

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Variabilita nástupu fenologických fází habru obecného
(*Carpinus betulus* L.)**

Diplomová práce

Autor práce: Aleš Staněk

AMR KS – Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Kožnarová Věra, Ing., Csc.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Variabilita nástupu fenologických fází habru obecného (*Carpinus betulus* L.)" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. dubna 2017

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Věře Kožnarové, CSc., své vedoucí, za skvělý pedagogický přístup, podporu při získávání podkladů, konzultace a odborné vedení při naplňování zadání mé závěrečné práce.

Variabilita nástupu fenologických fází habru obecného ("Carpinus betulus" L.)

Souhrn

Fenologie se jako vědní disciplína zabývá periodicky se opakujícími životními projevy zvířat a rostlin. Jedním z faktorů majících na tyto projevy vliv, je bezesporu klima, a tedy projevy počasí. Tato práce se věnuje závislosti několika přesně popsanych z vnějšku pozorovatelných životních projevů (fenologické fáze) habru obecného (*Carpinus betulus* L.) na podmínkách prostředí. Konkrétně je zkoumán vliv nadmořské výšky stanoviště habru obecného, suma efektivní teploty předcházející nástupům jednotlivých fenologických fází a suma srážek, těmto fázím předcházející, tedy je testována hypotéza o závislosti variability nástupu fenofází na variabilitě meteorologických jevů. Testována byla data tří lesních fenologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu a pět fenologických fází habru obecného za období 25 let, od roku 1991 do roku 2015. Výsledek potvrzuje poznání získané z obsáhlých fenologických studií u jiných dřevin. Prokazatelnou roli v nástupu fenofází hraje nadmořská výška stanice, vyšší nadmořská výška stanice se projevuje pozdějším nástupem fenofáze. Vliv teploty a srážek na nástup fenologické fáze v každém samostatném roce pozorování je vyhodnocen jako nepřímý. Na všech sledovaných fenologických stanicích došlo v průběhu celého období k nárůstu průměrné teploty vzduchu, což zřejmě potvrzuje aktuálně obecně vžitě tvrzení o měnící se teplotě vzduchu a tím i změně klimatu. Lze předpokládat, že to je hlavním důvodem, proč byl zároveň u všech stanic a všech sledovaných fenofází zaznamenán časnější nástup fenofází. Variabilita nástupu fenologických fází habru obecného je velká, vliv klimatu na nástup jeho fenologických fází je však prokázán.

Klíčová slova: fenologie, habr obecný, fenologická pozorování, meteorologie, alergeny

Variability of phenological phase onsets of european hornbeam ("*Carpinus betulus*" L.)

Summary

Phenology as a scientific discipline concerned with periodically recurring symptoms of living animals and plants, one of the factors having an influence on these manifestations, is undoubtedly the climate and therefore weather phenomena. This work focuses on a function of several well identified externally observable vital signs (phenological phases), hornbeam ("*Carpinus betulus*" L.) to external conditions. Specifically, the effects of altitude station witch hazel, the sum of effective temperatures prior to picking individual phenological phases and amounts of precipitation, these upstream, that is testing hypotheses about the variability depending on the variability of the onset phenophases meteorological phenomena. Tests were three phenological data stations of the Czech Hydrometeorological Institute and five phenological phases witch hazel, all for a period of 25 years, from 1991 to 2015. The result confirms knowledge gained from extensive phenological studies and brings major surprises. Demonstrable role in the onset phenophases playing station elevation higher elevation stations manifests later onset of maturity. Influence of temperature and precipitation at the onset of phenological phases in each separate year observation is evaluated as more indirect. On all observed phenological stations occurred during the whole period, the increase in the average temperature of the air, which seems to confirm the current generally take allegations of a changing and a warming climate, and perhaps this is the main reason why he was at the same time on all stations and all monitored phenophases recorded earlier onset of phenological stages. The variability of the onset of phenological phases witch hazel is large, the influence of the climate on the onset of the phenological phases is established.

Keywords: phenology, hornbeam, phenological observations, meteorological, allergens

Obsah

Úvod	1
1 Vědecká hypotéza a cíle práce	2
2 Literární rešerše	3
2.1 Fenologické pozorování, fenologické roční období	3
2.2 Historie fenologie.....	5
2.3 Fenologie v současnosti	8
2.4 Fenologie v ČR.....	9
2.5 Vztah fenologických a fyziologických projevů rostlin	12
2.6 Habr obecný.....	14
2.7 Habr obecný jako alergen	14
2.8 Pranostiky	16
3 Materiál a metody	17
3.1 Výběr fenologických a klimatologických stanic	17
3.2 Volba období.....	18
3.3 Habr obecný.....	18
3.3.1 Popis	18
3.3.2 Vybrané fenologické fáze habru obecného	19
3.4 Použitá data	20
4 Výsledky	22
4.1 Roční průměry meteorologických dat.....	22
4.2 Nástup fenologických fází.....	23
4.2.1 Průměrné nástupy za analyzované období.....	23
4.2.2 Variabilita nástupu fenofází	24
4.2.3 Sumy efektivní teploty pro jednotlivé fenofáze	26
4.3 Vztah dne nástupu fenofáze a teploty vzduchu	28
4.4 Detailní popis fenofází, teploty a srážek.....	31
4.5 Vývoj nástupu fenofází	34
4.6 Nástup a trvání fenofází.....	36
4.7 Výsledky v tabelární podobě	41
5 Diskuse	44
6 Závěr.....	47
7 Seznam použité literatury.....	49
8 Seznam obrázků, grafů a tabulek v textu	52

8.1	Seznam obrázků	52
8.2	Seznam grafů	52
8.3	Seznam tabulek.....	53
9	Samostatné přílohy	54

Úvod

Život na Zemi je neustálým koloběhem procesů. Děje se opakují, roční periodicitu dějů zajišťují chody ročních období. Tento chod se projevuje na životních projevech živých organismů. Už od pradávna sledovali lidé, lovci i zemědělci, změny počasí a z projevů přírody byly schopni předvídat následující děje. Tak vznikly pranostiky. S postupem času a s vývojem lidské společnosti vznikají vědecké obory, které se popsané periodicitě věnují a snaží se získané vědomosti využít pro jiné obory lidských činností a pro předpovídání dějů budoucích. Čím déle jsou přesně určenou metodikou sledovány nástupy poznanych a popsaných fází života rostlin (fenologie), tím větší množství materiálu má věda k dispozici pro posouzení dějů souvisejících. Samozřejmě, z hlediska délky doby, po kterou generace rostlin a živočichů zopakovaly své životní koloběhy, se jeví období takto získaných fenologických dat až směšně krátké, nicméně lze směle konstatovat, že i pouhých 50 let měření základních klimatických veličin je pro lidské poznání rozhodně lepší než období žádné.

Tato práce je věnována periodickým životním projevům habru obecného v závislosti na vnějších faktorech. Každý organismus se samozřejmě projevuje i na základě svých vnitřních dispozic, zejména genetických, ale jejich popis není předmětem této práce a není ani v silách a schopnostech autora práce se k této problematice vyjádřit. V této práci jsou posuzovány projevy fenologické, zvnějšku viditelné, ve snaze najít závislost těchto projevů na měřitelných projevech prostředí. To vše samozřejmě s vědomím, že „korelace neimplikuje kauzalitu“, tedy že nelze jednoduše zobecnit a vztáhnout případný kladný výsledek závislosti na příčinnou souvislost mezi proměnnými, neboť procesy týkající se živých organismů, a organismů žijících okolo 150 let jako habr obecný zvláště, nebudou zřejmě už ze své podstaty tak jednoduché.

1 Vědecká hypotéza a cíle práce

V práci byla testována hypotéza, že nástup fenologických fází habru obecného je ovlivněn variabilitou meteorologických prvků, ke které dochází v souvislosti se změnou klimatu.

Cílem práce bylo

1. v literární rešerši:
 - a. shromáždit a zpracovat literární zdroje s problematikou fytoecologických pozorování,
 - b. popsat historii fenologie,
 - c. charakterizovat metodiku získávání dat ve fenologické síti ČHMÚ,
 - d. nastínit problematiku pylových alergií.
2. V experimentální části využít databáze fenologických a meteorologických údajů Českého hydrometeorologického ústavu a analyzovat:
 - a. nástup a trvání fenologických fází habru obecného v období dvaceti pěti let,
 - b. vazbu fenologických fází na nadmořskou výšku,
 - c. vazbu fenologických fází na základní meteorologické prvky (teplota vzduchu, srážky) popisujících synoptickou situaci.
 - d. Výsledky prezentovat v grafické a tabelární formě.

2 Literární rešerše

Periodicita v životě rostlin a živočichů je pokládána za nepřímý ukazatel periodicity klimatu. Je to dáno tím, že rostliny i živočichové neustále reagují na různé povětrnostní vlivy. Fenologie je nedílnou součástí bioklimatologie, která je zároveň pomocnou naukou biogeografie, ekologie a fytocenologie. Fenologie je vědní disciplína, která se zabývá studiem časového průběhu periodicky se opakujících životních projevů, zvaných fenologické fáze, rostlin a živočichů v závislosti na podmínkách vnějšího prostředí, zejména na podnebí a počasí. Základ slova fenologie vznikl z řeckého slova „fainó“, které znamená „vyjevují“ (Krška a Šamaj, 2001). Munzar et al. (1989) uvádějí, že název pochází z řeckého slova „phainomena“ – jevy a logos – nauka a že se jedná o vědní obor, zabývající se sezónními rytmy rozvoje rostlin a zvířat. Tyto periodické jevy studuje v závislosti na ročních dobách a povětrnostních podmínkách v různých klimatických zónách.

Obdobně lze definovat slovo fenofáze, což je určitý zjevně rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev vývinu nadzemních orgánů sledovaných rostlinných druhů. Nástup fenofáze je časový údaj vyjadřující informaci, že vývin dospěl právě do úrovně dané popisem fenofáze (Hájková et al., 2012).

2.1 Fenologické pozorování, fenologické roční období

Fenologická pozorování mají v České republice dlouhou historii – první byla konána již v 18. století. Česká meteorologická služba převzala fenologická pozorování v roce 1940 s celou sítí stanic i s archivem údajů od roku 1923. Od té doby až do současnosti tvoří fenologie součást meteorologické a klimatologické služby, začleněné od roku 1954 do Hydrometeorologického ústavu. Během tohoto dlouhého období se měnila metodika pozorování (Hájková et al., 2012).

Původně používali fenologická pozorování zejména botanikové pro charakteristiku biologických zvláštností jednotlivých druhů rostlin. Později byla aplikována i na jiné obory lidské činnosti, zvláště na zemědělství. Rostliny reagují velmi citlivě na vývoj počasí, zejména na teplotu vzduchu. Projeví se to urychlením, nebo zpožděním jednotlivých

vývojových fází. Studené jaro zpomaluje vývoj a opoždíje nástup jednotlivých fází, teplé jaro naopak vývoj uspíší. Mimo teplotu mají vliv i sluneční záření, vlhkost vzduchu a jiné meteorologické prvky. Rostliny ovšem reagují na komplexní působení všech těchto prvků; toto působení můžeme na vývoji rostlin určit lépe, než kdybychom pozorovali nebo zpracovávali průběh meteorologických prvků odděleně (Uhlíř, 1961).

Fenologická roční období jsou charakterizována typickými vývojovými fázemi hojně rozšířených rostlin. Jednotlivá období se liší od období meteorologických. Rozeznáváme tato období:

Fenologické předjaří, v němž se probouzí příroda. Je charakterizováno rozkvétáním keřů a stromů, které kvetou ještě před olistěním. Jsou to líska, jíva, dřín a olše. Z rostlin kvete například bledule, sněženka, jaterník a podběl. Dále je toto období charakterizováno přiletem stěhovavých ptáků (skřivan a špaček).

Fenologické jaro je možno rozdělit na časné jaro, tj. období, kdy rozkvétají stromy, jež se současně olistňují (třešeň, hrušeň a jabloň), a plné jaro, kdy rozkvétají stromy již olistěné (šeřík, jeřáb a kaštan). V plném jaru rozkvétá rovněž většina trav.

Fenologické léto má opět dvě období: časné léto (předletí), kdy kvete lípa, réva vinná a ozimé žito. Plné léto se vyznačuje především dozráváním obilnin; na konci plného léta odkvétá ocún.

Fenologický podzim je charakterizován žloutnutím listů a sklizní okopanin, ke konci podzimu opadá listy (přibližně souhlasí s ukončením doby trvání průměrné denní teploty 10 °C, anebo vyšších).

Fenologická zima je období vegetačního klidu. Půda zamrzá a jen výjimečně může dojít k probuzení vegetace (Uhlíř, 1961).

Kromě uvedeného fenologického pozorování prováděného in situ existují i další oblasti zájmu fenologie, popř. fytofenologie.

Na světové a nevyšší úrovni řeší fenologie aktuálně populárnější problémy než na úrovni národní, lokální, a to také jinou formou pozorování. Prostřednictvím kosmických technologií (orbitální družice a dálkový průzkum země) jsou schopni zpracovatelé získaných dat popisovat průběh životních cyklů celých ekosystémů – lesních porostů Brazílie, afrických stepí i čínského zemědělství. Jedná se o tzv. vegetační mapování. V tomto popisovaném

případě se jedná o zpracování dat získaných meteorologickými družicemi NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration, což je americký vládní Národní úřad pro oceán a atmosféru). Podobný výzkum se dříve prováděl letecky, zde byl však problém v četnosti pozorování a v komplikacích s leteckým provozem, resp. letovým počasím. Aktuálně jsou získávána digitální data v takové části elektromagnetického spektra, které umožňuje sledovat situaci porostů dle stavu chlorofylu v rostlinách. Získaná data, která se týkají vývoje, reakcí a stavu celých planetárně významných ekosystémů, umožňují poznání složitějších a komplexnějších jevů opět v celoplanetárním kontextu. (Justice et al., 2007)

2.2 Historie fenologie

Jednou z významných součástí komplexního systému měření a pozorování meteorologických a klimatologických prvků, který dlouhodobě zajišťuje Český hydrometeorologický ústav (dále jen ČHMÚ) na území České republiky, je pozorovací síť fenologických stanic. Fenologická pozorování se obecně zabývají sledováním časového nástupu každoročně se opakujících vývojových fází rostlin a živočichů, ovšem hlavní zájem je věnován zejména vývojovým fázím vegetačního cyklu vybraných druhů rostlin. Charakteristikami vývojových fází jsou například vzcházení a rašení rostlin, nástup prvních listů, počátek a trvání kvetení, nástup a dosažení fenologické fáze zralosti plodů a další etapy vývoje rostlin, které jsou závislé na okolních podmínkách prostředí, na vývoji počasí v daném roce, ale také na genetickém základu, odolnosti a přizpůsobivosti konkrétní rostliny. Pozorování jsou využitelná nejen pro studium vývoje či k rekonstrukci místních klimatických podmínek, ale i pro ostatní související obory včetně zemědělství, lesnictví a péče o krajinu, stejně jako například pro alergologické obory lékařství, neboť řada sledovaných druhů rostlin patří mezi významné zdroje pylových alergenů v ovzduší. V rámci fenologické sítě bylo v roce 2012 k dispozici 74 stanice polních plodin se 17 sledovanými druhy, 31 stanice ovocných dřevin s 15 druhy a 46 stanic lesních divoce rostoucích rostlin se 45 sledovanými druhy (Hájková et al., 2012). Tento stav se v roce 2013 výrazně změnil, zůstala jen síť lesních divoce rostoucích rostlin.

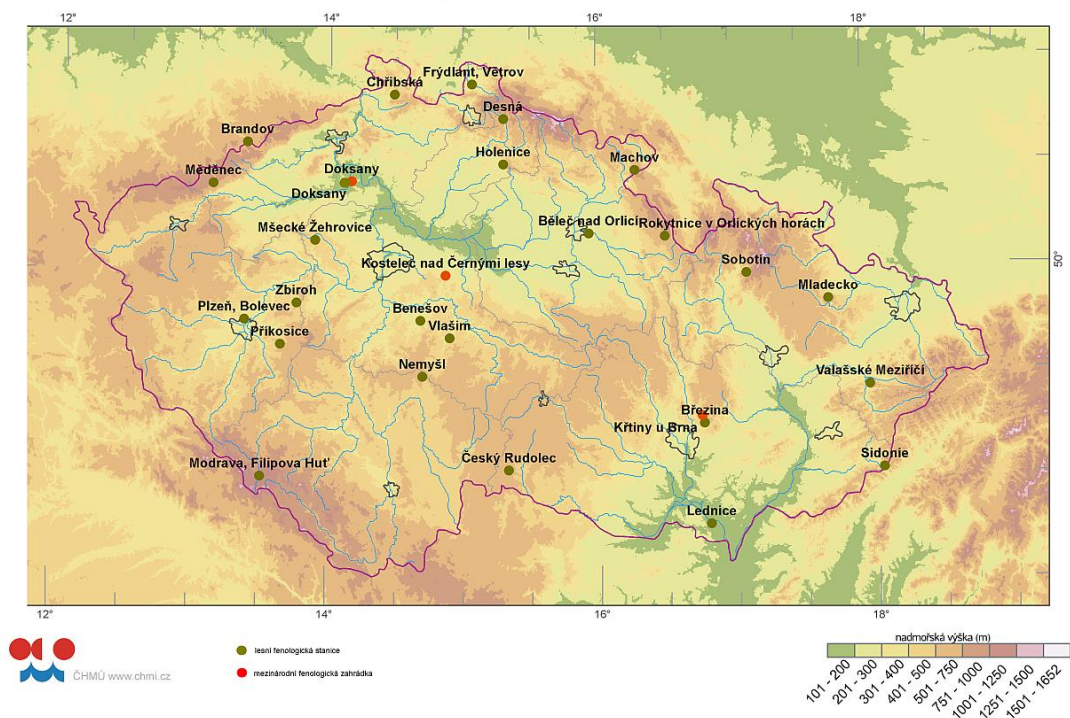
Výzkumné ústavy zemědělské po 1. světové válce zakládaly vlastní sítě agrometeorologických stanic, ale také vybudovaly velmi rozsáhlou celostátní fenologickou službu, která se stala velmi účinným pomocníkem agrometeorologie. Fenologické údaje jako biologický test povětrnosti poskytovaly rychlou orientaci o vlivu povětrnosti na rozvoj vegetace v jejich základních růstových fázích. Přestože fenologickou síť založil prof. Kopecký, za zakladatele čs. fenologie je považován jeho následovník prof. Václav Novák, přednosta půdoznalecké a agrometeorologické sekce v Brně, který fenologickou pozorovací síť pro rostlinstvo a živočišstvo na Moravě založil brzy po válce. Pod jeho vedením byla fenologická služba v roce 1923 zavedena celostátně, což byla jako součást zemědělského výzkumnictví první akce svého druhu na světě. Tím se Československo zařadilo mezi první státy v Evropě, které vytvořily národní fenologické služby (Itálie v roce 1922, Anglie 1924, Rakousko 1926). Význam fenologie v Čechách si uvědomoval již v 18. století A. Strnad, rektor Univerzity Karlovy, zakladatel České společnosti nauk, který v roce 1775 zavedl pravidelná měření v Klementinu a v roce 1795 doporučoval provádět i fytoecologická a zoofenologická pozorování (Krška a Šamaj, 2001).

První pokus o uspořádání obsáhlého pozorovacího materiálu do ročenky učinili v roce 1926 V. Novák a J. Šimek rovněž z brněnské sekce, a to z území Moravy a Slezska za roky 1923 a 1924. Publikace sloužila jako podklad pro jednání o společných zásadách pro zpracování fenologického materiálu z celé ČSR, aby bylo možno každoročně vydávat jednotné fenologické mapy státu. První celostátní fenologická ročenka vyšla pod Novákovou redakcí v roce 1930 s údaji za rok 1927. Obsahuje fenologická data seřazená v tabulkách podle kultur a tzv. přirozených zemědělských krajín a první fenologickou mapu ČSR. Je jí mapa počátku žní žita, sestavená J. Šimkem z dílčích map dodaných jednotlivými bioklimatologickými ústavami. Podklad pro ročenku připravili podle zásad vypracovaných V. Novákem M. Minář a J. Janovský z Prahy, J. Šimek z Brna, F. Kytnera z Bratislavy a P. Kučera z Košic. Nákladem Ministerstva zemědělství výzkumné ústavy vydaly celkem 11 celostátních fenologických ročenek z let 1927–1937, na které Hydrometeorologický ústav v Praze navázal vydáním ročenek za roky 1938 a 1939 až v roce 1953 (Krška a Šamaj, 2001).

Metodika fenologických pozorování vycházela v podstatě ze zásad všeobecné fenologie H. Hoffmanna a E. Ihneho (1859–1943). Zapisoval se začátek nástupu fenologických fází

a všeobecný nástup, za který se považoval více než 50 % výskytu jevu. Původní výběr fenologických fází u polních kultur obsahoval začátek setí, nebo výsadby, vzházení, metání, všeobecného kvetení a začátek sběru (rok 1923). V roce 1935 byly v celé ČSR založeny fenologické zahrádky okrasných dřevin, o rok později se přikročilo k zakládání fenologických zahrádek polních kultur. V roce 1923 bylo 92 fenologických objektů a jejich počet se zvýšil hlavně v roce 1932 v důsledku zoofenologického pozorování stěhovavého ptactva. V 30. letech vykonávalo službu asi 1200 fenologických pozorovatelů v Čechách, 650 na Moravě a ve Slezsku, a 350 na Slovensku, jejich počet byl však dosti proměnlivý. K vydání příručky pro fenolové pozorování v meziválečném období už nedošlo, první vyšla až v roce 1956 (Krška a Šamaj, 2001).

Na obr. 1 je mapa fenologických stanic ČHMÚ na území ČR v lednu 2013.



Obr. 1 Fenologické stanice ČHMÚ, (ČHMÚ, 2017)

Fenologie nabyla v posledních přibližně deseti letech na významu zejména v souvislosti s hodnocením současného kolísání klimatu. Role fenologie jako podpůrné vědy klimatologie je nesporná a určitě si zaslouží podrobnější vyhodnocení dat (Hájková et al., 2012).

2.3 Fenologie v současnosti

Fenologie jako nedílná součást klimatologie poutá v současné době mimořádnou pozornost nejenom klimatologů, ale také botaniků, zoologů, ekologů, lesníků, zemědělců a dalších odborných povolání u nás i v zahraničí. Jde v ni o poznání vzájemných vztahů mezi vývojem klimatu (zahrnující aktuální klimatickou změnu) a fenologickými trendy životních projevů jedinců a populací rostlin a živočichů. Jinými slovy – jde o odezvu živé přírody na vývoj klimatu, vyjádřený v poslední době zejména zvyšující se teplotou vzduchu. Jedinci a populace rostlin a živočichů reagují na vývoj klimatu svými životními projevy komplexně a jejich reakci lze sledovat na několika úrovních. Konkrétně se projevují na posunu fenologických fází, na změně reprodukčního procesu a také na změně struktury biocenóz (biodiverzity) (Bauer, 2006).

I když kulturní rostliny také reagují na klimatickou změnu, pro zjištění vztahu mezi současným vývojem klimatu a odezvou živé přírody je vhodnější sledovat přírodu v jejich přirozených podmínkách, v nichž probíhají fenologické fáze víceméně bez přímého vlivu člověka (Bauer, 2006).

Fenologické fáze rostlin se v důsledku aktuálního zvyšování teploty mění. Tato změna může přinést změny i v říši zvířat, např. v životních cyklech rostlinných škůdců, může změnit vzájemnou synchronizaci mezi jednotlivými druhy a mít zpětnou vazbu na klimatický systém prostřednictvím změn biochemických a fyzikálních procesů rostlin. Podle studie, provedené za roky 2001 až 2011 na listnatých lesích západní Evropy prostřednictvím satelitního snímkování i měření in situ, byl prokázán včasnější nástup jarních fenologických fází až o 3 týdny. Posuzovat a hodnotit toto dění celosvětově není zatím úplně přesné, neboť satelitní snímkování může být nepřesné, a dokonce v časovém rozporu s měřením pozemním a samotné měření in situ rozhodně neprobíhá celosvětově. Důležitým krokem pro lepší stupeň poznání bude synchronizace měření pozemního a satelitního, až bude tento problém technicky vyřešen, bude možné se zcela spolehnout na fenologické měření získaná z dat satelitních, tzn. dat obrovského rozsahu (Hamunyela et al., 2013).

Výzkum (včetně problémů se satelitním rozlišením) se týkal, jak již bylo uvedeno, listnatých lesů západní Evropy (SRN, Rakousko, Švýcarsko, Francie a státy Beneluxu)

a fenologické fáze prvních listů (dle metodiky ČHMÚ u habru obecného – první listy 10 %, první listy 50 %, první listy 100 %, plné olistění). Sledovanými rostlinnými druhy byly olše lepkavá, bříza bělokorá, buk lesní, jasan ztepilý, modřín opadavý a dub letní, satelitní data a data získaná in situ se zcela neshodovala, popř. se shodovala jen na některých fenologických stanicích. Korelační a trendovou analýzou došli Hamunyela et al. (2013) mimo jiné k závěru, že nejvyšší korelace mezi nástupem fáze a teplotou byla na nejvýše položených fenologických stanicích a že v naprosté většině sledovaných druhů došlo vlivem teploty vzduchu k urychlení nástupu sledovaných fenofází o 1 až 26 dnů dle sledovaného druhu.

2.4 Fenologie v ČR

Součástí přízemního měření a pozorování v ČHMÚ je i fenologická síť, kde zjišťováním časového nástupu významných fenofází je sledován vývoj vybraných druhů polních plodin, ovocných dřevin a lesních (dívoce rostoucích) rostlin po celou dobu jejich vegetačního cyklu. V roce 2009 bylo k dispozici 74 stanic polních plodin se 17 sledovanými druhy, 31 stanic ovocných dřevin s 15 druhy a 46 stanic lesních rostlin se 45 sledovanými druhy (Tolasz, 2009). Síť fenologických stanic byla následně v roce 2014 omezena, z úsporných důvodů došlo ke zrušení všech stanic polních plodin a ovocných dřevin, zůstala síť vybraných stanic lesních rostlin.

Fenologická pozorování se provádějí stanicích, které se vybírají s ohledem na to, aby jejich poloha reprezentovala danou oblast, aby nebyly na místech, které se svými lokálními podmínkami nějakým způsobem vymykají charakteru krajiny, jako jsou sevřené údolí, mrazová kotlina, na jednu světovou stranu orientované svahy, nebo místa s atypickými půdními podmínkami. Zároveň jsou tato místa vybírána tak, aby se nacházela poblíž některé z klimatologických stanic. V rámci jedné stanice se vybírá přibližně 15 reprezentativní ploch, na nichž se provádí vlastní pozorování. Na lesních stanicích se sleduje 24 druhů dřevin a 21 druhů bylin, a to smrk ztepilý, modřín opadavý, borovice lesní, borovice kosodřevina, třešeň ptačí, slivoň trnka, jeřáb obecný, hloh obecný, trnovník akát, habr obecný, líska obecná, bříza bradavičnatá, olše lepkavá, olše šedá, buk lesní, dub letní vrba jíva, javor klen, javor mléč lípa srdčitá, svída krvavá, svída dřín, bez černý a bez hroznatý. Sledovanými

bylinami jsou blatouch bahenní, sasanka hajní, jaterník podléška, pryskyřník prudký, jahodník obecný, jetel plazivý, třezalka tečkovaná, vrbka úzkolistá, vřes obecný, brusnice borůvka, hluchavka bílá, kopretina luční, podběl lékařský, devětsil zvrhlý, devětsil bílý, ocún jesenní, konvalinka vonná, sněženka podsněžník, srha říznačka, psárka luční a rákos obecný (Hájková et al., 2012).

U uvedených rostlin se pozorují následující fenologické fáze:

rašení – obalné šupiny vrcholových pupenů se částečně rozevřely a jsou vidět špičky listů nebo jehlic; sleduje se u všech druhů dřevin,

první listy – listy jsou vyrostlé z koncových pupenů a jsou částečně rozvinuté, přičemž u jednoduchých listů je vidět listové žebro, u složených listů jsou vidět všechny lístky; pozorují se tři stupně nástupu této fáze – 10 % listů na rostlině odpovídá popisu, 50 % odpovídá popisu, 100 % odpovídá popisu; sleduje se u všech druhů dřevin, z bylin se sleduje pouze u blatouchu, sasanky, jaterníku, pryskyřníku, jahodníku, podbělu, devětsilu zvrhlého a devětsilu bílého, ocúnu a rákosu,

plné olistění – čepele všech listů na stromě jsou již plně rozvinuté, dorostlé do konečné velikosti a je dobře vidět i způsob jejich nasedání na větévku; sleduje se u všech druhů dřevin,

butonizace – začala být vidět dosud nedorostlá květenství s uzavřenými poupaty, u jívky odpadly z jehnědy krycí šupiny a květenství se obnažilo, u dalších dřevin kvetoucích jehnědami se jejich květenství začalo v horní třetině rozvolňovat, u trav se pozoruje metání, kdy z pochvy nejvyššího listu vyčnívá právě polovina květenství; sleduje se u všech dřevin, z bylin pak u blatouchu, sasanky, pryskyřníku, jahodníku, konvalinky, psárky, srhy a rákosu; u jehličnanů, buku, dubu, habru, lísky, břízy, olše lepkavé a olše šedé se fáze sleduje pouze na samčích květenstvích,

počátek kvetení – květy jsou rozevřené, popř. samčí jehnědy a šištice rozvolněné, alespoň z některých prašníků se uvolňuje pyl; pozorují se tři stupně nástupu – 10 %, 50 % a 100 %; pokud dojde k druhému rozkvětu, tento se jako fenofáze nepozoruje; sleduje se u všech druhů; u jehličnanů, buku, dubu, habru, lísky, břízy, olše lepkavé a olše šedé se fáze sleduje pouze na samčích květenstvích,

konec kvetení – všechny části květů s výjimkou pestíku zasychají a opadávají, popř. samčí jehnědy a šištice vadnou a opadávají, rozpadávají se a odpadávají; sleduje se u všech druhů s výjimkou jahodníku, třezalky, vřesu a ocúnu; u jehličnanů, buku, dubu, habru, lísky, břízy, olše lepkavé a olše šedé se fáze sleduje pouze na samčích květenstvích,

tvorba pupenů – při této fázi jsou v paždí listů pozorovány nově vyrostlé pupeny, které vyraší v příštím roce, a právě začalo být zřetelné uspořádání jejich krycích šupin; sleduje se pouze u vybraných rostlin – třešně, trnky, jeřábu, hlohu, habru, lísky, břízy, olše lepkavé a olše šedé, buku, dubu, jívy, javoru mléče, javoru klenu a lípy,

počátek fruktifikace – semeníky se začínají nalévat a v této době je již náznakově vyvinut charakteristický tvar plodu, který se z nich začal vyvíjet; sleduje se u všech druhů dřevin s výjimkou jehličnanů, lísky, břízy, olše lepkavé, olše šedé a jívy,

janské výhony – po ukončení růstu letorostů začaly na stromě rašit nové výhony a dosáhly délky 3-5 cm; sleduje se u modřínu, břízy, olše lepkavé, olše šedé a dubu,

dřevnatění výhonů – jarní výhon ve spodní části začal dřevnatět, ztrácí pružnost, ohebnost a na jeho povrchu se začala vyvíjet kůra; sleduje se u všech druhů listnáčů,

žloutnutí listů – pozorují se dva stupně nástupu: 10 % listů na dřevině získalo své charakteristické podzimní zbarvení, 100 % listů na dřevině se zbarvilo (a popř. část již opadala); probarvování listů vlivem choroby či jiného poškození se pod tento pojem nezahrnuje; sleduje se u modřínu a všech druhů listnáčů s výjimkou olše lepkavé a olše šedé,

opad listů – pozorují se opět dva stupně nástupu: 10 % listů je opadaných, 100 % listů je opadaných (listy na opožděně vyvinutých větvích se nepočítají); sleduje se u modřínu a všech druhů listnáčů,

zralost plodů – při této fázi jsou plody pozorovaných rostlin dorostlé do konečné velikosti a jsou buď typicky měkké (bobule, peckovice), nebo naopak tvrdé (oříšek, obilka, nažka), v řadě případů se začínají otevírat a drolit, ochmýřené či křídlaté nažky začínají být unášeny větrem; sleduje se u všech druhů s výjimkou vřesu, hluchavky a sněženky; u třešně, trnky, jeřábu, hlohu, svídy, dřínu, bezu černého a hroznatého se kromě stupně nástupu 10 % sledují i stupně 50 % a 100 %; u dřevin se, s výjimkou akátu, břízy, vrby, olše lepkavé a olše šedé, zjišťuje velikost úrody,

senoseč a otavoseč – tyto fáze se sledují pouze u vytrvalých luk; v případě senoseče se zaznamenává posečení na 10 % luk v působnosti stanice a pak na 100 % luk, k tomu se udává i průměrný výnos sena, v případě otavoseče jen na 10 % luk.

Volba fenologických fází i samotných metod pozorování je přizpůsobena specifickým požadavkům práce v dobrovolnické staniční síti, jsou použity takové objekty a pracovní postupy, které může dobře rozpoznat či uplatnit i poučený laik (Hájková et al., 2012)

2.5 Vztah fenologických a fyziologických projevů rostlin

I na základě velmi obecných znalostí o fungování rostlinných organismů lze předpokládat, že fenologické fáze a projevy by měly být v nějaké příčinné souvislosti s fyziologickými pochody v rostlinách (tj. korelace implikuje kauzalitu).

Ve studii, kterou provedli Urban et al. (2014), byla měřením propustnosti fotosynteticky aktivního záření (FAR), měřením kmenové objemové změny a měřením floémového a xylémového průtoku buku lesního prokázána přímá souvislost mezi fyziologií rostliny a nástupem fenologické fáze. Svoji roli hraje mnoho faktorů a fyziologických pochodů, zejména metabolismus CO₂, příjem a výdej vody a metabolismus živin. Jarní fenologické fáze jsou zvláště zajímavé, protože se v nich odráží interakce mnoha činitelů společně s vnějším prostředím. Důležitá je teplota vzduchu, teplota půdy, světelná perioda a také zdraví stromu. Později jsou fenofáze spouštěny i jinými faktory, příjmem fotosynteticky aktivního záření, zachycováním srážek, evapotranspirací. Fenologické projevy stromu také závisí na uložené a spotřebované energii – sacharidech. U časně jarních fází byla prokázána přímá souvislost mezi počátkem toku floému (mízy) a tvorbou nových listů. Největší xylémová aktivita bývá zaznamenána v červnu, kambiální činnost (tvorba sekundárního dřeva a lýka) končí v měsíci červenci. Urban et al. (2014) také uvádějí, že ačkoliv bylo z faktorů ovlivňujících stromy prozkoumáno již mnohé (mikroklima, genetický vliv, vliv zdravotního stavu), prací a studií na téma vzájemných vztahů vnějšího prostředí ekofyziologie a fenologických projevů je zatím velmi málo. Dále Urban et al. (2014) shrnují, že ačkoliv fyziologická aktivita zejména v jarním období je v těle rostliny-stromu obrovská, na vnějších projevy není v každý okamžik pozorovatelná. Z tohoto pohledu používá fenologie pouze kvalitativní vyhodnocení

projevených vnějších znaků, na rozdíl od instrumentálních ekofyziologických postupů v experimentu použitých.

Vzrůstající teplota vzduchu za dané období nezůstala bez vlivu na fenologické projevy dřevin – stromů a keřů. Za čtyřicetileté období se u javoru babyky posunula fenofáze rašení listů o 6,1 dnů a fenofáze plného olistění o 6,2 dnů do dřívější doby, u habru obecného o 6,8 a 7,1 dnů, u jilmu vazy o 6,2 a 6,7 dnů, u lípy srdčité o 7,9 a 7,2 dnů, u dubu letního o 7,5 a 7,1 dnů a u jasanu ztepilého o 7,9 a 7,0 dnů. Z vyhodnocení uvedených údajů o jednotlivých dřevinách vyplývá, že u stromové složky habrojilmové jasaniny se fenofáze rašení listů v průměru uspíšila za čtyřicetileté období o 7,1 dnů (za průměrné desetiletí o 1,8 dnů) a fenofáze plného olistění v průměru o 6,9 dnů (za průměrné desetiletí o 1,7 dnů) (Bauer, 2006).

Bednářová et Merkllová (2007) došly při sledování fenologických a růstových fází buku lesního k následujícím závěrům. K prvnímu tloušťkovému přírůstu kmene u buku lesního docházelo od 130. dne kalendářního roku, tomuto datu odpovídalo období mezi počátkem olistování ze 100 % a fází zcela rozvinutá listová plocha. Přírůstové maximum bylo zaznamenáno až 208 den. Druhá etapa přírůstu u buku nastala počátkem srpna. Konec dřevního přírůstu byl po 260 dnu, v období, které koresponduje s fenologickou fází žloutnutí listů z 10 %. Ze získaných výsledků je patrné, že v posledních letech dochází k narůstání efektivních teplot vzduchu, zvláště v podzimním období. Tento jev může mít za následek prodlužování vegetačního období a narušování tak fyziologických funkcí sledovaných dřevin. Z lesnického hlediska je značně důležité trvání období, po kterou mohou lesní dřeviny vytvářet nové asimiláty. Avšak výrazné prodlužování vegetační doby následkem oteplování může vyvolat zkrácení období odpočinkového a zimního klidu. Předčasné žloutnutí (ukončení asimilace) a případné narušení endogenní dormance lesních dřevin vlivem nevyhovujících klimatických podmínek by mohlo způsobovat snížení vitality dřevin. Klimatické změny znamenají zhoršení růstových podmínek, na které jsou adaptovány po řadu století.

Metody fenologického pozorování mohou být samozřejmě využitelné i jako metody podpůrné pro jiný výzkum. Například Matesanz et al. (2012) využili sledování nástupu a průběhu fenologických fází invazní rostliny *Polygonum cespitosum* na odlišných stanovištích. Ze zpracovaných a vyhodnocených výsledků populační rozdílnosti lze poté

predikovat, při znalosti preferencí *Polygonum cespitosum*, další směry a nezbytné podmínky šíření této rostliny.

2.6 Habr obecný

Výskyt habru obecného v regionu střední Evropy je prokázán poprvé již před 5 až 2,5 tis. lety, v období subboreálu, jednoho z období holocénu neboli geologického období mladších čtvrtohor (Ralska – Jasiewicz, 1964).

Úplné a přesné zpracování fenologie habru obecného poskytuje pro podmínky ČR Fenologický atlas (Hájková et al., 2012). Krátkodobější studii fenologie habru obecného v přírodních podmínkách Íránu provedl i Kafaki et al. (2009). Studie se týkala vývoje habru obecného v horských podmínkách a byla provedena v letech 2003 až 2006. Studie byla zaměřena zejména na fenologické fáze olistění. Pro potřeby této práce je důležitým zjištěním, že dle Kafakiho et al. (2009), je nejspolehlivějším ukazatelem variability fenofází habru obecného fyziografické umístění habru obecného, tedy zejména nadmořská výška. Ostatní sledované souvislosti nástupů fenofází, jako teplota a srážky, vykazují významné negativní korelace. Důležitou zjištěnou skutečností je, zřejmě v souvislosti s oteplováním klimatu, časnější nástup jarních fenologických fází.

Schieber et al. (2009) sledovali fenologické charakteristiky habru obecného společně s dalšími listnatými stromy po 13 let (1995–2007) na území východního Slovenska. Byla zjištěna a potvrzena mezidruhová odlišnost nástupu fází. Signifikantní korelací se ukázala být závislost rozvinutí listů na teplotě vzduchu. Zde se korelační koeficient pohyboval od -0,86 u habru a buku až do -0,92 u dubu (hodnota korelačního koeficientu -1 odpovídá závislosti zcela nepřímé, hodnota 1 závislosti přímé). Byl zjištěn také posun v nástupech fází, ten se však za sledované období pohyboval na hranici statistické chyby.

2.7 Habr obecný jako alergen

Kvetení habru obecného trvá v jednotlivých výškových pásmech po 200 m v průměru 15–21 dní, směrodatná odchylka se pohybuje v rozmezí 2,3–3,4 dne. Habr obecný začíná

kvést v průměru mezi 11. dubnem a 4. květnem, pravděpodobnost nástupu počátku kvetení mezi 11. a 20. dubnem je 31 % a mezi 21. a 30. dubnem 34 %. Nejranější počátek kvetení byl zaznamenán 23. března 2007 (Lednice), nejpozdější 22. května 1994 (Svoboda nad Úpou) v dvacetileté řadě měření (Hájková et al., 2012).

Pylová zrna habru obecného jsou kulovitá (25–35 μm), hladká, nelepivá a světle žlutá, se 3–5 kulatými póry. Buněčná blána je tenká, hladká, na vzduchu se rychle rozpadá. Produkce pylu je velká a pyl se šíří větrem (Rybníček et al., 1997). Z pylových zrn byl izolován pylový alergen Car b1. Z alergologického hlediska jde o středně významný rod, významnější je především ve zkřížených reakcích s břízou. Další časté zkřížené reakce jsou s lískou a olší, pravděpodobně také bukem a dubem (Špičák, Panzner et al., 2004).

Fenologie společně s aeropalynologií jsou vědecké obory, které studují odlišné přírodní fenomény, sezónní dynamiku vegetativní a generativní změny vegetace a výskyt pylu ve vzduchu. Vzhledem k podstatě fenologie mohou tak být fenologické informace velmi důležité pro problematiku šíření pylu, resp. alergenů. Hájková et al. (2015) popisují průběh kvetení (a tím i průběh pylové sezóny) břízy bělokoré na území ČR v období 25 let, od roku 1991 do roku 2015, a to prostřednictvím stanice sítě fenologických stanic ČHMÚ. Cílem této studie bylo posoudit, které meteorologické parametry ovlivňují fenologický nástup alergenního pylu břízy bělokoré a analyzovat posuny v termínech fenofází ve vztahu k přehledovým situacím. Specifickým cílem bylo statisticky analyzovat dostupné údaje Aerobiologické stanice Praha za účelem popisu pylové sezóny a jejího vztahu k nástupu fenofází na nejbližší fenologické stanici. Nástup a trvání fenologických fází břízy se v letech značně lišily. Zjištění o pylu znělo tak, že doba výskytu pylu břízy ve vzduchu trvá 52 dní v průměru a nejvyšší koncentrace byla zaznamenána 23. dubna 2003–2606 pylových zrn/ m^3 . Jako velice přesná prognostika vývoje rostlin se ukázalo být vyhodnocování informací fenologických s daty z pylových filtrů a analýze a předpovědi počasí.

Osborne et al. (2000) využili ve své práci emisi pylových zrn olivovníku, šířených až do vzdálenosti 50 km od místa uvolňování, jako indikátor fenologické fáze kvetení, a porovnali termíny šíření s teplotou vzduchu. Svoji experimentální práci provedli ve Středomoří, cílem práce bylo v závislosti na fázi kvetení olivovníku a průměrné teplotě vzduchu posoudit, zda dochází k oteplování, což jim výsledky experimentu potvrdily.

2.8 Pranostiky

Již odpradávná je jednou ze základních součástí běžného života pozorování okolního prostředí, určitým vyjádřením napozorovaných poznatků jsou například pranostiky *Bujný květ – plný úl, Na svatého Vavřince slunečnost – vína hojnost, září víno vaří, říjen víno pije*. Pranostiky tvořily součást vzdělanosti každého národa již od starověku, k nejstarším například patří pranostiky národů sídlících u Středozemního moře, v jejichž životě měla velký význam mořeplavba. Pranostiky byly samozřejmě důležité i pro rolníky a další profese. Fenologická pozorování, která se podle druhu sledovaných organismů dělí na fytofenologická a zoofenologická, jsou s pranostikami svým způsobem rovněž propojena (*Když záhy trn rozkvétá, záhy se žito vymetá, Prýští-li v prosinci ještě bříza, nemívá zima mnoho síly, Jsou-li vrby o Vánocích plny rampouchů, bývají o Velikonocích plny kočiček*). V klimatologii je základním časovým obdobím rok a jeho měsíce, ovšem růst a vývoj rostlin a živočichů se běžným kalendářem neřídí. Životní projevy organismů jsou dány, zjednodušeně řečeno, vnitřními (genetickými) a vnějšími (povětrnostními) podmínkami. Podle reakce přírody na skutečný průběh počasí se rok rozděluje na fenologická období (Rožnovský, J. 1999).

Ve vztahu k předmětu práce se autorovi nepodařilo nalézt vhodnou pranostiku, na měsíce březen a duben se fenologické pranostiky vztahují zejména k říši živočišné. To se týká zejména návratu tažných ptáků – návrat vlaštovek, slučí tah, kukání kukačky, nebo členovců – štíři v měsíci dubnu. Nejvhodnější fenologickou pranostikou vztaženou k řešenému tématu, tedy nástupu jarních fenologických fází a rostlinné fyziologii, jsou pranostiky košíkářské. Pro výrobu různého pleteného zboží z proutí bylo používáno ohebné proutí vrb, především z tzv. konopiny neboli košarčky (tak byla staročesky nazývána vrba košíkářská), mandlovky (= vrba trojmužná), rakovice neboli červenice (= vrba nachová), bělice čili potočnice (= vrba bílá) a žlutky neboli zlatolýčí (= vrba žlutková). Sklizeň proutí kolem potoků, řek a rybníků se pro košíkářské účely prováděla na podzim od doby po opadu listů, až do prvních březnových dnů. Podle zkušeností totiž pozdější řezání proutí, tzv. v míze, šlo již na úkor příští sklizně a zavrženíhodné bylo především ve vrbovnách a prutnicích. Pranostika zní: „Svatá Kunhuta opouští proutnice“. Svatá Kunhuta = 3. březen (Vašků, 1998).

3 Materiál a metody

Pro potřeby posouzení variability nástupu fenologických fází bylo nezbytné vzít v potaz hlavní cíl práce, a to je porovnání nástupu fenologických fází habru obecného v závislosti vnějších vlivech, zejména na teplotě a na srážkách.

3.1 Výběr fenologických a klimatologických stanic

Fenologické stanice ČHMÚ nejsou vždy umístěny v bezprostřední blízkosti stanic klimatologických, které zmíněnou teplotu a srážky měří a zaznamenávají, a proto bylo nutné provést výběr takových fenologických stanic, které mají v ideálním případě klimatologickou stanicí umístěnou v bezprostřední blízkosti (to je možné pouze v případě fenologické stanice Lednice), nebo takovou fenologickou stanicí, která má „svoji“ klimatologickou stanicí v pokud možno shodné nadmořské výšce a co nejbliže. Druhou podmínkou pro výběr fenologických stanic byla rozdílná nadmořská výška.

Tímto výběrem prošla tedy již uváděná fenologická stanice v Lednici, s nadmořskou výškou 165 m (nejníže položená fenologická stanice v ČR), z jejích měření získaná fenologická data jsou v práci navázána na klimatologická data klimatologické stanice Lednice, nadmořská výška 177 m. Vzdálenost stanic v Lednici je necelý jeden kilometr vzdušnou čarou.

Druhou vybranou fenologickou stanicí je stanice Vlašim, s nadmořskou výškou 350 m. Její fenologická data jsou v práci svázána s klimatologickými daty klimatologické stanice Hulice, s nadmořskou výškou 378 m a vzdáleností cca 13,5 km vzdušnou čarou od stanice Vlašim.

A třetí a poslední vybranou fenologickou stanicí se stala stanice Příkosice, s nadmořskou výškou 550 m, ke které byla přiřazena klimatologická stanice Rožmitál pod Třemšínem, s nadmořskou výškou 525 m a vzdáleností od fenologické stanice cca 17 km vzdušnou čarou.

Pro výběr poslední a nejhůšše položené fenologické stanice se nabízela fenologická stanice Brandov, nejhůšše položená fenologická stanice v ČR (630 m n. m.), bohužel však její

fenologická pozorování a tím dostupná data začínají rokem 2000 a v porovnání s ostatními stanicemi jim do kompletní časové řady chybí 9 let.

Ve zpracovaných grafech ve výsledkové části práce jsou pro zjednodušení popisu data z klimatologických stanic (Lednice, Hulice a Rožmitál pod Třemšínem) uvedena pod názvem jednotným – názvem stanic sledovaných fenologických – tedy Lednice, Vlašim a Příkosice.

Habr obecný je v síti lesních fenologických stanic ČHMÚ pozorován na stanicích v nadmořských výškách od 165 m (Lednice) po 670 m (Brandov). Sledované lokality se na stanicích nacházejí na rovině i v mírném svahu (sklonitost 10 °) s plným osvětlením, tj. světelné poměry na stanovišti se blíží astronomicky daným možnostem. Typické vlhkostní podmínky jsou převážně hygromezofytní a mezofytní. Pentádní teplota vzduchu k počátku rašení je v rozmezí 6,4 až 7,5 ° C, k počátku kvetení 8,6 až 10,6 ° C, ke konci kvetení 10,9 až 13,8 ° C a k opadu listů 4,5 až 7,1 ° C (Hájková et al., 2012).

3.2 Volba období

Jak v případě dat z fenologických, tak dat z klimatologických stanic je zpracovávána 25 let dlouhá řada zaznamenaných údajů. Tedy zaznamenané nástupy fenologických fází od roku 1991 do roku 2015 a stejně tak jim odpovídající teplota a srážky. Teplota a srážky byly vybrány s předpokladem, že by měly být nejdůležitějšími vnějšími spouštěči fenologických fází.

3.3 Habr obecný

Pro analýzu nástupu fenologických fází a jejich trvání byl zvolen habr obecný *Carpinus betulus* L.

3.3.1 Popis

Habr obecný je středně velký strom vysoký až 25 m s průměrem kmene až 1 m. Často však bývá mnohem menšího vzrůstu. Je nápadný svým podélně žebernatým („svalovitým“) kmenem pokrytým hladkou šedou kůrou. Pupeny jsou světle hnědé, protáhle kuželovité, přitisknuté k větévce. Listy jsou vejčité až oválné, 5–10 cm dlouhé, ostře dvojité pilovité, na

podzim žloutnoucí. Kořenový systém je v hlubší půdě srdčitý nebo parohovitý. Na mělkých půdách je zakořenění ploché a občas dochází k vývratům. Začíná kvést ve věku 20 let, na volném prostranství někdy i dříve. Květy jsou jednopohlavní. Samčí jehnědy jsou protáhlé a v době kvetení převislé, samičí jehnědy jsou kratší, přímé a květy v nich sedí po dvou za trojlaločným listenem, který se po odkvětu začíná výrazně zvětšovat. Tento listen nese plod – malý zploštělý srdčitý oříšek. Jedná se o dřevinu jednodomou, přinášející každoročně velké množství semen. Dožívá se 120–150 let, jen výjimečně i 300 až 400 let (Coufal et al., 2004).

Habr obecný dává přednost vlhčím stanovištím, jako jsou dna údolí, okraje luhů a stinné svahy, pravidelné záplavy však nesnáší. Nechybí ale ani na suchých, slunných podkladech. Má střední nároky na půdu a roste na rozmanitých horninách. Je odolný vůči výkyvům podnebí. Bývá vysazován jako produkční dřevina, často se také přitom využívá jeho velké zmlazovací schopnosti. V současnosti u nás roste na 1 % lesní půdy ČR. Je považován za podřadnou dřevinu, v našich lesích jako nežádoucí příměs. Jeho tvrdé a těžké dřevo není příliš trvanlivé, používá se na výrobu náradí a kolářských výrobků, je velmi výhřevné. V zahradnictví je známa celá řada okrasných kultivarů. Habr lze zaměnit s bukem lesním (*Fagus sylvatica*), který ale nikdy nemá žebrovitý kmen, pupeny má vždy odstálé a listy celokrajné. Podobné jsou i různé druhy jilmu (*Ulmus*), které však mají listy na bázi vždy nesouměrné (Hájková et al., 2012).

3.3.2 Vybrané fenologické fáze habru obecného

Přesný výčet a detailní popis projevů jednotlivých fenologických fází je uveden v předchozí kapitole. Zde jsou uvedeny a zvýrazněny jen ty fenologické fáze, jejichž dlouhodobé záznamy jsou v práci podrobeny analýze. Tyto konkrétní fáze byly pro testování vybrány z toho důvodu, že se jedná o jarní fáze (měsíce březen a duben), kdy je předpokladem nástupu fází zvyšující se teplota vzduchu a přibývající úhrny srážek, které ovlivňují dobu kvetení a tím i šíření pylových alergenů ovzduším.

V rámci fenologického pozorování jsou podle metodiky ČHMÚ u habru obecného sledovány následující fenofáze: rašení (10 %), první listy (10, 50 a 100 %), plné olistění (100 %), butonizace (10 %), počátek kvetení (10, 50 a 100 %), konec kvetení (100 %), tvorba pupenů (10 %), počátek fruktifikace (10 %), dřevnatění výhonů (10 %), žloutnutí listů

(10 a 100 %), opad listů (10 a 100 %) a zralost plodů (10 %). Zapisuje se i velikost úrody (Hájková et al., 2012).

3.4 Použitá data

Databáze byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu a byla zpracována prostřednictvím počítačového programu Excel (kancelářské sady Microsoft Office, stejně tak jejich vizualizace v grafech a v tabulkách byla provedena tímto počítačovým programem. Stejným počítačovým vybavením byly provedeny výpočty lineárních závislostí a základní statistické zpracování dat.

Ke zpracování byly použity data nástupu fenologických fází butonizace (10 %), počátek kvetení (10, 50, 100 %), konec kvetení (100 %) u habru obecného na fenologických stanicích za celé zkoumané období (1991–2015). Meteorologická data z přiřazených klimatologických stanic tvořila průměrná denní teplota vzduchu denní úhrn srážek a sumy efektivní teploty.

Data byla seřazena dle dne nástupu fáze (tzn. od prvního do 365. dne roku, popř. 366.). Všechna zaznamenávaná fenologická data ze stanic ČHMÚ jsou popsána a přesně určena dnem v číselném pořadí od začátku kalendářního roku (pro úplnost – Gregoriánského kalendáře). V roce nepřestupném jsou data zaznamenávána v 365 dnech, v roce přestupném se počítá se dny 366, kdy je o jeden den delší měsíc únor. Stejný den nástupu fáze (např. 95. odpovídá tedy v nepřestupném roce datu 5. dubna, v roce přestupném 4. dubnu).

Z takto vyhodnocených dat byly nejprve získány výstupy za celé zkoumané období o ročním chodu teploty na stanicích, o úhrnech srážek a o vlivu nadmořské výšky na průměrné dny nástupu fenofází.

V dalším kroku byla provedena vizualizace dat pomocí odchylek nástupu fenofází, ta byla shledána již pouze vizuálně jako velká. K datům odchylek fází byla následně přiřazena data znázorňující sumu efektivní teploty v den nástupu fáze a 5 dnů fází předcházejících, stejně tak úhrn srážek za stejné časové období. Grafický výstup vykazoval mimořádně nízký korelační koeficient, jak teploty, tak srážek. Proto bylo provedeno další porovnání, tentokrát odchylek dnů nástupů fenofází versus sumy efektivní teploty od počátku kalendářního roku do dne nástupu fenofáze, stejně tak úhrn srážek za stejné období. Takto prezentovaná data již

vykazovala známky závislosti (ta byla posléze vyčíslena a vyhodnocena). Vizualizace provedené s kratším časovým obdobím teploty a srážek jsou uvedeny v samostatné příloze práce.

Dále byl v takto získaných výstupech proveden výpočet hodnoty spolehlivosti pomocí lineární funkce závislosti. Na datech nástupů analyzovaných fází byl proveden výpočet lineární závislosti ve snaze určit trend nástupu fáze (dříve či později).

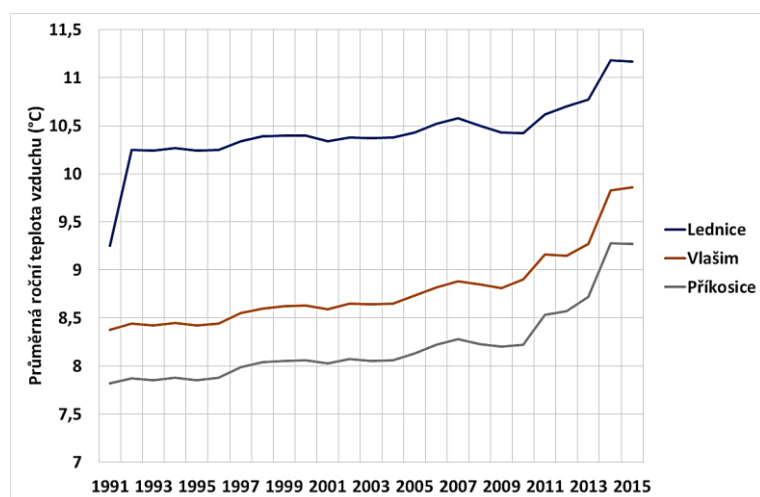
Další operací s daty bylo jejich zpracování za účelem zjištění a vizualizace délky trvání jednotlivých fází společně s provedení výpočtu polynomické spojnice trendu – data kolísají.

Na závěr této části práce je třeba zmínit, že ne všechny řady dat byly z rozličných důvodů kompletní. Chybějící data nebyla žádným způsobem nahrazována, ve vizualizacích chybí (týká se odchylek dnů nástupů fází, stejně tak i teploty a srážek).

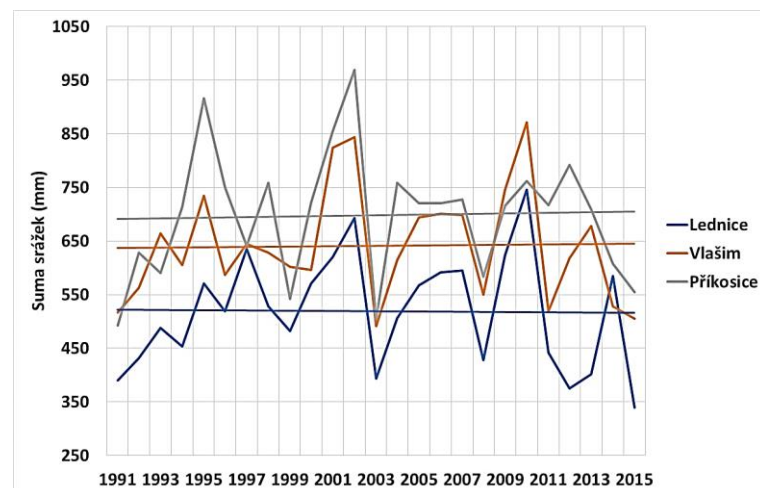
4 Výsledky

4.1 Roční průměry meteorologických dat

Jako první zpracovaná data jsou uvedena data týkající se fenologických, potažmo klimatologických stanic (vysvětlení viz výše). V grafu 1 je znázorněn chod roční průměrné teploty vzduchu na třech klimatologických stanicích přiřazených v této práci ke stanicím fenologickým. V grafu 2 jsou znázorněny úhrny srážek na fenologických stanicích za popisované období.



Graf 1 Průměrná roční teplota vzduchu



Graf 2 Sumy srážek a jejich lineární závislost

Z grafu 1 je patrný nárůst průměrné denní teploty vzduchu na všech stanicích, trvající celé sledované 25 let dlouhé období. Dále je jasně viditelný rozdíl v nadmořských výškách

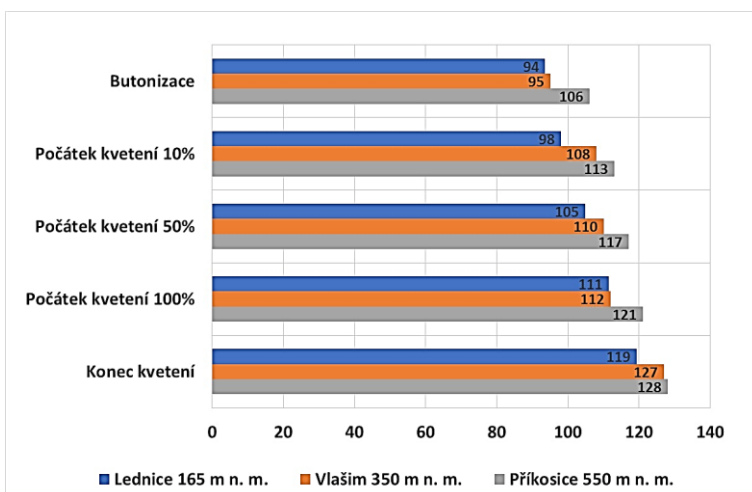
stanic. Rozdíl průměrné roční teploty vzduchu mezi prvním a posledním sledovaným rokem je v případě stanice Lednice 1,92 °C, stanice Vlašim 1,48 °C a stanice Příkosice 1,45 °C.

Změna sumy ročních srážek nebo nějaký dlouhodobý posun na grafu 2 není téměř viditelná, dle znázorněných lineárních trendů pro jednotlivé stanice je v celé 25 let dlouhé řadě dat zaznamenatelný velice mírný pokles roční sumy srážek na stanici Lednici, a stejně nevýrazný nárůst sum srážek je v případě stanic Vlašim a Příkosice.

4.2 Nástup fenologických fází

4.2.1 Průměrné nástupy za analyzované období

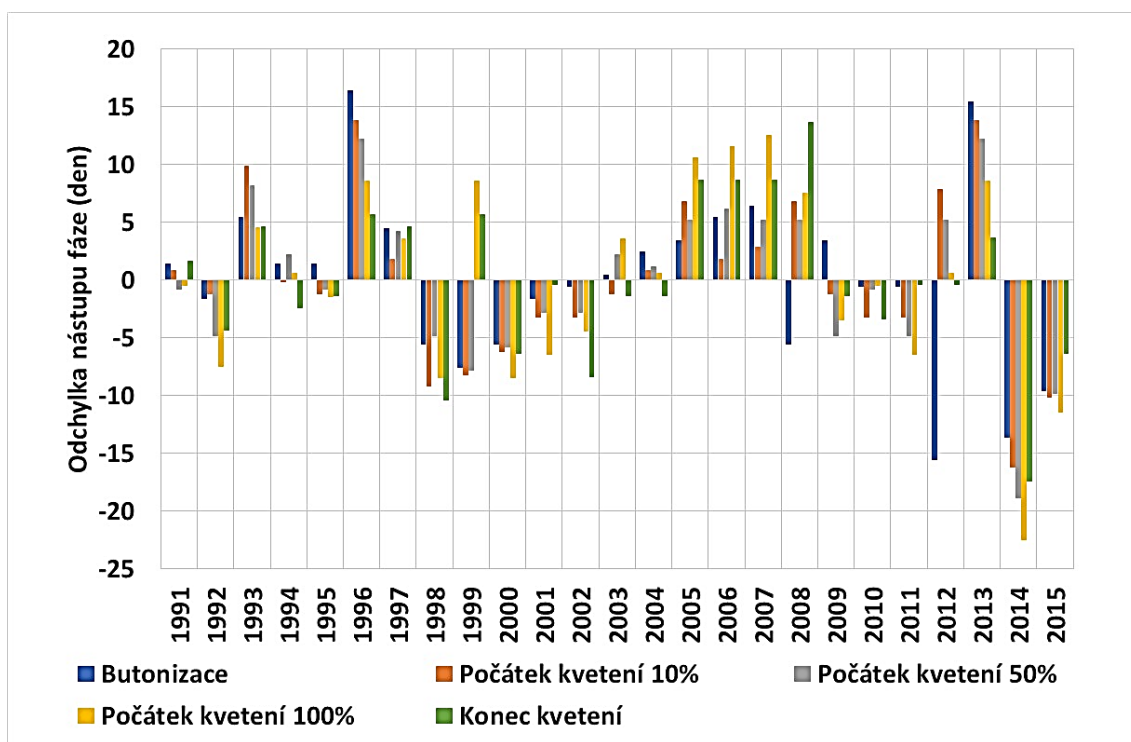
V grafu 3 je uvedena vizualizace dat jednotlivých sledovaných fenofází a to v závislosti na nadmořské výšce stanice a tím pádem i průměrné roční teplotě. V grafu jsou použity aritmetické průměry nástupu jednotlivých zkoumaných fenologických fází za časovou řadu 25 let pro jednotlivé fenologické fáze a jednotlivé fenologické stanice. U jednotlivých stanic a fází jsou uvedeny dny (průměr) v kalendářním roce, kdy dochází k nástupu příslušné fenologické fáze.



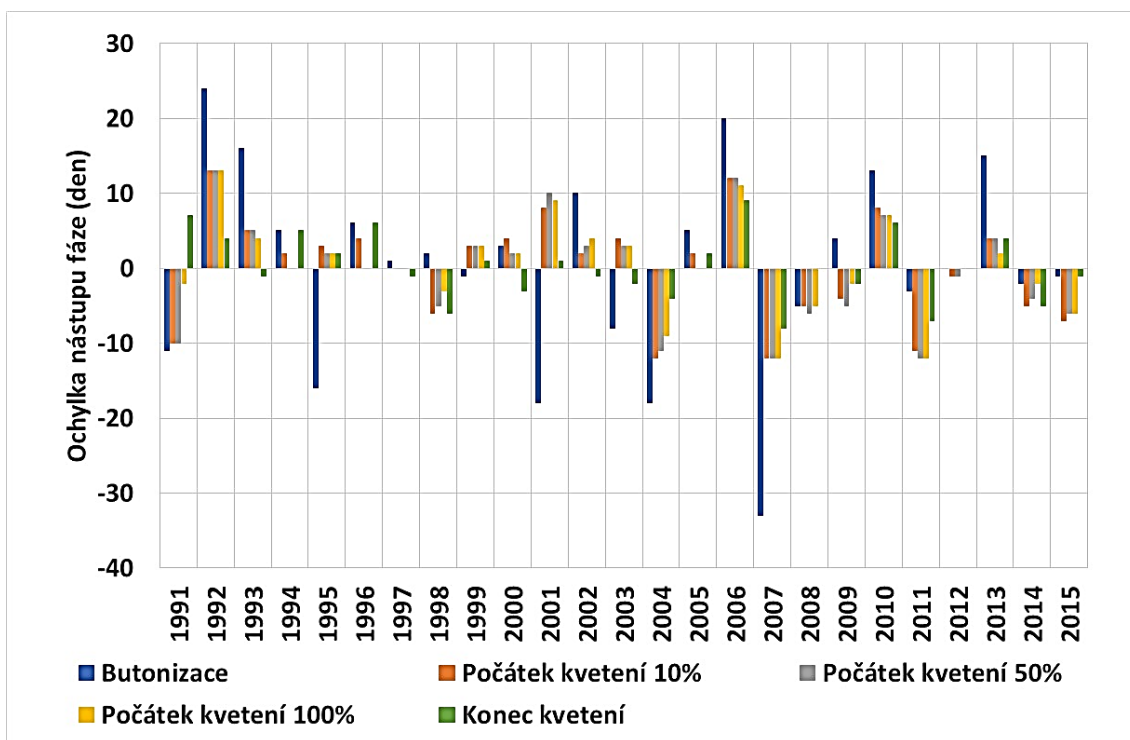
Graf 3 Nástup fenofází na fenologických stanicích dle jejich nadmořské výšky

4.2.2 Variabilita nástupu fenofází

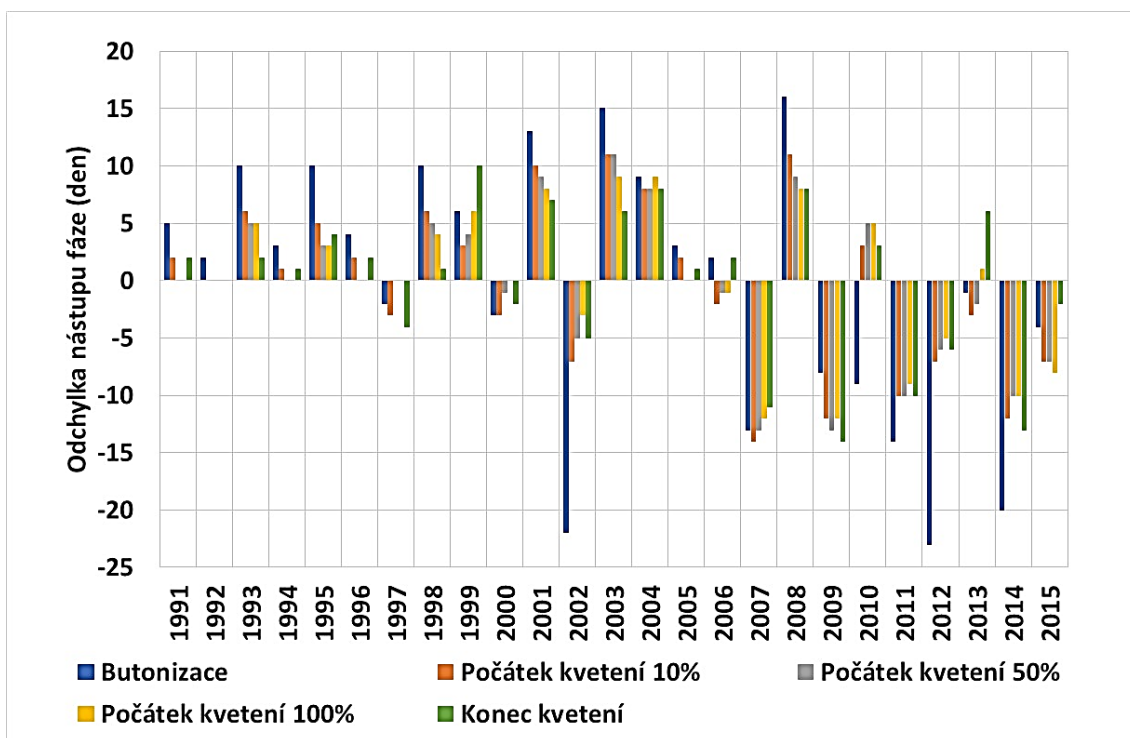
V grafech 4, 5, a 6 jsou prezentována data o variabilitě nástupů vybraných fenologických fází habru obecného na jednotlivých fenologických stanicích. Na vodorovné ose jsou zaznamenány jednotlivé roky fenologických pozorování, na svislé ose odchylky v nástupu fenologických fází v počtu dnů. Je-li odchylka v mínusovém poli, tj. dole, znamená to, že fenologická fáze nastala v příslušném počtu dnů v předstihu oproti 25 ti letému průměru, je-li odchylka v kladném poli, došlo ke zpoždění jejího nástupu o příslušný počet dnů. Důvodům odchylek jsou věnovány grafy následující.



Graf 4 Odchylky v nástupu dne fenofáze na stanici Lednice



Graf 5 Odchylky v nástupu dne fenofáze na stanici Vlašim

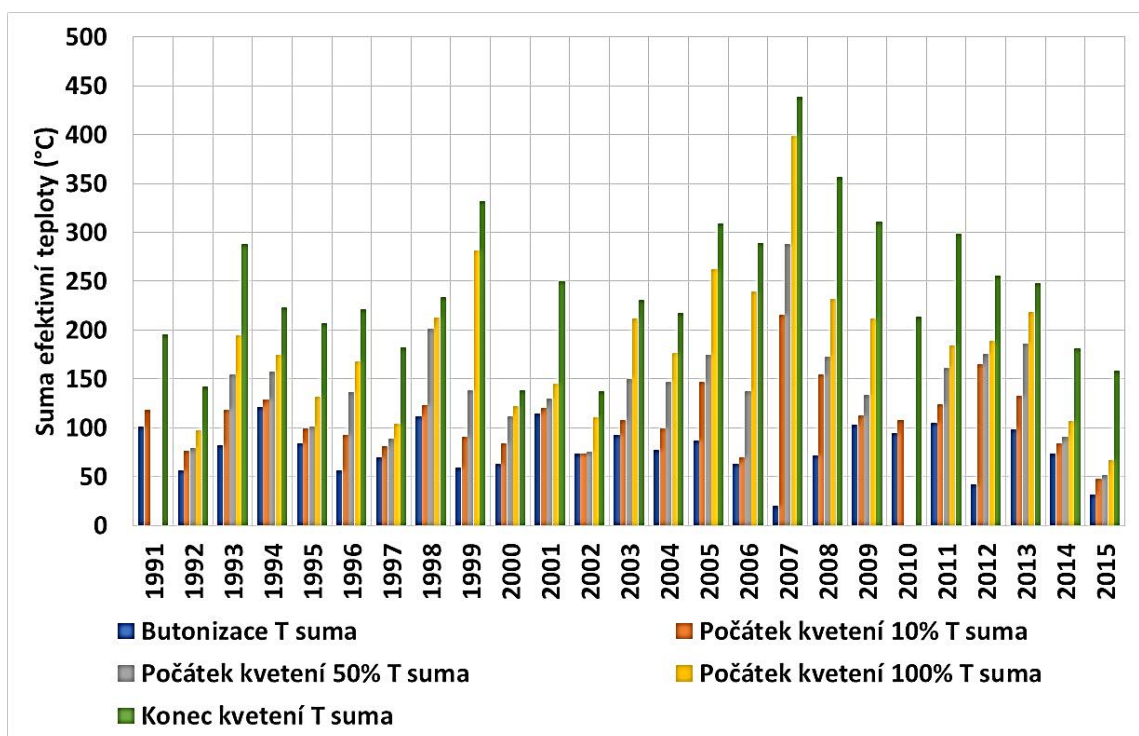


Graf 6 Odchylky v nástupu dne fenofáze na stanici Příkosice

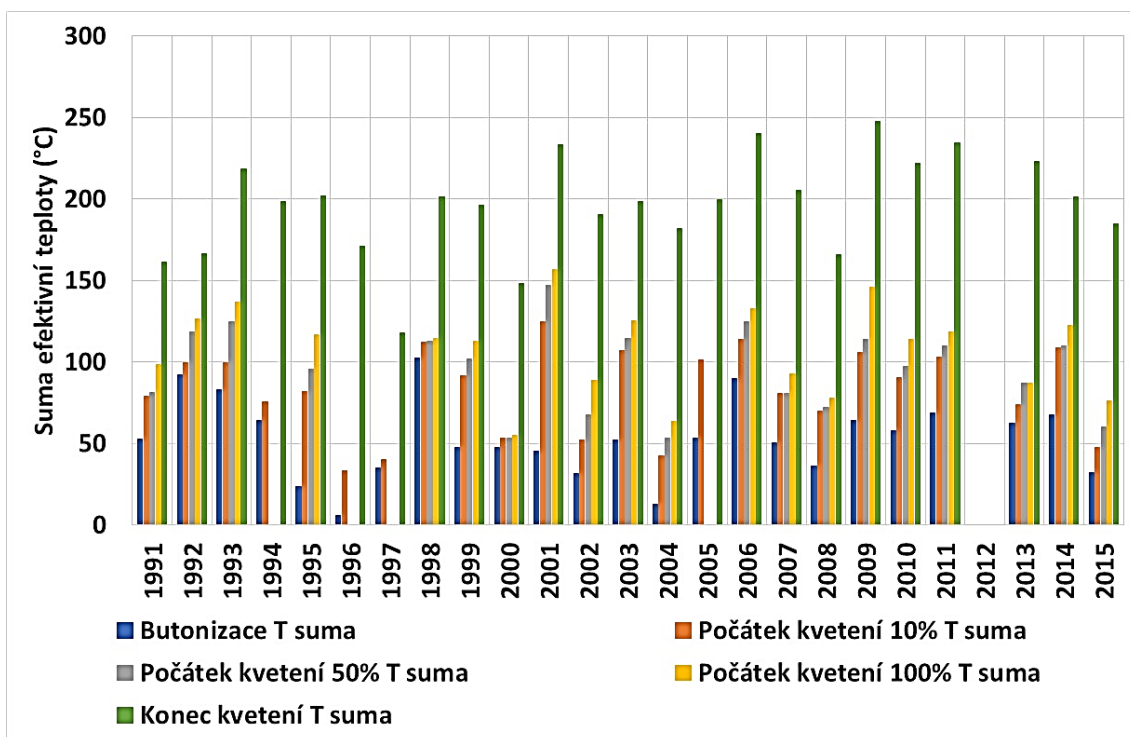
Z uvedených dat je zřejmé, že variabilita nástupu popisovaných fenologických fází je velká. Zajímavostí je rozdílnost odchylek jednotlivých fází jedné stanice v jednotlivých letech. Z prezentovaných grafů je evidentní, že se jedná ve většině případů o odchylku butonizace oproti ostatním sledovaným fenofázím v daném roce, které poté následují již v kratším sledu. Důvod je bez bližšího zkoumání neznámý, může vycházet z podstaty sledované fáze butonizace, které je definována jako období, kdy začala být vidět dosud nedorostlá květenství s uzavřenými poupaty (u habru se fáze sleduje pouze na samčích květenstvích). Příčiny mohou být ale samozřejmě i jiné, vnitřní, fyziologické či genetické.

4.2.3 Sumy efektivní teploty pro jednotlivé fenofáze

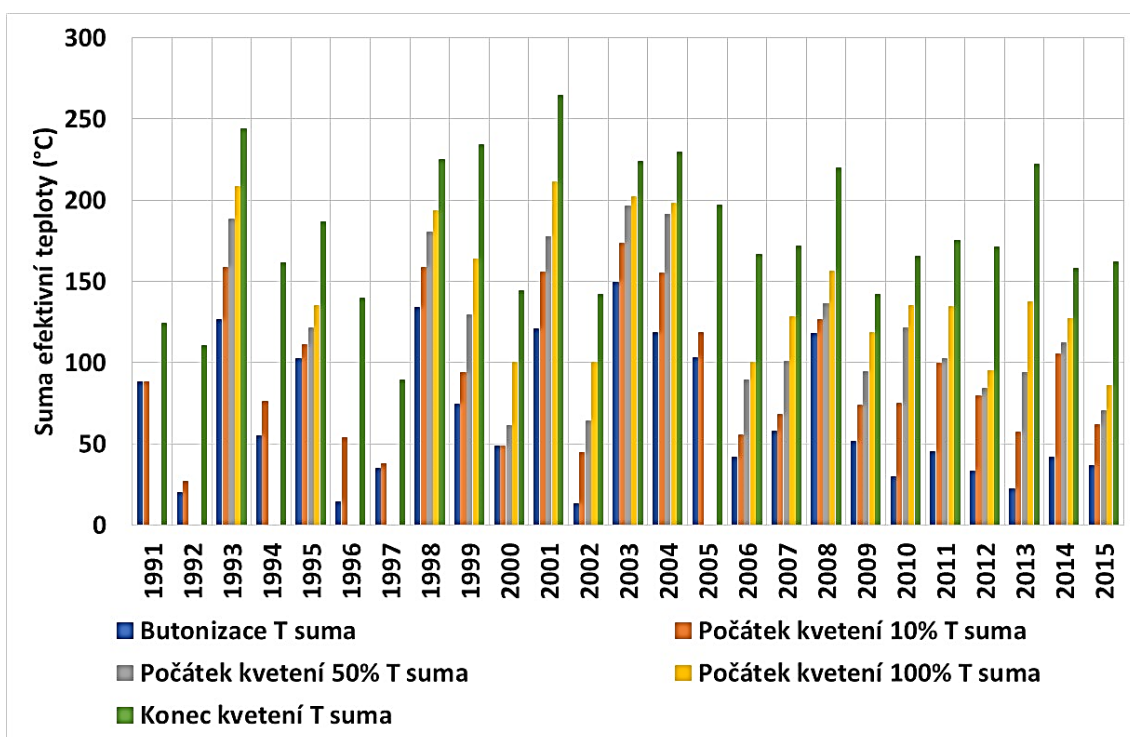
Na dalších grafech 7, 8, a 9 jsou uvedeny přehledy teploty, tedy sumy efektivní teploty (průměrná denní teplota nad 5 °C) přecházející nástupům jednotlivých sledovaných fenologických fází. Sumy efektivní teploty jsou zaznamenávány od počátku kalendářního roku do dne nástupu příslušné fenologické fáze.



Graf 7 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Lednice



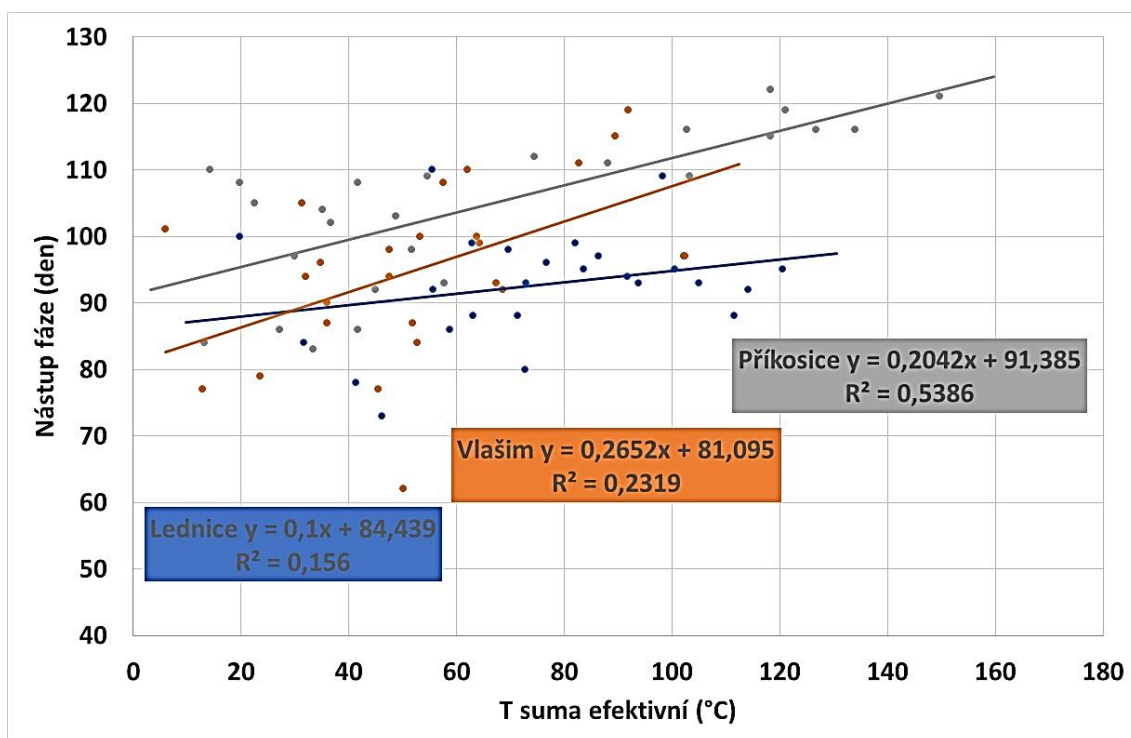
Graf 8 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Vlašim



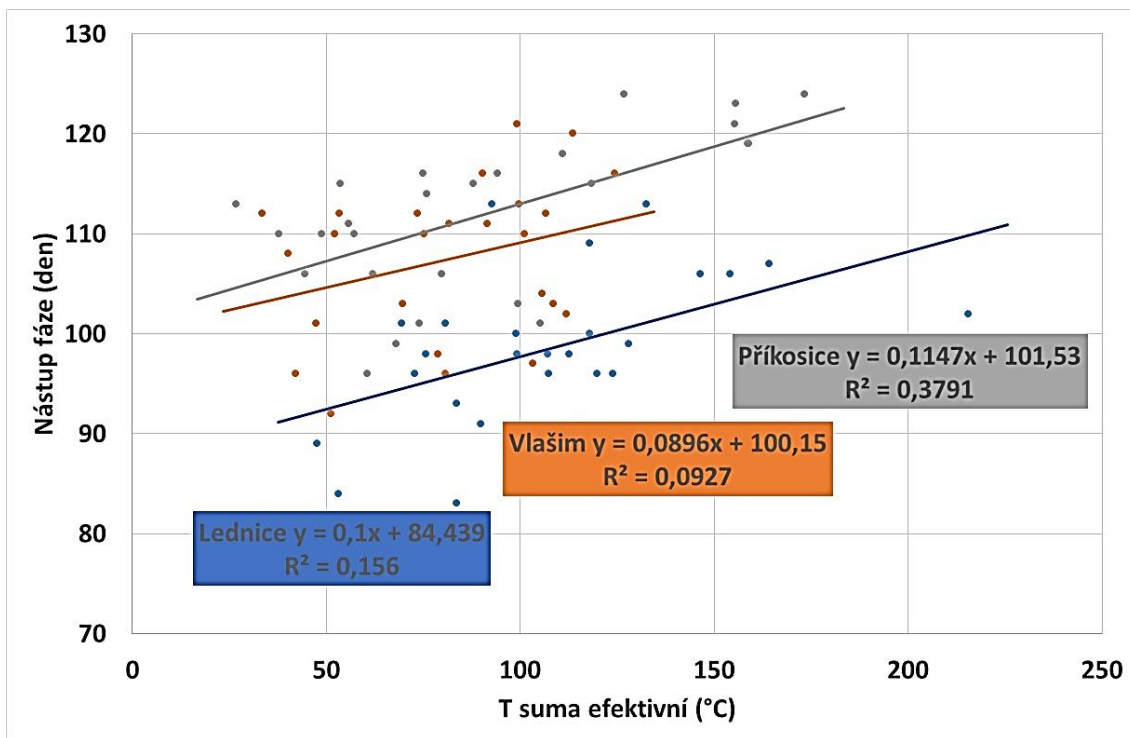
Graf 9 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Příkosice

4.3 Vztah dne nástupu fenofáze a teploty vzduchu

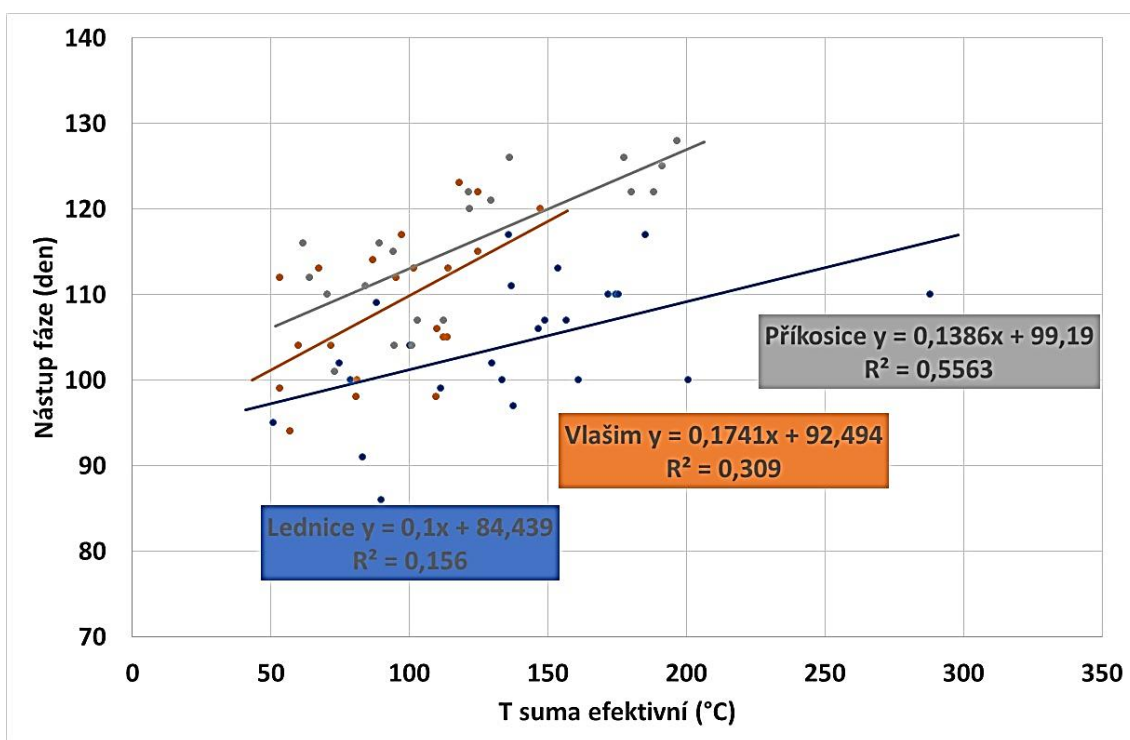
Na dalších grafech 10, 11, 12, 13 a 14 jsou prezentovány závislosti nástupu jednotlivých fenologických fází ve dnech na sumě efektivní teploty formou lineární spojnice trendu, kdy je vypočítána hodnota spolehlivosti R^2 . Ta je definována jako druhá mocnina indexu korelace a dosahuje rozmezí hodnoty 0–1, kdy hodnota největší značí nejvyšší možnou závislost veličin. Je zřejmé, že nástupy všech sledovaných fenologických fází na všech třech stanicích jsou nějakým způsobem závislé na sumě efektivní teploty fázím předcházející. V grafech jsou uvedeny výsledky lineární funkce závislosti dat, z nich vyplývá ta skutečnost, že největší závislost průběhu fenofází na sumě efektivní teploty za dny před nástupem fází byla zjištěna ve všech případech fenologických fází na nejvýše položené fenologické stanici, tedy v Příkosicích, naopak nejmenší závislost byla v případě sledovaných fenofází na stanici nejnižší, tedy v Lednici.



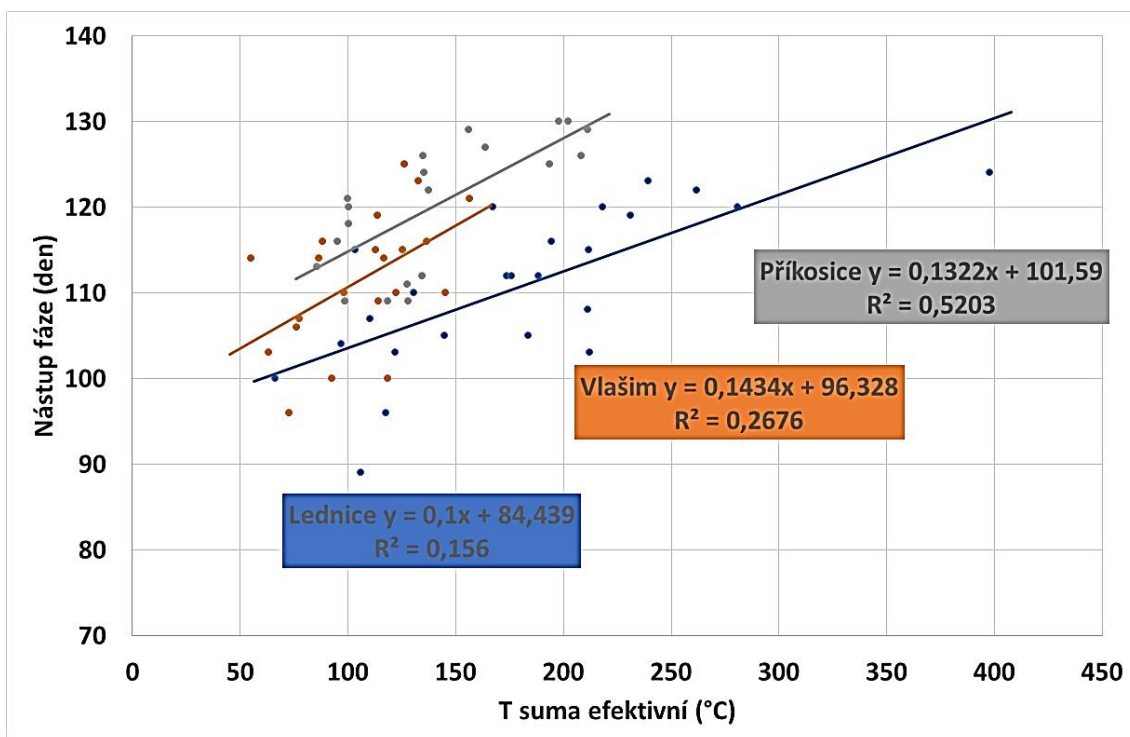
Graf 10 Závislost dne nástupu fenofáze butonizace na sumě efektivní teploty



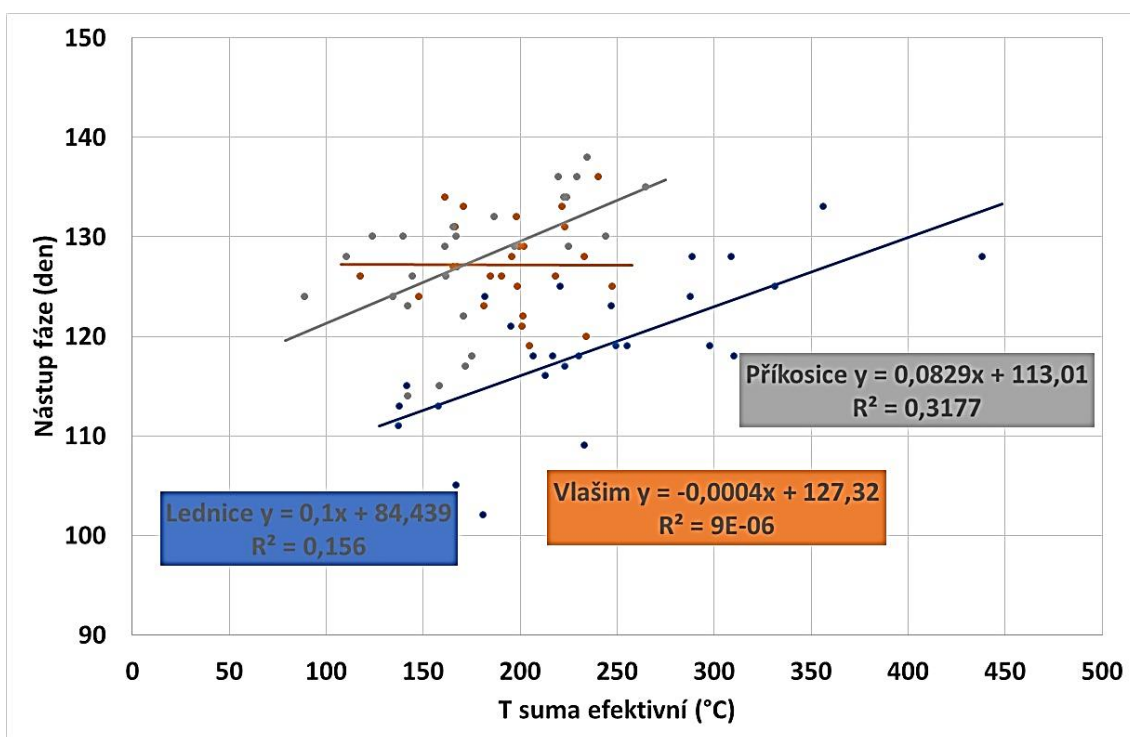
Graf 11 Závislost dne nástupu fenofáze počátek kvetení 10 % na sumě efektivní teploty



Graf 12 Závislost dne nástupu fenofáze počátek kvetení 50 % na sumě efektivní teploty



Graf 13 Závislost dne nástupu fenofáze počátek kvetení 100 % na sumě efektivní teploty



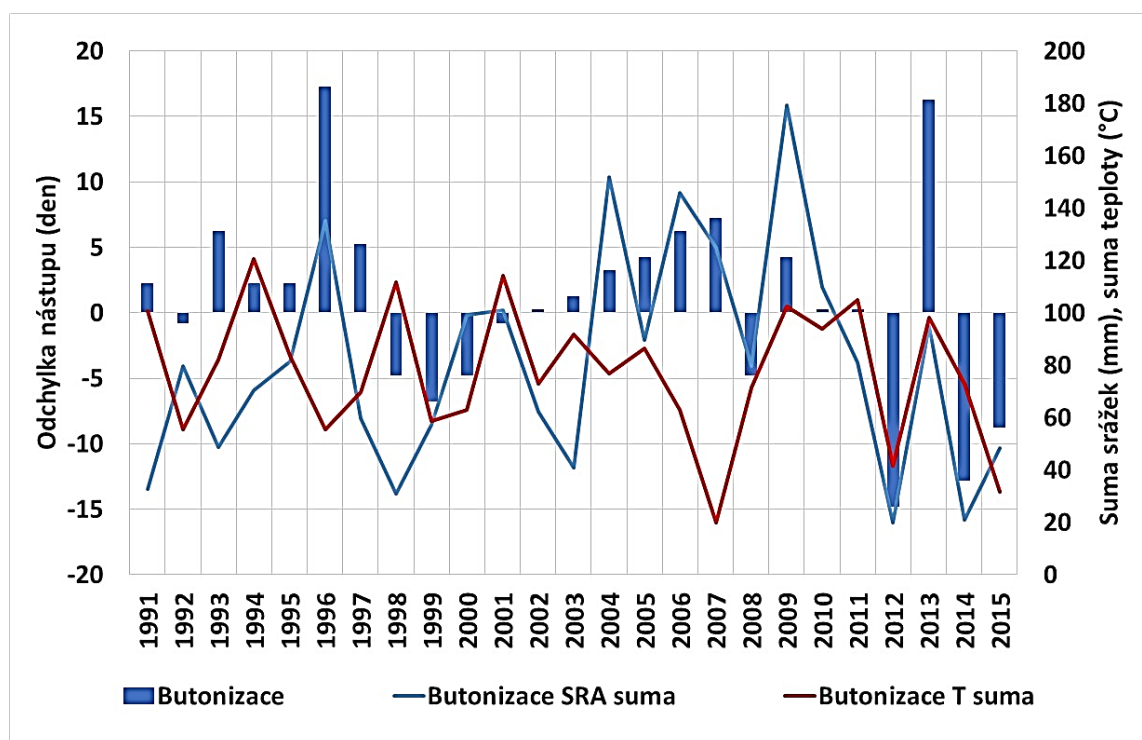
Graf 14 Závislost dne nástupu fenofáze konec kvetení na sumě efektivní teploty

I v případě nejvyšší hodnoty spolehlivosti R^2 byla tato lehce nadpoloviční, její hodnota je 0,56. V ostatních případech byla nižší. Průměrná hodnota spolehlivosti za všechny fáze na jednotlivých stanicích se na stanici Lednice rovná 0,15, u stanice Vlašim 0,18 a stanice Příkosice 0,46.

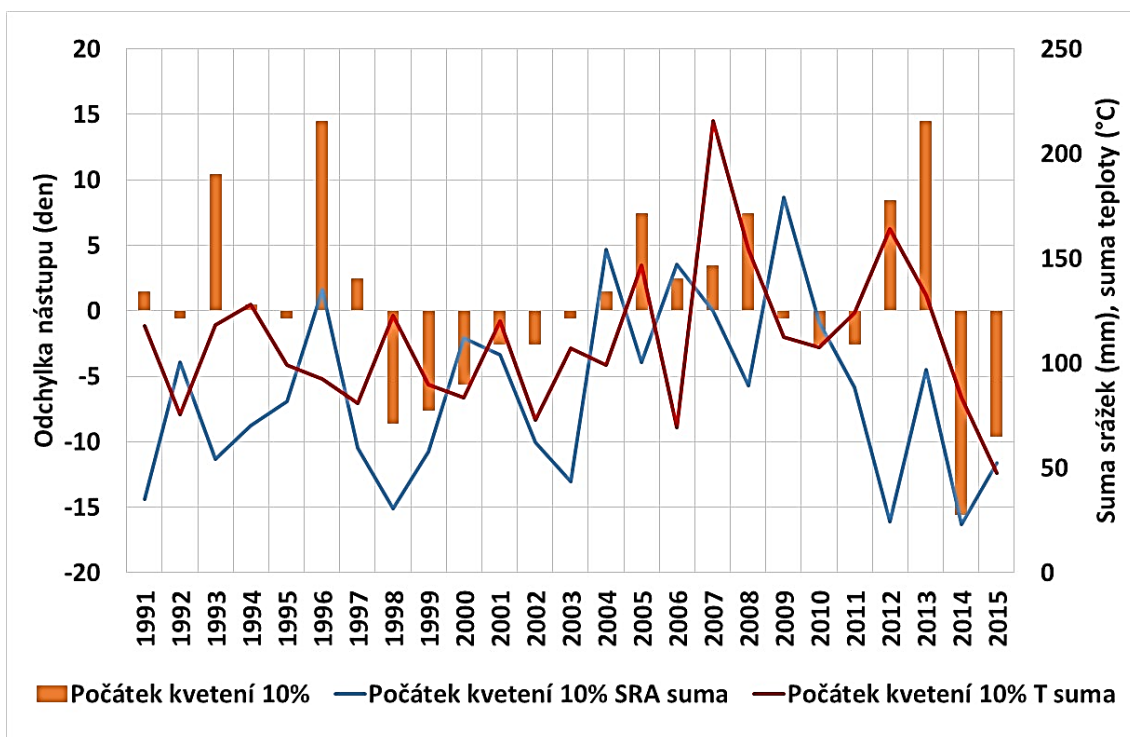
4.4 Detailní popis fenofází, teploty a srážek

V následujících grafech je provedena vizualizace odchylek nástupu dne fáze společně s chodem sumy efektivní teploty a sumou srážek fázi předcházející.

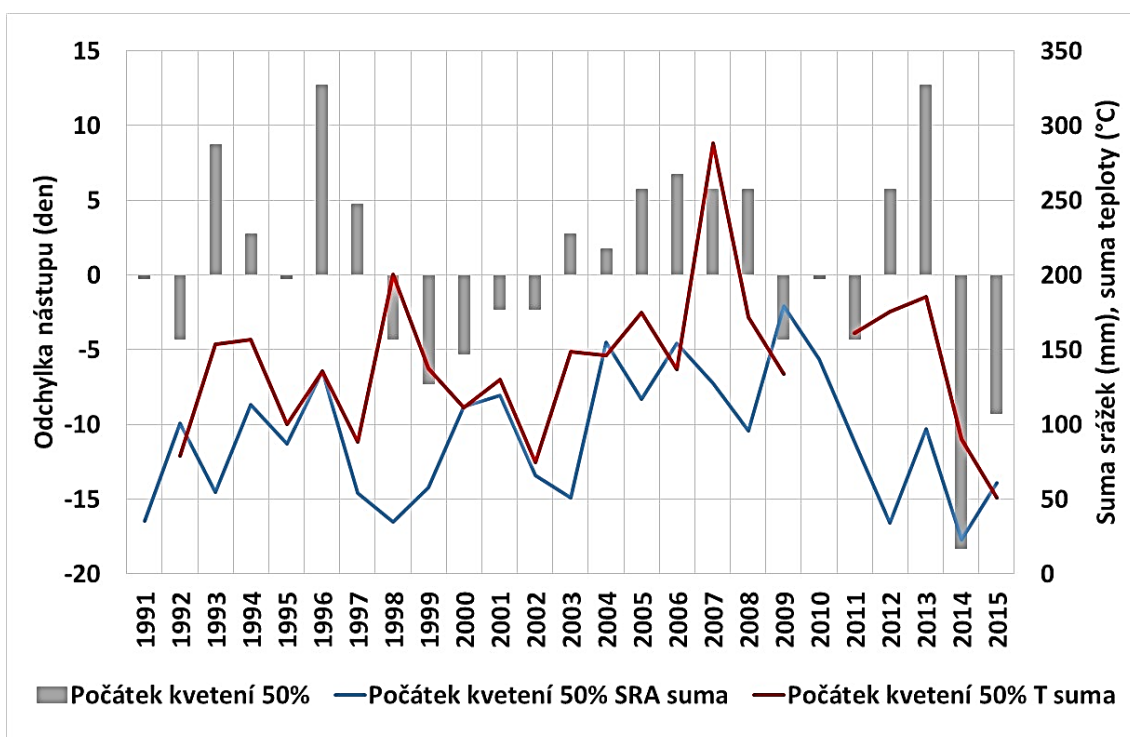
Stanice Lednice:



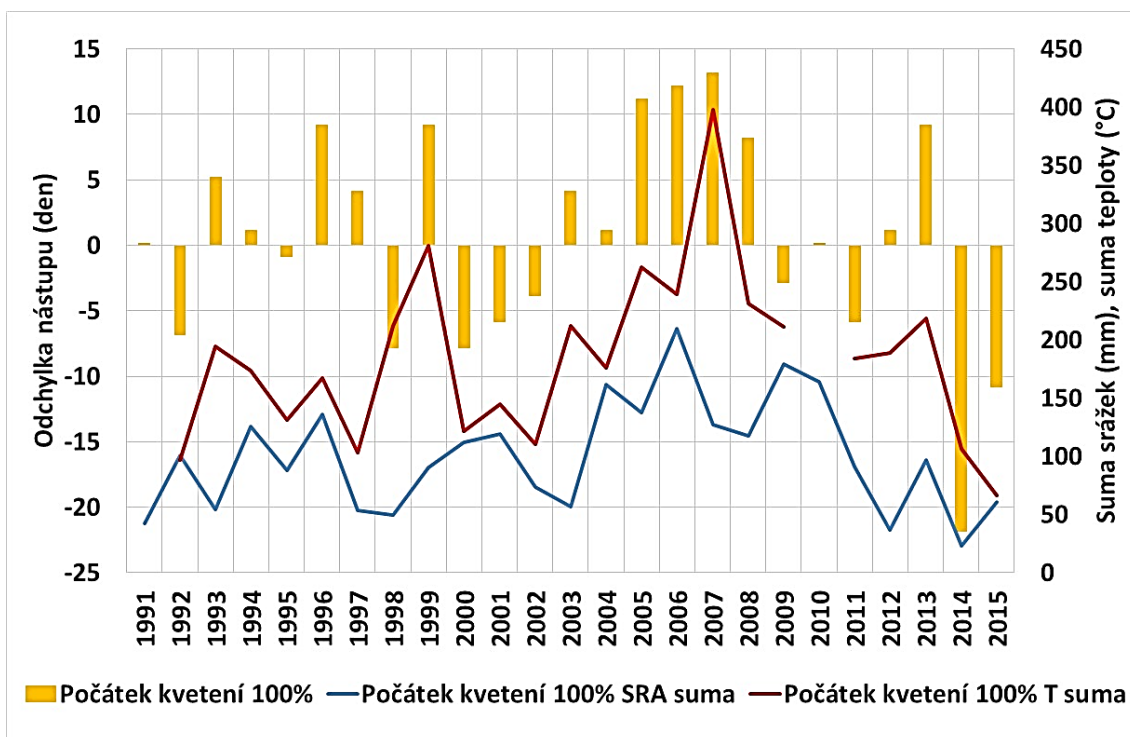
Graf 15 Odchylky fáze butonizace, sumy efektivní teploty a sumy srážek



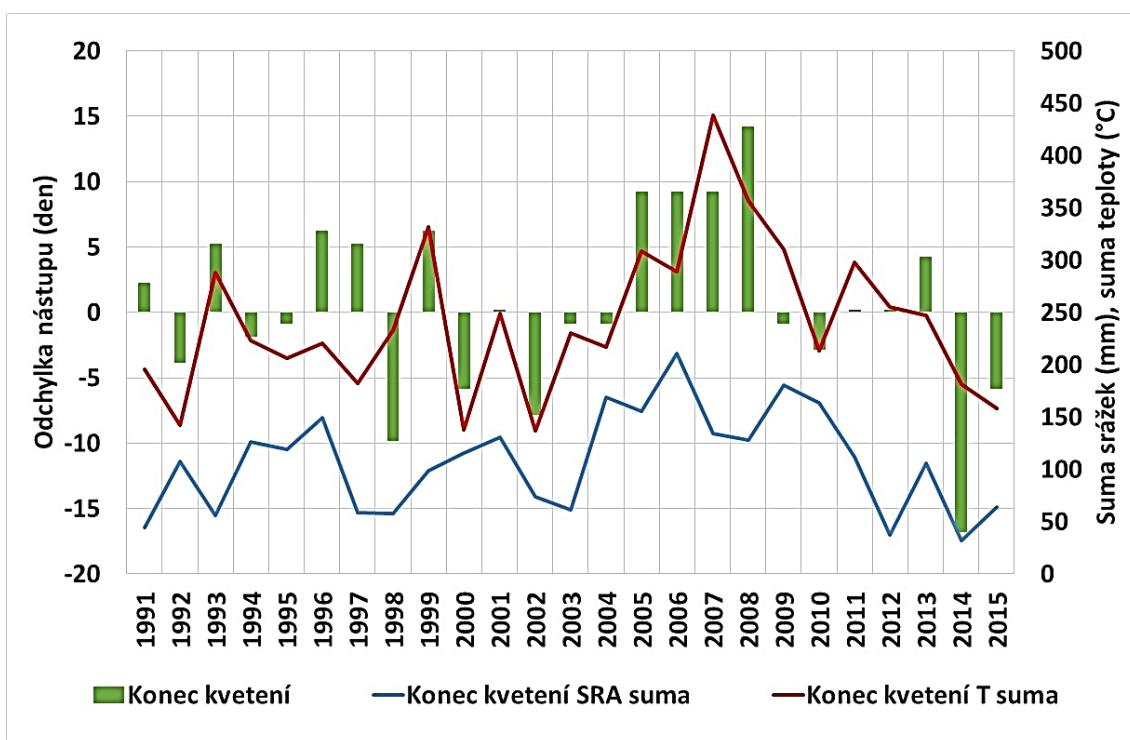
Graf 16 Odchylky fáze počátek kvetení 10 %, sumy efektivní teploty a sumy srážek



Graf 17 Odchylky fáze počátek kvetení 50 %, sumy efektivní teploty a sumy srážek



Graf 18 Odchylky fáze počátek kvetení 100 %, sumy efektivní teploty a sumy srážek



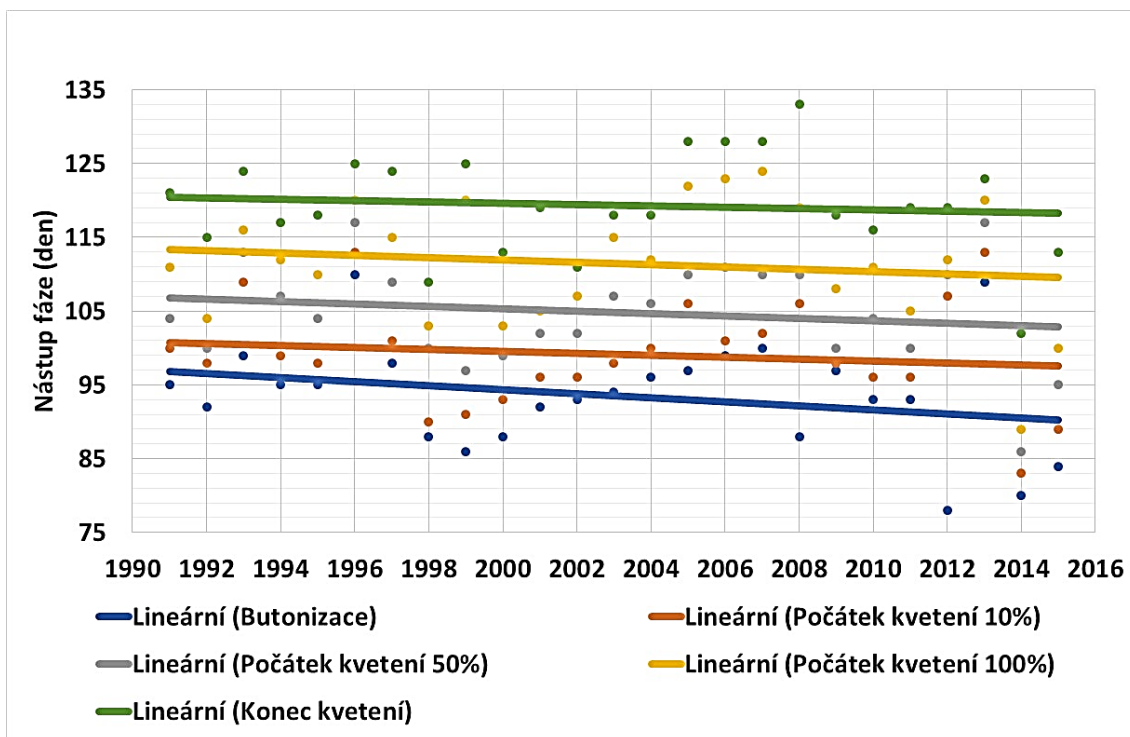
Graf 19 Odchylky fáze konec kvetení, sumy efektivní teploty a sumy srážek

Jak je z přechozích vizualizací patrné, takto variabilita nástupu fenofází v závislosti na teplotě a srážkách je velká, zcela konkrétní výsledky jsou uvedeny níže.

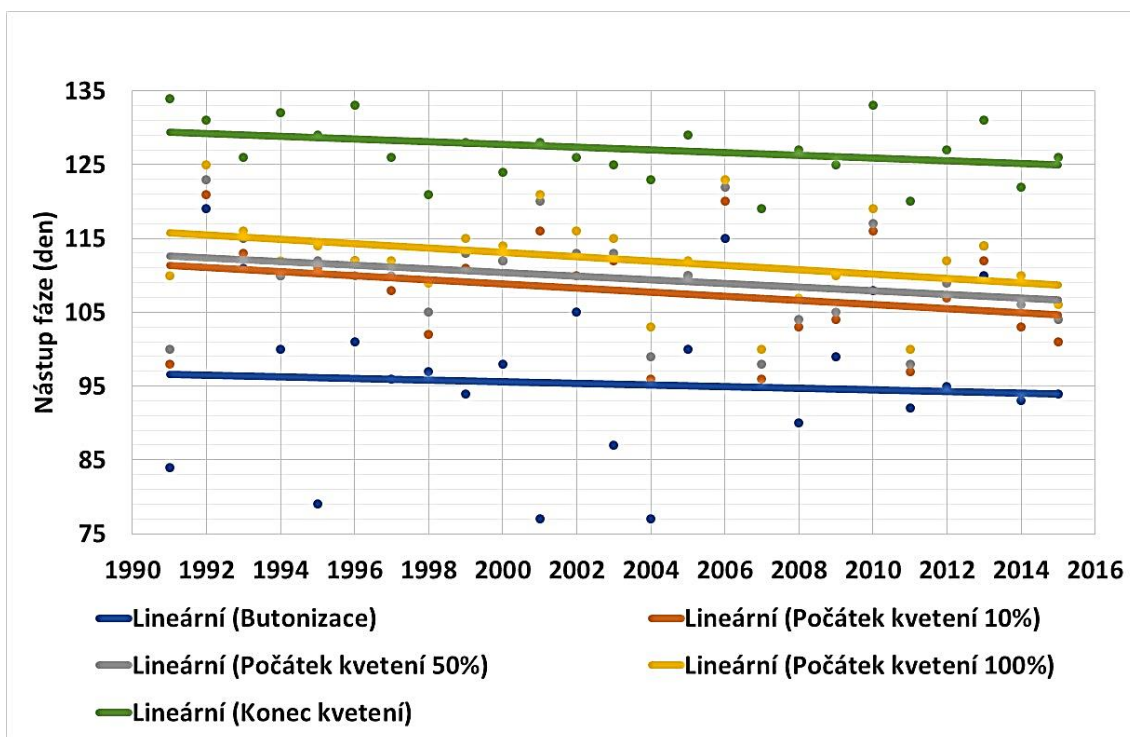
Obdobná situace je i u ostatních sledovaných fází na ostatních stanicích, byť v jiných poměrech závislosti. Vzhledem k rozsahu prezentace takto zpracovaných dat jsou grafy popisující průběh na následujících dvou stanicích uvedeny v samostatné příloze.

4.5 Vývoj nástupu fenofází

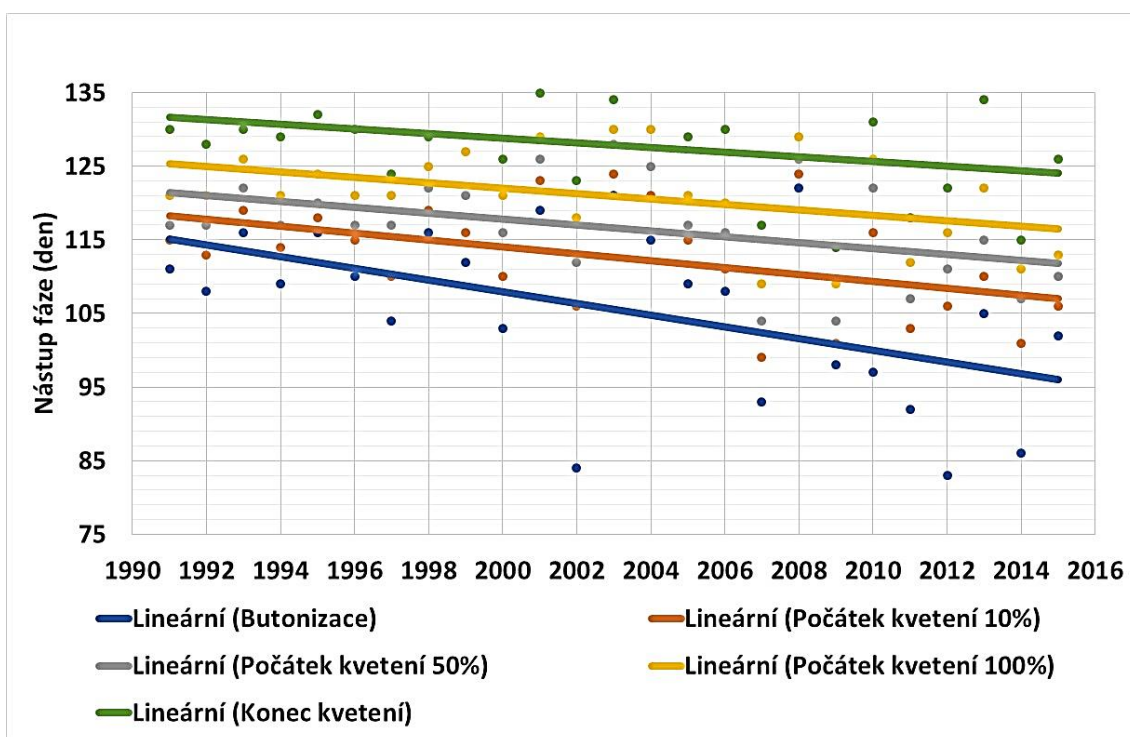
V čem je již vliv povětrnostních prvků (nárůstu průměrné denní teploty vzduchu) neoddiskutovatelný a projevuje se zde, je posun nástupů jednotlivých fází. Ve všech případech došlo ve sledovaném období k posunu zápornému, tedy všechny sledované fenologické fáze na všech sledovaných stanicích nastávají v průběhu času dříve, v nižší den pozorování. (grafy 20 až 23).



Graf 20 Posun dne nástupu fází na stanici Lednice



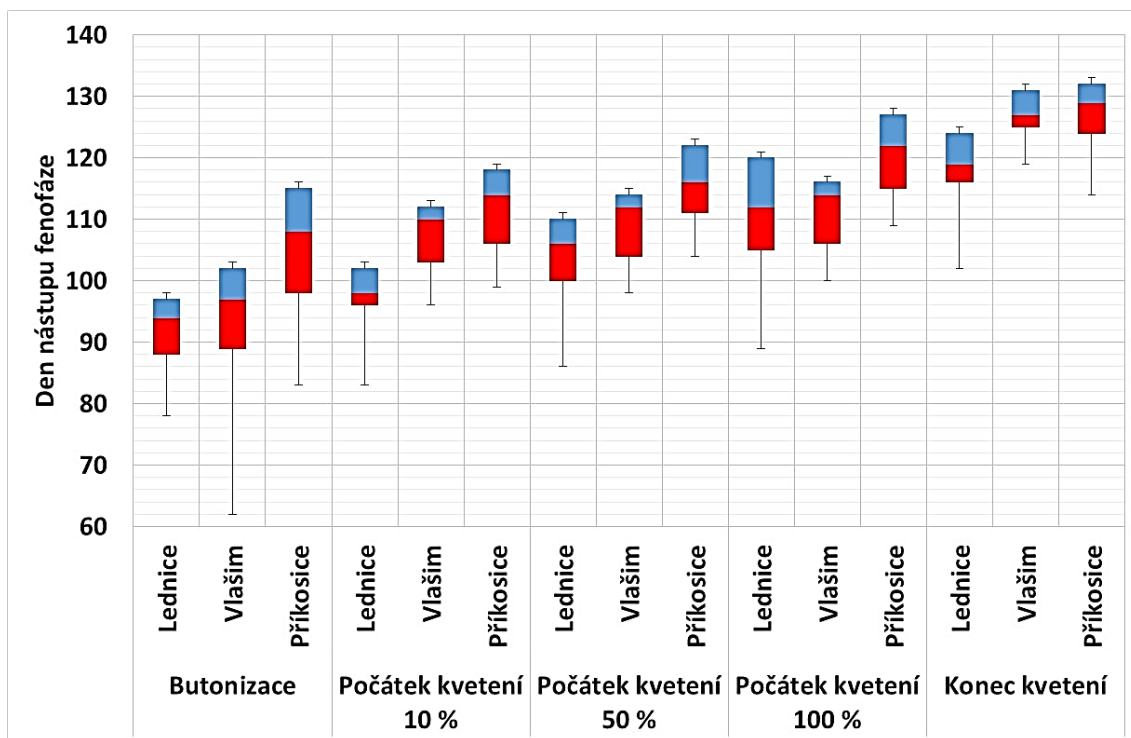
Graf 21 Posun dne nástupu fází na stanici Vlašim



Graf 22 Posun dne nástupu fází na stanici Příkosice

4.6 Nástup a trvání fenofází

Dalšími prezentovanými daty je statistické zpracování nástupu jednotlivých fenofází na jednotlivých stanicích formou krabicového grafu a formou grafů pruhových.

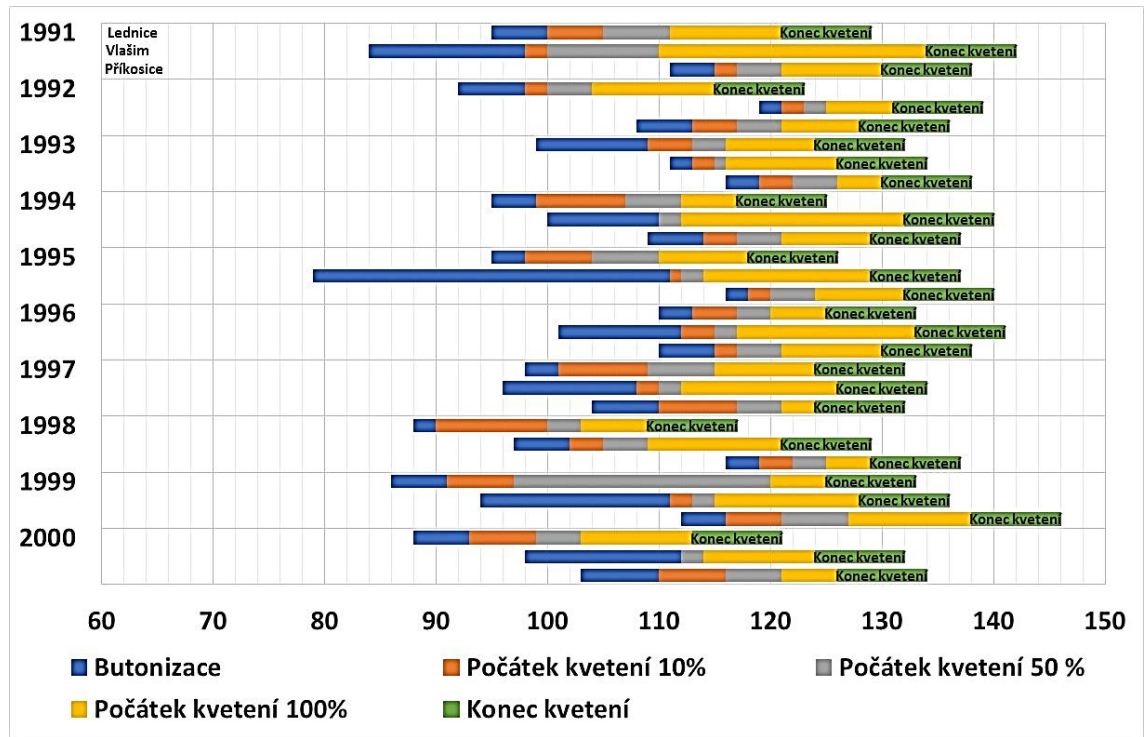


Graf 23 Statistické zpracování nástupu a trvání fenofází

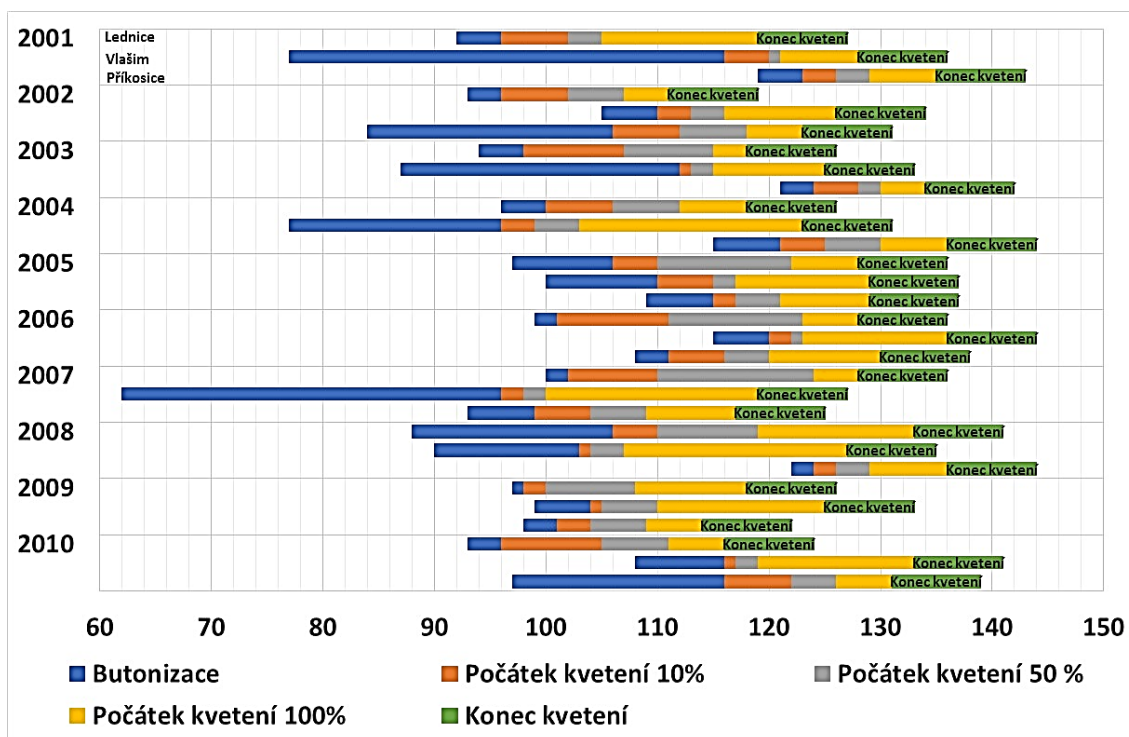
Chybové úsečky prezentují rozsah dnů nástupu příslušné fenologické fáze na stanici za celé sledované období. Červené pole zobrazuje vždy rozsah dnů nástupu fenofáze ranějších, než je medián (a zahrnutých do 25 % percentilu příslušného datového souboru, modré pole znázorňuje rozsah dnů nad hodnotu mediánu a v 75 % percentilu. Extrém zpoždění je u všech stanic a všech fenologických fází velmi malý; opačný extrém náchylnost k ranějšímu nástupu je patrný na stanici Lednice u všech fází spojených s kvetením (10, 50 a 100 %).

Na následujících pruhových grafech (graf 24 až 26) je zobrazeno trvání jednotlivých sledovaných fází a dny nástupu fází. U fáze konec kvetení je odpovídajícím údajem pouze den nástupu fáze, v rámci fenologických měření je tato fáze fází konečnou, která ukončuje přípravu, průběh a kvetení rostliny, následující fáze je fáze žloutnutí listů s obdobím nástupu

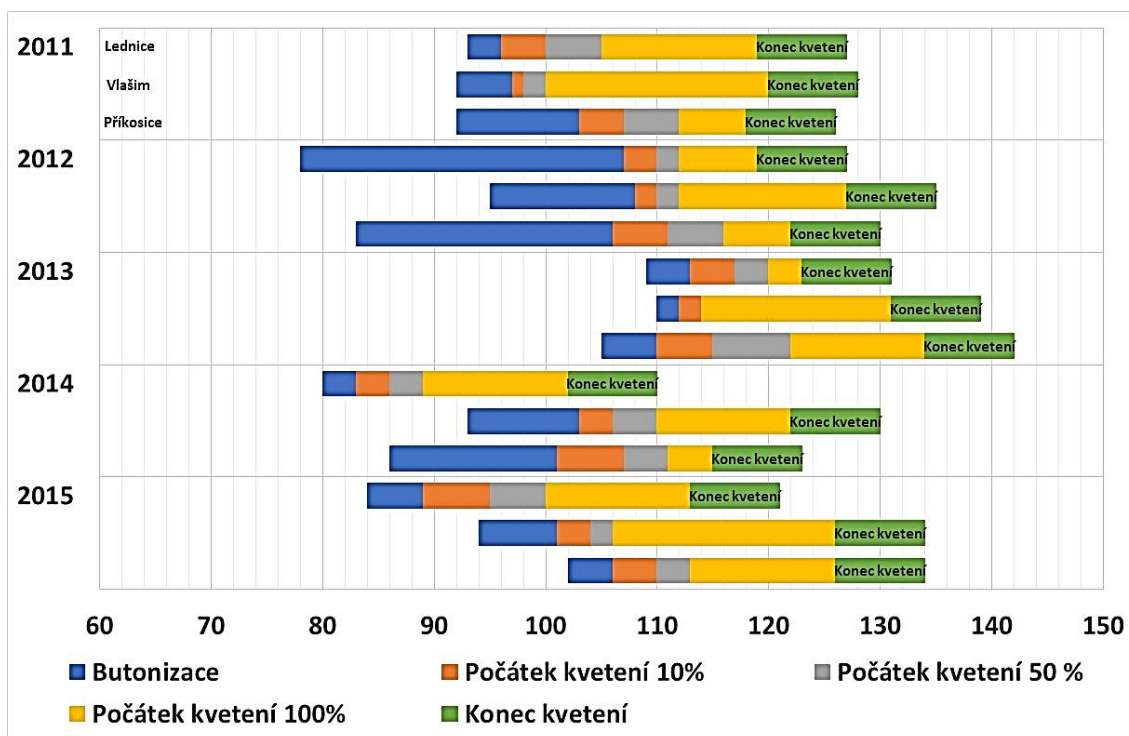
v měsíci září. Proto byla v grafickém zobrazení tato fáze u všech stanic ve všech letech pozorování popsána se stejnou délkou trvání osmi dnů.



Graf 24 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 1991 až 2000



Graf 25 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 2001 až 2010



Graf 26 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 2011 až 2015

Závěrem této vizualizace je možné konstatovat, že kromě dnů nástupu fenofází je i variabilita jejich trvání značná.

Pro lepší přehlednost jsou posledními vizualizacemi zpracovaných dat graficky zobrazená trvání fenologických fází a jejich variabilita v analyzovaném období; to vše je doplněno polynomem 4. stupně vyjadřujícího trend.

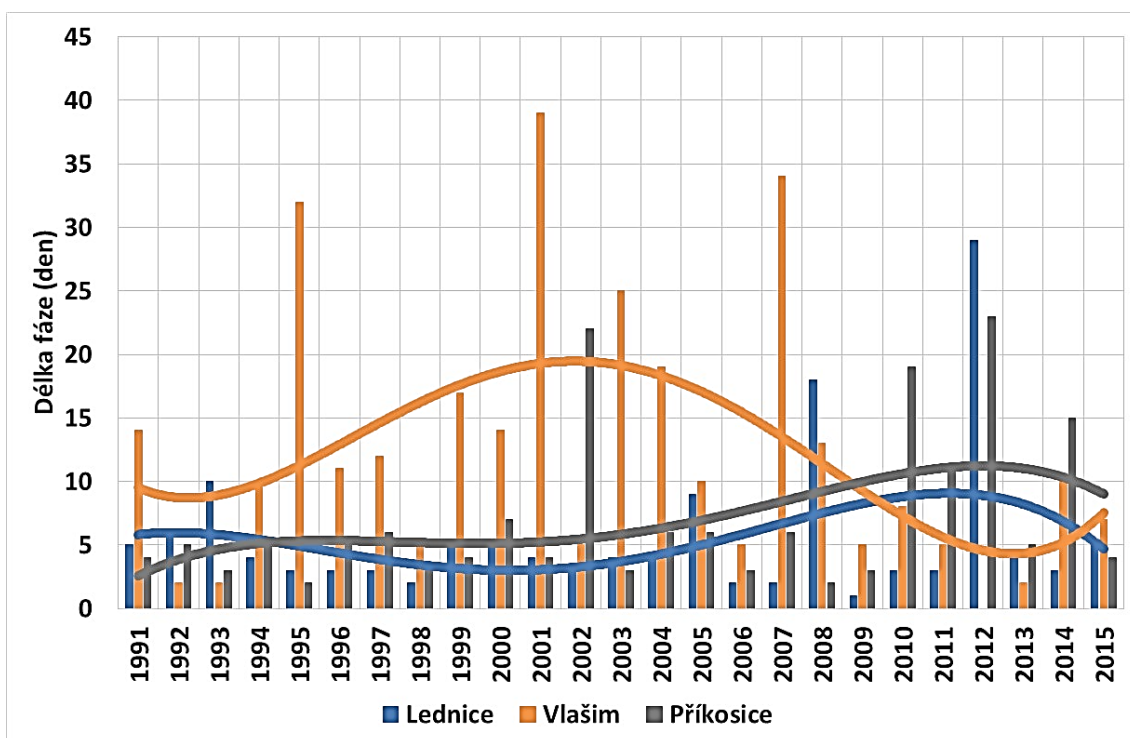
Rovnice polynomu a hodnoty spolehlivosti jsou uvedeny níže:

Graf 28: $y = 8E-05x^4 - 0,0031x^3 + 0,0145x^2 + 0,4042x + 1,0739$ $R^2 = 0,2373$

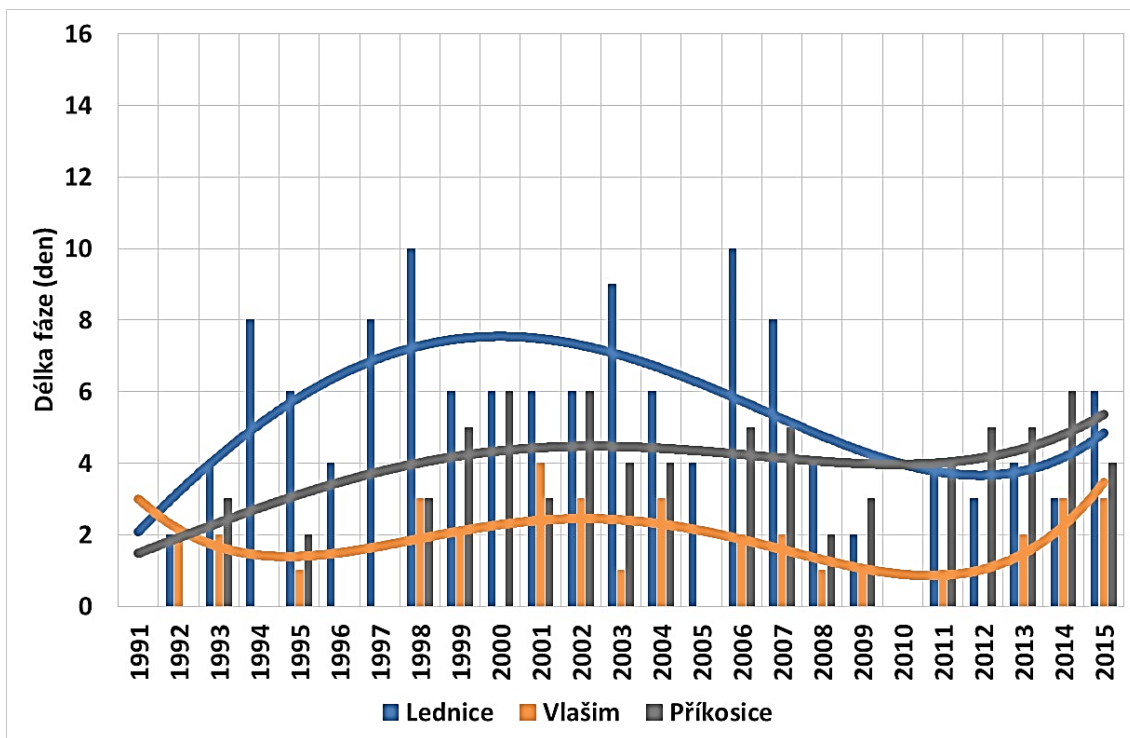
Graf 29: $y = 8E-05x^4 - 0,0031x^3 + 0,0145x^2 + 0,4042x + 1,0739$ $R^2 = 0,2373$

Graf 30: $y = 0,0005x^4 - 0,0281x^3 + 0,4626x^2 - 2,2204x + 7,15$ $R^2 = 0,208$

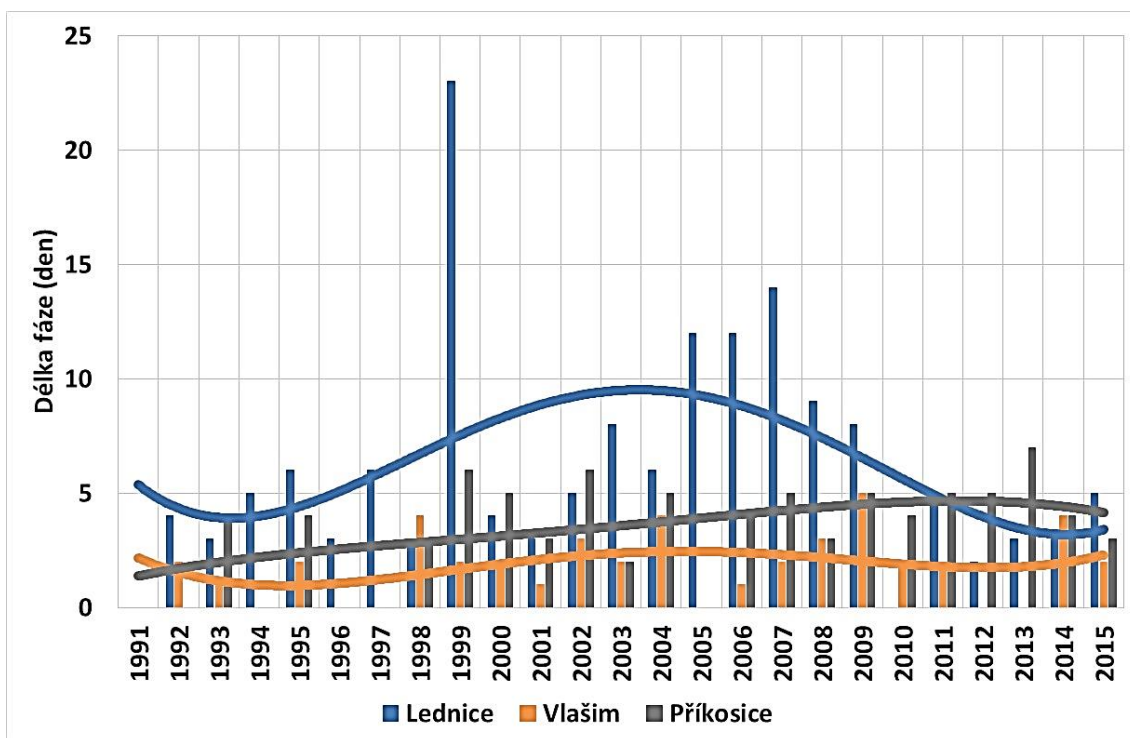
Graf 31: $y = 0,0001x^4 - 0,0076x^3 + 0,1326x^2 - 0,4014x + 9,2694$ $R^2 = 0,1396$



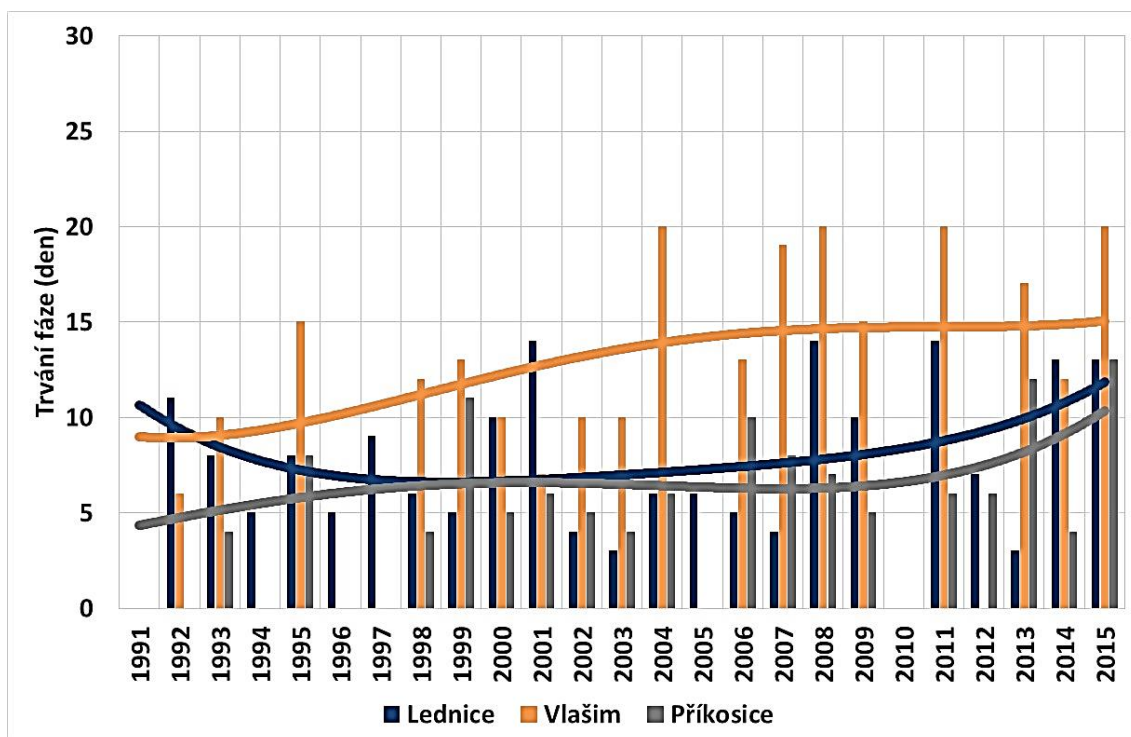
Graf 27 Trvání fáze butonizace



Graf 28 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 10 %



Graf 29 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 50 %



Graf 30 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 100 %

4.7 Výsledky v tabelární podobě

V následujících tabulkách je uvedeno základní statistické zpracování vstupních dat nástupu sledovaných fenologických fází. Čísla v tabulkách označují den nástupu příslušné fenologické fáze, resp. statistické vyhodnocení dnů nástupů za sledované období 25 let. Odchylka záporná znamená nástup fáze dříve, odchylka kladná nástup později.

LEDNICE	Butonizace	Počátek kvetení 10%	Počátek kvetení 50%	Počátek kvetení 100%	Konec kvetení
Průměr	123	94	99	105	111
Median	120	94	98	106	112
25%kvartil	118	88	96	100	105
75%kvartil	130	97	102	110	120
Minimum	108	78	83	86	89
Maximum	145	110	113	117	124
10%kvantil	114	85	90	97	103
90%kvantil	134,7	99,6	108,2	112,6	121,6
Směrodatná odchylka	8,8	7,3	7,1	7,2	8,5
Variační koef.	7,2	7,8	7,1	6,9	7,7
Variační rozpětí	37	32	30	31	35

Tabulka 1 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Lednice

Největší odchylka nástupu dne fenofáze byla na stanici Lednice zaznamenána ve fázi butonizace -12 dnů v roce 2012, kladná odchylka +16 dnů v roce 1996. Ve fázi počátek kvetení 10 % -15 dnů v roce 2014 a stejných +15 dnů v roce 1996 a 2013. Pro fázi počátek kvetení 50 % je to -20 dnů v roce 2014 a +11 dnů v roce 1996 a 2013. Pro fázi počátek kvetení 100 % -23 dnů v roce 2014 a +11 dnů v roce 2013 a 1996. Pro fázi konec kvetení -23 dnů v roce 2014 a +12 dnů v roce 2007.

VLAŠIM	Butonizace	Počátek kvetení 10%	Počátek kvetení 50%	Počátek kvetení 100%	Konec kvetení
Průměr	95	108	110	112	127
Median	97	110	112	114	127
25%kvartil	89	103	104	109	125
75%kvartil	102	112	114	116	131
Minimum	62	96	98	100	119
Maximum	119	121	123	125	136
10%kvantil	78	97	99	103	121
90%kvantil	110,7	116	120,2	121,2	133
Směrodatná odchylka	13,0	7,1	7,7	6,8	4,5
Variační koef.	13,6	6,6	7,0	6,1	3,5
Variační rozpětí	57	25	25	25	17

Tabulka 2 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Vlašim

Největší odchylka na stanici Vlašim byla při nástupu butonizace -35 dnů v roce 2007 a +22 dnů v roce 1992. Pro fázi počátek kvetení 10 % -14 v roce 2007 a +11 v roce 1992. Pro fázi počátek kvetení 50 % -14 dnů v roce 2011 a +11 dnů v roce 1992. Pro fázi počátek kvetení 100 % -14 dnů v roce 2007 a 2011 a +11 dnů v roce 1992. Pro fázi konec kvetení je to -8 dnů v roce 2007 a +9 dnů v roce 2006.

PŘÍKOSICE	Butonizace	Počátek kvetení 10%	Počátek kvetení 50%	Počátek kvetení 100%	Konec kvetení
Průměr	106	113	117	121	128
Median	108	114	116	122	129
25%kvartil	98	106	111	115	124
75%kvartil	115	118	122	127	132
Minimum	83	99	104	109	114
Maximum	122	124	128	130	138
10%kvantil	88	102	106	111	117
90%kvantil	117,8	122,2	126	129,2	135,6
Směrodatná odchylka	11,1	7,2	7,6	7,1	6,5
Variační koef.	10,5	6,4	6,5	5,9	5,1
Variační rozpětí	39	25	24	21	24

Tabulka 3 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Příkosice

Největší odchylka na stanici Příkosice byla při nástupu butonizace -23 dnů v roce 2012 a +14 dnů v roce 2008. Pro fázi počátek kvetení 10 % -15 dnů v roce 2007 a +10 dnů v roce 2008. Pro fázi počátek kvetení 50 % -12 dnů v roce 2007 a 2009 a +12 dnů v roce 2003. Pro fázi počátek kvetení 100 % -13 dnů v roce 2007 a 2009 a +8 dnů v roce 2003 a 2004. Pro fázi konec kvetení -15 dnů v roce 2009 a +9 dnů v roce 1999.

V další tabulce jsou shrnuty údaje prezentované výše v grafech 10 až 14, a to jsou popsány lineární závislosti proměnných – den nástupu fáze a suma efektivní teploty pro dny nástupu fáze, v grafech jsou uvedeny hodnoty spolehlivosti R (druhá mocnina indexu korelace).

	Hodnota spolehlivosti R ²		
	Lednice	Vlašim	Příkosice
Butonizace	0,15	0,23	0,54
Počátek kvetní 10 %	0,15	0,09	0,38
Počátek kvetení 50 %	0,15	0,31	0,56
Počátek kvetení 100 %	0,15	0,27	0,52
Konec kvetní	0,15	9,00E-06	0,32

Tabulka 4 Hodnoty spolehlivosti nástupu fenofází

5 Diskuse

Nejkomplexnější zhodnocení nástupu a trvání fenologických fází rostlin na území ČR představuje Fenologický atlas (Hájková et al., 2012). Je založen na analýze údajů ze všech fenologických stanic, které zajišťoval Český hydrometeorologický ústav a časová řada pozorování pokrývala 20 let (1991–2010), i když se fenologickým sledováním zabýval ČHMÚ podstatně déle. Bohužel však řada byla v sedmdesátých letech přerušena. Obdobně lze litovat, že z finančních důvodů byla síť fenologických stanic ČHMÚ v roce 2014 omezena, došlo ke zrušení všech stanic polních plodin a ovocných dřevin, zůstala pouze síť vybraných stanic lesních rostlin. Opět se tím narušila souvislost pozorování (při případném obnovené v budoucnu), které nebude možné nahradit a výsledky použít např. při porovnávání jiných databází ze sledování v evropském regionu v souvislosti s analýzami změny klimatu.

V citované publikaci je uvedeno, že habr obecný vykazuje ve sledovaném období 1991 až 2010 velkou variabilitu nástupu fenofází. Nástupy fenofází byly nejvíce urychleny v roce 2007, naopak nejvíce opožděny v letech 1996 a 2006. Vertikální fenologické gradienty pro vybrané fenofáze jsou následující:

- pro rašení 3 dny/100 m,
- počátek kvetení 3 dny/100 m,
- konec kvetení 2 dny/100 m,
- opad listů 2 dny/100 m.

Habr obecný začíná v průměru rašit v jednotlivých výškových pásmech po 200 m mezi 31. březnem a 24. dubnem, počátek kvetení je mezi 11. dubnem a 4. květnem, konec kvetení nastupuje v průměru mezi 2. a 19. květnem a opad listů nastává v průměru mezi 19. říjnem a 7. listopadem. Mezi rašením a opadem listů uplyne v průměru 180 až 220 dní při sumě teploty vzduchu 1965 až 3292 °C, trvání slunečního svitu 1262 až 1362 hodin, úhrnu srážek 425 až 439 mm a 61,5 až 65,0 dne se srážkovým úhrnem alespoň 1 mm.

Dle Hájkové et al. (2012), nevyšší kladné odchylky, tedy pozdější nástupy fenofází, byly u vybraných fenofází následující: u rašení + 12 dní (1996), butonizace + 8 dní (2006), počátku kvetení + 7 dní (1996), konce kvetení + 7 dní (1996) a opadu listů + 6 dní (2009). Nejvyšší záporné odchylky, tedy dřívější nástupy fenofází, byly zaznamenány v následujících

letech: u rašení – 12 dní (2007), butonizace – 16 dní (2007), počátku kvetení – 15 dní (2007), konce kvetení – 13 dní (2007) a opad listů – 5 dní (2000).

V analyzované databázi ze tří stanic (graf 15 až 19), kde jsou znázorněny odchylky nástupu fází souběžně se sumou efektivní teploty a sumou srážek fázi předcházející, je variabilita a nepřímá závislost zcela zřetelná. Např. v roce 1994, na stanici Lednice, byla fáze butonizace lehce opožděná (+1 den oproti průměru), přestože suma efektivní teploty předcházející fázi butonizace byla za sledované období nejvyšší (120,6 °C) a suma srážek se pohybovala na průměrné hodnotě za celé období.

Při předpokladu, že teplota a srážky hrají významnou roli při nástupu fenofází, by mělo dojít k nástupu fáze rozhodně ne se zpožděním oproti dlouhodobému průměru, ale s předstihem. V uvedených vizualizacích jsou samozřejmě i výsledky odpovídající tomuto předpokladu, kdy nízká teplota a nízké úhrny srážek jsou následovány pozdějším nástupem fáze. Celkový výstup (a vypočtené hodnoty spolehlivosti) však svědčí o velké variabilitě nástupu fází a nepřímém vlivu zkoumaných meteorologických veličin.

Zajímavostí je rozdílnost odchylek jednotlivých fází jedné stanice v jednotlivých letech. Z prezentovaných grafů (graf 4–6) je evidentní, že se jedná ve většině případů o odchylku butonizace oproti ostatním sledovaným fenofázím v daném roce, které poté následují již v kratším sledu. Důvod je bez bližšího zkoumání neznámý, může vycházet z podstaty sledované fáze butonizace, které je definována jako období, kdy začala být vidět dosud nedorostlá květenství s uzavřenými poupaty (u habru se fáze sleduje pouze na samčích květenstvích). Příčiny mohou být ale samozřejmě i jiné, vnitřní, fyziologické či genetické.

Hájková et al. (2012) dále uvádí, že všechny sledované fenofáze (kromě žloutnutí a opadu listů, které však nebyly v práci hodnoceny) vykazují za dvacetileté období celkovou tendenci k dřívějšímu nástupu, což potvrdila i dílčí analýza ze tří sledovaných stanic.

Pro stanici Lednice činí tato tendence u fáze butonizace (výstup ze zobrazení lineární závislosti) 6 dnů, u fáze počátek kvetení 10 % 3 dny, u fáze počátek kvetení 50 % 4 dny, u fáze počátek kvetení 100 % 4 dny, u fáze konec kvetení 2 dny. Pro stanici Vlašim jsou to také všechno dřívější nástupy fází, a to v počtu dnů podle sledovaných fází – 3, 6, 6, 6 a 4 dny. Pro stanici Příkosice činí odchylky za fáze ve dnech – 9, 8, 8, 8 a 8 dnů. Důvodem může být zvyšující se teplota vzduchu.

Fenologický atlas také analyzuje průměrné trvání vegetačního období habru obecného (vymezeného rašením až opadem listů) za dvacetiletí 1991 až 2010 podle výškových pásem. V pásmu do 200 m n. m. trvá v průměru 220 dní, v pásmu nad 800 m n. m. činí 180 dní. Za posledních dvacet let byl rok 2007 velmi časný v nástupu fenofáze počátek kvetení (v průměru celé sítě lesních fenologických stanic začalo kvetení 9. dubna), rok 1996 byl nejpozdější (v průměru začal habr obecný kvést 30. dubna). Výsledky předložené práce dále potvrzují, že doba trvání jednotlivých fenologických fází znázorněná formou krabicového grafu (graf 23) a pruhového grafu (grafy 24 a 25) je proměnlivá i v lokálním měřítku.

Hájková et al. (2012) a Urban et al. (2014) dále pracují např. i s trváním slunečního svitu, přesto zřejmě i po takto provedeném celorepublikovém výzkumu s různými geografickými rozdíly, platí konstatování o nepřímém vlivu povětrnostních faktorů na nástup fenofází. A také může mít v jistém smyslu pravdu právě Bauer et al. (2014), z jehož tvrzení lze vyvodit, že organismy jsou sice závislé na vnějších vlivech (než vyplývá např. z této práce), ale ve viditelných vnějších projevech rostlin zachycovaných fenologickým sledování se tato závislost neodráží, resp. není statisticky prokázána.

6 Závěr

Fenologická pozorování poutají v současné době mimořádnou pozornost řady odborníků, zejména v souvislosti s poznáním vzájemných vztahů mezi vývojem klimatu a životními projevy jedinců a populací rostlin a živočichů. V souvislosti s predikcí klimatické změny se předpokládá, že dojde např. k posunu fenologických fází a změně reprodukčního procesu.

První fenologická pozorování na území České republiky se konala již v 18. století, systematicky se začala provádět až ve 20. století, kdy postupně vznikly fenologické zahrádky s jednotným rostlinným materiálem. Do správy České meteorologické služby přešla fenologická pozorování v roce 1940 s celou sítí stanic i s archivem údajů od roku 1923 a Český hydrometeorologický ústav je provozuje je dodnes, i když se během tohoto dlouhého období měnila metodika pozorování.

Databáze ČHMÚ za posledních 25 let byla základem pro předloženou práci, která se fenologickým fázím habru obecného (*Carpinus betulus* L.) v podmínkách různého prostředí.

K analýze byly zvoleny 3 lokality Lednice (165 m n. m.), Vlašim (350 m n. m.) a Příkosice (550 m n. m.) s cílem zjistit variabilitu nástupu fenologických fází vlivem různé nadmořské výšky stanoviště, místních mikroklimatických podmínek a počasí. K tomuto účelu byly použity klimatologické charakteristiky: suma efektivní teploty a suma srážek předcházející nástupům jednotlivých fenologických fází. Testovány byly fenologické fáze butonizace, počátek kvetení 10 %, počátek kvetení 50 %, počátek kvetení 100 % a konec kvetení.

Výsledky potvrzují poznání získané z obsáhlých fenologických studií u jiných dřevin a lze je shrnout:

- Variabilita nástupu všech sledovaných fenologických fází na všech třech fenologických stanicích ČHMÚ je velká.
- Byla prokázána závislost nástupu fenologických fází na nadmořské výšce stanice.
- Nejvyšší koeficient spolehlivosti (závislost) byl shledán na fenologické stanici s nejvyšší nadmořskou výškou (Příkosice 550 m n. m.) a pro nejpozdější sledovanou fenologickou fází – konec kvetení.

- U denního průměru teploty vzduchu byl za sledované období na všech stanicích zaznamenán jeho nárůst, což podporuje teorii o klimatické změně.
- Bylo prokázáno, že za sledované období 25 let došlo k posunu nástupu sledovaných fenologických fází kupředu, pravděpodobně v důsledku zvyšující se průměrné denní a roční teploty vzduchu a to:
 - o v průměru u butonizace o 6 dnů, počátek kvetení 10 % o 6 dnů, počátek kvetení 50 % o 6 dnů, počátek kvetení 100 % o 6 dnů, konec kvetení o 5 dnů,
 - o nejčastější byl v analyzované časové řadě posun u butonizace o 1 den, počátek kvetení 10 % o 3 dny, počátek kvetení 50 % o 5 dnů, počátek kvetení 100 % odpovídal nejčastěji dnu dlouhodobému průměru, konec kvetení byl nejčastěji posunut o 1 den.

Na základě uvedených dílčích závěrů, lze tedy konstatovat, že v souvislosti s ranějším nástupem fenologických fází dochází a lze předpokládat, že i bude docházet k časnějším problémům spojených se šířením pylových alergenů.

7 Seznam použité literatury

Bauer, Z. 2006. Fenologické tendence složek jihomoravského lužního lesa na příkladu habrojilmové jaseniny (*Ulm-Fraxineta Carpini*) za období 1961–2000. Praha. Meteorologické zprávy. 59. 80 – 85.

Bednářová, E., Merklová, L. 2007. Fenologické a růstové fáze u buku lesního (*Fagus sylvatica* L.). In: Štrelcová, K., Škvařenina, J., Blaženec, M. (eds.). 2007. Bioclimatology and natural hazards. ISBN: 978-80-228-17-60-8.

Coufal, L., Houška, V., Reitschläger, J., D., Valter, J., Vráblík, T. 2004. Fenologický atlas. Praha. ČHMÚ. 364 s. ISBN: 80-86690-21-0.

ČHMÚ. Mapa fenologických stanic na území ČR [online]. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z <<http://www.chmuul.org/?page=oddeleni-meteorologie-a-klimatologie#>>.

Hájková, L., Voženílek, V., Tolasz, R. 2012. Atlas fenologických poměrů Česka. Univerzita Palackého. Olomouc. 320 s. ISBN: 978-80-86690-98-8.

Hajkova, L., Kožnarová, V., Možný, M., Bartošová, L. 2015. Changes in flowering of birch in the Czech Republic in recent 25 years (1991–2015) in connection with meteorological variables. *Acta Agrobotanica*. 68(4). 285–302.

Hamunyela, E., Verbesselt, J., Roerink, G., Herold, M. 2013. Trends in Spring Phenology of Western European Deciduous Forests. *International Journal of Remote Sensing*. 6159-6179. ISSN 2072-4292.

Justice, C., O., Townshend, R., G., Holben, B., N., Tucer, C., J. 2007. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*. 1271-1318. ISSN 2072-4292.

Kafaki, S., B., Mataji, A., Hashemi, S., A. 2009. Detecting Hornbeam Trees Phenological Characteristics of Mountain Forest. *American Journal of Environmental Sciences*. 5 (5). 669-677. ISSN 1553-345X.

Krška, K., Šamaj, F. 2001. *Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku*. Univerzita Karlova v Praze. Praha. 568 s. ISBN: 80-7184-951-0.

Matesanz, S., Horgan-Kobelski, T., Sultan, S., E. 2012. Phenotypic Plasticity and Population Differentiation in an Ongoing Species Invasion. *Plos One*. 7.

Munzar, J., Krška, K., Nedelka, M., Pejml, K. 1989. *Malý průvodce meteorologií*, Mladá fronta. Praha, 248 s.

Osborne, C., P., Chuine, I., Viner, D., Woodward, F., I. 2000. Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant, Cell and Environment*. 23. 701-710.

Ralska – Jasiewicz, M. 1964. Correlation between the Holocene history of the *Carpinus Betulus* and prehistoric settlement in North Poland. *Acta societatis botanicorum Poloniae*. 33 (2). 461-468.

Rožnovský, J. 1999. *Klimatologie*. 146 s. ISBN: 80-7157-419-8.

Rybníček, O., Rybníček, K., Rybníčková, E. 1997. *Miniatlas pylových alergenů*. Městská hygienická stanice Brno. 46 s.

Schieber, B., Janík, R., Snopková, Z. 2009. Phenology of four broad-leaved forest trees in a submountain beech forest. *Journal of forest science*. 55. 15–22.

Špičák, V., Panzner, P., a kol. 2004. *Alergiologie*. Praha. Galén. 348 s. ISBN: 80246-0846-4.

Tolasz, R. 2009. Praha. *Meteorologie a klimatologie tvoří v Českém hydrometeorologickém ústavu nedělitelný systém. Český hydrometeorologický ústav, Meteorologické zprávy*. 62.

Vymazalova, M. 2014. The effect of phenological changes on vegetation data sampling and analyses. *Masarykova univerzita. Olomouc*. 102 s.

Uhlíř, P. 1961. *Meteorologie a klimatologie v zemědělství. Československá akademie zemědělských věd*. Praha. 402 s.

Urban, J., Bednářová, E., Plichta, R., Gryc, V., Vavrčík, H., Hacura, J., Fajstavr, M., Kučera, J. 2014. Links between phenology and ecophysiology in a European beech forest. *iForest – Biogeosciences and Forestry*. Brno. 8. 438-447.

Vašků, Z. 1998. *Velký pranostikon*. Academia. Praha. 360 s. ISBN 80-200-0650-8.

8 Seznam obrázků, grafů a tabulek v textu

8.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 Fenologické stanice ČHMÚ, (ČHMÚ, 2017)	7
--	---

8.2 Seznam grafů

Graf 1 Průměrná roční teplota vzduchu na sledovaných stanicích	22
Graf 2 Sumy srážek na sledovaných stanicích a průběh jejich lineární závislosti.....	22
Graf 3 Nástup fenofází na fenologických stanicích dle jejich nadmořské výšky	23
Graf 4 Odchytky v nástupu dne fenofáze na stanici Lednice	24
Graf 5 Odchytky v nástupu dne fenofáze na stanici Vlašim.....	25
Graf 6 Odchytky v nástupu dne fenofáze na stanici Příkosice	25
Graf 7 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Lednice	26
Graf 8 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Vlašim.....	27
Graf 9 Suma efektivní teploty před nástupem fenofáze na stanici Příkosice	27
Graf 10 Závislost dne nástupu fenofáze na sumě efektivní teploty – fáze butonizace.....	28
Graf 11 Závislost dne nástupu fenofáze na sumě efektivní teploty – fáze poč. kvet. 10 %	29
Graf 12 Závislost dne nástupu fenofáze na sumě efektivní teploty – fáze poč. kvet. 50 %	29
Graf 13 Závislost dne nástupu fenofáze na sumě efektivní teploty – fáze poč. kvet. 100 %	30
Graf 14 Závislost dne nástupu fenofáze na sumě efektivní teploty – fáze konec kvetení	30
Graf 15 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze butonizace	31
Graf 16 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 10 %.....	32
Graf 17 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 50 %.....	32
Graf 18 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 100 %.....	33
Graf 19 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze konec kvetení	33
Graf 20 Posun dne nástupu fází na stanici Lednice	34
Graf 21 Posun dne nástupu fází na stanici Vlašim	35
Graf 22 Posun dne nástupu fází na stanici Příkosice	35

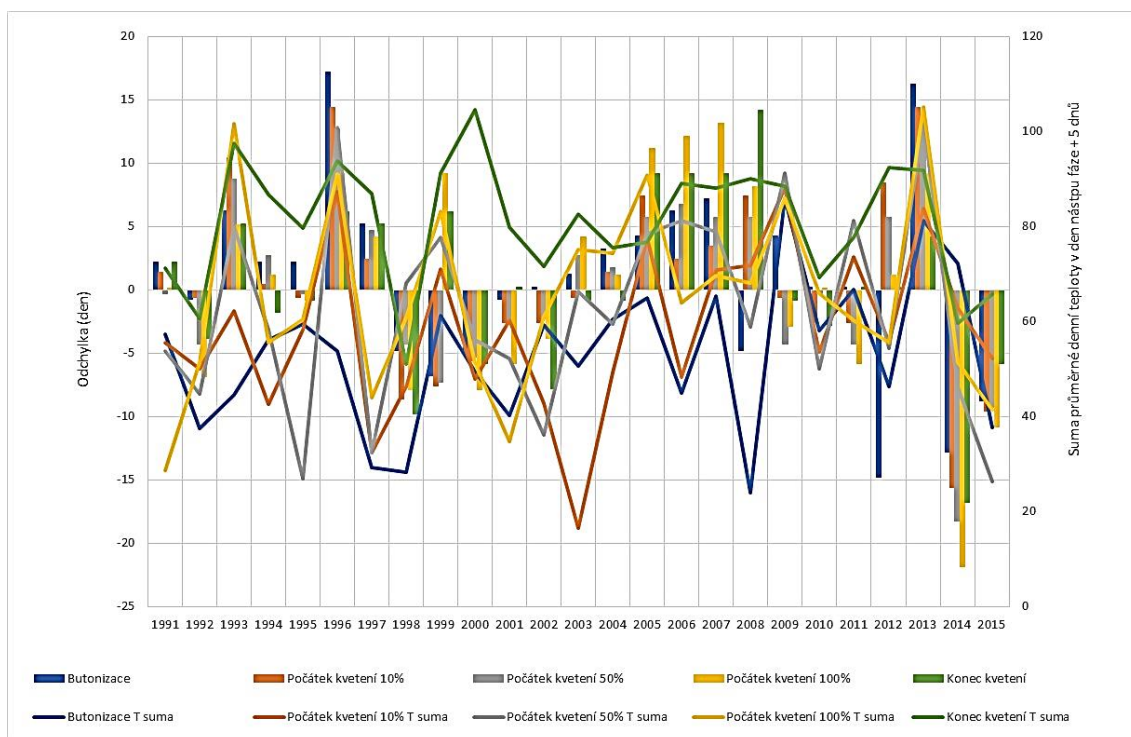
Graf 23 Statistické zpracování nástupu a trvání fenofází	36
Graf 24 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 1991 až 2000	37
Graf 25 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 2001 až 2010	38
Graf 26 Dny nástupů a doby trvání sledovaných fenofází v letech 2011 až 2015	39
Graf 27 Délka trvání sledované fáze butonizace	39
Graf 28 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 10 %	40
Graf 29 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 50 %	40
Graf 30 Délka trvání sledované fáze počátek kvetení 100 %	41

8.3 Seznam tabulek

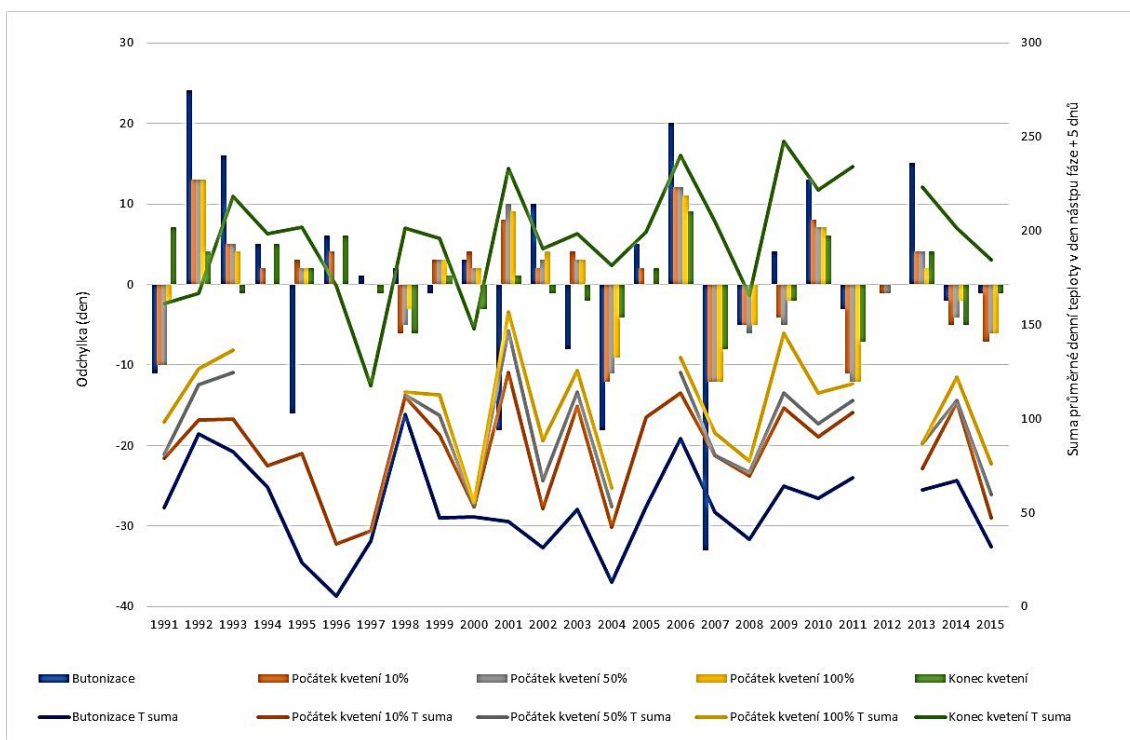
Tabulka 1 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Lednice.....	42
Tabulka 2 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Vlašim	42
Tabulka 3 Statistické zpracování dnů nástupů fází stanice Příkosice.....	43
Tabulka 4 Hodnoty spolehlivosti nástupu fenofází	43

9 Samostatné přílohy

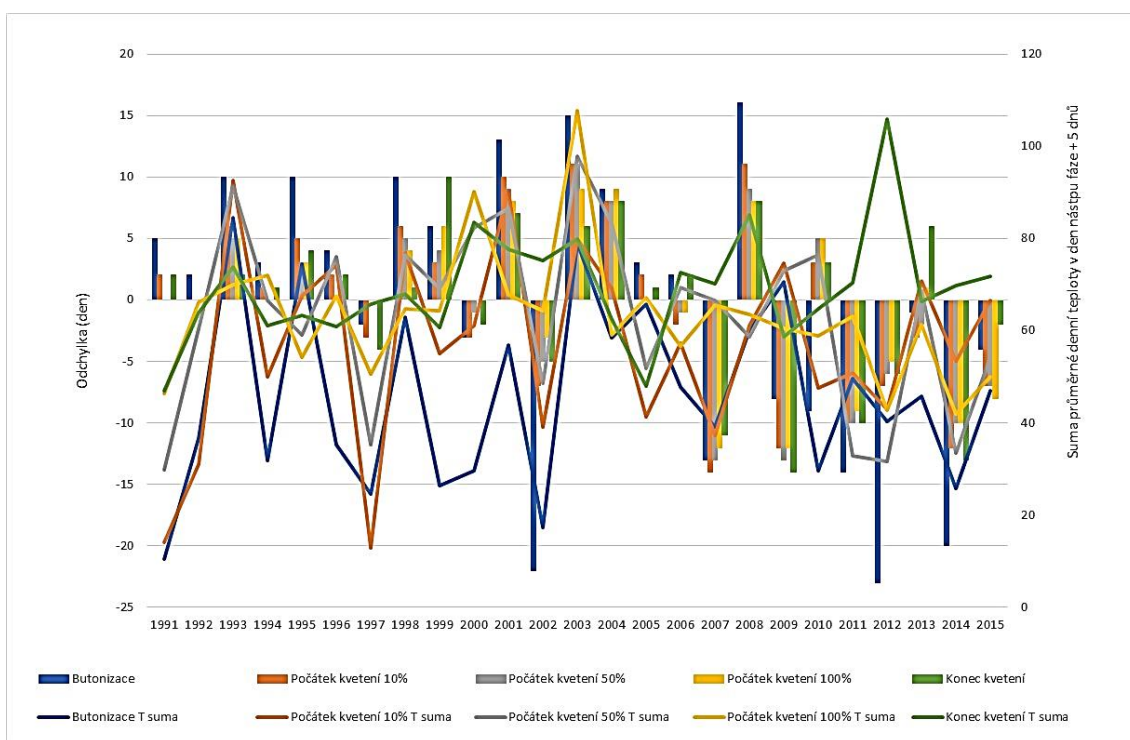
V následujících grafech jsou prezentována zpracovaná data variability nástupu jednotlivých sledovaných fenofází na třech sledovaných stanicích společně se sumou průměrné denní teploty v den nástupu fenologické fáze a pěti kalendářních dnů této fázi předcházející.



Příloha 1 Stanice Lednice.



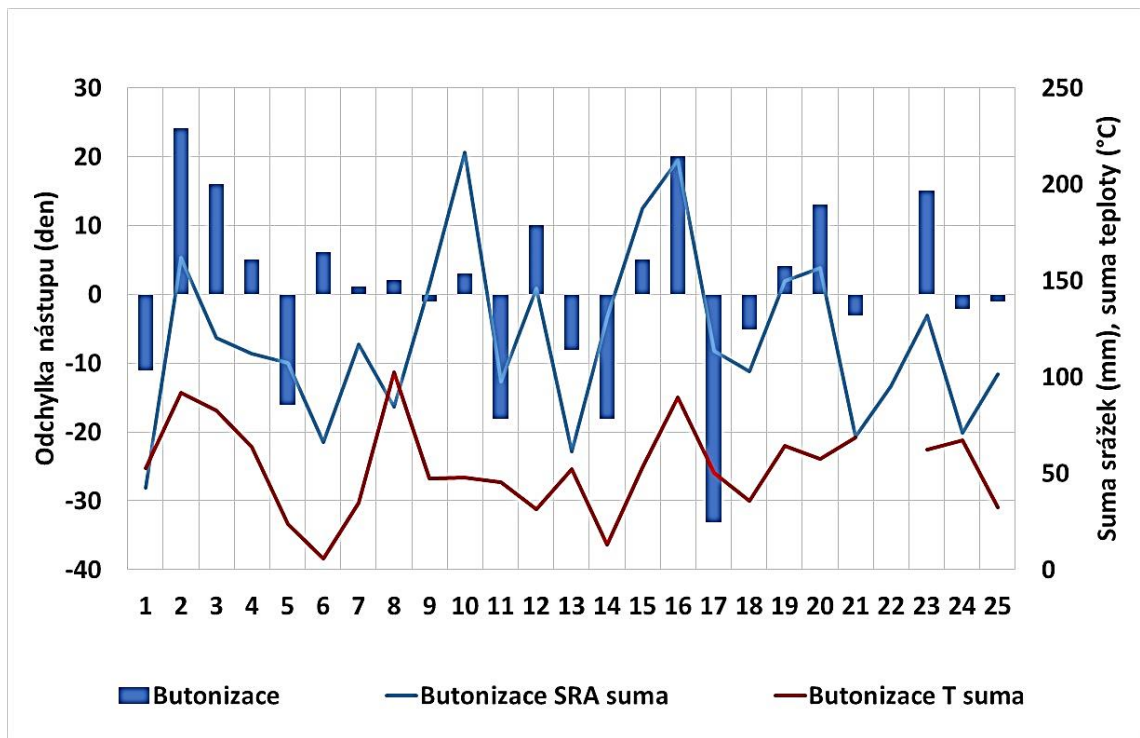
Příloha 2 Stanice Vlašim.



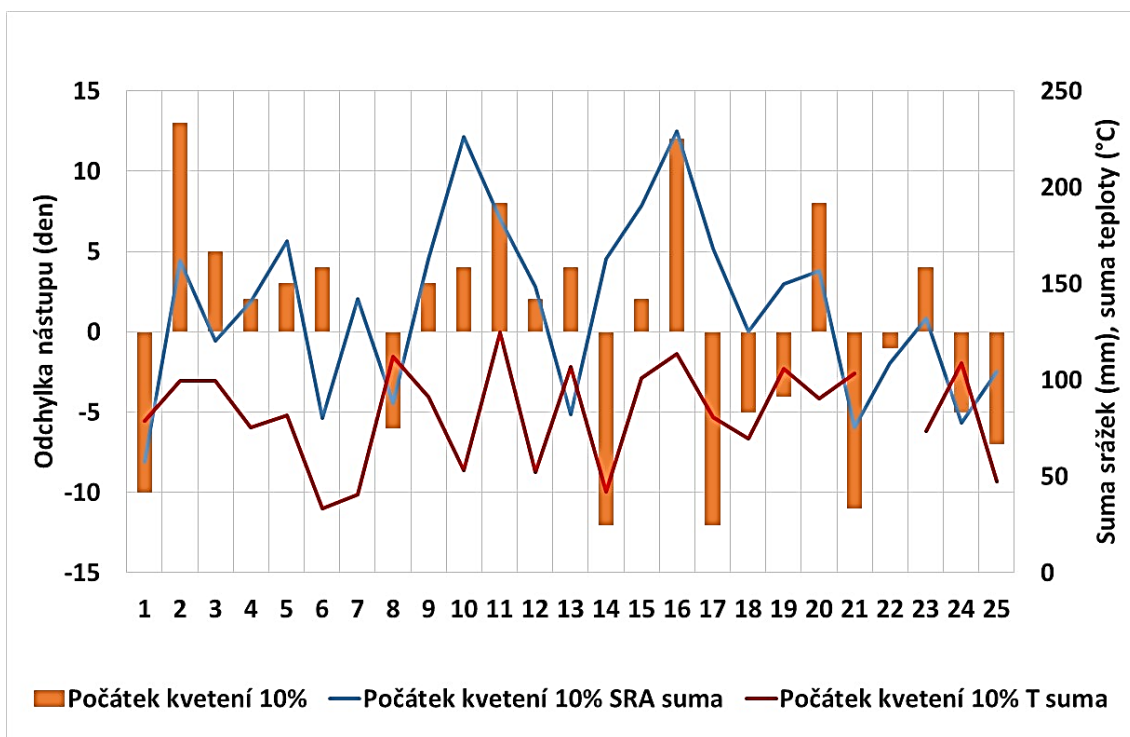
Příloha 3 Stanice Příkosice

Dále jsou přiloženy grafy znázorňující průběh odchylek jednotlivých fází od dlouhodobého průměru ve dnech a na k nim příslušná suma efektivní teploty a suma srážek. V příloze jsou z důvodu velikosti uvedena data znázorňující stanice Vlašim a Příkosice, stanice Lednice je uvedena v hlavní části práci.

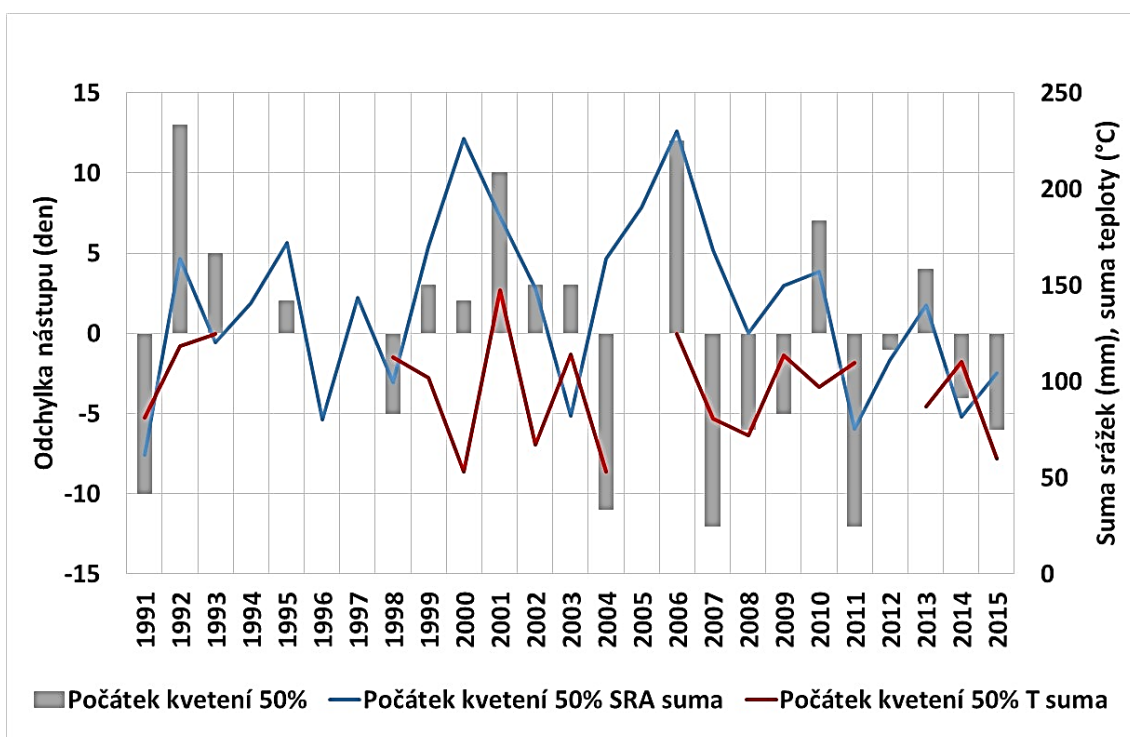
Přílohy 4–8 stanice Vlašim, přílohy 9–13 stanice Příkosice.



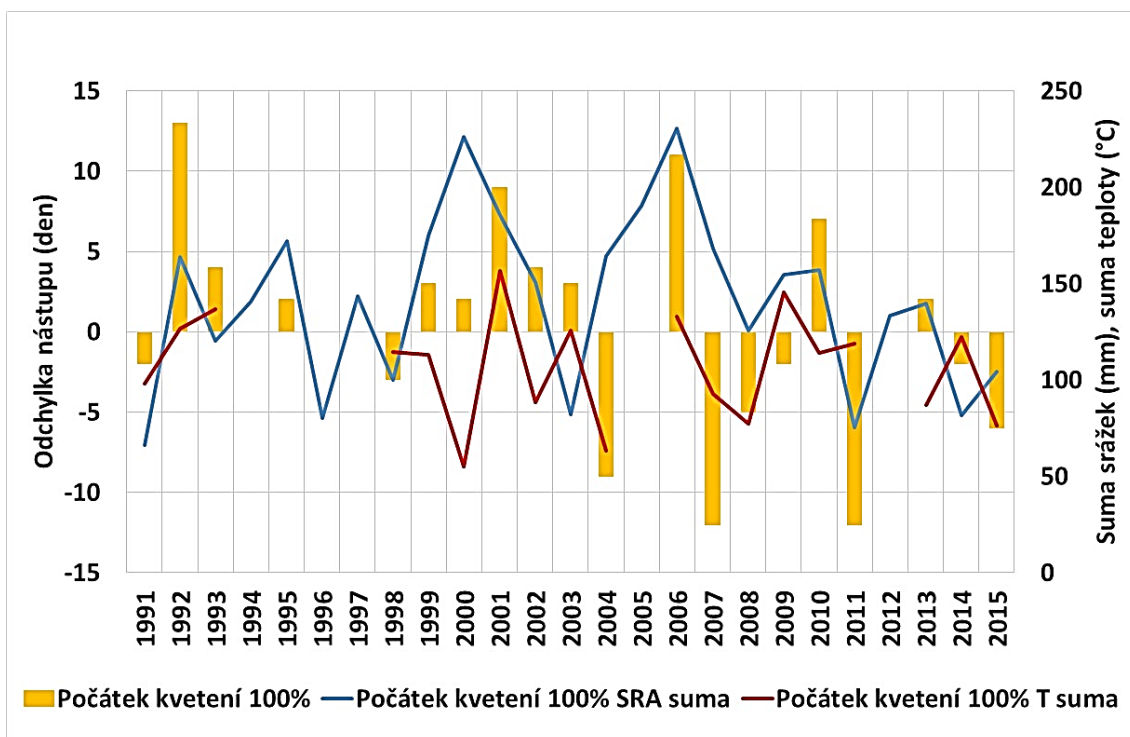
Příloha 4 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze butonizace



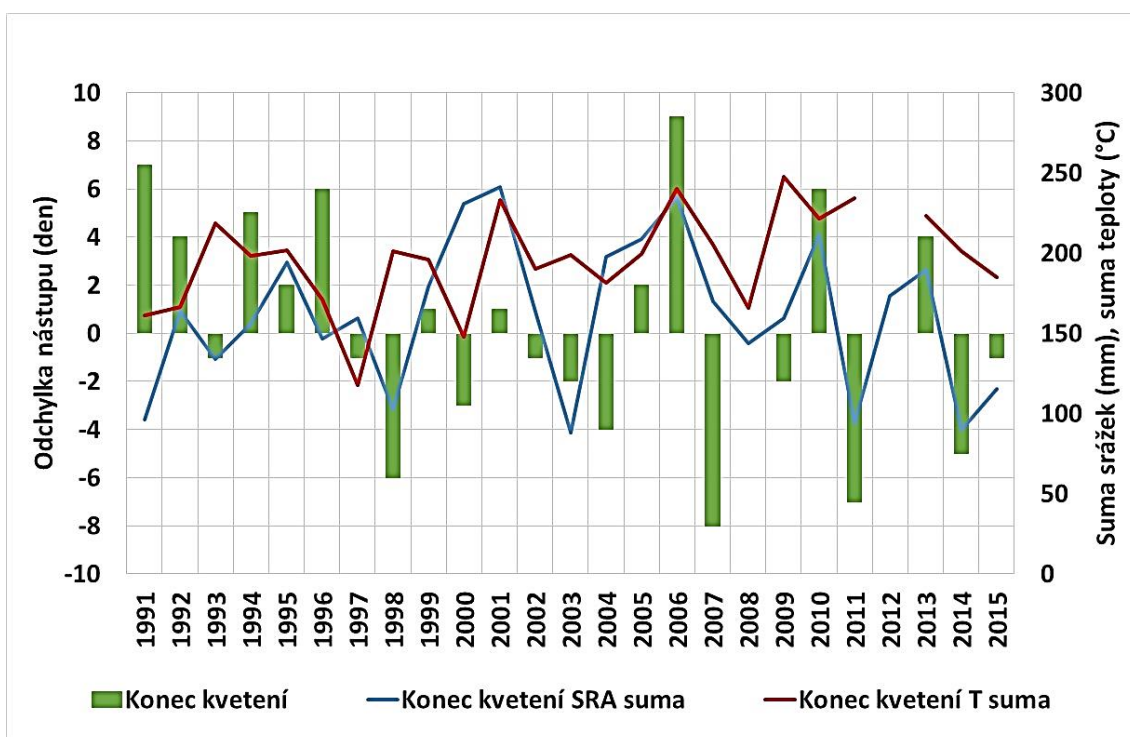
Příloha 5 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 10 %



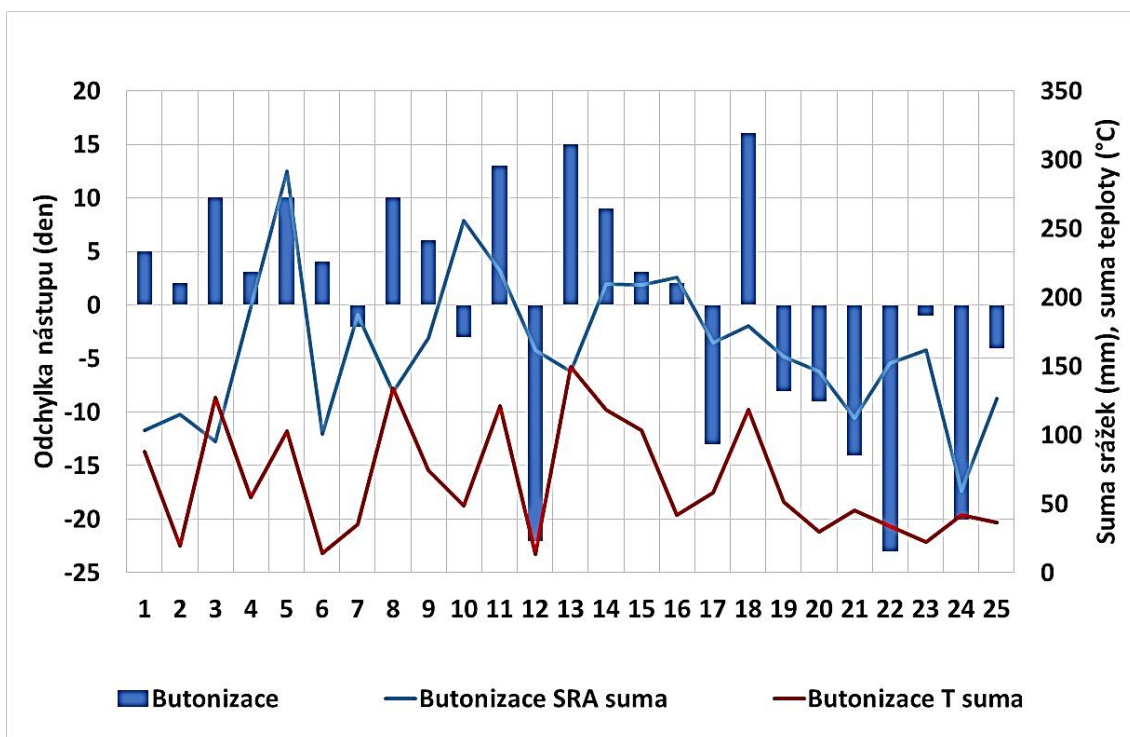
Příloha 6 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 50 %



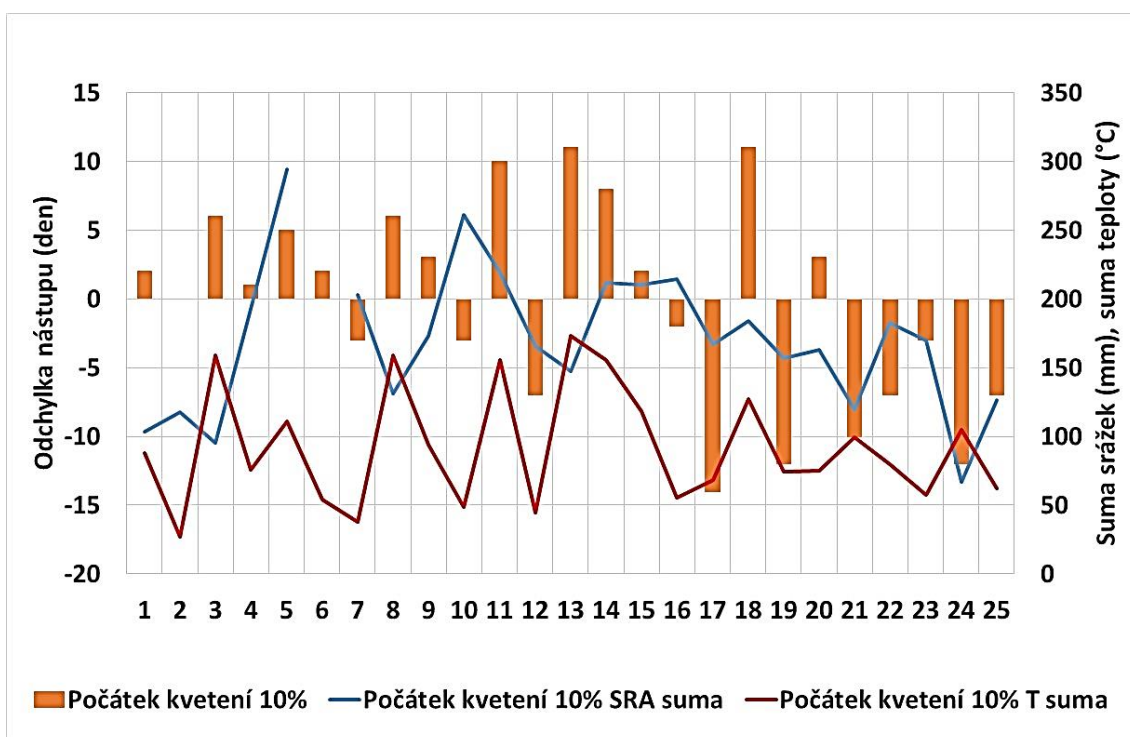
Příloha 7 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 100 %



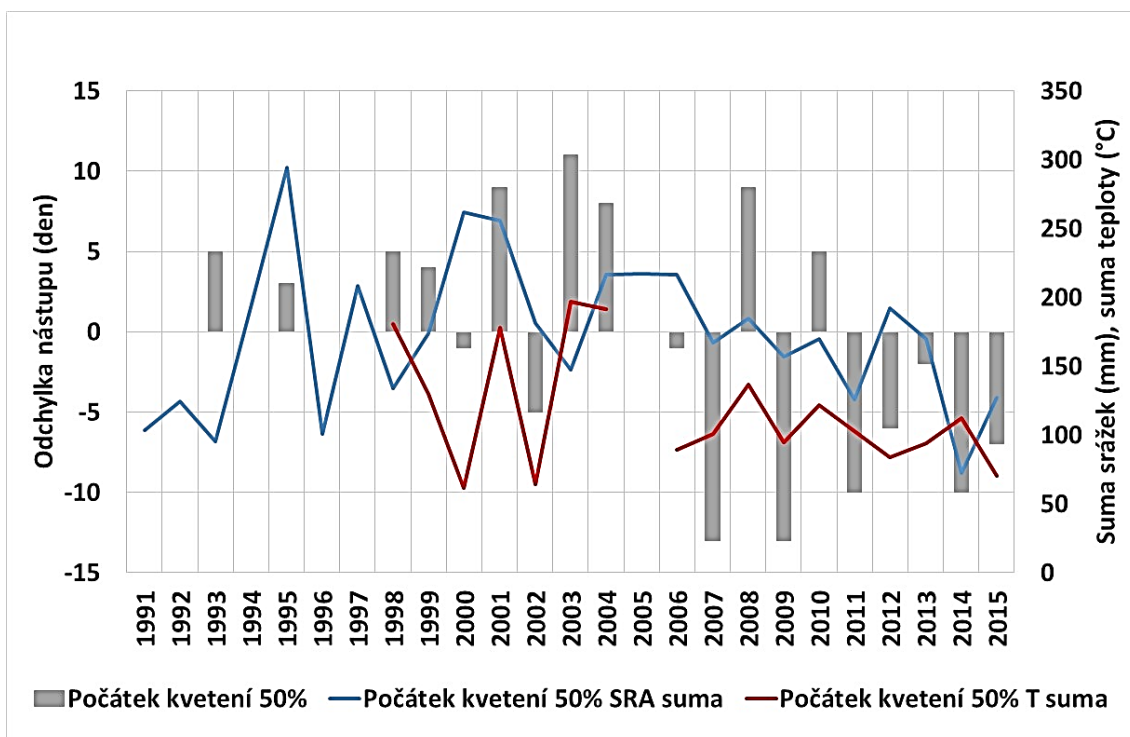
Příloha 8 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze konec kvetení



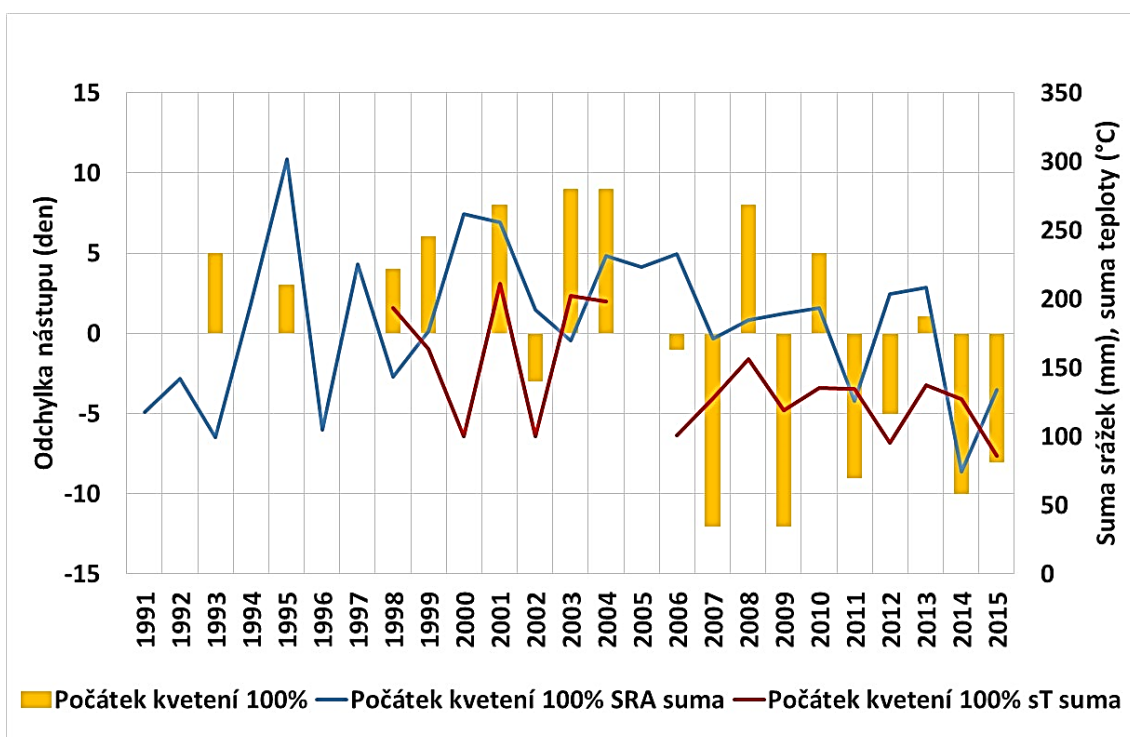
Příloha 9 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze butonizace



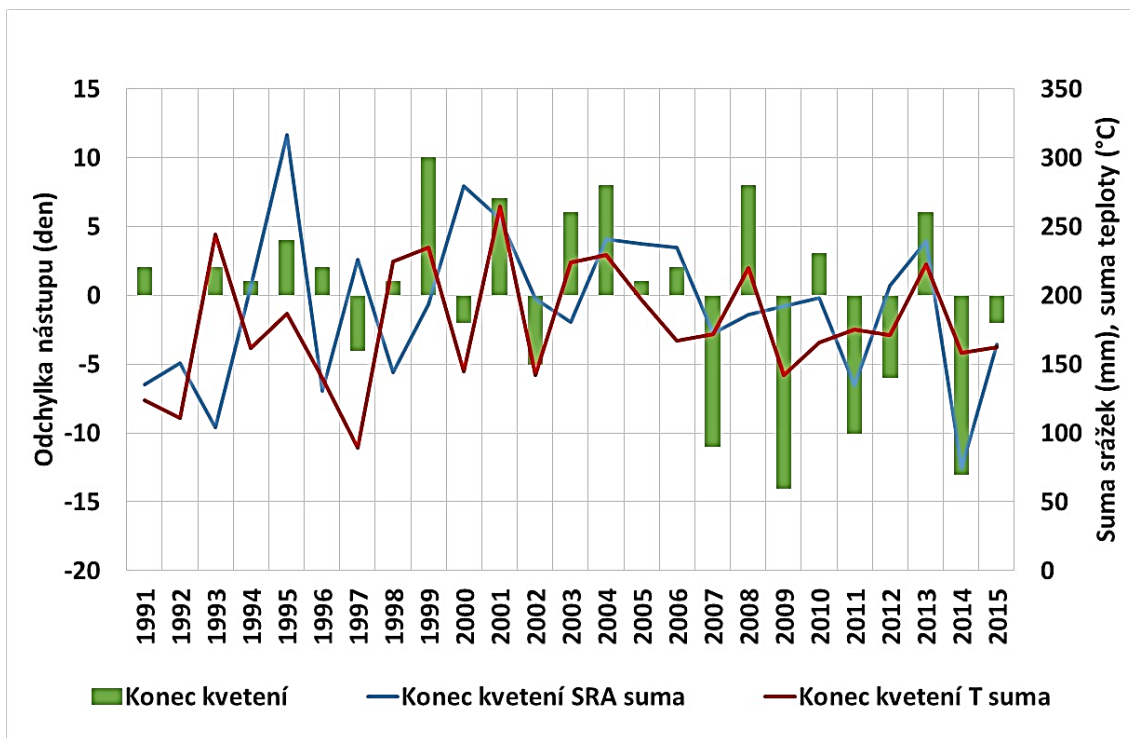
Příloha 10 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 10 %



Příloha 11 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 50 %



Příloha 12 Graf odchylné fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 100 %



Příloha 13 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze konec kvetení

Seznam příloh:

Příloha 1 Stanice Lednice

Příloha 2 Stanice Vlašim

Příloha 3 Stanice Příkosice

Příloha 4 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze butonizace

Příloha 5 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 10 %

Příloha 6 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 50 %

Příloha 7 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 100 %

Příloha 8 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze konec kvetení

Příloha 9 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze butonizace

Příloha 10 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 10 %

Příloha 11 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 50 %

Příloha 12 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze poč. kvet. 100 %

Příloha 13 Záznam odchylek fáze, sumy efekt. teploty a sumy srážek, fáze konec kvetení