorováním těchto fází: počátek

řezu, počátek rašení, počátek květu, všeobecné kvetení, všeobecné žloutnutí listů a plná zralost (resp. počátek sklizně). Od poloviny osmdesátých let proběhla zásadní změna metodiky pozorování rozdělením fenologické sítě do tří typů: plní plodiny, ovocné dřeviny a lesní rostliny. U révy vinné došlo také ke změně sledovaných fenofází, které se užívají až do dnešní doby: počátek jarní mízy, rašení listových pupenů, první listy, počátek kvetení, konec kvetení, zavěšování hroznů, měknutí bobulí a zralost sklizňová (počátek sklizně).

Pro tuto studii byly vybrány Velké Pavlovice, protože se zde nachází jak fenologická stanice, tak i klimatická patřící do sítě Českého hydrometeorologického ústavu. Réva vinná je pozorována na této stanici už od roku 1956. Klimatická stanice Velké Pavlovice má dokonce ještě delší tradici. První měření tu započalo už 1. 7. 1925 a pokračuje do dnešní doby, kdy zde funguje automatická meteorologická stanice (od roku 1999). Fenologické fáze byly korelovány s vybranými meteorologickými charakteristikami (Zahradníček, Hájková 2009). V prvním kroku byly meteorologické prvky podrobeny kontrole kvality dat a všechny chybné měření byly ze vstupních dat odstraněny a nahrazeny novou vypočtenou hodnotou. Také byly doplněny údaje, kdy se z nějakého důvodu neměřilo. Tato kontrola a výpočet nových hodnot probíhal v programu ProClimDB, vytvořeným Petrem Štěpánkem z ČHMU Brno. Detekce chybových hodnot probíhá na základě srovnání s okolními stanicemi a z nich váženým průměrem (váha je nastavena podle vzdálenosti) vypočtenou „očekávanou hodnotou“. Tato hodnota se také pak používá při doplnění řady (Štěpánek et al. 2009, 2010). V druhém kroku řady prošly detekcí nehomogenit pomocí Standardního Normálního Homogenizačního Testu (Alexandersson 1986). Testováno bylo období 1961–2007, protože sledovaná perioda 1984–2007 je příliš krátká a mohla by zkreslit výsledky. Jako referenční série byla použita vypočtená řada z okolních stanic, opět na základě vážených průměrů (Štěpánek et al. 2009).

Pro zjištění vztahu mezi nástupem fenofáze a meteorologickými charakteristikami byl používán korelační koeficient s určením statistické významnosti ($p=0,05$). K těmto účelům posloužil statistický software Statistica 8.0. Datum fenofáze bylo převedeno na pořadí dne v roce. K zobrazení dynamiky fenofází byl použit spojnicový graf, i když jsme si vědomi, že nejde o spojitý jev, ale s ohledem na lepší přehlednost, jsme si dovolili tento prohřešek učinit.

2.3 Data důležitá pro predikci vývoje révy vinné v 21. století

V rámci projektu CECILIA je regionální klimatický model ALADIN Climate/CZ řízen modelem GCM ARPEGE s emisním scénářem IPCC A1B a je vytvořen pro dva časové úseky 2021–2050 a 2071–2100 (Štěpánek et al. 2008). Pro území České republiky byla vytvořena nová síť gridových bodů s prostorovým rozlišením 10×10 km na základě klimatologických záznamů pořízených ČHMU. Modelová data pro časové úseky 2021–2050 a 2071–2100 byla korigována v souladu s výsledky validace zjištěné z období 1961–1990. Gridová databáze vytvořená ze staničních dat byla porovnána s RCM simulací v každém gridovém bodu a na základě toho byly výsledky scénáře korigovány pomocí přístupu uplatňovaného Déqué (2007), jenž je založen na variabilní korekci užitím individuálních percentilů. Po korekci jsou modelové výstupy plně kompatibilní se staničními měřenými daty (Štěpánek et al. 2008). Pro analýzu predikce nástupů fenofází révy vinné v budoucnosti bylo nutné použít data o teplotě vzduchu z gridové sítě. Podmínkám na stanici Velké Pavlovice nejvíce odpovídá bod 6139, který je od ní vzdálen asi 2,5 km a má nadmořskou výšku 214 m. Korelace mezi těmito dvěma body je 0,999 ($p=0,05$). Růst teplot vzduchu pro bod 6139 je statisticky významný a lineární trend za celé období 1961–2100 je 0,29°C/10 let

Pro predikci vývoje révy vinné v budoucnosti byly použity znalosti jejího vztahu s teplotou vzduchu v současnosti. K výpočtu data nástupu fenofáze révy vinné se využily dvě jednoduché metody. První metoda pracuje s regresním vztahem teploty vzduchu vybraného období, pro který byl zjištěn nejsilnější korelační koeficient a predikované fenofáze. Druhá

metoda pro modelování budoucího vývoje révy vinné pracuje na principu aktivních sum teplot vzduchu ≥ 5 a 10°C . Jako referenční období bylo zvoleno 1984–2007. Pro každý rok se spočítala aktivní suma teplot vzduchu ke dni nástupu fenofáze a poté se zjistily charakteristiky úrovně a variability za celé období 1984–2007. Z vypočtených charakteristik úrovně a variability pro referenční období 1984–2007 byl vybrán medián jako určující hodnota pro predikci nástupu fenofází révy vinné v budoucnosti. Na rozdíl od průměru není tak ovlivněn extrémními hodnotami. Pro každý rok z časových řad 2021–2050 a 2071–2100 byl dále zjišťován den, kdy bylo dosaženo aktivní sumy teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$, určující pro nástup zkoumané fenofáze (Zahradníček 2009)..

3. Výsledky

3.1 Informace o pěstování révy vinné jako zdroj poznání vývoje klimatu v minulosti

Doba, kdy začíná sklizeň révy vinné je závislá na povětrnostních podmínkách předešlého období. Teplé a slunečné počasí přispívá k jejímu časnějšímu zrání, zatímco chladné a deštivé počasí tento proces opoždí. Datum sklizně obsahuje proxy informaci o teplotních poměrech předcházejících měsíců, takže systematické záznamy mohou být využity pro kvantitativní rekonstrukci teploty vzduchu. Nicméně, počátek sklizně révy vinné není závislé pouze na klimatu, ale také na vlastním rozhodnutí majitele vinohradu, kdy započnou sklizňové práce, což často hrálo rozhodující roli. Vinaři se mnohdy snažili nechat víno co nejdéle ve vinohradu, aby zvýšili jeho kvalitu, i přesto, že biologicky bylo víno už dozrálé. Tímto procesem mohli dosáhnout v některých letech lepší kvality vína. Vystavovali se však velkému riziku, že celá úroda bude ztracena po náhlém příchodu brzkých podzimních mrazů (Brázdil et al. 2008).

Ke zjištění vhodnosti dat o sklizni révy vinné, pro kvantitativní rekonstrukci teploty vzduchu, byly použity údaje z let 1800–1890 ve Znojmě. Data o vinobraní ve Znojmě byla porovnána s kompilovanou teplotní řadou města Brna. Potenciál dat o sklizni révy vinné pro rekonstrukci klimatu byl studován s použitím korelačního koeficientu mezi teplotou vzduchu v Brně a data o vinobraní. Největší závislost v letech 1800–1890 byla nalezena pro celé vegetační období duben–září (–0,57), dále duben až srpen (–0,57), duben až červenec (–0,57). Vysoké hodnoty korelace jsou také pro květen až červenec (–0,56). Ze samostatných měsíců je nejužší vazba mezi teplotou vzduchu a vinobráním v květnu (tab. 1) . Dodání září nebo srpna k předešlým měsícům nemá žádný významný vliv na změnu v korelaci. Rozhodující roli v tomto hrají pozdně jarní teploty vzduchu, zatímco teploty v srpnu a září silně ovlivňují spíše obsah cukru v hroznu než načasování sklizně (Chuine et al. 2004). Silný vztah mezi počátkem vinobraní a teplotami vzduchu v dubnu až září/srpnu na Znojemsku je shodný s výsledky podobné studie vypracované pro Švýcarsko (Meier et al. 2007).

Pro použití lineárního regresního modelu a otestování kalibrace/verifikace mezi datem sklizně révy vinné ve Znojmě (prediktor) a teploty vzduchu v Brně (predikant) byla rozdělena celá řada na dva stejně dlouhé 38-leté úseky 1800–1847 a 1848–1890. Poté byl spočítán lineární regresní model pro první období a získaný výsledek byl verifikován na druhém úseku. Toto bylo provedeno také v opačném pořadí (obr. 1a,b). Na rekonstrukci celé periody 1800–1890 bylo použito kalibrační období 1848–1890 (obr. 1c).

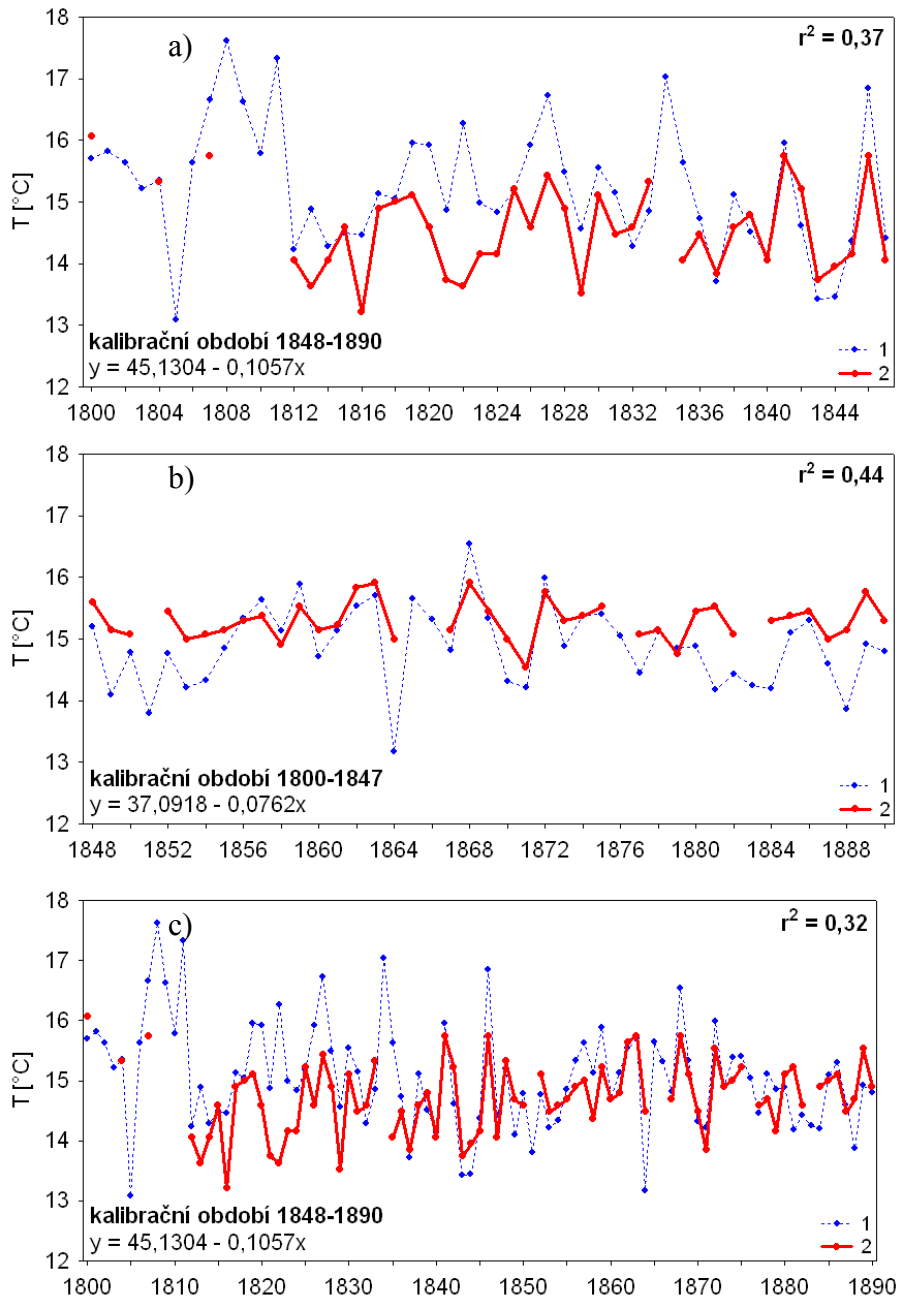
Tab. 1. Koeficient korelace mezi průměrnou měsíční teplotou vzduchu v Brně a datem začátku vinobraní ve Znojmě v letech 1800-1890 (kurzívou jsou vyznačeny hodnoty statisticky nevýznamné; červeně jsou vyznačeny nevyšší hodnoty korelačních koeficientů)

Měsíc	1800-1847	1848-1890	1800-1890
IV	-0,21	-0,33	-0,21
V	-0,49	-0,60	-0,44
VI	-0,38	-0,20	-0,31
VII	-0,27	-0,22	-0,25
VIII	-0,27	-0,15	-0,20
IX	-0,28	-0,16	-0,22
IV-V	-0,43	-0,61	-0,41
V-VI	-0,58	-0,59	-0,52
VI-VII	-0,39	-0,33	-0,37
VII-VIII	-0,33	-0,24	-0,29
VIII-IX	-0,34	-0,21	-0,28
IV-VI	-0,59	-0,66	-0,53
V-VII	-0,57	-0,68	-0,56
VI-VIII	-0,46	-0,31	-0,39
VII-IX	-0,37	-0,28	-0,32
IV-VII	-0,59	-0,71	-0,57
V-VIII	-0,58	-0,61	-0,55
VI-IX	-0,47	-0,35	-0,42
IV-VIII	-0,62	-0,68	-0,57
V-IX	-0,57	-0,63	-0,55
IV-IX	-0,61	-0,66	-0,57

Vhodnost kvantitativní rekonstrukce pro všechna použitá kalibrační a verifikační období byla vyhodnocena například pomocí koeficientu korelace, koeficientu determinace, odmocniny ze čtverce střední chyby (root mean square error, RMSE) a dalšími statistickými charakteristikami. Koeficient korelace mezi měřenou a rekonstruovanou teplotní řadou se pohybuje od 0,57 do 0,66 podle studovaného úseku. Výsledek je porovnatelný s rekonstrukcí teploty vzduchu vegetačního období z letokruhů v severních Čechách (Brázdil et al. 1997). Pokud se použije pro rekonstrukci kalibrační období 1848–1890, jsou nové hodnoty teploty vzduchu podhodnocené. Pro verifikační období 1800–1847 je průměrná teplota vzduchu nižší o 0,48°C a pro celý časový úsek 1800–1890 je diference pouhých 0,25°C. Naopak při použití kalibračního období 1800–1847 je zrekonstruovaná teplota vzduchu o 0,40 vyšší než naměřené hodnoty ve verifikačním úseku 1848–1890.

Jak vyplývá z obr. 1c, rekonstruované teploty vzduchu dobře korespondují s naměřenými hodnotami v Brně, hlavně od 30. let po 70. léta 19. století včetně. Naopak například ve 20. letech 19. století není příliš vysoká podobnost obou řad. Největší rozdíly mezi naměřenými a rekonstruovanými daty jsou v letech s extrémní teplotou vzduchu ve vegetačním období. Tedy v rekonstruované teplotní řadě se nevyskytují výrazné vrcholy, ale to je základní rys použití lineárně regresních modelů. Kromě toho větší rozdíl v některých kratších periodách a nebo v jednotlivých letech může být způsoben faktem, že začátek vinobraní je ovlivněn také jinými faktory (hydrometeorologické extrémy, nemoci révy vinné, hospodářský a politický důvod atd.). Tak například sklizeň začala prokazatelně později v letech 1822 a 1835 i přesto, že kvalita vína byla velmi dobrá. V roce 1822 ohodnotili úrodu v Bzenci následovně: „To byl balzám na sklepy po těch válečných útrapách a neúrodách“ (Anonym 1908) a přímo ve Znojmě jako „sehr guter Wein“ (velmi dobré víno; Haase 1873). Naopak dřívější sklizeň révy vinné byla v roce 1864, protože většina úrody byla poškozena

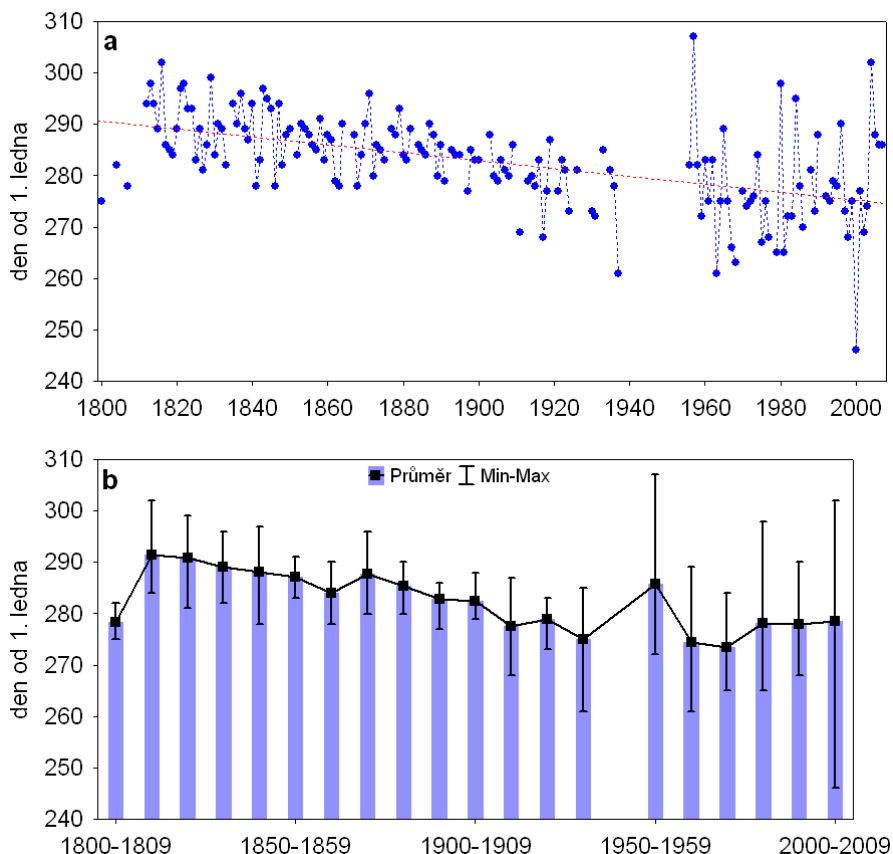
jarním mrazem (Anonym 1908). Vinaři měli často tendenci nechat hrozny na vinici po delší dobu, aby zvýšili jejich kvalitu a nebo naopak sklídili dříve, jelikož úroda byla špatná, či měli strach, že by udeřily brzké podzimní mrazy a úrodu by komplet znehodnotily. Záleželo tak často na konkrétním počasí v době sklizně.



Obr. 1. Porovnání měřené (1) a rekonstruované (2) teploty vzduchu vegetačního období v Brně pro období a) 1800–1847, b) 1848–1890, c) 1800–1890

Výše zmíněná řada sklizně révy vinné byla s použitím dalších dokumentárních pramenů a fenologických pozorování prodloužena až do roku 2007, čímž vznikla unikátně dlouhá řada pro Českou republiku (obr. 2). Počátek vinobraní za sledované období nastává stále častěji. Na počátku 19. století se sklízelo v průměru nejpozději (16. října). To

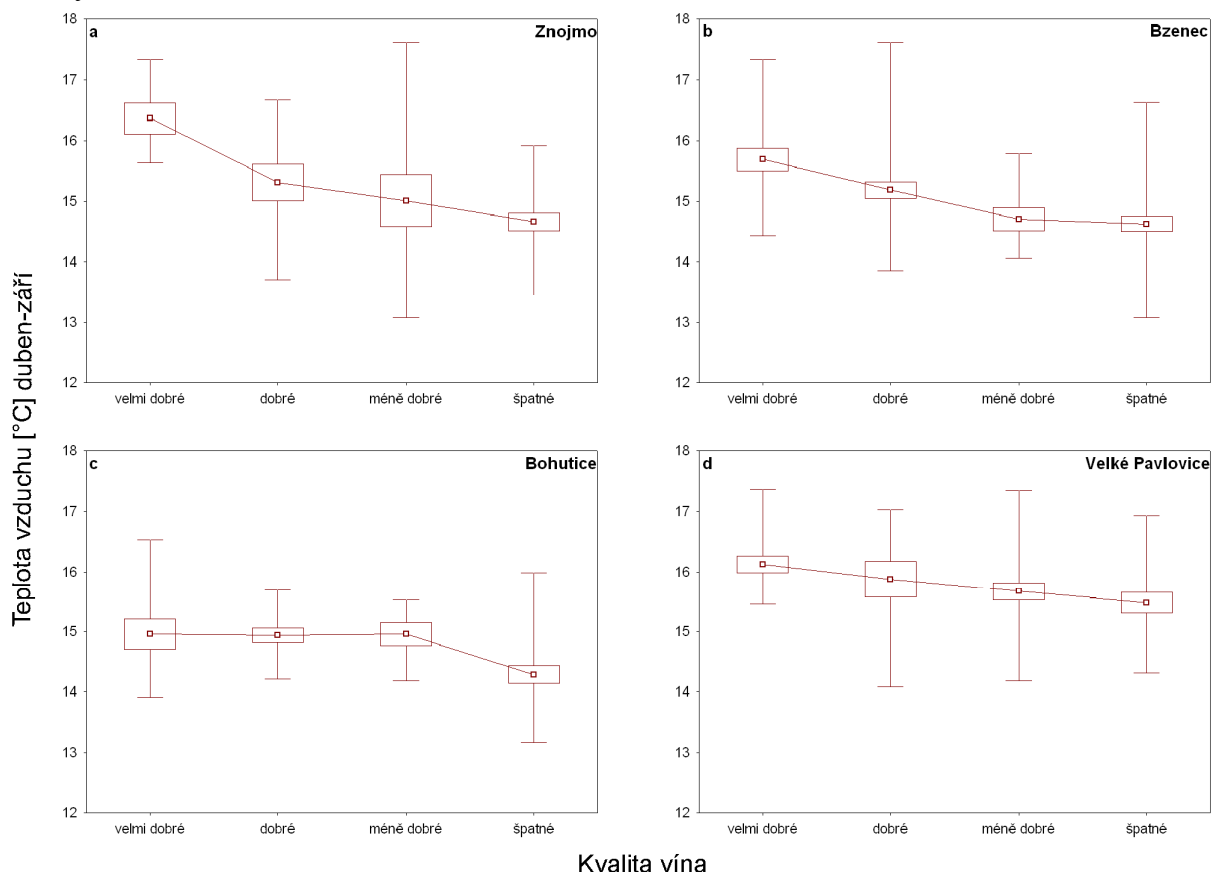
pravděpodobně souviselo s doznívajícím klimatickým fenoménem tzv. „malé doby ledové.“ Ve druhém zkoumaném úseku 1848–1890 se již hrozny sbíraly o tři dny dříve. Další část řady pro léta 1891–1938 byla sestavena z oznámení ve Znaimer Wochenblatt, ale pro obce v těsné blízkosti Znojma. V těchto letech vinobraní začínalo skoro o týden dříve (v průměru 7. října). Poslední celek byl extrahován z pozorování prováděných ve fenologické staniční síti ČHMU. V 80. letech 20. století došlo ke změně metodiky pozorování a proto i tato část byla rozdělena na dvě. V letech 1956–1983 se sklízely hrozny révy vinné v průměru nejdříve od roku 1800 (3. října). Datum sklizně pro poslední časový úsek je zaznamenáno u více odrůd a výsledky se značně liší. Například Modrý Portugal dozrával o 10 dní dříve než Frankovka a Veltlínské zelené. Do kompilované řady byla použita Frankovka. V letech 1984–2007 byla průměrná sklizeň 5. října, tedy o něco později než v předešlém úseku. To bylo pravděpodobně způsobeno několika faktory. Jak je vidět na obr. 2b, tak v 80. letech došlo náhle ke změně směrem k pozdějšímu datu, což může být zapříčiněno změnou metodiky pozorování v roce 1984. Jelikož není zaznamenávána zralost, ale pouze sklizeň, je toto datum ovlivněno i jinými činiteli (povětrnostní situace, technologické postupy atd.). Navíc vinaři nechávají víno kvůli kvalitě déle na vinnicích než tomu bylo v minulosti. Výpočtem dekádních průměrů bylo zjištěno, že nejdříve se sklízely hrozny révy vinné v 70. letech 20. století, a to už 30. září. Naopak nejpozději to bylo 19. října v letech 1810–1819 (obr. 2b). Amplituda mezi nejčasnějším a nejpozdějším vinobraním v období 1800–2007 činí 61 dní. Za celých 208 let se sklízelo víno nejdříve už 3. září 2000 (v Brně o 1,8°C teplejší vegetační období než průměr období 1961–2000) a nejpozději 3. listopadu 1957 (-1°C).



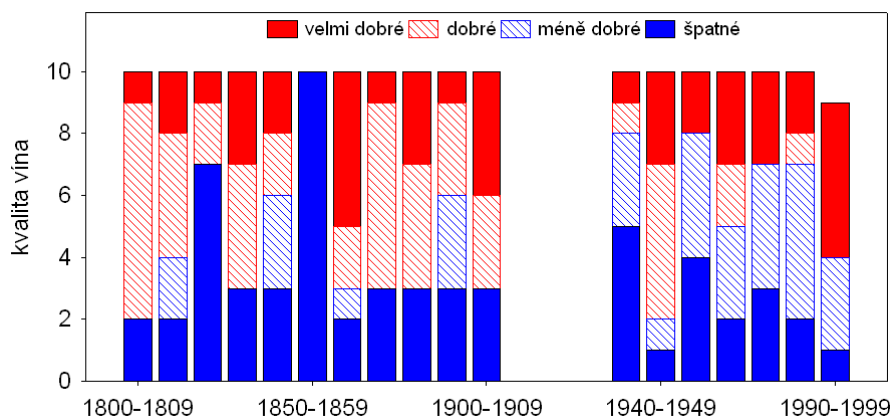
Obr. 2. Kompilovaná řada začátku sklizni révy vinné (a) a její dekádní průměry (b) na jižní Moravě v letech 1800–2007

Kvalita vína je často odrazem teplotních a vlhkostních poměrů v období zrání révy vinné. Hrozny s vysokým obsahem cukru (sladké víno) zrály v době teplejšího a suššího období. Naopak kyselé víno, tedy s nízkou cukernatostí, svědčí o chladném a deštivém počasí (Brázdil et al. 2008).

Pro Bzenec (1800–1899), Znojmo (1802–1845), Bohutice (1861–1912) a Velké Pavlovice (1926–1998) byly použity řady kvality vína (velmi dobré, dobré, méně dobré a špatné) k vyjádření jejich závislosti na teplotě vzduchu (obr. 3). Zatímco v případě Bzence, Znojma a Velkých Pavlovic bylo možné prokázat statisticky významné rozdíly mezi průměrnými teplotami odpovídajícími jednotlivým kategoriím kvality vína, pro Bohutice se takto lišily pouze první tři kategorie od špatného či kyselého vína. Podobně jako u vinobraní, tak i v případě kvality vína bylo možné sestavit dlouhou kompilovanou řadu z údajů pro Bzenec (1800–1899), Bohutice (1900–1912) a Velké Pavlovice (1928–1998). Dekádové četnosti období 1800–1998 (obr. 4) ukazují, že poměr mezi nekvalitními (méně dobré a špatné) a kvalitními (dobré, velmi dobré) ročníky byl prakticky vyrovnaný (50,8% : 49,2 %). Ve třetině všech ročníků však bylo víno vyloženě špatné a nebo kyselé. Naopak ve 23 % bylo víno velmi dobré. Kvalitní vína převažovala v dekádech 1800–1809 a 1940–1949 (vždy 8 roků z 10), 1830–1839, 1860–1869, 1870–1879, 1880–1889 a 1900–1909 (vždy 7 roků z 10). Mimořádně velký výskyt velmi dobrých vín (5 ročníků) byl v letech 1860–1869 a 1990–1998. Jenom kyselá a nedozrálá vína byly v letech 1850–1859 a v sedmi rocích také v dekádě 1820–1829. Celkově nekvalitní vína připadaly vždy na osm let v dekádech 1930–1939 a 1950–1959 a vždy na sedm roků v letech 1970–1979 a 1980–1989.



Obr. 3. Krabicový graf teplot vzduchu dubna–září v Brně počítaný pro skupiny kvality vína: a) Znojmo 1802–1845 b) Bzenec 1800–1899, c) Bohutice 1861–1912, d) Velké Pavlovice 1926–1998; svorky: max-min, krabice: průměr ± směrodatná odchylka, bod: průměr



Obr. 4. Dekádní četnosti kvality vína na jižní Moravě zpracovaná v letech 1800–1998

3.2 Informace o pěstování révy vinné jako zdroj poznání vývoje klimatu v přítomnosti

V prvním kroku byl hledán pomocí korelačního koeficientu vliv jednotlivých klimatologických charakteristik předešlých měsíců a období na začátek fenofáze (tab. 2). První pozorovaná fenofáze ve vývoji révy vinné je počátek jarní mízy. Datum začátku je většinou koncem března. Vliv klimatologických charakteristik je zde nízký, ale jako rozhodující se jeví teploty vzduchu $\geq 5^\circ\text{C}$ února a hlavně března. Zhruba o tři týdny později dochází k rašení prvních listových pupenů. Tato fenofáze dobře reaguje se všemi teplotními charakteristikami naměřenými v březnu a dubnu. Signifikantní vztah byl zjištěn i s tlakem vodní páry, slunečním svitem v březnu, intenzivnějšími srážkami a evapotranspirací. Závislost na předchozí fenofázi je velmi malá. Poslední z pozorovaných fenofází, které začínají na jaře, jsou první listy. Ty nastupují v průměru šest dní po rašení pupenů; proto je vazba obou pozorovaných fenofází vysoká (korelační koeficient je 0,90).

Tab. 2. Korelace mezi prvními listy odrůdy Frankovka a klimatologickými charakteristikami v období 1984–2007 na stanici Velké Pavlovice (kurzívou statisticky nevýznamné; červeně nejvyšší koeficient)

Charakteristiky	I	II	III	IV	I-II	II-III	I-III	I-IV	II-IV	III-IV
T	-0,51	-0,48	-0,38	-0,68	-0,58	-0,50	-0,57	-0,69	-0,68	-0,71
$\Sigma T \geq 5^\circ\text{C}$	-0,48	-0,39	-0,50	-0,68	-0,52	-0,54	-0,58	-0,78	-0,78	-0,80
$\Sigma T \geq 10^\circ\text{C}$	-0,40	-0,30	-0,35	-0,71	-0,44	-0,42	-0,48	-0,81	-0,80	-0,79
TMA	-0,51	-0,42	-0,44	-0,70	-0,55	-0,48	-0,55	-0,69	-0,68	-0,77
TMA MAX	-0,40	-0,26	-0,28	-0,37	-0,43	-0,32	-0,46	-0,57	-0,49	-0,51
$\Sigma TMA \geq 5^\circ\text{C}$	-0,48	-0,37	-0,46	-0,70	-0,50	-0,47	-0,53	-0,68	-0,67	-0,77
$\Sigma TMA \geq 10^\circ\text{C}$	-0,04	-0,42	-0,61	-0,24	-0,38	-0,63	-0,61	-0,67	-0,70	-0,70
TMI	-0,48	-0,51	-0,22	-0,53	-0,59	-0,48	-0,55	-0,63	-0,60	-0,49
SSV	-0,12	0,23	-0,46	-0,51	0,09	-0,27	-0,30	-0,51	-0,49	-0,61
E	-0,51	-0,48	-0,29	-0,54	-0,57	-0,49	-0,56	-0,66	-0,60	-0,53
SRA	0,07	-0,17	-0,22	-0,17	-0,08	-0,28	-0,19	-0,26	-0,31	-0,30
SRA $\geq 0,1$ mm	-0,06	-0,07	-0,03	0,19	-0,08	-0,06	-0,08	0,00	0,03	0,08
SRA ≥ 1 mm	0,09	-0,18	-0,16	-0,09	-0,04	-0,22	-0,12	-0,15	-0,24	-0,18
SRA ≥ 5 mm	0,03	-0,17	0,02	-0,28	-0,11	-0,13	-0,08	-0,28	-0,31	-0,30
PEVA	-0,50	-0,46	-0,50	-0,57	-0,61	-0,52	-0,60	-0,75	-0,73	-0,73

Zjištěný vztah s klimatologickými charakteristikami je podobný jako u předešlé fenofáze a korelační koeficienty jsou dokonce vyšší. Nejvyšší korelační koeficienty byly

zjištěny s aktivní sumou teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$. Datum nástupu prvních listů je sice ovlivněno počasím předešlého období, ale pouze druhotně, jelikož je spíše biologicky vázáno na začátek rašení.

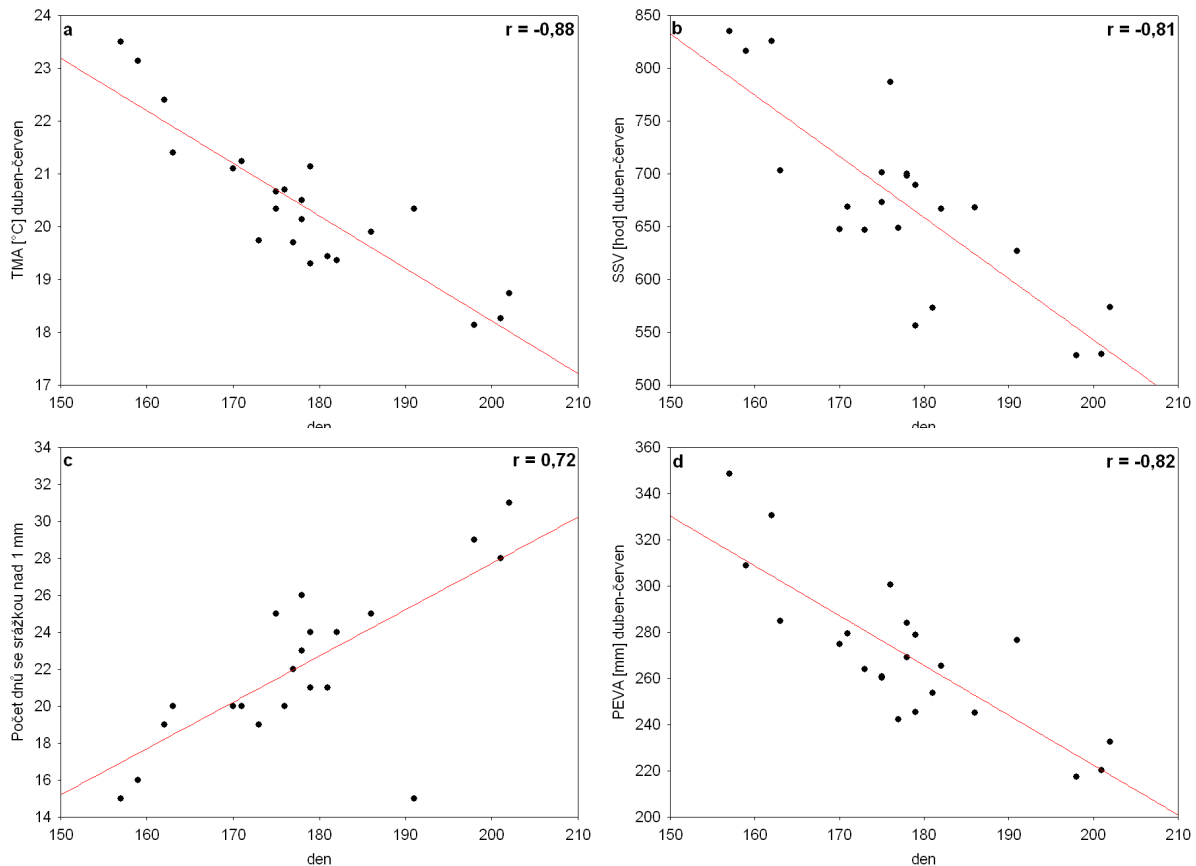
Počátek kvetení se objevuje v průměru 45 dní po prvních listech a patří mezi první fenofáze, které začínají v letních měsících. Nejčastěji jsou pozorovány první květy ve Velkých Pavlovicích mezi 7. až 15. červnem. Počátek kvetení révy vinné nejvíce ovlivňují teplotní podmínky předešlého období duben–červen. Z jednotlivých měsíců je nejtěsnější vztah s květnem. Nejvyšší korelace byla prokázána pro maximální teplotu vzduchu ($-0,87$). Korelace můžeme hodnotit u průměrné, maximální teploty vzduchu a sum aktivních teplot jako velmi vysoké a prokazatelně zde teplota hraje velkou roli při časnosti tvorby květu révy vinné. Na vývoj této fenofáze má také vliv úhrn slunečního svitu v dubnu a v celém období duben–červen. Na rozdíl od předešlých fenofází neproказuje tlak vodní páry statisticky významnou korelaci. Úhrn srážek nebo počet dnů se srážkami vykazuje pozitivní, statisticky významný korelační vztah s počátkem květu. To znamená, že čím méně srážek, tím dřívější je tvorba květu, i když extrémně nízké úhrny nejsou pro žádnou rostlinu žádoucí. Druhým faktem může být spojitost s teplotou vzduchu. Obecně platí, že deštivé počasí bývá chladnější a naopak. Mezi pozitivně působící faktory na vývoj révy vinné lze určitě zařadit i vyšší hodnoty potencionální evapotranspirace travního porostu, které vykazují těsný korelační vztah s datem nástupu kvetení ($r = -0,80$), i když je tato charakteristika také ovlivněna vazbou na teplotu vzduchu. Tyto výsledky jsou charakteristické i pro další fenofáze révy vinné jako je plný rozkvet, konec kvetení a zavěšování hroznů (tab. 3). Všechny tyto stádia nastupují jen pár dní po sobě a proto jsou výstupy velmi podobné (obr. 5). Tyto výsledky se dají hodnotit podobně jako v případě jarních fenofází. Povětrnostní podmínky předešlého období duben–červen mají majoritní vliv na počátek celého letního cyklu, který je ale pak dále ovlivňován i biologickými faktory.

Tab. 3. Korelace mezi plným rozkvetem odrůdy Frankovka a klimatologickými charakteristikami za období 1984–2007 na stanici Velké Pavlovice (kurzívou statisticky nevýznamné; červeně nejvyšší koeficient)

Charakteristiky	IV	V	VI	IV-V	V-VI	IV-VI
T	-0,57	-0,80	-0,62	-0,88	-0,81	-0,87
$\Sigma T \geq 5^{\circ}\text{C}$	-0,59	-0,79	-0,62	-0,88	-0,81	-0,86
$\Sigma T \geq 10^{\circ}\text{C}$	-0,50	-0,78	-0,61	-0,82	-0,81	-0,82
TMA	-0,63	-0,83	-0,67	-0,90	-0,85	-0,89
TMA MAX	-0,36	-0,50	-0,58	-0,58	-0,67	-0,70
$\Sigma TMA \geq 5^{\circ}\text{C}$	-0,61	-0,83	-0,67	-0,90	-0,85	-0,89
$\Sigma TMA \geq 10^{\circ}\text{C}$	-0,63	-0,82	-0,67	-0,88	-0,85	-0,89
TMI	-0,22	-0,59	-0,48	-0,65	-0,68	-0,72
SSV	-0,66	-0,48	-0,55	-0,77	-0,65	-0,76
E	-0,12	-0,38	-0,22	-0,44	-0,38	-0,42
SRA	0,48	0,41	-0,04	0,58	0,19	0,45
$SRA \geq 0,1 \text{ mm}$	0,66	-0,02	0,26	0,52	0,18	0,52
$SRA \geq 1 \text{ mm}$	0,54	0,34	0,26	0,60	0,36	0,60
$SRA \geq 5 \text{ mm}$	0,47	0,20	0,12	0,46	0,21	0,48
PEVA	-0,71	-0,71	-0,54	-0,80	-0,67	-0,75

V polovině měsíce srpna, zhruba 50 dní po zavěšování hroznů, dochází k měknutí bobulí. Ty jsou na klimatologických charakteristikách méně závislé než předešlé letní fenofáze, ale výsledek je prakticky podobný. Teplotní charakteristiky, množství slunečního

svitu a evapotranspirace opět vykazují nejužší vztah s datem nástupu tohoto vývojového stádia. Největší korelační koeficient je s maximální teplotou vzduchu v dubnu–červnu a celkově také s celým předešlým obdobím. Vliv povětrnostních podmínek v červenci je nevýznamný a v srpnu sice signifikantní, ale nijak vysoký. Analýzy prokázaly také určitou závislost na předešlých fenofázích; proto lze usuzovat, že počátek měknutí bobulí je závislý jak na faktorech biologických, tak i povětrnostních.



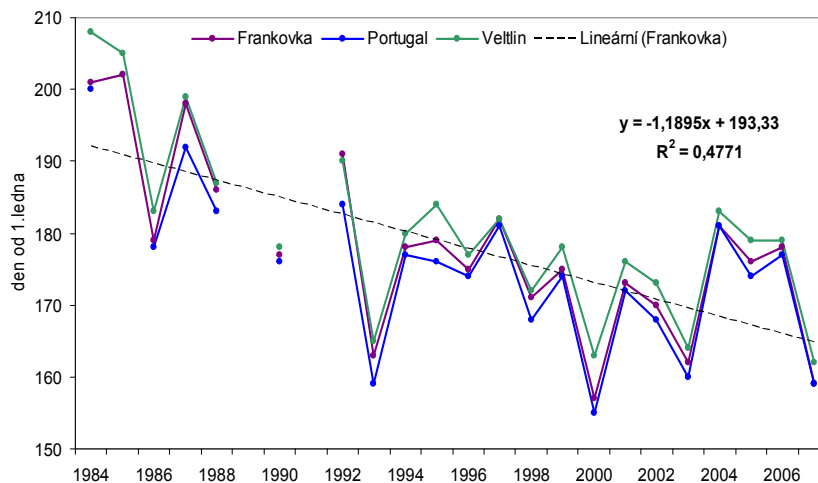
Obr. 5. Korelace mezi zavěšováním hroznů a klimatologickými charakteristikami pro období 1984–2007 a) maximální teplota vzduchu [°C] pro duben–červen, b) trvání slunečního svitu [hod.] pro duben–červen, c) počet dnů s úhrnem ≥ 1 mm, d) potenciální evapotranspirace travního porostu [mm] pro duben červen; r = koeficient korelace

Analýza závislosti sklizně révy vinné na klimatologické charakteristiky byla provedena pro tři odrůdy – Frankovku, Modrý Portugal a Veltlínské zelené, protože výsledek se lišil pro každou z nich. Protože nejde o sklizňovou zralost, jsou výpočty ovlivněny i jinými faktory než jenom klimatickými a biologickými. To se také odrazilo na nižších korelačních koeficientech mezi nástupem fenofáze a meteorologickými charakteristikami. V průměru o 10 dní dříve se ve Velkých Pavlovicích sklízela Modrý Portugal, protože je méně teplotně náročný než je tomu u Frankovky a Veltlínského zeleného (tab. 4). Druhým důvodem je to, že se obě posledně zmiňované odrůdy nechávají na vinicích záměrně déle. Díky tomu je vazba klimatologických charakteristik podstatně silnější s datem sklizně Modrého Portugalu. Tato fenofáze nejlépe reaguje na teplotní podmínky května, června a také celého vegetačního období. Relativně vysoká hodnota korelačního koeficientu je i s potenciální evapotranspirací travního porostu. Ostatní prvky mají buď slabší vazbu (sluneční svit) na datum sklizně a nebo statisticky nevýznamnou (srážky, tlak vodní páry). Silný vztah k předešlým fenofázím byl prokázán u odrůdy Modrého Portugalu (například korelační koeficient 0,81 s koncem kvetení).

Tab. 4. Data sklizně různých odrůd révy vinné v letech 1984–2007 ve Velkých Pavlovicích

Odrůda	průměr	medián	25% kvantil	75% kvantil	10% kvantil	90% kvantil	sm. odchylka [dny]
Frankovka	5.10.	4.10.	1.10.	13.10	26.9.	17.10.	11,6
Veltlínské zelené	5.10.	4.10.	1.10.	11.10	23.9.	17.10.	9,6
Portugal modrý	25.9.	23.9.	19.9.	29.9	16.9.	6.10.	10,1

U fenologických fází révy vinné byly také posuzovány její změny během zkoumaného období 1984–2007. U všech fenofází byl zaznamenán klesající lineární trend. Jarní fenofáze nastupují v posledních letech zhruba o 8 až 17 dní dříve než tomu bylo v 80. letech 20. století. Největší posun je u počátku jarní mízy, kde vypočítaný lineární trend je $-8,8$ dní za 10 let. Ve Velkých Pavlovicích došlo od roku 1961 k statisticky významnému oteplení v jarní a letní sezóně zhruba o $0,30$ až $0,38^{\circ}\text{C}$ za 10 let, což se projevilo i dřívějším začátkem letních fenofází. V současnosti je začátek těchto stádií uspíšen o 8 až 24 dní. K největší změně došlo u konce kvetení (7 dní za 10 let) a zavěšování hroznů (12 dní za 10 let, obr. 6). Mimoto u těchto dvou zmiňovaných fenofází je patrné i určité urychlení jejich biologického cyklu, kdy například zavěšování hroznů v 80. letech začínalo 25 dní po počátku kvetení, ale v období 2000–2007 to bylo už jen 12 dní. Díky těmto výsledkům lze tedy hovořit o tom, že probíhající změna klimatu se výrazně podílí na uspíšení vývoje révy vinné. Většina nadprůměrných hodnot teploty vzduchu nastala v minulých letech a nástup fenofáze v těchto letech patřil k rekordně brzkým (například rok 2000). Pokud bude pokračovat současný trend oteplování, můžeme očekávat další posun fenofází k dřívějšimu datu i v budoucnosti.



Obr. 6. Zavěšování hroznů různých odrůd révy vinné pro odrůdu Frankovka za období 1984–2007 ve Velkých Pavlovicích; R^2 = hodnota spolehlivosti

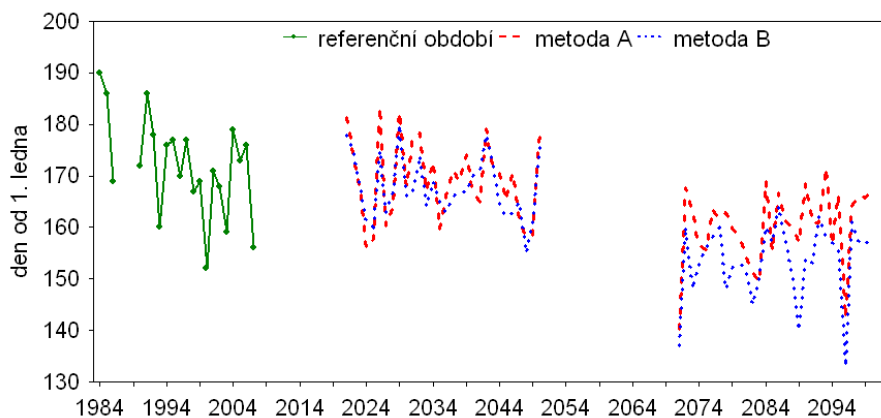
3.3 Informace o pěstování révy vinné jako zdroj poznání vývoje klimatu v budoucnosti

V rámci projektu CECILIA vznikl teplotní model pro dva časové úseky 2021–2050 a 2071–2100. Díky těmto údajům bylo možné vypočítat nástupy fenofází révy vinné v budoucnosti. V prvním časovém úseku se počítá pro oblast Velkých Pavlovic s nárůstem teploty vzduchu proti referenčnímu období 1961–1990 o $1,5^{\circ}\text{C}$ a konec 21. století by měl být

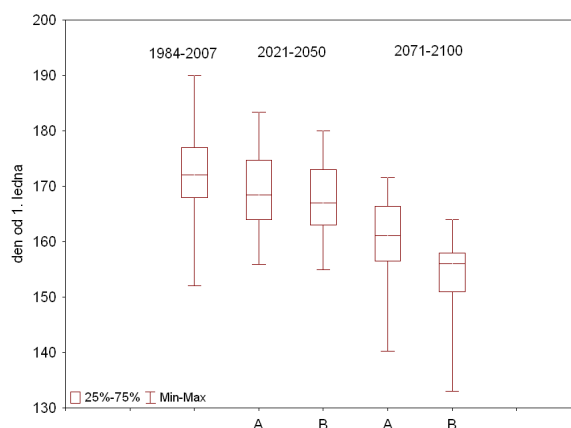
teplejší dokonce o 3,3°C. Na základě zjištěných znalostí o vztahu nástupu fenofází a teploty vzduchu byly vytvořeny dva predikční modely. Výsledky obou metod pro jarní stádia révy vinné se značně liší. Model aktivních teplot vzduchu dává podstatně dřívější začátky (tab. 5). V prvním časovém úseku 2021–2050 bude vývoj urychlen o 3 až 6 dní podle lineárně regresního modelu a o 7 až 15 dní podle druhé metody. Pro konec 21. století se předpokládá posun o 11 až 15 dní a nebo 30 až 33 dní na základě použitého modelu.

Tab. 5. Charakteristiky predikce data nástupu fenofáze první listy stanovené pomocí lineárně regresního modelu (A) a modelu aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (B)

období	metoda	průměr	medián	25% kvantil	75% kvantil	10% kvantil	90% kvantil	sm. odchylka [dny]
1984-2007		27.4.	27.4.	23.4.	27.4.	16.4.	4.5.	7,8
2021-2050	A	24.4.	24.4.	20.4.	27.4.	18.4.	29.4.	5,2
	B	20.4.	19.4.	14.4.	28.4.	5.4.	2.5.	9,0
2071-2100	A	13.4.	14.4.	9.4.	18.4.	4.4.	19.4.	6,0
	B	26.3.	28.3.	21.3.	3.4.	6.3.	11.4.	13,4



Obr. 7. Predikce data nástupu fenofáze konec kvetení stanovené pomocí lineárně regresního modelu (A) a modelu aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (B)



Obr. 8. Krabicový graf konce kvetení pro budoucí klima v letech 2021–2050 a 2071–2100 pro Velké Pavlovice stanovené pomocí lineárně regresního modelu (A) a modelu aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (B)

Podobnost obou metod predikce pro letní fenofáze je už větší; korelační koeficient je v průměru kolem 0,8. Posun začátku data v období 2021–2050 není tak markantní jako

v předešlém případě (obr. 7,8). Podle lineárně regresního modelu to bude pouze o 2 až 4 dny. Aktivní suma teplot vzduchu počítá se zrychlením letních fenofází o 4 až 6 dní. Výhled pro roky 2071–2100 předpovídá uspišení nástupů o 9 až 15 dní nebo 17 až 24 dní. Obě použité metody dávají rozdílné výsledky kalkulace nástupu sklizně révy vinné v období 2021–2050. Lineárně regresní model počítá pouze s nepatrným posunem o 2 až 3 dny, zatímco model aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ predikuje dřívější start o 8 až 19 dní v závislosti na odrůdě (tab. 6). Průměrně by mělo začínat vinobraní už v půlce září. Analogicky rozdílné výpočty jsou také pro časový úsek 2071–2100. Podle lineárně regresního modelu bude posun činit 16 až 22 dní v závislosti na odrůdě. Metoda aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ předpovídá začátek sklizně o 32 až 42 dní dříve než v referenčním období 1984–2007. Vinobraní by začínalo v poslední dekádě měsíce srpna, což je podobné jako například v současnosti ve Francii.

Tab. 6. Charakteristiky predikce doby začátku sklizně různých odrůd révy vinné stanovené pomocí lineárně regresního modelu (A) a modelu aktivních sum teplot vzduchu $\geq 10^{\circ}\text{C}$ (B)

odrůda: Modrý Portugal								
období	metoda	průměr	medián	25% kvantil	75% kvantil	10% kvantil	90% kvantil	sm. odchylka [dny]
1984-2007		25.9.	23.9.	19.9.	29.9.	16.9.	6.10.	10,1
2021-2050	A	18.9.	20.9.	13.9.	25.9.	6.9.	29.9.	8,6
	B	15.9.	15.9.	7.9.	23.9.	2.9..	29.9.	11,9
2071-2100	A	2.9.	1.9.	25.8.	4.9.	20.8.	14.9.	8,5
	B	22.8.	23.8.	18.8.	28.8.	9.8.	5.9.	9,1
odrůda: Veltlínské zelené								
období	metoda	průměr	medián	25% kvantil	75% kvantil	10% kvantil	90% kvantil	sm. odchylka [dny]
1984-2007		5.10.	4.10.	1.10.	11.10.	23.9.	17.10.	9,6
2021-2050	A	30.9.	1.10..	27.9.	5.10.	22.9.	7.10.	5,7
	B	16.9.	17.9.	7.9.	24.9.	2.9.	30.9.	12,2
2071-2100	A	19.9.	18.9.	15.9.	22.9.	12.9.	27.9.	5,6
	B	23.8.	23.8.	18.8.	28.8.	9.8.	6.9.	9,2
odrůda: Frankovka								
období	metoda	průměr	medián	25% kvantil	75% kvantil	10% kvantil	90% kvantil	sm. odchylka [dny]
1984-2007		5.10.	4.10.	1.10.	13.10.	26.9.	17.10.	11,6
2021-2050	A	1.10.	2.10.	27.9.	5.10.	22.9.	8.10.	6,2
	B	15.9.	15.9.	7.9.	23.9.	2.9.	29.9.	11,9
2071-2100	A	18.9.	17.9.	14.9.	21.9.	10.9.	27.9.	6,1
	B	22.8.	23.8.	18.8.	28.8.	9.8.	5.9.	9,1

4. Závěr

Jak vyplívá z této práce mnoho dat spojených s pěstováním révy vinné obsahuje přímou a nebo proxy informaci o počasí a meteorologických extrémech v České republice. Nicméně velká část údajů z minulosti je z hlediska časového a prostorového neúplná. Proto se otvírá možnost dalším archivním výzkumem doplnit tyto mezery. Kvantitativní rekonstrukce teploty vzduchu, jak ji známe z okolních států (např.: Chuine et al. 2004; Meier et al. 2007), nemohla být právě díky neúplnosti dat provedena. Nicméně verifikace na dlouhých řadách počátku sklizně révy vinné v 19. století poukázala na potenciál těchto dat a pokud by se podařilo získat

nové údaje pro starší období, byla by následná rekonstrukce možná. Na druhou stranu data o dopadech povětrnostních extrémů na produkci vína významně doplnila a potvrdila chronologii extrémů, která je k dispozici v historicko-klimatologické databázi Geografického ústavu Masarykovy univerzity v Brně.

Studie také analyzovala vliv povětrnostních podmínek na vývoje révy vinné během roku a tyto znalosti by mohli být využity pro zlepšení pěstitelských postupů ve vinařství a také lepší předvídatelnost nástupu různých fenofází. Studium vývoje nástupu fenofází ve 21. století, s ohledem na současnou klimatickou změnu, by mohlo napomoci dalším vědním oborům, převážně z oblasti zemědělství a biologie, připravit adaptační opatření pro oblast vinařství (např. šlechtění odrůd) a také posoudit nakolik je z biologického hlediska reálný výše pospaný posun v začátku fenofází. Z oblasti klimatologie se zde otvírá prostor pro detailnější modelaci nástupu daných fází, například i za použití jiných klimatických scénářů.

Poděkování:

Článek byl připraven díky finanční podpoře Grantové agentury České republiky z projektu č. 521/08/1682

Použitá literatura

- Alexandersson, H. (1986): A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6, č. 6, s. 661–675.
- Anonym (1908): Bzenecké víno od roku 1796 až 1908. *Vinařský obzor*, 2, č. 7, s. 244–249.
- Anonym (1913): Sklizeň vína od r. 1861–1912. *Vinařský obzor*, 7, č. 7, č. 137–140.
- COUFAL, L., HOUŠKA, V., REITSCHLÄGER, J. D., VALTER, J., VRÁBLÍK, T. (2004): *Fenologický atlas. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 264 s.*
- BRÁZDIL, R., DOBRÝ, J., KYNCL, J., ŠTĚPÁNKOVÁ, P. (1997): Rekonstrukce teploty vzduchu teplého půlroku v oblasti Krkonoš na základě letokruhů smrku v období 1804–1989. *Geografie – Sborník České geografické společnosti*, 102, č. 1, s. 3–16.
- BRÁZDIL, R., VALÁŠEK, H. (2005a): Historické informace o pěstování vinné révy jako zdroj údajů pro historickou klimatologii (Úvod do problematiky). In: *Dějiny vinařství na Moravě. Sborník příspěvků z konference, Brno, s. 17–26.*
- BRÁZDIL, R., ZAHRADNÍČEK, P., DOBROVOLNÝ, P., KOTYZA, O., VALÁŠEK, H., (2008): Viticulture as a source of climatological knowledge in the Czech Republic. *Geografie - Sborník České geografické společnosti, roč. 113, č. 4, s. 351–378*
- CHUINE, I., YIOU, P., VIOVY, N., SEGUIN, B., DAUX, V., LE ROY LADURIE, E. (2004): Historical phenology: Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432, č. 7015, s. 289–290.
- DÉQUÉ, M. (2007): Frequency of precipitation and temperature extremes over France in an anthropogenic scenario: model results and statistical correction according to observed values. *Global and Planetary Change*, 57, s. 16–26.
- Meier, N., Rutishauser, T., Pfister, C., Wanner, H., Luterbacher, J. (2007): Grape harvest dates as a proxy for Swiss April to August temperature reconstructions back to AD 1480. *Geophysical Research Letters*, 34, L20705.
- HAASE, J. (1873): *Weinbau in Znaimer und Joslowitzer Gerichtsbezirke in Mähren. Im Selbstverlages des Verfasser, Znaim, 60 s.*
- Košťál, M. (1956): O významu severočeského vinařství v minulosti. *Sborník Československé akademie zemědělských věd – Historie a muzejnictví* 3 (31), č. 3, s. 173–202.
- KRAUS, V. (1964): Příspěvek k poznání přírodních vlivů určujících jakost žernoseckých vín. *Vlastivědný sborník Litoměřicko, č. 1–2, s. 33–36.*
- KRAUS, V. (1999): *Réva vinná v Čechách a na Moravě. Radex, Praha, 280 s.*

- KRŠKA, K. (2006): Fenologie jako nauka, metoda a prostředek. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Vyskot, I. (ed): Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, Brno, s. 4–8
- MIHÁLIKOVÁ, I. (1983): 60 let fenologické staniční sítě. Meteorologické zprávy, 36, č. 6, s. 187–188.
- MULLINS, M. (1992): Biology of the Grapevine. Cambridge University Press, Cambridge, 239 s.
- Nekovář, J. (2008): The history and current status of Czech plant phenology. In: COST Action 725 – The history and current status of plant phenology in Europe. COST Office, Brussels, s. 51–57.
- Pifflová, L., Brablec, J., Lenner, V., Minář, M. (1956): Příručka pro fenologické pozorovatele. Hydrometeorologický ústav, Praha, 168 s.
- ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P., FARDA, A. (2008): RCM Aladin-Climate/CZ simulation of 2020-2050 climate over the Czech Republic, in Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině, Mikulov 9 – 11.9.2008, s. 70–81
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P. (2009): Data quality control and homogenization of the air temperature and precipitation series in the Czech Republic in the period 1961-2007. Advance Science Research., 3, s. 23–26.
- ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R., Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of Central European daily time series. Idojaras (přijato do tisku)
- WINKLER, A., COOK, J., KLIWERE, W., LIDER, L. (1974): General Viticulture. University of California Press, London, 740 s.
- ZAHRADNÍČEK, P. (2008): Informace o vinné révě jako zdroj klimatologického poznání v České republice. Ediční středisko MZLU v Brně : In: Kvalita moravských a českých vín a jejich budoucnost, Sborník příspěvků z konference, pořádané jako součást řešení výzkumného projektu GA ČR č. 525/06/1757. Lednice 11.-12.9.2008., 2008. CD-ROM. první vydání.
- ZAHRADNÍČEK, P. (2008): Fenologické fáze révy vinné v závislosti na meteorologických prvcích. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině“, Mikulov 9.- 11.9.2008. s. 225–240
- ZAHRADNÍČEK, P. (2009): The temporal dynamics of the grapevine phenophases and their prediction for future. In: Přibylova, A., Bičařova, S. (eds): Sustainable development and Bioclimate. Stará lesná 5-8.10.2009. Slovenská bioklimatologická společnost, s. 180–182
- ZAHRADNÍČEK, P. (2010): Změna nástupu fenologických fází révy vinné a její závislost na meteorologických prvcích. In: Fyzickogeografický sborník 7, Brno, v tisku
- ZAHRADNÍČEK, P. (2010): Informace o pěstování révy vinné, jako zdroj poznání vývoje klimatu v České republice v minulosti, současnosti a v budoucnosti. Disertační práce. Geografický ústav, Přf MU Brno.
- ZAHRADNÍČEK, P., HÁJKOVÁ, L. (2009): Vliv meteorologických prvků na vybrané fenologické fáze révy vinné a jejich časová dynamika. Meteorologické Zprávy, 62, 3, 51–59

Kontaktní adresa 1. autora:

zahradnicek@chmi.cz