

METHODS OF COMPILING LONG-TERM PHENOLOGICAL SERIES IN SOUTHERN MORAVIA

METODY KOMPLETACE DLOUHODOBÝCH FENOLOGICKÝCH POZOROVÁNÍ NA JIŽNÍ MORAVĚ

Pánik M., Trnka M., Možný M., Černá H.

Department of Agrosystems and Bioclimatology, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemědělská 1, 613 00, Brno, Czech Republic

E-mail: xpanik@node.mendelu.cz

ABSTRACT

The main aim of the study was to analyze methods that would be applicable for analysis of long-term phenological records of plant species with importance for apiculture. As the first step ten of thousands of records from phenological yearbooks published between 1923 and 1960 were digitized into the easily accessible database. At selected cases digitized database was supplemented by latter phenological observations available at Czech Hydrometeorological Institute. In this way an example of long-term record was reconstructed for period 1923-1979 for sites in southern Moravia. In the next step the individual sites in digital database were georeferenced in order to be used in GIS type of analysis, which allows more efficient use of scattered historical records. The analysis of long-term observations indicated some statistically significant trends toward earlier onset of phenological stages (in case of *Salix Capri*, *Cerasus avium* and *Cerasus vulgaris*) which is rather surprising given the fact that the period prior to 1980 has not been considered as being particularly affected by ongoing climate change. The first results indicate very high potential of properly used phenological datasets for regional climate change impact studies.

Poděkování: Tento příspěvek vznikl s podporou projektu Grantové agentury ČR č. 521/08/1682 a Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

ÚVOD

Fenologie je nauka zabývající se studiem časového průběhu periodicky se opakujících životních projevů tj. vývojových fází rostlin a živočichů a studiem vazeb těchto tzv. fenologických fází na klimatických i půdních podmínkách během jednotlivých let (VALENTA, 2008). Řecké slovo „Phaino“, které dalo fenologii název, znamená „projev, vzhled“. Naznačuje, že pozornost fenologů upoutávají jen dobře zjevné, zřetelné a nápadné vývojové fáze studovaných organismů. Jsou to jevy v přírodě, které nastávají každoročně, avšak v nestejných termínech případně s rozdílnou intenzitou, protože odrážejí časově proměnlivé podmínky prostředí. Na základě pozorování fenolog určuje počátek a konec fenologických fází, což lze následně využít v agrometeorologické charakteristice území (ROŽNOVSKÝ, 2006). Fenologická fáze (fenofáze) je určitý zevně dobře rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev vývinu nadzemních orgánů (zejména pupenů, listů, květenství) sledovaných druhů vyšších rostlin (VALENTA, 2008). Fenologické údaje umožňují mimo jiné hodnocení vlivu podnebí a počasí na vývoj rostlin a jsou také společnou časovou základnou pro poskytování aktuálních meteorologických informací pro sektor zemědělství (VALTER, 2005).

V poslední době se fenologická pozorování využívají k zjišťování vztahů a reakcí rostlinstva probíhající změnu klimatických podmínek i jeho odpovědi na výrazné výkyvy počasí v různých letech. V rámci diplomové práce na téma „Meziroční variabilita nástupu a trvání květu včelařsky významných druhů“ budou fenologická data klíčová pro stadium dlouhodobé adaptace vybraných druhů na měnící se klimatické podmínky a možné dopady na včelařství.

Již v minulosti byly fenologické pozorování srovnávány s dlouhodobými klimatickými řadami a studovány vzájemné vztahy mezi nimi. Základy pravidelnému a metodicky sjednocenému pozorování staniční fenologické sítě položil Carl von Linné, který ve Švédsku a Finsku zřídil 18 stanic (NEKOVÁŘ, 2008). Další zdokonalení v pozorování přišlo v 19. století zásluhou pražského meteorologa K. Frietsche, který se zúčastnil mezinárodní konference v Londýně roku 1860 (SCHNELLE, 1955). V letech 1927 - 1937 byly výsledky fenologických pozorování v našem státě publikovány prof. Dr. V. Novákem a Ing. J. Šimkem ve vzorně vypravených fenologických ročenkách (KLIKA, 1954). Česká meteorologická služba převzala fenologii v roce 1940 s celou sítí a archivem údajů od roku 1923. Postupně docházelo k redukci počtu stanic všeobecné fenologie (v roce 1960 na 900, 1970 na 600, 1980 na 400 stanic) a kolem roku 1985 ke specializaci sítě fenologie na polní plodiny (83 stanic), ovocné dřeviny (32 stanic) a lesní rostliny (48 stanic). Fenologické ročenky vydával ČHMÚ do roku 1960 (NEKOVÁŘ, 2007).

Cílem práce bylo analyzovat možné metody, které jsou použitelné pro rekonstrukci fenologických pozorování na území jižní Moravy u včelařsky významných druhů, zjištění návaznosti fenologických fází na teplotě vzduchu a vytvoření prostorového modelu pozorovací staniční sítě s četností jejich měření.

METODIKA

Vlastní kompletace dat byla prováděna z dochovaných Phenologických ročenek Československých vydaných prof. Novákem (NOVÁK, 1923-1937) a Fenologických ročenek Československých (HÚP, 1938-1960). „Novákovy fenologické ročenky“ byly vydávány jako knižní výtisky pro jednotlivá léta a aby bylo možné s daty efektivně pracovat, bylo součástí této studie vybudování digitálního archivu fenologických dat pro období 1923-1960. Jednalo se o naskenování tištěných pokladů s následnou úpravou drobných chyb, které vznikaly při převodu z tištěné formy a tímto způsobem byla vytvořena databáze několika desítek tisíc pozorování. Ročenky zaznamenávaly fenologická data ze všech sledovaných stanic Čech, Moravy, Slezka a Slovenska. Z praktických důvodů byla doposud do databáze převedena pouze data pro oblasti Moravy a Slezka. Ve všech oblastech byly jednotlivě sledovány polní kultury, luční kultury, lesní stromy, ovocné stromy a keře a rostliny divoce rostoucí. Pro tento příspěvek byly vybrány všechny významné včelařské druhy rostlin, které byly zařazeny do dlouhodobých fenologických sledování - *Acer pseudoplatanus* (javor klen), *Robinia pseudoacacia* (trnovník akát), *Corylus avellana* (líska obecná), *Salix caprea* (vrba jíva), *Cornus mas* (dřín obecný), *Tilia cordata* (lípa malolistá), *Cerasus avium* (třešeň ptačí), *Pirus malus* (jabloň letní), *Cerasus vulgaris* (višeň obecná). Při výběru těchto devíti druhů byly zohledněny kritéria včelařského významu. Jde především o pyloidárnost a nektárodárnost rostlin, protože včela medonosná je pro svou závislost na přírodních zdrojích potravy i neocenitelným ekologickým činitelem (PŘIDAL, 2005). Vlastní zápisy fenologických pozorování byly pořizovány co nejpřesněji pro každý druh pro zvlášť určené typické fenofáze. U většiny sledovaných druhů rozeznáváme tyto typy fenofází - rašení, první listy, plné olistění, butonizace, počátek kvetení, plný rozkvět, konec kvetení, tvorba pupenů, počátek fruktifikace, opadání listů. V tomto příspěvku se omezíme pouze na fenofázi, která je pro včelu medonosnou nejdůležitější, tedy počátek kvetení. Tato fáze je charakteristická květy rozevřenými (jehnědy či šištice rozvolněné), prašníky jsou viditelné a alespoň některé z nich se právě otvírají a uvolňují pyl (VALTER, 2005).

Teprve po digitalizaci dat a výběru zkoumaných druhů rostlin bylo možné přistoupit k vlastnímu výběru stanic s dlouhodobým pozorováním. Jednalo se o analýzu všech dostupných dat pro jednotlivé stanice a druhy rostlin tak, aby bylo možné získat co nejdélejší a pokud možno co nejsouvislejší řady fenologických pozorování. Cílem je aby tyto řady byly reprezentativní a použitelné v dalších částech studie. Z několika desítek stanic je s ohledem na výraznou proměnlivost sítě možné vybrat pouze několik slibných lokalit pro další analýzu. Metody práce budou v tomto příspěvku demonstrovány na příkladu stanice Šlapanice. Na této lokalitě bylo navíc možné data získaná z fenologických ročenek doplnit o novější data (1961-1979), která poskytl Český hydrometeorologický ústav výměnou za digitalizované ročenky. Bohužel i Fenologická služba ČHMÚ má relativně omezený rozpočet a dostupná fenologická data z jednotlivých stanic jsou velmi omezená. To je mj. důsledkem dramatické redukce pozorovací sítě. Bohužel převážná část fenologických pozorování končí v rozmezí roků 1980-1990 což je případ i lokality Šlapanice. Jednotlivá data ročních nástupů počátku kvetení vybraných 9 druhů rostlin pro jednotlivé stanice byly seskupeny a seřazeny dle. Vznikla pro jednu stanici (Šlapanice) a jeden druh dlouhodobá řada fenologického pozorování počátku

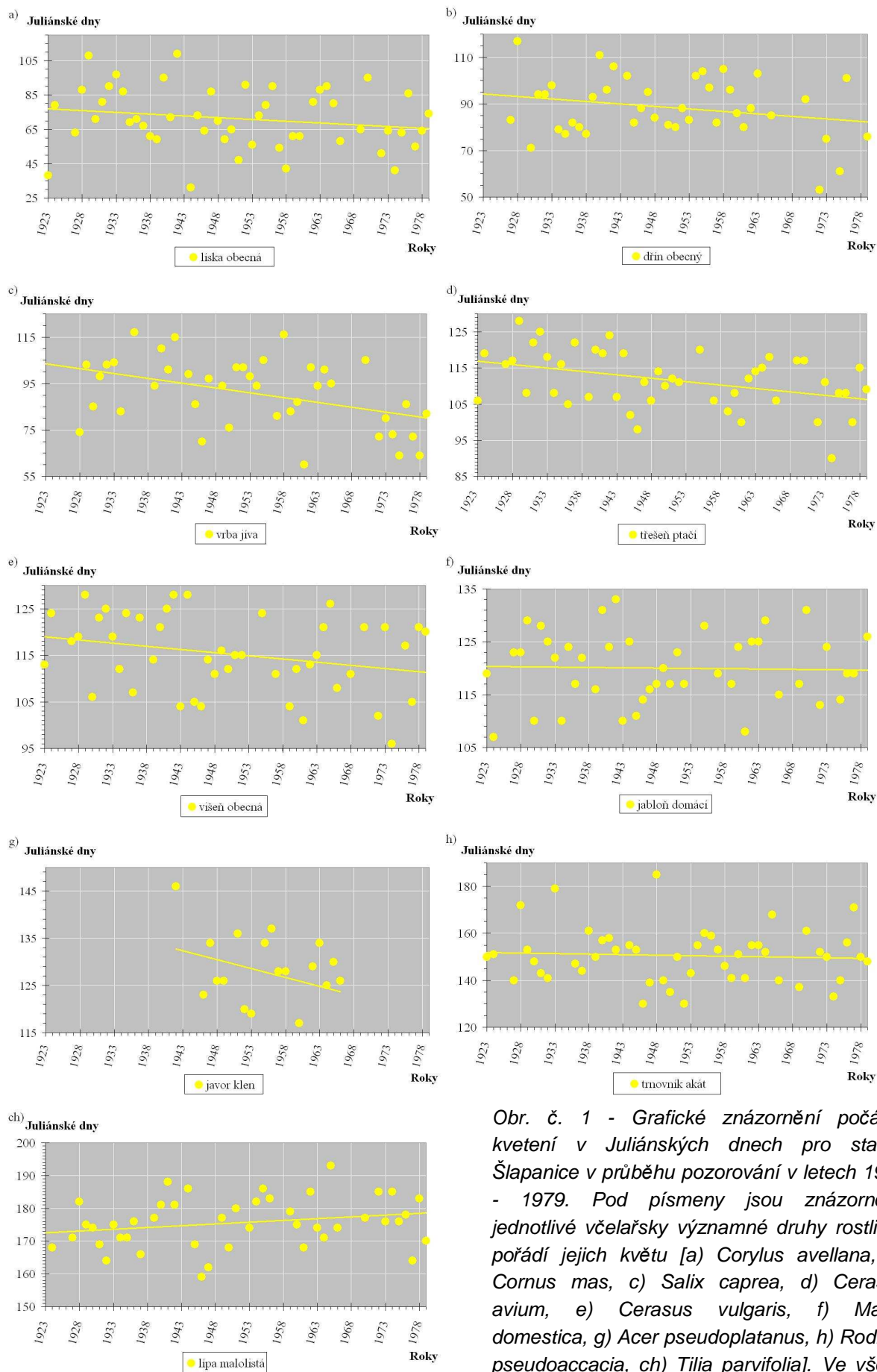
kvetení. Graficky to bylo vyjádřeno pomocí bodového grafu a zhodnocení statistické významnosti trendu jak parametrickými tak neparametrickými metodami s použitím programu Statistika v. 8.1.. Řada pozorování na stanici Šlapanice jsou neúplná a proto bylo přistoupeno k jejímu doplnění vytvořením jednoduchého fenologického modelu na základě teplotních údajů. K analýze byly využity hodnoty průměrné měsíční teploty z nedalé stanice Brno - Tuřany. K výpočtu data počátku kvetení byly použity průměrné měsíční teploty za určité období předcházející nástupu jmenované fáze. Jedná se o teploty z období, kdy v jednotlivých rostlinách začínají metabolické procesy. Analýzou dat průměrných měsíčních teplot byly dopočítány korelační koeficienty. Na základě jejich násobku s průměrnými teplotami přičtenými k hranici koeficientu byl vypočítán datum nástupu fenologické fáze pro druh *Cerasus avium* (třešeň ptačí). V další fázi zpracování diplomové práce počítají autoři s použitím sofistikovaného přístupu opírajícího se o detailní databázi denních dat a využití programu FenoClim vyvíjeného na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie.

Popsaná metoda však umožňuje vytvoření pouze relativně omezeného počtu datových řad a nevyužívá rozsáhlé databáze fenologických pozorování která jsou alespoň v některých obdobích k dispozici. Proto je vyvážena druhá metoda opírající se o tzv. regionální fenologické řady. Tato metoda spočívá ve využití všech dostupných dat pro daný druh v daném ročníku pro výpočet prostorového průměru pro zvolený region. Za tímto účelem byly veškeré údaje z fenologických ročenek manuálně georeferencovány, neboť v ročenkách samotných ani v dostupných metadatech nejsou k dispozici souřadnice míst fenologických pozorování. Jedná se o neobyčejně pracný proces v řádu stovek pracovních hodin, neboť jedinými údaji které jsou o místě pozorování k dispozici je název obce v jejímž katastrálním území byla pozorování prováděna a jméno okresu. V současné době bylo dokončeno georeferencování dat z období 1927-1960 a je poprvé prezentována v rámci této práce.

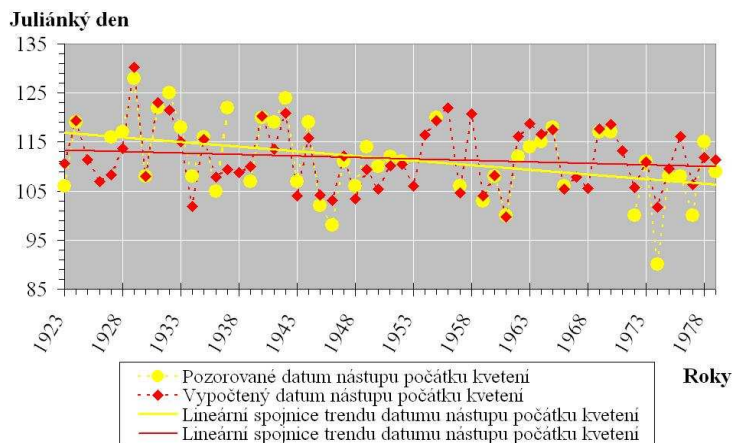
VÝSLEDKY A DISKUZE

Kompletace staničních dat

Postupnou kompletací fenologických dat bylo možné vytvořit grafická znázornění nástupu fenologické fáze počátku kvetení například stanice Šlapanice, která má relativně dlouhou řadu fenologických pozorování. V přiložených grafech lze sledovat roční změny v datu nástupu fenologických fází pro jednotlivé druhy (Obr. č. 1). Grafické znázornění těchto hodnot umožňuje rovněž analýzu změn data kvetení v období 1923-1979. Jak vyplývá z grafů nástupu data prvního květu vykazuje výraznou meziroční variabilitu a současně je zřejmé, že ve sledovaném období 56 let se u 8 druhů posunula doba začátku květu do dřívější doby a to až o 4 dny za dekádu v případě vrby jívy. Jen u lípy malolisté se průměrná doba prvního květu nevýrazně opoždí. Jak ukazuje Tab. č. 1 jsou tyto změny statisticky významné pouze v případě třešně ptačí, višně obecné a vrby jívy.

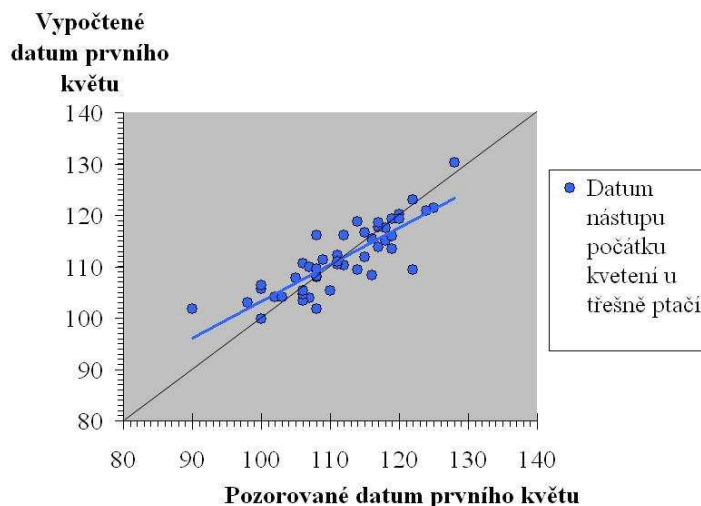


Obr. č. 1 - Grafické znázornění počátku kvetení v Juliánských dnech pro stanici Šlapanice v průběhu pozorování v letech 1923 - 1979. Pod písmeny jsou znázorněny jednotlivé včelařsky významné druhy rostlin v pořadí jejich květu [a) *Corylus avellana*, b) *Cornus mas*, c) *Salix caprea*, d) *Cerasus avium*, e) *Cerasus vulgaris*, f) *Malus domestica*, g) *Acer pseudoplatanus*, h) *Rodinia pseudoaccacia*, ch) *Tilia parvifolia*]. Ve všech případech je znázorněn lineární trend



Obr. č. 2 - Porovnání pozorovaného datumu nástupu počátku kvetení u *Cerasus avium* (třešeň ptačí) s vypočteným datumem nástupu počátku kvetení vzniklým analýzou průměrných měsíčních teplot.

Obrázek číslo 2 dokumentuje současnou rekonstrukci časové řady prvního květu třešně ptačí kombinací pozorovaných fenologických dat a teplotních dat pro lokalitu Šlapanice. Je zřejmé že použitá metoda poměrně dobře vystihuje meziroční variabilitu a dosahuje výsledků srovnatelné kvality jako práce ČREPINŠEKA (2002) či WIELGOLASKÉHO (2003). Zároveň je ale jasné, že metoda opírající se o měsíční teplotní data nevyhovuje ve všech ročnících a v některých případech vede až k 10 denní chybě v odhadované fenofázi (Obr. č. 3), a proto bude nutné použít denní data a statisticky sofistikovanější postup.

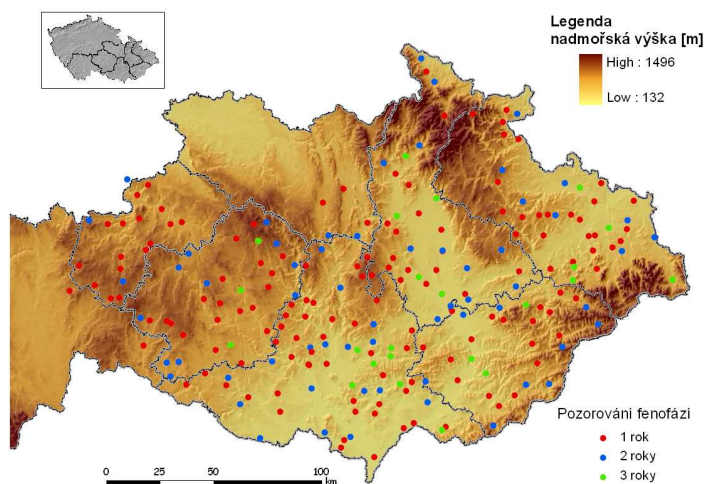


Obr. č. 3 – Vztah mezi pozorovaným datem prvního květu třešně ptačí a datem odhadnutým na základě sumy efektivních teplot pro lokalitu Šlapanice ($n = 47$, $r = 0,8459$).

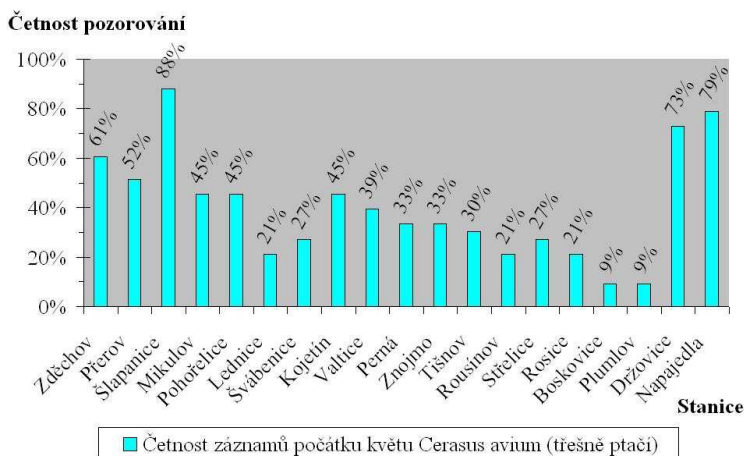
Výpočet prostorového průměru

Obrázky 4 a 5 ilustrují smysl a význam využití prostorového průměru pro rekonstrukci fenologických řad vytvářením regionálních průměrů na základě digitalizace a následného georeferencování historických dat. Jako příklad byly vybrány fenologické stanice na Moravě a ve Slezsku kde byla prováděna pozorování fenofází třešně ptačí v letech 1950, 1955 a 1960. Celková hustota sítě fenologických stanic v těchto třech letech je 223 stanic, ale pouze na 23 z

nich byla pozorování prováděna ve všech třech zkoumaných letech. Pro dva roky ze tří jsou data dostupná na 64 stanicích, zatímco 139 stanic má během tří zkoumaných let pouze jeden záznam. Tento neblahý stav soustavné obměny pozorovací sítě je ještě více zřejmý z Obr. 5., který zachycuje všechny fenologické stanice na jižní Moravě s větším počtem pozorování. Je jasné, že pouze pro 5 stanic z 19 jsou záznamy k dispozici alespoň v polovině z celkového počtu 33 let během studované období (1927-1960). Vytváření regionálních řad tak musí být nezbytným doplněním metody rekonstrukce fenologických pozorování pro jednotlivé stanice.



Obr. č. 4 - Mapa fenologických stanic na Moravě a ve Slezsku a počet provedných pozorování fenologických fází u *Cerasus avium* (třešeň ptačí) ve 3 vybraných ročnících (1950, 1955, 1960).



Obr. č. 5 - Ukázka četnosti prováděných pozorování fenofáze počátku kvetení *Cerasus avium* (třešeň ptačí) na stanicích jižní Moravy v letech 1927 - 1960.

ZÁVĚR

Byly demonstrovány dvě metody práce s fenologickými daty. Na základě první metody byly prokázány úzké vazby mezi fenologickými fázemi počátku kvetení a teplotou vzduchu. Nastíněny byly trendy a statistické významnosti postupu fenofází vlivem

zvyšujících se průměrných měsíčních teplot patrné nejvíce u třešně ptačí a vrby jívy. Průměrné datумы nástupu počátku kvetení se posunuly o 10,6 a 23,2 dne do dřívější doby. Druhou metodou bylo prostorové znázornění sítě fenologických stanic jižní Moravy na základě kterých lze vytvářet regionální fenologické řady. Tyto podklady budou sloužit jako vstupní materiály diplomové práce Meziroční variability nástupu a trvání květu včelařsky významných druhů a budou využity i v rámci řešení projektu GAČR 512/08/1682.

Tab. č. 1 - Statistická významnost průběhu pozorování fenologické fáze počátku kvetení u včelařsky významných druhů rostlin.

Druh	n - počet pozorování	r - korelační koeficient	změna nástupu fáze dny/dekádu	Statistická významnost trendu	
				Pearson	Kendal
Corylus avellana (líška obecná)	50	0,192	-2,075	0,0905	0,0726
Cornus mas (dřín obecný)	41	0,240	-2,152	0,0655	0,2645
Salix caprea (vrba jíva)	41	0,433	-4,15	0,0024**	0,0053**
Cerasus avium (třešeň ptačí)	47	0,399	-1,884	0,0027**	0,0087**
Cerasus vulgaris (višeň obecná)	46	0,274	-1,356	0,0328*	0,0524
Pirus malus (jabloň letní)	46	0,024	-0,116	0,4354	0,4099
Acer pseudoplatanus (javor klen)	21	0,311	-3,761	0,3555	0,4758
Robinia pseudoacacia (trnovník akát)	49	0,062	-0,445	0,3358	0,4078
Tilia cordata (lípa malolistá)	44	0,236	1,076	0,0616	0,0558

LITERATURA

ČREPINŠEK, Z., 2005.: Spring phenological events in Slovenia related to air temperature., Arboreta Phenologica, 48, 9-17.

HÚP - HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV PRAHA, 1938-1960.: Fenologická ročenka Československé republiky., Praha

KLIKA, J., NOVÁK, J., GREGOR, A., 1954.: Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství., Československá akademie věd, sekce biologická., Praha, 773 s.

NEKOVÁŘ, J., a kol., 2007.: Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu., Svazek 50, Česká fenologická databáze pro klimatologické aplikace., Praha, 126 s, ISBN 978-80-86690-44-5

NEKOVÁŘ, J., KOCH, E., KUBIN, E., NEJEDLIK, P., SPARKS, T., WIELGOLASKI, F-E., 2008.: COST Action 725, The history and current status of plant phenology in Europa., History of international phenology networks., 182 pp, Finland, ISBN 978-951-40-2091-9

NOVÁK, V., 1923-1937.: Fenologické ročenky Československé., Zprávy výzkumných ústavů zemědělských ČSR, Praha

PŘIDAL, A., 2005.: Ekologie opylovatelů., Brno, 112 s., ISBN 80-86787-04-4

ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T., VYSKOT, I. (ed),. 2006.: Fenologická odezva proměnlivosti podnebí - Fenologie jako nauka, metoda a prostředek., Brno, ISBN 80-86690-35-0

SCHNELLE, F., 1955.: Pflanzenphänologie., Akademische Verlagsgesellschaft Geet & Portis, Leipzig, 299 pp

VALENTA, O., LICHTENBERK, L., 2008.: Fenologie [online], [cit. 15. října 2008],
Dostupné na World Wide Web:

http://www.postmoderne.net/ondre/centrum/skola_soubory/Prirodoveda/fenologie.htm

VALTER, J., 1982, aktualizace 2005.: Návod pro činnost fenologických stanic - ovocné dřeviny (Metodický předpis č. 3). 1.vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 80 s.

WIELGOLASKI, F.E., 2003.: Climatic factors governing plant phenological phases along a Norwegian fjord. J. Biometeorol., 47, 213-220.