



Eva Stehnová, Hana Středová, Tomáš Středa

# Aplikace fenologických pozorování v aplikované a krajinné ekologii

Mendelova univerzita v Brně

Eva Stehnová, Hana Středová, Tomáš Středa

# **Aplikace fenologických pozorování v aplikované a krajinné ekologii**

2021

## **Oponenti**

Prof. Ing. Jana Škvareninová, PhD., TUZVO, Katedra aplikované ekologie

doc. Ing. Petr Kupec, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

Mgr. Michal Lehnert, Ph.D., UPOL, Katedra geografie

## **Autorský kolektiv**

Bc. Ing. Eva Stehnová, Ph.D.<sup>1,2</sup>

doc. Ing. Bc. Hana Středová, Ph.D.<sup>1,2</sup>

doc. Ing. Tomáš Středa, Ph.D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Zemědělská 1, 613 00 Brno

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav – pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

## **Poděkování**

Kniha vznikla za finanční podpory projektů QK1710197 „Optimalizace metod hodnocení ohroženosti území větrnou erozí a návrhů ochranných opatření v zemědělsky intenzivně využívané krajině“ a QK1920224 „Možnosti řešení protierozní ochrany v zemědělských podnicích při vyloučení používání glyfosátu“.

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

ISBN 978-80-7509-823-8 (tisk)

ISBN 978-80-7509-822-1 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-822-1>



Open Access. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 \(CC BY-NC-ND 4.0\) International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

**OBSAH**

<b>I. Úvod</b>	7
<b>II. Teoretická východiska</b>	9
<b>1 Krajinná ekologie</b>	9
<b>2 Fenologie</b>	10
2.1 Základní fenologická terminologie	11
2.2 Fenologická pozorování v České republice	13
2.2.1 Historický exkurz	13
2.2.2 Současnost	14
2.3 Typy fenologických stanic a sledované druhy rostlin	15
2.3.1 Fenologické polní stanice	15
2.3.2 Fenologické ovocné stanice	16
2.3.3 Fenologické lesní stanice	16
2.4 Metodické zastřešení fenologických pozorování v rámci ČHMÚ	17
2.5 Významné fenologické publikace v ČR	19
2.6 Fenologická pozorování ve světě	20
2.6.1 Evropa	20
2.6.2 Amerika	22
2.6.3 Antarktida	24
2.6.4 Austrálie a Nový Zéland	25
2.6.5 Asie	26
2.7 Mezinárodní fenologická pozorování	27
2.7.1 Mezinárodní fenologické zahrádky IPG	28
2.7.2 The Global Phenological Monitoring Programme (GPM)	29
2.8 Možnosti využití fenologických dat	31
2.8.1 Fenologická data a eroze půdy	31
2.8.2 Fenologická pozorování a jejich využití v humánní medicíně	36
2.8.3 Fenologická pozorování a klimatologie	37
2.8.4 Fenologická pozorování a agrometeorologické modelování	38
2.8.5 Fenologická pozorování a semenářství (produkci osiv)	39
2.8.6 Fenologie v kontextu environmentální bezpečnosti a ekosystémových služeb	40
2.9 BBCH stupnice	40
<b>III. Aplikace fenologických dat v různých oblastech zkoumání. Datová základna</b>	43
<b>3 Zpracování a analýza fenologických dat</b>	43
3.1 Výčet analyzovaných fenologických fází	43
3.2 Analyzované plodiny	44
3.3 Analyzovaná období	44
3.4 Analyzované stanice a jejich bližší charakteristika	44
3.5 Bližší popis a definice analyzovaných fenologických fází	46
3.6 Metody zpracování fenologických dat v analytické a aplikační části výsledků	53
3.7 Statistické zpracování dat	53
3.8 Aplikace fenologických údajů v oblasti protierozní ochrany půdy – výpočet faktoru ochranného vlivu vegetace	53



<b>IV. Praktické a analytické výstupy a jejich aplikace</b>	<b>57</b>
<b>4 Polní plodiny</b>	<b>58</b>
4.1 Analytická část – Grafické zpracování fenologických dat	58
4.1.1 Ječmen jarní – Strážnice	58
4.1.2 Pšenice ozimá – Branišovice	60
4.1.3 Řepa cukrová – Hodonín	61
4.1.4 Kukuřice setá – Strážnice	63
4.1.5 Lilek brambor – Dolní Heřmanice	65
4.2 Aplikační část – souvislosti s erozí půdy	67
4.2.1 Výpočet ochranného vlivu vegetace pro vodní erozi	67
4.2.2 Zpřesnění termínů vybraných fenologických fází a agrotechnických pracovních operací na základě fenologických pozorování ČHMÚ pro účely stanovení C faktoru	71
4.2.3 Srovnání a syntéza metod stanovení pěstebních období pro potřeby C faktoru pro ječmen jarní (případová studie)	75
4.3 Aplikační část – klimatologická aplikace fenologie	76
4.4 Aplikační část – bioindikace změn klimatu	77
4.4.1 Modelová fenologická stanice – Branišovice (1961–2012)	78
4.4.2 Další fenologické stanice (1961–1990)	82
4.4.3 Další fenologická stanice (1991–2010)	84
<b>5 Lesní rostliny</b>	<b>86</b>
5.1 Analytická část	86
5.2 Aplikační část – aplikace v rámci humánní medicíny – pylové alergen	86
5.2.1 Bříza bělokorá – Lednice, Březina, Český Rudolec, Krakovec	86
5.2.2 Líška obecná – Lednice, Březina, Český Rudolec	89
5.2.3 Vrba jíva – Český Rudolec, Březina	92
5.2.4 Lípa srdčitá – Český Rudolec, Březina	92
5.3 Aplikační část – souvislosti s environmentální bezpečností (třešeň ptačí, Želešice)	95
5.4 Aplikační část – bioklimatologické aplikace (sněženka podsněžník, konvalinka vonná, Lednice)	98
<b>V. Zasazení zjištěných informací do kontextu s vědními obory</b>	<b>101</b>
<b>Závěr</b>	<b>107</b>
<b>Summary</b>	<b>107</b>
<b>Seznam použité literatury</b>	<b>109</b>
<b>Seznam použitých zkratk</b>	<b>121</b>

## ABSTRAKT

Tato souhrnná publikace analyzuje údaje z dlouhodobých fenologických pozorování Českého hydrometeorologického ústavu a poznatky aplikuje v oboru aplikované a krajinné ekologie. V textu jsou analyzována data pro období 1931–2012. Kniha je zaměřena především na analýzu fenologie polních plodin v souvislosti s aktualizací hodnot ochranného vlivu vegetace (vymezení termínů vybraných fenologických fází pro výrobní oblasti, výpočet ochranného vlivu vegetace s využitím fenologických dat). Kromě zmíněných polních plodin jsou v knize analyzovány i některé druhy lesních rostlin ve vztahu k monitoringu pylových alergenů, environmentální bezpečnosti a bioklimatologii.

**Klíčová slova:**

bioindikace, eroze, změna klimatu, pylové alergen

## ABSTRACT

### APPLICATION OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS IN APPLIED AND LANDSCAPE ECOLOGY

This book analyses data from phenological observation of the Czech Hydrometeorological Institute and further applies this knowledge to the field of applied and landscape ecology. The monography deals with data from 1931 to 2012. The focus is mainly on the analysis of phenology of field crops in connection with updating the value of the protective effect of vegetation (assessment of terms of selected phenological phases, calculation of the protective effect of vegetation using phenological data). In addition to the mentioned field crops, several species of forest plants have also been analysed in this work in relation to the monitoring of pollen allergens, environmental security and bioclimatology.

**Keywords:**

bioindication, erosion, climate change, pollen allergens



## I. ÚVOD

Fenologie je věda, která sleduje každoročně se opakující projevy rostlin a živočichů v rámci daného roku. Člověk již odnedávna pozoroval přírodu a snažil se v ní objevit nějaká cyklicky se opakující pravidla, termíny a zákonitosti. O tomto faktu svědčí řada pranostik a přísloví např. (Jelínek *et al.*, 1999):

- Prší-li na svatého Řehoře, čáp letí od moře, žába hubu otevře a líný sedlák, který neoře.
- Svatý Jan květy dal (6. 5.), svatý Jan květy vzal (16. 5.).
- Kdo o svatém Janu len zasívá, stébla v děli lokte mívá.
- Do Jana Křtitele (24. 6.) nechval ječmene.
- Na Petra a Pavla (29. 6.) zlomí se žito kořinek a ono zraje dnem i nocí.

Fenologická pozorování doprovázejí lidskou civilizaci mnoho století. První fenologické záznamy pocházejí již z období před Kristem. Fenologie jako samostatná vědecká disciplína však vznikla výrazně později.

Fenologická pozorování slouží k mnoha účelům od potřeb malých zemědělců a amatérských klimatologů, až po vědce, kteří se zabývají indikací změny klimatu, které v současnosti čelíme.

Dnešní příroda a krajina jsou pod významným tlakem četných hrozeb a degradačních procesů jako je eroze půdy, její zhutnění, acidifikace, zasolení, dehumifikace; zábory půdy; dopady změny klimatu (mimořádné projevy počasí, sucho, dřívější nástup jara, prodlužování vegetačního období, vysoké teploty atd.); fragmentace krajiny; ztráta přirozených stanovišť; snižování biodiverzity a vymírání „užitečného“ hmyzu, který nemá v dnešní „fádní“ krajině dostatek potravy, anebo je ohrožen nadužíváním pesticidů a herbicidů; nízká retenční schopnost půdy a krajiny a malé množství rozptýlené zeleně ve volné krajině. Jednou z vědních oblastí, která může být nápomocna ke zlepšení stavu krajiny (např. při zpřesnění výpočtu eroze půdy, jako nástroj bioindikace klimatické změny atd.) je právě fenologie.

Fenologická pozorování mohou v řadě oblastí pomoci identifikovat dlouhodobé změny, ke kterým v dnešní krajině dochází. O možných aplikacích fenologických dat dále pojednává tato kniha.

Jeden ze zásadních problémů české krajiny spočívá ve zrychlené erozi půdy. V České republice je vodní erozí ohroženo přibližně 60 % zemědělské půdy a větrnou erozí 15–30 % zemědělské půdy. Velmi často bývá půda řazena mezi obnovitelné zdroje, což v dnešních podmínkách hospodaření již není možné striktně konstatovat, jelikož bilanční rovnice tvorby a ztráty půdy je zásadně narušena. Z pozemků je při přívalovém dešti běžně odneseno více půdy, než kolik se stačí přirozenou cestou obnovit-vytvořit.

Při stanovování hodnoty eroze půdy je jedním z prvků vstupujících do výpočtu faktor ochranného vlivu vegetace. Rostlinný pokryv na povrchu půdy zásadně ovlivňuje množství odnesených půdních částic. Vegetace má v rámci vegetačního období různou pokrývnost, která souvisí i s nástupem jednotlivých fenologických fází. Z tohoto důvodu v poslední době vznikly snahy o využití dlouhodobých fenologických řad polních plodin ke zpřesnění vlivu vegetace na erozi půdy.

Již Winston Churchill řekl, že: „*Společnost, která ničí půdu, ničí sama sebe.*“ Od dob W. Churchilla uběhlo již mnoho desetiletí a chování společnosti k půdě se nijak výrazně nezměnilo. Pokud chceme produkovat kvalitní a nezávadné potraviny potřebujeme i kvalitní půdu. Je důležité si uvědomit, že zdravá půda má v krajině a životě člověka nezastupitelnou roli!

Motto: „*Smysluplná činnost ve fenologii však nekončí nahromaděním fenologických dat, jejich revizí a uložením, ale jejich zhodnocením a využitím. Fenologie by si rozhodně neměla vysloužit označení „hřbitov číslic“, kterého se kdysi dostalo klimatologii.*“ (Krška, 2006)

## II. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Tato část přináší podrobný přehled řešené problematiky fenologie a krajinné ekologie v podobě základních definic, širších souvislostí a možných aplikací těchto dvou oborů. Kapitoly se snaží nalézt průniky a vzájemné souvislosti dvou řešených vědních oborů. Fenologická pozorování mají kromě již zmíněného blízkého vztahu k ekologickým vědám i širší přesah, a to například k humánní medicíně, kdy fenologické údaje slouží při monitoringu alergenů v přírodě. Výskyt pylových alergenů může mít dále řadu dopadů v různých oblastech, jako je např. cestovní ruch, rekreace atd. Kapitoly v této části knihy popisují nejen současný stav fenologických pozorování v České republice, ale i v celém světě.

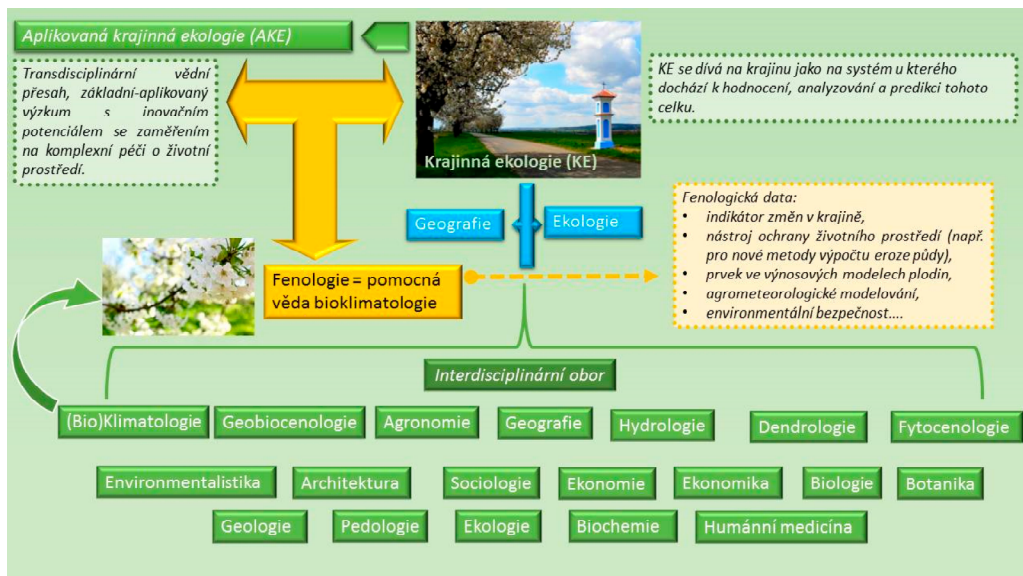
### 1 KRAJINNÁ EKOLOGIE

Krajina je částí zemského povrchu, která byla utvářena do dnešní podoby prostřednictvím exogenních a endogenních procesů. V historickém kontextu byl jedním ze zásadních faktorů při utváření krajiny i člověk, který v krajině hospodaří a využívá ji pro řadu účelů od ekonomických až po volnočasové aktivity. Kromě prostoru pro život krajina poskytuje i řadu ekosystémových služeb, které si uživatel běžně neuvědomuje (např. regulace místního a globálního klimatu, zadržování vody, regulace eroze, produkce potravin, rekreační potenciál atd.). Dobře fungující a zdravou krajinu je možno zařadit mezi základní složku nezbytnou pro kvalitní lidský život. Forman a Godron (1993) uvádějí, že krajinu můžeme chápat jako: *„Smyčku nekonečných zpětných vazeb: minulé činnost vytvořila současnou strukturu, současná struktura vytváří současnou činnost; současná činnost vytváří budoucí strukturu.“*

V rámci oboru krajinná ekologie došlo k propojení několika vědních disciplín (ekologie, geografie, pedologie, klimatologie atd.). Tento obor tedy patří mezi široce interdisciplinární obory (IALE, 1998). Historie vědního oboru sahá do první poloviny dvacátého století. V roce 1939 byl tento termín poprvé představen profesorem Carlem Trollm v jeho studii (Troll, 1939). Forman a Godron ve své knize uvádějí (1993), že *„krajinná ekologie zkoumá, jaká je struktura různorodých kombinací ekosystémů, jak tato kombinace funguje a jak se mění.“* Singer *et al.* (2006) uvádějí, že *„krajinná ekologie se zaměřuje na to, jak prostorová heterogenita ovlivňuje ekologické procesy. Především na dopady disturbance biotických a abiotických faktorů v ekosystému a na příčiny a důsledky těchto procesů.“* Další zdroj uvádí, že krajinná ekologie se zabývá studiem prostorových odlišností v krajině v různém rozsahu a řeší biofyzikální a společenské příčiny/důsledky heterogenity krajiny (IALE, 1998).

Diferencována je řada typů krajiny, ale všechny spojuje fakt, že je to prostor pro život řady organismů, včetně člověka. Dalo by se říci, že krajinnou ekologii a aplikovanou krajinnou ekologii můžeme považovat za „spojník“ mezi řadou odlišných vědních oblastí (vyplňuje mezery mezi jednotlivými obory). Změny a vývoj v krajině můžeme sledovat různými způsoby: změnou land use (vývoj v čase), dálkovým průzkumem (vývoj v čase a prostoru), monitoringem spektra organismů, a v neposlední řadě i fenologickými pozorováními, která mohou sloužit jako bioindikátor změn, včetně změn klimatické (Obr. 1).

**Obr. 1** Diagram vztahu krajinné ekologie a fenologie



Zdroj: vlastní zpracování

## 2 FENOLOGIE

Nejstarší fenologické záznamy byly zpracovány již před 3000 lety v Číně a je možno je nalézt i v Bibli. Nekovář (2007) uvádí, že první pozorování časového průběhu základních životních projevů rostlin a živočichů byla zaznamenána již v období 1027–221 př. n. l. v Číně. Významné jsou záznamy japonského císařského dvora, které evidovaly termíny počátky kvetení třešní (sakur) již v roce 705 n. l. Po dlouhou dobu zůstávala fenologická pozorování vázaná téměř výhradně na zemědělské aplikace, které byly ovšem prakticky využitelné pouze v lokálním měřítku (Schwartz, 2013).

Za zakladatele moderní fenologie a fenologických pozorování je považován botanik Carl von Linné (Leith, 1974). Termín fenologie byl ovšem definován belgickým botanikem a zahradníkem Charlesem Françoisem Antoinem Morrenem. Tento termín byl nejprve použit v roce 1849 na veřejné přednášce v Bruselu. Morren na přednášce řekl: „je to zvláštní věda, která má za cíl pochopit projevy života v čase a tato věda se nazývá fenologie.“ Teprve, až v roce 1853 byl tento nový termín použit v jedné z publikací (Demarée a Rustishauser, 2011).

V odborné literatuře existuje široké spektrum definic pojmu fenologie, ale většina z nich popisuje fenologii velmi podobně. Např. Sobíšek (1993) uvádí, že fenologie je věda o časovém průběhu významných periodicky se opakujících životních projevů rostlin a živočichů, tzv. fenologických fází, v závislosti na komplexu podmínek vnějšího prostředí, zejména na počasí a podnebí. Podobně fenologii definuje i Uhlíř (1961), který uvádí, že fenologie je věda o životních projevech rostlinných a živočišných organismů, které souvisí se změnami povětrnostními a jednotlivými ročními obdobími.

Fenologie je chápána jako pomocná věda bioklimatologie (Hájková, 2012), když fenologické projevy rostlin jsou úzce spojeny se sezónními povětrnostními podmínkami (Roetzer *et al.*, 2000). Uhlíř (1961) a další rozlišují dva druhy fenologie: fytofenologie a zoofenologie. Fenologické projevy do určité míry poskytují informace o vlastnostech podnebí místa v různém měřítku od mikroklimatu po makroklima. Pro tyto účely byla fenologická data využívána v dobách, kdy bylo k dispozici jen malé množství meteorologických pozorování (Krška, 2006).

Fenologická pozorování zaznamenávají datum u „nejdůležitějších“ fází (fenologické fáze zkráceně „fenofáze“) vývoje rostlin nebo živočichů např. termín metání, rašení, kvetení, zrání atd. (Uhlíř, 1960). Fenologická fáze je dle návodu pro činnost fenologických stanic definována jako „určitý zevně dobře rozpoznatelný, zpravidla každoročně se opakující projev vývinu orgánů sledované rostliny“ (Valter, 1982). Nástup jednotlivých fenologických fází je určen biotickými a abiotickými faktory (Leith, 1974). Fenologické fáze ukazují rytmicitu sezónního vývoje a meziroční změny v daných klimatických podmínkách (Rutishauser *et al.*, 2007).

## 2.1 Základní fenologická terminologie

**Fenologický pokus:** Fenologickým pokusem je označován porost vybrané plodiny pěstovaný v daném roce na pokusné ploše.

**Fenologická fáze (fenofáze):** Jedná se o určitý zevně dobře rozpoznatelný a každoročně se opakující projev vývinu orgánu polní plodiny; výjimečně jsou za fenologické fáze považovány i technické fáze (operace) setí a sklizeň.

**Popis fenologické fáze:** Je výčet viditelných znaků a jejich výskyt u dané plodiny charakterizuje danou fenologickou fází. Popis umožňuje rozpoznat nástup fenologické fáze. Popisy řešených fenologických fází jsou uvedeny v kapitole datová základna v podkapitole 3.5.

**Nástup fenologické fáze:** Jedná se o datum – kalendářní den v roce, ve kterém dojde k vývinu orgánu dané plodiny do určitého stadia dle popisu jednotlivých fenologických fází.

**Pravidla fenologických pozorování na stanicích ČHMÚ:**

- Jsou pozorovány pouze předepsané druhy plodin, které se nacházejí na pokusných plochách.
- Pro jednotlivé druhy plodin je předepsána řada sledovaných fenologických fází, v metodickém předpise je uvedena jejich charakteristika a pozorovatel zaznamenává konkrétní datum.
- Je potřeba sledovat a zaznamenávat i výskyt doplňkových údajů ovlivňující vývin rostlin (sklon pozemku, terén, závlaha, informace o reakcích rostlin na vnější podmínky, výskyt chorob, agrotechnické zásahy atd.).
- Kromě údajů fenologických mohou být zjišťovány i údaje fenometrické (např. měření délky rostliny, stanovení počtu listů na rostlině).
- Pokud nedošlo k nástupu některé z fenologických fází, je nutné tuto skutečnost zaznamenat.

**Fenologický gradient:** Je období, o které je posunut nástup jednotlivých fenologických fází na základě změny o jeden výškový nebo zeměpisný stupeň (Seyfert, 1960).



**Činnost fenologického pozorovatele:** Hlavní činnost je prováděna ve vegetačním období (tj. od března do listopadu). V tomto období je nutné, aby pozorované porosty byly sledovány ve dvoudenních intervalech, nejlépe formou observace po trase, která zahrnuje všechny pokusné plochy. V zimních měsících je pozorování prováděno pouze u ozimých plodin (Valter, 1982).

**Záznam pozorování:** Jednou z hlavních zásad fenologických pozorování je provádění zápisu termínu (data), kdy určitá fenologická fáze nastupuje. Tyto údaje se zapisovaly v minulosti do Zápisníku pro fenologické pozorovatele, a to přímo na místě pozorování. Po ukončení obhlídky pozorovatel zapsal zjištěné informace do Výkazu fenologických pozorování. Kompletní Výkazy fenologických pozorování se zasílaly na příslušné pobočky ČHMÚ (Pifflová *et al.*, 1956). Do Výkazu fenologických pozorování se kromě fenologických údajů, tj. termínu nástupu fenologické fáze, uvádějí i další důležité informace:

- polohopisné údaje: místo pozorování, okres, kraj,
- údaje o pozorovateli: jméno a zaměstnání,
- termíny: rok pozorování, zamrznutí půdy na zimu, sejítí sněhové pokrývky v předjaří, rozmrznutí půdy v předjaří, období se souvislou sněhovou pokrývkou, počátek jarních polních prací, počátek žní ozimého žita, ukončení žní obilovin,
- ekologická charakteristika území: nadmořská výška; druh půdy; poloha (rovin, údolí, svah); vzdálenost od obce, lesa, řeky.

Ukázka výkazu fenologických pozorování ze stanice Branišovice z roku 1960 je součástí kapitoly 2.4.

**Fenologická roční období:** V klimatologii a meteorologii se při hodnocení dat pracuje se základním pracovním obdobím, (zpravidla) rokem a měsícem, ale růst a vývoj rostlin se běžným kalendářním rokem neřídí. Podle reakce přírody na skutečný průběh počasí se rok rozděluje na fenologická období (Hájková, 2012). Tato období jsou odlišná od meteorologických období. Fenologická roční období jsou charakterizována výskytem typických fází hojně rozšířených rostlin. Uhlíř, (1961) rozlišuje:

- fenologické předjaří – je období, v němž se „probouzí“ příroda; je charakterizováno rozkvětem keřů a stromů, které kvetou ještě před olistěním (např. líska, jíva, dřín, olše); z bylin kvete bledule, sněženka, jaterník, podběl;
- fenologické jaro – toto období bývá někdy dále rozdělováno na časné jaro (rozkvétají stromy, které se současně olistují např. třešeň, jabloň) a plné jaro (začínají rozkvétat stromy již olistěné např. šeřík, jeřáb, kaštan);
- fenologické léto – toto období se dále rozděluje na dvě dílčí – časné léto (kvete lípa, réva vinná a ozimé žito) a plné léto (je charakteristické dozráváním obilnin);
- fenologický podzim – je období, kdy dochází ke žloutnutí listů a sklizni okopanin, na konci tohoto období opadáva listí;
- fenologickou zimu – půda je zamrzlá a pouze výjimečně může dojít k probuzení vegetace, jedná se o období vegetačního klidu.

## 2.2 Fenologická pozorování v České republice

### 2.2.1 Historický exkurz

Jedny z nejstarších evropských fenologických záznamů byly zaznamenány rodinou Marsham v Norfolku, a to pro období 1736–1947 (Sparks a Carey, 1995). Se sezónními záznamy započal v roce 1736 Robert Marsham. Vedl si podrobné záznamy o sezónních změnách počasí a teplot, o růstu plodin, migraci ptáků, termínech kvetení jednotlivých druhů apod. (Robert Marsham, 2018).

První fenologická stanice v rámci Evropy byla založena ve Švédsku, kterou zřídil C. Linné v letech 1750 až 1752 (Menzel, 2013).

Fenologická pozorování mají v České republice dlouholetou tradici, uvádí se, že první fenologická pozorování se konala již v 18. století. Jedněmi z prvních, kdo se v českých zemích začali zajímat o vliv počasí na život rostlin a zvířat, byli v 18. století meteorologové J. Stepling, A. Strnad a M. A. David (Hájková, 2012).

Raná fenologická pozorování v Českých zemích prováděl v roce 1786 botanik a cestovatel Tomáš Xaver Haenke. O významný rozvoj fenologie se v Čechách zasloužil Karl Fritsch, který publikoval desítky fenologických prací, z nichž některé měly i mezinárodní ohlas. V Čechách byla zavedena pravidelná fenologická pozorování v roce 1828 a to Společností vlastenecko-hospodářskou, která měla povznést zemědělství (Miháliková, 1983). V tomto období byly pozorovány fenologické fáze vývoje pupenu v list, počátek rozkvétání, konec kvetení a dozrávání semen (Hájková, 2012). Později fenologická pozorování v Čechách organizovala Společnost pro fysiokracii a na Moravě to byl německý Přírodovědecký klub. Za první světové války byla činnost těchto organizací zrušena (Miháliková, 1983).

Dalšími významnými osobnostmi ve fenologických kruzích byli profesori Václav Novák a Bohuslav Polanský, kteří byli hlavními představiteli a organizátory fenologických pozorování v období mezi světovými válkami.

Profesor Václav Novák ve své knize uvádí význam fenologických pozorování pro klimatologii a zemědělství. Zabýval se osvětovou činností, která řešila organizaci fenologických pozorování a jeho cílem bylo poučit veřejnost a získat zájemce, kteří budou fenologická pozorování realizovat (Krška, 2006). Dále vypracoval pozorovací metodiku, která byla postavena na zásadách německých botaniků Hoffmana a Ihneho, ale zásady upravil tak, aby vyhovovaly zemědělským účelům (Miháliková, 1983). Profesor Novák ve své knize uvádí, že fenologická pozorování jsou vhodná pro zjištění místních klimatických odchylek, protože na rostlinách se každá odchylka-extrém klimatu musí projevit (Novák, 1922). Významná byla i publikační činnost v oblasti fenologie, kdy profesor Novák vydal 12 fenologických ročenek (Vzpomínka na vědce a pedagoga profesora Václava Nováka, 2016). Dále vytvořil v roce 1923 jednu z prvních národních fenologických sítí na světě. Jednalo se o velice rozsáhlou síť, která však byla z dlouhodobého hlediska neudržitelná. Do fenologického monitoringu bylo zapojeno 650 pozorovatelů (Hájková, 2012).

Profesor Polanský byl lesní odborník, který popsál, jak lze využít fenologická pozorování v lesnické praxi. Uvádí, že data z fenologických pozorování zachycují klimatickou povahu různě velkých lesních oblastí, napomáhají k určení délky produkční doby dřevin a na jejich základě je možné stanovit přirozené kraje a oblasti pro pěstování lesů (Polanský, 1937).

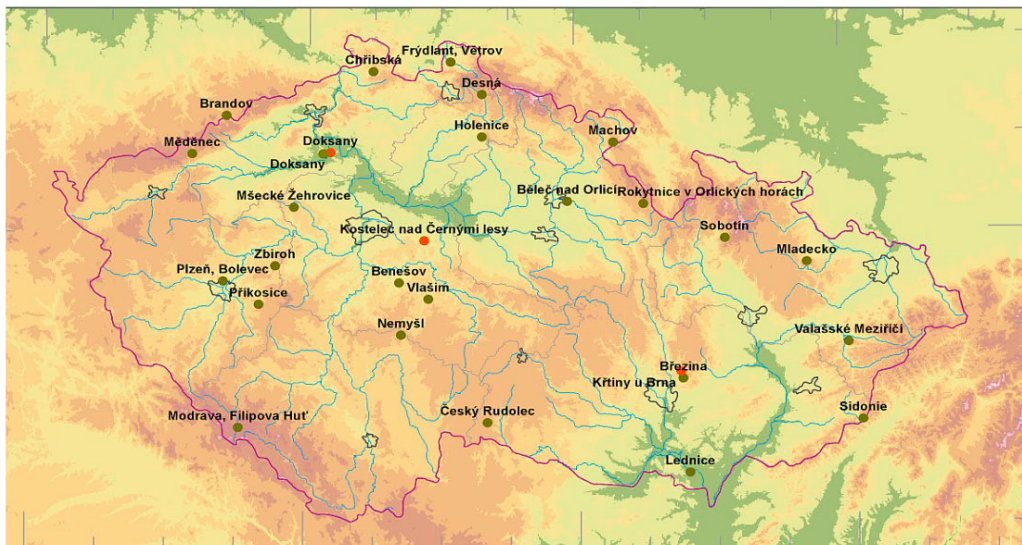
Od roku 1923 do roku 1939 prováděl fenologická pozorování Výzkumný ústav zemědělský v Praze, Brně, Bratislavě a Košicích (Miháliková, 1983). Česká meteorologická služba převzala fenologická pozorování v roce 1940 s celou sítí i s archivem s údaji od roku 1923. V tomto období se počet fenologických stanic blížil hustotě srážkoměrné sítě. Postupem času ale začalo docházet k redukci fenologických stanic a kolem roku 1985 došlo ke specializaci stanic v ČSSR. V tomto období bylo v ČSSR 94 stanic sledujících polní plodiny, 26 stanic pozorujících ovocné dřeviny a 41 stanic zaměřených na pozorování lesních rostlin. Později v ČR zajišťoval a zastřešoval fenologická pozorování ČHMÚ (Nekovář a Rožnovský, 2006). Do roku 2012 bylo sledováno Českým hydrometeorologickým ústavem celkem 45 druhů lesních rostlin, 19 druhů polních plodin a 15 druhů ovocných dřevin.

## 2.2.2 Současnost

Fenologický monitoring v ČR v současnosti provádí Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), dnes pouze již v omezené míře. V roce 2012 ČHMÚ ukončil fenologická pozorování polních plodin a ovocných dřevin. Nyní probíhá fenologický monitoring pouze u lesních rostlin. Fenologická pozorování jsou momentálně prováděna na 31 stanicích (Obr. 2). Další fenologická pozorování probíhají i na třech Mezinárodních fenologických zahrádkách (IPGs), konkrétně Doksany, Kostelec nad Černými lesy a Domanínky, který nahradil stanici v Březině.

Před několika roky byl tým pracovníků z ČHMÚ požádán MŽP o vytvoření podkladů pro možnosti obnovení fenologické sítě polních plodin v ČR. To naznačuje, že existují určité úvahy o obnovení některých fenologických pozorování, ale bohužel dodnes (rok 2021) se tak nestalo.

**Obr. 2** Mapa s lesními fenologickými stanicemi ČHMÚ a IPGs



Zdroj: Hájková, 2016

## 2.3 Typy fenologických stanic a sledované druhy rostlin

Fenologické stanice ČHMÚ se rozdělovaly na tři základní typy, podle toho, které druhy rostlin pozorovaly:

- polní stanice,
- ovocné stanice,
- lesní stanice.

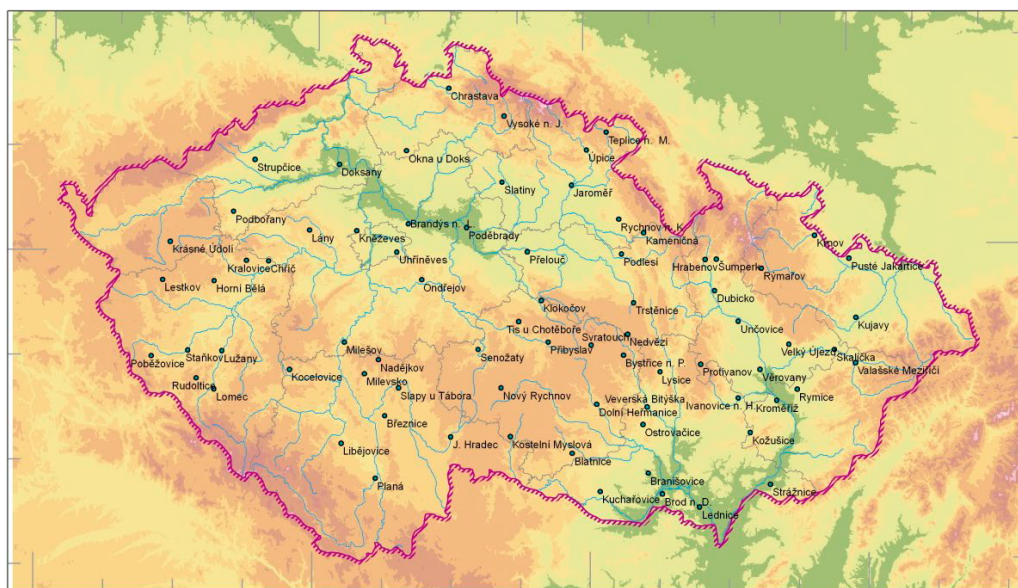
Činnost na těchto stanicích byla, respektive na přetrvávajících je, řízena na základě metodických předpisů, které vydává ČHMÚ. Jen výjimečně docházelo ke kombinacím více druhů stanic (např. Doksany prováděly všechny tři typy pozorování, Lednice sledovala lesní a polní plodiny, Strážnice – ovocná a polní stanice).

Lokality pro fenologické stanice se vybírají tak, aby reprezentovaly danou oblast. Je důležité, aby se lokalita nevymykala okolnímu rázu krajiny. Stanice by se neměla nacházet např. v mrazové kotlině, na svahu, který je výrazně orientován pouze na jednu světovou stranu anebo na místě s atypickými půdními podmínkami. Dále je důležité, aby se fenologická stanice nacházela poblíž klimatické stanice (Hájková, 2012).

### 2.3.1 Fenologické polní stanice

Do roku 2012 byly sledovány na polních stanicích (Obr. 3) následující polní plodiny: bob obecný (*Faba vulgaris*), lilek brambor (*Solanum tuberosum*), řepa cukrová (*Beta vulgaris* var. *altissima*), fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*), hrách setý (*Pisum sativum*),

**Obr. 3** Sít polních fenologických stanic ČHMÚ, která prováděla pozorování do 31. 12. 2012



Zdroj: ČHMÚ



V rámci těchto pozorování bylo na ovocných fenologických stanicích (Obr. 4) sledováno celkem 14 ovocných druhů a to: jablono (Malus), hrušeno (Pyrus), slivono (Prunus domestica), třešeno (Prunus avium), višeno (Prunus cerasus), meruňka (Prunus armeniaca), broskvono (Prunus persica), angrešt (Ribes uva-crispa), ořešák (Juglans regia), líska (Corylus avellana), réva vinná (Vitis vinifera), rybíz černý (Ribes nigrum), rybíz červený (Ribes rubrum), bílý (Ribes rubrum) (Metodický předpis č. 3. 2009).

V ČR je v rámci fenologických pozorování lesních rostlin pozorováno celkem 45 druhů a to: smrk ztepilý (*Picea abies*), modřín opadaný (*Larix decidua*), borovice lesní (*Pinus silvestris*), borovice kosodřevina (*Pinus mugo*), třešeň ptačí (*Cerasus avium*), slivoň trnka (*Prunus spinosa*), jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia*), hloh obecný (*Crateagus oxyacantha*), trnovník akát (*Robinia pseudoaccacia*), habr obecný (*Carpinus betulus*),

**Obř. 4** Síť ovocných fenologických stanic ČHMÚ, která prováděla pozorování do 31. 12. 2012



Zdroj: ČHMÚ

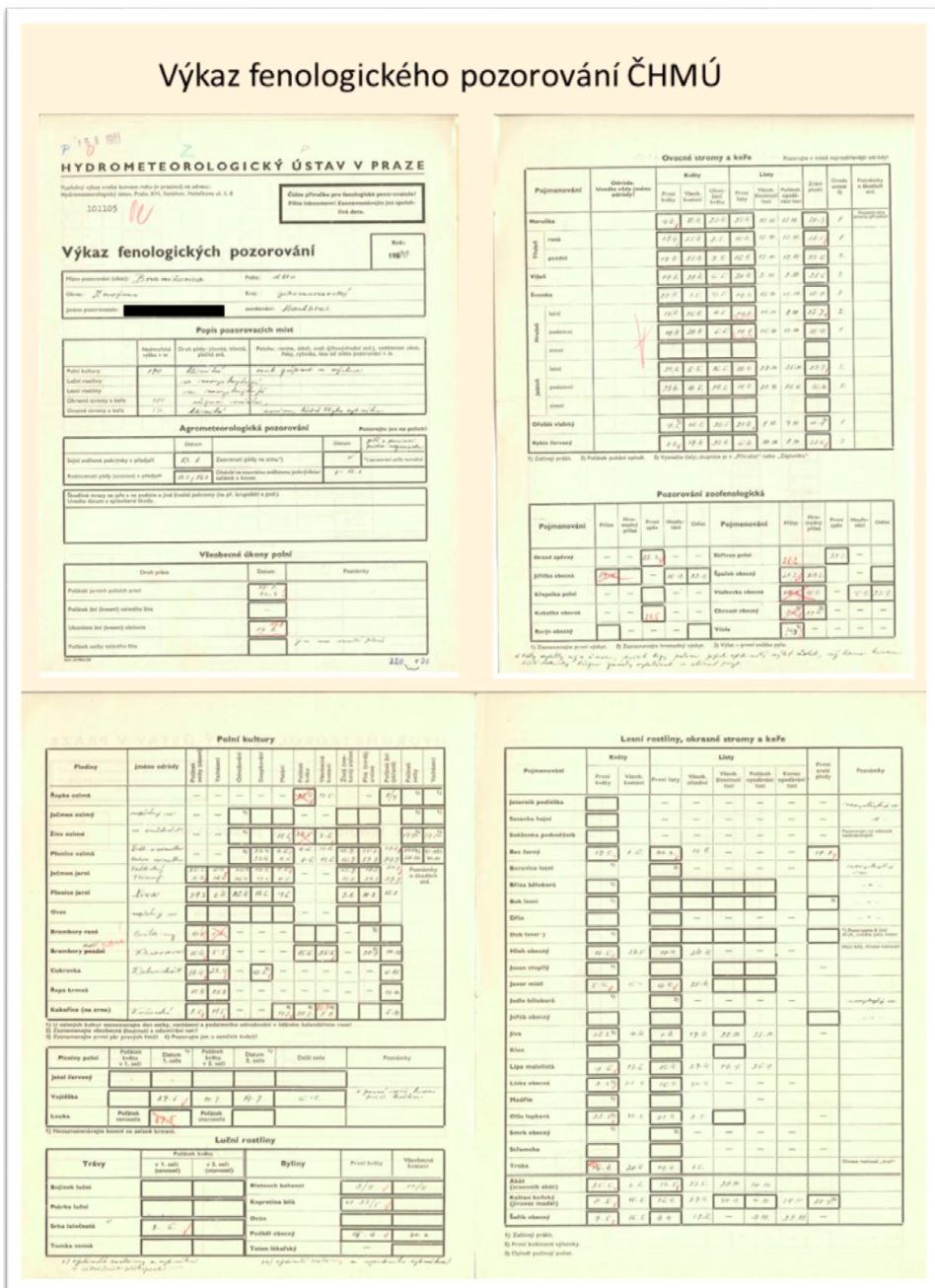
líška obecná (*Corylus avellana*), bříza bradavičnatá (*Betula pendula*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), olše šedivá (*Alnus incana*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), dub letní (*Quercus robur*), vrba jíva (*Salix caprea*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mlč (*Acer platanoides*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*), svída dřín (*Cornus mas*), bez černý (*Sambucus nigra*), bez hroznatý (*Sambucus racemosa*), blatouch bahenní (*Caltha palustris*), sasanka jarní (*Anemone nemorosa*), jaterník podléška (*Hepatica nobilis*), pryskyřník prudký (*Ranunculus acris*), jahodník obecný (*Fragaria vesca*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), třezalka tečková (*Hypericum perforatum*), vrbka úzkolistá (*Chamerion angustifolium*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), hluchavka bílá (*Lamium album*), kopretina luční (*Chrysanthemum leucanthemum*), podběl obecný (*Tussilago farfara*), devětsil zvrhlý (*Petasites hybridus*), devětsil bílý (*Petasites albus*), ocún jesenní (*Colchicum autumnale*), konvalinka vonná (*Convallaria majalis*), sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*), rákos obecný (*Phragmites australis*). Dále jsou v rámci tohoto typu fenologické stanice pozorovány trvalé louky, kde jsou sledovány senoseče a otavoseče a je analyzována velikost úrody (Metodický předpis č. 10, 2009).

## 2.4 Metodické zastřešení fenologických pozorování v rámci ČHMÚ

Od roku 1956 byla fenologická pozorování řízena zásadami, které byly uvedeny v Příručce pro fenologické pozorovatele, kterou vytvořil kolektiv autorů (L. Pifflová, J. Brablec, V. Lenner a M. Minář) z ČHMÚ. Tato publikace obsahuje tyto části: všeobecnou, pozorování fytofenologická (dále rozčleněny na polní kultury, luční rostliny, lesní rostliny, okrasné stromy a keře a ovocné stromy a keře), pozorování zoofenologická (pozorování stěhovaných ptáků a včel), pozorování škůdců a chorob rostlin, návod pro agrometeorologická pozorování a návod pro pozorování zemědělských úkonů všeobecného rázu. V tomto období probíhala fenologická pozorování v rámci sedmnácti polních kultur (žito ozimé, pšenice ozimá a jarní, ječmen ozimý a jarní, oves setý, kuřice setá, brambory rané, brambory pozdní, řepa cukrová, řepa krmná, hrách setý, řepka ozimá, konopí seté, len přadný, len olejnopřadný, chmel otáčivý a píceiny – jetel luční, vojtěška setá a ozimé směsky (jetelotrávní a vojtěško trávní)). Příručka obsahuje i kreslené animace rostlin pro usnadnění práce pozorovatelů při identifikaci fenologických fází. Příručka nespecifikuje konkrétní odrůdy plodin a rostlin.

Zásadní změna v rámci fenologického pozorování nastala v roce 1983. V tomto roce došlo k rozdělení fenologických stanic na stanice pro polní plodiny a ovocné dřeviny. Pro potřeby těchto pozorování byly vydány ČHMÚ Metodické předpisy: **Metodický předpis č. 2 – Návod pro činnost fenologických stanic – polní plodiny** a **Metodický předpis č. 3 – Návod pro činnost fenologických stanic – ovocné dřeviny**. Transformace nového rozdělení fenologických stanic byla dokončena v roce 1987, kdy byl vydán **Metodický předpis č. 10 – Návod pro činnost fenologických stanic – lesní rostliny**. V rámci těchto návodů jsou uvedeny definice sledovaných fenologických fází, fenometrické údaje (délka rostlin, počet listů), základní pokyny a informace, výběr plodin a sledovaných pozemků, doplňkové údaje a zpravodajská činnost. V rámci nových návodů byly zařazeny do pozorování nově některé plodiny, a to bob obecný, fazol obecný a mák setý. Bylo zrušeno pozorování konopí setého.

**Obr. 5** Ukázka výkazu fenologických pozorování



*Zdroj: ČHMÚ*

Dále došlo k tomu, že brambory již nejsou rozlišovány na rané a pozdní. U lnu setého již není aplikováno rozlišení na přadný a olejopřadný. Je pozorován pouze len setý.

V metodických předpisech s platností od roku 1983 jsou již uvedeny konkrétní odrůdy, které mohou být v rámci fenologických pozorování pozorovány, což dříve nebylo. Výše zmíněné metodické předpisy byly aktualizovány v roce 2009 vydáním aktualizovaných metodických předpisů. Tyto předpisy jsou platné až do dnešních dní (rok 2021).

V rámci výše zmíněných Metodických předpisů nebyly jednotlivé fenologické fáze názorně prezentovány a pro ulehčení práce pozorovatelů byla vydána v roce 2004 další pomůckou pro pozorovatele, a to publikace Fenologický atlas (Coufal *et al.*, 2004). Na Obr. 5 je ukázka fenologického výkazu, do kterého zapisovali pozorovatelé svoje pozorování.

Od 1. 1. 2005 jsou fenologická data ukládána do databáze Oracle Fenodata. Toto rozhraní slouží k pořizování a archivaci fenologických údajů. Starší data byla digitalizována a z prostředí MS Excel importována do programu Fenodata. Průběžná hlášení zasílaná poštou nebo v elektronické podobě jsou kontrolována a vkládána do tohoto programu (Hájková, 2012).

## 2.5 Významné fenologické publikace v ČR

**Agroklimatické podmienky ČSSR** (Kurpelová, Coufal, Čulík, 1975): Jedná se o unikátní publikaci, která se zabývá vztahem klimatu a zemědělství. Publikace jako první poskytuje komplexní zhodnocení klimatických podmínek pro širší uplatnění, zejména pro rozvoj zemědělství. V publikaci jsou uvedena fenologická data pro **polní plodiny** žito ozimé (*Secale cereale*), pšenice ozimá (*Triticum aestivum*), ječmen jarní (*Hordeum vulgare*), oves (*Avena sativa*), kukuřice (*Zea mays*), pozdní brambor (*Solanum tuberosum*), řepu cukrovou (*Beta vulgaris*) a pro **ovocné dřeviny** meruňka (*Armeniaca vulgaris*), třešeň (*Cerasus avium*), hrušeň (*Pirus communis*) a jablonoň letní (*Malus domestica*) na území České a Slovenské republiky. V publikaci jsou zpracována data za období 1931–1960.

**Fenologické ročenky:** Získané fenologické údaje byly dříve publikovány prostřednictvím fenologických ročenek. ČHMÚ tuto publikaci vydávalo do roku 1960 a SHMÚ do roku 1980.

**Fenologický atlas** (Coufal, Houška, Reitschläger, Valter, Vráblík, 2004): Jedná se o obrázkový atlas, který má fenologickým pozorovatelům usnadnit stanovení dané fenologické fáze. Jedná, *de facto*, o doplněk k metodickým předpisům. Publikace obsahuje všechny pozorované rostliny a plodiny s fotografiemi všech sledovaných fenologických fází.

**Atlas fenologických poměrů Česka:** Knihu vydal Český hydrometeorologický ústav a Univerzita Palackého v Olomouci. Jedná se o knihu, která podává komplexní informace o fenologickém monitoringu za období 1991–2010. Publikace vyšla v roce 2012. Zpracované údaje jsou graficky znázorněny prostřednictvím mapových výstupů, grafů a tabulek. Na tvorbě publikace se podílel kolektiv autorů L. Hájková, V. Voženílek, R. Tolasz, M. Kohut, M. Možný, J. Nekovář, M. Novák, J. D. Reitschläger, D. Richterová, M. Stříž, A. Vávra a A. Vondráková. V knize jsou analyzovány údaje pro polní plodiny, ovocné plodiny, lesní rostliny – dřeviny, byliny.

**Atlas podnebí Česka:** Na tvorbě atlasu se podílelo více než čtyřicet pracovníků a vyšel pod vedením R. Tolasze. Publikaci vydal ČHMÚ a Univerzita Palackého v roce 2007. Nejedná se o primárně fenologickou publikaci. Fenologie v této publikaci má spíše



doplňkový charakter. Problematika fenologie je zde rozpracována v rámci kapitoly osm (Fenologické charakteristiky). V atlase jsou analyzovány údaje pro počátek kvetení třešně ptačí, vybrané fenologické fáze pšenice ozimé (průměrné hodnoty – vzcházení, počátek metání, plná zralost) a ječmene jarního (průměrné hodnoty – vzcházení, počátek metání, plná zralost). Publikace pracuje s datovou základnou pro období 1961–2000.

**Metodické předpisy ČHMÚ:** Jedná se o manuály („kuchařku“) pro fenologické pozorovatele. Tyto materiály stanovují pozorovatelům, jak mají při pozorováních postupovat (jak má vypadat pokusná plocha/pozorovací místa, jak identifikovat jednotlivé fenologické fáze, které fenologické fáze se u daných rostlin pozorují, pravidla pozorování, informace o hlášení atd.). V rámci dlouholetého fungování vyšlo několik metodických předpisů:

- 1956 – Příručka pro fenologické pozorovatele (L. Pifflová, J. Brablec, V. Lenner, M. Minář);
- 1981–1982 – Metodický předpis č. 2 a 3 – Návod pro činnost fenologických stanic (J. Valter) – pro polní plodiny, ovocné dřeviny;
- 1988 – Metodický předpis č. 10 – Návod pro činnost fenologických stanic (J. Valter) – lesní rostliny;
- 2009 – Metodický předpis č. 2, 3, 10, – Návod pro činnost fenologických stanic (J. Valter, J. D. Reitschläger) – polní plodiny, ovocné dřeviny, lesní rostliny.

## 2.6 Fenologická pozorování ve světě

### 2.6.1 Evropa

Evropské země mají dlouhou tradici v systematickém sběru fenologických údajů z řady různých prostředí. Vytvoření ucelené sbírky fenologických dat v kontinentálním měřítku je dosti náročné, a to především kvůli odlišnému vývoji národních sítí v jednotlivých zemích (Menzel, 2013).

Menzel (2002) uvádí, že jedna z nejdůležitějších a nejrozsáhlejších tradic fenologického monitoringu se nachází právě v Evropě. V mnoha evropských zemích existují dlouhodobé datové řady, a proto je Evropa mimořádně vhodnou oblastí pro zkoumání fenologických změn. Hlavním problémem evropské fenologie jsou však nestejnorodé fenologické datové řady, které jsou potřebné pro určité modely a aplikace. Některé nově vzniklé iniciativy COST725 (Evropská platforma pro fenologické údaje pro klimatické aplikace) a výsledná PEP725 (Celoevropská fenologická databáze) přinášejí strukturovanou a širokou databázi s fenologickými daty. Stávající národní sítě jsou srovnávány s novými projekty například s Mezinárodními fenologickými zahrádkami apod. (Menzel, 2013).

V Evropě existují základní čtyři druhy fenologických sítí. Jedná se o IPG, GPM, ICP Forests (International Co-operative Program on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects) a jednotlivé národní fenologické sítě. Schuster et al. (2011) uvádí, že v nedávné době vznikla nová fenologická síť arkticko-alpínských botanických zahrad, které pozorují vybrané druhy alpínských rostlin. Jedna ze stanic se nachází v Německu ve městě Schachen.

Okrajově jsou fenologická pozorování sledovaná i v druhé úrovni ICP Forests. Tento projekt sleduje znečištění ovzduší v lesních porostech. Projekt ICP byl zahájen

v roce 1985 na základě Úmluvy o dálkovém znečištění ovzduší přesahující hranice států. Druhá úroveň byla zahájena o něco později, a to konkrétně v roce 1994. Fenologická pozorování jsou v rámci tohoto projektu pouze na dobrovolné bázi a slouží jako doplňkové informace o stavu a vývoji lesních stromů v průběhu roku (Menzel, 2013).

Řada jednotlivých zemí však disponuje vlastní sítí fenologických stanic, které jsou většinou řízeny národními meteorologickými službami. V některých zemích jako je Albánie, Rakousko, ČR, Estonsko, Německo, Polsko, Slovenská republika, Španělsko, Švýcarsko, Slovinsko, Rusko má fenologická síť dlouholetou tradici, a to zpravidla od poloviny dvacátého století, a v některých zemích již od počátku dvacátého století. Sporadicky jsou v Evropě zřizovány i nové fenologické sítě (Menzel, 2013).

Novodobá fenologická pozorování v **Německu** započala v roce 1936 a byla kombinací různých regionálních fenologických sítí. V roce 1949 převzala správu sítě německá meteorologická služba (Deutscher Wetterdienst) a v roce 1951 část sítě spravovala i Hydrometeorologická služba NDR (Hydrometeorologische Dienst). Ke sjednocení těchto dvou sítí došlo v roce 1991 a síť je řízena německou meteorologickou službou (Menzel, 2013).

Od roku 1951 byla systematická fenologická pozorování zavedena v **Rakousku** a **Švýcarsku** a provozovatelem sítě je také příslušná národní meteorologická služba.

Moderní fenologický sběr dat byl ve **Slovinsku** založen v letech 1950–1951 v rámci agrometeorologické služby, a proto byla data používána hlavně pro zemědělský výzkum a zemědělské účely. Síť se skládá z 61 fenologických stanic, které jsou rovnoměrně rozloženy na území státu. Fenologická pozorování se provádějí na dvou skupinách rostlin, a to na nekultivovaných rostlinách (např. bylinách, lesních stromech, keřích, jeteli a travinách) a na kultivovaných rostlinách, např. polních plodinách a ovocných stromech (Menzel, 2013).

V **Rusku** byla fenologická pozorování započata v padesátých letech 19. století s více než 600 pozorovateli, a to především v evropské části Ruska. V současnosti je umístěn jeden z nejdůležitějších archivů v Petrohradě, když tento disponuje daty z dobrovolnické sítě. V archivu je více než 2000 pozorovacích lokalit z celého území bývalého Sovětského svazu i s regionálními podprogramy s různými pozorovacími manuály a druhy (Schultz, 1981). Další důležitou sítí v tomto regionu byla síť agrometeorologického programu, kterou zřídil Schigolev v roce 1930. Síť prováděla velmi podrobné pozorování zemědělských plodin a některých dřevin. Pozorování provozovatelé propojili s meteorologickým měřením. Byla měřena teplota půdy a vlhkost, srážky a sníh (Davitaja, 1958).

V **Estonsku** byla první fenologická pozorování zavedena v roce 1869 v botanické zahradě u univerzity v Tartu. Zakladatelem a hlavním organizátorem fenologických pozorování byla Estonian Naturalist's Society, která v roce 1951 zavedla široký pozorovací program (Eilart, 1959). Tato instituce je v současnosti nejvíce aktivní v oblasti dobrovolných fenologických pozorování rostlin, ptáků, ryb a sezónních jevů v zemi (Eilart, 1968). Agro-fenologická síť byla zřízena v roce 1948 a provozuje ji Estonský meteorologický a hydrologický ústav (EMHI, 1987). Stanice sledují zemědělské plodiny, vybrané druhy stromů a měří základní charakteristiku prostředí. V 90. letech bylo v provozu 21 stanic (Ahas, 2001), ale v průběhu času docházelo k úbytku stanic až na 10 v roce 2001 a na 6 v roce 2002 (Menzel, 2013).

Obecně lze říci, že tradiční národní fenologické sítě disponují dlouholetými záznamy, které jsou vhodné pro monitoring dopadů změny klimatu (Menzel, 2013). V kontextu dlouhodobých časových řad je však nutné brát při analýze ohled na možné změny metodik, které se v průběhu mohly objevit.

V některých zemích byl centrální oficiální fenologický monitoring zahájen teprve v nedávné době. Takovou zemí je např. **Švédsko**, kde švédská národní fenologická síť byla oficiálně zřízena v lednu 2010 a vznikla tak geograficky relativně hustá fenologická síť, složená z profesionálních stanic a také z komunity dobrovolníků. V současnosti tato síť digitalizuje dostupná historická fenologická data z období 1873–1926, kde byla zaznamenána fenologická data pro přibližně 50 rostlin a 25 zvířat (Menzel, 2013).

## 2.6.2 Amerika

Fenologické sítě v Severní Americe měly v minulosti především charakter místní a regionální. Velký rozsah zde měl fenologický monitoring zvířat, a to především ptáků.

### Spojené státy americké (USA)

Monitoring fenologických fází rostlin nemá v USA takovou tradici, jako je tomu v evropských zemích. První snaha na zavedení systematických fenologických pozorování byla iniciována v roce 1851 pod záštitou Smithsonova institutu. Toto pozorování mělo ovšem krátkodobý charakter. Trvalo pouze do roku 1859 (Hopp, 1974). Po tomto roce se angažovali především jedinci, kteří se věnovali fenologickým pozorováním.

Nejdůležitějším příspěvkem fenologického výzkumu ve Spojených státech byl bioklimatologický princip (tzv. Hopkinsův zákon), který publikoval v roce 1938 Hopkins. Tento zákon říká, že počátek určitých jarních fenologických událostí (např. kvetení) se v mírných částech severní Ameriky časově zpožďuje, a to v závislosti na průměrné teplotě, která je pro danou oblast specifická. Autor uvádí, že směrem na sever, východ a do vyšších nadmořských výšek dochází k opoždění těchto biologických událostí, a to přibližně o 4 dny (opoždění dochází u každého stupně zeměpisné šířky na sever, pro každých 5° východní zeměpisné délky a pro 400 stop nadmořské výšky).

První větší fenologická síť se v novodobé historii začala vytvářet v 50. letech 20. století v rámci zemědělských experimentálních projektů (Schwartz, 1994). J. M. Caprio vytvořil v roce 1957 první velký projekt, který prováděl fenologická pozorování. Tato síť obsahovala cca 2500 dobrovolných pozorovatelů napříč dvanácti západními státy. V rámci tohoto projektu byl pozorován šerík obecný (*Syringa vulgaris*) a později byly přidány dva kultivary zimolezu (*Lonicera tatarica*). Tato pozorování skončila v roce 1994 (Cayan *et al.*, 2001). Na tento projekt později navázaly další projekty ve středu USA (Schwartz *et al.*, 2013). Data z těchto pozorování byla v nedávné době použita při zkoumání vztahu mezi načasováním vybraných fenologických fází šeríku obecného a zimolezu a jarním táním sněhu v kontextu globální změny klimatu. Na základě těchto dat bylo zjištěno, že od konce 70. let dochází k dřívějšímu nástupu jara (Cayan *et al.*, 2001). Další výzkum, který využíval fenologická data šeríku a zimolezu byl veden Schwartzem (1985).

V posledních dekádách došlo k obrovskému zájmu o fenologii, a to napříč kontinentem a zejména v USA. Tento zvýšený zájem pramení z uvědomění si, že fenologie

jako věda je indikátorem ekologických a klimatických dopadů v rychle se měnícím životním prostředí. To vyústilo v založení národní fenologické sítě v USA (USA National Phenology Network (USA–NPN)) a to v roce 2007. Tento program sloužil jako platforma pro vývoj různých modelů fenologického monitoringu od národních sítí přes místní organizované programy, až po neorganizované jednotlivé pozorovatele. V rámci sítě působí profesionální a dobrovolní pozorovatelé, kteří shromažďují data o stovkách druhů rostlin a zvířat v rámci celých států. USA–NPN navazuje i na tradici předchozí fenologické sítě a provádí pozorování i u běžných a šlechtěných druhů šetrníků. Získaná data v rámci sítě jsou volně dostupná pro vědce a širokou veřejnost. Tato data mají sloužit k lepšímu rozhodování a přizpůsobování se proměnlivému a měnícímu se klimatu a životnímu prostředí. V rámci národní fenologické sítě funguje národní koordinační úřad, který udržuje webové stránky, provádí správu dat, podporuje používání standardizovaných pozorovacích metodik, zastřešuje sběr dat a usnadňuje komunikaci mezi pozorovacími subjekty (Schwartz *et al.*, 2013).

Existuje zde i řada dalších národních a mezinárodních fenologických programů. Řada z nich vznikla v posledním desetiletí. Tyto projekty sledují různé spektrum druhů rostlin a živočichů (např. ptáky, žáby, motýly, včely, polní plodiny, tulipány, listnaté stromy a další). Mezi projekty, které pozorují plodiny, patří např. BudBurst Project, GLOBE Phenology Network, Plantwatch, Watch the Wild, Mountain Watch a mnoho dalších.

## Kanada

Kanada má dlouhou a bohatou historii fenologických pozorování. Fenologické sítě pozorující rostliny, lze rozdělit na dvě úrovně, a to na národní a regionální sítě.

Již první národy žijící v Kanadě využívaly fenologická pozorování např. národ Blackfoot v Albertě používal termín kvetení *Thermopsis rhombifolia* (tzv. zlaté fazole) pro stanovení nejlepšího termínu k lovu bizonů (Johnston, 1987).

Odhaduje se, že celostátní fenologický monitoring v Kanadě byl zahájen asi v roce 1887 (20 roků po vzniku kanadské konfederace). V roce 1897 již celostátní fenologický výzkum pozoroval cca 100 událostí (od rozkvetu mnoha druhů původních rostlin, přes přilet jarních ptáků, až po termín tání ledu na řekách). Do roku 1910 koordinoval fenologická a přírodovědná pozorování zástupce Botanického klubu A. H. MacKey. V roce 1910 byl Botanický klub rozpuštěn a koordinaci převzal zástupce kanadské meteorologické služby, F. F. Payne, který tato pozorování řídil do roku 1922 (Schwartz *et al.*, 2013).

Některé kanadské provincie (konkrétně atlantické a centrální) se v roce 1970 zapojily do sítě zemědělských experimentů v USA. Jednalo se o projekt NE-69 Regionální experimentální stanice Severovýchodních experimentálních stanic. Tato pozorování trvala do roku 1977 na více než 300 místech (Dubé a Chevette, 1978).

Další významnou iniciativou bylo fenologické pozorování v rámci projektu Plantwatch. Tento projekt byl zahájen v roce 1995 s hlavním sídlem v botanické zahradě Devonian v rámci univerzity v Albertě. V roce 1997 se na tomto pozorování podílela široká veřejnost, která pozorovala sedm rostlin. V rámci programu byl jako významná rostlina sledován zejména šetrík obecný (*Syringa vulgaris*). Na základě používaných protokolů německou meteorologickou službou a dalšími evropskými sítěmi byl vytvořen zjednodušený a standardizovaný popis klíčových fenologických

fází (např. počátek kvetení, olistění atd.). Příručka s jednotlivými popisy byla vydána v roce 2002 a aktualizovaná verze byla dokončena v roce 2009. V tomto roce bylo v rámci projektu Plantwatch pozorováno celkem 40 druhů. Program inicioval vývoj aplikace pod názvem NatureWatch, umožňující vkládání dat na webový server přímo v terénu, což umožňuje zapojit do pozorování veřejnost (Schwartz, 2013).

V jednotlivých regionech Kanady byly a jsou dále různé místní fenologické sítě např. MacKay síť (1897–1923), New Brunswick Naturalists atd.

Dnes se na těchto pozorování podílejí především vědci, přírodovědci, zahradníci a studenti. Důvodem zapojení veřejnosti je především to, aby si i laici uvědomili a zjistili, jak se mění životní prostředí a proč dochází k těmto změnám. V této souvislosti je veřejnost zaměstnaná jako „oči vědy“ a dochází ke zvýšení povědomí o reakci organismů na změnu klimatu (Schwartz *et al.*, 2013).

## Jižní a Střední Amerika

V současné době jsou dlouhodobé fenologické datové řady pro Jižní a Střední Ameriku výjimečné. V této lokalitě funguje soustavně jen několik málo dlouhodobých monitorovacích systémů. Fenologický výzkum se v této části světa značně liší od výzkumu na severní polokouli, kde je silně zaměřen na vztah fenologie a změny klimatu (Patrícia *et al.*, 2013).

Nejstarší fenologická práce v Jižní Americe popisovala sezónní periodicitu tropického pralesa v Guyaně (Davis a Richards, 1933) a roční cyklus rostlin a živočichů ve dvou Atlantických lesních v Riu de Janeiru v Brazílii (Davis, 1945). Jedním z prvních výzkumníků, který popsal a analyzoval fenologii původního tropického pralesa, byl Alvim (1964). Další ze zásadních prací byla publikace Arauja (1970), kde bylo sledováno celkem 36 druhů amazonských nížinných lesních stromů. Patrícia *et al.* (2013) uvádějí, že tato práce patří k jedné z nejstarších, nejdůležitějších a unikátních sbírek fenologických dat v Jižní Americe.

Nejstarší a nejdůležitější fenologická práce pro oblast Střední Ameriky je publikace *The rainforests of Golfo Dulce*, která vyšla v roce 1956 a jejím autorem je P. H. Allen. Tato práce se zabývá 673 druhy v rámci deštného pralesa v provincii Puntarenas na Kostarice. Komplexní dlouhodobou fenologickou studii pro Střední Ameriku provedl také Croat (1975, 1969). Tyto studie jsou pravděpodobně první svého druhu pro analýzu tropických druhů rostlin.

Několik institucí a univerzit v Jižní a Střední Americe provádí výzkum v agronomické oblasti spektra rostlin a součástí některých programů je i fenologický výzkum polních plodin ekonomicky významných druhů. Zemí s významným fenologickým monitoringem je Brazílie. Bylo publikováno, že na 40 univerzitách anebo institucích je prováděný fenologický výzkum téměř na všech typech původní vegetace napříč Brazílií.

Nejvíce fenologických prací v Jižní Americe se věnuje ekosystému tropického deštného lesa a nejčastěji byla fenologie pozorována u stromů.

### 2.6.3 Antarktida

Fenologické záznamy na Antarktidě nemají velký rozsah a délku. To je logický fakt, který souvisí s řadou faktorů, např. extrémním klimatem, pozdější kolonizací atd.

O území Antarktidy je všeobecně známo, že má řídkou datovou síť meteorologickou, oceánografickou a biologickou (Chambers *et al.*, 2013). Extrémnost této lokality jasně definuje omezené možnosti fenologických pozorování. Z pohledu fenologického výzkumu je nejdůležitějším programem Evoluce a biologická rozmanitost v Antarktidě (v originálním znění: Evolution and Biodiversity in the Antarctic), který zkoumá reakci života na změnu klimatu v regionu (Chambers *et al.*, 2013).

Mezi nejvýznamnější práce řešené na Antarktidě patří 50letá studie o mnohých druzích mořských ptáků ve východní části kontinentu. Fenologické práce, věnující se rostlinám, jsou zde zastoupeny ve velmi limitovaném množství. Tyto studie byly provedeny na suchozemských rostlinách Antarktidy a také na subantarktických ostrovech a jsou ve většině případů krátkodobého charakteru (Chambers *et al.*, 2013).

## 2.6.4 Austrálie a Nový Zéland

Keatley *et al.* (2013) uvádí, že v současnosti existuje omezené množství fenologických studií pro tyto dvě země. Také konstatuje, že data pro jižní polokouli jsou pro srovnávání obecně velmi řídká. V Austrálii existuje několik studií, které se zabývají australským sezónním kalendářem (např. Hoogenraad a Robertson, 1997 a Rose, 2005). Některé historické Aboridžinské kalendáře jsou poměrně detailní, což může ukázat kontrastní modely počasí napříč Australským kontinentem. První organizovaná fenologická pozorování v Austrálii byla prováděna Baronem von Muellerem pod záštitou vládních Viktoriánských botaniků, a to od roku 1856 (Prince, 1891). V tomto roce byl také vydán seznam rostlin s měsíci jejich kvetení (Hannaford, 1856). Počátky fenologických pozorování byly prováděny především individuálními vědeckými společnostmi.

Oficiální fenologická síť byla založena v roce 1949 (Wang, 1967). Zásadní vliv na sběr dat měla australská lesní agentura, která shromáždila fenologická data ve většině států. Tato pozorování pokrývají fenologické fáze kvetení a rašení napříč komerčními lesy. Původním cílem těchto pozorování bylo stanovení osivových parametrů plodin pro lesní hospodářství. V současné době jsou tyto fenologické studie výrazně zredukovány a pokračují u komerčních druhů dřevin (např. u blahovičnicku královského – *Eucalyptus regnans*).

V 90. letech 19. století byla v Novém Jižním Walesu založena zemědělská výzkumná stanice, která prováděla fenologická pozorování na polních plodinách. Experimenty byly prováděny především na odrůdách pšenice a ovsa.

Organizace South Australian Research and Development Institute (SARDI) zkoumá v regionu dopady změny klimatu na zralost vinné révy, a to v rámci svých klimatických aplikací a programu výzkumu fyziologie plodin. Nejdéle pozorovaným druhem v Austrálii je jablono Johnathan, která je pozorována bez přerušení od roku 1963 až do současnosti (Keatley *et al.*, 2013). V rámci fenologického monitoringu probíhá v Austrálii i monitoring pylových zrn v ovzduší. První studie věnující se tomuto tématu hodnotily přítomnost alergenů v ovzduší a jejich potencionální vliv na respirační symptomy (Stevenson *et al.*, 2007).

První fenologická pozorování na **Novém Zélandu** byla prováděna pro dvacet tři druhů orchidejí, a to od roku 1883 (Adams, 1883). U těchto dat však dochází k polemice, zda jsou termíny správně zaznamenány (Keatley *et al.*, 2013). Za přesnější



fenologické záznamy jsou považovány záznamy pro výskyt prvních květů orchidejí pro období 1893–1899 (Cockayne, 1899). Významnou osobností zabývající se fenologickým výzkumem byl Lance Richdale, který byl amatérským ornitologem a řešil řadu významných vědeckých projektů o mořských ptácích (Keatley *et al.*, 2013). Stejně jako v Austrálii, i na Novém Zélandu hraje významnou roli u fenologických pozorování lesní služba. V současnosti se na fenologickém monitoringu podílí i Odbor ochrany přírody, který byl založen v roce 1987. Tato organizace sleduje mnoho aspektů původních a introdukovaných druhů na Novém Zélandu, včetně fenologických projevů.

Významnou roli ve fenologickém monitoringu v Austrálii a na Novém Zélandu hrají komunitní fenologické sítě, které jsou založeny především na zapojení dobrovolníků (Keatley a Fletcher, 2003). Mezi tyto komunitní sítě patří např. ClimateWatch, Timelines, Birdlife Australia, New Zealand Plant Phenology Websites atd.

## 2.6.5 Asie

Chen (2013) uvádí, že fenologická pozorování ve **východní Asii** mají dlouholetou historii. Celostátní fenologické sítě byly zakládány především národními meteorologickými správami anebo agenturami od 50. do 80. let minulého století.

## Čína

První fenologická pozorování v Číně pocházejí z 11. století př. n. l. V této době vznikl nejstarší fenologický kalendář, který zaznamenával fenologické události, počasí, astronomické jevy a zemědělské aktivity (Chu, 1973). Moderní fenologická pozorování a výzkum v Číně byl zahájen na počátku 20. letech 20. století, a to pod vedením Dr. C. Chua. Počátky jeho sledování spadají do roku 1921, kdy začal sledovat jarní fenologické fáze několika druhů stromů a ptáků. Jeho dalším významným počinem bylo shrnutí všech fenologických vědomostí z historie Číny. Dále zavedl do Čínských fenologických pozorování aktuální fenologické principy. Inspiraci pro tyto principy získal Dr. Chu u fenologických pozorování v Evropě a USA (Chu, 1931). V roce 1934 Dr. Chu založil první oficiální fenologickou síť v Číně. Tato fenologická pozorování zahrnovala asi 21 druhů rostlin, 9 druhů zvířat, některé zemědělské plodiny a také sledování skupiny hydrometeorologických událostí. Avšak v roce 1937 byla tato pozorování ukončena z důvodu válečných událostí. Fenologická pozorování v celostátním měřítku byla obnovena až po 25 letech pod záštitou Čínské akademie věd (CAS). Pozorování byla prováděna od roku 1963 až do roku 1996. Znovuobnovení těchto pozorování iniciováno v roce 2003, avšak se sníženým počtem stanic, druhů a sledovaných fenologických fází. Změny pozorovatelů a stanic vedly k tomu, že data byla prostorově a časově nehomogenní. Počet stanic se v průběhu času lišil (Chen, 2013).

Další fenologická celostátní síť byla založena Čínskou meteorologickou správou (CMA) v roce 1980. Síť je spojena s agrometeorologickou monitorovací sítí na národní úrovni. V provozu je od roku 1981. Fenologická pravidla jsou převzata z CAS sítě. V síti bylo pozorováno 28 druhů dřevin, 1 druh bylin a 11 druhů zvířat.

V rámci stanic CMA jsou pozorovány tyto plodiny: rýže, pšenice, kukuřice, čirok, proso, sladké brambory, brambory, bavlna, sója, řepka, arašídý, sezam, slunečnice, cukrová třtina, řepa cukrová a tabák. V lokalitách s převahou travnatých ploch

jsou pozorovány fenologické fáze dominantních druhů trav. Síť CMA je největším fenologickým pozorovacím systémem v Číně. V současnosti tato síť zahrnuje 446 agrometeorologických měřících stanic. Data pořízená v rámci pozorování jsou archivována a tyto údaje jsou volně k dispozici výzkumným institucím a univerzitám. Na území Číny se nacházejí i regionální fenologické sítě.

Zajímavá je aplikace fenologických pozorování, kdy Luo *et al.* (2007) hodnotili změny ve fenologických projevech rostlin v rámci městských klimatických podmínek pro období 1962–2004 v Pekingu. Při analýze dat zjistili, že efekt tepelného ostrova města hraje podstatnou roli, a tři druhy stromů reagují na toto prostředí dřívějším nástupem fenologických fází.

## Japonsko a Jižní Korea

V roce 1953 byla Japonskou meteorologickou agenturou založena národní fenologická pozorovací síť, která byla složena ze 102 stanic. Hlavním cílem této aktivity bylo sledování místního klimatu prostřednictvím fenologických projevů některých rostlin a živočichů. Fenologický pozorovací program se skládal z 12 druhů rostlin (např. slivoň jezojská, meruňka japonská, kamélie japonská, pampeliška, jinan dvojlaločný, javor dlanitolistý a další) a 11 druhů zvířat (např. skřivan polní, tuhýk hlavatý, vlaštovka obecná, bělásek řepový a další). Bližší specifikace je uvedena v pokynech pro pozorování fenologie (Japan Meteorological Agency, 1985).

Primack *et al.* (2009a) uvádí, že v Jižní Koreji fenologická pozorování zastřešuje meteorologická služba Jižní Koreje. Pozorování provádějí pro 20 fenologických událostí na 74 meteorologických stanicích.

## 2.7 Mezinárodní fenologická pozorování

V současnosti existují dva druhy sítí, které sledují fenologické projevy rostlin v mezinárodním měřítku (Chmielewski, 2013). Hlavním impulzem pro zavedení těchto pozorování byl zvýšený zájem o tato pozorování, který vznikl v devadesátých letech. Důvodem byla zvyšující se teplota vzduchu a jasná fenologická reakce rostlin a zvířat (Parmesan, 2006; Rosenzweig, 2007).

Prvním typem fenologických stanic jsou mezinárodní fenologické zahrádky v Evropě – IPG (International Phenological Gardens) a druhým typem je program globálního fenologického monitoringu – GPM (Global Phenological Monitoring Programme). Obě fenologické sítě koordinuje Humboldtova univerzita v Berlíně (Chmielewski, 2013).

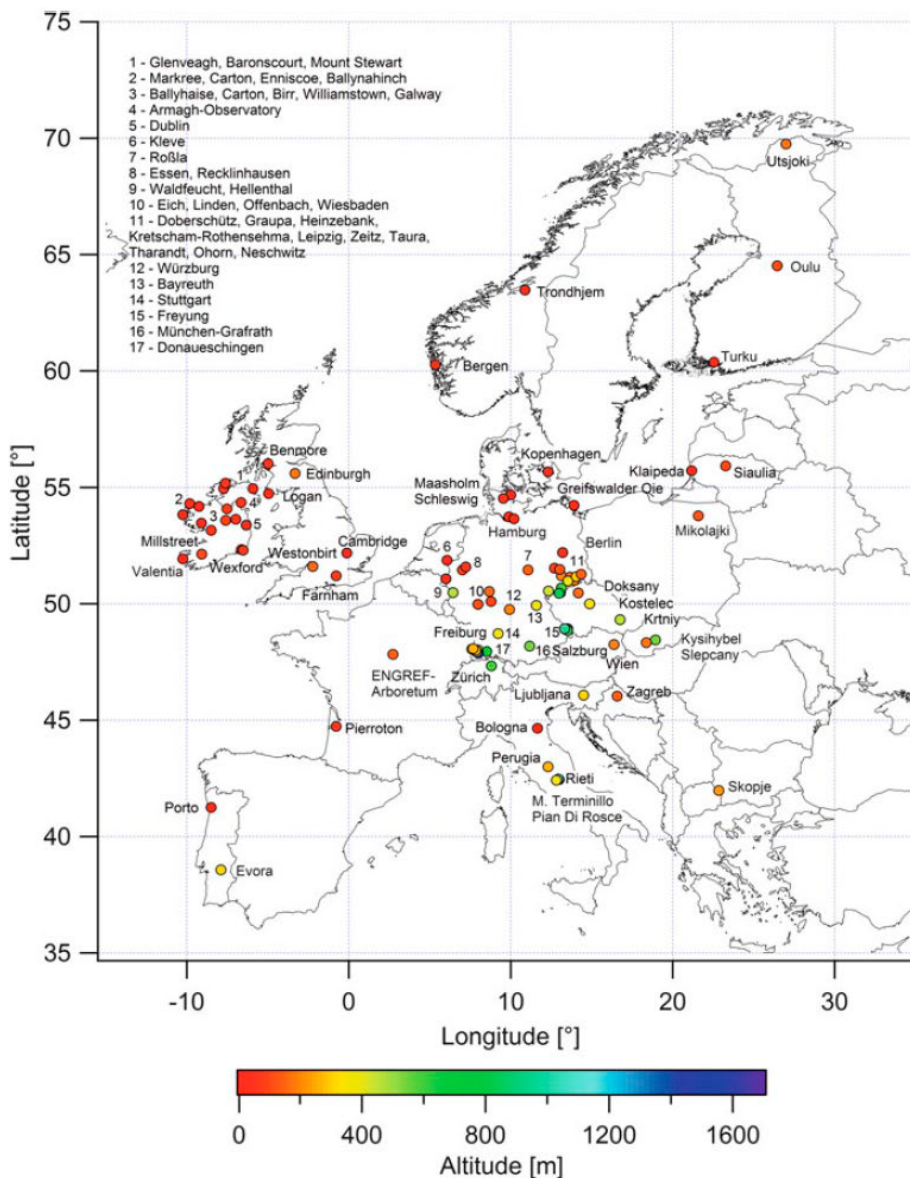
Obecnou výhodou mezinárodních fenologických sítí je, že stanice mají stejné protokoly. Data z těchto sítí mají vysoce kvalitní standard pozorování (standardizované pozorovací metody, geneticky jednotné rostliny atd.) a pokrývají různé klimatické oblasti. Další výhodou je, že definice fenologických fází je pro všechny stanice totožná a nemění se v průběhu let (Chmielewski, 2013).



## 2.7.1 Mezinárodní fenologické zahrádky IPG

Jedná se o unikátní síť pro dlouhodobé pozorování přírodní vegetace v Evropě. První myšlenka na vytvoření mezinárodní monitorovací fenologické sítě v Evropě vznikla již v roce 1953 na první schůzi Agrometeorologické komise Světové Meteorologické Organizace (WMO). Cílem této nově vzniklé fenologické sítě bylo provádět rozsáhlá

**Obr. 6** Mezinárodní fenologické zahrádky v Evropě



Zdroj: Chmielewski, 2013

a standardizovaná fenologická pozorování v celé Evropě, která nejsou ovlivněna dědičnou variabilitou rostlin. Před oficiálním založením International Phenological Gardens (IPG) probíhala několik let příprava. První fenologické zahrádky byly založeny v roce 1957 a to zásluhou Fritze Schnella a Erika Volkerta. Postupem času se do fenologické sítě přidávaly další stanice a jejich počet se neustále zvyšoval, až v polovině 70. let bylo funkčních přibližně 66 IPG. V průběhu času docházelo ke změnám v počtu stanic. Zásadní problém řešili provozovatelé IPG v roce 1996, kdy původní zahrada již nebyla schopna zvládnout rozmnožování a expedici rostlin do nových zahrádek. Byla vytvořena nová rodičovská zahrada, která v roce 2001 začala šířit vybrané druhy z programu IPG, čímž došlo k záchraně této sítě. V následujících letech bylo možné další rozšíření sítě. U standardních pozorování probíhalo pozorování u 26 rostlin z přírodní vegetace. V roce 2001 byly do programu přidány nové druhy rostlin. Dva druhy rostlin jsou rostlinami, které jsou sledovány v programu GPM. Důvodem k zařazení těchto druhů do pozorování bylo částečné propojení těchto dvou sítí. V současnosti patří do programu IPG 21 druhů rostlin. Fenologické fáze jsou zaznamenávány pomocí kódu BBCH.

V roce 2012 měla síť IPG celkem 93 stanic v devatenácti evropských zemích. Všechny stanice jsou lokalizovány v podobných podmínkách (na rovinaté ploše s trávnikem a stromy). IPG jsou ve většině případů provozovány univerzitami, botanickými zahradami, meteorologickými službami, lesními výzkumnými středisky apod. V blízkosti IPG jsou obvykle oficiální meteorologické stanice (Chmielewski, 2013).

Údaje získané z pozorování na IPG jsou zaznamenávány do IPG databáze. V rámci IPG jsou pozorování prováděna na třech exemplářích každého druhu (Menzel, 2013). Na Obr. 6 jsou znázorněny IPG stanice v Evropě.

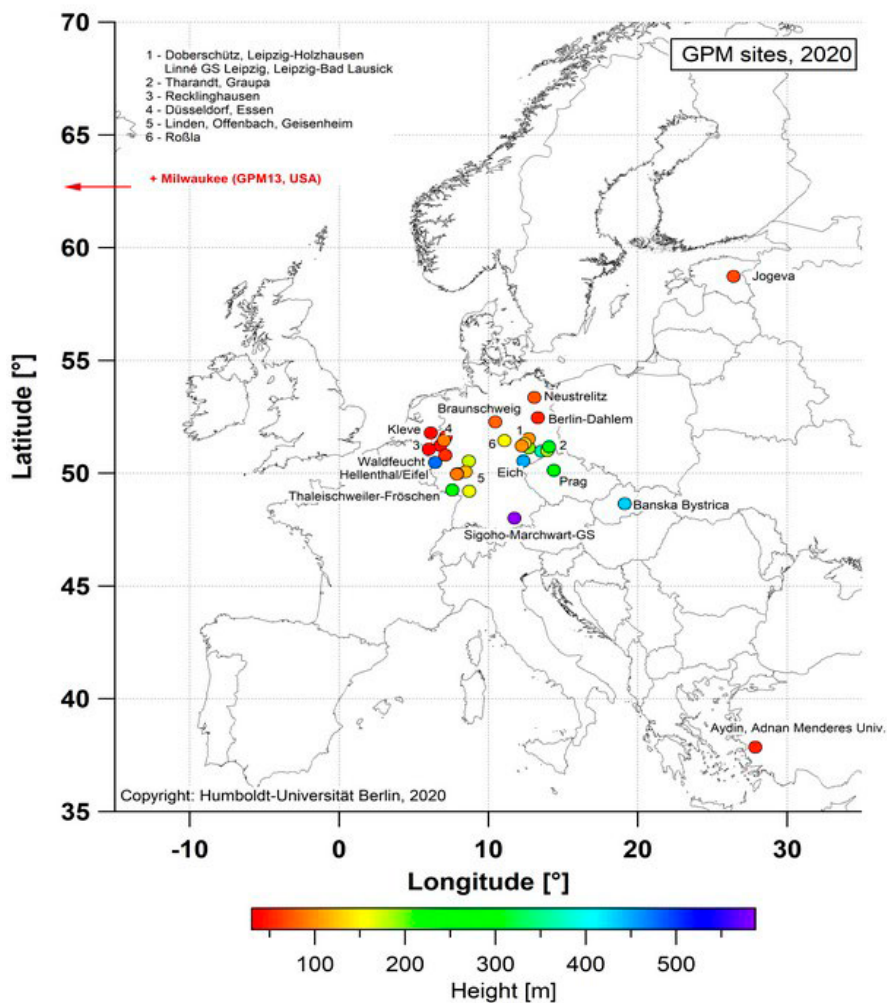
## 2.7.2 The Global Phenological Monitoring Programme (GPM)

Prvotní myšlenka na vznik programu GPM vznikla v rámci fenologické skupiny Mezinárodní společnosti pro biometeorologii (ISB) v roce 1993. V současnosti je cílem této skupiny vytvořit globální fenologický program, který by využíval, analyzoval a propojoval data z již existujících monitorovacích sítí na celém světě. Prvními příklady této iniciativy je Evropská fenologická síť a Evropská fenologická databáze – PEP725 (Chmielewski *et al.*, 2013).

První GPM zahrady byly založeny v Německu a to v letech 1998 a 1999. GPM zahrady byly ve městech Deuselbach, Blumberg, Tharandt. V následujících letech poté byly vytvořeny další stanice a to v Itálii, Estonsku, Slovensku, Turecku a České republice (Chmielewski *et al.*, 2013). V ČR je stanice v rámci programu GPM v Praze–Suchdole pod záštitou České zemědělské univerzity (Obr. 7). Tato stanice byla založena v roce 2003.

Data získaná z pozorování v rámci programu GPM jsou shromažďována na Humboldtově univerzitě v Berlíně. Pro evidenci pozorování byla vytvořena podobná databáze jako pro IPG síť. Globální síť GPM je lokalizována na střední zeměpisné šířce (přibližně od 35° severní šířky po 50° jižní).

Při výběru rostlin, které budou v rámci programu GPM sledovány, byl brán zřetel na různá kritéria a byly vybrány: druhy rostlin ekonomicky důležité; s širokou amplitudou; které se snadno šíří; další podmínkou bylo, aby sledované fenofáze byly citlivé na teplotu vzduchu a rostliny měly mít snadno rozpoznatelné fenologické

**Obr. 7** Síť GPM stanic v Evropě v roce 2020

Zdroj: Global Phenological Monitoring, 2021

fáze. Základní podmínkou bylo, aby se nesledovaly ty rostliny, které jsou pozorovány v rámci programu IPG. Na základě uvedených kritérií bylo pro pozorování vybráno 16 druhů rostlin. Jedná se především o ovocné stromy, některé parkové keře a jarní květiny. V rámci programu GPM se rozlišuje standardní program pozorování a doplňující (Flowering Phase Programme). Standardní program je povinný u všech stanic GPM, které jsou zřízeny. Ve standardním programu GPM je pozorována mandloň obecná (*Prunus dulcis*), rybíz červený (*Ribes rubrum*), třešeň ptačí (*Prunus avium*), višně obecná (*Prunus cerasus*), hruška obecná (*Pyrus communis*), dvě odrůdy jabloně domácí (*Malus x domestica*) a kaštanovník setý (*Castanea sativa*). Na Obr. 7 je zaznamenáno rozložení GPM zahrad v Evropě v roce 2020.

## 2.8 Možnosti využití fenologických dat

Menzel (2013) uvádí, že fenologická data je možné využít v oblasti zemědělského výzkumu, zahradnictví, vinařství, lesnictví, ekologii, problematice lidského zdraví, klimatickém hodnocení a pro hodnocení dopadů globální změny klimatu.

### 2.8.1 Fenologická data a eroze půdy

Když Organizace spojených národů (OSN) označila rok 2015 za „Mezinárodní rok půdy“, uvedla, že půda je ohrožena degradačními procesy, které ohrožují schopnost půdy fungovat tak, aby uspokojila potřeby budoucích generací a mohla poskytovat důležité ekosystémové služby (Sharma *et al.*, 2017).

Rostoucí počet obyvatel Země a změna klimatu by měly podle předpokladů vědců vest k ovlivnění využití půdy a její udržitelnosti (Reitsma *et al.*, 2015). Eroze půdy je chápána jako hrozba pro životní prostředí a zabezpečení potravin pro lidstvo (Pimentel, 2006). Eroze způsobuje ekologické a ekonomické škody: degradaci půdy, eutrofizaci vod, zatopení přilehlých ploch (Blanco-Canqui and Lal, 2010) např. cesty, domy, obce atd.

Česká krajina je významně ovlivněna zrychlenou erozí půdy, která vzniká především neoptimální volbou a agrotechnikou zemědělských plodin, nevyužíváním meziplodin, pěstováním širokořádkových plodin bez použití půdoochranných technologií (setí do mulče, strniště atd.), nedostatkem organické hmoty v půdě a díky tomu náchylností půdy k erozi atd. Na problematiku eroze půdy má ovšem zásadní vliv i charakter české zemědělské krajiny. V rámci kolektivizace v 60. letech minulého století byly zrušeny interakční prvky v krajině (např. remízky) a došlo ke

**Obr. 8** Degradované půdy na jižní Moravě v okolí obce Čejč



Zdroj: Foto autoři



scelování pozemků, a tak v současnosti ČR disponuje jedněmi z největších půdních bloků v Evropě. Některé zdroje uvádějí, že v současnosti je ohroženo až 67 % zemědělské půdy vodní erozí a 18 % větrnou erozí (Batysta *et al.*, 2015).

Eroze půdy odnáší z pozemků nejúrodnější část půdy (tj. ornici). Na Obr. 8 jsou zřejmé erozně degradované půdní bloky v oblasti Čejče. Dochází ke zhoršení fyzikálně-chemických vlastností půdy, zmenšení mocnosti půdního profilu, snížení obsahu humusu a živin v půdě, ztrátě osiv a sadby při erozních epizodách, zvýšení šterkovitosti půdy, problematickému pohybu strojů po pozemcích atd. (Janeček, 2012).

### a) Vodní eroze

Do výpočtu smyvu půdy erozí tzv. univerzální rovnicí ztráty půdy (USLE) vstupuje několik faktorů, a to faktor erozní účinnosti dešťů (R), faktor erodovatelnosti půd (K), topografický faktor – délka svahu a sklon svahu (L, S), faktor ochranného vlivu vegetace (C) a faktor vyjadřující protierozní opatření (P). Tato rovnice byla vytvořena v USA, a to Wischmeierem a Smithem v roce 1978.

Protierozní účinek vybrané plodiny lze vyjádřit pomocí faktoru ochranného vlivu vegetace (tzv. faktor C), který je definován jako poměr ztráty půdy z pozemku s danou plodinou ke ztrátě půdy zkypleného černého úhoru (Wischmeier a Smith, 1978). Čím je hodnota toho podílu větší, tím menší je protierozní účinek dané plodiny (Stehnová, 2016).

Hodnotu C faktoru ovlivňuje konkrétní charakter vegetačního pokryvu, sled plodin a použitá agrotechnika. Jedním z důležitých vstupů při stanovování C faktoru je aktuální fáze vývoje rostliny a tento stav dále ovlivňuje i ochranu půdy porostem před destruktivním působením vodních kapek. Do výpočtu ochranného vlivu vegetace vstupuje:

- Procentuální rozložení erozně nebezpečných dešťů:  
průměrné rozložení faktoru R: duben 1 %, květen 11 %, červen 22 %, červenec 30 %, srpen 26 %, září 8 %, říjen 2 % (Janeček, 2012).
- Hodnota C faktoru pro jednotlivá pěstební období, která jsou tradičně dle Janečka (2012) v ČR vymezena následovně: 1. období podmytky a hrubé brázdy; 2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení; 3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, avšak u ozimu do 30. 4.; 4. období od konce předcházejícího období do sklizně; 5. období strniště.
- Fenologie nad rámec těchto velmi obecně definovaných období nabízí možnost detailnějšího hodnocení ochranného vlivu vegetačního pokryvu.

Vegetační pokryv má významný vliv na smyv půdy, který se projevuje přímou ochranou před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti (zejména pórovitost a propustnost) a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetačního pokryvu je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v období výskytu přívalových dešťů. Nejvyšší protierozní účinek poskytují porosty travin a jetelovin. Opakem jsou širokořádkové plodiny, které společně s tradiční agrotechnikou a pomalým počátečním vývojem nechrání půdu dostatečně. Protierozní účinek vegetace se v průběhu roku mění, a to v závislosti na vývoji a dynamice zapojování porostu. Ochranný vliv vegetace je nejmenší v období setí a maximální

**Obr. 9** Erozní rýha v jarním období na pozemku bez vegetačního pokryvu v obci Orlovice



Zdroj: Foto autoři

pokryvnost je dosažena v plném zapojení porostu (při vysoké pokryvnosti a při vyšších hodnotách indexu listové plochy, tzv. LAI). Nejvyšší riziko vzniku erozní události na půdě je v části roku, kdy není půda chráněná vegetací (Obr. 9) anebo na počátku vývoje.

Právě fenologická data podrobně specifikují, v jakém stavu vývoje je daný porost. Tato data umožňují hodnocení vlivu počasí (ročníku) a podnebí (např. vliv nadmořské výšky) na růst a vývoj plodin. V rámci zemědělského výzkumu i zemědělské praxe jsou tyto údaje potenciálně využitelné i v optimalizaci protierozní ochrany půdy.

**Aktualizace a revize hodnot ochranného vlivu vegetace v rámci zemědělského výzkumu:** V období 2015–2018 byl řešen projekt QJ1530181 Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice. Projekt byl řešen v rámci Národní agentury pro zemědělský výzkum.

Cílem projektu byla, mimo jiné, revize a aktualizace katalogu hodnot ochranného vlivu vegetace pro zemědělské plodiny a meziplodiny. Kromě toho měl být katalog doplněn i o hodnoty C faktoru pro nově pěstované plodiny na území ČR (např. širok obecný (*Sorghum vulgare*), svazanka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*), peluška ozimá (*Pisum sativum*), slunečnice roční (*Helianthus annuus*), sója luštinatá (*Glycine max*) a další). Dílčím cílem projektu bylo sledování pokryvnosti hlavních zemědělských plodin a meziplodin s použitím metody analýzy obrazu. Údaje z projektu byly dále využity pro vylepšení aplikace „Protierozní kalkulačka“.

Jedním z hlavních impulzů pro vznik tohoto projektu byl fakt, že hodnoty C faktoru v současnosti využívané v ČR, jsou převzaté z původního katalogu, který vznikl v USA (včetně rovnice USLE) v polovině minulého století a také u řady dnes pěstovaných plodin hodnota C faktoru zcela chybí. Do roku 2015 byla aktualizace a validace těchto hodnot minimální. Toto může z hlediska přesnosti výpočtu znamenat potenciální problém, a to především z důvodu změny plodinové a odrůdové skladby, kdy se mění i parametry porostu – počty odnoží u obilnin, výška rostlin, počty jedinců na jednotku plochy, nástup fenologických fází atd. Dalším faktorem ovlivňujícím přesnost výpočtu, může být i změna klimatu, která má vliv na změnu agrotechnických termínů výsevu a sklizně, dynamiku růstu porostu, délku vegetačního období atd.

Projekt byl unikátní v množství provedených terénních experimentů (a to přibližně 350), což představuje souhrn jedinečných dat, které nemají v ČR ani EU obdoby. Hlavním přínosem je zpřesnění vstupních dat do výpočtu eroze půdy pomocí USLE a RUSLE. Výstupy z projektu, tzv. nové hodnoty C faktoru, budou implementovány do map ztráty půdy ČR, které slouží jako nástroj standardů DZES 5. V rámci projektu vzniklo několik metodik, které jsou dále využívány v zemědělské praxi:

- Stanovení faktoru ochranného vlivu vegetace pomocí simulátoru deště (2016);
- Faktor ochranného vlivu vegetace jako významná součást protierozní ochrany zemědělské půdy (2018).

Na řešení projektu se podílelo několik výzkumných týmů z VÚMOP, ČVUT, ČZU a MENDELU. Týmy z VÚMOP a ČVUT se zaměřovaly na terénní experimenty s využitím zadešťovacího zařízení. Konkrétní postup těchto měření je uveden v metodice z roku 2016, která blíže specifikuje postupy, včetně podmínek a parametrů těchto pokusů, pro případné opakování jinými výzkumnými týmy a pro dosažení homogeních dat pro případné porovnání.

Řešitelský tým MENDELU se podílel na analýze dlouhodobých fenologických řad ČHMÚ s akcentem na zemědělské plodiny. Cílem bylo stanovit termíny vybraných kritických fenofází z pohledu eroze půdy polních plodin pro výrobní oblasti ČR (viz kapitola *Praktické a analytické výstupy a jejich aplikace* → *Polní plodiny* → *Aplikační část* → *Eroze* → *bod 2*), detekovat změny u nástupů fenologických fází v dlouhodobém hledisku, provést statistické analýzy těchto dat a další.

Tento projekt je jedním z dílčích nástrojů ke zpřesnění výpočtu eroze půdy v ČR.

Hodnoty C faktoru zjištěné v rámci experimentů jsou mírně až významně nižší než hodnoty uvedené v Metodice profesora Janečka z roku 2012. Hodnoty získané z přírodních měření byly dále v pracovním týmu podrobeny analýze odborníků zabývajících se agronomií, kteří byli schopni zohlednit další možné vlivy. Mezi odvozenými hodnotami C faktoru a naměřenými hodnotami v terénu byl zjištěn rozdíl. Toto ukazuje na fakt, že současná metodika neodpovídá plně současné realitě.

Z výstupů tohoto projektu je patrné, že rozdílnost dat stávajících a nově naměřených (tzv. revidovaný C faktor) vznáší řadu otázek a naznačuje nutnost v daných měřeních dále pokračovat a získaná data použít pro zpřesnění výpočtu dlouhodobé ztráty půdy.

Informace v této kapitole byly získány z redakčně upravených ročních zpráv řešení projektu QJ1530181 za jednotlivé roky (Mistr *et al.*, 2016, 2017, 2018, 2019).

## b) Větrná eroze

Při větrné erozi, stejně jako u eroze vodní, dochází k odnosu půdních částic z povrchu pozemku. U tohoto druhu eroze je hlavním činitelem, který narušuje půdní povrch, vítr. Intenzita větrné eroze závisí na řadě faktorů – rychlosti větru, vlhkosti půdy, drsnosti půdního povrchu, struktuře a agregaci půdy, organické hmotě, **vegetačním pokryvu**, velikosti půdního bloku a agrotechnice (Bagnold, 1943, Chepil a Woodruff, 1963). Tento výčet by bylo možné rozdělit do pěti základních kategorií: i) klimatický faktor, ii) půdní faktor, iii) reliéfová charakteristika, iv) vegetační faktor, v) lidská činnost.

Dále bude akcentován především vegetační faktor, který má s fenologií velmi úzký vztah, jelikož při půdním povrchu rostlinný pokryv snižuje rychlost (Grešová, Středanský, 2019). Větrná eroze nejvíce ohrožuje pozemky s holými plochami při silných výsušných a dlouhotrvajících větrech (Janeček *et al.*, 2012). Řada publikací uvádí, že k větrné erozi jsou dominantně náchylné lehké písčité půdy (Janeček *et al.*, 2012; Bird *et al.*, 1992; Ekolist, 2019; Janeček, 2008). Janeček *et al.* (2008) tak recipročně uvádí, že půdy jsou odolnější vůči větrné erozi, čím vyšší mají obsah jílnatých částic. Dále uvádí, že větrná eroze nejvíce ohrožuje půdy bez vegetačního pokryvu s nízkým obsahem jílnatých částic a nízkou vlhkostí. U jílovitých půd a jílu, tzn. těžkých půd, je ohrožení větrnou erozí nízké až velmi nízké. Avšak Středová *et al.*, (2015) uvádějí, že za určitých podmínek může docházet k větrné erozi i u těžkých půd, a to vlivem velmi specifických podmínek v zimním období, kdy dochází k častému rozmrznutí a opětovné zamrznutí půdních agregátů, kde důležitým faktorem je i vlhkost půdního agregátu (Středová *et al.*, 2015).

Náchylnost půdy k větrné erozi bývá nazývána jako erodovatelnost. Tu lze stanovit dvěma způsoby, a to jako potenciální nebo skutečnou (aktuální) erodovatelnost půdy (Janeček, 2008). Skutečná erodovatelnost vymezuje aktuální náchylnost půdy pro určitý daný okamžik (např. rozdíl před deštěm a po dešti), a proto bývá v praxi více využívána potenciální erodovatelnost půdy (Janeček, 2008). Pro výpočet potenciální větrné eroze se v našich podmínkách běžně používá rovnice podle Pasáka z roku 1966, kdy do rovnice vstupuje veličina obsah jílnatých částic (Janeček, 2008; Pasák, 1966). Rovnicí pro výpočet skutečné erodovatelnosti půdy větrnou erozí je Pasákova rovnice, používaná od roku 1967 (Janeček, 2008; Pasák, 1967).

Do výše uvedených možností výpočtu větrné eroze půdy není začleněn vliv vegetačního faktoru. Ten je zohledněn až v komplexní rovnici výpočtu větrné eroze, která byla vytvořena v roce 1965 Woodroffem a Siddowayem. Pro potřeby ČR výpočet upravil docent Vrána. Pro korektní výpočet této komplexní rovnice je kromě tabelárních hodnot nutné provést i terénní šetření a laboratorní rozbor, například pro stanovení drsnosti povrchu (Novotný *et al.*, 2017). Tato komplexní rovnice zahrnuje řadu faktorů: erodibilitu půdy; drsnost půdního povrchu; klimatickou charakteristiku; délku nechráněného pozemku ve směru převládajícího větru a **vegetační pokryv půdy**. Obecně platí, že pro území ČR je hodnota **V faktoru** (tj. faktor vegetačního pokryvu) rovna jedné, jelikož v našich klimatických podmínkách se větrná eroze objevuje především v časném jaru a částečně v podzimních měsících, kdy bývají půdy bez vegetačního pokryvu. V původní metodice jsou pro jednotlivé plodiny stanoveny konkrétní hodnoty (Vrána, 1998; Woodroff and Siddoway, 1965).



Novotný *et al.* (2017), uvádějí, že pro určení potenciální ohroženosti území větrnou erozí je optimální využít takové údaje, kde lze následně erozní ohroženost regionalizovat v různém měřítku.

Wolfe a Nickling (1993) uvádějí, že významnou roli v suchém a polosuchém prostředí hraje pro snížení intenzity větrné eroze vegetace. Grešová a Středanský ve své publikaci zdůrazňují, že plošný vegetační pokryv půdy patří mezi nejúčinnější ochranu povrchu před větrnou erozí. Nejefektivnější (tzn. maximální) ochranný efekt mají plodiny, které jsou hustě seté, tzv. úzkořádkové (Grešová a Středanský, 2011).

Dafa-Alla a Nawal Al-Amin (2016) poukazují na to, že při kontaktu větrolamu (tj. cíleně vysazované vegetace, omezující proudění vzduchu) s větrem dochází k tomu, že menší část vzduchu prochází přes vegetační bariéru a větší část větru se pohybuje nahoru. Z tohoto vyplývá, že pro rychlost větru, který prochází větrolamem, mohou být klíčové i fenologické fáze dřevin nacházející se ve větrolamu (aerodynamická porozita). V podmínkách ČR bývají větrolamy dominantně složeny z listnatých opadavých dřevin a keřů, což vyvolává fakt, že v průběhu roku dochází k výrazné změně porozity větrolamu po opadu listů ve srovnání s dobou plného olistění. Zmíněné fenologické fáze (bez plného olistění) se objevují v podzimním a jarním období, což je i období, kdy jsou půdy nej náchylnější k větrné erozi. Druhé složení větrolamu a také jeho konstrukce, by toto mělo respektovat a dále by se měly odvíjet od výškového vegetačního stupně, skupiny typů geobiocenů a souboru lesních typů (Podhrázká *et al.*, 2008).

## 2.8.2 Fenologická pozorování a jejich využití v humánní medicíně

Jedním z možných uplatnění fenologických dat je jejich využití v humánní medicíně, konkrétně při monitoringu výskytu pylových alergenů v ovzduší.

Pylová zrna, která jsou uvolňována z kvetoucích rostlin do ovzduší, vyvolávají u senzitivních jedinců respirační alergie. Alergii lze definovat jako abnormální reakci lidského organismu na cizorodý podnět. Tato reakce obvykle vzniká po opakovaném kontaktu organismu s alergenem. Alergenní choroba vzniká jako imunitní reakce alergenu s protilátkou (Petrů *et al.*, 1994). Světová alergologická organizace (World Allergy Organization – WAO) uvádí, že každoročně dochází k nárůstu počtu alergiků. Dle WAO se jedná o celosvětově nejrozšířenější civilizační chorobu. Přibližně 20–30 % světové populace trpí nějakou formou alergického onemocnění. V Evropě trpí alergickými onemocněními okolo 87 milionů lidí (Pawankar, 2013). Studie provedená Khwarahem *et al.* (2017) uvádí, že pyly trav a břízy jsou dvěma hlavními alergeny způsobujícími alergickou rýmu ve Velké Británii a v části Evropy. Tyto rostliny dle studie ovlivňují přibližně 15 až 20 % populace. Jochner *et al.* (2011) uvádí ve své práci, že díky transportu pylových zrn z měst může dojít k prodloužení časového období, kdy se vyskytují alergeny způsobující zdravotní obtíže. Ve své práci z roku 2015 uvádí, že tepelný ostrov města má zásadní vliv na dřívější nástup kvetení významných alergenů (Jochner a Menzel, 2015). Pylová zrna rostlin jsou dále přenesena vzduchem na značné vzdálenosti (Spieksma, 1980). Dochází k transportu pylových zrn z městských sídel do venkovských oblastí a naopak (Jochner *et al.*, 2011). V mikroklimatu měst dochází k prodloužování vegetačního období (Han *et al.*, 2013) a k dřívějšímu nástupu vegetace (Fischer *et al.*, 2006; Beaubien, 2013; Neil *et al.*, 2010).

V rámci ČR existuje pylová informační služba, která je provozována a garantována Českou iniciativou pro astma, ve spolupráci s Ministerstvem zdravotnictví. V současnosti je v ČR 11 monitorovacích stanic. Pylová informační služba vydává pylový kalendář, kde jsou uvedeny termíny výskytu nejvýznamnějších alergenů (pyl stromů, bylin a trav). Frenguelli *et al.* (2010) uvádí, že pylový kalendář poskytuje pouze hrubý odhad termínů výskytu jednotlivých alergenů. Analýza fenologických dat může rozšířit možnosti při stanovování těchto termínů.

V současnosti sílí tlak na eliminaci silně alergizujících druhů rostlin při vymezování druhové skladby v urbánní krajině, včetně parků, alejí apod. (Arnika, 2015). Mimo zhoršení zdravotního stavu populace může výskyt alergenu v krajině negativně ovlivnit kulturní ekosystémové služby (rekreaci, vzdělávání, odpočinek atd.)

### 2.8.3 Fenologická pozorování a klimatologie

Richardson *et al.* (2013) uvádí, že fenologie často bývá využívána jako ukazatel změny klimatu na procesy a vlastnosti ekosystémů. Hudson *et al.* (2010) uvádí, že globální oteplování má vliv na načasování a nástup jednotlivých fenologických fází.

Z fenologických pozorování v dlouhodobém horizontu můžeme zhodnotit reakci rostlinných druhů na regionální klimatické podmínky a na změnu klimatu. Proto se dostává fenologie do popředí a je důležitým prostředkem i pro ekologický výzkum (Schwartz, 1999).

Svět v současnosti čelí nejednomu závažnému environmentálního problému. Jedním ze zásadních problémů současnosti je antropogenní změna klimatu. Výzkumy uvádějí, že v období 1880–2012 došlo k oteplení vzduchu planety v průměru až o 0,85 °C (IPCC, 2013). Dominantní roli v globálním oteplení planety Země hraje především oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Nejsilnější a nejkompexnější dopady změny klimatu můžeme sledovat u přírodních ekosystémů. Velké množství suchozemských, mořských a sladkovodních organismů změnilo svoje zeměpisné oblasti rozšíření, migrační cesty, sezónní aktivity, četnost výskytu atd. (IPCC, 2014). Rostoucí teplota vzduchu může mít vliv i na snížení celosvětové produkce plodin (Lobell *et al.*, 2011; IPCC, 2014), což může být v budoucnu velkým problémem vzhledem k rostoucímu počtu obyvatel Země.

Mnoho vědeckých prací uvádí, že fenologický monitoring je jedním z nejdůležitějších a nejpřesvědčivějších indikátorů změny klimatu (Gordo *et al.*, 2005; Estrella *et al.*, 2006; Wu *et al.*, 2016; Walther *et al.*, 2002; Badeck *et al.*, 2004; Cleland *et al.*, 2007). Důsledky globální změny klimatu spojené s nárůstem teploty vzduchu lze v různých biologických systémech indikovat a prokázat (IPCC, 2013; Parmesan *et al.*, 2003; Root *et al.*, 2003). Na základě zvyšující se teploty prostředí dochází k ovlivnění jednotlivých vývojových fází rostlin (Cleland, 2007; Partanen, 1998). Na základě dostupných vědeckých studií je jisté, že trend zvyšování teploty vzduchu, který můžeme v současnosti sledovat, bude i nadále pokračovat (Alexander *et al.*, 2006; Paeth *et al.*, 2015). Očekává se, že změna klimatu celosvětově způsobí posun klimatických a pěstebních oblastí. Fenologická pozorování mohou pomoci s předpovědí, jakým způsobem budou rostliny reagovat na teplejší prostředí. V rámci programu GPM již existuje v současnosti studijní zahrada v teplém klimatu, a to v například v Turecku (Chmielewski *et al.*, 2013).

Jedním z nejvýznamnějších dokumentů analyzujících vztah mezi změnou klimatu a fenologickými fázemi je dokument Evropská fenologická odezva na změnu klimatu odpovídající modelu oteplování (v originále: European phenological response to climate change matches the warming pattern). Tato publikace vznikla pod záštitou vědecké akce COST725. V rámci analýzy bylo pracováno se 125 000 fenologickými časovými řadami. Bylo zhodnoceno 542 druhů rostlin a 19 druhů zvířat a to ve 21 zemích. Studie řeší především fenologické změny v čase a byla jedním z hlavních pilířů čtvrté hodnotící zprávy IPCC v roce 2007, když prokázala jasný odraz změny klimatu (Menzel, 2006).

Vědecké práce shodně upozorňují na fakt, že kvůli změně klimatu bude docházet k prodlužování vegetačního období (VO). Šiška a Takáč (2008) již před více než deseti lety uváděli, že do roku 2020 dojde k prodloužení VO o 21 dnů a do roku 2050 půjde dokonce o prodloužení VO o jeden měsíc. Zásadní dopad na „nastartování“ vegetačního období má ve studovaném regionu trend zvyšování průměrné teploty vzduchu v lednu a únoru o 1 °C. Při oteplení vzduchu o 1°C ve zmíněném období dochází k dřívějšímu nástupu VO a to konkrétně o 7 dnů (Chmielewski a Rötzer, 2001). Chmielewski *et al.* (2013) uvádí, že od konce 80. let 20. století jsou v Evropě i jiných částech světa pozorovány změny v teplotách vzduchu a to především v zimním období a brzy na jaře. Prodlužování VO bylo zjištěno i na fenologických zahrádkách v období od 1969 do 2010, kdy došlo u brízy bělokoré, třešně ptačí, jeřábu ptačího, rybízu alpského, vrby Smithové k prodloužení průměrné vegetační doby a to o 14 dnů. To vypovídá o významném trendu v prodlužování VO o 3,26 dnů za desetiletí. (Chmielewski *et al.*, 2013).

V páté hodnotící zprávě IPCC (2014) je uvedeno, že: „pokračující emise skleníkových plynů způsobí další oteplování a dlouhodobé změny ve všech složkách klimatického systému, čímž se zvyšuje pravděpodobnost závažných, všudypřítomných a nevratných dopadů na obyvatele a ekosystémy. Omezení změny klimatu by vyžadovalo podstatné a trvalé snížení emisí skleníkových plynů, které spolu s adaptací mohou omezit rizika změny klimatu.“ Jako reakce na výše zmíněnou hodnotící zprávu bylo přijetí tzv. Pařížské dohody, která byla přijata v prosinci 2015. Tento dokument nahrazuje dosud používaný Kjótský protokol. Dohoda formuluje dlouhodobý cíl v ochraně klimatu. Snaží se udržet hranici globálního oteplení pod 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí. Dalším ambicióznějším cílem této dohody je udržet nárůst teploty pod 1,5 °C (Pařížská dohoda, 2017).

## 2.8.4 Fenologická pozorování a agrometeorologické modelování

V rámci agrometeorologického modelování pracuje ČHMÚ, pobočka Brno, s modelem AVISO (Agrometeorologická Výpočetní a Informační Soustava). Počátky modelu AVISO sahají do období cca před 25 lety, kdy byl tento program vyvíjen přímo na brněnské pobočce na bázi výpočetního modelu MORECS. Tento model se používá pro výpočet evapotranspirace (potenciální a aktuální) různých druhů povrchů. S využitím AVISO jsou řešeny i otázky vláhové bilance krajiny včetně výpočtů obsahu vody v půdním profilu a v jeho svrchní vrstvě. Vláhová bilance bývá označována jako komplexní agroklimatická charakteristika, protože v sobě zahrnuje evapotranspiraci, která je dále porovnávána se srážkami (Chuchma, 2017).

Do výpočetního algoritmu modelu AVISO vstupují i údaje z fenologických pozorování. Konkrétně se jedná o termíny setí a sklizně. Výstupy zjištěné v rámci tohoto modelu slouží k širokému spektru aplikací nejen zemědělských uživatelů.

### 2.8.5 Fenologická pozorování a semenářství (produkci osiv)

Mimo využití fenologických pozorování pro stanovení pylové sezóny alergologicky významných druhů rostlin nebo bioindikaci vlivu klimatické změny na organismy, nacházejí výstupy z fenologického monitoringu uplatnění i při rajonizaci odrůd, načasování přísunu opylovačů, šlechtění odrůd a předpovědi a stanovení termínu sklizně. Změny nástupů fenologických fází u polních plodin jsou ovlivněny i pěstovanou odrůdou, kde jednotlivé odrůdy mají určité specifické teplotní nároky, vyjádřené pomocí sum aktivních nebo efektivních teplot (Olesen *et al.*, 2012). Tím jsou fenologická pozorování a jejich aplikace u polních plodin značně specifická.

Stres suchem nebo teplem, zejména během kritických fází růstu, mohou mít výrazný vliv na biologickou i semenářskou kvalitu osiva, jak bylo popsáno např. u obilnin a luskovin (Prasad *et al.*, 2008; Ullmannová *et al.*, 2013; Pazderů *et al.*, 2013). Krátkodobé vystavení rostlin vysokým teplotám v průběhu plnění zrna urychluje stárnutí, snižuje hmotnost a výnos osiva (Siddique *et al.*, 1999). Gan *et al.* (2004) zjistili, že při tepelném stresu před kvetením řepky dochází ke snížení výnosu semene řepky o 15 %, při stresu v období kvetení dojde ke snížení výnosu až o 58 %. Pochopitelný je dopad nejen na množství, ale i na kvalitu semen. Porter (2005) uvádí, že během některých vývojových fází je rostlina schopna tolerovat jen úzké teplotní změny. Pokud jsou tyto limity překročeny, může dojít k výrazné redukci výnosu a kvality. To prokazuje, že průběh počasí v době kvetení má zásadní vliv na tvorbu semen a jejich semenářskou jakost. S ohledem na vývoj klimatu v posledních dekadách – výskyt abnormálních hodnot teplot vzduchu a zvýšení frekvence výskytu sucha v průběhu hlavní části vegetace většiny polních plodin tak nabývají z pohledu šlechtitelského a semenářského na významu fenologická pozorování, zejména nástup a délka trvání generativních fází rostlin (Porter, 2005).

Na produkci osiv mají vliv i extrémní projevy počasí, a to vysoké teploty a jejich perzistence a průvodní dopady – horké vlny, sucho atd. Toto uvádí ve své práci i Spears *et al.* (1997), kteří tvrdí, že vysoké teploty během období plnění zrna narušují normální vývoj semen. Z tohoto důvodu dochází k produkci horší kvality semen. Bylo prokázáno, že optimální průměrná denní teplota pro tvorbu zrna pšenice ozimé je 15–20 °C, když již při průměrných teplotách nad 20–22 °C dochází k zhoršenému vývoji zrna a redukci výnosu (Haberle *et al.*, 2008). Na suchu a vysoké teploty jsou nejvíce náchylné obilniny, a to především ve fázi kvetení, nalévání zrna a odnožování. Při nedostatku vody dochází k založení menšího počtu klásků a zrn. Pokud stres nastává později a počet zrn je již založen, dochází k jejich redukci (Haberle *et al.*, 2008). Kalbarczyk *et al.* (2015) v klimatických podmínkách Polska zjistili pozitivní korelaci mezi délkou období setí – sklizeň v období 1971–2010 a výnosem zrna ovsa. To v tomto případě svědčí o pozitivním vlivu delší, chladnější vegetační sezóny na výnos.

## 2.8.6 Fenologie v kontextu environmentální bezpečnosti a ekosystémových služeb

Environmentální bezpečnost je definována jako „stav, při kterém je pravděpodobnost vzniku krizové situace vyvolané narušením životního prostředí ještě přijatelná.“ Koncepte environmentální bezpečnosti uvádí, že jednou z hlavních bezpečnostních otázek jsou bezpečné ekosystémy a jejich základní funkce z pohledu dlouhodobého udržení kvality lidského života. V Konceptu environmentální bezpečnosti (2015) je uvedeno, že závažné poškození životního prostředí představuje ohrožení základních funkcí státu.

Převážná část rostlinných druhů je při reprodukci zcela nebo částečně závislá na opylovačích (Faegri a Van Der Pijl, 1979). Klein *et al.* (2006) uvádí, že včely jsou nezbytnými opylovači části rostlinných druhů a celosvětově jsou různé druhy včel považovány za nejdůležitější opylovače polních plodin. Bez včel by byla ohrožena produktivita přibližně 80 % hlavních potravinářských plodin (Klein *et al.*, 2007). Současný progresivní úbytek divokých včel a celosvětové ztráty včelstev vyvolávají v těchto souvislostech velké obavy (Potts *et al.*, 2010). Někteří vědci již delší dobu uvádějí, že opylování plodin patří mezi ohrožené ekosystémové služby (Corbet 1991, Steffan-Dewenteret *et al.*, 2005). I v zemědělské krajině je možné pozorovat negativní následky lidské aktivity, kde při změnách abiotických podmínek může následně dojít k narušení funkcí ekosystému a to může mít zásadní vliv na potravinovou bezpečnost a biodiverzitu (Zhang *et al.*, 2018). Současná změna klimatu může významnou měrou ovlivnit termín fenologických fází kvetení a ovlivnit zdroj pastvy pro včely. Posun nástupu těchto fenologických fází byl detekován již v řadě studií (Liu *et al.*, 2010; McEwan *et al.*, 2011). Hegland a Totland (2008) uvádějí, že globální změna klimatu může mít vliv na výskyt druhů, ale i na interakce mezi jednotlivými druhy. U vztahu opylovač a změna klimatu bylo dále zjištěno, že zvýšené množství CO<sub>2</sub> může způsobit změnu ve složení nektaru (Hoover *et al.*, 2012) a pylových proteinů (Ziska *et al.*, 2016).

K průvodním dopadům změny klimatu patří změny v prostorovém rozmístění opylovačů (Rafferty, 2017). Problematika klesající rozmanitosti opylovačů a nedokonalé opylení se tak dnes dostávají do popředí i v oblasti potravinové bezpečnosti, stability ekosystémů (Eeraerts *et al.*, 2019), environmentální bezpečnosti a ekosystémových služeb.

## 2.9 BBCH stupnice

Pro stanovování fenologických fází rostlin se na mezinárodní úrovni v současnosti používá nejčastěji stupnice BBCH. Tato zkratka je zkráceninou slov Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie. Stupnice se pohybuje v číselném rozmezí od 00 (označuje ošetření osiva a výsev) do 99 (po sklizeň) (Meier, 2001). Tato stupnice vychází z kódování růstu a vývoje obilnin ZADOKS, která byla vytvořena v roce 1974 (Nekovář, 2006).

Použití mezinárodně uznávané stupnice BBCH má několik zásadních výhod, a to standardizaci dat a rozsah kódu pokrývající celý cyklus růstu rostliny ve vegetačním období (Fadón *et al.*, 2015).

Hlavním impulzem ke vzniku BBCH stupnice byla především mezinárodní spolupráce v oblasti zemědělského výzkumu. Výměna nových poznatků a spolupráce na mezinárodních projektech předpokládá, že všichni zúčastnění mají k dispozici identickou pozorovací metodologii (Meier, 2001).

V roce 2001 bylo vydáno druhé, aktualizované vydání publikace *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph*, která BBCH fáze zejména hlavních polních a zahradních plodin zachycuje. BBCH kódy jsou definovány pro obiloviny, rýži, kukuřici, řepku, slunečnici, bob, řepu, brambory, ovoce, citrusy, olivi, kávu, banány, vinná réva, sóju, bavlnu, arašidy, chmel, zeleninu a vybrané plevelné druhy (Meier, 2001). Tato publikace byla vydána v několika jazycích (angličtině, španělštině, francouzštině a němčině). Hlavním cílem této knihy bylo usnadnit vědeckou komunikaci na mezinárodní úrovni.

Pro každý kód fáze BBCH je uveden popis, a u vybraných důležitých etap vývoje rostlin jsou uvedeny i ilustrace, které mají usnadnit rozpoznání daných fází. Pro popis fenologické fáze byly použity jasné a snadno rozpoznatelné vnější morfologické charakteristiky. Podobné fenologické fáze každého rostlinného druhu jsou uvedeny stejným kódem. Celý vývojový cyklus rostlin je rozdělen na deset jasně rozpoznatelných a rozlišitelných déletrvajících vývojových etap. Tyto hlavní růstové etapy jsou popsány pomocí čísel 0 až 9. Sekundární růstové stupně (0 až 8) odpovídají příslušným pořadovým číslům nebo procentuálním hodnotám (např. stupeň 3 může znamenat 3. pravý list, nebo 3. uzel, nebo 30 % otevřených květů atd.).

Metodické problémy ve výzkumu přináší pokusy o srovnání fenologických pozorování, kdy jedno je prováděno na základě BBCH stupnice<sup>1</sup> a druhé na základě metodiky ČHMÚ, která vznikala v době, kdy ještě k dispozici BBCH stupnice nebyla. Ne všechny fenologické fáze, které pozoruje ČHMÚ, tak mají přesný ekvivalent v BBCH stupnici.

<sup>1</sup> Formát BBCH stupnice bývá velmi často používán výzkumnými organizacemi a také v zemědělské praxi například jej využívá: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy a další.





### III. APLIKACE FENOLOGICKÝCH DAT V RŮZNÝCH OBLASTECH ZKOUMÁNÍ. DATOVÁ ZÁKLADNA

## 3 ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZA FENOLOGICKÝCH DAT

### 3.1 Výčet analyzovaných fenologických fází

Níže uvedený přehled sumarizuje fenologické fáze, které byly analyzovány v následujících částech knihy. Jejich podrobný popis je uveden v kapitole 3.5. U lesních rostlin byly dominantně analyzovány fenologické fáze se vztahem k monitoringu pylových alergenů a k environmentální bezpečnosti.

#### Polní plodiny

Setí, Sazení	ST, SR
Vzcházení	VZ
Odkořezávání	OD
První pár pravých listů	PPL
Řádkové zapojení porostu	RZ
Úplné zapojení porostu	UZ
Počátek prodlužování listových pochev	PP
Počátek prodlužování stonku	PPS
Butonizace	BT
První kolénko	PN
Druhé kolénko	DN
Naduření pochvy posledního listu	NP
Metání	ME
Počátek dekortikace	PD
Počátek kvetení	PK
Počátek kvetení samčích květů	KA
Konec kvetení	KK
Zelená (konzervárenská) zralost	ZK
Mléčná zralost	ZM
Mléčná vosková zralost	MV
Žlutá zralost	ZZ
Plná zralost	ZP
Odumírání nati	ON
Sklizeň	SK
Vegetační období <sup>2</sup>	VO, GS, VP

#### Lesní rostliny

Počátek olistění	PL 10
Počátek kvetení	BF, PK
Konec kvetení	KK, EF

<sup>2</sup> Pro účely této studie je VO období od setí do sklizně

Plný rozkvět	PR
Rašení květních pupenů	RK
Všeobecný rozkvět	VR
První květ	PRK
Doba kvetení	DK, FL

## 3.2 Analyzované plodiny

### Polní plodiny

V rámci analýzy fenologie polních plodin byly uvedeny tyto plodiny: pšenice ozimá (*Triticum aestivum*; **PO**), ječmen jarní (*Hordeum vulgare*; **JJ**), řepa cukrová (*Beta vulgaris* var. *Altissim*, **ŘC**), kukuřice setá (*Zea mays*; **KU**), lilek brambor (*Solanum tuberosum*; **LB**), řepka olejka (*Brassica napus*; **ŘO**) a hrách setý (*Pisum sativum*; **HS**).

### Lesní rostliny

Fenologická data pro lesní rostliny byla využita při vymezení výskytu alergenů, a to pro břízu bělokorou (*Betula pendula*; **BB**), lísku obecnou (*Corylus avellana*; **LO**), vrbu jívu (*Salix caprea*; **VJ**), lípu srdčitou (*Tilia cordata*; **LS**), třešeň ptačí (*Cerasus avium* L.; **TP**), sněženku podsněžník (*Galanthus nivalis*; **SP**) a konvalinku vonnou (*Convallaria majalis*; **KV**).

## 3.3 Analyzovaná období

### Polní plodiny

Dlouhodobá fenologická pozorování byla rozdělena na tři období a to: 1931–1960<sup>3</sup>; 1961–1990 a 1991–2012<sup>4</sup>.

### Lesní rostliny

V rámci analýzy fenologických dat lesních rostlin se pracovalo s daty z období 1991–2012 a 1985–2012 (třešeň ptačí).

## 3.4 Analyzované stanice a jejich bližší charakteristika

Přehledný soupis všech analyzovaných stanic, včetně dalších údajů o stanicích monitoringu **Polních plodin** obsahuje Tab. 1 a o stanicích monitoringu **Lesních rostlin** Tab. 2. Údaje o průměrné roční teplotě vzduchu a průměrném ročním úhrnu srážek byly získány z Atlasu podnebí Česka (Tolasz *et al.*, 2007). Tato publikace analyzuje data pro období 1961–2000. V současnosti se jedná o nejaktuálnější komplexní klimatografii ČR.

---

<sup>3</sup> Fenologické údaje pro období 1931–1960 byly získány z publikace Agroklimatické podmienky ČSSR, 1975.

<sup>4</sup> Údaje pro období 1961–2012 byly získány z přímých pozorování ČHMÚ.

**Tab. 1** Bližší charakteristika analyzovaných polních fenologických stanic

Fenologická stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Průměrná roční teplota vzduchu [°C]/ Průměrný roční úhrn srážek [mm]	Analyzované plodiny
Bojkovice	360	7–8/800–1000	PO, JJ, KU
Branišovice	180	9–10/450–500	PO, ŘC, JJ, KU, LB, HS, ŘO
Dolní Heřmanice	480	7–8/550–600	LB
Domaníněk	570	6–7/600–650	PO, JJ, KU
Hodonín	190	9–10/500–550	ŘC, JJ, KU, PO
Holešov	220	8–9/600–650	PO, JJ, ŘC, KU
Chrastava	310	7–8/800–1000	LB
Ivanovice na Hané	220	8–9/500–550	ŘC, KU, JJ,
Kostelní Myslová	569	7–8/500–550	PO, JJ, KU
Luhačovice	285	8–9/700–800	JJ
Napajedla	240	8–9/600–650	ŘC
Němčice	200	8–9/550–600	ŘC
Pusté Jakartice	275	8–9/600–650	KU
Sokolnice	255	9–10/450–500	JJ, ŘC
Strážnice	185	8–9/450–500	JJ, KU
Švábenice	250	8–9/550–600	JJ, ŘC
Tečovice	260	8–9/600–700	JJ, ŘC
Tupesý	240	8–9/500–550	ŘC, PO, JJ, KU
Tvrdonice	170	9–10/450–500	ŘC, JJ

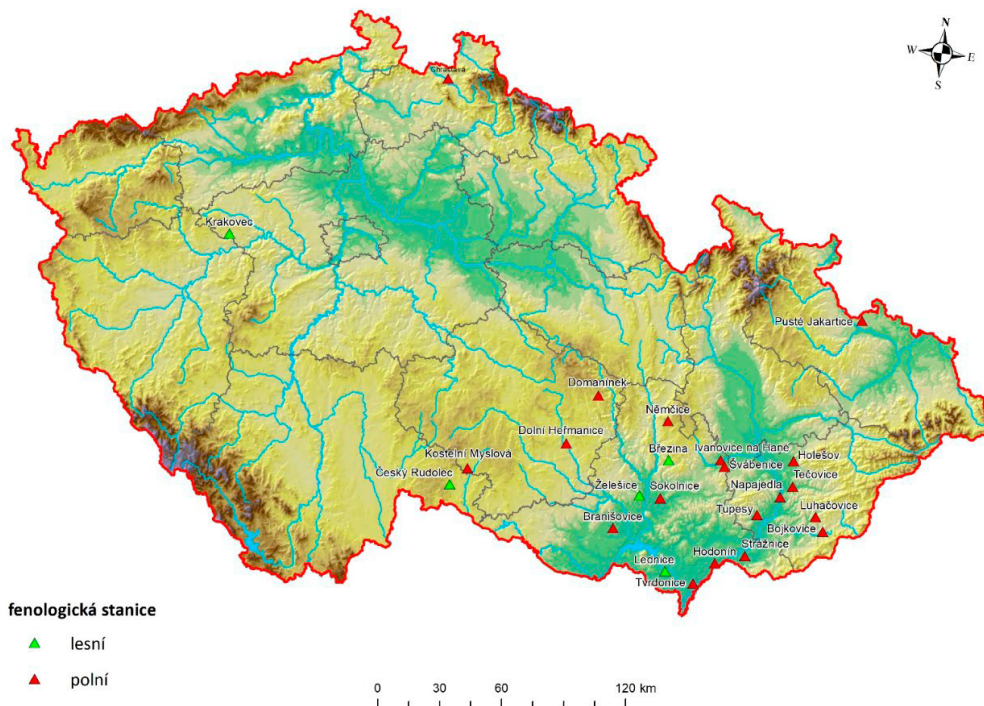
\*Pozn. plodiny: pšenice ozimá (PO), ječmen jarní (JJ), kukuřice setá (KU), řepa cukrová (ŘC), lilek brambor (LB), řepka ozimá (ŘO), hrách setý (HS)

**Tab. 2** Bližší charakteristika analyzovaných lesních fenologických stanic

Fenologická stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Průměrná roční teplota vzduchu[°C]/ Průměrný roční úhrn srážek [mm]	Analyzované plodiny
Březina	450	7–8/550–600	BB, LO, VJ, LS
Český Rudolec	540	6–7/600–650	BB, LO, VJ, LS
Lednice	165	9–10/450–500	BB, LO, SP, KV
Krakovec	400	8–9/500–550	BB
Želešice	235	8–9/500–550	TP

\*Pozn. rostliny: bříza bělokorá (BB), líska obecná (LO), vrba jíva (VJ), lípa srdčitá (LS), třešeň ptačí (TP), sněženka podsnežník (SP) a konvalinka vonná (KV)

**Obr. 10** Mapa analyzovaných fenologických stanic



Zdroj: ČHMÚ

### 3.5 Bližší popis a definice analyzovaných fenologických fází

#### Polní plodiny

##### Setí–Sázení (ST, SR)

Pšenice ozimá, ječmen jarní, řepa cukrová, kukuřice setá, lilek brambor, řepka olejka, hrách setý: Do půdy na pokusné ploše bylo vpraveno osivo (sadba) sledované plodiny. Je přitom třeba odlišovat setí (sázení) obrušovaného, předklíčeného, stimulovaného či jinak rychleného osiva (sadby), a to použitím znaku SR; nebylo-li osivo rychleno, používá se znaku ST.

##### Vzcházení (VZ)

Pšenice setá, ječmen setý, kukuřice setá: Rostliny na pokusné ploše vzcházejí a začínají řádkovat. Jednotlivá rostlina vzchází, jakmile nad povrchem půdy pronikne hrot její zárodečné pochvy (koleoptile). V rámci fenologického pokusu vzcházení nastupuje, je-li popsán stav zjištěn alespoň na 10 % pokusné plochy.

Řepa cukrová: Řepa vzchází, jakmile nad povrch půdy pronikne poddélžní článek (hypokotyl) nesoucí na svém, k zemi ohnutém vrcholu, dva děložní lístky. V době VZ

jsou děložní lístky k sobě ještě přitisknuty. V rámci fenologického pokusu VZ nastupuje v době, kdy je již zřetelně patrné řádkování vzcházejících rostlin (10 a více % pokusné plochy).

Lilek brambor: Jednotlivá rostlina vzchází, jakmile nad povrch půdy pronikne vzrostný vrchol, na němž se rozvíjejí první listy. V rámci fenologického pokusu fenofáze VZ nastupuje v době, kdy je již zřetelně patrné řádkování vzcházejících rostlin.

Hrách setý, řepka ozimá: Nad povrch půdy proniknou první nadzemní orgány rostliny (vzrostný vrchol s rozvíjejícími se listy, děložní lístky nebo podděložní článek). V rámci fenologického pokusu fenofáze VZ nastupuje, když je zřetelně vidět řádkování vzcházejících rostlin.

### Odnožování (OD)

Pšenice ozimá, ječmen jarní: Pupeny odnoží se u obilnin tvoří v paždí zárodečné pochvy nebo prvního, druhého, popřípadě i mladšího listu. Odnož je zpočátku skryta v pochvě listu a pak prorůstá touto pochvou po celé její délce, až hrot prvního, trubičkovitě svinutého listu odnože pronikne z pochvy ven v paždí příslušné listové čepele. Pod tlakem rostoucí odnože se často tato pochva ve své horní části podélně rozevře. Za nástup fenofáze OD u jednotlivé rostliny se považuje stav, kdy z paždí některého ze spodních listů právě vyčnívá alespoň 1 cm dlouhý hrot listu první odnože. Dosti často je odnož během úvodního období vývoje skryta pod zemí (hlavně u raných odnoží při větší hloubce setí). V takových případech se za počátek odnožování považuje okamžik, kdy tyto odnože začínají vyrůstat nad povrch půdy. V rámci fenologického pokusu fenofáze OD nastupuje, je-li popsáný stav zjištěn alespoň u poloviny rostlin.

### První pár pravých listů (PPL)

Řepa cukrová: Tato fenofáze nastává v den, kdy se na řepě cukrové začne rozvíjet první pár pravých listů.

### Řádkové zapojení porostu (RZ)

Lilek brambor: Původně dobře patrné mezery mezi jednotlivými, vedle sebe stojícími rostlinami se uzavřely v důsledku rozrůstání rostlin ve směru řádku. V rámci fenologického pokusu fenofáze RZ nastupuje, jakmile je uvedený stav zjištěn alespoň u poloviny z celkového počtu rostlin.

### Úplné zapojení porostu (UZ)

Lilek brambor: Původně dobře patrné mezery mezi jednotlivými sousedícími řádky rostlin se uzavřely v důsledku rozrůstání rostlin ve směru kolmo na řádky. V rámci fenologického pokusu fenofáze UZ nastupuje, jakmile je uvedený stav zjištěn u většiny řádků.

## Počátek prodlužování listových pochev (PP)

Pšenice ozimá, ječmen jarní: V době pokročilého odnožování rostliny mívají plně vyvinuté alespoň čtyři listy a jejich rané odnože tvoří druhý až třetí list. Tehdy začíná prodlužování listových pochev. Během tohoto procesu se vzdálenosti mezi původně těsně nad sebou stojícími bázemi listových čepelí zvětšují – tvoří se tzv. nepravé stéblo; jde v podstatě o soustavu do sebe nasunutých trubicovitých listových pochev, skrze něž teprve později (během sloupkování) proroste skutečné stéblo nesoucí na svém vrcholu základy květenství. V rámci fenologického pokusu fenofáze PP nastupuje, jakmile je popsán proces prodlužování listových pochev zřetelný alespoň u poloviny rostlin.

## Počátek prodlužování stonku (PPS)

Řepka ozimá: Po vytvoření listové růžice začíná prodlužovací růst stonku. Výška rostliny se začíná zvětšovat, vzdálenosti mezi bázemi nad sebou stojících listů se prodlužují, architektura listové plochy přechází ze stádia přízemní listové růžice do patrovitého systému. V rámci fenologického pokusu fenofáze PP nastupuje, jestliže odpovídá uvedenému popisu alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

## Butonizace (BT)

Lilek brambor: Na rostlině jsou již patrná drobná zelená, dosud nerozvinutá květenství vyrůstající v paždí listů v horní části rostliny. V rámci fenologického pokusu fenofáze BT nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

Hrách setý: Jsou zřetelně patrné základy květenství, vyvíjecí se v paždí listů v horní části rostliny. Poupata jsou dosud zelená, korunní plátky a vnitřní orgány květu ukryvá uzavřený kalich. V rámci fenologického pokusu fenofáze BT nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň desetina z celkového počtu rostlin na pokusné ploše.

## První kolénko (PN)

Pšenice ozimá, ječmen jarní: Fenofáze PN (první kolénko neboli nodus) je součástí procesu sloupkování obilnin a jeho podstata spočívá v růstu pravého stébela rostliny. Stéblo, jehož hlavní součástí (kolénka a stébelné články) jsou náznakově založeny již v předchozím období, se začíná prodlužovat. Těsně před počátkem sloupkování je celé stéblo velmi malé a krátké, ukryté v dolní části dutiny nepravého stébela těsně nad bází rostliny; nyní se však prodlužuje a postupně prorůstá listovými pochvami. Růstová zóna je přitom umístěna v dolní části každého článku; kolénka, původně hustě nahloučená nad sebou, se nyní oddalují (nejdříve se prodlužuje nejspodnější článek). Zevně se objevuje zduřenina prvního (nejspodnějšího) kolénka, kterou lze vidět těsně nad bází rostliny a je možné ji dobře nahmatat jakožto tvrdé oblé těleso uvnitř pochvy nejníže postaveného listu. Právě tento stav odpovídá nástupu fenofáze PN na jednotlivé rostlině. Později se nad prvním kolénkem obdobným způsobem objeví druhé kolénko, posléze i třetí atd. Celkový počet kolének odpovídá celkovému počtu listů. V rámci

fenologického pokusu se za nástup fenofáze PN považuje okamžik, kdy uvedenému popisu právě odpovídá alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Druhé kolénko (DN)

Pšenice ozimá, ječmen jarní: Popis fenofáze DN na jednotlivé rostlině je stejný jako u prvního kolénka. V rámci fenologického pokusu fenofáze nastává, jakmile je druhé kolénko viditelné alespoň u poloviny z celkového počtu rostlin.

### Naduření pochvy posledního listu (NP)

Pšenice ozimá, ječmen jarní: V době vývinu posledního, tj. nejmladšího, nejvýše postaveného listu dochází k rychlému růstu květenství (klas, popř. lata u ovsa), které je vrcholem prorůstajícího stébela a je nyní ukryto v pochvě tohoto posledního listu. Zvětšování objemu květenství se projevuje naduřením (vřetenovitým rozšířením) pochvy posledního listu. Současně se tato pochva postupně osvobozuje z pochvy listu níže postaveného. Společný výskyt obou těchto znaků je projevem nástupu fenofáze NP na jednotlivé rostlině. V rámci fenologického pokusu fenofáze NP nastupuje, jakmile je naduření pochev posledního listu a jejich uvolnění zjištěno alespoň u poloviny z celkového počtu rostlin.

### Metání (ME)

Pšenice setá, ječmen setý: Metání je závěrečnou etapou v procesu utváření a růstu stébela obilnin. Jde v podstatě o rychlý růst posledního stébelného článku, který nese na svém vrcholu klas (latu u ovsa). Utváření květenství na vzrostném vrcholu stébela probíhá již od raných etap vývinu rostliny. Při metání dochází k uvolňování téměř vyvinutého květenství z pochvy posledního listu. Pochva se v horní části podélně rozvírá a květenství z ní proniká ven. Za nástup fenofáze ME na jednotlivé rostlině považujte stav, kdy z pochvy posledního listu vyčnívá právě polovina klasu (laty). Osiny se přitom do délky klasu nezapočítávají.

Kukuřice setá: Tato fenofáze se sleduje na samčím květenství. Popis této fenologické fáze je totožný s výše uvedenou charakteristikou ME.

### Počátek dekortikace (PD)

Řepa cukrová: Dekortikace je odlučování svrchní vrstvy buněk na povrchu mladého kořene (tzv. primární kůry) v důsledku tloustnutí kořene („bulvy“). Dochází ke vzniku tenkých světlých trhlinek, které se postupně rozšiřují. Počátkem dekortikace se rozumí vznik prvních viditelných trhlinek na povrchu horní, ze země vyčnívající části bulvy. Bývá to v době, kdy rostlina vytvoří třetí a čtvrtý pravý list. Trhlinky jsou málo zřetelné, a je proto třeba prohlížet rostliny z bezprostřední blízkosti. V rámci fenologického pokusu fenofáze PD nastupuje, jakmile je uvedený stav zjištěn zhruba na polovině z celkového počtu rostlin.



## Počátek kvetení (PK)

Pšenice setá, ječmen setý: Fenofáze PK nastupuje, jakmile ve střední části klasu (laty) dojde k prasknutí prašníků na již vyvinutých, z květu vyčnívajících tyčinkách a následnému uvolňování pylu (rostliny „práší“, u některých obilnin jsou za pěkného počasí často vidět celá oblaka takto se uvolňujícího pylu). V rámci fenologického pokusu fenofáze PK nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň jedna desetina rostlin. Poznámka: některé odrůdy obilnin (zvláště u ječmene) jsou kleistogamické, tzn. celé kvetení probíhá uvnitř uzavřeného květu – jeho průběh není tedy zevně patrný. U takových odrůd se fenofáze PK nepozoruje (formálně je třeba hlásit, že fenofáze nenastoupila).

## Počátek kvetení samčích květů (KA)

Kukuřice setá: Na metající latě začnou uvolňovat pyl („prášit“) první prašníky. V rámci fenologického pokusu fenofáze KA nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň jedna desetina z celkového počtu rostlin.

## Konec kvetení (KK)

Řepka ozimá: Dokvetly i nejpozději kvetoucí květy. Korunní plátky, kalichy a tyčinky zasychají, popřípadě opadávají, v časně vyvinutých květech začíná růst plodů. V rámci fenologického pokusu KK nastupuje, jestliže uvedenému popisu odpovídá alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

## Zelená (konzervárenská) zralost (ZK)

Hrách setý: Nástup fenofáze ZK je určen stavem lusku, vyvíjejících se ve střední části rostliny (jde o nejnižší postavené plody na rostlině). Tyto lusky jsou v době ZK ještě zelené, avšak již normálně dlouhé, s plnými měkkými semeny. V rámci fenologického pokusu fenofáze ZK nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň polovina celkového počtu rostlin.

## Mléčná zralost (ZM)

Kukuřice setá: V době nástupu fenofáze ZM ještě převládá zelená barva na všech nadzemních částech rostliny; pouze dva až tři spodní listy jsou již odumřelé (jejich kolénka jsou však přitom ještě zelenavá a šťavnatá). Listy ve střední části stébla se nacházejí v různých stádiích odumírání (list zpravidla žlutne a odumírá postupně shora dolů, tj. od hrotu čepele po celé její délce přes pochvu až ke kolénku, které přebarvuje a odumírá nejpozději). Nejvyšší listy jsou většinou ještě zelené. Objem vyvinutějších obilek odpovídá velikosti zralého zrna. Všechny obilky jsou zelené, na omak měkké, při silnějším stisknutí se z nich uvolňuje mléčné zabarvená šťáva. Pluchy, mezi nimiž je obilka umístěna, mají v době mléčné zralosti žlutozelenou barvu. V rámci fenologického pokusu fenofáze ZM nastupuje, jestliže uvedenému popisu odpovídá alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Mléčně vosková zralost (MV)

Kukuřice setá: Zrna ve střední části palice uvolňují po zmáčknutí hustý kašovitý, škrobnatý obsah. V horní části palice jsou zrna ještě ve stadiu mléčné zralosti. V rámci fenologického pokusu fenofáze MV nastupuje, jestliže uvedenému popisu odpovídá alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Žlutá zralost (ZZ)

Pšenice setá, ječmen setý: V této fázi je většina listů již odumřelá a (zejména za suchého počasí) křehká, lámavá, stéblo je však ještě dosti pružné a ohebné. Spodní kolénka jsou zaschlá a svráštělá, střední zasychají a pouze 2 až 3 horní kolénka jsou ještě zelenavá, zduřelá a pružná. Obilka ze střední části klasu (laty) je již žlutá až načervenalá. Obsah obilky (endosperm) lze hníst mezi prsty, je voskovité konzistence. Pluchy mají v době žluté zralosti slámovou barvu. V rámci fenologického pokusu fenofáze ZZ nastupuje, pokud odpovídá uvedenému popisu alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Plná zralost (ZP)

Pšenice setá, ječmen setý: Listy jsou již zcela odumřelé a rovněž kolénka jsou hnědá a svráštělá. Stéblo je slámově vybarvené, zachovává si však ještě určitou pružnost (u přezrálých porostů se tato pružnost dále zmenšuje). Obilky je možno z klasu snadno uvolnit, jsou tvrdé, mezi prsty je nelze deformovat; na příčném řezu obilkou je patrný moučnatý až sklovitý vzhled tvrdého endospermu. V rámci fenologického pokusu fenofáze ZP nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Odumírání nati (ON)

Lilek brambor: Většina listů je již nezelená (zažloutlá, žlutohnědá, hnědá apod.), podobně zasychají i stonky. V rámci fenologického pokusu fenofáze ON nastupuje, odpovídá-li uvedenému popisu alespoň polovina z celkového počtu rostlin.

### Sklizeň (SK)

Pšenice setá (varianta ozimá a jarní), žito seté (varianta ozimé), ječmen setý (varianta ozimý a jarní), oves setý: Den, kdy na pokusné ploše bylo započato kosení rostlin.

Lilek brambor, řepa cukrová, řepa krmná: Den, kdy byla započatá vyorávka bulev (hlíz) na pokusné ploše.

## Lesní rostliny

### Počátek olistění (PL 10)

Je datum, kdy se na líci listu při pohledu shora objeví celé listové žebro. Na listu je čepel již částečně rozvinuta, ale složení listů v pupenu je ještě znatelné. U této fenofáze list doposud nedosáhl svého finální dospělostní velikosti.

### Počátek kvetení (PK, 10, 50, 100)

Tato fenologická fáze nastává, jestliže jsou květy rozevřené a prašníky jsou viditelné, alespoň některé se právě otevírají a uvolňují pyl. U této fenologické fáze se zaznamenávají tři úrovně nástupu, a to podle poměrného množství rozvinutých květů na rostlině: 10, 50, 100 %.

### Konec kvetení (KK)

Jedná se o datum, kdy prašníky v květenstvích jsou již prázdné, tmavnou a zasychají. To platí i u nitek tyčinek. Korunní plátky nebo okvěti opadávají a začínají zasychat.

### Rašení květních pupenů (RK)

Tato fenofáze nastává, když jsou při pohledu shora patrná rostoucí, avšak uzavřená nahloučená zelená poupata, a to alespoň u několika nejpokročilejších pupenů v několika částech koruny sledované dřeviny.

### Plný rozkvět (PR)

Je datum, kdy počet rozvinutých květů na rostlině dosáhne odhadem poloviny celkového počtu květů.

### Všeobecný rozkvět (VR)

Je den, kdy se na pozorovaném stanovišti objeví u většiny pozorovaných jedinců téhož druhu rozvinuté květy u více než poloviny všech květů, tzn. dřevina je v plném květu.

### První květy (PRK)

Je to datum, kdy se u nejméně tří jedinců téhož druhu na daném místě rozvinulo několik prvních normálně vyvinutých květů.

Výše uvedený popis jednotlivých fenofází vychází z publikací Pifflová *et al.*, 1965; Valter, 1982; Valter, 1982; Metodický předpis č. 10 – Návod pro činnost fenologických stanic, 1988; Metodický předpis č. 10 Návod pro činnost fenologických stanic (lesní rostliny), 2009; Metodický předpis č. 2 – Návod pro činnost fenologických stanic (poľní plodiny), 2009.

### 3.6 Metody zpracování fenologických dat v analytické a aplikační části výsledků

V aplikační části jsou provedeny analýzy fenologických dat, které jsou následně interpretovány několika způsoby:

- **Časové řady** – toto grafické znázornění je provedeno buď pro jednotlivé roky, anebo pro určitá dlouhodobá období (analýzy průměrných hodnot); v textu se objevují dvě varianty tohoto grafického znázornění: spojnicové grafy (např. Obr. 14) anebo pruhová varianta grafu (např. Obr. 12). Grafy znázorňují, kdy jednotlivé fenologické fáze v letech nastupují a zda dochází ke změně u doby trvání fenofází.
- **Složené grafy** – tento typ grafu vykresluje časové řady a regresní analýzu fenologických dat. Tyto grafy jsou provedeny pro dlouhodobá období 1961–1990.
- **Přehledové tabulky** – prezentovány jsou výsledky regresní analýzy, Mann-Kendallova testu a dále jsou v textu i přehledové tabulky s průměrnými termíny nástupů vybraných fenologických fází.

### 3.7 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování dat bylo pracováno s programem XLSTAT a Microsoft Excel. Pro hodnocení průběhu reprezentativních datových řad a trendů byla provedena regresní analýza a Mann-Kendallův test.

- **Regresní analýza**

Cílem analýzy je stanovit trendy/formy závislosti pomocí vhodné funkce.

- **Mann-Kendallův test**

Test sloužící ke zjištění trendů v rámci časových řad. Jedná se o velmi široce používaný nástroj při vyhodnocování dat. Jeho hlavním pozitivem je jeho jednoduchost a možnost vyrovnání se s chybějícími hodnotami ve vzorku. Metoda je široce využívána ve vědeckých oborech, které se zabývají životním prostředím. V rámci testu existují dva důležité parametry, které jsou důležité pro detekci trendu. Jedná se o míru signifikace (vypovídá o síle testu ( $P$  - value)) a odhad velikosti směrnice (určuje směr a velikost tohoto trendu) (Burn a Elnur, 2002). Pokud jsou hodnoty  $P < 0,01$  jedná se o statisticky vysoce významný lineární trend a jestliže jsou hodnoty  $P < 0,05$  jedná se o významný lineární trend.

### 3.8 Aplikace fenologických údajů v oblasti protierozní ochrany půdy – výpočet faktoru ochranného vlivu vegetace

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů. Tento faktor je v rámci rovnice USLE vyjádřen jako faktor  $C$ . Pro výpočet  $C$  faktoru je nutné znát datum setí a sklizně a toto vegetační období rozdělit do dílčích „mezidobí“ s odlišnými hodnotami  $C$  faktoru.

$$\text{Faktor } C = \%R \times C$$

kde:  $\%R$  je procentuální průměrné rozložení erozně nebezpečných dešťů,  
 $C$  je hodnota ochranného vlivu vegetace (Tab. 3).

**Tab. 3** Hodnoty C faktoru u vybraných plodin v rámci pěti pěstebních období

Plodina	Hodnota C faktoru pro daná pěstební období					Pozn.
	1	2	3	4	5 a/b <sup>5</sup>	
Řepa cukrová	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70/-	-
Kukuřice setá	0,70	0,90	0,70	0,35	0,70/0,40	Sláma předplodiny sklizena
Ječmen jarní	0,65	0,70	0,45	0,08	0,25/0,04	Po obilninách
Lilek brambor	0,65	0,80	0,65	0,30	0,70/-	-

Zdroj: Janeček, 2012

**Tab. 4** Rozdělení vegetačního období dané plodiny do pěti pěstebních období

Pěstební období	Bližší specifikace období
1.	období podmítky a hrubé brázdy,
2.	období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
3.	období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení (u ozimů do 30. 4.),
4.	období od konce 3. období do sklizně,
5.	období strniště.

Zdroj: Wischmeier and Smith, 1978

**Tab. 5** Agrotechnické lhůty pro jednotlivé výrobní oblasti ČR:

Výrobní oblasti	Agrotechnické lhůty	Plodiny				
		Pšenice ozimá	Ječmen jarní	Kukuřice setá	Lilek brambor	Řepa cukrová
KVO	ST	2. 10.	17. 3.	22. 4.	14. 4.	5. 4.
	SK	12. 7.	14. 6.	20. 9.	13. 9.	28. 9.
ŘVO	ST	28. 9.	25. 3.	-	16. 4.	13. 4.
	SK	26. 7.	22. 7.	-	18. 9.	5. 10.
BVO	ST	28. 9.	7. 4.	-	26. 4.	-
	SK	6. 8.	31. 7.	-	22. 9.	-
HVO	ST	18. 9.	15. 4.	-	27. 4.	-
	SK	22. 8.	17. 8.	-	25. 9.	-

<sup>5</sup> 5 a (sláma sklizena), 5 b (sláma ponechána)

**Tab. 6** Kritické fenologické fáze z pohledu vodní eroze

Plodina	Pěstební období				
	1 = OBV <sup>1</sup>	2	3	4	5 = OBV <sup>2</sup>
Pšenice ozimá	do setí	setí – odnožování	odnožování – počátek kvetení	počátek kvetení – sklizeň	do 31. 10. <sup>6</sup>
Ječmen jarní		setí – odnožování	odnožování – počátek kvetení	počátek kvetení – sklizeň	
Kukuřice setá		setí – vzcházení	vzcházení – metání	počátek kvetení – sklizeň	
Řepa cukrová		setí – vzcházení	vzcházení – počátek dekortikace	počátek dekortikace – sklizeň	
Lilek brambor		setí – počátek kvetení	počátek kvetení – odumírání nati	odumírání nati – sklizeň	
Řepka olejka		setí – počátek prodlužování stonku	počátek prodlužování stonku – konec kvetení	konec kvetení – sklizeň	
Hrách setý		setí – butonizace	zelená zralost – sklizeň	-	

Pozn. OBV<sup>1</sup> – období bez vegetace před setím; OBV<sup>2</sup> – období bez vegetace po sklizni (strniště)

Zdroj: výstup v rámci projektu QJ1530181

V aplikační části knihy věnující se problematice eroze půdy (podkapitola 4.2.2) je provedeno srovnání a vymezení pěstebních období na základě dvou metod:

**a) Původní metodika dle Wischmeiera a Smitha (1978) s využitím termínů agrotechnických lhůt pro potřeby ČR**

Pěstební období dle Wischmeiera a Smitha jsou uvedena v Tab. 4. Tato období jsou definována totožně pro všechny plodiny. Aby bylo možno v podmínkách ČR blíže specifikovat termíny setí a sklizeň byly dále aplikovány informace o agrotechnických lhůtách pro jednotlivé výrobní oblasti ČR: kukuřičná (KVO), řeparská (ŘVO), bramborářská (BVO) a horská (HVO) – viz Tab. 5. Tato metoda stanovení pěstebních období je v textu označena jako původní metoda anebo metoda WS a PATL.

**b) Fenologické odvození (na základě výsledků projektu QJ1530181, který se zabýval aktualizací C faktoru).**

Projektové výsledky pracují s každou plodinou individuálně a pro jednotlivé plodiny jsou stanoveny kritické fenologické fáze ve vztahu k erozi půdy. Bližší specifikace jednotlivých pěstebních období je uvedena v Tab. 6. V rámci tohoto projektu byla vedena diskuze mezi odborníky věnujícími se erozi půdy, dynamice vývoje porostu a fenologii a na základě tohoto byly stanoveny konkrétní

<sup>6</sup> Do výpočtu ochranného vlivu vegetace vstupuje kromě C faktoru i procentuální rozložení erozně nebezpečných dešťů (%R) a jelikož hodnoty pro tento prvek rovnice jsou vymezeny pro měsíce duben až říjen, tak v zimních měsících je hodnota %R nula, takže při násobení by výsledná hodnota byla nulová



fenologické fáze, u kterých dochází k výrazné změně v pokryvnosti plodiny, což může mít ve výsledku významný vliv na vodní erozi půdy. V knize je tato metoda označena jako fenologické odvození (metoda FO).

Hodnotu C faktoru je nutno korigovat s ohledem na procentuální rozložení faktoru erozní účinnosti přívalových dešťů (R faktor) – viz Tab. 7.

**Tab. 7** Průměrné hodnoty procentuálního rozložení erozně nebezpečných dešťů pro ČR

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

*Zdroj: Janeček, 2012*

## IV. PRAKTICKÉ A ANALYTICKÉ VÝSTUPY A JEJICH APLIKACE

Tato část je systematicky rozdělena podle druhu sledovaných fenologických plodin na základě specializace fenologických pozorování ČHMÚ. První část výsledků se zabývá polními plodinami a druhá část lesními rostlinami.

Kapitola **Polní plodiny** se člení na podkapitoly věnované analýze fenologických dat (analytická část) a aplikaci fenologických dat do různých vědních oborů (aplikační část). **Analytická část** obsahuje detailní grafické zpracování fenologických dat. Skládá se z řady případových studií a na některé je navazováno i v aplikační části. Analytická část je východiskem pro aplikační podkapitolu a následné zhodnocení. V podkapitole jsou provedeny analýzy fenologických dat, které jsou následně interpretovány několika způsoby (grafy, tabulkami).

Pro lepší orientaci v textu jsou uvedeny u každé analýzy druh plodiny a lokace dat. Analyzovaná lokalita je uvedena u zkratky FS<sup>7</sup>. **Aplikační část** řeší tři základní oblasti:

- **Problematicku eroze půdy**, tj. výpočet hodnoty ochranného vlivu vegetace s využitím fenologických dat; dále se zabývá zpřesněním termínů vybraných fenologických fází a zemědělských činností na základě fenologických pozorování ČHMÚ pro stanovení C faktoru a závěrečná část této podkapitoly řeší srovnání a syntézu analyzovaných metod stanovení pěstebních období pro potřeby C faktoru pro ječmen jarní (případová studie).
- **Interakce fenologie a klimatologie**.
- **Bioindikace změn** (s využitím trendové analýzy). Aktualizace termínů fenologických fází ve výrobních oblastech ve vztahu k erozi půdy byla provedena na základě řešeného projektu v období 2015–2018 v rámci projektu: Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice. Podrobnější vymezení analyzovaných období pro výrobní oblasti je konkrétně uvedeno pro každou plodinu v jednotlivých podkapitolách.

Kapitola **Lesní rostliny** taktéž obsahuje analytické i aplikační informace, avšak u této kapitoly se jedná spíše o grafické rozdělení. Z faktického pohledu je velmi obtížné tyto dvě podkapitoly jednoznačně od sebe oddělit, jelikož informace se navzájem prolínají. Data byla analyzována ve vztahu k monitoringu pylových alergenů, environmentální bezpečnosti a bioklimatologii. V kapitole věnované pylovým alergenům byly řešeny dřeviny, které jsou významnými alergeny na našem území. Fenologická data jsou graficky znázorněna pomocí časových řad (pro jednotlivé roky, ale i průměrné hodnoty pro dlouhodobé období). Dále je pro část dat zpracována trendová analýza s využitím Mann-Kendallovu testu. Při analýze fenologických dat ve vztahu k environmentální bezpečnosti byla hodnocena třešeň ptačí jako jeden z důležitých zdrojů pastvy pro včelu medonosnou. Interakce fenologických změn a klimatu byla hodnocena regresní analýzou pro sněženku podsněžník a pro konvalinku vonnou jako zástupce „přírodě blízkých“ druhů rostlin s předpokladem minimálního zásahu člověka šlechtěním, jako je tomu o polních plodin.

<sup>7</sup> FS – fenologická stanice

## 4 POLNÍ PLODINY

**Obr. 11** Zemědělská krajina



*Zdroj: Foto autoři*

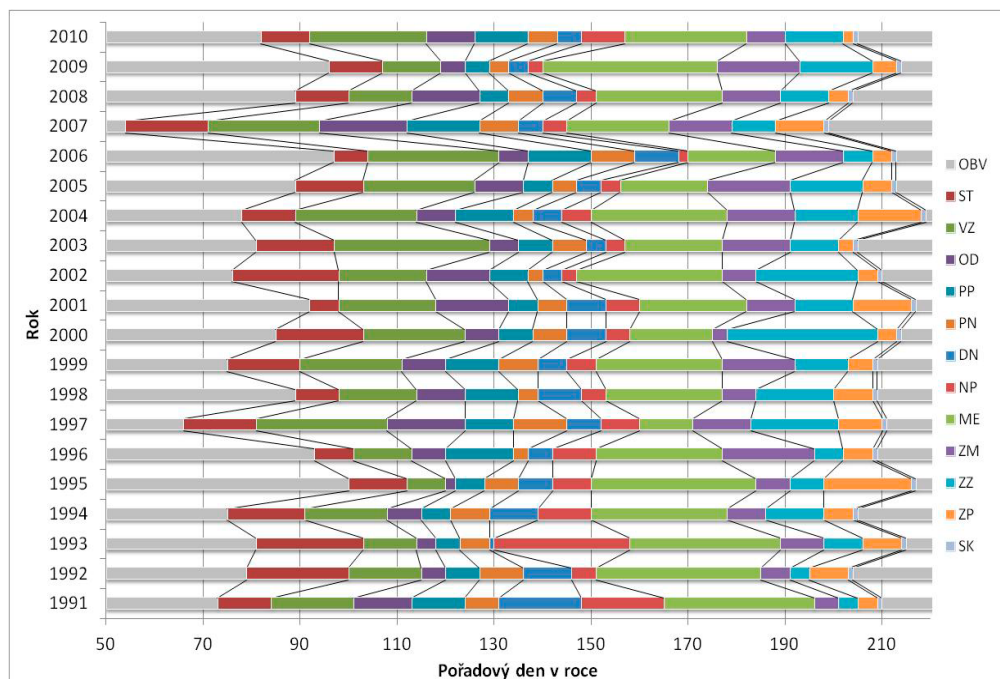
### 4.1 Analytická část – Grafické zpracování fenologických dat

#### 4.1.1 Ječmen jarní – Strážnice

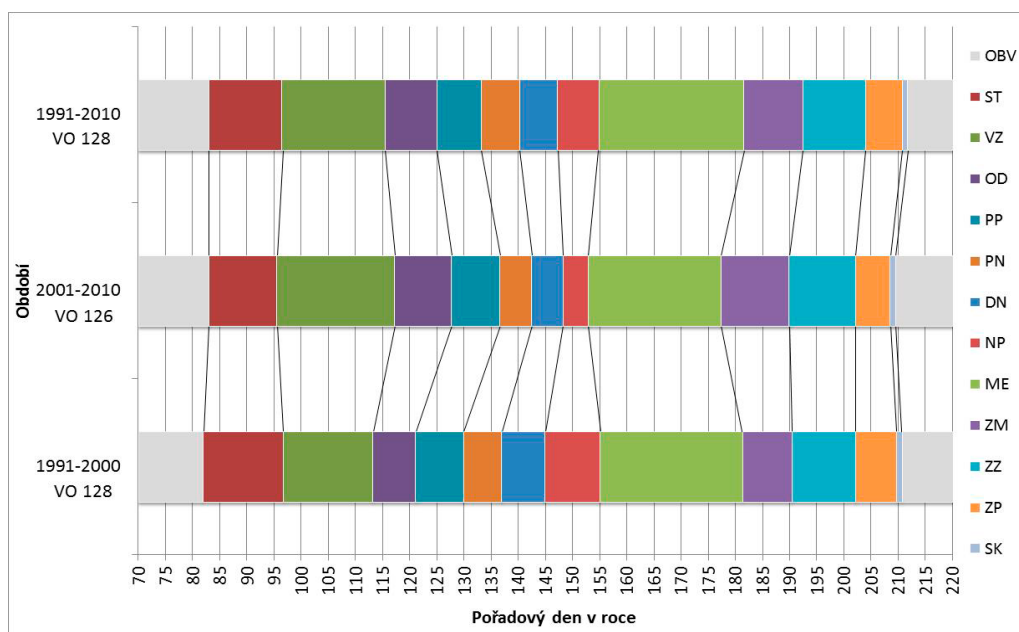
Na Obr. 12 je zachycena variabilita nástupu fenologických fází a agrotechnických operací v jednotlivých letech pro období 1991–2010. Nejdříve bylo ST prováděno v roce 2007 a to 54. den a v roce 1997 a to 66. den. V těchto dvou letech bylo zjištěno i nejdelší VO a to 144 dnů. Nejkratší VO bylo zjištěno v letech 1996 (115 dnů) a 2008 (114 dnů).

V období 1991–2000 byla průměrná délka VO 128 dnů (Obr. 13). V období 2001–2010 došlo ke zkrácení průměrné délky VO o 2 dny a to na 126 dnů. Na Obr. 13 jsou patrné změny v délce trvání jednotlivých fenologických fází a termínech nástupu jednotlivých fází. Při srovnání dvou analyzovaných období dochází v letech 2001–2010 ke zkrácování intervalu mezi fenologickými fázemi ST-VZ (2 dny), PN-DN (1 den), DN-NP (2 dny), NP-ME (5 dnů), ME-ZM (2 dny) a ZP-SK (2 dny). U fenologických fází PP-PN a ZZ-ZP zůstává délka intervalu v obou obdobích stejná. Dále bylo zjištěno i prodlužování intervalu mezi fenologickými fázemi VZ-OD (5 dnů), OD-PP (3 dny) a ZM-ZZ (4 dny). Průměrný termín výsevu byl v období 2001–2010 proveden s denním zpožděním.

**Obr. 12** Nástup vybraných fenologických fází a agrotechnických operací pro ječmen jarní v období 1991–2010 (FS Strážnice)



**Obr. 13** Průměrné hodnoty nástupů fenologických fází a agrotechnických operací pro ječmen jarní (FS Strážnice)



V období 1991–2000 nastávají agrotechnické operace ST a SK v průměru 82. a 209. den. Fenologická fáze VZ nastupuje v tomto období v průměru 96. den, OD 113. den, PP 121. den, PN 130. den, DN 137. den, NP 145. den, ME 155. den, ZM 181. den, ZZ 190. den a ZP 202. den. V letech 2001–2010 je průměrný termín nástupu VZ 96. den, OD 118. den, PP 128. den, PN 149. den, ME 153. den, ZM 178. den, ZZ 190. den a ZP 203. den.

Průměrný termín výsevu v letech 1991–2000 byl 83. den v roce. V tomto období nastaly fenologické fáze VZ 96. den, OD 115. den, PP 125. den, PN 133. den, DN 140. den, NP 147. den, ME 154. den, ZM 181. den, ZZ 192. den a ZP 203. den. Sklizeň byla prováděna v průměru 210. den v roce.

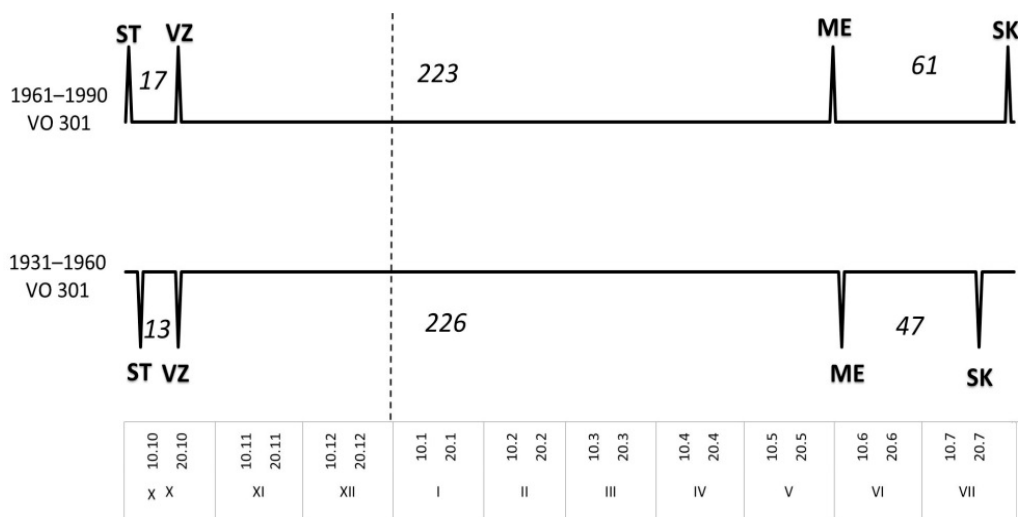
V letech 1991–2010 začal ječmen jarní vzcházet v průměru 13. den po setí. Délka mezi fenologickými fázemi VZ-OD byla v průměru 19 dnů. Interval mezi OD-PP byl 10 dnů, PP-PN 8 dnů, PN-DN 7 dnů, DN-NP 7 dnů, NP-ME 8 dnů, ME-ZM 27 dnů, ZM-ZZ 11 dnů, ZZ-ZP 11 dnů a mezi ZP-SK 7 dnů. Průměrná délka VO byla 128 dnů.

#### 4.1.2 Pšenice ozimá – Branišovice

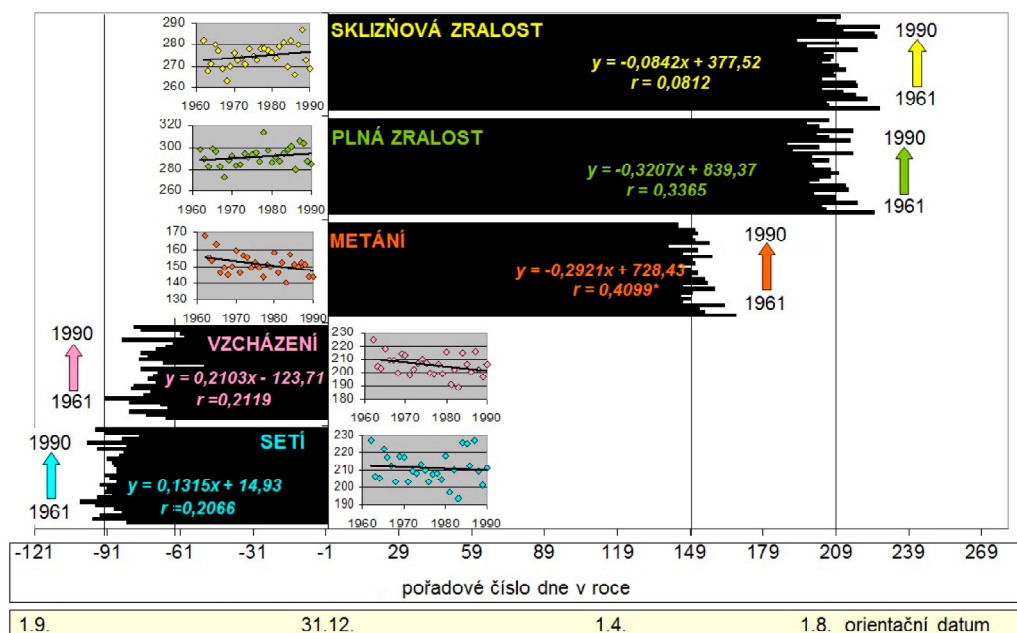
V letech 1931–1960 bylo v průměru setí prováděno 6. října. Doba mezi setím a vzcházením byla v průměru 13 dnů. Vzcházení pšenice ozimé je tak v průměru datováno na 19. října. Počet dnů mezi vzcházením a metáním byl v tomto období 226 dnů. Metání v průměru nastávalo 3. 6. Doba mezi metáním a sklizní je pro zmíněné období v průměru 47 dnů. Průměrný termín sklizně je 20. července. Délka VO je v průměru 286 dnů.

V období 1961–1990 bylo setí prováděno v průměru 2. října. Fenologická fáze vzcházení v průměru nastává 17. den po výsevu, což je 19. října. Metání nastává v průměru 31. května. Fenofáze metání nastává v průměru 223. den po vzcházení. Mezi fenofázemi metání a sklizeň je interval v průměru 61 dnů. Sklizeň se v průměru provádí 30. července. Délka VO je v průměru 301 dnů (Obr. 14).

**Obr. 14** Průměrné hodnoty nástupu fenologických fází a provádění agrotechnických operací pro pšenici ozimou (FS Branišovice)



**Obr. 15** Fenologické trendy a korelační analýza vybraných fenologických fází pšenice ozimé pro období 1961–1990 (FS Branišovice)



Pozn.: \* průkazný vztah; -1 až -121 jsou dny předchozího roku

Při porovnání období 1931–1960 a 1961–1990 dochází v letech 1961–1990 k opoždění sklizně a to o 14 dnů. V období 1961–1990 došlo k prodloužení vegetačního období o 15 dnů. Dále bylo zjištěno, že v období 1961–1990 dochází k dřívějšímu výsevu pšenice ozimé, a to v průměru o 4 dny. Interval mezi setím a vzcházením pšenice ozimé se zvyšuje ze 13 dnů na 17 dnů. Rozmezí mezi vzcházením a metáním se v průměru v letech 1961–1990 zkrátilo o 3 dny.

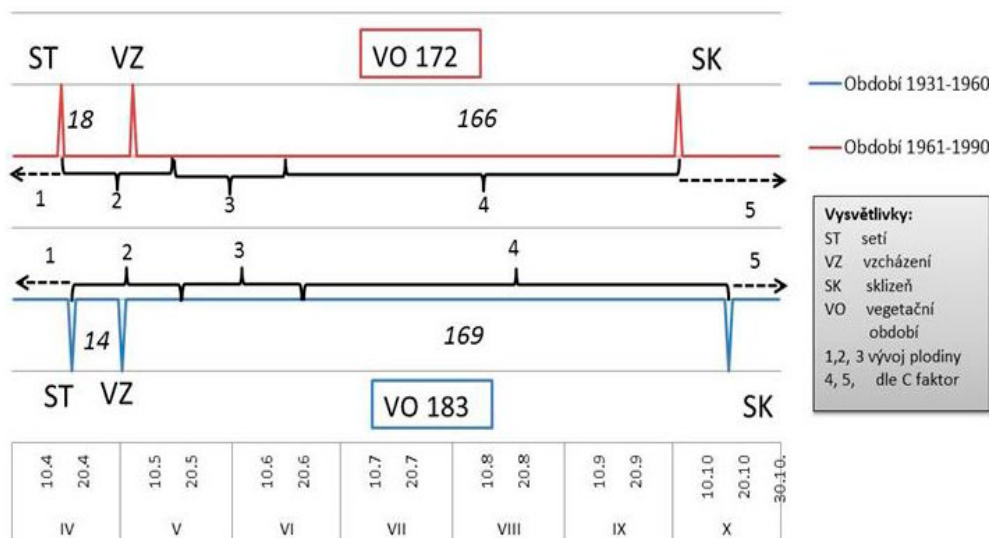
Bylo zjištěno, že fenofáze metání nastává statisticky průkazně dříve a to o 12 dnů ( $r = -0,4099$ ). Statisticky neprůkazný vztah byl zjištěn u setí, vzcházení, plné zralosti a sklizně (Obr. 15).

#### 4.1.3 Řepa cukrová – Hodonín

Srovnání průměrných termínů vybraných agrotechnických operací a nástupu fenofází řepy cukrové během dvou třicetiletých období 1931–1960 a 1961–1990 prezentuje Obr. 16. V období 1931–1960 probíhalo setí řepy v průměru 17. dubna. Doba mezi setím a vzcházením byla 14 dnů. Průměrné datum sklizně bylo 16. října, což znamená, že vegetační období trvalo průměrně 183 dnů. V období 1961–1990 bylo setí prováděno o 3 dny dříve, tedy 14. dubna. V průměru po 18 dnech (4. května) porosty vzcházely. Průměrné datum sklizně připadá na 2. října, což je 166 dnů po vzcházení. Celková průměrná délka vegetačního období je 172 dnů.



**Obr. 16** Průměrné hodnoty nástupu vybraných fenologických fází a agrotechnických operací u řepy cukrové na stanici Hodonín

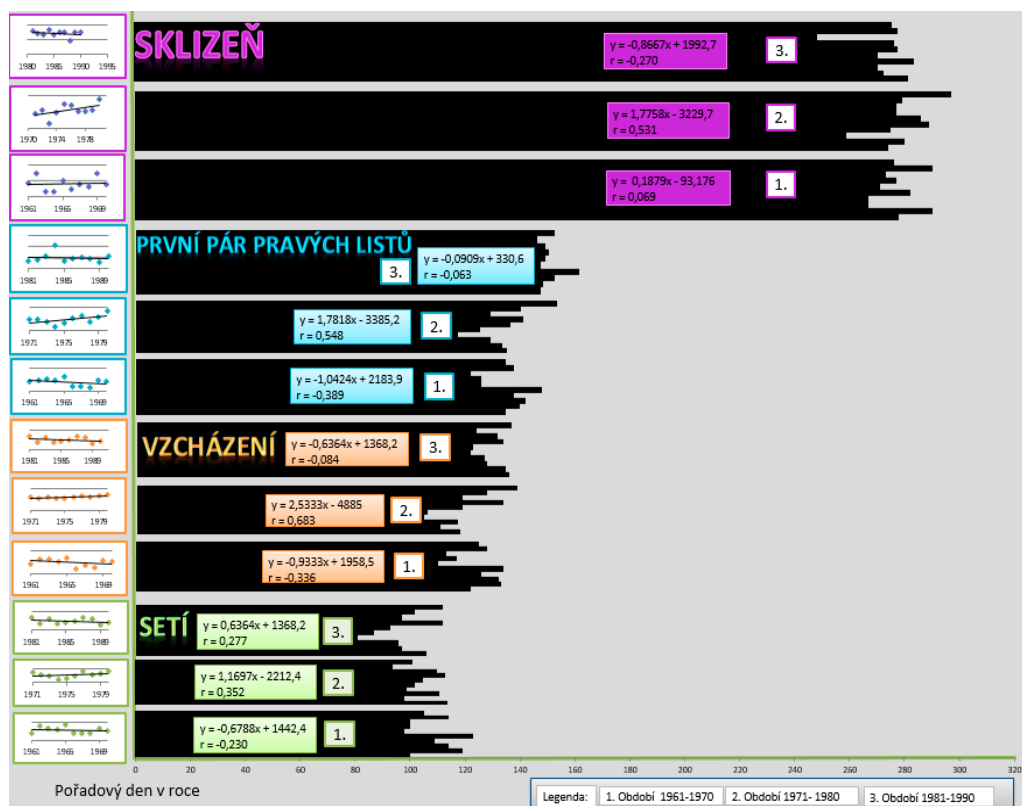


**Obr. 17** Analýza trendů vybraných operací a fenologických fází řepy cukrové na stanici Hodonín, 1961–1990



Při porovnání sledovaných období je patrné, že dochází k dřívějšímu výsevu řepy cukrové a ke zkracování délky VO z 183 dnů na 172 dnů. V období 1961–1990 došlo k prodloužení intervalu mezi setím a vzcházením a to o 4 dny. Na Obr. 16 jsou znázorněny i růstové fáze, které jsou nezbytné pro výpočet C faktoru.

**Obr. 18** Analýza vybraných operací a fenologických fází řepy cukrové pro jednotlivé dekády 1961–1990 pro stanici Hodonín



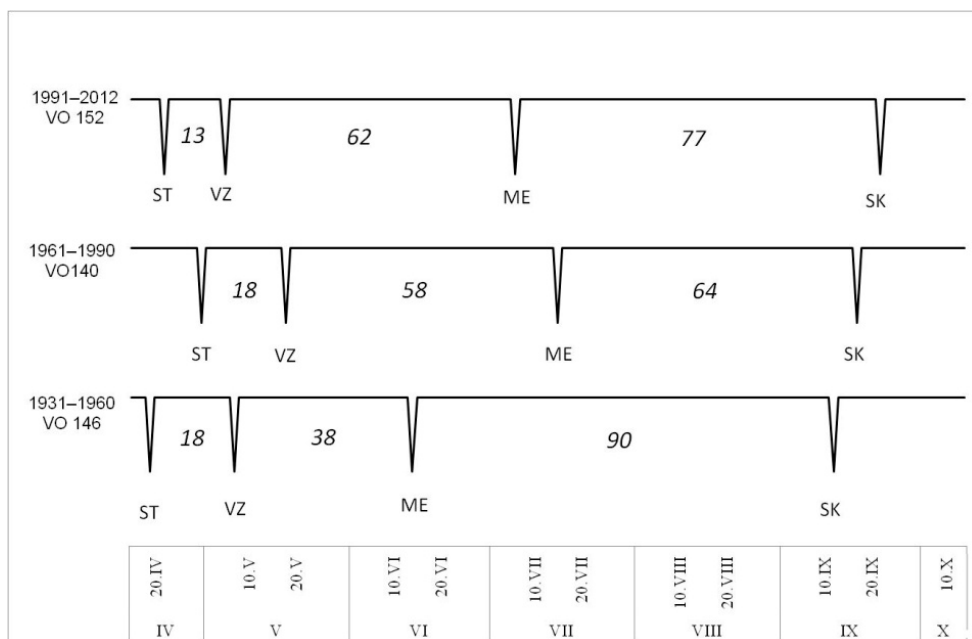
V rámci analýzy trendů nástupu vybraných fenologických fází a agrotechnických operací byl zjištěn statisticky významný lineární trend v pozdějším nástupu fenologické fáze první pár pravých listů ( $r = 0,585$ ). U setí je hodnota  $r = -0,151$ , u vzcházení je to  $0,290$  a u sklizně je  $r = -0,136$  (Obr. 17).

Dále bylo období 1961–1990 rozděleno na dekády a následně byla provedena trendová analýza pro fenofáze ST, VZ, PPL a SK. Z Obr. 18 vyplývá, že statisticky významný lineární trend byl zjištěn u fenofáze vzcházení ve druhé dekádě ( $r = 0,683$ ).

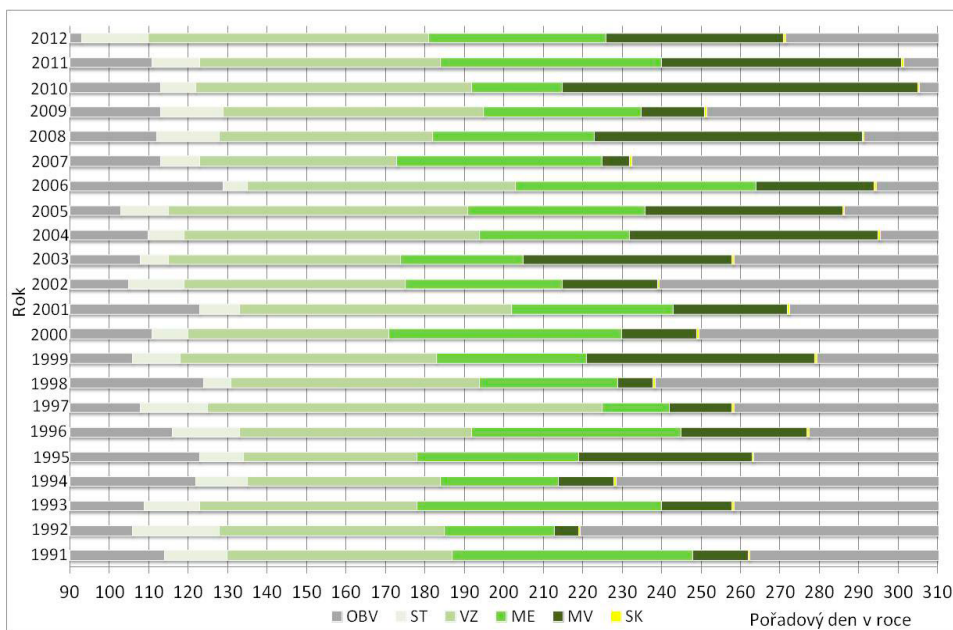
#### 4.1.4 Kukuřice setá – Strážnice

Analýza průměrných hodnot nástupu pracovních operací a fenologických fází kukuřice seté ukazuje, že nejdelší VO bylo v období 1991–2012 a to 152 dnů (Obr. 19). V období 1991–2012 došlo k prodloužení VO o 6 dnů při porovnání s obdobím 1931–1960. Nejdříve byl výsev prováděn v období 1931–1960 (19. 4.) a nejpozději v období 1961–1990 (30. 4.). Dále z analýzy vyplývá, že dochází k prodloužování intervalu mezi fenologickými fázemi VZ a ME. Nejdelší interval mezi fenologickými fázemi ME a SK byl 90 dnů a to v období 1931–1960. V období 1991–2012 došlo k prodloužení intervalu mezi fenologickými fázemi ME–SK o 13 dnů při porovnání s obdobím 1961–1990. V průměru byla

**Obr. 19** Průměrné hodnoty nástupů vybraných fenologických fází a agrotechnických operací pro kukuřici setou (FS Strážnice)



**Obr. 20** Detailní analýza nástupů fenologických fází a provádění agrotechnických operací pro jednotlivé roky v období 1991–2012 pro kukuřici setou (FS Strážnice)



Pozn.: OBV (období bez vegetace)

sklizeň nejdříve prováděna v období 1931–1960 a to 12. 9. (255. den v roce). Opakem je období 1991–2012, kdy byla sklizeň v průměru 22. 9. (265. den v roce).

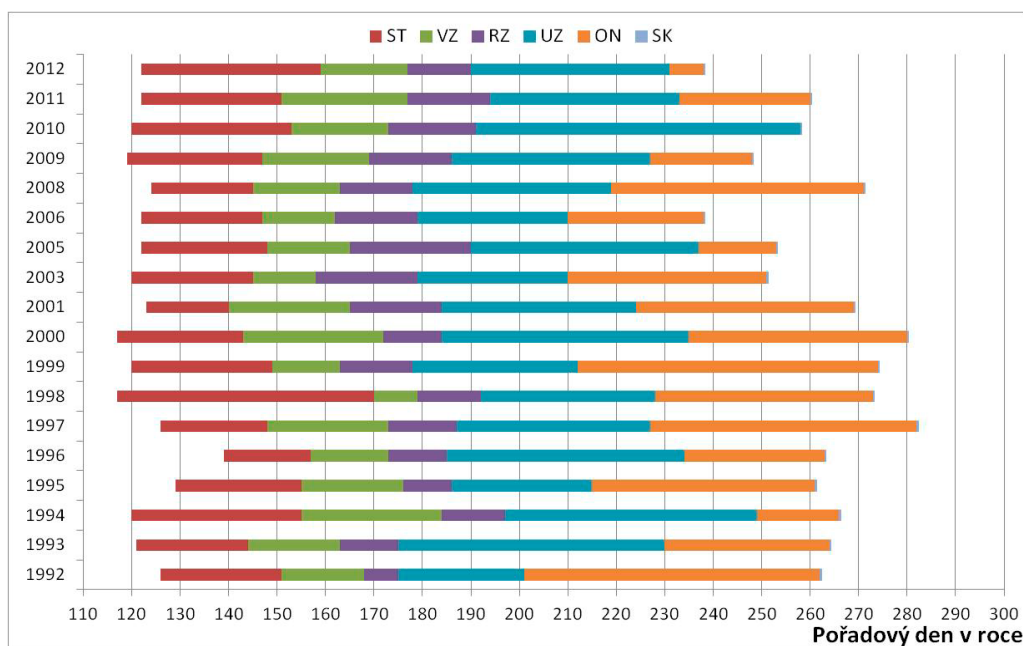
Obr. 20 ukazuje nástupy fenologických fází (VZ, ME a MV) a agrotechnických operací (ST a SK) pro jednotlivé roky pro kukuřici v období 1991–2012. Nejdříve byl výsev kukuřice prováděn v roce 2012, a to 3. 4. tj. 93. den v roce. V roce 2006 byl výsev kukuřice prováděn nejpozději a to 9. 5. V roce 2010 bylo zjištěno nejdelší VO a to 192 dnů a nejkratší VO bylo v roce 1994 a to 106 dnů. Sklizeň byla provedena nejdříve v roce 1992 a to 7. 8. Nejpozději byla kukuřice v rámci sledovaných dat sklizena v roce 2010 a to 1. 11. Při interpretaci těchto zjištění je nutno brát zřetel na fakt, že z hlediska hodnocení fenologických projevů polních plodin patří kukuřice k nejproblematictějšímu druhům. Důvodem není jen obecný potenciální odrůdový vliv na fenologická hodnocení, způsobený změnami odrůdové skladby, provázející všechny druhy polních plodin. Odrůdy (hybridy) kukuřice se v ranosti výrazně liší a jsou s ohledem na potřebnou sumu teplot pro dozrání diferencovány do několika kategorií (podobně jako brambor nebo slunečnice), od velmi raných po pozdní, na základě tzv. FAO čísla. Nadto jsou fenologická pozorování kukuřice v terminální fázi vegetace a při sklizni ovlivněna užitkovým směrem pěstování. Kukuřice může být sklizena „na zeleno“ pro píceinářské účely, na silážní využití – sklizeň celých rostlin či palic nebo jen vlhkého zrna, případně může být užitkovým směrem pěstování na suché zrna. Uvedená fakta se výraznou měrou podílí na fenologických projevech především ve druhé části vegetace a výraznou měrou se podepisují na termínu sklizně kukuřice. Proto je variabilita v tomto parametru tak výrazná a je třeba ji brát s rezervou, když není v historických datech přesně definováno, jaký užitkový směr pěstování byl v konkrétním roce na pozorovací ploše realizován.

#### 4.1.5 Lilek brambor – Dolní Heřmanice

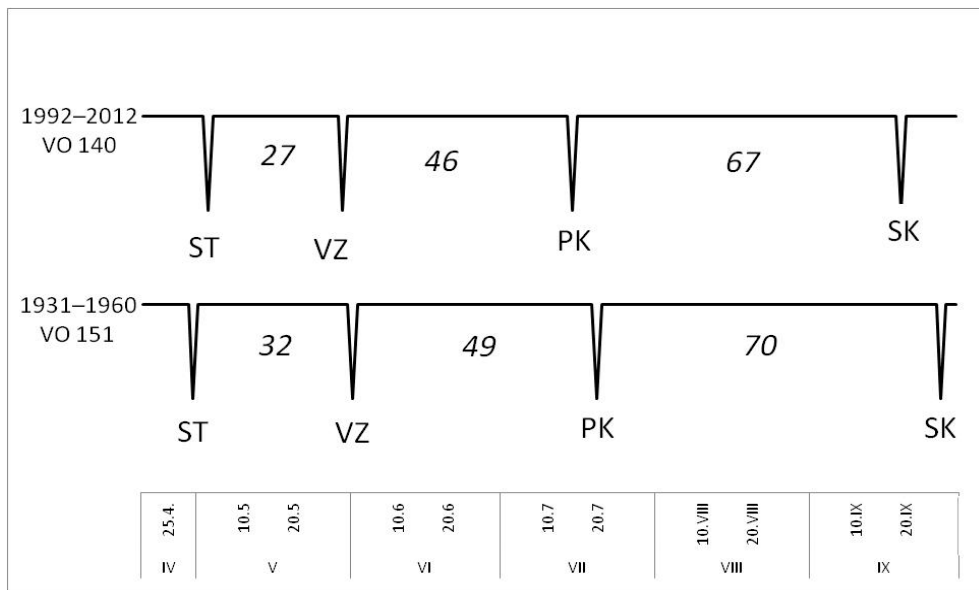
Při analýze fenologických dat (Obr. 21) bylo zjištěno, že na stanici Dolní Heřmanice se brambor sází v období od 27. 4. do 19. 5. Nejdříve byl sázen lilek brambor v roce 1998 a 2000 a to 117. den v roce. Průměrný termín sázení byl v analyzovaném období 123. den v roce. Vzcházení brambor bylo identifikováno v analyzovaném období v termínu od 140. dne v roce do 170. dne v roce. Průměrný termín VZ je pro období 1991–2012 150. den v roce. Fenologická fáze RZ nastupuje v průměru 170. den v roce. V analyzovaném období byl nástup fenofáze RZ zaznamenán v období od 158. dne v roce do 184. dne v roce. Dále by zjištěno, že fenologická fáze UZ nastupuje v období od 175. dne v roce do 197. dne v roce a průměrný termín je 185. den v roce. K nástupu fenologické fáze ON dochází v analyzovaném období v termínu od 201. dne v roce do 258. dne v roce a průměrný termín je 227. den v roce. Sklizeň lilku bramboru probíhala v analyzovaném období od 238. dne v roce do 282. dne v roce. Průměrný termín sklizně byl 262. den v roce.

Při porovnání průměrných hodnot pro období 1931–1960 a 1961–2012 bylo zjištěno, že dochází v období 1992–2012 k pozdějšímu sázení brambor, a to o 3 dny (tj. 3. 5.). V období 1992–2012 dochází ke zkracování intervalu mezi fenologickými fázemi a agrotechnickými operacemi (ST–VZ o 5 dnů, VZ–PK o 3 dny a PK–SK o 3 dny). Sklizeň brambor probíhá v průměru o 5 dnů dříve v období 1992–2012. Dále dochází v období 1992–2012 ke zkracování VO a to o 11 dnů (Obr. 22).

**Obr. 21** Termíny nástupů fenologických fází bramboru pro jednotlivé roky v období 1992–2012 (FS Dolní Heřmanice)



**Obr. 22** Průměrné termíny nástupu fenologických fází, sázení a sklizně pro lilek brambor pro období 1961–1990 a 1992–2012



**Shrnutí:** Demonstrována fenologická data z vybraných stanic pro jednotlivé roky a plodiny vykazují velkou variabilitu. Nástup fenologických fází je vysoce závislý na povětrnostních podmínkách daného ročníku a průběhu zimy. U řady plodin byly zjištěny změny ve fenologických projevech a změny v délce pěstování některých plodin (především prodlužování VO).

## 4.2 Aplikační část – souvislosti s erozí půdy

### 4.2.1 Výpočet ochranného vlivu vegetace pro vodní erozi

#### a) Řepa cukrová

Z pohledu vodní eroze patří řepa cukrová do skupiny nejrizikovějších plodin a je nutné v případě jejího pěstování realizovat protierozní regulativy (Stehnová a Středová, 2016). V případě eroze větrné mohou větrem unášené půdní částice rostlinu poškodit, a to zejména ve fenologické fázi vzcházení, přičemž řepa cukrová je v ČR hojně pěstovaná právě v oblasti s vysokým rizikem výskytu větrné eroze (Středová *et al.*, 2015; Podhrázská *et al.*, 2013). Například Funk a Engel (2015) poukazují erozní rizikovost řepy cukrové k větrné erozi, a to zejména při tradičním způsobu obdělávání půdy, přičemž důležitou roli hraje i orientace řádků.

Ukázka výpočtu byla provedena u řepy cukrové pro modelovou stanici Hodonín (Tab. 8). Rokem s nejkratším vegetačním obdobím (tzn. počet dnů mezi setím a sklizní) byl rok 1988, kdy bylo setí prováděno 20. 4. a sklizeň byla realizována 4. 9. (délka VO byla 138 dnů). Hodnota faktoru C v tomto roce byla 0,4402. Opakem byl rok 1975, kdy setí řepy cukrové bylo provedeno 28. 3. a sklizeň byla započata 15. 10. (délka VO byla 202 dnů). Roční hodnota C faktoru pro tento rok je 0,3437. Procentuální rozdíl mezi těmito dvěma extrémními roky je 21,9 %. Jelikož C faktor je jedním z prvků rovnice USLE, je zřejmé, že je možné i přes management plodin snížit celkovou erozi na dané ploše. V tomto konkrétním případě je celková eroze v roce 1975 nižší o 21,9 % (než v roce 1988) díky delšímu setrvání dané plodiny na pozemku.

Tento trend byl potvrzen i na dalších fenologických stanicích (viz Švábenice, Němčice, Tupesy, Sokolnice, Ivanovice na Hané). Čím delší je doba setrvání řepy cukrové na pozemku, tím je nižší hodnota C faktoru (Tab. 9). Na stanici Tupesy byl procentuální rozdíl mezi roky s dlouhým a krátkým VO dokonce 28,9 %.

#### b) Kukuřice setá

Kukuřice setá patří mezi širokořádkové plodiny (plodiny s nízkou ochrannou funkcí proti erozi – dle nové terminologie DZES), které nedostatečně chrání půdu před vodní erozí. Dle FAO patří kukuřice celosvětově k jedné z nejdůležitějších potravinářských plodin. Význam pěstování kukuřice vzrůstá i v rámci EU, kde je využívána jako hlavní energetická plodina pro produkci bioplynu v bioplynových stanicích.

Největší procentuální rozdíl mezi roky s krátkým VO a dlouhým VO byl zjištěn na stanici Ivanovice na Hané a to 32,1 % (Tab. 10). Nižší hodnota C faktoru byla zjištěna u roků s déletrvajícím VO, než u ročníků s nejkratším VO. Vyšší hodnoty C faktoru



**Tab. 8** Ukázka výpočtu C faktoru pro fenologickou stanici Hodonín (řepa cukrová)

1975					1988				
ST	28. 3.	SK	15. 10.		ST	20. 4.	SK	4. 9.	
Měsíc	% R	Obd.	C	%R × C	Měsíce	%R	Obd.	C	%R × C
IV.	0,933	2	0,8000	0,7464	IV.	0,667	1	0,6500	0,4336
	0,067	3	0,6500	0,0436		0,333	2	0,8000	0,2664
V.	9,936	3	0,6500	6,4584	V.	7,097	2	0,8000	5,6776
	1,064	4	0,3000	0,3192		3,903	3	0,6500	2,5370
VI.	22	4	0,3000	6,6000	VI.	14,667	3	0,6500	9,5336
VII.	30	4	0,3000	9,0000		7,333	4	0,3000	2,1999
VIII.	26	4	0,3000	7,8000	VII.	30	4	0,3000	9,0000
IX.	8	4	0,3000	2,4000	VIII.	26	5	0,3000	7,8000
X.	1	4	0,3000	0,3000	IX.	1,067	4	0,3000	0,3201
	1	5	0,7000	0,7000		6,933	5	0,7000	4,8531
					X.	2	5	0,7000	1,4000
C faktor				<b>0,3437</b>	C faktor				<b>0,4402</b>

**Tab. 9** Souhrn výsledků hodnot C faktoru pro vybrané stanice (řepa cukrová)

Fenologická stanice	Délka VO	Rok	Termíny agrotechnických operací		Hodnota C faktoru	Procentuální rozdíl
			Setí	Sklizeň		
Švábenice	212	1990	22. 3.	19. 10.	0,3350	16,3 %
	153	1966	8. 4.	7. 9.	0,4004	
Němčice	223	1972	23. 3.	31. 10.	0,3332	18,1 %
	157	1970	22. 4.	25. 9.	0,4069	
Tupesý	192	1974	21. 3.	28. 9.	0,3408	28,9 %
	134	1987	5. 5.	15. 9.	0,4793	
Sokolnice	199	1974	14. 3.	28. 9.	0,3317	24,6 %
	157	1981	30. 4.	3. 10.	0,4397	
Ivanovice na Hané	212	1998	8. 4.	6. 11.	0,3679	14,0 %
	169	1996	26. 4.	12. 10.	0,4278	

u kukuřice jsou způsobeny několika faktory, ať už jde o širokořádkovou plodinu, tak i z důvodu termínu jejího výsevu. Kukuřice setá patří mezi „teplomilné rostliny“, u kterých je výsev prováděn v pozdějším termínu. To s sebou nese i vyšší riziko výskytu erozně nebezpečného deště ve fázích vývoje rostliny, které nedostatečně chrání půdu.

**Tab. 10** Souhrn výsledků hodnot C faktoru pro kukuřici setou<sup>8</sup>

Fenologická stanice	Délka VO	Rok	Termíny agrotechnických operací		Hodnota C faktoru	Procentuální rozdíl
			Setí	Sklizeň		
Strážnice	193	2010	23. 4.	1. 11.	0,4679	12,5 %
	113	1992	16. 4.	7. 8.	0,4714	
Hodonín	179	1986	23. 4.	18. 10.	0,4708	10,1 %
	81	1968	17. 5.	6. 8.	0,5238	
Ivanovice na Hané	154	2007	2. 4.	3. 9.	0,4294	32,1 %
	97	1994	2. 6.	7. 9.	0,6315	
Pusté Jakartice	158	2001	3. 5.	8. 10.	0,5093	8,3 %
	112	2003	1. 5.	21. 8.	0,5554	

### c) Ječmen jarní

Ječmen jarní patří mezi úzkořádkové plodiny (plodiny se střední ochrannou funkcí – dle nové terminologie DZES), a tudíž nepatří mezi výrazně erozně rizikové plodiny. I přes tento fakt však může v počátku růstu plodiny docházet k větším odnosům půdy erozí. Při porovnání hodnoty C faktoru ječmene jarního s kukuřicí setou a řepou cukrovou je hodnota nižší.

U fenologických stanic Ivanovice na Hané a Tečovice je hodnota C faktoru u roku s delším VO nižší než u roků s krátkým VO. Naopak u stanic Luhačovice a Branišovice je hodnota C faktoru nejnižší u roků s krátkým VO. Největší procentuální rozdíl v hodnotě C faktoru je na stanici Luhačovice a to 43,5 % (Tab. 11). Hlavním důvodem může být především dřívější výsev v roce 1974, kdy nebezpečné fenologické fáze ječmene jarního se vyskytují v období, ve kterém se neobjevují erozně nebezpečné deště.

### d) Lilek brambor

Porosty lilku bramboru patří mezi erozně rizikové. Půda je chráněna před dopadajícími kapkami deště nejlépe od fenologické fáze úplné zapojení porostu. Nedostatečný ochranný vliv je v období sázení a výskytu fenologických fází VZ a RZ. Toto erozně nebezpečné období se vyskytuje na stanici Dolní Heřmanice v období od 1992–2012 od 27. 4. do 16. 7. V těchto měsících je 64% pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečných dešťů. Z hlediska vysoké pravděpodobnosti výskytu přívalových dešťů by bylo vhodné při pěstování brambor využít půdoochranné technologie např. mulčování slámou po obilní předplodině, sázení brambor do zaoraného jetele, sázení

<sup>8</sup> Kukuřice může být sklizena „na zeleno“ pro píceinářské účely, na silážní využití – sklizeň celých rostlin či palic nebo jen vlhkého zrna, případně může být užitkovým směrem pěstování na suché zrna. Uvedená fakta se výraznou měrou podílí na fenologických projevech především ve druhé části vegetace a výraznou měrou se podepisují na termínu sklizně kukuřice. Proto je variabilita v tomto parametru tak výrazná a je třeba ji brát s rezervou, když není v historických datech přesně definováno, jaký užitkový směr pěstování byl v konkrétním roce na pozorovací ploše realizován.

**Tab. 11** Souhrn výsledků hodnot C faktoru pro ječmen jarní

Fenologické stanice	Délka VO	Rok	Termíny agrotechnických operací		Hodnota C faktoru	Procentuální rozdíl
			Setí	Sklizeň		
Ivanovice na Hané	168	1990	9. 2.	27. 7.	0,1489	15,8 %
	114	2007	29. 3.	21. 7.	0,1769	
Tečovice	154	1974	22. 2.	25. 7.	0,1930	24,1 %
	95	1964	14. 4.	18. 8.	0,2126	
Luhačovice	154	1983	18. 4.	25. 7.	0,2535	43,5 %
	98	1974	5. 3.	6. 8.	0,1433	
Branišovice	149	1998	16. 2.	15. 7.	0,1695	0,6 %
	108	2005	1. 4.	18. 7.	0,1685	

brambor do meziplodiny zaseté na podzim a hrázkování meziřadí (Janeček, 2012) nebo půdoochranné technologie, jak jsou nově definovány v rámci DZES 5. Na hodnotu C faktoru má zásadní vliv i délka VO.

Na stanici **Dolní Heřmanice** je nejnižší hodnota C faktoru 0,4320 (tzn. vyšší ochrana pozemku před erozí), která byla zjištěna v roce 2000, kdy VO bylo 163 dnů (Tab. 12). Nejvyšší hodnota C faktoru tj. 0,5032 (tzn. nižší ochrana půdy) byla zjištěna u krátkého VO, které trvalo 116 dnů. Procentuální rozdíl mezi těmito VO je 16,5 %. Dále byl výpočet C faktoru proveden pro stanici **Chrastava**, kde bylo zjištěno, že nižší hodnota C faktoru je také u roku s delším VO. Procentuální rozdíl mezi krátkým a dlouhým VO je 14,3 % (Tab. 12).

Jelikož C faktor je jedním z prvků USLE, je možno říci, že pokud jsme schopni i přes management plodin snížit hodnotu jednoho prvku rovnice, tak ve výsledku dojde k celkovému snížení eroze o daná procenta. V tomto konkrétním případě bude intenzita eroze v roce 2000 nižší o 16,5 % (podle let 2012 a 2006) díky delšímu pěstování dané plodiny na pozemku. Čím déle je vegetace na daném pozemku, tím lepší je ochrana půdy před erozí. K tomuto výsledku došly i další případové studie (Stehnová a Středová, 2016).

**Tab. 12** Souhrn výsledků hodnot C faktoru pro lilek brambor

Fenologická stanice	Délka VO	Rok	Termíny agrotechnických operací		Hodnota C faktoru	Procentuální rozdíl
			Sázení	Sklizeň		
Dolní Heřmanice	163	2000	27. 4.	7. 10.	0,4320	16,5 %
	116	2006, 2012	2. 5.	26. 8.	0,5032	
Chrastava	174	2007	17. 4.	8. 10.	0,4013	14,3 %
	144	1997	5. 5.	26. 9.	0,4681	

**Shrnutí:** Z výpočtu C faktoru je patrné, že délka vegetačního období (doba setrvání plodiny na pozemku) má zásadní vliv na hodnotu C faktoru i v řádu desítek procent, což ve výsledku znamená, že pokud jsme schopni snížit jednu složku z rovnice USLE, dojde k celkovému snížení eroze na daném pozemku.

#### 4.2.2 Zpřesnění termínů vybraných fenologických fází a agrotechnických pracovních operací na základě fenologických pozorování ČHMÚ pro účely stanovení C faktoru

Tato část textu slouží k detailnějšímu vymezení termínů důležitých pracovních operací a fenologických fází, které mohou mít ve svém důsledku významný vliv na celkovou hodnotu eroze půdy. Původní metodika stanovuje pět pěstebních období. První a páté období řeší stav pozemku bez vegetačního pokryvu. Zbývající období zohledňují vývoj vegetace na daném pozemku (setí, první měsíc a druhý měsíc růstu vegetace až sklizeň plodiny). Pro potřeby ČR byly stanoveny agrotechnické lhůty pro jednotlivé výrobní oblasti, které slouží jako upřesnění pro potřeby výpočtu C faktoru v obecné rovině, jestliže nemáme k dispozici konkrétní termíny z terénu. Agrotechnické lhůty pracují s termíny setí a sklizně. V původní metodice (Wischmeier a Smith, 1978) se již dále nepracuje s fenologickými fázemi porostu. Tuto původní myšlenku dále rozvíjí již zmiňovaný projekt QJ1530181. Na základě fenologických dlouhodobých řad bylo provedeno zhodnocení a analýzy výskytu termínů na konkrétních fenologických stanicích, z čehož byly stanoveny průměrné hodnoty pro jednotlivé výrobní oblasti. Při porovnání původní metodiky a metodiky nové je možno říci, že byla vymezena odlišná tři pěstební období, která řeší vývoj vegetace a tato pěstební období se liší i napříč plodinami (např. u ječmene jarního – 1. období a 5. období jsou totožná s původní metodikou, 2., 3. a 4. vymezeno na základě kritických fenologických fází – odnožování, počátek kvetení). Cílem projektu bylo termínové vymezení období kritických z pohledu eroze půdy napříč výrobními oblastmi. Tab. 13 až 19 porovnávají tyto dvě zmíněné metody a nástroje pro výpočet C faktoru.

**Tab. 13** Pšenice ozimá – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST + 1 m	ST + 2 m	do SK	OBV
Pšenice ozimá	Metoda WS a PATL	KVO	do 1. 10.	2. 10.–1. 11.	2. 11.–1. 12.	2. 12.–8. 7.	do 31. 10.
		ŘVO	do 27. 9.	28. 9.–27. 10.	28. 10.–27. 11.	28. 11.–26. 7.	do 31. 10.
		BVO	do 27. 9.	28. 9.–27. 10.	28. 10.–27. 11.	28. 11.–6. 8.	do 31. 10.
		HVO	do 17. 9.	18. 9.–17. 9.	18. 10.–17. 11.	18. 11.–22. 8.	do 31. 10.
	Metoda FO	označení	OBV	ST–OD	OD–PK	PK–SK	OBV
		KVO	do 2. 10.	3. 10.–6. 11.	7. 11.–27. 5.	28. 5.–21. 7.	do 31. 10.
		ŘVO	do 31. 10.	1. 10.–6. 11.	7. 11.–4. 6.	5. 6.–1. 8.	do 31. 10.
		BVO	do 5. 10.	6. 10.–9. 11.	10. 11.–10. 6.	11. 6.–13. 8.	Do 31. 10.
		HVO	do 28. 9.	29. 9.–28. 10.	29. 10.–14. 6.	15. 6.–19. 8.	Do 31. 10.

**Tab. 14** Ječmen jarní – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Ječmen jarní		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST + 1 m	ST + 2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO	do 16. 3.	17. 3.–16. 4.	17. 4.–16. 5.	17. 5.–14. 6.	do 31. 10.
		ŘVO	do 24. 3.	25. 3.–24. 4.	25. 4.–24. 5.	25. 5.–22. 7.	do 31. 10.
		BVO	do 6. 4.	7. 4.–6. 5.	7. 5.–6. 6.	7. 6.–31. 7.	do 31. 10.
		HVO	do 14. 4.	15. 4.–14. 5.	15. 5.–14. 6.	15. 6.–17. 8.	do 31. 10.
	Metoda FO	označení	OBV	ST–OD	OD–PK	PK–SK	OBV
		KVO	Do 20. 3.	21. 3.–21. 4.	22. 4.–31. 5.	1. 6.–22. 7.	do 31. 10.
		ŘVO	do 30. 3.	31. 3.–28. 4.	29. 4.–17. 6.	18. 6.–4. 8.	do 31. 10.
		BVO	do 8. 4.	9. 4.–6. 5.	7. 5.–22. 6.	23. 6.–12. 8.	do 31. 10.
		HVO	do 11. 4.	12. 4.–6. 5.	7. 5.–23. 6.	24. 6.–24. 8.	do 31. 10.

**Tab. 15** Kukuřice setá – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Kukuřice setá		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST + 1 m	ST + 2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO	Do 21. 4.	22. 4.–21. 5.	22. 5.–21. 6.	22. 6.–20. 9.	Do 31. 10.
		ŘVO	-	-	-	-	-
		BVO	-	-	-	-	-
		HVO	-	-	-	-	-
	Metoda FO	označení	OBV	ST–VZ	VZ–ME	KA–SK	OBV
		KVO	do 25. 4.	26. 4.–6. 5.	7. 5.–12. 7.	13. 7.–29. 9.	do 31. 10.
		ŘVO	do 29. 4.	30. 4.–13. 5.	14. 5.–22. 7.	23. 7.–25. 9.	do 31. 10.
		BVO	do 5. 5.	6. 5.–19. 5.	20. 5.–30. 7.	31. 7.–4. 10.	do 31. 10.
		HVO	do 3. 5.	4. 5.–16. 5.	17. 5.–1. 8.	2. 8.–26. 9.	do 31. 10.

**Tab. 16** Řepa cukrová – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Řepa cukrová		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST+1 m	ST+2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO	do 4. 4.	5. 4.–4. 5.	5. 5.–4. 6.	5.6.–28.9.	do 31. 10.
		ŘVO	do 12. 4.	13. 4.–12. 5.	13. 5.–12. 6.	13.6.–5.10.	do 31. 10.
		BVO	-	-	-	-	-
		HVO	-	-	-	-	-
	Metoda FO	označení	OBV	ST-VZ	VZ-PD	PD-SK	OBV
		KVO	do 5. 4.	6. 4.–22. 4.	23. 4.–17. 5.	18. 5.–19. 10.	do 31. 10.
		ŘVO	do 10. 4.	11. 4.–28. 4.	29. 4.–25. 5.	26. 5.–13. 10.	do 31. 10.
		BVO	do 9. 4.	10. 4.–25. 4.	26. 4.–20. 5.	21. 5.–12. 10.	do 31. 10.
		HVO	-	-	-	-	-

**Tab. 17** Lilek brambor – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Lilek brambor		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST+1 m	ST+2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO	do 13. 4.	14. 4.–13. 5.	14. 5.–13. 6.	14. 6.–13. 9.	do 31. 10.
		ŘVO	do 15. 4.	16. 4.–15. 5.	16. 5.–15. 6.	16. 6.–18. 9.	do 31. 10.
		BVO	do 25. 4.	26. 4.–25. 5.	26. 5.–25. 6.	26. 6.–22. 9.	do 31. 10.
		HVO	do 26. 4.	27. 4.–26. 5.	27. 5.–26. 6.	27. 6.–25. 9.	do 31. 10.
	Metoda FO	označení	OBV	ST-PK	PK-ON	ON-SK	OBV
		KVO	do 29. 3.	30. 3.–4. 6.	5. 6.–17. 6.	18. 6.–23. 6.	do 31. 10.
		ŘVO	do 17. 8.	18. 4.–25. 6.	26. 6.–15. 8.	16. 8.–1. 9.	do 31. 10.
		BVO	do 27. 4.	28. 4.–8. 7.	9. 7.–20. 8.	21. 8.–23. 9.	do 31. 10.
		HVO	do 29. 4.	30. 4.–5. 7.	6. 7.–20. 8.	21. 8.–19. 9.	do 31. 10.



**Tab. 18** Řepka olejka – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Řepka olejka		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST + 1 m	ST + 2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO,	-	-	-	-	-
		ŘVO,	-	-	-	-	-
		BVO,	-	-	-	-	-
		HVO	-	-	-	-	-
	Metoda FO	označení	OBV	ST-PPS	PPS-ON	ON-SK	OBV
		KVO	do 26. 8.	27. 8.–20. 3.	21. 3.–14. 5.	15. 5.–12. 7.	do 31. 10.
		ŘVO	do 27. 8.	28. 8.–21. 4.	22. 4.–22. 5.	23. 5.–22. 7.	do 31. 10.
		BVO	do 21. 8.	22. 8.–16. 4.	17. 4.–29. 5.	30. 5.–31. 7.	do 31. 10.
		HVO	do 21. 8.	22. 8.–23. 4.	24. 4.–3. 6.	4. 6.–5. 8.	do 31. 10.

**Tab. 19** Hrách setý – srovnání pěstebních období pro dvě vybrané metody

Hrách setý		PO	1	2	3	4	5
		označení	OBV	ST + 1 m	ST + 2 m	do SK	OBV
	Metoda WS a PATL	KVO	-	-	-	-	-
		ŘVO	-	-	-	-	-
		BVO	-	-	-	-	-
		HVO	-	-	-	-	-
	Metoda FO	označení	OBV	ST-BT	ZR-SK	-	OBV
		KVO	do 22. 3.	23. 3.–23. 5.	19. 6.–15. 7.	-	do 31. 10.
		ŘVO	do 2. 4.	3. 4.–29. 5.	30. 6.–2. 8.	-	do 31. 10.
		BVO	do 10. 4.	11. 4.–7. 6.	4. 7.–10. 8.	-	do 31. 10.
		HVO	do 12. 4.	13. 4.–8. 6.	10. 7.–18. 8.	-	do 31. 10.

**Shrnutí:** Podkapitola řeší vymezení pěti pěstebních období na základě dvou metodických přístupů. U některých plodin (např. řepka olejka, hrách setý) nebyly v původních agrotechnických lhůtách uvedeny potřebné termíny setí a sklizně. To byl jeden z limitů využití metody, kdy bylo potřeba v některých případech s těmito daty improvizovat. Nová metodika rozšiřuje přehled těchto údajů. Avšak i aktualizovaná verze termínů neobsahuje zcela kompletní přehled všech plodin, které jsou v ČR pěstovány. Vymezení pěstebních období na základě dvou srovnávaných metod, tj. 1) metody WS + agrotechnické lhůty a 2) na základě fenologického odvození jsou v některých aspektech odlišné ať už v termínech, ale i ve vymezení kritických období z pohledu eroze.

### 4.2.3 Srovnání a syntéza metod stanovení pěstebních období pro potřeby C faktoru pro ječmen jarní (případová studie)

Původní metoda výpočtu C faktoru považuje z pohledu protierozní ochrany půdy za nejdůležitější první dva měsíce růstu dané plodiny. Aktualizovaná verze C faktoru akcentuje termíny s přímou vazbou na fenologické fáze (například u modelové plodiny ječmene jarního je to setí až odnožování; odnožování až počátek kvetení a počátek kvetení až sklizeň plodiny). Na základě dat z přímých fenologických pozorování v rámci sítě ČHMÚ lze konstatovat, že na řadě stanic dochází k odnožování ječmene jarního v průměru po více než 30 dnech od výsevu (např. Kuchařovice 44 dnů, Ivanovice na Hané 34 dnů, Kožušice 32 dnů, Slatiny 35 dnů). V průměru více než 30 dnů se objevuje u stanic nacházejících se v KVO a ŘVO. U zbývajících výrobních oblastí se počet dnů pro období setí-odnožování v průměru pohybuje do 30 dnů na stanicích Kostelní Myslová 25 dnů, Dolní Heřmanice 29 dnů, Chrástava 27 dnů, Keřkov 31 dnů, Krásné Údolí 25 dnů atd. Až na výjimky (např. Kuchařovice) jsou odchylky mezi průměrnými termíny získané z fenologie a WS metodou (Wischmeier a Smith, 1978) v řádu dnů, a to působí jako přijatelná difference a v celkovém výsledku by tyto nemusely způsobit významný rozdíl.

Výraznější rozdíl mezi metodami je u třetího pěstebního období, kdy WS metoda má toto období vymezeno jako dva měsíce po setí. Na základě fenologických údajů je patrné, že v tomto období se v porostu ječmene jarního nejčastěji objevuje fenologická fáze (v závislosti na stanici a meteorologických podmínkách daného roku) druhé kolénko anebo naduření pochvy posledního listu. Je zřejmé, že v tomto období ještě u dané plodiny může probíhat vegetativní růst a v návaznosti na to může docházet ještě ke značné změně pokryvnosti. Aktualizovaný výpočet pracuje s intervalem odnožování-počátek kvetení (setí až počátek kvetení). Při porovnání těchto dvou metod a jejich vymezených pěstebních období jsou rozdíly v řádech desítek dnů (Dukovany 24 dnů, Kuchařovice 19 dnů, Kroměříž 20 dnů, Slatiny 13 dnů atd.). Toto již ukazuje na výraznější diferenci v rámci standardního a inovovaného přístupu k výpočtu C faktoru (Tab. 14).

Termíny agrotechnických lhůt uvádějí orientační hodnoty pro setí a sklizeň pro výrobní oblasti. Při porovnání těchto údajů s daty z přímých fenologických pozorování byly detekovány menší nesrovnalosti a není jasné, na jakém základě byly tyto údaje stanoveny (fenologických pozorování, všeobecná doporučení pro agronomy atd.).

U případové studie byly zjištěny difference v prvním a druhém pěstebním období období pouze v řádu dnů, avšak v případě třetího pěstebního období jsou již difference výrazné. Toto může ve výsledku způsobit výše zmíněné rozdílné vymezení tohoto období. Výraznější rozdíl je i mezi termíny sklizně, kde agrotechnické lhůty uvádějí, že sklizeň probíhá v průměru 22. července. Dle fenologických dat je to v průměru do 4. 8. Praktická ukázka (Tab. 20) použití metod při vymezení jednotlivých pěstebních období pro stanici Ivanovice na Hané (ŘVO) indikuje odlišnosti. Fenologické projevy v konkrétním roce logicky vykazují difference od průměrných hodnot pro výrobní oblasti (které byly vymezeny na základě fenologických dat), když termíny v konkrétním ročníku jsou závislé na několika faktorech: meteorologických specifikách daného ročníku, kvalitě a vitalitě osiva, odrůdě, lidské činnosti (realizaci setí a sklizně) atd. Je nutné mít na vědomí, že průměrné hodnoty pro výrobní oblasti mají vždy své limity a ne vždy plně korespondují s podmínkami konkrétního daného roku.

**Tab. 20** Případová studie – srovnání metod pro stanovení pěstebních období (Ivanovice na Hané)

PO	1	2	3	4	5
<b>WS + AL</b>	do 24. 3.	25. 3.–24. 4.	25. 4.–24. 5.	25. 5.–22. 7.	23. 7.–31. 10.
<b>MFO<sup>1</sup></b>	do 30. 3.	31. 3.–28. 4.	29. 4.–17. 6.	18. 6.–4. 8.	od 5. 8.
<b>MFO<sup>2</sup></b>	do 30. 3.	31. 3.–26. 4.	27. 4.–12. 6.	13. 6.–1. 9.	2. 9.–31. 10.

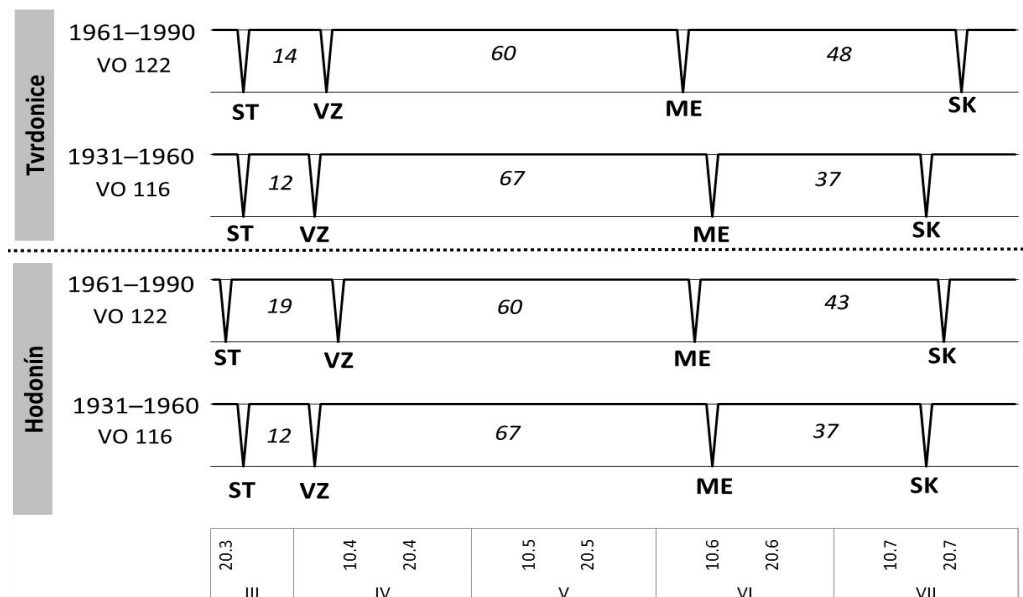
Pozn. WS+AL Metoda dle Wischmeiera a Smitha plus agrotechnické lhůty, MFO<sup>1</sup> průměrné hodnoty pro výrobní oblast (kapitola 4.2.2.); MFO<sup>2</sup> konkrétní údaje pro vybraný rok získané z přímých fenologických pozorování (seti, odnožování, počátek kvetení a sklizně) pro rok 2000.

Pro zpřesnění výpočtu ochranného vlivu vegetace na konkrétním pozemku by bylo vhodné pozorovat fenologické projevy přímo zde a aplikovat údaje dále do výpočtu. Je však zřejmé, že pro výpočet eroze půdy v širším měřítku (pro kraj, okres, zemědělský podnik) není možné podrobná přímá fenologická pozorování realizovat a z toho důvodu jsou vymezeny průměrné hodnoty pro výrobní oblasti.

**Shrnutí:** Při srovnání pěstebních období určených metodou WS a vymezených odvozením na základě fenologických pozorování bylo zjištěno, že zásadní rozdíl mezi těmito metodami je u třetího pěstebního období, kdy se termíny u jednotlivých metod od sebe liší až o několik desítek dnů. Metoda WS stanovuje třetí pěstební období jako druhý měsíc po založení porostu. Na základě fenologických dat bylo zjištěno, že v tomto období se u ječmene jarního objevují fenologické fáze druhé kolénko anebo naduření pochvy posledního listu (v závislosti na stanici a meteorologických podmínkách v daném roce). Metoda odvození na základě fenologie třetí období vymezuje jako interval mezi odnožováním a počátkem kvetení. Metoda odvození pěstebních období na základě fenologických údajů a následné vymezení průměrných termínů pro výrobní oblasti je nejlépe využitelná pro výpočet C faktoru pro širší území (území ČR, okres, kraj atd.). Pro výpočet C faktoru pro potřeby lokální by bylo vhodné sledovat fenologické projevy v konkrétním porostu a tyto údaje pak dále využít při výpočtu čímž by došlo k zpřesnění výsledné hodnoty C faktoru.

### 4.3 Aplikační část – klimatologická aplikace fenologie

Bylo zjištěno, že v období 1961–1990 na stanici Tvrdonice dochází k prodloužení VO (Obr. 23). V průměru došlo k prodloužení VO o 6 dnů. Při porovnání dvou analyzovaných období bylo zjištěno, že v období 1961–1990 dochází: k opoždění SK o 6 dnů; ST je prováděno ve stejný den (82. den v roce); VZ nastává o dva dny později; ME nastává dříve a to o 5 dnů. Dále dochází k prodlužování intervalu mezi ST–VZ (2 dny) a mezi ME–SK (11 dnů). Mezi VZ–ME dochází ke zkrácení intervalu mezi nástupy těchto fenofází (6 dnů). Na stanici Hodonín bylo zjištěno, že v období 1961–1990 také došlo k prodlužování VO (Obr. 23). VO bylo v průměru prodlouženo o 6 dnů. Na této stanici také dochází k prodloužení intervalů mezi fenologickými fázemi ST–VZ (o 7 dnů) a ME–SK (o 11 dnů). Seti probíhalo v období 1961–1990 o 3 dny dříve v porovnání s obdobím 1931–1960.

**Obr. 23** Průměrné nástupy fenologických fází ječmene jarního; Hodonín, Tvrdonice

Při porovnání tří druhů VO (determinovaných dle nástupu průměrné denní teploty vzduchu převyšující 5, 10, respektive 15 °C) bylo zjištěno, že dochází, a i v budoucnu bude docházet k prodlužování VO 5, VO 10 a VO 15. V období 1961–2000 bylo v podmínkách jižní Moravy VO 5 prodlouženo o 3 dny, VO 10 se prodloužilo o 9 dnů a VO 15 se prodloužilo o 12 dnů podle období 1931–1960. Na základě emisního scénáře A1B (podle IPCC) byl modelován možný budoucí vývoj klimatu ve vztahu k VO 5, 10, 15. Předpokládá se, že i v budoucnu (2021–2050) bude docházet k prodlužování VO 5, 10, 15 (Středová *et al.*, 2016). Při porovnání tohoto období s obdobím 1931–1960 bude v podmínkách ČR docházet k následujícím prodloužením: VO 5 o 14, VO 10 o 27 a VO 15 o 15 dnů.

**Shrnutí:** Průměrné hodnoty ukazují, že na analyzovaných stanicích dochází v období 1961–1990 k prodlužování vegetačního období, což potvrzují i data ze stanice Břeclav.

#### 4.4 Aplikační část – bioindikace změn klimatu

Hlavní část analýz v rámci podkapitoly byla provedena na modelové stanici Branišovice, a to z důvodu délky kontinuálních pozorování (1961–2012) a ucelenosti dat. Další podkapitola je věnována dalším fenologickým stanicím, avšak již s kratšími obdobími hodnocení.

#### 4.4.1 Modelová fenologická stanice – Branišovice (1961–2012)

##### a) Pšenice ozimá

V rámci analýzy trendu časové řady pomocí Mann-Kendallova testu byl nalezen vysoce významný lineární trend u fenologické fáze odnožování, kde se ukázalo, že fenofáze odnožování se po roce 1971 hojněji objevuje až na jaře následujícího roku. Tento fakt může mít vliv i na intenzitu erozi půdy, jelikož půda začne být lépe chráněna až v jarních měsících. V rámci nástupů jednotlivých fenologických fází již nebyl zjištěn žádný statisticky významný anebo vysoce významný trend.

Významný trend byl zjištěn u počtu dnů mezi odnožováním a metáním. Byl zjištěn trend ve zmenšování počtu dnů mezi těmito fázemi a to o 152 dnů. Tento trend ukazuje, že v roce 1990 byl počet dní mezi odnožováním a metáním 19 dnů oproti 171 dnům v roce 1961. Zásadní vliv na tento fenomén má fakt, že odnožování pšenice probíhá až v jarních měsících v následujícím roce. S tímto dále souvisí i trend, který byl zjištěn mezi fenologickými fázemi vzházení a odnožování, kde dochází ke zvyšování počtu dnů a to o 227 (tedy z podzimního, resp. zimního období do období jara) při porovnání roků 1961 a 1990.

Dále byl zjištěn vysoce významný lineární trend v analyzovaných obdobích, a to v počtu dnů mezi fenofázemi plná zralost a agrotechnickou operací sklizeň. V období 1961–1990 bylo zjištěno, že dochází ke zvyšování počtu dnů mezi plnou zralostí a sklizní, a to o 6 dnů. V letech 1991–2012 byl zjištěn stejný trend. Dochází ke zvyšování počtu dnů mezi plnou zralostí a sklizní a to o 17 dnů (Tab. 21).

##### b) Ječmen jarní

V rámci analýzy trendů bylo zjištěno, že v období 1961–1990 dochází k pozdější realizaci sklizně, a to o 13 dnů. Toto může mít pozitivní vliv na erozi půdy, jelikož je půda déle kryta vegetačním pokryvem. Ječmen jarní je na stanici Branišovice sklizen v průměru 205. den v roce tj. 24. 8. Pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečného deště v tomto měsíci je 26 %.

**Tab. 21** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro pšenici ozimou (FS Branišovice)

Období	Hodnota P					
	ST	VZ	OD	ME	ZP	SK
1961–1990	0,543	0,617	0,003**	0,173	0,224	0,971
1991–2012	0,216	0,417	0,928	0,467	0,183	0,183
Období	Intervaly mezi fenologickými fázemi a agrotechnickými operacemi					
	ST–VZ	VZ–OD	OD–ME	ME–ZP	ZP–SK	VO
1961–1990	0,566	< 0,0001**	0,045*	0,943	0,007**	0,442
1991–2012	0,310	0,607	0,739	0,430	0,004**	0,05

Pozn: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

Dále bylo zjištěno, že docházelo v období 1961–1990 k prodlužování vegetačního období. V roce 1990 bylo vegetační období delší o 33 dnů podle roku 1961. V následujícím období (1991–2012) nebyl tento trend potvrzen.

V období 1991–2012 bylo zjištěno, že dochází ke zkracování počtu dní mezi fenologickými fázemi vzcházení a odnožování a to o 8 dnů. Toto může být pozitivní z pohledu eroze půdy, protože dochází k dřívějšímu zapojení porostu, který půdu lépe chrání před erozí.

Vysoce významný lineární trend byl zjištěn u počtu dnů mezi fenologickou fází plná zralost a sklizní. V roce 1990 byl počet dnů mezi touto fenologickou fází a sklizní vyšší o 8 dnů (Tab. 22).

**Tab. 22** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro ječmen jarní (FS Branišovice)

Období	Hodnota P					
	ST	VZ	OD	ME	ZP	SK
1961–1990	0,419	0,201	0,844	0,802	0,203	0,032*
1991–2012	0,586	0,517	0,726	0,586	0,395	0,164
Období	Intervaly mezi fenologickými fázemi a agrotechnickými operacemi					
	ST–VZ	VZ–OD	OD–ME	ME–ZP	ZP–SK	VO
1961–1990	0,199	0,080	0,541	0,440	0,0002**	0,005**
1991–2012	1,000	0,021*	0,691	0,180	0,248	0,198

Pozn.: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

### c) Kukuřice setá

V rámci trendové analýzy byl zjištěn významný a vysoce významný lineární trend u termínu realizace agrotechnických operací setí a sklizeň, u fenologických fází vzcházení, metání a u počtu dnů mezi fenologickými fázemi vzcházení-metání, metání-počátek kvetení samčích květů a počátek kvetení samčích květů-sklizní a také v délce vegetačního období<sup>9</sup>.

Analýza trendů ukázala, že v období 1961–1990 dochází k dřívějšímu výsevu kukuřice a to o 13 dnů. Tento trend se potvrdil i v období 1991–2012, kdy dochází v roce 2008 k dřívějšímu výsevu kukuřice a to o 18 dnů podle roku 1991. Dále bylo zjištěno v období 1961–1990 dochází k dřívějšímu nástupu fenologické fáze vzcházení (v roce 1990 o 7 dnů dříve než v roce 1961). Tento trend byl potvrzen i v následujícím období, kdy bylo zjištěno, že v roce 2008 nastává vzcházení kukuřice seté o 17 dnů dříve než v roce 1991.

Dál byl zjištěn významný lineární trend u fenologické fázi metání, kde bylo zjištěno, že v roce 1990 nastává tato fenologická fáze o 12 dnů dříve než v roce 1961.

Další významné změny v trendu byly zjištěny v počtu dnů mezi fenologickými fázemi a agrotechnickými operacemi. Vysoce významný trend byl zjištěn v počtu dnů

<sup>9</sup> Kukuřice může být sklizena „na zeleno“ pro píceinářské účely, na silážní využití – sklizeň celých rostlin či palic nebo jen vlhkého zrna, případně může být užitkovým směrem pěstování na suché zrna. Uvedená fakta se výraznou měrou podílí na fenologických projevech především ve druhé části vegetace a výraznou měrou se podepisují na termínu sklizně kukuřice. Proto je variabilita v tomto parametru tak výrazná a je třeba ji brát s rezervou, když není v historických datech přesně definováno, jaký užitkový směr pěstování byl v konkrétním roce na pozorovací ploše realizován.



mezi fenologickými fázemi vzcházení-metání. Bylo zjištěno, že v období 1991–2012 dochází k prodloužení doby mezi nástupy těchto fenologických fází. V roce 2008 dochází k 17dennímu prodloužení intervalu mezi vzcházením a metáním. Dále dochází ke zkrácení počtů dnů mezi fenologickými fázemi metání a počátek kvetení samčích květů a to o 2 dny (Tab. 23).

**Tab. 23** Mann-Kendalův test hodnocení trendu pro kukuřici setou (FS Branišovice)

Období	Hodnota P				
	ST	VZ	ME	KA	SK <sup>9</sup>
1961–1990	0,003**	0,038*	0,022*	-	-
1991–2012	0,025*	0,022*	0,934	0,760	0,023*
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly				
	ST-VZ	VZ-ME	ME-KA	KA-SK	VO
1961–1990	0,488	0,881	-	-	-
1991–2012	0,278	0,004**	0,032*	0,019	0,007**

Pozn: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

#### d) Řepa cukrová

V rámci termínů nástupů fenologických fází a agrotechnických operací u kukuřice seté nebyl zjištěn žádný průkazný trend. Vysoce významný lineární trend byl zjištěn u počtu dnů mezi setím a vzcházením. Bylo zjištěno, že dochází k navyšování počtu dnů mezi setím a vzcházením (a to konkrétně o 10 dnů). Dále byl zjištěn trend v prodloužování vegetačního období při porovnání hodnot z roku 1961 a 1990 o 13 dnů (Tab. 24).

**Tab. 24** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro řepu cukrovou (FS Branišovice)

Období	Hodnota P			
	ST	VZ	PD	SK
1961–1990	0,101	0,721	-	0,817
1991–2012	0,279	0,149	0,308	0,371
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly			
	ST-VZ	VZ-PD	PD-SK	VO
1961–1990	0,0003**	0,656 (VZ-SK)		0,028*
1991–2012	0,927	0,308	0,734	0,718

Pozn: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

**e) Lilek brambor**

Statisticky významný lineární trend byl zjištěn u termínu agrotechnické operace sklizeň. V analyzovaném období byl zjištěn trend v pozdější sklizni a to o 26 dnů (v roce 2012 podle roku 1991). Dále byl významný lineární trend nalezen u počtu dnů mezi fenologickou fází počátek kvetení a termínem sklizně. Bylo zjištěno, že dochází k navýšení počtu dnů a to o 22 dnů v roce 2012 podle roku 1991 (Tab. 25).

**Tab. 25** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro lilek brambor (FS Branišovice)

Období	Hodnota P			
	ST	VZ	PK	SK
1991–2012	0,107	0,210	0,754	0,020*
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly			
	ST–VZ	VZ–PK	PK–SK	VO
1991–2012	0,653	0,071	0,035*	0,310

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

**f) Řepka olejka**

V rámci trendové analýzy fenologických dat nebyl nalezen žádný vysoce významný anebo významný lineární trend (Tab. 26).

**Tab. 26** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro řepku olejku (FS Branišovice)

Období	Hodnota P			
	ST	PPS	KK	SK
1991–2012	0,130	0,133	0,452	0,060
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly			
	ST–PP	PPS–KK	KK–SK	VO
1991–2012	0,462	0,133	0,452	0,086

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

**g) Hrách setý**

V analýze trendů nástupů fenologických fází a agrotechnických operací nebyl zjištěn žádný významný lineární trend (Tab. 27).

**Tab. 27** Mann-Kendallův test hodnocení trendu pro hrách setý (FS Branišovice)

Období	Hodnota P				
	ST	VZ	BT	ZK	SK
1991–2012	1,000	0,649	0,677	0,709	0,869
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly				
	ST-VZ	VZ-BT	BT-ZK	ZK-SK	VO
1991–2012	0,239	0,772	0,900	0,740	0,804

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

#### 4.4.2 Další fenologické stanice (1961–1990)

##### a) Pšenice ozimá

Statisticky vysoce významné a významné lineární trendy byly zjištěny u termínu nástupu fenologických fází odnožování, metání, plné zralosti a u agrotechnické operace sklizeň. Trendová analýza ukazuje, že dochází k dřívějšímu nástupu fenologické fáze plné zralosti a to o 17 dnů na stanici Hodonín v roce 1990. S tímto souvisí i dřívější sklizeň pšenice, která podle analýzy je prováděna o 11 dnů dříve v roce 1990 při porovnání s rokem 1961. Dále bylo zjištěno, že na stanici Domanínek dochází k dřívějšímu nástupu fenologické fáze metání a to o 9 dnů při porovnání s rokem 1961. Na stanici Bojkovice byl zjištěn vysoce významný lineární trend u fenologické fáze odnožování. Bylo zjištěno, že na konci období 1961–1990 dochází k odnožování již v roce, ve kterém byla pšenice ozimá vyseta (Tab. 28). Avšak na stanici Domanínek byl zjištěn opačný trend, že pšenice začíná odnožovat až na jaře následujícího roku, což bylo zjištěno i na stanici Branišovice.

**Tab. 28** Hodnoty Mann-Kendallova testu hodnocení trendu pro pšenici ozimou pro období 1961–1990

Stanice	Hodnota P pro vybrané fenologické fáze					
	ST	VZ	OD	ME	ZP	SK
Hodonín	0,693	0,133	0,870	0,060	0,001**	0,032*
Holešov	0,346	0,242	0,251	0,631	0,128	0,925
Tupesý	0,690	0,258	0,406	0,123	0,102	0,122
Bojkovice	0,599	0,652	<0,0001**	0,182	0,259	0,397
Kostelní Myslová	0,430	0,792	0,189	0,251	0,749	0,137
Domanínek	0,486	0,910	0,015*	0,049*	0,376	0,207

**b) Ječmen jarní**

Na základě trendové analýzy bylo zjištěno, že na stanici Bojkovice v období 1961–1990 dochází k pozdějšímu nástupu fenologické fáze plná zralost a to o 15 dnů v roce 1990 (Tab. 29).

**Tab. 29** Hodnoty Mann-Kendallova testu hodnocení trendu pro ječmen jarní pro období 1961–1990

Stanice	Hodnota P pro vybrané fenologické fáze					
	ST	VZ	OD	ME	ZP	SK
Hodonín	0,259	0,474	0,395	0,395	0,201	0,707
Holešov	0,301	0,208	0,130	0,320	0,233	0,153
Tupesy	0,793	0,188	0,176	0,547	0,652	0,955
Bojkovice	0,721	0,925	0,865	0,985	0,025*	0,087
Kostelní Myslová	0,511	0,412	0,983	0,361	0,301	0,148
Domaníněk	0,102	0,074	0,207	0,624	0,133	0,055

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

**c) Řepa cukrová**

Významný lineární trend byl identifikován u termínu setí řepy cukrové. Bylo zjištěno, že dochází k dřívějšímu výsevu řepy cukrové a to o 15 dnů (Švábenice) a 17 dnů (Napajedla) podle roku 1961. Dále bylo zjištěno, že fenologická fáze první pár pravých listů nastává o 21 dnů později v roce 1990, nežli tomu bylo dříve tj. v roce 1961. Další významné trendy byly zjištěny u sklizně řepy cukrové na stanicích Tupesy a Napajedla. Na stanici Tupesy byl identifikován trend dřívější sklizně a to o 28 dnů podle roku 1961. Opačný trend byl zjištěn na stanici Napajedla, kde byl identifikován trend opoždění sklizně a to o 8 dnů podle roku 1961 (Tab. 30).

**Tab. 30** Hodnoty Mann-Kendallova testu hodnocení trendu pro řepu cukrovou pro období 1961–1990

Stanice	Hodnota P pro vybrané fenologické fáze			
	ST	VZ	PPL	SK
Hodonín	0,377	0,138	0,002**	0,778
Holešov	0,523	0,082	0,210	0,284
Tupesy	0,222	0,311	0,234	< 0,0001**
Švábenice	0,041*	0,103	0,438	0,151
Tečovice	0,217	0,281	0,308	0,127
Napajedla	0,039*	0,709	0,354	0,024*

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

#### d) Kukuřice setá

Největší četnost výskytu průkazných trendů byla zaznamenána u kukuřice seté. Bylo zjištěno, že setí kukuřice probíhalo v roce 1990 v dřívějších termínech podle roku 1961 a to o 19 dnů (Hodonín), 11 dnů (Holešov), 13 dnů (Tupesy), 22 dnů (Kostelní Myslová) a 12 dnů (Domanínek). S dřívějším výsevem dále souvisí i dřívější nástup fenologické fáze vzcházení. Tento trend byl zjištěn na stanicích Kostelní Myslová (o 20 dnů dříve) a Domanínek (o 16 dnů dříve). Trend dřívějšího nástupu metání byl zaznamenán na stanici Hodonín (26 dnů) a Kostelní Myslová (22 dnů) podle roku 1961 (Tab. 31).

**Tab. 31** Hodnoty Mann-Kendallova testu hodnocení trendu pro kukuřici setou pro období 1961–1990

Stanice	Hodnota P pro vybrané fenologické fáze		
	ST	VZ	ME
Hodonín	0,002**	0,111	0,0005*
Holešov	0,044*	0,738	0,895
Tupesy	0,019*	0,770	0,319
Bojkovice	0,276	0,202	0,104
Kostelní Myslová	0,0004**	0,014*	0,028*
Domanínek	0,002**	0,0001**	0,292

Pozn.: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

#### 4.4.3 Další fenologická stanice (1991–2010)

##### a) Ječmen jarní

Analýza trendů ročních hodnot nástupů jednotlivých fenologických fází byla provedena pomocí Mann-Kendallova testu pro období 1991–2010, 1991–2000 a 2001–2010 (Tab. 32) pro stanici Strážnice.

V období 1991–2010 nebyl zjištěn vysoce významný statistický lineární trend ( $P < 0,01$ ). Statisticky významný trend ( $P < 0,05$ ) byl zjištěn u fenologické fáze PP ( $P = 0,027$ ), kde dochází ke zpoždění nástupu této fenofáze o 11 dnů. Statisticky

**Tab. 32** Mann-Kendallův test pro analýzu fenologických trendů (FS: Strážnice)

	Hodnota P pro vybrané fenologické fáze											
	ST	VZ	OD	PP	PN	DN	NP	ME	ZM	ZZ	ZP	SK
1	0,551	0,806	0,292	0,027*	0,035*	0,062	0,276	0,778	0,164	0,944	0,122	0,888
2	1,000	0,675	1,000	0,069	0,021*	0,020*	0,059	0,389	0,019*	0,208	0,093	0,523
3	0,295	0,761	0,675	0,612	0,461	0,529	0,675	1,000	1,000	0,834	0,916	0,752

Pozn. Období 1 – 1991–2010; období 2 – 1991–2000; období 3 – 2001–2010, statistická významnost: \* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

významný trend byl nalezen i u fenologické fáze PN ( $P=0,035$ ), kde bylo zjištěno 13denní zpoždění nástupu.

Analýza trendů byla provedena i pro jednotlivé dekády. V dekádě 1991–2000 byl nalezen statisticky významný trend v pozdějším nástupu fenologických fází PN a DN. Trend dřívějšího nástupu byl zjištěn u fenologické fáze ZM, a to o 18 dnů na konci analyzovaného období. Fenologická fáze PN dle analýzy nastává o 14 dnů později a fenofáze DN nastává také později, a to o 13 dnů. V období 2001–2010 nebyl zjištěn žádný statistický významný trend.

## b) Lilek brambor

Významný lineární trend byl nalezen v intervalu mezi délkou období u fenologických fází RZ a UZ (Tab. 33). Bylo zjištěno, že dochází k prodlužování intervalu mezi těmito dvěma fenologickými fázemi, a to o 6 dnů.

**Tab. 33** Mann-Kendalův test pro lilek brambor (FS Dolní Heřmanice)

Období	Hodnota P					
	ST	VZ	RZ	UZ	ON	SK
1992–2012	0,706	0,934	0,740	0,535	1,000	0,065
Období	Trendová analýza pro vybrané intervaly					
	ST–VZ	VZ–RZ	RZ–UZ	UZ–ON	ON–SK	VO
1992–2012	0,301	0,967	0,020*	0,709	0,136	0,124

Pozn:\* významný lineární trend, \*\* vysoce významný lineární trend

**Shrnutí:** Z výsledků je jasné patrné, že ke změnám ve fenologii dochází, avšak do budoucna je zapotřebí zabývat se fenologickým monitoringem na lokální úrovni s ohledem na mezoklimatické podmínky, specifika orografie terénu a další, protože míra zobecnitelnosti je poměrně nízká. Nástup časných fenologických fází a agrotechnické operace sklizeň jsou výrazně ovlivněny používanou zemědělskou mechanizací a její výkonností. Při trendové analýze polních plodin a jejím možném využití jako nástroje k bioindikaci vývoje klimatu musíme brát v potaz i určité proměnné, které mohou interpretaci výsledků ztížit. Jedná se například o vliv odrůdy a vědecký posun v oblasti šlechtění za poslední desítky let, výkonnější zemědělskou techniku, kdy může sklizeň být započata výrazně později, nežli by tomu bylo dříve, případně aplikaci přípravků s morforegulačním účinkem apod.

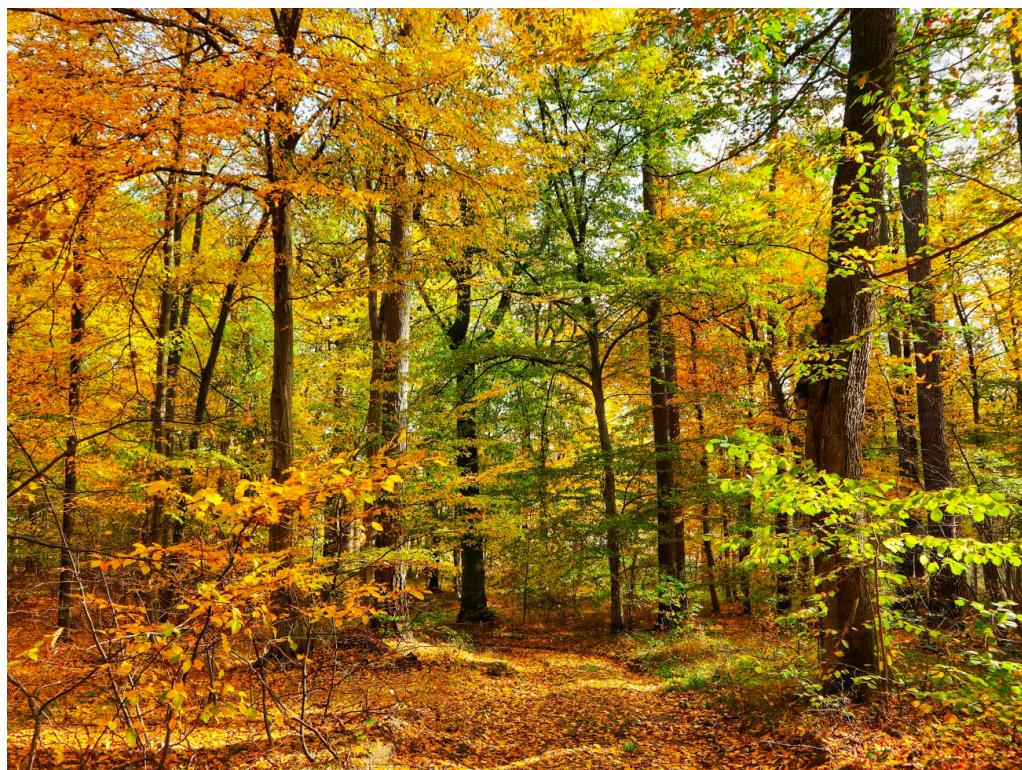
Zajímavý trend je možné spatřovat například u kukuřice seté, kdy na řadě stanic dochází k dřívějšímu výsevu této plodiny<sup>10</sup>. Tento trend může být způsoben dřívějším nástupem jara a zvyšující se teplotou.

<sup>10</sup> Branišovice – 13 dnů, Hodonín – 19 dnů, Holešov – 11 dnů, Tupesy – 13 dnů, Kostelní Myslová – 22 dnů a Domanín – 12 dnů.



## 5 LESNÍ ROSTLINY

**Obr. 24** Lesní ekosystém



*Zdroj: Foto autoři*

### 5.1 Analytická část

Při analýze fenologických údajů lesních rostlin bylo problematické diferencovat výstupy na analytickou a aplikační část. Z tohoto důvodu jsou i analytické výstupy součástí následující kapitoly (tj. aplikační části).

### 5.2 Aplikační část – aplikace v rámci humánní medicíny – pylové alergen

#### 5.2.1 Bříza bělokorá – Lednice, Březina, Český Rudolec, Krakovec

Na základě analýzy fenologických dat bylo zjištěno, že se pylová zrna břízy bradavičnaté mohou v ovzduší objevovat v období od 6. 4. do 18. 5. Průměrná délka kvetení břízy bradavičnaté je na stanici Lednice 14 dnů, na stanici Březina 9 dnů a na stanici Český Rudolec 11 dnů.

Na stanici Lednice byl nejdřívější nástup fenofáze PK 50 zaznamenán již 96. den v roce (6. 4.) a to v roce 2004. Nejpozději začala kvést v roce 1996 a to 114. den v roce



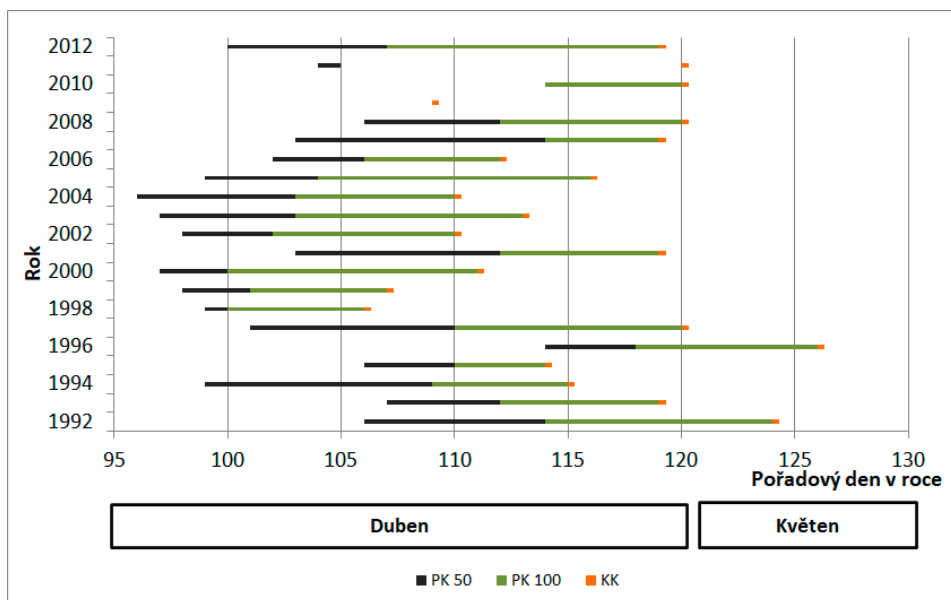
(24. 4.). Nejdelší doba kvetení byla zaznamenána v roce 1997 a 2012 a to 19 dnů a nejkratší doba kvetení byla 7 dnů v roce 1998 (Obr. 25). Nejčastější délka kvetení na stanici byla 16 dnů. Tato hodnota se objevila u 5 roků.

V Březině byl nástup fenologické fáze PK 50 zjištěn nejdříve v roce 2000, a to 110. den v roce (20. 4.) a nejpozději 128. den (8. 5.) v roce 2011. V roce 2004 byla na stanici Březina zaznamenána nejdelší doba kvetení, a to 15 dnů. Nejčteněji se vyskytující doba kvetení byla 8 dnů. Tento interval byl zjištěn u šesti roků z analyzovaného období. Nejkratší dobu kvetla bříza v roce 2011, a to 4 dny. V průměru dochází k nástupu fenologických fází v těchto termínech (Obr. 26): PK 50 120. den (30. 4.), PK 100 124. den (4. 5.) a KK 129. den (9. 5.).

Na stanici Český Rudolec je průměrný termín nástupu fenologické fáze (Obr. 27) PK 50 115. den (25. 4.), PK 100 116. den (26. 4.) a KK 125. den (5. 5.). Nejdelší doba kvetení byla zjištěna v roce 2008 a to 18 dnů. Nejpozději nastala fenologická fáze PK 50 v roce 2003 a to 3. 5. Opakem byl rok 2004, kdy byl identifikován nástup kvetení nejdříve ze všech analyzovaných let, a to 18. 4.

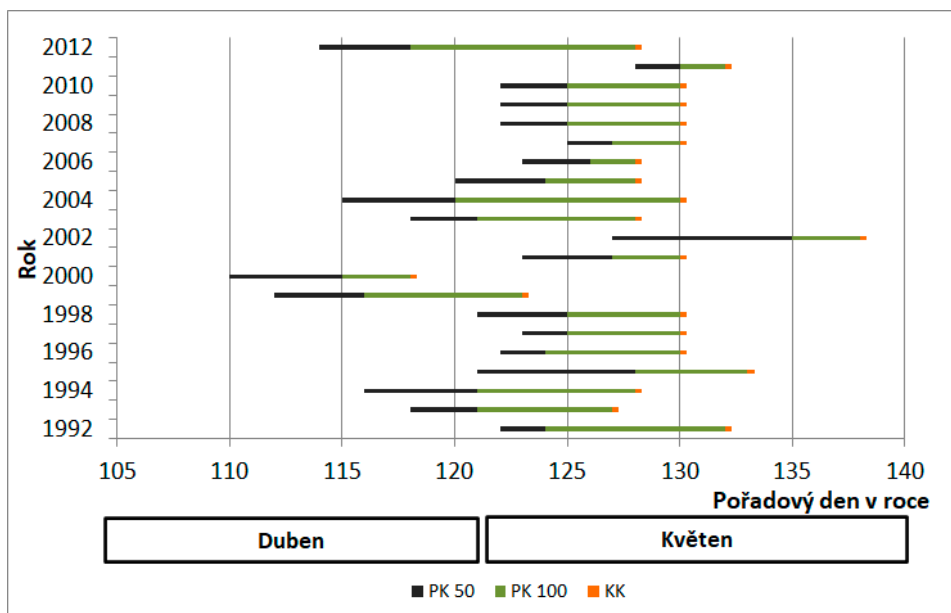
Z fenologických dat bylo zjištěno, že bříza bělokorá vykazuje na stanici Krakovec velkou variabilitu nástupu fenofází v rámci jednotlivých roků. Zásadní vliv na fenologické projevy rostlin mají především povětrnostní podmínky daného roku. Na základně dat bylo vymezeno období výskytu pylu břízy bělokoré v ovzduší na této stanici napříč analyzovanými roky. Z dat bylo zjištěno, že pyl břízy se na analyzované stanici může objevovat od 92. dne do 153. dne v roce (Obr. 28). Nejdelší doba kvetení byla zjištěna v roce 1994, kdy bříza kvetla 45 dnů. Opakem byl rok 2005, kdy z fenologických pozorování vyplývá, že bříza kvetla pouze 4 dny. Dále bylo zjištěno, že v průměru PK 10 nastupuje 106. den v roce, PK 50 108. den v roce, PK 100 111. den

**Obr. 25** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Lednice (bříza bělokorá)

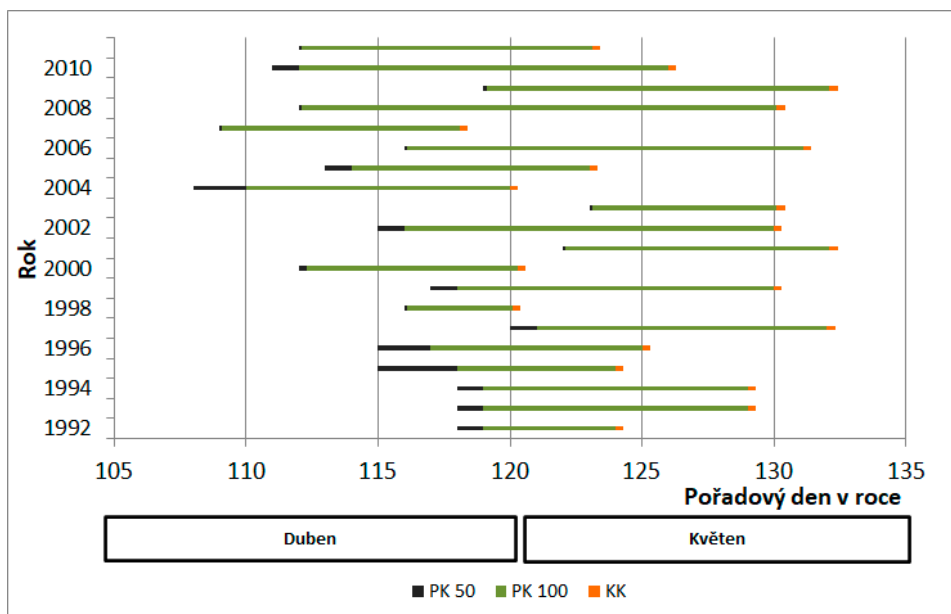


v roce a konec kvetení u břízy nastává v průměru 121. den v roce. Dále byla zjištěna i průměrná doba kvetení, která je 14 dnů.

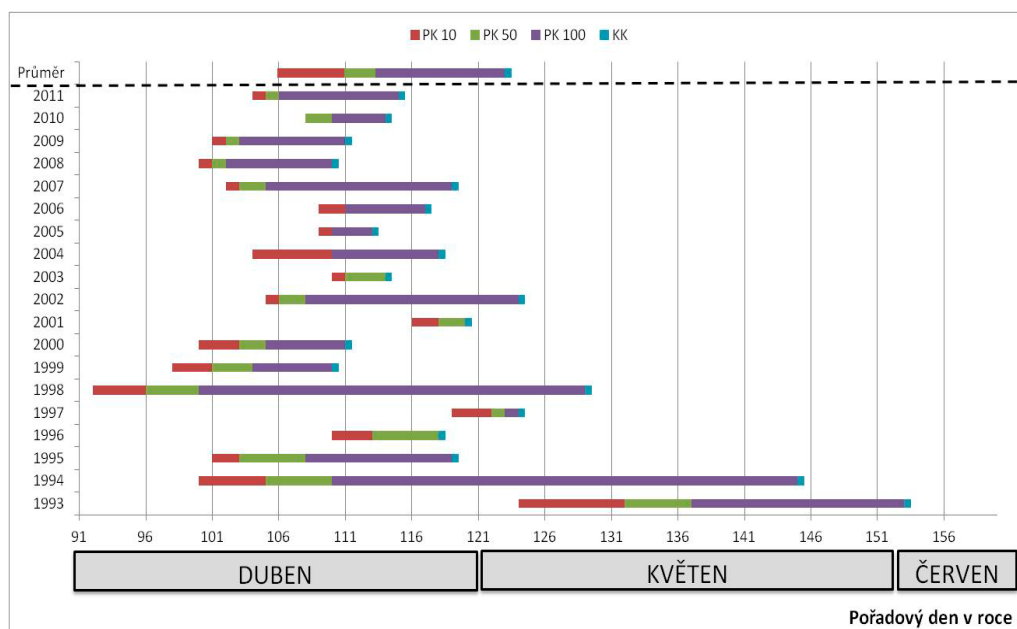
**Obr. 26** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Březina (bříza bělokorá)



**Obr. 27** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Český Rudolec (bříza bělokorá)



**Obr. 28** Časová osa nástupu fenologických fází PK 10, PK 50, PK 100 a KK pro stanici Krakovec (bříza bělokorá)



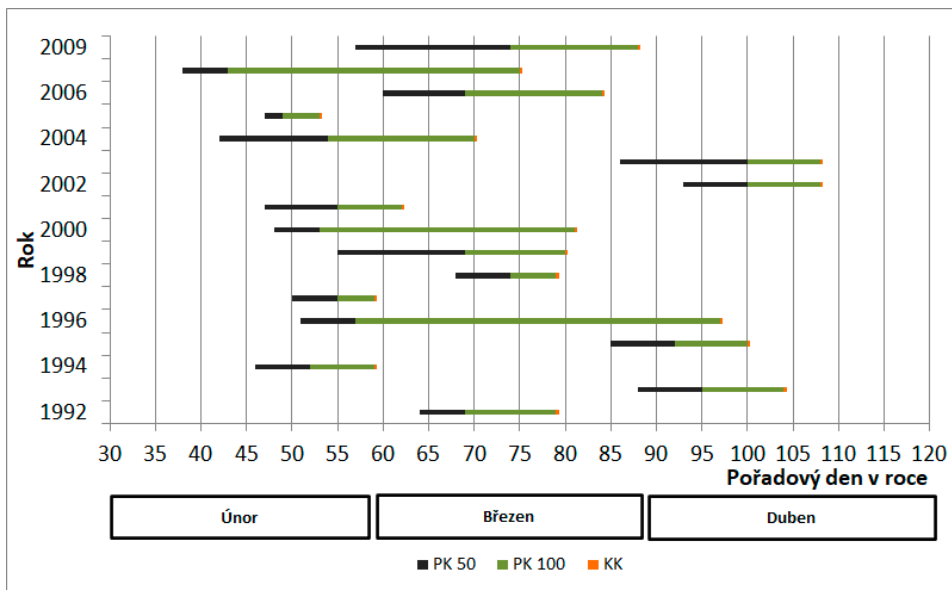
### 5.2.2 Líska obecná – Lednice, Březina, Český Rudolec

Analyzovaná fenologická data ukazují, že pyl lísky obecné se může v ovzduší objevovat v termínu od 2. 2. do 28. 4. Na stanici Lednice byla zjištěna v roce 1997 nejdelší doba kvetení lísky, a to 46 dnů a v roce 2008 byla zjištěna nejkratší doba kvetení, a to 6 dnů (Obr. 29). Nejdříve byl nástup fenologické fáze PK 50 zaznamenán v roce 2011, a to 38. den v roce (7. 2.). Nejpозději začala fenologická fáze PK 50 v roce 2004, a to 93. den (3. 4.). V průměru na stanici Lednice nastávají fenologické fáze PK 50 60. den (1. 3.), PK 100 68. den (9. 3.) a KK 82. den (23. 3.). Průměrná délka kvetení na této stanici je 21 dnů.

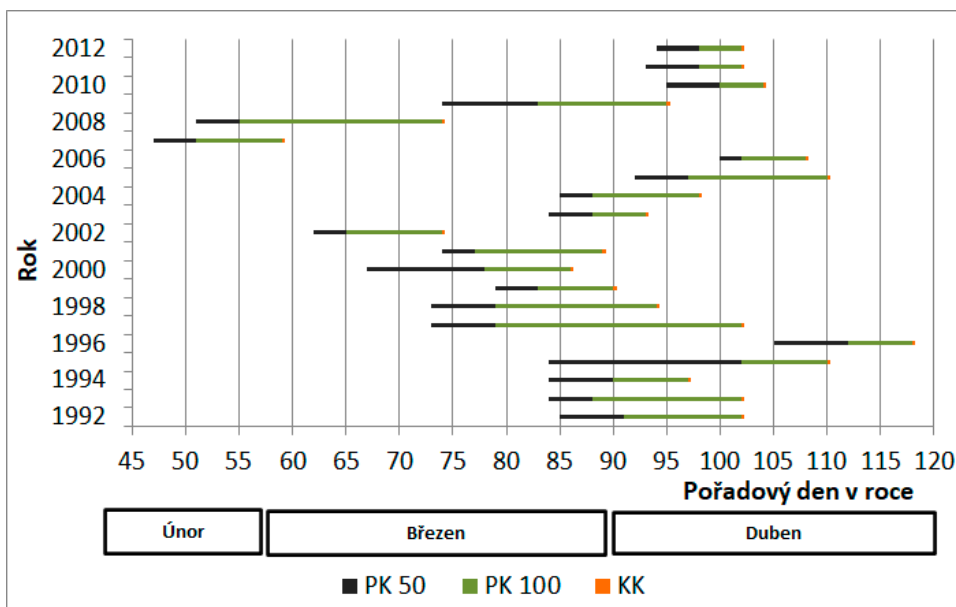
Nejdelší doba kvetení na stanici Březina byla zjištěna v roce 1997, kdy líska kvetla od 14. 3. do 12. 4. tj. 29 dnů (Obr. 30). V roce 2007 byl identifikován nejčasnější nástup kvetení, a to 47. den v roce (16. 2.). Opakem byl rok 1996, kdy bylo zjištěno na stanici nejpозdější nástup kvetení a to 105. den v roce (15. 4.). V průměru doba kvetení trvá 16 dnů. Průměrný termín nástupu sledovaných fenologických fází je následující: PK 50 80. den (21. 3.), PK 100 86. den (27. 3.) a KK 96. den (6. 4.).

Na stanici Český Rudolec trvá kvetení lísky obecné v průměru 26 dnů. Průměrný termín nástupu sledovaných fenologických fází byl PK 50 67. den (8. 3.), PK 100 69. den (10. 3.) a KK 93. den (3. 4.). V roce 1993 (Obr. 31) byl zjištěn nejčasnější nástup fenologické fáze PK 50 a to 33. den v roce (2. 2.). Nejdelší doba kvetení byla v roce 2008 a to 55 dnů. Nejpозdější nástup sledovaných fenologických fází byl zjištěn v roce 1996 (PK 50 11. 4., PK 100 12. 4. a KK 22. 4.).

**Obr. 29** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Lednice (líška obecná)



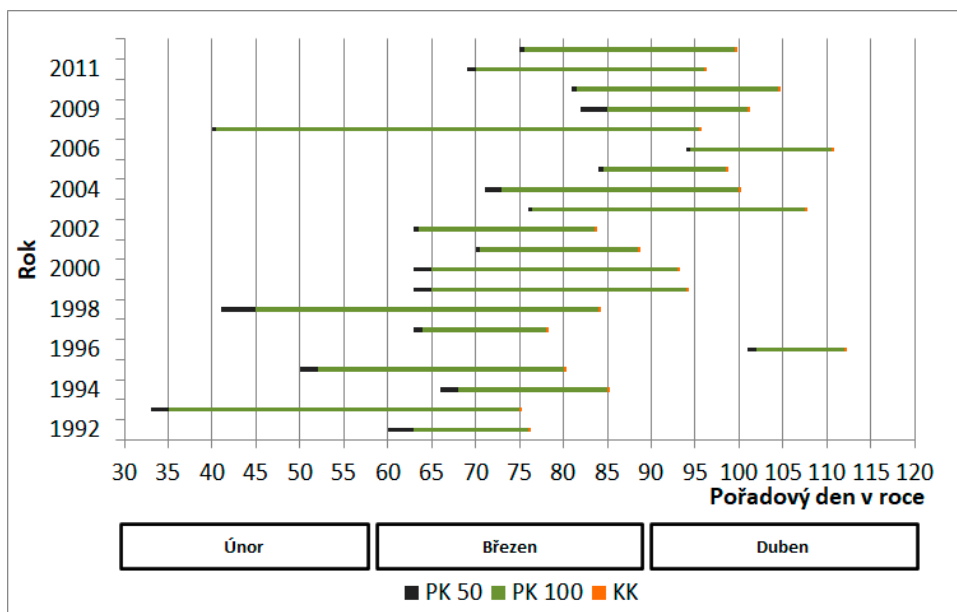
**Obr. 30** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Březina (líška obecná)



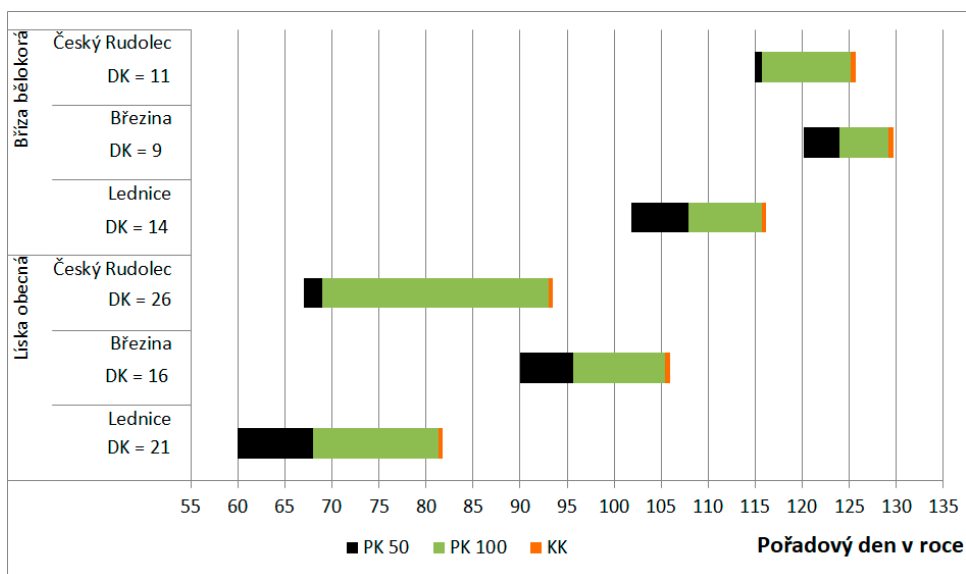
Průměrné hodnoty pro období 1992–2012 ukazují, že nejdříve dochází k nástupu všech fenologických fází na stanici Lednice (Obr. 32). Jedná se o stanici v nejnižší nadmořské výšce. Dále následuje stanice Český Rudolec, která se nachází v nejvyšší nadmořské výšce. Nejpozději dochází ke kvetení lísky a břízy na stanici Březina, která se nachází v nadmořské výšce 450 m n. m. Dalo by se předpokládat, že v rámci

nástupu fenologických fází bude následovat za Lednicí. Možný je zde však vliv specifických mezoklimatických či orografických podmínek.

**Obr. 31** Nástup fenologických fází PK (50 a 100) a KK na stanici Český Rudolec (líška obecná)



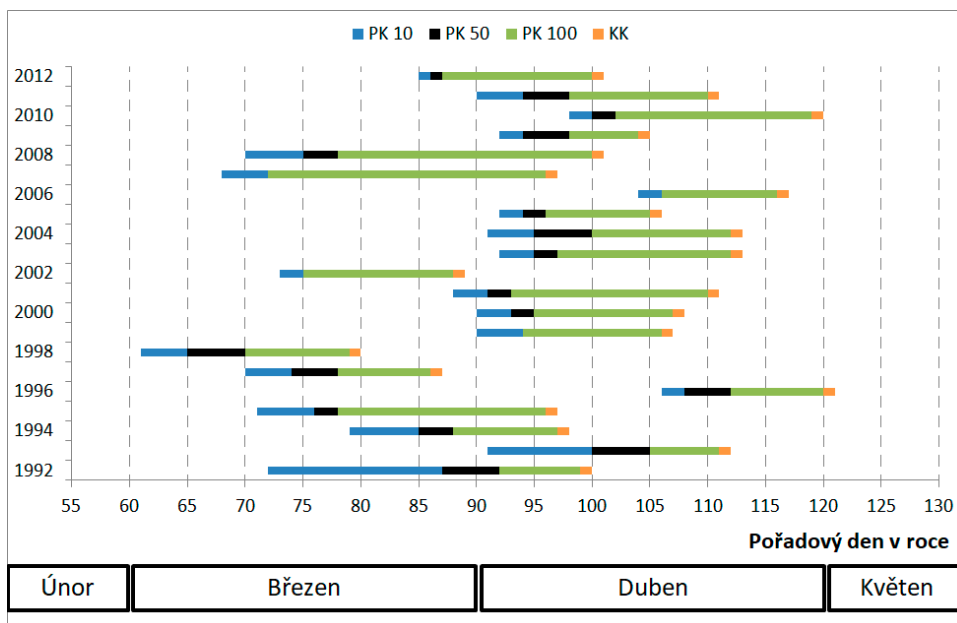
**Obr. 32** Průměrné hodnoty nástupů fenologických fází u líšky obecné a břízy bělokoré pro stanice Český Rudolec, Březina a Lednice



### 5.2.3 Vrba jíva – Český Rudolec, Březina

Vrba nejdříve kvetla (PK 10) na stanici Český Rudolec a to 61. den v roce (2. 3.) 1998 a nejpozději kvetla v roce 1996 a to 106. den v roce (16. 4.). Nejdelší doba kvetení byla zjištěna v roce 2008 a to 30 dnů a nejkratší dobu kvetla vrba v roce 2006 a 2009 a to 12 dnů (Obr. 33). Pro stanici Český Rudolec byly zjištěny i průměrné hodnoty: počátek kvetení 84. den v roce (25. 3.), konec kvetení 103. den v roce (13. 4.) a délka kvetení je v průměru 19 dnů.

**Obr. 33** Nástup fenologických fází PK (10, 50, 100) a KK pro vrbu jívu na stanici Český Rudolec

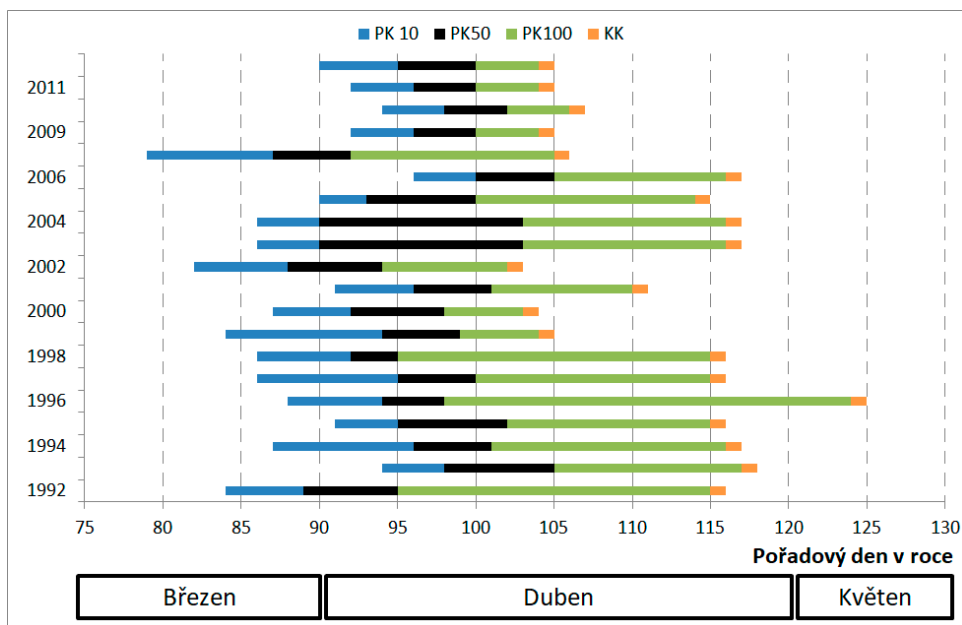


Na stanici Březina vrba kvetla nejdříve v roce 2008 a to 79. den v roce (20. 3.). Nejpozději začala kvést v roce 2006 a to 96. den (6. 4.). Nejkratší doba kvetení byla stejně jako na stanici Český Rudolec 12 dnů, a to v letech 2009, 2010, 2011. Nejdelší doba kvetení byla 36 dnů, a to v roce 1996 (Obr. 34). Průměrné hodnoty pro stanici Březina jsou: počátek kvetení 88. den v roce (29. 3.), konec kvetení 111. den v roce (21. 4.) a průměrná doba kvetení je 23 dní (Obr. 37).

U vrby jívy v období 1991–2012 byl statisticky významný lineární trend zjištěn u konce kvetení, kdy dochází k dřívějšímu nástupu této fenologické fáze a to o 14 dnů v porovnání s rokem 1991. Dále bylo u vrby jívy zjištěno, že dochází ke zkracování délky doby kvetení a to o 15 dnů (Tab. 34).

### 5.2.4 Lípa srdčitá – Český Rudolec, Březina

Na stanici Český Rudolec lípa nejdříve kvetla v roce 2003 a to 170. den v roce (19. 6.). Opakem byl rok 1991, kdy lípa začala kvést nejpozději za celé sledované období a to



**Obr. 34** Nástup fenologických fází PK (10, 50, 100) a KK pro vrbu jívu na stanici Březina

**Tab. 34** Trendová analýza pro vrbu jívu pro období 1991–2012

Fenologické fáze		BF 10	BF 50	BF 100	EF	FL
Vrba jíva	Český Rudolec	0,347	0,716	0,525	0,380	1,000
	Březina	0,605	0,715	0,927	0,017*	0,011*

Pozn.: \* statisticky významný lineární trend, \*\* statisticky vysoce významný lineární trend.

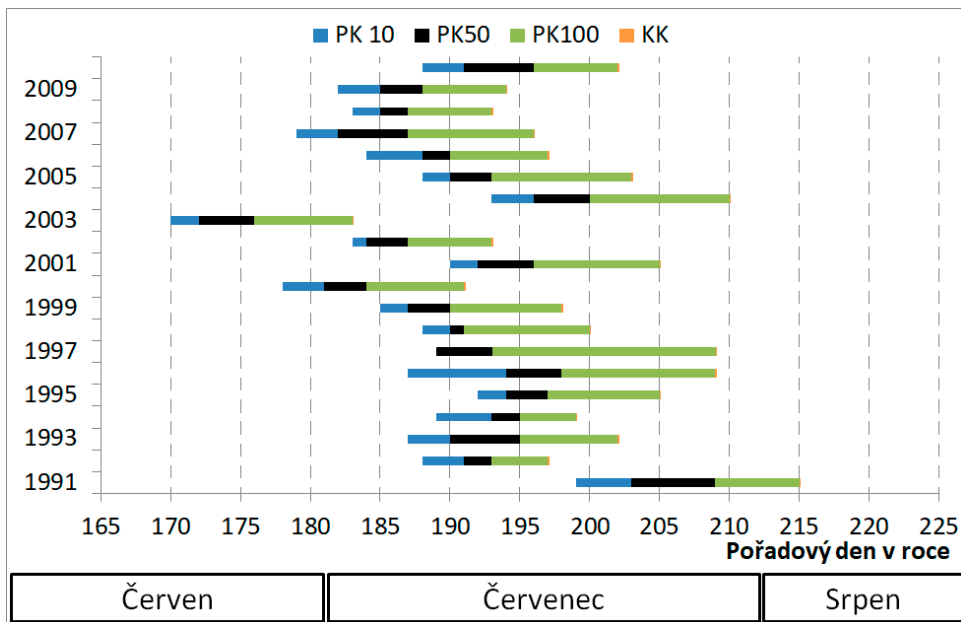
199. den v roce (18. 7.). Nejkratší doba kvetení byla zjištěna 9 dnů v roce 1992 a nejdelší doba kvetení 22 dnů v roce 1996 (Obr. 35). Průměrné hodnoty pro lípu na stanici Český Rudolec jsou: počátek kvetení 186. den v roce (5. 7.), konec kvetení 200. den v roce (19. 7.) a průměrná doba kvetení byla 14 dnů (Obr. 37).

Na stanici Březina nejdříve kvetla lípa v roce 2003 a to 163. den v roce (12. 6.). Naopak v roce 1991 a 1996 kvetla lípa až 196. den v roce (15. 7.). Nejkratší doba kvetení byla zjištěna 12 dnů (v roce 1991) a nejdéle kvetla v letech 2010 a 2011 a to 30 dnů (Obr. 36). Průměrné hodnoty pro stanici Březina jsou: počátek kvetení 178. den v roce (27. 6.), konec kvetení 198. den v roce (17. 7.) a průměrná doba kvetení je 20 dnů (Obr. 37).

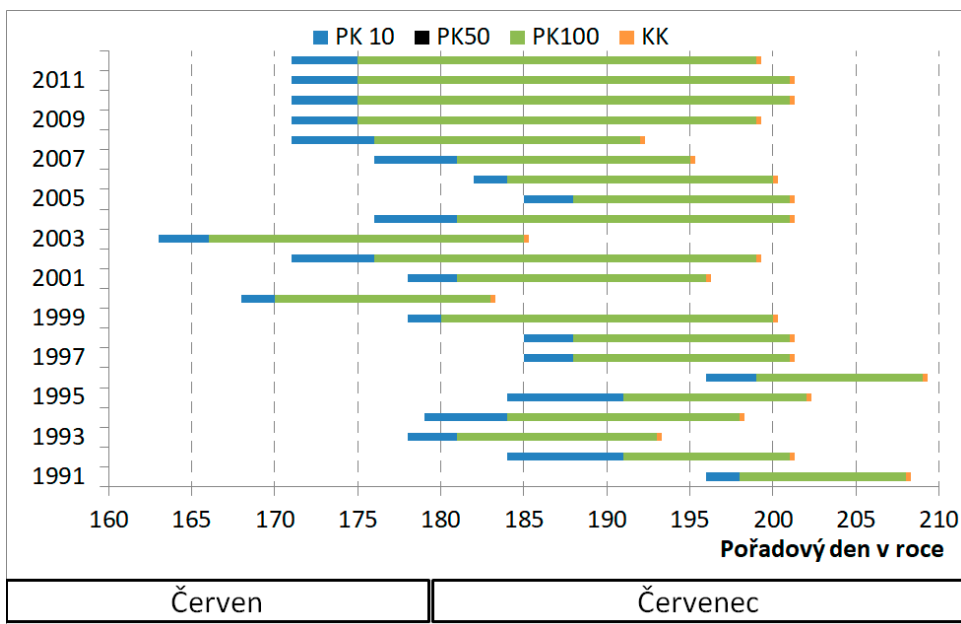
V rámci trendové analýzy bylo zjištěno, že u lípy srdčité dochází v současnosti k dřívějšímu nástupu fenologických fází počátek kvetení 10 % (Březina o 17 dnů, Český Rudolec o 9 dnů) a počátek kvetení 50 % (Březina o 17 dnů, Český Rudolec 10 dnů). Na stanici Březina bylo zjištěno, že dochází i k prodlužování délky kvetení lípy a to o 14 dnů (Tab. 35).

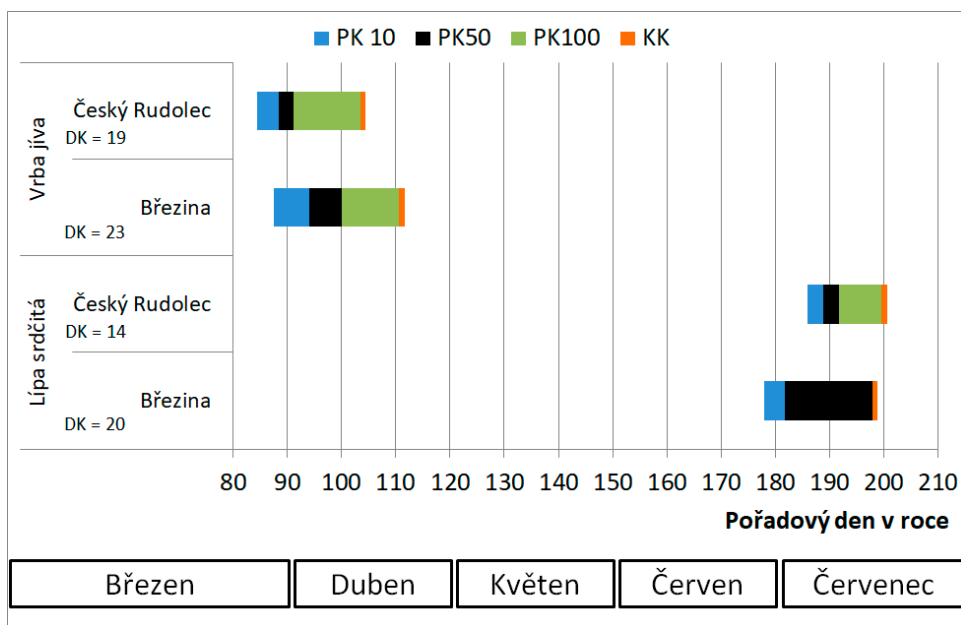


**Obr. 35** Nástup fenologických fází PK (10, 50, 100) a KK pro lípu srdčitou, Český Rudolec



**Obr. 36** Nástup fenologických fází PK (10, 50, 100) a KK pro lípu srdčitou, Březina



**Obr. 37** Průměrné hodnoty nástupu vybraných fenologických fází pro lípu srdčitou a vrbu jívu**Tab. 35** Trendová analýza pro lípu srdčitou pro období 1991–2012

Fenologické fáze		BF 10	BF 50	BF 100	EF	FL
Lípa srdčitá	Český Rudolec	0,037*	0,027*	0,079	0,084	0,717
	Březina	0,003**	0,001**	-	0,262	0,0003**

Pozn.: \* statisticky významný lineární trend, \*\* statisticky vysoce významný lineární trend.

**Shrnutí:** Pyl břízy bělokoré je řazen mezi nejsilnější alergen. Data ukazují, že pyl břízy bělokoré se na analyzovaných stanicích může objevovat od 102. dne v roce do 129. dne v roce. Délka kvetení se pohybuje od 9 do 14 dnů.

### 5.3 Aplikační část – souvislosti s environmentální bezpečností (třešeň ptačí, Želešice)

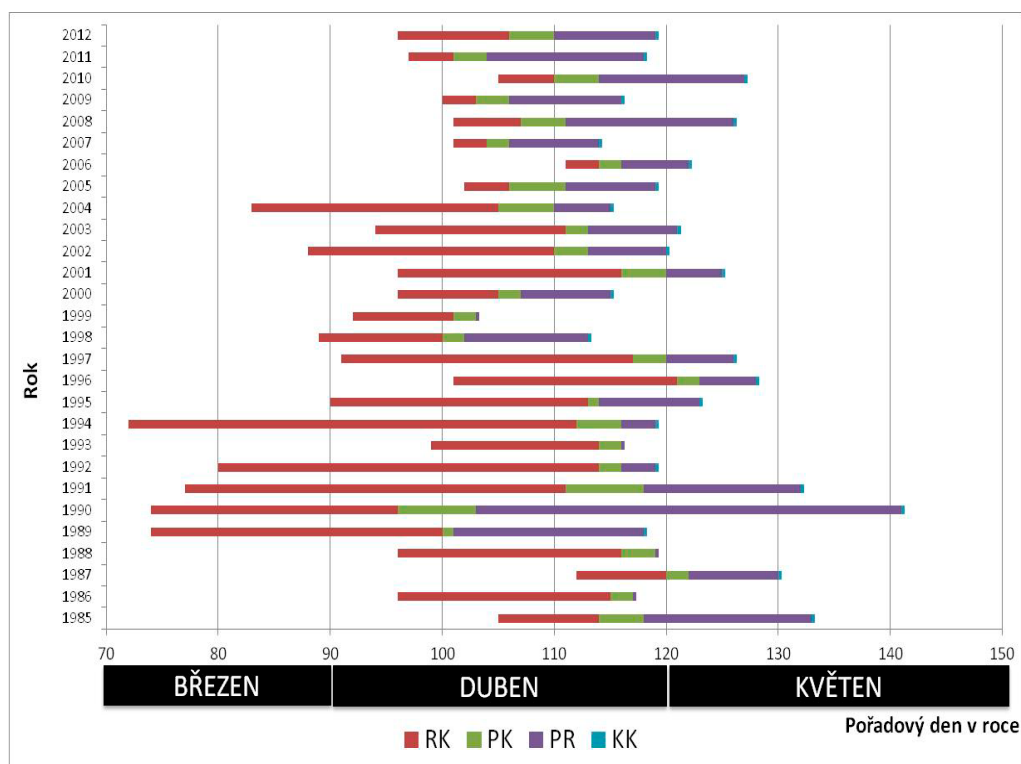
Z grafu na Obr. 38 je zřejmá velká variabilita nástupů jednotlivých fenologických fází, ale i v délce kvetení třešně. Analyzované fenologické fáze se na stanici Želešice u třešně ptačí vyskytovaly v těchto obdobích: RK od 72. dne do 112. dne v roce, PK od 96. dne do 121. dne v roce, PR od 101. dne do 123. dne v roce, KK od 113. dne do 141. dne v roce. V období 1985–2012 byla průměrná délka kvetení třešně 13 dnů.

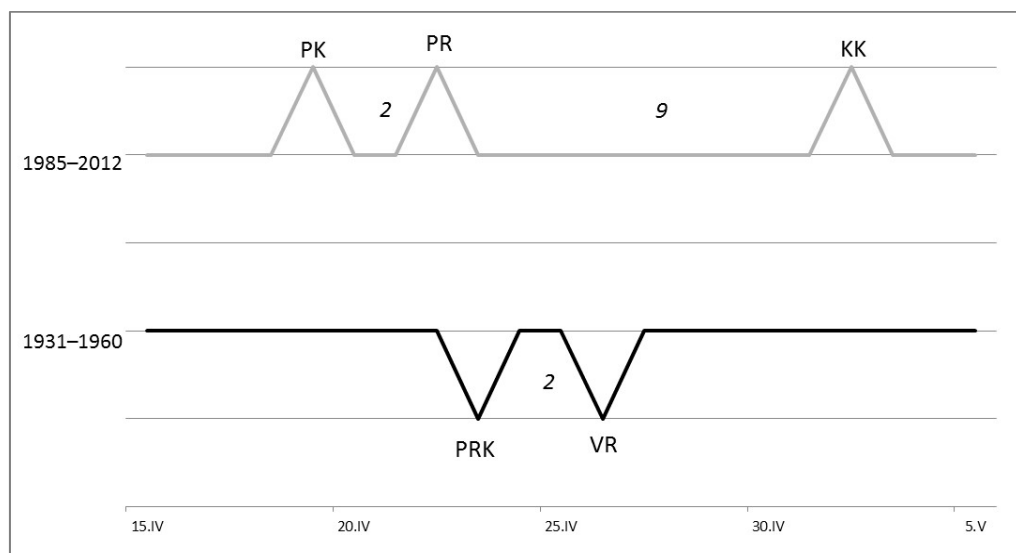
Na základě dlouhodobých fenologických pozorování bylo zjištěno, že nejdříve začala kvést třešň ptačí v roce 1990 a to 6. dubna. Opakem byl pak rok 1996, kdyby byl počátek kvetení zaznamenán až 1. května. Nejdelší doba kvetení byla zjištěna v roce 1990 a to 45 dnů. V roce 1992 byla délka kvetení třešně ptačí nejkratší v analyzovaném období a to 5 dnů. Fenologická fáze konec kvetení byla zaznamenána nejdříve v roce 1998 a to 23. dubna a nejpozději v roce 1990, a to 21. května. Nástup fenologické fáze RK byl nejdříve v roce 1994 (13. března) a nejpozději v roce 1987 (22. dubna). Je patrné, že na konci analyzovaného období (cca od roku 2005) dochází k pozdějšímu počátku rašení třešně a k rychlejšímu nástupu počátku kvetení. Toto potvrdila i trendová analýza.

Z dat pro období 1985–2012 bylo zjištěno, že analyzované fenologické fáze nastávají v průměru v tyto termíny: PK 19. dubna, PR 22. dubna a KK 2. května (Obr. 39). Průměrný interval mezi fenologickými fázemi PK a PR je 2 dny a mezi PR a KK je 9 dnů. Při porovnání dvou dlouhodobých období bylo zjištěno, že dochází ke změnám průměrných hodnot nástupu kvetení třešně ptačí. Při srovnání průměrných hodnot bylo dále zjištěno, že v období 1985–2012 dochází ke čtyřdennímu posunu fenologické fáze PR na dřívější termín. Počátek kvetení třešně v období 1985–2012 nastává v průměru o 4 dny dříve v porovnání s obdobím 1931–1960.

Na základě výsledků Mann-Kendallova testu bylo zjištěno, že významný statistický trend v nástupu fenologických fází nastává u fenofáze RK v období 1985–2012

**Obr. 38** Termíny nástupů fenologických fází u třešně ptačí



**Obr. 39** Průměrné termíny nástupů fenologických fází kvetení třešně ptačí pro dvě dlouhodobá období**Tab. 36** Trendová analýza s použitím Mann-Kendallova testu

Období	Fenologické fáze				Intervaly mezi fenologickými fázemi				
	RK	PK	PR	KK	RK-PK	PK-PR	PR-KK	RK-KK	PK-KK
1985–2012	0,029*	0,066	0,052	0,160	0,002**	0,150	0,440	0,001**	0,236
1985–1994	0,343	0,402	0,395	0,848	0,059	0,508	0,339	0,707	0,707
1995–2004	0,295	0,675	0,752	0,319	0,832	0,246	1,000	0,706	0,284
2005–2012	0,048*	0,333	0,448	0,764	0,158	0,148	0,368	0,133	0,356

Pozn. \* statisticky významný trend, \*\* statisticky vysoce významný trend

a 2005–2012 (Tab. 36). Z trendové analýzy bylo zjištěno, že fenologická fáze RK přichází v roce 2012 v průměru o 15 dnů později než v roce 1985.

Statisticky vysoce významný lineární trend byl zjištěn i u intervalu mezi fenologickými fázemi RK–PK a RK–KK. Bylo zjištěno, že dochází ke zkracování počtu dnů mezi fenologickými fázemi RK a PK z 28 dnů v roce 1985 na 5 dnů v roce 2012. Dle provedeného testu bylo zjištěno, že dochází ke zkrácení intervalu o 23 dnů. Trend zmenšování počtu dnů mezi nástupy fenologických fází byl identifikován i mezi fenofázemi RK a KK a to o 32 dnů.

Opylovači jsou nepostradatelnou částí zemědělské krajiny a poskytují společnosti řadu ekosystémových služeb. Řada prací upozorňuje na všeobecný úbytek opylovačů, který může do budoucna znamenat problém v oblasti potravinové a environmentální bezpečnosti. Převážná část zemědělských plodin je na opylení hmyzem závislá. Pokles početnosti opylovačů může ohrozit zemědělskou produkci potravin. Z analýzy fenologických dat bylo zjištěno, že jednotlivé roky vykazují velkou variabilitu nástupu fenologických fází, což je způsobeno především meteorologickými podmínkami

daného roku. K zásadním změnám dochází především u fenologické fáze rašení květních pupenů. Z trendové analýzy bylo zjištěno, že dochází k pozdějšímu rašení květních pupenů a dále dochází i ke zkracování intervalu mezi nástupy fenologických fází rašení květních pupenů a počátkem kvetení a mezi rašením květních pupenů a koncem kvetení třešně. To by mohlo být způsobeno rychlým nástupem jara s vyššími teplotami. Zkracování intervalu mezi těmito fenologickými fázemi může mít negativní dopad z pohledu nedostatečné početnosti opylovačů v době květu a nemožnosti dostatečného opylení (nejen) třešně.

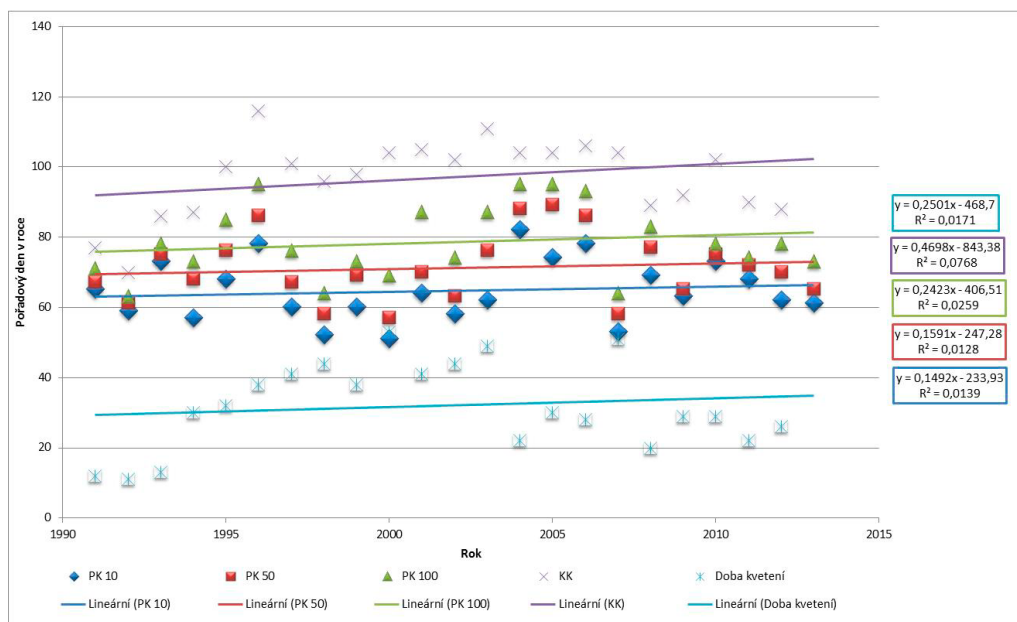
**Shrnutí:** Opylovači jsou zásadně závislí na průběhu daného roku. Je občasným fenoménem poslední doby, že první zdroje potravy jsou pro ně nedostupné, jelikož nízké teploty vzduchu neumožní tuto potravu získat (například líska obecná – data ukazují, že se objevují i roky, kdy začíná kvést již 45. den v roce). Další důležitou potravou pro opylovače v předjaří a na jaře je třešeň ptačí, kde analýzy ukazují statistický trend v pozdějším rašení květních pupenů, avšak dochází ke zkracování intervalu mezi rašením květních pupenů a počátkem kvetení o 23 dnů. To indikuje rychlý nástup jara s vysokými teplotami, což může mít negativní dopad na opylovače, jelikož nedokáží tak rychle na změnu reagovat a dostatečně zesílit v krátkém časovém intervalu.

## 5.4 Aplikační část – bioklimatologické aplikace (sněženka podsněžník, konvalinka vonná, Lednice)

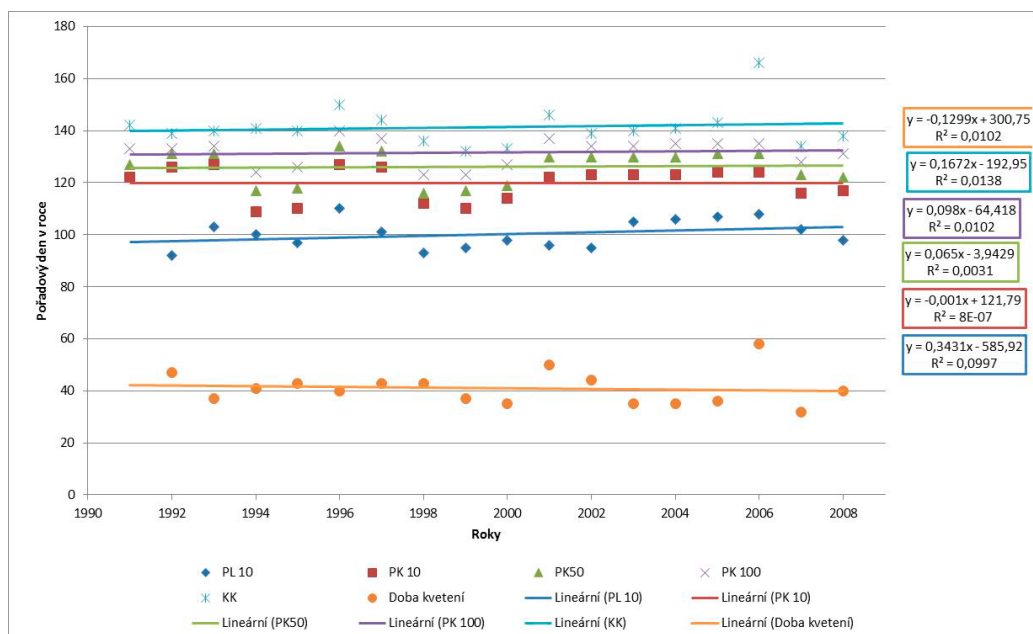
Sledování fenologických změn v interakci s klimatem je u polních plodin věnována relevantní podkapitola. Dopady na fenofáze polních plodin mohou být zatíženy řadou faktorů, na kterých nemusí být zcela průkazný vliv klimatu (např. šlechtění, výkonnější zemědělská technika, aplikace růstových látek a další). Z tohoto důvodu je kniha doplněna o analýzu „přírodě“ bližších, planě rostoucích druhů rostlin: sněženka podsněžník a konvalinka vonná.

Z grafů níže vyplývá, že z analyzovaných dat nebyl zjištěn žádný statisticky průkazný statistický trend změn u nástupu fenologických fází. I u délky kvetení daných rostlin nebyl zjištěn průkazný trend. Dále bylo zjištěno, že průměrná doba kvetení sněženky podsněžníku v Lednici je 32 dnů a u konvalinky vonné je to 41 dnů (Obr. 40 a 41).

**Obr. 40** Regresní analýza nástupu vybraných fenologických fází u sněženky podsněžníku



**Obr. 41** Regresní analýza fenologických údajů pro konvalinku vonnou







## V. ZASAZENÍ ZJIŠTĚNÝCH INFORMACÍ DO KONTEXTU S VĚDNÍMI OBORY

### Fenologie jako pomocná věda klimatologie, nástroj bioindikace prostředí a samostatný vědní obor.

Trend v prodlužování VO byl zjištěn z fenologických a klimatických dat u stanic Tvrdonice, Hodonín a Břeclav. Prodlužování VO bylo potvrzeno i v analýze délky VO 5, 10, 15 na lokalitě Břeclav. Bylo zjištěno, že v období 1961–2000 došlo k prodloužení všech VO (VO 5 o 3 dny, VO 10 o 9 dnů a VO 15 o 12 dnů).

Chmielewsky a Rötzer (2001) uvádějí, že zvýšení průměrné teploty vzduchu v lednu a únoru o 1 °C má za následek dřívější nástup vegetačního období. Středa a kol. (2011) uvádí, že za dvě dekády došlo k prodloužení VO (o 15 až 25 dnů). O trendu prodlužování VO píše v práci Šiška a Takáč (2008). Již v té době predikovali, že může dojít k prodloužení VO až o 21 dnů do roku 2020. Gill *et al.* (2015) uvádějí, že prodloužení VO je způsobeno dřívějším nástupem vegetace a v menší míře opožděným stárnutím rostliny. To lze, z pohledu protierozního účinku plodin, vnímat pozitivně. Nicméně, dřívější nástup vegetace v jarních měsících s sebou nese zvýšené riziko poškození plodiny vegetačními mrazy.

Porosty polních plodin a načasování nástupu fenologických fází mohou být zásadně ovlivněni třemi stresory klimatické povahy, které úzce souvisí i s délkou VO a dřívějším příchodem jara. Jedná se o mrazíky, vysoké teploty a sucho. Citlivost plodiny k suchu a vysokým teplotám se mění v průběhu vývoje plodiny (Moral *et al.*, 2003; Fuller *et al.*, 2007; Ferris *et al.*, 1998). Kritickým obdobím pro tvorbu výnosu jsou u obilniny především fáze kvetení, odnožování a nalévání zrna. Při stresu v těchto obdobích vývoje může dojít k výraznému ovlivnění výnosotvorných prvků a kvalitativních znaků. Scénářová data vývoje klimatu pro ČR neukazují výrazné snížení celkových srážek, ale v budoucnu bude docházet ke zvyšování teploty vzduchu a s tím souvisí i zvýšená intenzita výparu (Haberle *et al.*, 2008). Z toho vyplývá, že v budoucnu bude rostlinám redukována dostupnost vody, a proto se dá očekávat, že zemědělské plodiny budou čím dál častěji vystaveny těmto stresovým podmínkám.

Fenologické údaje vykazují velkou variabilitu v jednotlivých letech. To je způsobeno především povětrnostními podmínkami daného roku. To je zřejmé z mnoha epizod, více či méně mimořádných, kdy např. v roce 2019 byl u rostlin volně rostoucích zaznamenáno o cca 10–14 dnů urychlení fenologických projevů v souvislosti s extrémně vysokými teplotami (ČHMÚ, 2020). Také plody volně rostoucích rostlin (např. bez černý, jeřáb obecný) dozrávaly i o měsíc dříve, než je běžné (ČHMÚ, 2020).

Z analýz v aplikační kapitole bylo zjištěno, že v období 1991–2012 byl nejdřívější počátek kvetení lísky obecné detekován u analyzovaných stanic takto: 2. února v roce 1993 (Český Rudolec), 7. února v roce 2011 (Lednice) a 16. února v roce 2007 (Březina). Z údajů z výroční zprávy ČHMÚ je patrné, že ve velmi teplém roce je takto brzký termín fenologické fáze počátek kvetení opravdu reálný, což může být negativní zpráva především pro včelaře a včelu medonosnou, protože povětrnostní podmínky v tomto období nejsou vhodné pro letovou aktivitu opylovačů a ti tak přichází o významný a první zdroj potravy.

## Fenologie a eroze půdy

Zrychlená eroze půdy patří mezi celosvětové fenomény s významnými ekonomickými a environmentálními důsledky (Govers *et al.*, 2014). Z nejnovější zprávy IPCC (2019) vyplývá, že přibližně čtvrtina zemského povrchu, který není pokryt ledem, je zasaženo antropogenní erozí.

Z provedených výpočtů hodnoty ochranného vlivu vegetace je zřejmé, že s rostoucí délkou období s výskytem plodin klesá hodnota C faktoru, tedy žen. rostlinný pokryv poskytuje ochranu před erozí, přičemž rozdíly v hodnotě C faktoru mezi dlouhým a krátkým VO byly zjištěny od jednotek až po desítky procent, což ve výsledku znamená, že pokud je možno managementem plodin snížit hodnotu C faktoru, který dále vstupuje do rovnice USLE, bude mít toto snížení vliv i na výslednou hodnotu erozního smyvu. Jestliže jsme schopni snížit hodnotu C faktoru, ve výsledku toto snížení jednoho z prvků rovnice bude mít vliv i na celkový smyv půdy z daného pozemku o daná procenta. Nicméně, to je do jisté míry nereálné z důvodu nezbytného respektování agrotechnických lhůt a optimálních termínů sklizně u polních plodin. U širokořádkových plodin by bylo vhodné využít při pěstování i půdoochranné technologie tak, jak je doporučuje katalog půdoochranných technologií v rámci DZES 5. Möller *et al.* (2017) a Panagos *et al.* (2014) uvádějí, že vegetační pokryv (tj. vegetace a posklizňové zbytky) patří spolu s erozivitou srážek k nejdynamičtějším faktorům, které mají zásadní vliv na výslednou erozi.

Dále bylo zjištěno, že jedním z důležitých faktorů ovlivňujících hodnotu C faktoru je i termín výsevu dané plodiny. Pokud je výsev/výsadba plodiny prováděna v pozdějším termínu (duben–květen) je vysoce pravděpodobné, že porost nebude půdu dostatečně chránit v obdobích kritických z pohledu výskytu erozně nebezpečných srážek. Möller *et al.* (2017) uvádí, že pokryvnost porostu v době časných fenologických fází je relativně nízká, ale postupem času se zvyšuje až po své maximum, kterého je dosaženo v období maximálního nárůstu listové plochy rostlin. Problematickými plodinami z hlediska pozdního výsevu/výsadby jsou především kukuřice setá a lilek brambor.

V rámci řešeného výzkumného projektu, věnujícímu se aktualizaci C faktoru, byly původní metody zpřesněny a rozšířeny i o další plodiny. Byla vymezena odlišná pěstební období ve srovnání se základní metodou Wischmeiera a Smitha. Metoda vytvořená na základě projektu používá konkrétní fenologické fáze pro stanovení pěstební období. Jednotlivé plodiny tak mají různě vymezená pěstební období podle možného rizika vzniku eroze půdy. U případové studie ječmene jarního bylo zjištěno, že zásadní rozdíl mezi původní metodou a fenologickým odvozením je především ve třetím pěstebním období, a to o desítky dnů, což ve výsledku může mít vliv na výslednou hodnotu smyvu půdy.

I fenologická data mají však své limity. Ty spočívají především v omezeném spektru sledovaných druhů plodin. Dříve byly sledovány ve větší míře klasické plodiny, které se samozřejmě pěstují i dnes, ale objevují se i nové druhy plodin, které nebyly dříve pozorovány a tyto fenologické údaje dnes chybí. Ke zkvalitnění výzkumu, by bylo vhodné realizovat dlouhodobá měření, která by poskytla robustní datovou základnu. Tyto údaje by byly přesnější a zjištěné zákonitosti by byly ověřeny na více pokusech. Jejich další využití a aplikace by byla postavena na pevných základech řady pokusů.

Lal (2004) ve své práci uvádí, že důsledkem vodní eroze může dojít k masivnímu uvolnění uhlíku z půdy. Studie Hoffmanna *et al.* (2018) uvádí, že eroze půdy má zásadní vliv na změnu půdního organického uhlíku v zemědělské krajině a potvrzuje předcházející tvrzení. Také uvádí, že hybnou silou krátkodobé ekosystémové uhlíkové bilance byl i fenologický vývoj zkoumané plodiny. Zhou *et al.* (2019) ve své publikaci konstatují, že půdy jsou největší zásobárnou uhlíku ze všech suchozemských ekosystémů. Zvýšená eroze půdy a následné uvolnění uhlíku do atmosféry může ovlivnit globální klima. Výsledky studie Zhou *et al.* (2019) ukazují, že změna využívání půdy má významný vliv na zásoby půdního uhlíku a konstatují, že orná půda má vysoký potenciál sekvestrace uhlíku.

Při stanovení hodnoty větrné eroze existuje několik možností výpočtu, ale jen několik z nich bere v potaz i vegetační faktor. Jedná se například o komplexní rovnici pro výpočet větrné eroze podle Woodrofa a Siddowaya z roku 1965. Řada zdrojů uvádí, že pro území České republiky se hodnota vegetačního faktoru uvádí 1, jelikož větrná eroze se nejčastěji objevuje v jarním a podzimním období, kdy není půda chráněná vegetací. To však nemusí odrážet realitu dnešní zemědělské krajiny v lokálním měřítku.

## Fenologie a environmentální bezpečnost

Dokument Koncepce environmentální bezpečnosti (2015) uvádí, že environmentální bezpečnost můžeme vymezit jako: „dlouhodobé udržení ekosystémových služeb určující kvalitu lidského života.“ Činnost opylovačů je jednou z regulačních ekosystémových služeb. Tato ekosystémová služba se čím dál častěji dostává do popředí zájmu v celosvětovém měřítku, a to především kvůli poklesu počtu opylovačů (Bartholomée a Lavorel, 2019). Řada studií uvádí, že pokles počtu opylovačů je způsoben především používáním pesticidů (Woodcock *et al.*, 2017) a zjednodušování krajinné mozaiky (Connelly *et al.*, 2015). Globální pokles počtu opylovačů je v současnosti sledován v řadě lokalit (IPBES, 2016; Potts *et al.*, 2010).

Jedním z dopadů ve spojení s opylovači může být pokles výnosů plodin a následný nedostatek potravin, nebo výrazný nárůst jejich ceny. Některé studie (Memmott *et al.*, 2004) uvádějí, že v budoucnu může dojít k bodu zlomu a zhroucení populací opylovačů, a to především v důsledku závažných narušení jejich ekosystémů.

Analýza na úrovni společenstev naznačila, že fenologické posuny u včel a rostlin, které opylují, postupují podobným tempem (Bartomeus *et al.*, 2011), ale i přesto mohou změny v počátečních fenologických fázích kvetoucí vegetace do budoucna znamenat jednu z hrozeb environmentální bezpečnosti. V rámci analýzy fenologických dat byl zjištěn statisticky významný trend u fenologické fáze rašení květních pupenů. Bylo zjištěno, že dochází k pozdějšímu nástupu rašení květních pupenů a to o 15 dnů na konci analyzovaného období. Tento trend může signalizovat rychlý nástup jara s velkým teplotním výkyvem. Červenka (1964) uvádí, že zásadní vliv na rašení rostlin má především průměrná denní teplota vzduchu, a to především dva až tři týdny před počátkem rašení. Dřívější příchod jara má i zásadní vliv na stav a vývoj včelstva. V kontextu vztahů změna klimatu-fenologie-opylovači se předpokládá, že bude docházet ke změně nástupu fenologických fází, a to především doby kvetení (Le Conte a Navajas, 2008), což se v této analýze potvrdilo (posun kvetení třešně ptačí v průměru o 4 dny). Le Conte a Navajas (2008) uvádějí, že změna klimatu může způsobit deharmonizaci vazeb mezi opylovanými druhy a opylovači.

Pro podporu výskytu opylovačů v krajině Eeraerts *et al.* (2019) doporučují, aby zemědělci v sadech a v okolí polí vytvořili prvky s bohatým bylinným patrem s větším zastoupením kvetoucích rostlin. Důvodem je především krátká doba kvetení dřevin v sadu, které trvá jeden až dva týdny. Podobný smysl mají i dotační opatření, zvyšující druhovou pestrost v rámci nektarodárných biopásů, zatravňování druhově bohatou směsí a další.

V současnosti se ve fenologii dostávají do popředí nové inovativní technologie např. distanční fenologická pozorování (snímání digitálními fotoaparáty), satelitní snímání (dálkový průzkum Země) a následné zpracování získaných dat prostřednictvím geografických informačních systémů. Moon *et al.* (2019) uvádí, že dálkový průzkum Země je již několik desetiletí významným doplňkem terénních měření. Prostřednictvím dálkového průzkumu Země můžeme sledovat načasování a rozsah fenologických změn v regionálním a globálním měřítku (Monn *et al.*, 2019). Významné postavení satelitních snímků ve fenologických pozorováních potvrzuje i ve své práci Möller (2017). Nejčastěji využívaným indexem v pokryvnosti bývá index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – normalizovaný diferenční vegetační index; Rouse *et al.*, 1974) a v řadě výzkumů bylo zjištěno, že patří k nejpřesnějším nástrojům při předpovídání pokryvnosti vegetace (Vrieling *et al.*, 2008; Prabhakara *et al.*, 2015). Nicméně, lokální fenologická pozorování mají svůj nepostradatelný význam pro svou přesnost a vypovídací hodnotu.

Z výše uvedených analýz, výsledků, údajů a faktů je nutné brát v úvahu řadu limitů a faktorů, které mohou fenologická pozorování ovlivnit a z toho důvodu je vytvořena SWOT analýza, která shromažďuje silné a slabé stránky fenologických pozorování a příležitosti a hrozby (Obr. 42).

**Obr. 42** SWOT analýza věnovaná problematice fenologických pozorování

<b>Silné stránky</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dlouhodobý horizont pozorování</li> <li>• široká škála rostlin</li> <li>• široké spektrum využití</li> <li>• indikátor změn v přírodě a krajině</li> <li>• široká základna fenologických stanic</li> <li>• řada fenologických stanic jako součást výzkumných ústavů</li> <li>• silné metodické zastřešení pozorování (metodiky, atlasy atd.)</li> </ul>	<b>Slabé stránky</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezery v datech</li> <li>• změny metodiky v průběhu pozorování</li> <li>• digitalizace dat</li> <li>• faktické chyby v pozorováních</li> <li>• statistická průkaznost</li> <li>• přerušení dlouhodobých řad (2012-dosud)</li> <li>• velká variabilita fenologických dat</li> <li>• problematika zobecnění dat</li> </ul>
<b>Příležitosti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vědecké práce využívající fenologická data</li> <li>• nový typ pozorování (<a href="http://www.fenofaze.cz">www.fenofaze.cz</a>)</li> <li>• dálkový průzkum Země</li> <li>• mezinárodní fenologické zahrádky</li> <li>• environmentální výchova, vzdělávání a osvěta (zapojení škol)</li> <li>• jednání na MŽP o částečném obnovení pozorování</li> <li>• změna klimatu</li> <li>• projektová činnost</li> <li>• zvyšující se zájem o životní prostředí</li> <li>• spolupráce s organizacemi sledujícími fenologické fáze pro vlastní potřebu</li> </ul>	<b>Hrozby</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zrušení některých pozorování ČHMÚ</li> <li>• nadcházející ekonomická krize                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- možná úsporná opatření</li> </ul> </li> <li>• šlechtění rostlin                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- nehomogenita datových řad</li> </ul> </li> <li>• ztráta zkušených pozorovatelů</li> </ul>



## ZÁVĚR

Cílem monografie bylo upozornit na možnosti aplikace údajů z přímých fenologických pozorování do oboru aplikované a krajinné ekologie. Současná věda sice disponuje řadou moderních technologií (dálkový průzkum země, termokamery atd.), avšak historické údaje z fenologických pozorování patří k cenným materiálům se širokým spektrem možných aplikací.

Dlouhodobé řady těchto dat umožňují sledovat fenologické změny v dlouhodobém měřítku. V textu byly demonstrovány možnosti využití fenologických údajů v oboru aplikované a krajinné ekologie, která patří mezi široce rozkročené vědní obory čerpající z řady oblastí. Fenologie jako pomocná věda bioklimatologie může také sloužit jako nástroj pro detekci změn v krajině. Její využití může vstupovat do územního plánování (složení zeleně v intravilánech měst a obcí, zahradní architektura), může pomáhat při sofistikovanější protierozní ochraně, dále může být nápomocná při identifikaci změny klimatu atd.

## SUMMARY

The monograph draws attention to the possibilities of applying data from direct phenological observations to the field of applied and landscape ecology. Although modern science has a number of modern technologies (remote sensing, thermal imagers, etc.) at its disposal, long-time phenological observations represent a highly-valued database with a wide range of possible applications.

Extensive space-time data series make it possible to monitor phenological changes in the long-course. Included are same possibilities of using phenological data in the field of applied and landscape ecology, which is one of the widely focused scientific disciplines drawing from a number of research branches. Phenology as an auxiliary science of bioclimatology can serve as both a tool for detecting changes in the landscape and for landscape spatial planning (composition of greenery in urban areas, garden architecture). Phenology also finds its employment in advanced anti-erosion protection and might be helpful in identifying climate change, etc.





## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ADAMS, J. 1883. On the botany of the Thames Goldfield. *Trans. N. Z. Inst.*, 16: 385–393.
- AHAS, R. (Ed.). 2001. *Estonian phenological calendar*. Instituti Geographici Universitatis Tartuenssis.
- ALVIM, P. T. 1964. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. In: *Anais do XV Congresso Nacional de Botânica do Brasil*. Proto Alegre: UFRG.
- ARAUJO, V. C. 1970. *Fenologia de essências florestais amazônicas I*. Boletim do INPA - Série Pesquisas florestais. No. 4. INPA.
- ARNIKA. 2015. *Dřeviny rostoucí mimo les: jak je chránit a co dělat, když je nutné kácet: informační brožura pro samosprávu a státní správu*. Praha: Arnika. ISBN 978-80-87651-07-0.
- BADECK, F. W., A. BONDEAU, A., BÖTTCHER, K., DOKTOR, D., LUCHT, W., SCHABER, J. and SITCH, S. 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*, 162(2): 295–309.
- BAGNOLD, R. 1943. *The physics of blown sand and desert dunes*. London: Methuen.
- BARTHOLOMÉE, O. and LAVOREL, S. 2019. Disentangling the diversity of definitions for the pollination ecosystem service and associated estimation methods. *Ecological Indicators*, 107: 105576.
- BARTOMEUS, I., ASCHER, J. S., WAGNER, D., DANFORTH, B. N., COLLA, S., KORNBLUTH, S. and WINFREE, R. 2011. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *PNAS*, 2011, 108(51): 20645–20649.
- BATYSTA, M., HAVELKA, J., HRUŠKA, M., JACKO, K., JIRÁSKOVÁ, I., KUČERA, J., LEIBL, M., MEDONOS, T., NĚMEC, S., NOVOTNÝ, I., POLÁKOVÁ, Š., REININGER, D., SKOKANOVÁ, E., SMATANOVÁ, M., TYPOLTOVÁ, L., VÁCHA, R., VILHELM, V., VOLTER, V. a VOPRAVIL, J. 2015. *Situační a výhledová zpráva – půda*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-252-3.
- BEAUBIEN, E. G. 2013. *Spring flowering trends in Alberta, Canada: response to climate change, urban heat island effects, and an evaluation of a citizen science network*. Ph.D. Thesis. University of Alberta. Department of Renewable Resources.
- BIRD, P. R., BICKNELL, D., BULMAN, P. A., BURKE, S. J. A., LEYS, J. F., PARKER, J. N., VAN DER SOMMEN, F. J. and VOLLER, P. 1992. The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. *Agroforestry systems*, 20: 59–86.
- BLANCO-CANQUI, H. and LAL, R. 2010. *Principles of Soil Conservation and Management*. New York: Springer.
- BURN, D. H. and ELNUR, M. A. H. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255: 107–122.
- CAYAN, D. R., KAMMERDIENER, S. A., DETTINGER, M. D., CAPRIO, J. M. and PETERSON, D. H. 2001. Changes in the Onset of Spring in the Western United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(3): 399–415.
- CLELAND, E. E., CHUINE, I., MENZEL, A., MOONEY, H. A. and SCHWARTZ, M. D. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. *Trend in Ecology and Evolution*, 22(7): 357–365.
- COCKAYNE, L. A. 1899. sketch of the plant geography of the Waimakariri river basin, considered chiefly from a ecological point of view. *Trans. N. Z. Inst.*, 32: 95–136.
- CONNELLY, H., POVEDA, K. and LOEB, G. 2015. Landscape simplification decreases wild bee pollination services to strawberry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 211: 51–56.

- CORBET, S. A. *et al.* 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. *Bee World*, 72(2): 47–59.
- COUFAL, L., HOUŠKA, V. REITSCHLÄGER, J. D., VALTER, J. a VRÁBLÍK, T. 2004. *Fenologický atlas*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-86690-21-0.
- CROAT, T. B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). *Biotropica*, 7(4): 270–277.
- ČERVENKA, K. 1964. Ovocnictví. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.
- ČHMÚ. 1988. *Metodický předpis č. 10 – Návod pro činnost fenologických stanic (lesní rostliny)*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- ČHMÚ. 2009. *Metodický předpis č. 10. Návod pro činnost fenologických stanic (lesní rostliny)*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- ČHMÚ. 2009. *Metodický předpis č. 2. Návod pro činnost fenologických stanic (polní plodiny)*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- ČHMÚ. 2009. *Metodický předpis č. 3. Návod pro činnost fenologických stanic (ovocné plodiny)*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- ČHMÚ. 2020. *Výroční zpráva ČHMÚ 2019*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- DAFA-ALLA, M. D. and AL-AMIN, N. K. N. 2016. The influence of optical porosity of tree windbreaks on windward wind speed, erosive force and sand deposition. *Journal of Forest and Environmental Science*, 32(2): 212–218.
- DAVIS, D. E. 1945. The annual cycle of plants, mosquitoes, birds and mammals in two Brazilian forests. *Ecological Monographs*, 15(3): 245–295.
- DAVIS, T. A. W. and RICHARDS, P. W. 1933. The vegetation of Moraballi Creek, British Guiana: an ecological study of a limited area of tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 21(1): 106–155.
- DAVITAJA, F. F. 1958. *Agrometeorological problems Moscow (in Russian with English Contents)*. Moscow: Hydrometeorological Publishing House.
- DEMARÉE, G. R. and RUTISHAUSER, T. 2011. From „Periodical observations“ to „Anthochronology“ and „Phenology“ – the scientific debate between Adolphe Quetelet and Charles Morren on the origin of the word „Phenology“. *International Journal of biometeorology*, 55(6): 753–761.
- DUBÉ, P. A. and CHEVRETTE, J. E. 1978. Phenology applied to bioclimatic zonation in Québec. In: HOPP, R. K. (Ed.). *Phenology: an aid to agricultural technology*. Vermont: Vermont Agricultural Experiment Station.
- EERAERTS, M., SMAGGHE, G. and MEEUS, I. 2019. Pollinator diversity, floral resources and semi-natural habitat, instead of honey bees and intensive agriculture, enhance pollination service to sweet cherry. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 284: 106586.
- EILART, J. 1959. *Phytophenological observation manual in Estonian*. Tartu: Estonian Naturalists Society.
- EILART, J. 1968. Teaduse ajaloo ehekülgi Eestis. In: *Some aspects of history of phenology in Estonia (in Estonian with summary in German and Russian)*. Tallinn: Academy of Sciences, pp. 169–176.
- EMHI. 1987. *Manual for hydrometeorological observation stations and points*. Tallinn: Estonian Meteorological and Hydrometeorological Institute, Department of hydrometeorology and Environmental Monitoring.
- ESTRELLA, N. and MENZEL, A. 2006. Response of leaf colouring in four deciduous tree species to climate and weather in Germany. *Climate Research*, 32(3): 253–267.
- FADÓN, E., HERRERO, M. and RODRIGO, J. 2015. Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 192: 141–147.

- FAEGRI, K. and VAN DER PIJL, L. 1979. *The principles of pollination ecology*. Oxford: Pergamon Press.
- FERRIS, R., ELLIS, R. H., WHEELER, T. R. and HADLEY, P. 1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. *Annals of Botany*, 82(5): 631–639.
- FISHER, J. I., MUSTARD, J. F. and VADEBONCOEUR, M. A. 2006. Green leaf phenology at Landsat resolution: Scaling from the field to the satellite. *Remote Sensing of Environment*, 100(2): 265–279.
- FORMAN, R. T. T. a GODRON, M. 1993. *Krajinná ekologie*. Praha: Academia. ISBN 80-200-0464-5.
- FRENGUELLI, G., PASSALACQUA, G., BONINI, S., FIOCCHI, A., INCORVAIA, C., MARCUCCI, F., TEDESCHINI, E., CANONICA, G. W. and FRATI, F. 2010. Bridging allergologic and botanical knowledge in seasonal allergy: a role for phenology. *Annals of Allergy, Astma & Immunology*, 105(3): 223–227.
- FULLER, M. P., FULLER, A. M., KANIOURAS, S., CHRISTOPHERS, J. and FREDERICKS, T. 2007. The freezing characteristics of wheat at ear emergence. *European Journal of Agronomy*, 26(4): 435–441.
- FUNK, R. and ENGEL, W. 2015. Investigations with a field wind tunnel to estimate the wind erosion risk of row crops. *Soil and Tillage Research*, 145: 224–232.
- GAN, Y., ANGADI, S. V., CUTFORTH, H. W., POTTS, D., ANGADI, V. V. and MCDONALD, C. L. 2004. Canola and mustard response to short period of high temperature and water stress at different developmental stages. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(3): 697–704.
- GILL, A. L., GALLINAT, A. S., SANDERS-DEMOTT, R., RIGDEN, A. J., GIANOTTI, D. J. S., MANTOOTH, J. A. and TEMPLER, P. H. 2015. Changes in autumn senescence in northern hemisphere deciduous trees: a meta-analysis of autumn phenology studies. *Annals of Botany*, 116(6): 875–888.
- GORDO, O. and SANZ, J. J. 2005. Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean. *Oecologia*, 146(3): 484–495.
- GOVERS, G., OOST, K. V. and WANG, Z. 2014. Scratching the critical zone: the global footprint of agro-cultural soil erosion. *Procedia Earth and Planetary Science*, 10: 313–318.
- GREŠOVÁ, L. a STREĎANSKÝ, J. 2019. *Veterná erózia v krajine – súčasné trendy, metódy a spôsoby výpočtov*. Nitra: SPU v Nitre.
- HABERLE, J., TRČKOVÁ, M. a RŮŽEK, P. 2008. *Příčiny nepříznivého působení sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení – metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby.
- HÁJKOVÁ, L. 2012. *Atlas fenologických poměrů Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-98-8.
- HÁJKOVÁ, L., KOŽNAROVÁ, V. a MOŽNÝ, M. 2016. History and present of phenological observations or phenology at the crossroad. In: *Mendel and bioklimatology*. International conference 3. 9.–5. 9. 2014. Brno: Mendel university in Brno, pp. 107–119. ISBN 978-80-7509-397-4.
- HÁJKOVÁ, L., KOŽNAROVÁ, V., VRÁBLÍK, T., REITSCHLÄGER, J. D., MOŽNÝ, M., BAREŠ, D. a BARTOŠOVÁ, L. 2016. Mezinárodní fenologické zahrádky (International phenological gardens – IPGs) v České republice. *Meteorologické zprávy/Meteorological Bulletin*, 69(2): 33–40.
- HANNAFORD, S. 1856. *Jottings in Australia: or, notes on the flora and fauna of Victoria. With a catalogue of the more common plants, their habitats and dates of flowering*. Melbourne: James J. Blundell & Co.

- HEGLAND, S. J. and TOTLAND, Ø. 2008. Is the magnitude of pollen limitation in a plant community affected by pollinator visitation and plant species levels? *Oikos*, 117(6): 883–891.
- HOFFMANN, M., POHL, M., JURISCH, N., PRESCHER, A. K., CAMPA, E. M., HAGEMANN, U., REMUS, R., VERCH, G., SOMMER, M. and AUGUSTIN, J. 2018. Maize carbon dynamics are driven by soil erosion state and plant phenology rather than nitrogen fertilization form. *Soil & Tillage Research*, 175(1): 255–266.
- HOOGENRAAD, R. and ROBERTSON, G. J. 1997. Seasonal calendars from central Australia. In: WEBB, E.K. (Ed.). *Windows on meteorology: Australian perspective*. Melbourne: CSIRO Publishing.
- HOOVER, S. E. R., LADLEY, J. J., SHCHEPETKINA, A. A., TISCH, M., GIESEG, S. P. and TYLIANAKIS, J. M. 2012. Warming CO<sub>2</sub> and nitrogen deposition interactively affect a plant–pollinator mutualism. *Ecology Letters*, 15(3): 227–234.
- HOPP, R. J. 1974. Plant phenology observation networks. In: *Phenology and seasonality modeling*. New York: Springer.
- HUDSON, I. L. and KEATLEY, M. R. (Eds.). 2010. *Phenological research – Methods for Environmental and Climate Change Analysis*. Dordrecht: Springer. ISBN 978-90-481-3334-5.
- CHAMBERS, L. E., KEATLEY, M. R., WOEHLER, E. J. and BERGSTROM, D. M. 2013. Antarctica. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 9789400769250.
- CHEN, X. 2013. East Asia. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 9789400769250.
- CHEPIL, W. and WOODRUFF, N. 1963. The physics of wind erosion and its control. *Advances in Agronomy*, 15: 211–302.
- CHMIELEWSKI, F. M. and RÖTZER, T. 2001. Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108: 101–112.
- CHMIELEWSKI, F. M., HEIDER, S. MORYSON, S. and BRUNS, E. 2013. International Phenological Observation Networks: Concept of IPG and GPM. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer, pp. 137–153. ISBN 978-94-007-6925-0.
- CHU, C. 1931. New monthly calendar (in Chinese). *Bull. Chin. Meteorol. Soc.*, 6: 1–14.
- CHU, C. 1973. A preliminary study on the climate fluctuation during the last 5,000 years in China (in Chinese). *Scientia Sinica*, 16(2): 226–256.
- CHUCHMA, F. 2017. *Aktualizace klimatických regionů v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek*. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. Fakulta agronomická. Ústav aplikované a krajinné ekologie. Vedoucí práce Hana Středová.
- IALE. 1998. *IALE Mission Statement*. IALE Bulletin, Vol. 16, No. 1. International Association for Landscape Ecology.
- IPBES. 2016. *Summery for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, polination and food production*. Report. Bonn, Germany: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. 2014. Summary for policymakers. In: *Climate change 2013 - the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge and New York: Cambridge University press.
- IPCC. 2015. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.

- JANEČEK, M. *et al.* 2008. *Základy erodologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-1842-7.
- JANEČEK, M. 2012. *Ochrana zemědělské půdy před erozí – Metodika*. Praha: Česká zemědělská univerzita Praha. ISBN 978-80-87415-42-9.
- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. 1985. *Guidelines for the Observation of Phenology*. Tokyo: Japan Meteorological Agency.
- JELÍNEK, K., ŘÍMOVSKÝ, K. a SMOLÍK, Z. 1999. *Lidové pranostiky, přísloví a zvyky v zemědělství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- JOCHNER, S. and MENZEL, A. 2015. Urban phenological studies – Past, present, future. *Environmental Pollution*, 203: 250–261.
- JOCHNER, S., BECK, I., BEHRENDT, H., TRAJDL-HOFFMANN, C. and MENZEL, A. 2011. Effects of extreme spring temperatures on urban phenology and pollen production: a case study in Munich and Ingolstadt. *Climate Research*, 49(2): 101–112.
- JOHNSTON, A. 1987. *Plants and the Blackfoot*. Lethbridge Historical Society - Occasional paper no. 15. Lethbridge Historical Society.
- KALBARCZYK, R., KALBARCZYK, E., ZIEMAINSKA, M., SOBOLEWSKI, R. and MACHOWSKA, A. 2015. Multi-year variability of phenological phases and periods of oat (*Avena sativa* L.) in Poland. *Romanian Agricultural Research*, 32: 75–84.
- KEATLEY, M. R. and FLETCHER, T. D. 2003. Phenological data, networks, and reasearch: Australia. In: *Phenology: an integrative envrionmental science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- KEATLEY, M. R., CHAMBERS, L. E. and PHILLIPS, R. 2013. Australia and New Zealand. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 9789400769250.
- KHWARAHM, N. R. *et al.* 2017. Mapping the birch and grass pollen seasons in the UK using satellite sensor time-series. *Science of the Total Environment*, 578: 586–600.
- KLEIJN, D. *et al.* 2015. Delivery of crop pollination services in an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature communications*, 6: 7114.
- KLEIN, A. M., VAISSIERE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C. and TSCHARNTKE, T. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B Biological Sciences*, 274(1608): 303–313.
- KRŠKA, K. 2006. Fenologie jako nauka, metoda a prostředek. In: *Fenologická odezva proměnlivosti podnebí*. Brno 22. 3. 2006. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-86690-35-0.
- KURPELOVÁ, M., COUFAL, L. a ČULÍK, J. 1975. *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Bratislava: Hydrometeorologický ústav.
- LAL, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677): 1623–1627.
- LE CONTE, Y. and NAVAJAS, M. 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 27(2): 499–510.
- LEITH, H. 1974. *Phenology and seasonality modeling*. New York: Springer Science and Bussiness media. ISBN 978-642-51865-2.
- LIU, H., FENG, C. L., LUO, Y. B., CHEN, B. S., WANG, Z. S. and GU, H. Y. 2010. Potential challenges of climate change to orchid conservation in a wild orchid hotspot in south-western China. *The Botanical Review*, 76(2): 174–192.
- LOBELL, D. B., SCHLENKER, W. and COSTA-ROBERTS, J. 2011. Climate trend and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042): 616–620.

- LUO, Z. K., SUN, O. J., GE, Q. S., XU, W. T. and ZHENG, J. Y. 2007. Phenological response of plants to climate change in an urban environment. *Ecological Research*, 22(3): 507–514.
- MCEWAN, R. W., BRECHA, R. J., GEIGER, D. R. and JOHN, G. P. 2011. Flowering phenology change and climate warming in southwestern Ohio. *Plant Ecology*, 212(1): 55–61.
- MEIER, U. (Ed.). 2001. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. Berlin: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
- MEMMOTT, J. et al. 2004. Tolerance of pollination network to species extinctions. *Proceedings of The Royal Society B Biological Sciences*, 271(1557): 2605–2611.
- MENZEL, A. 2002. Phenology, its importance to the global change community. *Climatic Change*, 54(4): 379–385.
- MENZEL, A. 2013. *Europe. Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 978-94-007-6925-0.
- MENZEL, A., SPARKS, T., ESTRELLA, N., KOCH, E., AASA, A., AHAS, R., ALM-KÜBLER, K., BISSOLLI, P., BRASLAVSKÁ, O., BRIEDE, A., CHMIELEWSKI, F. M., CREPINSEK, Z., CURNEL, Y., DAHL, Å., DEFILA, C., DONNELLY, A., FILELLA, Y., JATCZAK, K., MÅGE, F., MESTRE, A., NORDLI, Ø., PEÑUELAS, J., PIRINEN, P., REMIŠOVÁ, V., SCHEIFINGER, H., STRIZ, M., SUSNIK, A., VAN VLIET, A. J. H., WIELGOLASKI, F. E., ZACH, S. and ZUST, A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12(10): 1969–1976.
- MIHÁLIKOVÁ, I. 1983. 60 let fenologické staniční sítě. *Meteorologické zprávy*, 36(6): 187–188.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. 2020. *Metodická příručka k podmínkám poskytování přímých plateb v České republice v roce 2020*. Praha: Ministerstvo zemědělství.
- MISTR, M. et al. 2016. *Redakčně upravená roční zpráva za první rok řešení projektu QJ 1530181*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- MISTR, M. et al. 2017. *Redakčně upravená roční zpráva za druhý rok řešení projektu QJ 1530181*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- MISTR, M. et al. 2018. *Redakčně upravená roční zpráva za třetí rok řešení projektu QJ 1530181*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- MISTR, M. et al. 2019. *Redakčně upravená závěrečná zpráva projektu QJ 1530181*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- MÖLLER, M., GESTMANN, H., GAO, F., DAHMS, T. C. and M. FÖRSTER, M. 2017. Coupling of phenological information and simulated vegetation index time series: Limitations and potentials for the assessment and monitoring of soil erosion risk. *Catena*, 150: 192–205.
- MOON, M., ZHANG, X., HENEBRY, G. M., LIU, L., GRAY, J. M., MELAAS, E. K. and FRIEDL, M. A. 2019. Long-term continuity in land surface phenology measurements: A comparative assessment of the MODIS land cover dynamics and VIIRS land surface phenology products. *Remote Sensing of Environment*, 226: 74–92.
- MORAL DEL, L. F. G., RHARRABTI, Y., VILLAGES, D. and ROYO, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agronomy Journal*, 95(2): 266–274.
- MŽP ČR. 2015. *Koncepce environmentální bezpečnosti 2016–2020 s výhledem do roku 2030*. Praha: Ministerstvo životního prostředí.
- NEIL, K. L., LANDRUM, L. and WU, J. 2010. Effects of urbanization on flowering phenology in the metropolitan phoenix region of USA: Findings from herbárium records. *Journal of Arid Environments*, 74(4), 440–444.
- NEKOVÁŘ, J. 2007. *Česká fenologická databáze pro klimatologické aplikace*. Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu, svazek 50. Praha: Český hydrometeorologický ústav.



- NEKOVÁŘ, J. a ROŽNOVSKÝ, J. 2006. Fenologická služba Českého hydrometeorologického ústavu. In: *Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, Brno 22. 3. 2006*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 80-86690-35-0.
- NOVÁK, V. 1922. *Phaenologická pozorování (jejich význam a organisace)*. Zprávy Moravského zemského výzkumného ústavu zemědělského v Brně, č. 74. Agrometeorologická a agrope-dologická sekce, zpráva č. 1.
- NOVOTNÝ, I. et al. 2017. *Průručka ochrany proti erozi zemědělské půdy – aktuální znění – březen 2017*. Praha: Ministerstvo zemědělství, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-87361-67-2.
- OLESEN, J. E., BØRGESSEN, C. D., ELSGAARD, L., PALOSUO, T., RÖTTER, R. P., SKJELVÅG, A. O., PELTONEN-SAINIO, P., BÖRJESSON, T., TRNKA, M., EWERT, F., SIEBERT, S., BRISSON, N., EITZINGER, J., VAN ASSELT, E. D., OBERFORSTER, M. and VAN DER FELS-KLERX, H. J. 2012. Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 29(10): 1527–1542.
- PAETH, H. et al. 2015. Global versus local effects on climate change in Asia. *Climate Dynamics*, 45: 2151–2164.
- PANAGOS, P., KARYDAS, C., BALLABIO, C. and GITAS, I. 2014. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: an application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27(B): 147–155.
- PANAGOS, P., KARYDAS, C., GITAS, I. and MONTANARELLA, L. 2012. Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service. *International Journal of Digital Earth*, 5(6): 461–487.
- PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 637–669.
- PARMESAN, C. and YOHE, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421: 37–42.
- PARTANEN, J., KOSKI, V. and HANNINEN, H. 1998. Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (*Picea abies*). *Tree Physiology*, 18(12): 811–816.
- PASÁK, V. 1966. Význam vlhkosti půdy při větrné erozi půdy. *Meliorace*, 2: 129–140.
- PASÁK, V. 1967. Faktory ovlivňující erozi půdy. *Vědecké práce VÚMOP*, 9: 143–149.
- PATRÍCIA, L., MORELLATO, C., CAMARGO, M. G. G. and GRESLLER, E. 2013. A review of plant phenology in South and Central America. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 9789400769250.
- PAWANKAR, R. et al. 2013. WAO White Book on Allergy. *Milwaukee*: World Allergy Organization. ISBN 978-0-615-92916-3.
- PAZDERŮ, K. and BLÁHA, L. Trends in plant breeding and seed production to improve abiotic stress tolerance. In: *11<sup>th</sup> Scientific and Technical Seminar on Seed and Seedlings*. CULS Prague, 2013, pp. 29–33.
- PETRŮV, V. et al. 1994. *Alergie u dětí: Příčiny alergií a jejich léčba: Jak předcházet alergiím: Volba povolání*. Praha: Grada. ISBN 80-7169-090-2.
- PIFFLOVÁ, L., BRABLEC, J., LENNER, V. a MINÁŘ, M. 1956. *Průručka pro fenologické pozorovatele*. Praha: Hydrometeorologický ústav.
- PIFFLOVÁ, L., BRABLEC, V., LENNER, J. a MINÁŘ, M. 1956. *Průručka pro fenologické pozorovatele*. Praha: Hydrometeorologický ústav.

- PIMENTEL, D. 2006. Soil erosion: A food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8: 119–137.
- PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., CHUCHMA, F., STŘEDA, T. and STŘEDOVÁ, H. 2013. Effect of changes in some climatic factors on wind erosion risks – the case study of South Moravia. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(6): 1829–1837.
- PODHRÁZSKÁ, J., NOVOTNÝ, I., ROŽNOVSKÝ, J., HRADIL, M., TOMAN, F., DUFKOVÁ, J., MACKŮ, J., KREJČÍ, J., POKLADNÍKOVÁ, H. a STŘEDA, T. 2008. *Metodika – Optimalizace funkcí větrolamu v zemědělské krajině*. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-904027-1-3.
- POLANSKÝ, B. 1937. *Příspěvek k základům lesnické bioklimatologie a fenologie*. Brno: náklad vlastním.
- PORTER, J. R. 2005. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature*, 436(7048): 174.
- POTTS, S. G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O. and KUNIN, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 345–353.
- PRABHAKARA, K., HIVELEY, W. and MCCARTY, G. 2015. Evaluating the relationship between biomass, percent groundcover and remote sensing indices across six winter cover crop fields in Maryland, United States. *Geomorphology*, 126(1–2): 32–41.
- PRASAD, P. V. V., STAGGENBORG, S. A. and RISTIC, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. In: *Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes*. Vol. 1. Book Series Advances in Agricultural Systems Modeling. Madison: ASA, CSSA, SSSA, pp. 301–355.
- PRIMACK, R.B., IBÁÑEZ, I., HIGUCHI, H., LEE, S. D., MILLER-RUSHING, A. J., WILSON, A. M. and SILANDER, J. A. 2009. Spatial and interspecific variability in phenological responses to warming temperatures. *Biological Conservation*, 142(11): 2569–2577.
- PRINCE, J. E. 1891. Phenology and rural biology. *Vic Nat.*, 8: 119–127.
- RAFFERTY, N. E. 2017. Effects of global change on insect pollinators: multiple drivers lead to novel communities. *Current Opinion in Insect Science*, 23: 22–27.
- REITSMA, K. D., DUNN, B. H., MISHRA, U., CLAY, S. A., DESUTTER, T. and CLAY, D. E. 2015. Land-use change impact on soil sustainability in a climate and vegetation transition zone. *Climatology & Water Management*, 107(6): 2363–2372.
- RICHARDSON, A. D., KEENAN, T. F., MIGLIAVACCA, M., RYU, Y., SONNENTAG, O. and TOOMEY, M. 2013. Climate change, phenology and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 169: 156–173.
- ROETZER, T., WITTENZELLER, M., HAECKEL, H. and NEKOVAR, J. 2000. Phenology in central Europe-differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *International Journal of Biometeorology*, 44(2): 60–66.
- ROOT, T. L., PRICE, J. T., HALL, K. R., SCHNEIDER, S. H., ROSENZWEIG, C. and POUNDS, A. J. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918): 57–60.
- ROSE, D. 2005. Rhythms, patterns, connectivities: indigenous concepts of seasons and changes. In: *A change in the weather: climate and culture in Australia*. Canberra: National Museum of Australia press.
- ROSENZWEIG, C., CASASSA, G., KAROLY, D. J., IMESON, A., LIU, C., MENZEL, A., RAWLINS, S., ROOT, T. L., SEGUIN, B. and TRYJANOWSKI, P. 2007: Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: PARRY, M. L. et al. (Eds.). *Climate Change*

- 2007: *Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 79–131.
- ROUSE, J. W. JR., SCHELL, J. A. and DEERING, D. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*. Vol. 1, Sect. A. Washington, DC: NASA, pp. 309–317.
- RUTISHAUSER, T., LUTERBACHER, J., JEANNERET, F., PFISTER, C. and H. WANNER, H. 2007. A phenology-based reconstruction of interannual changes in past spring season. *Journal of geophysical research*, 112(G4): G04016.
- SEYFERT, F. 1960. *Phänologie*. Wittenberg Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag.
- SHARMA, N. K., SINGH, R. J., MANDAL, D., KUMAR, A., ALAM, N. M. and KEESSTRA, S. 2017. Increasing farmer's income and reducing soil erosion using intercropping in rainfed maize-wheat rotation of Himalaya, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247: 43–53.
- SCHULTZ, G. E. 1981. *General phenology*. Leningrad: Nauka.
- SCHUSTER, C., GRÖGER, A., BREIER, M. and MENZEL, A. 2011. High elevation phenology in mountain forests and alpine botanical gardens. *Geophys. Res. Abstr.*, 13: EGU2011-EGU11034.
- SCHWARTZ, M. D. 1985. *The advance of phenological spring across Eastern and Central North America*. Dissertation Thesis. University of Kansas.
- SCHWARTZ, M. D. 1994. Monitoring global change with phenology: the case of the spring green wave. *International Journal of Biometeorology*, 38: 18–22.
- SCHWARTZ, M. D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21<sup>st</sup> century. *International Journal of Biometeorology*, 42: 113–118.
- SCHWARTZ, M. D. (Ed.). 2013. *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer.
- SCHWARTZ, M. D., BEAUBIEN, E. G., CRIMMINS, T. M. and WELTZIN, J. F. 2013. North America. In: *Phenology: an integrative environmental science*. Dordrecht: Springer. ISBN 9789400769250.
- SIDDIQUE, K. H. M., LOSS, S. P., REGAN, K. L. and JETTNER, R. L. 1999. Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(3): 375–388.
- SINGER, R. S., WARD, M. P. and MALDONADO, G. 2006. Can landscape ecology untangle the complexity of antibiotic resistance? *Nature Reviews Microbiology*, 4: 943–953.
- SOBÍŠEK, B. 1993. *Meteorologický slovník výkladový terminologický*. Praha: Academia. ISBN 80-85368-45-5.
- SPARKS, T. H. and CAREY, P. D. 1995. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record 1736–1947. *Journal of Ecology*, 83(2): 321–329.
- SPEARS, J. F., TEKRONY, D. M. and EGLI, D. B. 1997. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. *Seed Science and Technology*, 25: 233–244.
- SPIEKSMAN, F. T. M. 1980. Daily hay fever forecast in the Netherlands. Radio broadcasting of the expected influence of the weather on subjective complaints of hay fever sufferers. *Allergy*, 35(7): 549–626.
- STEFFAN-DEWENTER, I., POTTS, S. G. and PACKER, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(12): 651–652.
- STEHNŮVÁ, E. a STŘEDOVÁ, H. 2016. Fenologie řepy cukrové v kontextu rizika vodní eroze. *Listy cukrovarnické a řepařské: odborný časopis pro obor cukrovka-cukr-láh*, 132(12): 380–386.

- STEVENSON, J., HABERLE, S. G., JOHNSTON, F. H. and BOWMAN, D. M. J. S. 2007. Seasonal distribution of pollen in the atmosphere of Darwin, tropical Australia: preliminary results. *Grana*, 46: 34–42.
- STŘEDOVÁ, H., SPÁČILOVÁ, B., PODHRÁZSKÁ, J. and CHUCHMA, F. 2015. A universal meteorological method to identify potential risk of wind erosion on heavy-textured soils. *Moravian Geographical Reports*, 23(2): 56–62.
- ŠIŠKA, B. a TAKÁČ, J. 2008. *Klimatická změna a polnohospodárstvo Slovenskej republiky: dosledky, adaptačné opatrenia a možné riešenia*. Bratislava: Slovenská bioklimatologická spoločnosť.
- TOLASZ, R. 2007. *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-26-1.
- TROLL, C. 1939. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1939: 241–298.
- UHLÍŘ, P. 1961. *Meteorologie a klimatologie v zemědělství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze.
- ULLMANNOVÁ, K., STŘEDA, T. and CHLOUPEK, O. 2013. Use of barley seed vigour to discriminate drought and cold tolerance in crop years with high seed vigour and low trait variation. *Plant Breeding*, 132(3): 295–298.
- VALTER, J. 1982. *Metodický předpis č. 2 – Návod pro činnost fenologických stanic. Polní plodiny*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- VALTER, J. 1982. *Metodický předpis č. 3 – Návod pro činnost fenologických stanic. Ovocné dřeviny*. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- VRÁNA, K., DOSTÁL, T., ZUNA, J. a KENDER, J. 1998. *Krajinné inženýrství*. Praha: ČKAIT.
- VRIELING, A., DE JONG, S. M., STERK, G. and RODRIGUES, S. C. 2008. Timing of erosion and satellite data: a multi-resolution approach to soil erosion risk mapping. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 10(3): 267–281.
- WALTHER, G.-R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T. J. C., FROMETIN, J.-M., HOEGH-GULDBERG, O. and BARLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.
- WANG, J. Y. 1967. *Agricultural meteorology*. San Jose: Agriculture Weather Information Service.
- WISCHMEIER, W. H. and SMITH, D. D. 1978. *Predictiong rainfall erosion losos – a guide book to conservation planning*. Washington: U.S. Department of Agriculture.
- WOLFE S. A. and NICKLING, W. G. 1993. The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography*, 17(1): 50–68.
- WOODCOCK, B. A., BULLOCK, J. M., SHORE, R. F., HEARD, M. S., PEREIRA, M. G., REDHEAD, J., RIDDING, L., DEAN, H., SLEEP, D., HENRYS, P., PEYTON, J., HULMES, S., HULMES, L., SÁROSPATIKI, M., SAURE, C., EDWARDS, M., GENERSCH, E., KNÄBE, S. and PYWELL, R. F. 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 365: 1393–1395.
- WOODRUFF, N. P. and SIDDOWAY, F. H. 1965. A wind erosion equation. *Soil Science Society of America Journal*, 29(5): 602–608.
- WU, C., HOU, X., PENG, D., GONSAMO, A. and XU, S. 2016. Land surface phenology of China's temperate ecosystems over 1999–2013: spatial-temporal patterns, interaction effects, covariation with climate and implications for produktivity. *Agricultural and Forest Meteorology*, 216: 177–187.
- ZHANG, H., LI, Y. and ZHU, J.-K. 2018. Developing naturely stress-resistant crops for a sustainable agriculture. *Nature plants*, 4(12): 989–996.

- ZHOU, Y., HARTEMINK, A. E., SHI, Z., LIANG, Z. and LU, Y. 2019. Land use and climate change effects on soil organic carbon in North and Northeast China. *Science of The Total Environment*, 647: 1230–1238.
- ZISKA, L. H., PETTIS, J. S., EDWARDS, J., HANCOCK, J. E., TOMECEK, M. B., CLARK, A., DUKES, J. S., LOLADZE, I. and POLLEY, H. W. 2016. Rising atmospheric CO<sub>2</sub> is reducing the protein concentration of a floral pollen source Essentials for Nort American bees. *Proceedings of The Royal Society B Biological Sciences*, 283(1828): 20160414.

## WEBOVÉ ZDROJE

- ČESKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST. 2016. Vzpomínka na vědce a pedagoga profesora Václava Nováka. *Česká meteorologická společnost* [online]. Dostupné z: <http://www.cmes.cz/cs/node/118> [cit. 5. 1. 2017].
- EAGRI. 2017. Greening – procentní podíl ploch v ekologickém zájmu. *eAGRI -Dotace* [online]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/prime-platby/greening-procentni-podil-ploch-v.htm> [cit. 30. 5. 2020].
- GLOBAL PHENOLOGICAL MONITORING. 2010. Global Phenological Monitoring Programme. *GPM* [online]. Dostupné z: <http://gpm.hu-berlin.de/> [cit. 5. 10. 2021].
- IPCC. 2019. *Climate change and Land*. Intergovernmental panel on climate change. Dostupné z: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf) [cit. 12. 9. 2019].
- MACH ONDŘEJ, M. 2019. Větrná eroze je nenápadná, ale vážná hrozba pro všechna naše pole, říká Jan Vopravil. *Ekolist.cz* [online]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/rozhovory/vetrna-eroze-je-nenapadna-ale-vazna-hrozba-pro-vsechna-nase-pole-rika-jan-vopravil> [cit. 14. 4. 2020].
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2017. Pařížská dohoda. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/parizska\\_dohoda](https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda) [cit. 12. 1. 2017].
- ROBERT MARSHAM'S TRICENTENARY CELEBRATIONS WEBSITE. 2018. *Robert Marsham's Tricentenary Celebrations Website* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.robertmarsham.co.uk/> [cit. 9. 2. 2018].



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AVISO.....	Agrometeorologická výpočetní a informační soustava
BB.....	Bříza bělokorá
BBCH.....	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
PK 10.....	Počátek kvetení 10 %
PK 100.....	Počátek kvetení 100 %
PK 50.....	Počátek kvetení 50 %
BT.....	Butonizace
BVO.....	Bramborářská výrobní oblast
ČHMÚ.....	Český hydrometeorologický ústav
ČR.....	Česká republika
ČSSR.....	Československá socialistická republika
DN.....	Druhé kolénko
DS.....	Druhá seč
DZES.....	Dobry zemědělský a environmentální stav půdy
KK.....	Konec kvetení
EFA.....	Plochy využívané v ekologickém zájmu
EU.....	Evropská unie
DK.....	Doba kvetení
FO.....	Fenologické odvození
FS.....	Fenologická stanice
GPM.....	Global Phenological Monitoring Programme
HS.....	Hrách setý
HVO.....	Horská výrobní oblast
IPCC.....	Mezinárodní panel pro změnu klimatu
IPGs.....	Mezinárodní fenologické zahrádky (International Phenological Gardens)
JJ.....	Ječmen jarní
KA.....	Počátek kvetení samčích květů
KK.....	Konec kvetení
KU.....	Kukuřice setá
KV.....	Konvalinka vonná
KVO.....	Kukuřičná výrobní oblast
LB.....	Lilek brambor
LO.....	Líska obecná
LS.....	Lípa srdčitá
ME.....	Metání
MFO.....	Metoda fenologického odvození
MV.....	Mléčná vosková zralost
NP.....	Naduření pochvy posledního listu
OBV.....	Období bez vegetace
OD.....	Odnožování
ON.....	Odumírání nati
PD.....	Počátek dekortikace
PK.....	Počátek kvetení
PL 10.....	Počátek olistění



PL .....	První listy
PN .....	První kolénko
PO .....	Pšenice ozimá
PP .....	Počátek prodlužování listových pochev
PPL .....	První pár pravých listů
PPS .....	Počátek prodlužování stonku
PR .....	Plný rozkvět
PRK .....	První květy
PS .....	První seč
ŘC .....	Řepa cukrová
RK .....	Rašení květních pupenů
RL .....	Rašení pupenů
ŘO .....	Řepka ozimá
RP .....	Počátek růstu pazochů
RUSLE .....	Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy
ŘVO .....	Řepařská výrobní oblast
RZ .....	Řádkové zapojení porostu
SAPS .....	Jednotná platba na plochu
SHMÚ .....	Slovenský hydrometeorologický ústav
SK .....	Sklizeň
SP .....	Sněženka podsněžník
SR .....	Sázení
ST .....	Setí
TP .....	Třešeň ptačí
TS .....	Třetí seč
USA-NPN .....	USA National Phenology Network
USLE .....	Univerzální rovnice ztráty půdy
UZ .....	Úplné zapojení porostu
VJ .....	Vrba jíva
VO 10 .....	Hlavní vegetační období (období s průměrnou teplotou 10 °C a vyšší)
VO 15 .....	Vegetační léto (období s průměrnou denní teplotou 15 °C a vyšší)
VO 5 .....	Velké vegetační období (vymezeno daty nástupu a ukončení průměrných denních teplot 5 °C a vyšší)
VO .....	Vegetační období
VR .....	Všeobecný rozkvět
VZ .....	Vzcházení
WAO .....	Světová alergologická organizace (World Allergy Organization)
WMO .....	Světová meteorologická organizace (World Meteorological Organization)
WSaPATL .....	Metoda Wischmeiera a Smitha a průměrné agrotechnické lhůty
ZK .....	Zelená (konzervářenská) zralost
ZM .....	Mléčná zralost
ZP .....	Plná zralost
ZS .....	Sklizňová zralost
ZZ .....	Žlutá zralost



Název: Aplikace fenologických pozorování v aplikované a krajinné ekologii  
Autoři: Eva Stehnová, Hana Středová, Tomáš Středa  
Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno  
Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno  
Vydání: první, 2021  
Počet stran: 124  
Náklad: 100

ISBN 978-80-7509-823-8 (tisk)  
ISBN 978-80-7509-822-1 (online ; pdf)  
DOI: <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-822-1>

