VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Hornicko-geologická fakulta
Institut geoinformatiky

ZPRACOVÁNÍ A VIZUALIZACE FENOLOGICKÝCH DAT

bakalářská práce

Autor: Daniel Pražák

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Daniela Szturcová, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut geoinformatiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Daniel Pražák**

Studijní program: B3646 Geodézie a kartografie

Studijní obor: 3646R006 Geoinformatika

Téma: Zpracování a vizualizace fenologických dat
Processing and Visualization of Phenological Data

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je zpracovat data z fenologických stanic pro vybrané druhy rostlin.
1. Proveďte rešerši odborné literatury na dané téma.
2. Seznamte se s pozorováním a sběrem fenologických dat na stanicích ČHMÚ.
3. Vyberte vhodné reprezentanty rostlin pro následné analýzy.
4. Data importujte do prostředí GIS.
5. Analyzujte data pro vybrané rostliny a zjistěte rozdílné nástupy jejich fenologických fází v různých letech.
6. Vhodným způsobem vizualizujte výstupy svých analytických úloh.

Rozsah grafických prací:
dle potřeby

Rozsah původní zprávy:
30 - 40 stran textu

Seznam doporučené odborné literatury:

Coufal, L. a kol.: Fenologický atlas, Nakladatelství ČHMÚ, 2004
ČHMÚ: Návod pro činnost fenologických stanic, Lesní rostliny, Praha 2009
Hájková, L. et al.: Atlas fenologických poměrů Česka, ČHMÚ Praha a UP Olomouc, 2012
Hendl. J.: Přehled statistických metod – zpracování dat. Praha: Portál, 2004
Kol. autorů: Atlas podnebí Česka, UPOL, Praha – Olomouc . 2007
Rapant, P.,: Geoinformační technologie. Ostrava: VŠB- TU. 2005
Slocum A., T. et al.: Thematic Cartography and Geovisualization. 2008.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Daniela Szturcová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014

prof. Ing. Zdeněk Diviš, CSc.
vedoucí institutu

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- *Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.*
- *Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.*
- *Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).*
- *Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- *Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencovaná pod Creative Commons Attttribution- NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/*
- *Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční užití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.*
- *Bylo sjednáno, že užít dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).*

V *Ostravě dne 30. 4. 2014* ……

Daniel Pražák

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucí mé práce RNDr. Daniele Szturcové, PhD. a také RNDr. Pavlu Švecovi, PhD. za jejich rady a čas, který mi věnovali pro řešení dané problematiky.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá zpracováním a vizualizací fenologických dat, které poskytl Český hydrometeorologický ústav pro území České republiky. V úvodní části práce jsou stanoveny cíle a úvod do problematiky, kde jsou popsány a vysvětleny pojmy s tématem související. Dále je také představen výběr tří druhů rostlin, které byly použity pro zpracování. V další části práce následuje popis vstupních dat pro vybrané druhy rostlin a způsob jejich zpracování. Poté už následuje praktická část, které obsahuje výsledné grafy a mapové výstupy, včetně jejich popisu. Závěrečná část práce obsahuje souhrn zjištěných informací vyplývajících z vytvořených výstupů, které vedou ke zjištění rozdílnosti jednotlivých fenologických fází dané rostliny v různých letech.

Klíčová slova: fenologie, fenofáze, stanice, rostliny

Summary

This bachelor thesis deals with the processing and visualization of phenological data provided by the Czech Hydrometeorological Institute for the territory of the Czech Republic. The introductory part of the paper discusses the objectives and provides an introduction, which focuses on and explains terms related to the topic. Furthermore, a selection of three plant species which were used for the processing is introduced. In the following section, there is a description of the input data for the selected plant species and the method of processing. This is followed by a practical section, which contains the resulting graphs and map outputs, including the description of these. The final part contains a summary of the information obtained, resulting from the generated output indicating the diversity of phenological stages of the plants in different years.

Key words: phenology, phenophases, station, plants

Obsah

1 Úvod 1

2 Cíl práce 2

3 Úvod do problematiky fenologie 3

3.1 Fenologické stanice a jejich funkce 3
3.1.1 Obecná charakteristika fenologických stanic 4
3.2 Fenologické fáze lesních dřevin 5
3.2.1 Popis fenologických fází 5

4 Vybrané rostliny 8

4.1 Buk lesní 8
4.2 Dub letní 10
4.3 Bříza bradavičnatá 12

5 Popis použitých a vstupních dat 14

5.1 Fenologická data 14
5.2 Fenologická metadata 16
5.3 Návod pro činnost fenologických stanic 17

6 Popis zpracování dat 18

6.1 Použité programové vybavení 19
6.2 Kontrola vstupních dat 19
6.3 Vytvoření bodové vrstvy 19
6.4 Zpracování fenologických dat 21
6.4.1 Zpracování dat sloužících pro tvorbu grafů 21
6.4.2 Zpracování dat sloužících pro tvorbu map 22
6.4.3 Zpracování dat sloužících pro tvorbu videa 23

7 Interpretace výsledků 25

7.1 Buk lesní 25
7.2 Dub letní 29
7.3 Bříza bradavičnatá 34

8 Závěr 38

Seznam použitých zkratek

České zkratky

BT	Butonizace
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
GIS	Geografický informační systém
KK	Konec kvetení
LX	Plné olistění
MV	Mapový výstup
OL	Opad listů
PF	Počátek fruktifikace
PK	Počátek kvetení
PL	První listy
RA	Rašení
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
ZL	Žloutnutí listů
ZP	Zralost plodů

Cizojazyčné zkratky

JPEG	Joint Photographic Expert Group
MS	Microsoft
PDF	Package Definition File
PNG	Portable Network Graphics
SHP	Shapefile
WGS-84	World Geodetic Systém

1 Úvod

Téma fenologie má na Českém území poměrně dlouhou tradici, jejíž počátky se datují k 18. a 19. století. Mezi první představitele meteorologie, kteří se zajímali o vliv počasí na život rostlin a zvířat patří J. Stepling, A. Strnad a M. A. David. Práce dokazující jejich činnost existují pouze v podobě poznámek připojených k meteorologický zápiskům a pojednáním. K meteorologickým pojednáním byly přidávány dosti podrobné zprávy, které obsahovaly informace o výsledku žní, sklizni ovoce a také o úrodě zemědělských plodin [3].

V dnešní době existuje na území České republiky síť fenologických stanic, které jsou děleny na stanice polní, lesní a ovocné. Na těchto stanicích probíhá sběr dat zá účelem následného zpracování. Z důvodu environmentálních problémů dnešní doby, jako je například globální klimatická změna, nabývá fenologie, jako vědní disciplína stále více na významu. Výsledky fenologického pozorování mohou být využity například při hodnocení vlivu podmínek prostředí na vývoj rostlinných společenstev. Fenologie se pokouší poznat a objasnit vztahy mezi vývojem klimatu a nástupem a trváním fenologických fází [3].

V této bakalářské práci se zabývám třemi druhy rostlin spadajících do kategorie lesních dřevin. Data poskytnutá Českým hydrometeorologickým ústavem zpracuji a analyzuji pro každou rostlinu zvlášť. Na základě zjištěných hodnot z analýzy budu schopný vizualizace s využitím GISu. Jednotlivé výstupy budou mít informační charakter o rozdílnosti nástupu vybrané fenologické fáze.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracování dat z fenologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) pro tři vybrané druhy rostlin. Pro zpracování a následné analýzy byly vybrány rostliny z kategorie lesních dřevin a to: bříza bradavičnatá, buk lesní a dub letní. Důležitým krokem je nalezení vhodné metody vizualizace již zpracovaných dat.

V rámci práce budou řešeny tyto úkoly:

- rešerše odborné literatury na dané téma,
- seznámení se s pozorováním a sběrem fenologických dat na stanicích ČHMÚ,
- výběr tří vhodných druhů rostlin, které budou předmětem zpracování,
- import zpracovaných dat do prostředí GIS,
- analýza zpracovaných dat vybraných druhů rostlin a zjištění rozdílných nástupů jejich fenologických fází v různých letech,
- výběr vhodného způsobu vizualizace výsledků analytických úloh.

3 Úvod do problematiky fenologie

„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 „vyjevuji“ (Krška, 2001). Fenofáze je určitý zevně 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 fenofází.“ [3]

3.1 Fenologické stanice a jejich funkce

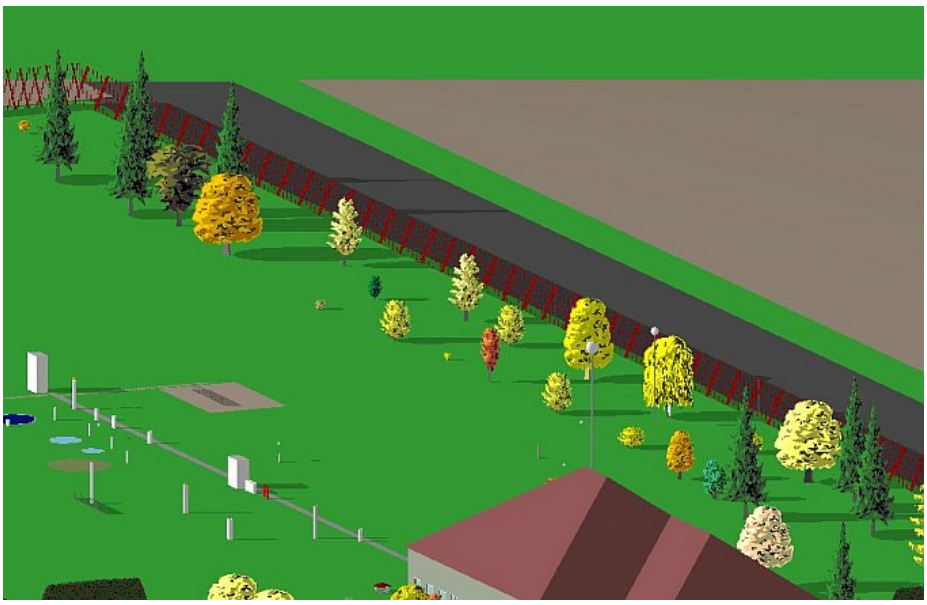
Hlavním úkolem fenologických stanic je pravidelné sledování průběhu vegetace, která je předem zvolena. Zpravidla se jedná o druh kvetoucích rostlin, které se běžně vyskytují na území České republiky. Praktickým cílem činnosti fenologických stanic je co nejpřesněji zjistit a zaznamenat nástupy fenologických fází pro vybrané druhy rostlin. Stanice jsou zřizovány na místech, které jsou botanicky bohaté, z důvodu naplnění konkrétního pozorovacího programu (seznam sledovaných druhů rostlin) [1].

Za kvalitu dat odpovídá osoba působící na dané fenologické stanici, dále pouze pozorovatel. Mezi základní funkce pozorovatele patří zajištění soustavného, úplného a věcného pozorování v předem dohodnutém rozsahu [1].

Kvalita hodnot zaznamenaných na stanicích ČHMÚ je závislá na přesnosti a pravidelnosti pozorování, a dodržování daných pokynů. Zjištěné hodnoty se dále zpracovávají pomocí výpočetních technik. Zjištěné údaje jsou zaznamenány pomocí číselných znaků. Nesprávně zapsané informace způsobí jisté komplikace při zpracování, v horším případě mohou vést k neopravitelným chybám [1].

Z hlediska pozorování se fenologické stanice dělí na lesní, polní a ovocné. Umístění pozorovací stanice je pečlivé vybíráno s ohledem na reprezentaci dané oblasti tak, aby se její lokální podmínky nějakým způsobem nevymykaly charakteru krajiny, například atypické půdní podmínky, mrazová kotlina, sevřené údolí, nebo na jednu světovou stranu orientovaný svah. Další podmínku je existence klimatické stanice, která se nachází v blízkosti pozorovací stanice. Lesní stanice mají další omezující podmínky, jako je například dostatečná vzdálenost od zástavby, musí být mimo dosah těžební, průmyslové či zemědělské činnosti.

Dále také musí obsahovat jeden typ makroreliéfu a pouze jeden typ rostlinného společenstva. U každé stanice je vybráno přibližně 15 reprezentativních ploch, na kterých se provádí měření [1].



Obrázek 1: Model observatoře v Doksanech [2]

Na obrázku č. 1 je model observatoře v Doksanech. Jedná se o projekt celoročního snímání fenologických fází lesních dřevin kamerou. Kamera je propojena stabilně s počítačem v observatoři. Díky speciálnímu programu je možné přes počítač kameru spravovat, a také v předem zvoleném čase snímat vybrané druhy rostlin [2].

3.1.1 Obecná charakteristika fenologických stanic

Jedná se o soubor doplňkových údajů, které nám dávají informaci o faktorech prostředí a vlastnostech rostlin. Například vlastnosti, které mohou ovlivňovat rychlost nástupu jednotlivých fenofází, proto je nutné s nimi při vyhodnocování počítat.

Objektivně se doplňkové údaje vztahují buď na celou oblast působnosti stanice (indikativ, geomorfologická jednotka, klimatická oblast, fytogeografický okres, rekonstrukční biom), na jednotlivou lokalitu (nadmořská výška, biom, makroreliéf, geologický substrát) nebo na fenologický pokus v jejím rámci (mikroreliéf, orientace, sklonitost, poloha na spádnici, osvětlení, vlhkostní poměry, počáteční věk, bližší

taxonomická charakteristika sledovaných rostlin, fytocenologická charakteristika). Z formálních důvodů jsou mezi doplňkové údaje zařazeny rovněž určité informace organizačního charakteru (stupeň právní ochrany lokalit, název stanice, název a umístění lokality, pokusná série, rok zahájení a ukončení pokusu) [1].

Doplňkové údaje vztahující se na celou oblast působnosti stanice určuje dle interních pokynů přidělený pracovník ČHMÚ. Určení zbývajících údajů již zajišťuje pozorovatel.

3.2 Fenologické fáze lesních dřevin

Fenologickou fází se rozumí dobře rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev orgánů vývoje sledovaných rostlin. Jedná se především o projev listů, pupenů a květenství určité rostliny. Každou fenologickou fázi ve vývinu rostliny dokážeme popsat pomocí jistých znaků, jejichž výskyt charakterizuje danou fázi a umožňuje ji rozpoznat jako úsek v procesu vývinu rostliny. Časový údaj, který je vyjádřen kalendářním datem, nebo pořadím dnu v roce představuje nástup fenofáze. Určuje tedy, kdy vývin dospěl do popisem dané úrovně. Obecně se ve fonologii rozlišují až tři úrovně nástupu fenofází (10, 50, 100%) [1].

3.2.1 Popis fenologických fází

Na lesních stanicích se sleduje 24 druhů dřevin a 21 druhů bylin, u kterých se pozorují následující fenofáze.

1) **Rašení (RA)** – fáze rašení se pozoruje téměř u všech dřevin. Ve fázi rašení dochází k částečnému rozevření obalných šupin, díky tomu jsou vidět špičky jehlic nebo listů. Jako nástup fenofáze se považuje den, ve kterém počet terminálních pupenů dospěl do daného stavu a překročil hranici 10% z celkového počtu těchto pupenů [1].
2) **První listy (PL)** – tato fáze se pozoruje u všech druhů dřevin. Z koncových pupenů jsou vyrostlé listy, které jsou částečně rozvinuté. U složených listů jsou vidět všechny lístky, u jednoduchých listů je vidět listové žebro. Pozorují se tři stupně této fáze (10, 50, 100%) [1], [3].

3) **Plné olistění (LX)** – čepele listů na stromě jsou již plně rozvinuté, u složených listů jsou rozvinuty všechny lístky. V této fázi už je zřetelný způsob, jakým dosedá list na větévku. Tvar a velikost listu odpovídá dospělosti [1].

4) **Butonizace (BT)** – v této fázi začíná být vidět dosud nedorostlá květenství s uzavřenými poupaty. U buku, dubu a některých jehličnanů je pozorování vykonáváno pouze na samčím květenství [1], [3].

5) **Počátek kvetení (PK)** – tato fáze je sledována u všech dřevin. Květy jsou rozevřené, prašníky viditelné. Některé prašníky se začínají otevírat a uvolňovat pyl. Jsou zaznamenávány tři úrovně nástupu této fáze (10, 50, 100%) [1].

6) **Konec kvetení (KK)** – s výjimkou pestíku zasychají a opadávají všechny části květu [3].

7) **Tvorba pupenů** – u této fáze jsou nově vyrostlé rozpoznatelné pupeny – kuželovité, elipsoidní s charakteristicky uspořádanými krycími šupinami. Jsou pozorovány v paždí listů. Zaznamenává se pouze nástup fáze 10% [1].

8) **Počátek fruktifikace (PF)** – v této fázi se začínají nalévat semeníky. Dále již začíná být patrný charakteristický tvar plodu, který se začíná vyvíjet [3].

9) **Janské výhony** – za nástup této fáze je považován stav, kdy délka jednotlivých janských výhonků dosahuje cca 3-5 cm [1].

10) **Dřevnatění výhonů** – tato fáze se pozoruje téměř u všech druhů dřevin, výjimku tvoří některé jehličnany. Stav kdy ve spodní části začal dřevnatět výhon, ztrácet svou pružnost a ohebnost. Na jeho povrchu se začala vyvíjet kůra [3].

11) **Žloutnutí listů** – u této fáze jsou pozorovány dva stupně nástupu, 10% ze všech listů má své jedinečné podzimní zbarvení, a fáze kdy 100% listů je zbarveno, listy už také začínají opadávat. Vliv choroby nebo poškození, díky kterému dochází ke zbarvování listů, se do této fáze nezahrnuje [3].

12) **Opad listů** – u této fáze jsou pozorovány dva stupně nástupu (10 a 100%). Fáze je pozorována u všech druhů dřevin, kromě některých jehličnanů [3].

13) **Zralost plodů** – v této fázi už jsou plody dorostlé do konečné velikosti. Mohou být buď měkké (bobule, peckovice), nebo tvrdé (oříšek, obilka). V mnoha případech ochmýřené nažky začínají být unášeny větrem [3].

14) **Otavoseč** – tato fáze se uvádí pro trvalé louky v blízkosti fenologické stanice. Zaznamenává se pouze fáze 10% [1].

4 Vybrané rostliny

Tato kapitola se věnuje podrobnému popisu tří rostlin, které byly vybrány pro následné analýzy a vizualizaci. Český hydrometeorologický ústav poskytl data pro 10 druhů rostlin (smrk, modřín, třešeň ptačí, bez černý, buk lesní, dub letní, jeřáb, javor klen, líska, bříza bradavičnatá). Hlavním kritériem výběru níže uvedených druhů rostlin byla úplnost dat, nikoli sympatie. Podmínka úplnosti dat nebyla zajištěna ani u jedné z rostlin, proto byly vybrány tři rostliny, které měly chybějících hodnot nejméně.

4.1 Buk lesní

Tabulka 1: Vědecká klasifikace buku lesního [4]

Vědecká klasifikace	
Říše	rostliny
Podříše	cévnaté rostliny
Oddělení	krytosemenné
Třída	vyšší dvouděložné
Řád	bukotvaré
Čeleď	bukovité
Rod	buk
Binomické jméno	FAGUS sylvatica L.

Charakteristickým rysem buku lesního je jeho hladká kůra, která je především na kmeni a starších větvích světle šedá, u mladších větví je barva často rezavě hnědá. Dosahuje výšky kolem 35 až 45 m a průměru kmene 1,5 m. Dožívá se maximálně věku 200-400 let. Díky kořenovému systému, který je také označován jako srdčitý, je buk velmi dobře zakotven v půdě. Pupeny jsou rezavě zbarvené, úzce vřetenovité a na vrcholu špičaté. Listy jsou krátce řapíkaté, celistvé, eliptické, nepravidelně laločnaté (téměř celokrajné), na konci špičaté a pýřité. Samčí i samičí květy jsou poměrně nenápadné. Samčí květy jsou uspořádané v dlouze stopkatých převislých svazcích. Samičí květy jsou zelené, řídce červenohnědě plstnaté. Mezi 20. až 40. rokem se stává buk plodným, plodná období přicházejí nepravidelně ve víceletých intervalech (5-10 let). Plody jsou trojboké a lesklé, velikostí cca 1cm. Buk vyžaduje dostatečné množství srážek, především v období letních měsíců má střední nároky na vlahu v půdě. Snese také velké zastínění [3].

Buk lesní je převládající dřevinou jedlových a horských bučin. V současné době roste v České republice na 7% lesní pudy, jeho podíl dále narůstá. Často je součástí druhotných smíšených lesů, kde je pěstován jako produkční dřevina. Buk je označován jako naše nejdůležitější listnatá hospodářská dřevina. Má těžké pevné dřevo, které se snadno upravuje a štípe. Z bukového dřeva se vyrábějí například pražce a nábytek, díky vysoké výhřevnosti se z něho také vyrábí dřevěné uhlí [3], [5].

V síti lesních fenologický stanic Českého hydrometeorologického ústavu je buk lesní pozorován na všech stanicích ležících v nadmořské výšce od 165 do 1 102 m. Podle metodiky ČHMÚ jsou v rámci fenologického pozorování buku lesního sledovány následující fáze: rašení (10%), první listy (10, 50, 100%), plné olistění (100%), butonizace (10%), počátek kvetení (10, 50, 100%), konec kvetení (100%), tvorba pupenů (10%), počátek fruktifikace (10%), dřevnatění výhonů (10%), žloutnutí listů (10, 100%), opad listů (10, 100%) a zralost plodů (10%) [3].

Obrázek 2: List buku lesního [7]

4.2 Dub letní

Tabulka 2: Vědecká klasifikace dubu letního [8]

Vědecká klasifikace	
Říše	rostliny
Podříše	cévnaté rostliny
Oddělení	krytosemenné
Třída	vyšší dvouděložné
Řád	bukotvaré
Čeleď	bukovité
Rod	dub
Binomické jméno	QUERCUS robur L.

Dub letní je statný strom dorůstající až do výšky 40 m, průměr kmene buku bývá až 1,5 m. Má mohutné a hluboké kořeny, obecně patří k našim nejmohutnějším dřevinám. K jeho charakteristickým rysům patří nepravidelná koruna a silný kulový kořen, díky kterému nedochází k vývratům. Jeho kůra je silná, s velmi hojnými kratšími brázdami. Listy dubu jsou obvejčité, celokrajné, hluboce laločnaté, s velmi krátkým řapíkem, na bázi srdčité. Dub letní je jednodomou rostlinou, samičí květy jsou uspořádány v nenápadných drobných klubíčkách, květy samčí jsou uspořádány do řídkých jehněd. Plodem je nažka, známá jako žalud, který je ponořený v horní části mělce v číšce vyrůstající na dlouhé stopce [3].

V České republice se dub letní vyskytuje na většině území, nejvíce však v nížinných lužních lesích a pahorkatinových doubravách. Roste tedy zejména v teplých oblastech, v chladných oblastech bývá obvykle jen vysazován, je citlivý k pozdním mrazům. Podíl výskytu dubu na lesních půdách v ČR je 6% a stále se navyšuje. Z lesnického hlediska se jedná o velice významnou dřevinu, díky tvrdému a velmi pevnému dřevu, které najde své uplatnění například v lodním stavitelství, výrobě sudů a také samozřejmě v truhlářství, při výrobě nábytku. Dále je využita i jeho kůra, která se používá k výrobě třísla na zpracování kůží. Velký význam měly také žaludy, které sloužily jako krmivo pro prasata. Dub letní je pěstován v několika kultivarech, lišících se tvarem či barvou listů, nebo také tvarem koruny. Je významnou sadovou a parkovou dřevinou [3].

V síti lesních fenologický stanic Českého hydrometeorologického ústavu je dub letní pozorován na všech stanicí ležících v nadmořské výšce od 155 do 830 m. Podle

metodiky ČHMÚ jsou v rámci fenologického pozorování dubu letního pozorovány následující fáze: rašení (10%), první listy (10, 50, 100%), plné olistění (100%), butonizace (10%), počátek kvetení (10, 50, 100%), konec kvetení (100%), tvorba pupenů (10%), počátek fruktifikace (10%), janské výhony (10%), dřevnatění výhonu (10%), žloutnutí listů (10, 100%), opad listů (10, 100%), zralost plodů (10%) [3].

Obrázek 3: Listy dubu letního [9]

Obrázek 4: Žaludy dubu letního [9]

4.3 Bříza bradavičnatá

Tabulka 3: Vědecká klasifikace břízy bradavičnaté [10]

Vědecká klasifikace	
Říše	rostliny
Podříše	cévnaté rostliny
Oddělení	krytosemenné
Třída	vyšší dvouděložné
Řád	bukotvaré
Čeleď	břízovité
Rod	bříza
Binomické jméno	BETULA pendula Roth.

Bříza bradavičnatá patří k nejznámějším stromům u nás. Charakteristickým rysem břízy je její nezaměnitelný vzhled, který je dán především bílou kůru, v tenkých plátcích odlupující se, s hojnými lenticelami. Dorůstá do výšky maximálně 30 m, průměr kmene bývá kolem 75 cm. Bříza se dožívá až 150 let, plodná začíná byt mezi 10. a 15. rokem. Větve jsou téměř ve všech případech převislé. Mladší větve mají zpravidla leskle hnědou, bradavičnatou kůru, bělat začíná s vyšším věkem, kdy se začíná také odlupovat. Listy břízy bývají dlouhé 4-6 cm, trojúhelníkovité, zaoblené, s dvakrát pilovými okraji. V jehnědách jsou uspořádány květy. Samičí jehnědy jsou zelené, dlouhé 1-2 cm, zpočátku vzpřímené. Samčí jehnědy jsou hnědé a převislé, dlouhé 3-6 cm, mají 2-3 tyčinky, jejichž prašníky produkují velké množství pylu. Plodem je nážka o velikosti 2 mm [3], [11].

Bříza bradavičnatá je rozšířená téměř na celém území České republiky. Jako příměs se nachází ve všech typech lesních porostů, rašeliništích a na nově obsazovaných vegetacích. Její výskyt tvoří 3% podílu lesní půdy. Oblíbená místa výskytu jsou například kraje lesů a pastviny. Je to dřevina světlomilná, v zástinu brzy umírá. Její náročnost na půdu není nikterak velká, přizpůsobí se nejrůznějším podkladům. Dřevo břízy bradavičnaté má dobré akustické vlastnosti, výbornou hořlavost a také je využito při tvorbě překližky. Své uplatnění najde tak ve farmacii, kde z kůry a listů jsou získávány účinné léčivé látky [3], [11].

V síti lesních fenologický stanic Českého hydrometeorologického ústavu je bříza bradavičnatá sledována na všech stanicích ležících v nadmořské výšce od 155 - 1 102 m. Podle metodiky ČHMÚ jsou v rámci fenologického pozorování břízy bradavičnaté

pozorovány následující fáze: rašení (10%), první listy (10, 50, 100%), plné olistění (100%), butonizace (10%), počátek kvetení (10, 50, 100%), konec kvetení (100%), tvorba pupenů (10%), dřevnatění výhonů (10%), žloutnutí listů (10, 100%), opad listů (10, 100%) a zralost plodů (10, 100%) [3].

Obrázek 5: Samičí jehněda břízy bradavičnaté [12]

Obrázek 6: List břízy bradavičnaté [6]

5 Popis použitých a vstupních dat

Tato kapitola je věnována podrobnému popisu vstupních dat, která poskytl Český hydrometeorologický ústav. Vstupní data byla ve formě excelových tabulek. Každá z tabulek obsahuje množství informací, které například popisují umístění fenologických stanic na území České republiky, a dále také jednotlivé rostliny, které jsou předmětem fenologického pozorování. Další součástí přílohy, kterou ČHMÚ poskytl, byly textové dokumenty obsahující ukázky fenologického pozorování a podrobný návod.

Fenologická data a návod z ČHMÚ

1. VSB_fenodata.xls
2. VSB_fenoMetadata.xls
3. Navod_Lesni_fenologie.doc

5.1 Fenologická data

Jedná se o primární vstupní data, která byla poskytnuta ve formátu excelové tabulky VSB_fenodata.xls. Tato tabulka obsahovala poskytnuté rostliny, které byly předmětem fenologického pozorování na území České republiky.

Rostliny, které ČHMÚ poskytl:

- Modřín
- Třešeň ptačí
- Bez černý
- Buk lesní
- Dub letní
- Jeřáb
- Javor klen
- Líska
- Smrk
- Bříza bradavičnatá

Pro každou z výše uvedených rostlin byl v tabulce Excelu vyhrazen nový list. Každý list byl logicky uspořádán do řádků a sloupců. Jednotlivé sloupce obsahovaly atributy dané rostliny, v tomto případě nástup fenologické fáze, dále pak rok pozorování a identifikátor fenologické stanice. Sloupce reprezentující fenologické fáze byly vyjádřeny zkratkami např.: RA – rašení, LX – plné olistění apod.

Tabulka 4: Ukázka fenologických dat břízy bradavičnaté

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	indikativ	rok	RA	LX	BT	KK	ZP10	ZL10	OL100
7	B1KRAK31	1996	109	125	107	124	269	257	303
26	B1RADE31	1996	108	127	124	144	271	240	304
45	B2BREZ31	1996	111	123	119	130	213	267	319
64	B2CRUD31	1996	112	128	112	125	235	265	307
83	B2LEDN31	1996	101	130	105	126	279	282	323
103	B2STAR31	1996	112	126	115	124	242	273	318
120	C1CIZO31	1996	110	145	104	124	207	265	312
132	C1FHUT31	1996	113	147	142	160	235	239	265
148	C2BRLO31	1996	126	161	55	98	222	279	308
166	C2NEMY31	1996	126	130	109	125	340	281	301
183	H1MACH31	1996	115	141	124	155	233	276	308
202	H1SVOB31	1996	115	145	108	128	232	253	301
221	H2BELE31	1996	111	124	113	125	346	247	278
239	H2HORR31	1996	119	142	117	131	248	276	307
258	H3SVRA31	1996	113	133	118	139	215	267	288
277	H4CHLU31	1996	95	132	108	136	255	260	303

Ve výše uvedené tabulce č. 4 je zachycena ukázka vstupních dat pro břízu bradavičnatou. Levý sloupec s atributem indikativ obsahuje osmimístný, jednoznačně identifikovatelný kód fenologické stanice. Další sloupec obsahuje atribut rok, který nabývá hodnot 1991-2010, tedy 20 let ve kterých probíhalo fenologické pozorování, pro ukázku je vyselektován rok 1996. V dalších sloupcích jsou zobrazeny pod zkratkou fenologické fáze obsahující číselnou hodnotu. Tato hodnota vyjadřuje nástup dané fenologické fáze. Je tvořena dvojciferným, nebo trojciferným číslem, které značí pořadí dnu v roce.

Jelikož tato fenologická data jsou výsledkem pozorovatele, tedy osoby, která sleduje fenologické fáze daných rostlin na jedné z pozorovacích stanic, mohou se objevit různé druhy chyb. Jedná se především o chybějící hodnoty, ale také byly zaznamenány případy, kdy hodnota dané fáze evidentně neseděla do časové posloupnosti fenologických fází určité rostliny. Postup řešení těchto problémů je popsán detailněji v kapitole č. 6.

5.2 Fenologická metadata

Fenologická metadata, jinými slovy doplňková data, tvoří další důležitou část vstupních dat. Jedná se o data, která byla také poskytnuta v podobě Excelové tabulky.

V této tabulce jsou obsaženy všechny fenologické stanice, které mají atributy: indikativ, název, zeměpisná šířka a zeměpisná délka. Jedná se tedy především o údaje určující zeměpisnou polohu stanic.

Další částí tvořící fenologická metada jsou nadmořské výšky. U každé fenologické stanice je vypsán seznam rostlin, které jsou předmětem pozorování. Každá z těchto rostlin obsahuje nadmořskou výšku vyjádřenou v intervalu, prakticky se jedná o výšku nejníže a nejvýše položeného místa v rámci dané lokality. Nadmořská výška je stanovena s přesností na 10 metrů, podle vrstevnicové mapy.

Tabulka 5: Ukázka fenologických metadat

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**nadmořská výška**								
2		L1PLZB31		L2PRIK31		L2ZBIR31		L3PERN31	
3		od	do	od	do	od	do	od	do
4	Smrk ztepilý	328	328	488	492	500	520	810	820
5	Modřín opadavý	328	329	540	548	480	490	810	820
6	Třešeň ptačí	330	331	540	548	500	520	-	-
7	Jeřáb ptačí	328	329	540	548	500	520	810	820
8	Líska obecná	322	322	540	548	400	430	-	-
9	Bříza bradavičnatá	328	329	540	548	510	520	810	820
10	Buk lesní	335	335	540	548	500	520	810	820
11	Dub letní	328	329	540	548	500	520	-	-
12	Javor klen	331	332	540	548	460	500	810	820
13	Bez černý	328	329	520	520	500	520	-	-

Ve výše uvedené tabulce č. 5 jsou zobrazeny čtyři fenologické stanice, vyjádřené osmimístným identifikačním kódem. Jedná se o stanice Zbiroh, Pernink, Příkosice a Plzeň, Bolevec ležící na Plzeňsku. V levé části tabulky je vypsán seznam rostlin, které jsou předmětem pozorování na jednotlivých stanicích a k nim přidělena minimální a maximální nadmořská výška.

5.3 Návod pro činnost fenologických stanic

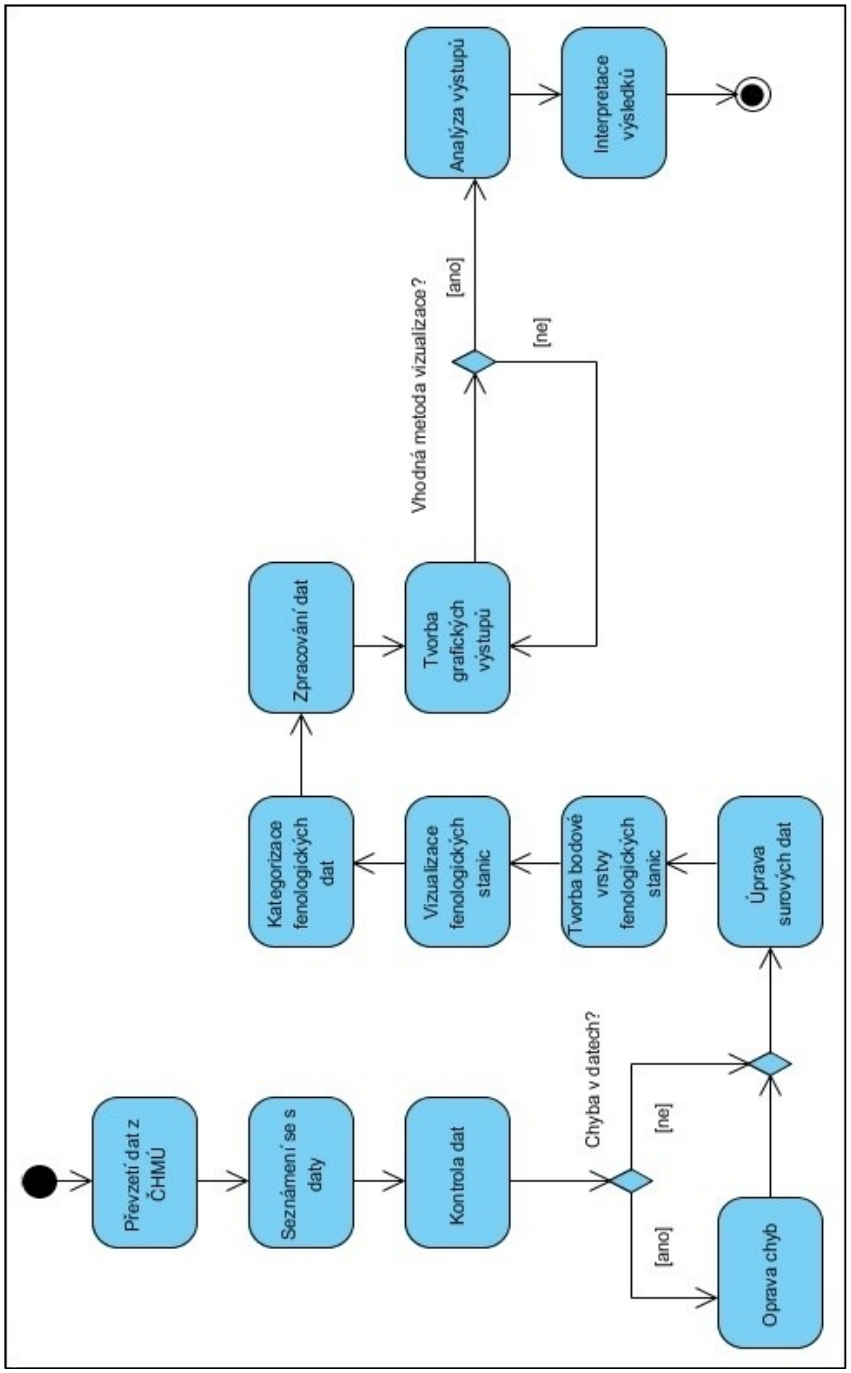
Jedná se o metodický předpis č. 10, vydaný Českým hydrometeorologickým ústavem. Tento předpis popisuje metody sloužící k získávání fenologických údajů rostlin na pozorovacích stanicích Českého hydrometeorologického ústavu. Dále jsou v tomto návodu zahrnuty a podrobně pospány kapitoly věnující se například volbě vhodné lokality pro pozorování, popisy fenofází, popis práce pozorovatele a další [1].

Návod pro činnost fenologických stanic byl pro mne velice důležitý. Díky podrobnému a přehlednému výčtu informací je určen především pro pozorovatele na fenologické stanici, pro lidi, kteří fenologická data zpracovávají a také je vhodný pro všechny, kteří se chtějí o fenologii dozvědět podrobnější informace.

V této práci je návod pro činnost fenologických stanic uveden jako zdroj č. 1.

6 Popis zpracování dat

Tato kapitola se zabývá kontrolou vstupních dat, které poskytl Český hydrometeorologický ústav a způsobem jejich zpracování. Surová, neupravená data musela být určitým způsobem upravena a vyselektována než mohla být nahrána a následně zpracována.



Obrázek 7: Diagram aktivit

Na obrázku č. 7 je zobrazen diagram aktivit, který zobrazuje jednotlivé činnosti, které na základě zadání vedou k požadovaným výsledkům této bakalářské práce. Detailní popis učiněných kroků, vyjádřených v diagramu, je uveden v této kapitole.

6.1 Použité programové vybavení

Zpracování dat bylo provedeno v tabulkovém editoru MS Excel 2013, ve kterém byly vytvořeny grafy a tabulky znázorňující nástup fenologických fází tří vybraných rostlin (buku lesního, dubu letního a břízy bradavičnaté). V další fázi zpracování byla fenologická data nahrána do aplikace ArcMap 10.1, která je centrální aplikací ArcGIS for desktop od firmy Esri. Aplikace ArcMap sloužila pro tvorbu mapových výstupů. Pro tvorbu videa byl použit program Windows Movie Maker od společnosti Microsoft. Dále byl také využit program Visual Paradigm for UML 10.2, ve kterém byl vytvořen diagram aktivit.

6.2 Kontrola vstupních dat

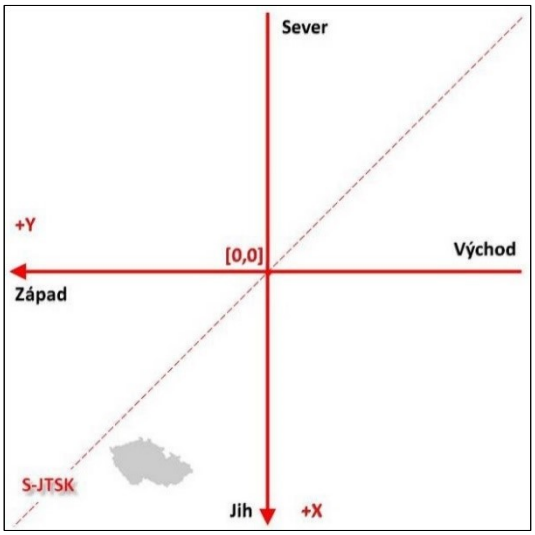
Dříve než mohlo být uskutečněno zpracování dat, byla nutná kontrola těchto dat. Nejdříve byla ověřena správnost souřadnic fenologických stanic ČHMÚ, které byly obsaženy v excelové tabulce: „VSB_fenoMetadata.xls“. V tabulce byl uveden vždy název stanice (místo kde se nachází) a zeměpisné souřadnice fenologických stanic φ a λ, tedy zeměpisná šířka a délka. Kontrola správnosti souřadnic proběhla v aplikaci Google Earth. Jednotlivé souřadnice fenologických stanic byly ručně zadány do vyhledavače této aplikace. Pokud se název místa nalezeného podle zeměpisných souřadnic shodoval s názvem fenologické stanice, byla zeměpisná poloha považována na správnou. Během kontroly zeměpisných souřadnic nebyla nalezena žádná nesprávnost ani u jedné ze 40 fenologických stanic na území ČR.

6.3 Vytvoření bodové vrstvy

Poté co byla ověřena správnost zeměpisných souřadnic, bylo nutné vytvořit bodovou vrstvu fenologických stanic. V aplikaci ArcCatalog 10.1, která je součástí programového balíčku ArcGIS 10.1, byla vytvořena nová vrstva „New-Shapefile“, v dalším kroku bylo nutné nadefinovat kromě názvu vrstvy také „Feature Type“, zda se jedná o bod, linii, nebo polygon. V tomto případě se jedná o bodovou vrstvu, byl tedy zvolen jako

„Feature Type“ bod. V dalším kroku bylo nutné nadefinovat souřadnicový systém „Coordinate Systém“. Jelikož poloha fenologických stanic byla zaznamenána ve tvaru zeměpisných souřadnic, byl zvolena souřadnicový systém WGS 1984. Tímto krokem byla vytvořena bodová vrstva, která byla pomocí funkce „add data“ nahrána do aplikace ArcMap. K této nově vytvořené bodové vrstvě byla pomocí funkce „Joins and Relates“ připojena excelová tabulka ve formátu *.xls., obsahující kromě souřadnic fenologických stanic také indikativ stanice a název. Poté už se na mapovém poli zobrazilo všech 40 bodu, symbolizujících fenologické stanice. Dále bylo nutné transformovat bodovou vrstvu ze souřadnicového systému WGS 1984 na S-JTSK. V aplikacích společnosti ESRI je tento systém přesněji označován jako S-JTSK Krovak EastNorth.

S-JTSK neboli souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální, je závazný geodetický referenční systém pro území České republiky dle nařízení vlády č. 430/2006 Sb. Tento souřadnicový systém používá Křovákovo dvojité konformní kuželové zobrazení v obecné poloze. Kladná osa X směřující na jih, kladná osa Y směřující na západ. Při použití souřadnicového systému S-JTSK je Česká republika pootočena o 6˚ ve směru hodinových ručiček. [13].



Obrázek 8: Orientace os X a Y souřadnicového systému S-JTSK [14]

6.4 Zpracování fenologických dat

Tato podkapitola se věnuje selekci tří rostlin, které budou předmětem zpracování. Jak již bylo zmíněno, jedná se o buk lesní, dub letní a břízu bradavičnatou. ČHMÚ poskytl data v excelové tabulce „VSB_fenodata.xls“.

Nejdříve bylo nutné z důvodu přehlednosti odstranit listy v tabulce obsahující informace o zbývajících rostlinách, které nebyly předmětem zpracování. Dále bylo nutné ve zbývajících listech, obsahující informace o nástupu fenologických fází vybraných rostlin, doplnit chybějící hodnoty. Z ČHMÚ bylo doporučeno, aby chybějící hodnoty fenologických fází byly nahrazeny průměrnou hodnotou. Přesněji tuto radu poskytl pan Ing. Tomáš Vráblík a pan Mgr. Jan David Reitschläger. Pro všechny vybrané rostliny platilo, že každá chybějící hodnota dané fenologické fáze byla nahrazena průměrnou hodnotou, která byla spočtena ze všech zaznamenaných hodnot této fenofáze v daném roce. Tímto způsobem byly postupně nahrazeny všechny chybějící hodnoty buku lesního, dubu letního a břízy bradavičnaté v letech 1991-2010. Poté co byly všechny chybějící hodnoty nahrazeny, bylo možné s těmito daty dále pracovat, a následně na ně aplikovat matematické operace.

Zpracování fenologických dat proběhlo třemi způsoby, které mají odlišnou interpretaci výsledků.

6.4.1 Zpracování dat sloužících pro tvorbu grafů

Výsledné grafy pro každou rostlinu mají za cíl vyjadřovat časovou rozdílnost nástupů daných fenologických fází. Při zpracování fenologických dat bylo nutné zohlednit nástupy fenofází ve všech pozorovacích letech, tedy od roku 1991 po rok 2010.

Zpracování probíhalo tak, že hodnoty vyjadřující nástupy fenologických fází dané rostliny na stanicích ČHMÚ v konkrétním roce byly zprůměrovány, a vloženy do nové tabulky. Tímto způsobem bylo postupováno pro všechny roky pozorování. Takto byla data dále zpracována pro zbývající rostliny. Výsledkem tohoto zpracování byla tabulka obsahující průměrné hodnoty nástupů fenologických fází v každém roce, pro každou z vybraných rostlin.

Poté co byly vytvořeny tabulky obsahující potřebné hodnoty, bylo možné vytvořit grafy. Pro každou rostlinu byly vytvořeny dva výsledné grafy. Dle doporučení z ČHMÚ,

vyjadřují grafy dvě sekvence fenologických fází, a to vegetativních a generativních fází. Graf zobrazující sekvenci vegetativních fází v sobě zahrnuje fáze: rašení, plné olistění, žloutnutí listů 10% a opad listů 100%. Druhý graf zobrazující sekvenci generativních fází obsahuje fáze: butonizace, konec kvetení, počátek fruktifikace (mimo břízu bradavičnatou) a zralost plodů.

Pro vizualizaci nástupů fenologických fází ve všech pozorovacích letech byl vybrán bodový graf s vyhlazenými spojnicemi a značkami, který byl vytvořený v tabulkové aplikaci MS Excel 2013. Tento graf byl vybrán z důvodu nejlepší a nejvěrohodnější vizualizace, které v této aplikaci bylo možné dosáhnout.

6.4.2 Zpracování dat sloužících pro tvorbu map

Výsledné mapy, vytvořené pro každou rostlinu, mají za cíl vyjadřovat prostorovou rozdílnost nástupů fenologických fází. U tohoto zpracování nebylo nutné vyjádřit časovou proměnlivost, jako je tomu u jednotlivých grafů. Jelikož se jedná o prostorovou proměnlivost, bylo nutné vyjádřit průměrné datum nástupu dané fenologické fáze na pozorovací stanici Českého hydrometeorologického ústavu.

Zpracování probíhalo tak, že byla vyselektována konkrétní fenologická stanice ČHMÚ. Hodnoty fenologických fází, které na této stanici byly pozorovány, od roku 1991 po rok 2010 byly zprůměrovány, a vloženy do nové tabulky. Výsledkem byly opět tři tabulky, z nichž každá obsahovala všechny fenologické stanice, jejich nadmořskou výšku a k nim přiřazené průměrné hodnoty nástupů fenologických fází pro každou rostlinu ze všech pozorovacích let.

Poté co byly vytvořeny tabulky obsahující potřebné hodnoty, bylo již možné zjištěné hodnoty zobrazit v prostředí aplikace ArcMap. Nejdříve byla nahrána do aplikace bodová vrstva ve formátu *.shp, obsahující pozorovací stanice ČHMÚ. K této bodové vrstvě byla připojena pomocí funkce „Joins and Relates“ excelová tabulka, obsahující průměrná data nástupů fenologických fází pro každou pozorovací stanici. Propojení proběhlo na základě stejného atributu „indikativ“, který má každá stanice jednoznačný a nezaměnitelný. Mapový podklad tvořil výškový a stínový model reliéfu ČR. Výškový model reliéfu byl rozdělen podle nadmořské výšky do 5 kategorií: ≤ 200, 201-400, 401-600, 601-800, ≥ 801.

Tímto způsobem jsou také rozděleny nadmořské výšky v Atlase fenologických poměrů Česka (2012), kterým sem se nechal inspirovat. Vytvořené mapy zobrazují průměrné datum nástupu dané fenologické fáze. Každé fenologické fázi byla přiřazena barva, pomocí jejichž odstínů byla vyjádřena rozdílnost nástupů s nadmořskou výškou. V praxi to tedy znamená, že čím vyšší nadmořská výška, tím tmavší odstín barvy. Mapová legenda nepředstavuje výškové kategorie jako takové (nejedná se o výškový interval), ale každá z pěti kategorií představuje průměrné datum nástupu dané fenofáze podle nadmořské výšky. Průměrné datum nástupu bylo spočteno tak, že všechny fenologické stanice byly podle nadmořské výšky rozděleny do 5 již zmíněných výškových intervalů. V každém výškovém intervalu byly zprůměrovány hodnoty vyjadřující nástupy fází dané rostliny. Znamená to tedy, že pro danou fázi bylo zaznamenáno 5 hodnot nástupů, v každém výškovém intervalu jedna hodnota. Tímto způsobem byly vytvořeny všechny mapové výstupy, zobrazující rozdílnost nástupů vybraných fází tří rostlin.

Pro každou rostlinu byly vytvořeny 4 mapy, zobrazující nástupy fáze: rašení (RA), plné olistění (LX), konec kvetení (KK) a opad listů (OL). Tyto fáze jsou také uvedeny v tabulce č. 6, č. 8 a č. 10. Výběr těchto fází nastal dříve, než bylo doporučeno z ČHMÚ rozdělení na fáze vegetativní a generativní. Z důvodu výpočetní a časové náročnosti tvorby bylo toto rozdělení v již zmíněných grafech a mapových výstupech ponecháno.

6.4.3 Zpracování dat sloužících pro tvorbu videa

Kromě grafů a jednotlivých mapových výstupů, bylo také vytvořeno krátké video zachycující proměnlivost nástupu fáze rašení břízy bradavičnaté od roku 1991 do roku 2010. Video bylo vytvořeno v programu Windows Movie Maker od společnosti Microsoft. Podkladem pro tvorbu videa bylo 20 mapových výstupů. Pro každý rok fenologického pozorování byla vytvořena jedna mapa. Časování přechodu mapových výstupů je nastaveno na 3 vteřiny.

Každý mapový výstup zobrazuje pomocí barevného odlišení počet dní, které jsou odchýlené od průměrného data nástupu (který je spočten pro každý rok zvlášť). Byly opět použity výškové kategorie, z nichž byly postupně selektovány fáze rašení v jednotlivých letech. Od jednotlivých nástupů byla dále odečtena průměrná hodnota nástupu fáze, která byla spočtena pro každý pozorovací rok zvlášť. Výsledkem byla tabulka obsahující

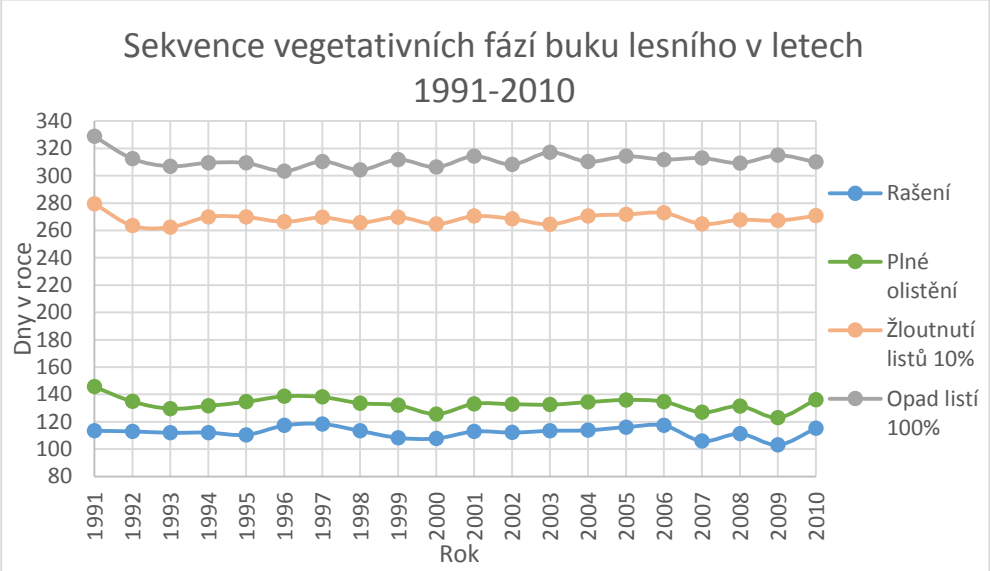
odchylky nástupu fáze rašení ze všech pozorovacích let, které byly rozděleny podle nadmořské výšky do 5 kategorií. Výsledné odchylky jsou kladné, nebo záporné. Kladná hodnota odchylky nástupu znamená, že v daném místě nastala fáze rašení později, než udává spočtená průměrná hodnota nástupu. Záporná hodnota odchylky značí, že v daném místě nastoupila fáze dříve, než udává průměrná hodnota. Pro každý mapový výstup platí, že nejtmavší odstín barvy je přiřazen největší kladné odchylce. Barevný odstín úměrně klesá společně s hodnotou odchylky, znamená to tedy, že největší záporná odchylka je v mapě vyjádřena nejsvětlejší barvou. Takto bylo postupně vytvořeno 20 mapových výstupů.

7 Interpretace výsledků

V této části jsou představeny výsledné grafy a mapové výstupy buku lesního, dubu letního a břízy bradavičnaté. Jednotlivé grafické výstupy pro každou rostlinu vyjadřují časovou a prostorovou proměnlivost nástupu jednotlivých fenologických fází.

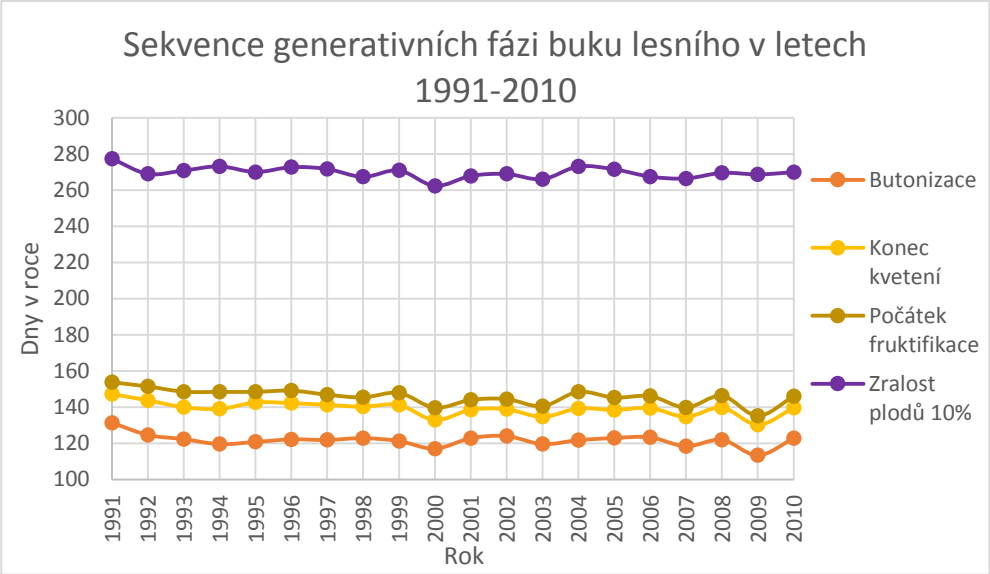
7.1 Buk lesní

Tato část je věnována interpretaci výsledků buku lesního.



Graf 1: Sekvence vegetativních fází buku lesního

Graf č. 1 zobrazuje průměrné hodnoty nástupu vegetativních fází buku lesního od roku 1991 po rok 2010. Počáteční hodnota na vertikální ose grafu je nastavena na hodnotu 80, představuje 1. jarní den (80. den v roce). Z grafu vyplývá, že největší urychlení nástupů fenofází nastalo v roce 2009. Naopak největší opoždění nástupů fenofází nastalo v roce 1991. Fáze rašení a plné olistění mají velice podobný průběh spojnic bodů, největší rozdíl je v roce 1991, kdy fáze plné olistění je nejvíce opožděna, kdežto fáze rašení v roce 1991 vykazuje spíše průměrné datum nástupu. Do roku 2002 jsou si také velmi podobné spojnice bodů fáze žloutnutí listů 10% a opad listů 100%. Od roku 2003 vykazují poměrně vysokou variabilitu.



Graf 2: Sekvence generativních fází buku lesního

Graf č. 2 zobrazuje průměrné hodnoty nástupu generativních fází buku lesního od roku 1991 po rok 2010. Počáteční hodnota na vertikální ose grafu je nastavena na hodnotu 100 (blízká minimální hodnotě fáze butonizace v roce 2009), tato hodnota nemá žádný zvláštní význam, jako je tomu u grafu č. 1. Tento graf potvrzuje, že v roce 1991 byly fenologické fáze nejvíce opožděny, nejvíce urychleny byly v roce 2009. Také rok 2010 je z hlediska nástupů významný, z důvodu dalšího urychlení fenofází. Spojnice bodů jednotlivých fenologických fází si jsou velice podobné.

Tabulka 6: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází buku lesního

Nadmořská výška v m	Rašení (RA)		Plné olistění (LX)		Konec kvetení (KK)		Opad listů 100% (OL)	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
≤ 200	13.4.	5,73	7.5.	8,27	16.5.	11,07	24.11.	13,53
201-400	20.4.	7,28	10.5.	9,46	21.5.	11,28	9.11.	16,89
401-600	22.4.	6,82	11.5.	8,16	17.5.	6,93	9.11.	14,91
601-800	21.4.	9,45	18.5.	11,81	21.5.	9,39	1.11.	14,78
≥ 801	6.5.	8,45	23.5.	10,15	24.5.	9,3	22.10.	16,58

$\bar{x}$ Průměrné datum nástupu σ Směrodatná odchylka

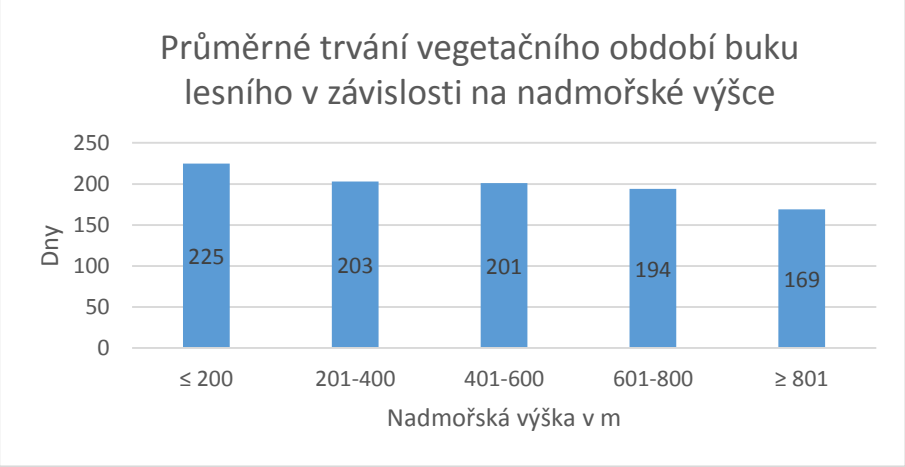
Tabulka č. 6 obsahuje hodnoty, které byly kategorizovány podle nadmořské výšky do 5 skupin. V každé skupině byla vypočtena průměrná hodnota nástupu fenologické fáze ze všech pozorovacích let, která je v tabulce vyjádřena jako „průměrné datum nástupu“. Fáze

rašení buku lesního nastává v průměru od 13. dubna do 6. května, plné olistění přichází od 7. do 23. května, fáze konec kvetení nastává od 16. do 24. května, a opad listů nastává od 22. října do 24. listopadu. U fáze rašení a plné olistění se dá říci, že s rostoucí nadmořskou výškou dochází k nástupu později. Dále byla vypočtena směrodatná odchylka, která vyjadřuje, jak moc se daná hodnota liší od průměru. Nejmenší směrodatné odchylky jsou zaznamenány u fáze rašení, největší odchylky jsou typické pro fázi opad listů.

Tabulka 7: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi buku lesního

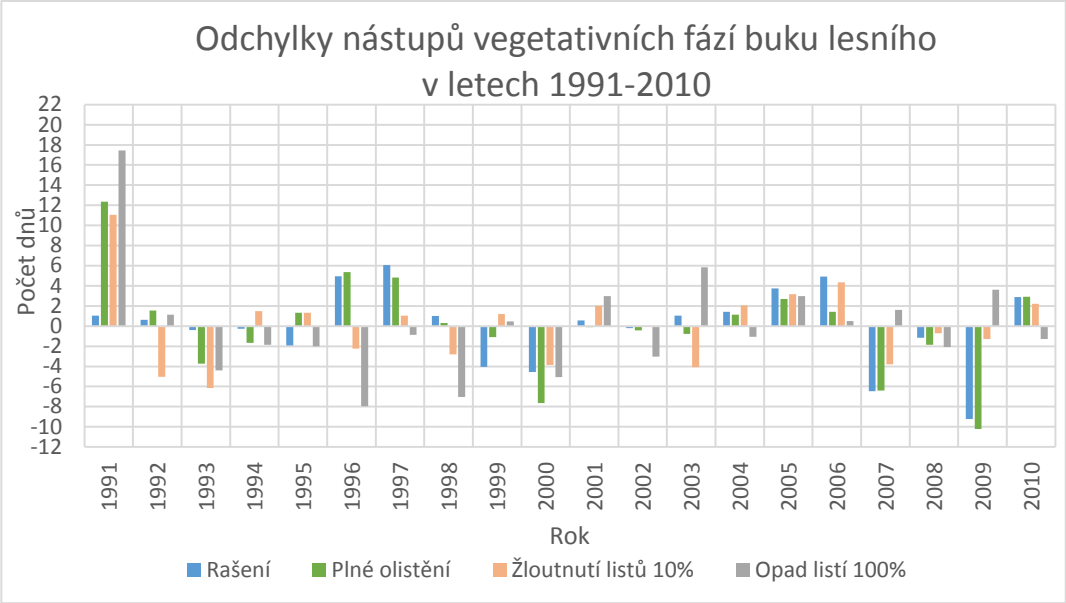
	RA	BT	LX	KK	PF	ZP10	ZL10	OL100
Max	28.4.	11.5.	26.5.	27.5.	3.6.	4.10.	7.10.	25.11.
Min	13.4.	23.4.	3.5.	10.5.	15.5.	19.9.	19.9.	30.10.
Průměr	22.4.	2.5.	13.5.	19.5.	26.5.	27.9.	25.9.	7.11.
Max v roce	1997	1991	1991	1991	1991	1991	1991	1991
Min v roce	2009	2009	2009	2009	2009	2000	1993	1996

V tabulce č. 7 jsou uvedeny všechny fenologické fáze, které byly pro buk lesní zaznamenány. Pro každou fází je uvedeno kromě průměrného data nástupu, spočteného ze všech pozorovacích let (1991-2010), také historicky minimální a maximální hodnota nástupu, včetně roku fenologické pozorování,

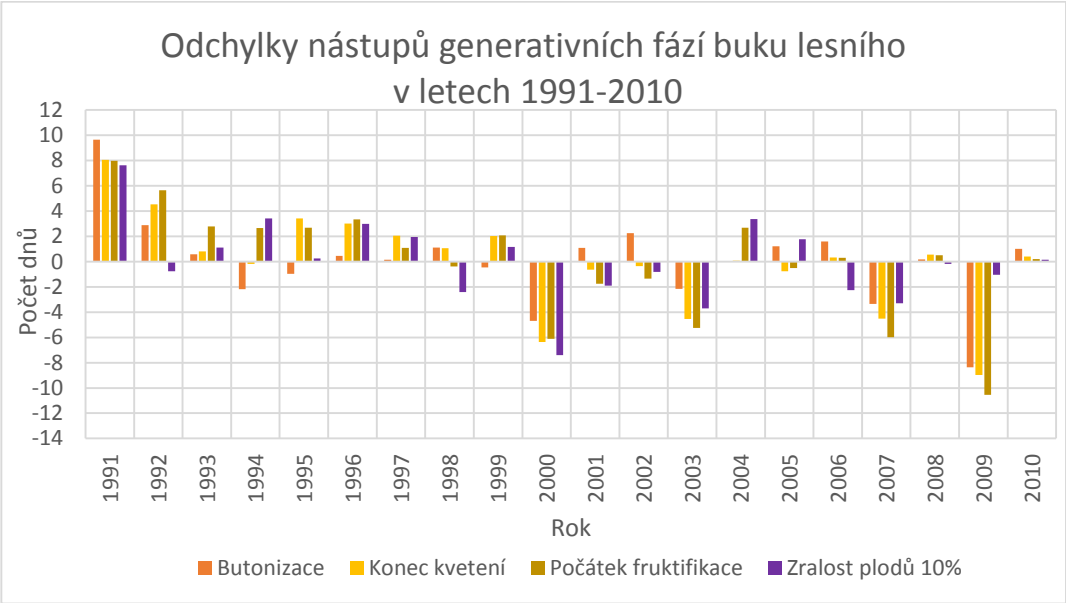


Graf 3: Průměrné trvání vegetačního období buku lesního

Z výše uvedeného grafu č. 3 je patrné, že trvání vegetačního období s rostoucí nadmořskou výškou postupně klesá. Nejdéle trvající vegetační období buku lesního je na pozorovacích stanicích s nadmořskou výškou menší než 200 m. n. m. Nejkratší vegetační období buku lesního je v nadmořských výškách větších než 801 m. n. m.



Graf 4: Odchylky nástupů vegetativních fází buku lesního



Graf 5: Odchylky nástupů generativních fází buku lesního

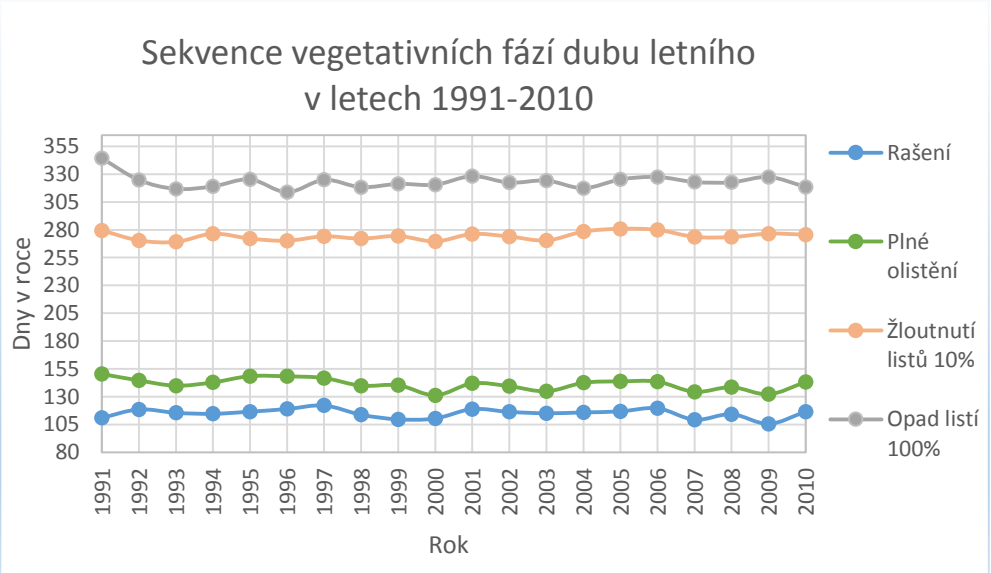
Na výše uvedeném grafu č. 4 a grafu č. 5 jsou vyjádřeny odchylky nástupů vybraných fenologických fází buku lesního. Na vertikální ose grafu je hodnota 0, která vyjadřuje průměrnou hodnotu nástupu pro každou fenologickou fázi, která byla spočtena ze všech pozorovacích let. Kladná hodnota na vertikální ose grafu značí to, že fáze v daném roce je větší než spočtená průměrná hodnota ze všech pozorovacích let. Záporná hodnota na vertikální ose značí přesný opak. Z grafu vyplývá, že v roce 1991 byly fáze nejvíce opožděny. Rok 2009 naopak značí největší urychlení nástupů fází (výjimkou je fáze opad

listů 100%). Nástupy vegetativních fází v roce 2002 a v roce 1994 jsou nejblíže průměrným hodnotám. Generativní fáze jsou nejblíže průměru v roce 2008 a v roce 2010.

Obrázek 9: Zmenšenina mapového výstupu, fáze rašení

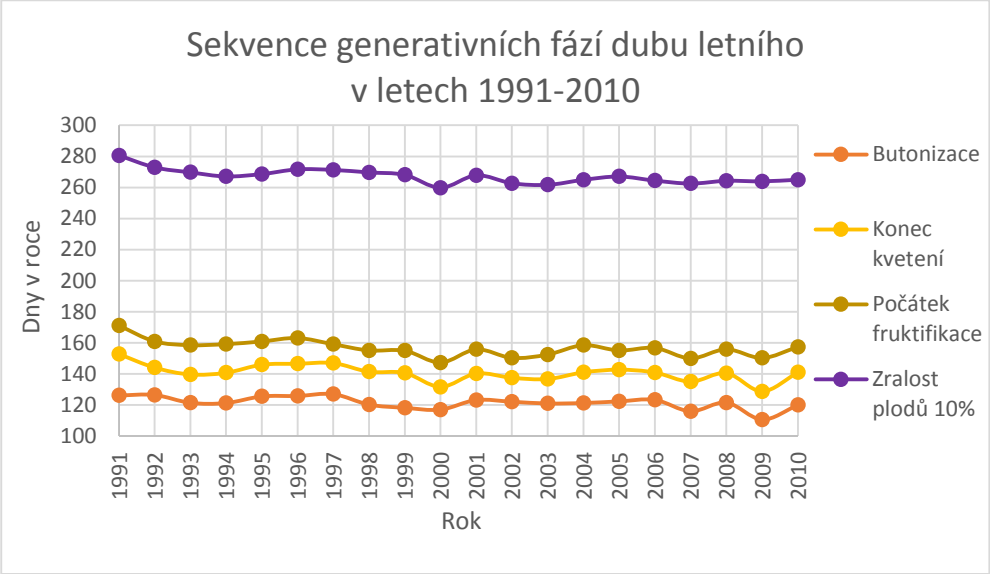
7.2 Dub letní

Tato část obsahuje interpretaci výsledků dubu letního.



Graf 6: Sekvence vegetativních fází dubu letního

Výše uvedený graf č. 6 zobrazuje průměrné hodnoty nástupu fáze rašení, plné olistění, žloutnutí listů 10% a opad listů 100%. Počáteční hodnota vertikální osy je nastavena na hodnotu 80, ze stejného důvodu, jako je tomu u grafu č. 1. Fenofáze jsou nejvíce urychleny v roce 2009, největší opoždění nastalo v roce 1991 (kromě fáze rašení). Zajímavostí toho grafu je podobnost průběhu spojnic bodů fáze rašení a plné olistění. Průběh spojnic bodů fáze žloutnutí listů 10% a opad listů 100% známky podobnosti nevykazují.



Graf 7: Sekvence generativních fází dubu letního

V grafu č. 7 jsou vyjádřeny nástupy generativních fází dubu letního ve všech pozorovacích letech. Nejvíce byly nástupy fenologických fází opožděny v počátečním roce 1991. V roce 2009 byly nástupy urychleny nejvíce. Další zajímavostí je rok 2000, který v grafu tvoří pomyslný propad, ve srovnání s předchozími a následujícími lety. V tomto roce tedy došlo k výraznému urychlení nástupů fenofází. Spojnice nástupů fenologických fází jsou si vzájemně velice podobné. Při bližším zkoumání lze dojít k závěru, že nástupy fenologických fází dubu letního ve všech pozorovacích letech jsou poměrně vysoce variabilní, výjimkou je období fáze butonizace od roku 2001 do roku 2006, ale také fáze zralost plodů 10% od roku 2006 do roku 2010, kdy k žádným velkým odchylkám nástupů nedochází.

Tabulka 8: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází dubu letního

Nadmořská výška v m	Rašení (RA)		Plné olistění (LX)		Konec kvetení (KK)		Opad listů 100% (OL)	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
≤ 200	15.4.	8,92	8.5.	11,63	14.5.	8,52	18.11.	16,71
201-400	23.4.	6,83	19.5.	10,52	19.5.	8,47	18.11.	15,63
401-600	27.4.	8,92	23.5.	11,63	21.5.	8,53	21.11.	16,71
601-800	29.4.	12,81	25.5.	11,83	23.5.	9,21	12.11.	17,7
≥ 801	12.5.	8,88	13.6.	13,26	29.5.	9,32	16.11.	10,12

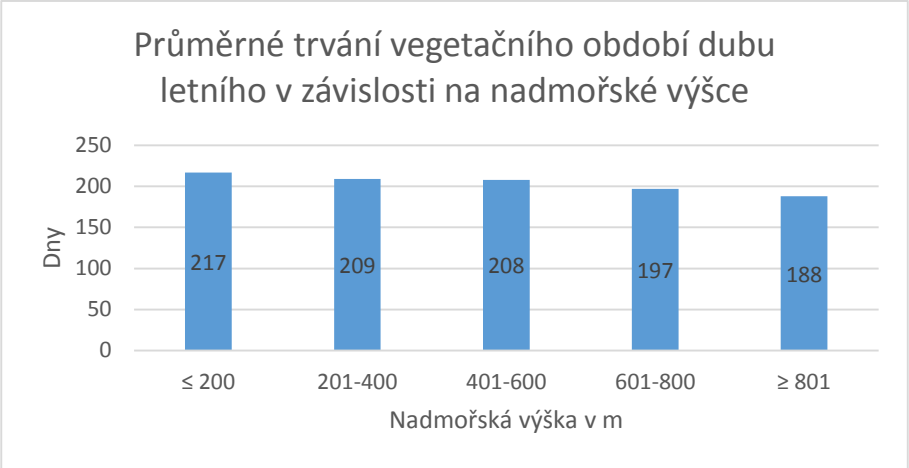
$\bar{x}$ Průměrné datum nástupu σ Směrodatná odchylka

Tabulka č. 8 obsahuje hodnoty, které byly kategorizovány podle nadmořské výšky do 5 skupin. V každé skupině byla vypočtena průměrná hodnota nástupu fenologické fáze ze všech pozorovacích let, která je v tabulce vyjádřena jako „průměrné datum nástupu“. Fáze rašení dubu letního nastává v průměru od 15. dubna do 12. května. Fáze plné olistění nastává od 8. května do 13. června, konec kvetení nastává v průměru od 14. - 29. května. Fáze opad listů nastává od 12. - 21. listopadu. U fáze rašení, plné olistění a konec kvetení lze vyčíst, že jejich nástupy se s rostoucí nadmořskou výškou opožďují. U fáze opad listů už tato závislost neplatí. Dále byla vypočtena směrodatná odchylka, která vyjadřuje, jak moc se daná hodnota liší od průměru. Nejmenší směrodatné odchylky jsou zaznamenány u fáze konec kvetení, největší směrodatné odchylky jsou zaznamenány u fáze opad listů 100%. Nejmenší směrodatná odchylka 6,83 je zaznamenána ve fázi rašení v kategorii 201-400 m. n. m. Největší odchylka 17,7 je zaznamenána u fáze opad listů 100% v kategorii 601-800 m. n. m.

Tabulka 9: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi dubu letního

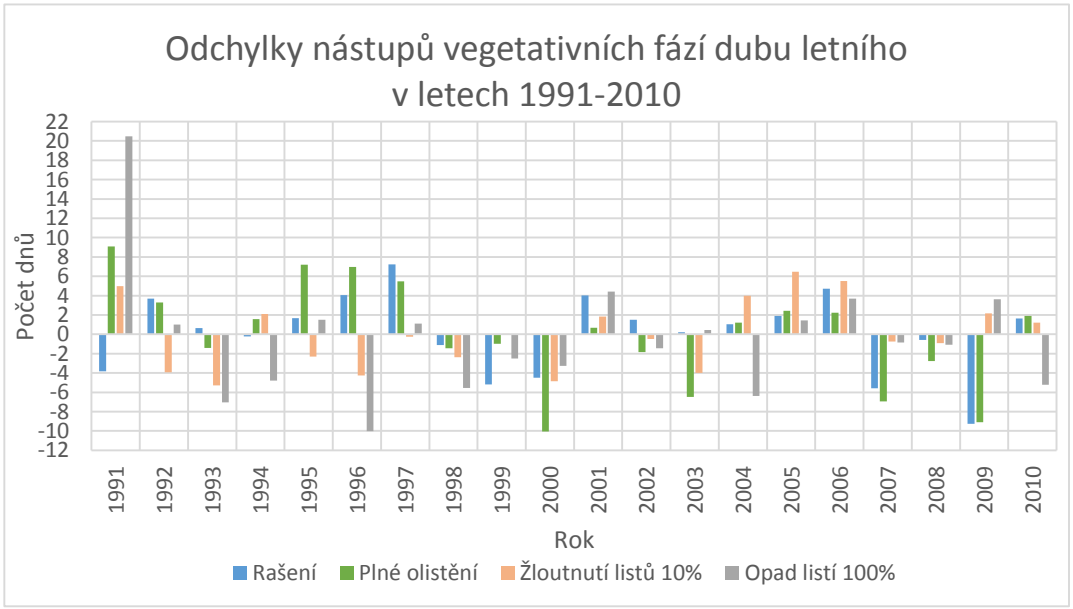
	RA	BT	LX	KK	PF	ZP10	ZL10	OL100
Max	2.5.	7.5.	30.5.	2.6.	20.6.	8.10.	8.10.	10.12.
Min	16.4.	21.4.	11.5.	9.5.	27.5.	17.9.	26.9.	10.11.
Průměr	25.4.	1.5.	21.5.	21.5.	6.6.	24.9.	1.10.	20.11.
Max v roce	1997	1997	1991	1997	1991	1991	2005	1991
Min v roce	2009	2009	2000	2009	2009	2000	1993	1996

V tabulce č. 9 jsou vyjádřeny kromě průměrných hodnot nástupů fenologických fází dubu letního také minimální a maximální data nástupu.

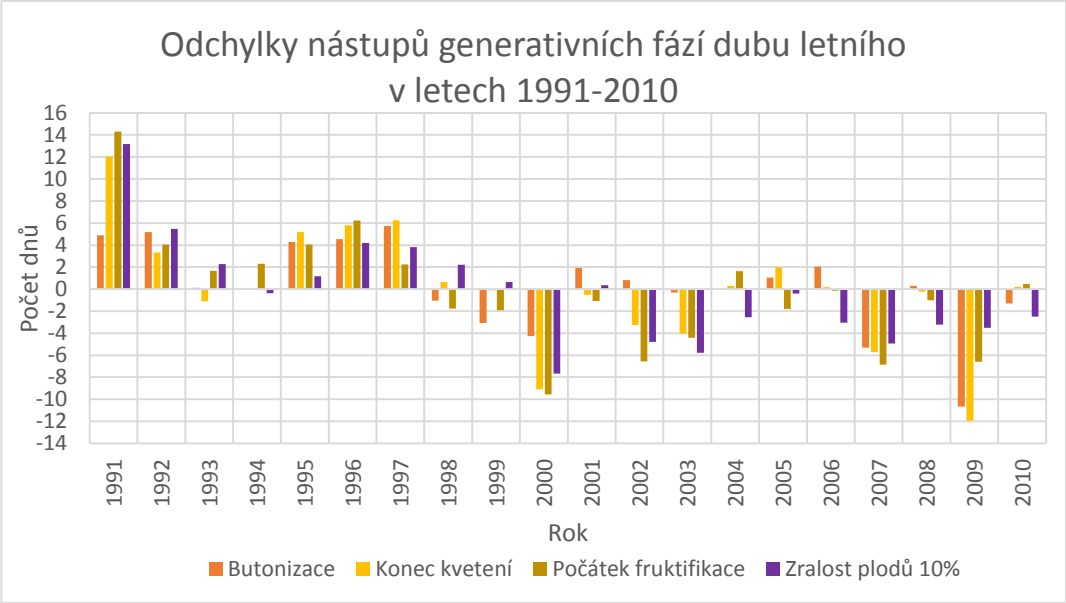


Graf 8: Průměrné trvání vegetačního období dubu letního

Na výše uvedeném grafu č. 8 je vyjádřeno trvání vegetačního období dubu letního v závislosti na nadmořské výšce. Graf obsahuje 5 sloupců, symbolizujících výškové kategorie. Nejdéle trvající vegetační období dubu letního je v nadmořských výškách menších než 200 m n. m. Délka vegetačního období postupně s nadmořskou výškou klesá. Na stanicích ležících v nadmořských výškách větších než 801 m. n. m. trvá vegetační období nejkratší dobu (188 dní), to je průměrně o 29 dní méně, než délka vegetačního období na stanicích s nadmořskou výškou menší než 200 m. n. m.

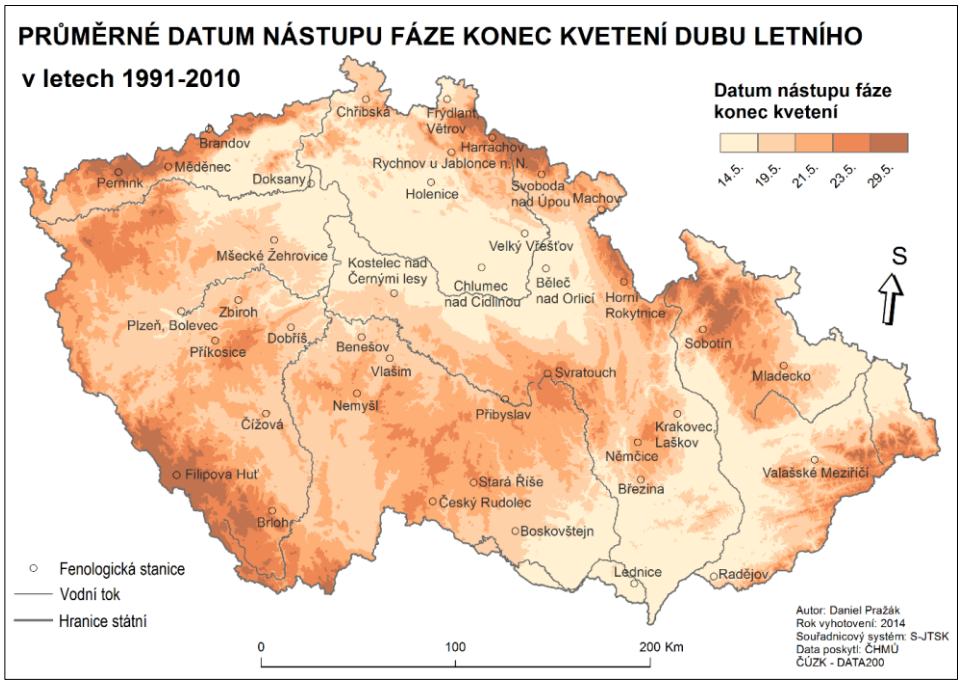


Graf 9: Odchylky nástupů vegetativních fází dubu letního



Graf 10: Odchylky nástupů generativních fází dubu letního

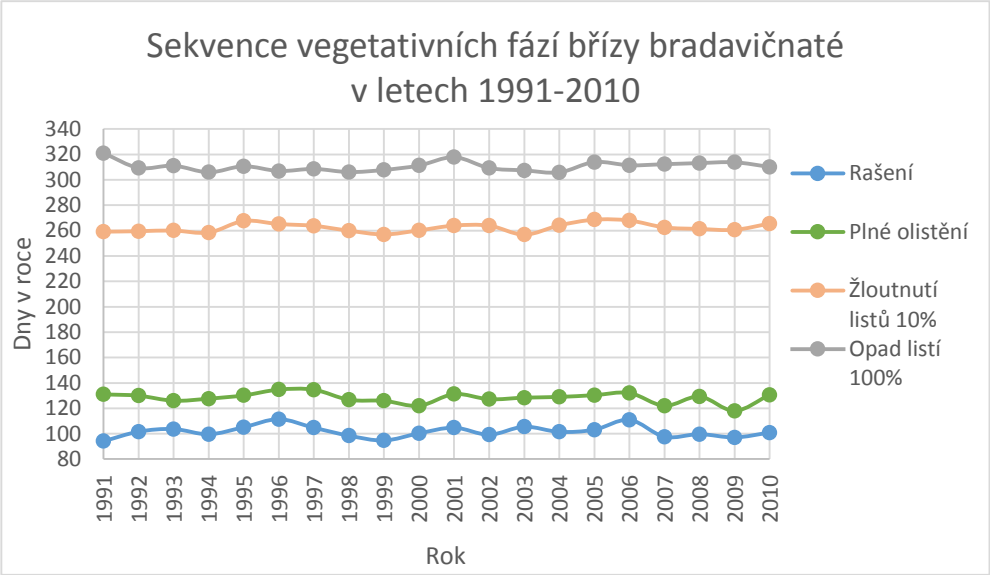
Výše uvedené grafy č. 9 a č. 10 vyjadřují odchylky nástupů vybraných fenologických fází dubu letního. Z grafu vyplývá, že nejvíce byly urychleny fenofáze v letech 2009 a 2000, oproti nim byly nejvíce opožděny fáze v roce 1991. V roce 2002 se vegetativní fáze blíží nejvíce průměrným hodnotám nástupu.



Obrázek 10: Ukázka mapového výstupu, fáze konec kvetení

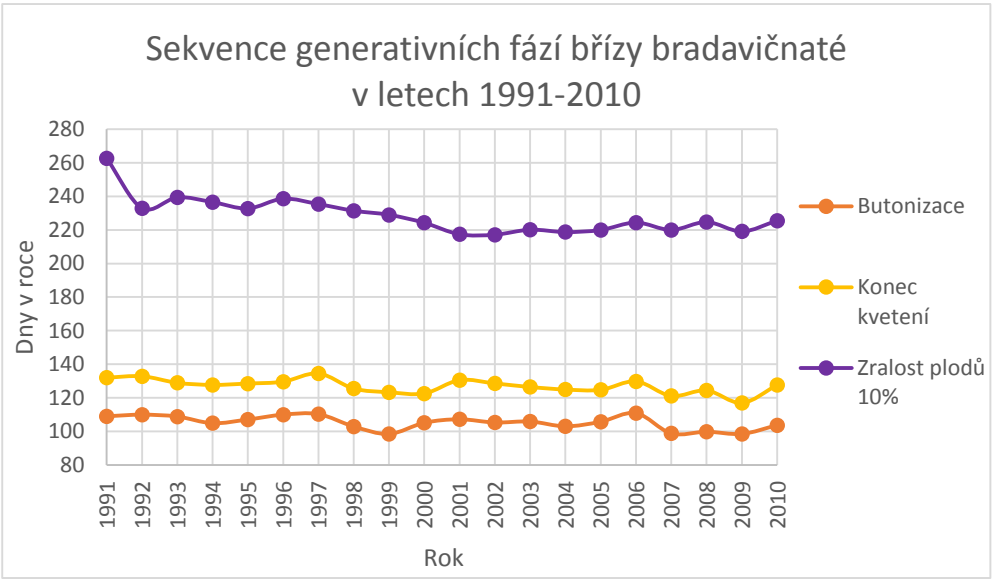
7.3 Bříza bradavičnatá

Tato část je věnována interpretaci výsledků břízy bradavičnaté.



Graf 11: Sekvence vegetativních fází břízy bradavičnaté

Graf č. 11 zobrazuje průměrné nástupy vegetativních fází břízy bradavičnaté. Počáteční hodnota je jako u grafu č. 1 a č. 6 nastavena na hodnotu 80. Největší urychlení fenofází nastalo v letech 1999 a 2009. Nejvíce byly fenologické fáze opozděny v letech 2006, 1996 a 2001. Zajímavá je podobnost spojnic fáze rašení a plné olistění, další podobnost je také zřejmá u spojnic fází žloutnutí listů 10% a opad listů 100%.



Graf 12: Sekvence generativních fází břízy bradavičnaté

V grafu č. 12 je zachycen vývoj generativních fází břízy bradavičnaté od roku 1991 až po rok 2010. Počáteční hodnota na vertikální ose je nastavena na hodnotu 80. Tato hodnota nemá žádný zvláštní význam, jako je tomu u všech grafů zobrazujících vegetativní fáze. Počáteční hodnota je přizpůsobena minimální hodnotě v grafu, a to fázi butonizace v roce 1999. V počátečním roce 1991 byly fenologické fáze břízy bradavičnaté nejvíce opožděny. Největší urychlení nástupu fenofází nastalo v roce 2009. Největší zvláštností v tomto grafu je nepřehlédnutelný skok ve fázi butonizace v roce 1991. V tomto roce je fáze butonizace opožděna téměř o 34 dní od průměrného data nástupu, spočteného ze všech pozorovacích let.

Tabulka 10: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází břízy bradavičnaté

Nadmořská výška v m	Rašení (RA)		Plné olistění (LX)		Konec kvetení (KK)		Opad listů 100% (OL)	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	Σ
≤ 200	5.4.	4,94	1.5.	5,8	27.4.	6,54	10.11.	10,01
201-400	8.4.	8,63	4.5.	7,39	3.5.	9,49	7.11.	13,44
401-600	12.4.	8,68	9.5.	9,67	6.5.	8,32	10.11.	10,48
601-800	17.4.	11,17	14.5.	12,15	17.5.	14,48	28.10.	14,41
≥ 801	26.4.	7,49	21.5.	12,28	20.5.	12,73	25.10.	19,89

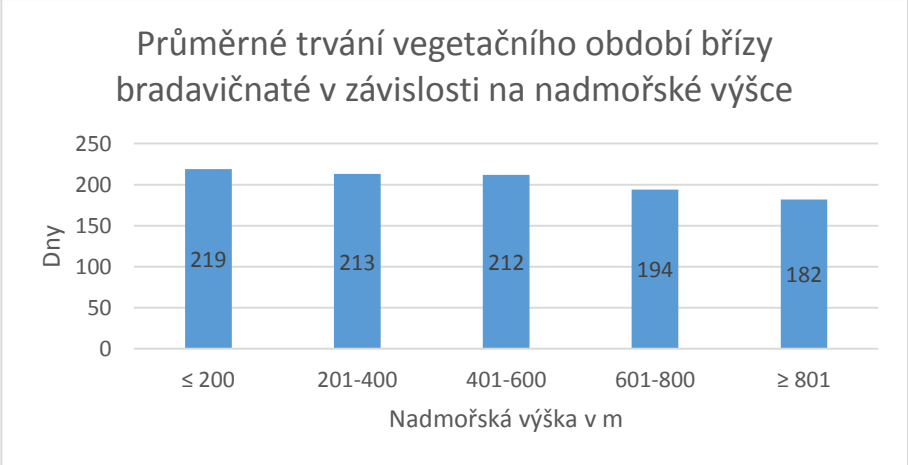
$\bar{x}$ Průměrné datum nástupu σ Směrodatná odchylka

Hodnoty vybraných fenologických fází břízy bradavičnaté v tabulce č. 10 jsou kategorizovány podle nadmořské výšky do 5 skupin. Pro každou fenofázi břízy bradavičnaté je vyjádřeno průměrné datum nástupu a směrodatná odchylka. U břízy bradavičnaté začíná fáze rašení v průměru od 5. – 26. dubna, plné olistění od 1. – 21. května, fáze konec kvetení nastává od 27. dubna do 20. května, a opad listů nastává od 25. října do 10. listopadu. U fáze rašení, plné olistění a konec kvetení je zřejmé, že s rostoucí nadmořskou výškou dochází k opoždění nástupu dané fáze. U fáze opad listů je tomu naopak, ve vyšších nadmořských výškách nastává tato fáze dříve, výjimkou je výškový interval 401-600 m. n. m. Dále jsou v tabulce vyjádřeny směrodatné odchylky, nejmenší odchylky jsou u fáze rašení, naopak největší směrodatné odchylky jsou zaznamenány u fáze opad listů 100%. Nejmenší směrodatná odchylka 4,94, která je zaznamenána u fáze rašení v nadmořské výšce menší než 200 m. n. m. Největší směrodatná odchylka 19,89 je u fáze opad listů 100% v nadmořských výškách větších než 801 m. n. m.

Tabulka 11: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi břízy bradavičnaté

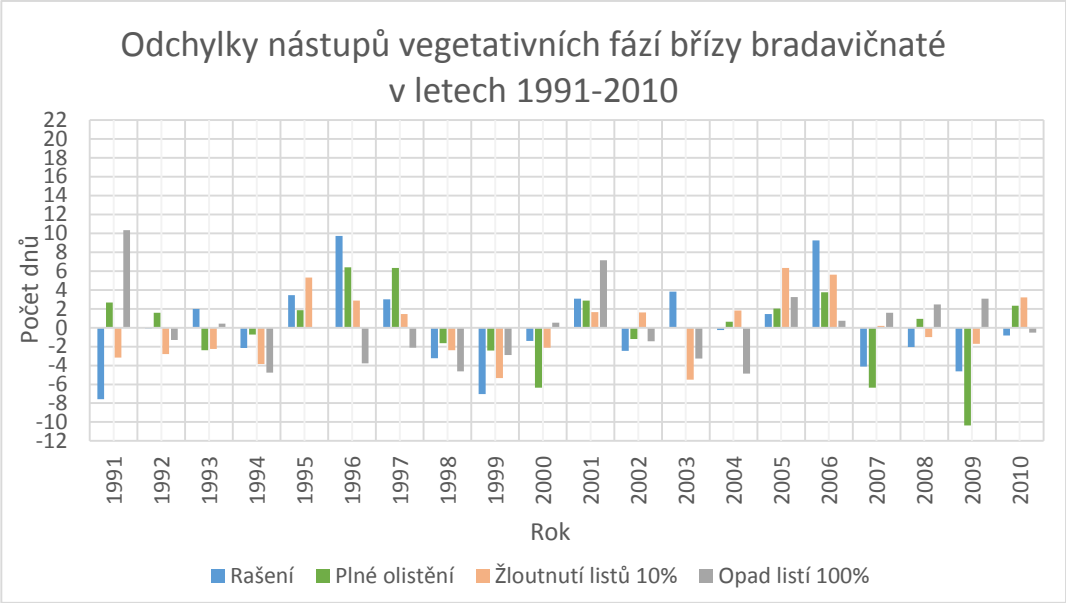
	RA	BT	LX	KK	ZP10	ZL10	OL100
Max	21.4.	21.4.	15.5.	15.5.	20.9.	26.9.	17.11.
Min	4.4.	8.4.	28.4.	27.4.	5.8.	14.9.	2.11.
Průměr	12.4.	15.4.	8.5.	7.5.	17.8.	19.9.	7.11.
Max v roce	1996	2006	1996	1997	1991	2005	1991
Min v roce	1991	1999	2009	2009	2002	2003	2004

V tabulce č. 11 jsou uvedeny fenologické fáze břízy bradavičnaté. Kromě průměrné hodnoty jednotlivých nástupu fází jsou zde uvedeny Min a Max hodnoty, vyjadřující nejvíce opožděné a nejvíce urychlené nástupy fází, včetně roku pozorování.

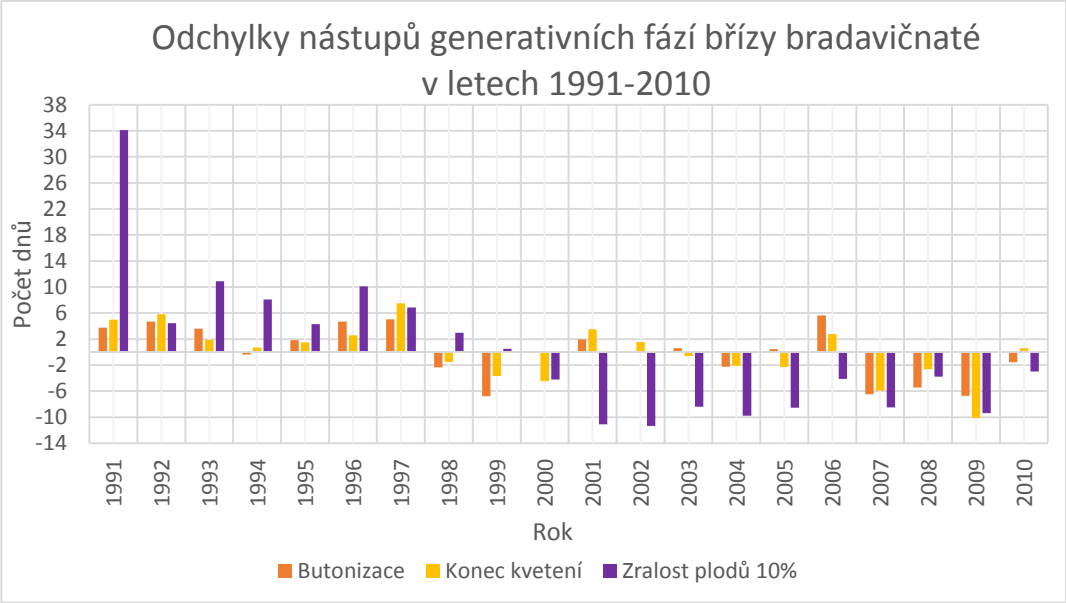


Graf 13: Průměrné trvání vegetačního období břízy bradavičnaté

Na výše uvedeném grafu č. 13 je vyjádřeno trvání vegetačního období břízy bradavičnaté v závislosti na nadmořské výšce. Z grafu je patrné, že s rostoucí nadmořskou výškou se vegetační období zkracuje. Nejdéle trvající vegetační období je v nadmořských výškách menších než 200 m. n. m. Nejkratší vegetační období je zaznamenáno v nadmořských výškách větších než 801 m. n. m. V nadmořských výškách 201-400 m. n. m. a 401-600 m. n. m. je délka vegetačního období téměř stejná.



Graf 14: Odchylky nástupů vegetativních fází břízy bradavičnaté



Graf 15: Odchylky nástupů generativních fází břízy bradavičnaté

Výše uvedené grafy č. 14 a č. 15 vyjadřují odchylky nástupů vybraných fenologických fází břízy bradavičnaté od průměrné hodnoty. Z grafu č. 14 vyplývá, že v roce 2009 a 1999 byly fenologické fáze urychleny nejvíce. Nejvíce byly nástupy fází opožděny oproti průměrné hodnotě v roce 1996. Zajímavostí v grafu č. 15 je v roce 1991 fáze zralost plodů 10%, která je od průměrné hodnoty nástupu opožděna o 34 dní.

8 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zpracování dat z fenologických stanic ČHMÚ pro vybrané druhy rostlin.

Data pro buk lesní, dub letní a břízu bradavičnatou byla zpracována a vizualizována pomocí grafů a mapových výstupů. Grafy byly vytvořeny v tabulkovém editoru MS Excel 2013, všechny mapové výstupy byly vytvořeny v aplikaci ArcMap 10.1 od společnosti ESRI. Dále byla provedena analýza těchto grafických výstupů, která měla za cíl zjistit rozdílnost nástupů fenologických fází pro každou rostlinu. Mapové výstupy jsou vytvořeny na základě jednoho kritéria, kterým je nadmořská výška, způsob zpracování a vizualizace map je tedy jiný, než v Atlase fenologických poměrů Česka z roku 2012. Dále bylo pro názornou ukázku také vytvořeno v programu Windows Movie Maker video zachycující proměnlivost nástupu fáze rašení břízy bradavičnaté ve všech pozorovacích letech.

Z analýzy výsledků zpracovaní buku lesního, dubu letního bylo dosaženo závěru, že rok pozorování 1991 je pro obě rostliny typický značným opožděním téměř všech nástupů vegetativních a generativních fází. Největší urychlení nástupů fází obou rostlin nastalo v předposledním roce pozorování, tedy v roce 2009. Odchylky nástupů fází rostlin vykazují téměř stejný průběh ve všech pozorovacích letech (1991-2010). Díky tomuto zjištění lze říci, že v tomto ohledu jsou si buk lesní a dub letní velice podobné. Další rostlinou, která byla předmětem zpracování, je bříza bradavičnatá. U této rostliny byly fenologické fáze nejvíce opožděny v roce 1996, naopak největší urychlení nástupů fází nastalo v letech 1999 a 2009. Malou výjimkou, kterou bříza bradavičnatá tvoří, je nástup fáze rašení a konec kvetení. Tyto fáze u buku lesního a dubu letního nastávají řádově o několik dní později, viz mapové výstupy, které jsou součástí přílohy.

Cíle, které byly pro tuto práci stanoveny, byly úspěšně splněny.

Na tuto bakalářskou práci by mohlo být v budoucnu navázáno při zpracování většího množství vstupních hodnot, které mohou ovlivňovat nástupy fenologických fází rostlin (např. teplota, vlhkost půdy a další). Zjištěné výsledky a způsob intepretace výsledků by mohl do budoucna pomoct například zaměstnancům ČHMÚ, nebo lidem, kteří fenologické hodnoty zpracovávají.

Zdroje

1 ČHMÚ. *Návod pro činnost fenologických stanic*: *lesní rostliny*: *metodický předpis č. 10*. Praha, 2009.

2 Observatoř Doksany: Český hydrometeorologický ústav. Mezinárodní fenologická zahrádka [online]. 2012 [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: http://www.obsdoksany.cz/fen.html

3 ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, Univerzita Palackého v Olomouci. *Atlas fenologických poměrů Česka*. Praha - Olomouc: ČHMÚ, 2012. ISBN 978-80-86690-98-8.

4 Buk lesní: Fagus sylvatica. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Buk_lesn%C3%AD

5 LEUGNEROVÁ, Gabriela. FAGUS SYLVATICA L. In: BOTANY.cz [online]. 2007 [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: http://botany.cz/cs/fagus-sylvatica/

6 Elektronický Herbář: Jaroslav Racek. Bříza bělokorá (bradavičnatá) (Betula pendula Roth): List [online]. 2007 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: http://www.e-herbar.net/main.php?g2_itemId=14853

7 Garten.cz. FÁROVÁ, Marie. Obrázek: Buk lesní - list (Fagus sylvatica Quercifolia) [online]. 2013 [cit. 2014-02-17]. Dostupné z: http://www.garten.cz/foto/cz/32523/

8 Dub letní: Quercus robur. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dub_letn%C3%AD

9 Garten.cz. In: SOCHOR, Michal. Rostliny: Quercus robur - dub letní [online]. 2007 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.garten.cz/a/cz/2676-quercus-robur-dub-letni/

10 Bříza bělokorá: Betula pendula. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/B%C5%99%C3%ADza_b%C4%9Blokor%C3%A1

11 ALEŠ, Kyral. www.rostliny.net. Betula pendula (Bříza bělokorá / Břest / Březina / B. bílá / B. bradavičnatá / B. písčitá / Deruzda) [online]. 2007-2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://www.rostliny.net/rostlina/Betula_pendula

12 Elektronický Herbář. RACEK, Jaroslav. Bříza bělokorá (bradavičnatá) (Betula pendula Roth): Samičí jehněda [online]. 2007 [cit. 2014-04-12]. Dostupné z: http://www.e-herbar.net/main.php?g2_itemId=14850

13 ČÚZK:Geoportál. Souřadnicové systémy: Souřadnicový systém S-JTSK – projekce užívané v GIS aplikacích: [online]. 2010 [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/(S(3idnaj55ma1todablmat0055))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=sit.trans&text=souradsystemy

14 Úvod do GIT a Základy geoinformatiky: Studijní opory pro cvičení oboru Geoinformatika. VOJTEK, David. Přímé vyjádření polohy (souřadnicové systémy a jejich transformace) [online]. 2014 [cit. 2014-04-02]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/vojtek/index.php?page=git_c/cviceni05

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vědecká klasifikace buku lesního [4] 8
Tabulka 2: Vědecká klasifikace dubu letního [8] 10
Tabulka 3: Vědecká klasifikace břízy bradavičnaté [10] 12
Tabulka 4: Ukázka fenologických dat břízy bradavičnaté 15
Tabulka 5: Ukázka fenologických metadat 16
Tabulka 6: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází buku lesního 26
Tabulka 7: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi buku lesního 27
Tabulka 8: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází dubu letního 31
Tabulka 9: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi dubu letního 31
Tabulka 10: Průměrné datum nástupu vybraných fenofází břízy bradavičnaté 35
Tabulka 11: Minimální a maximální hodnoty nástupů fenologických fázi břízy bradavičnaté 36

Seznam grafů

Graf 1: Sekvence vegetativních fází buku lesního 25
Graf 2: Sekvence generativních fází buku lesního 26
Graf 3: Průměrné trvání vegetačního období buku lesního 27
Graf 4: Odchylky nástupů vegetativních fází buku lesního 28
Graf 5: Odchylky nástupů generativních fází buku lesního 28
Graf 6: Sekvence vegetativních fází dubu letního 29
Graf 7: Sekvence generativních fází dubu letního 30
Graf 8: Průměrné trvání vegetačního období dubu letního 32
Graf 9: Odchylky nástupů vegetativních fází dubu letního 32
Graf 10: Odchylky nástupů generativních fází dubu letního 33
Graf 11: Sekvence vegetativních fází břízy bradavičnaté 34
Graf 12: Sekvence generativních fází břízy bradavičnaté 34
Graf 13: Průměrné trvání vegetačního období břízy bradavičnaté 36
Graf 14: Odchylky nástupů vegetativních fází břízy bradavičnaté 37
Graf 15: Odchylky nástupů generativních fází břízy bradavičnaté 37

Seznam obrázků

Obrázek 1: Model observatoře v Doksanech [2] 4
Obrázek 2: List buku lesního [7] 9
Obrázek 3: Listy dubu letního [9] 11
Obrázek 4: Žaludy dubu letního [9] 11
Obrázek 5: Samičí jehněda břízy bradavičnaté [12] 13
Obrázek 6: List břízy bradavičnaté [6] 13
Obrázek 7: Diagram aktivit 18
Obrázek 8: Orientace os X a Y souřadnicového systému S-JTSK [14] 20
Obrázek 9: Zmenšenina mapového výstupu, fáze rašení 29
Obrázek 10: Ukázka mapového výstupu, fáze konec kvetení 33

Seznam tištěných příloh ve formátu A4

MV 1: Fenologické stanice ČHMÚ na území ČR v letech 1991-2010

MV 2: Průměrné datum nástupu fáze rašení buku lesního v letech 1991-2010

MV 3: Průměrné datum nástupu fáze plné olistění buku lesního v letech 1991-2010

MV 4: Průměrné datum nástupu fáze konec kvetení buku lesního v letech 1991-2010

MV 5: Průměrné datum nástupu fáze opad listů buku lesního v letech 1991-2010

MV 6: Průměrné datum nástupu fáze rašení dubu letního v letech 1991-2010

MV 7: Průměrné datum nástupu fáze plné olistění dubu letního v letech 1991-2010

MV 8: Průměrné datum nástupu fáze konec kvetení dubu letního v letech 1991-2010

MV 9: Průměrné datum nástupu fáze opad listů dubu letního v letech 1991-2010

MV 10: Průměrné datum nástupu fáze rašení břízy bradavičnaté v letech 1991-2010

MV 11: Průměrné datum nástupu fáze plné olistění břízy bradavičnaté v letech 1991-2010

MV 12: Průměrné datum nástupu fáze konec kvetení břízy bradavičnaté v letech 1991-2010

MV 13: Průměrné datum nástupu fáze opad listů břízy bradavičnaté v letech 1991-2010