

## VÝSLEDKY FENOLOGICKÉ STUDIE U MLADÉHO SMRKU ZTEPILÉHO (*Picea abies* /L./ KARST.)

E. Bednářová, L. Merklová, S. Truparová

**Došlo: 13. července 2010**

### Abstract

BEDNÁŘOVÁ, E., MERKLOVÁ, L., TRUPAROVÁ, S.: *Results of a phenological study at a young Norway spruce (Picea abies /L./ Karst).* Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 5, pp. 35–42

The paper deals with results of phenological studies of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) in a mixed stand. This broad range was important in spring phenological stages. High correlations were determined between the mean air temperature, soil temperature and the start of phenological stages. Relationships between the onset of phenological stages and changes in meteorological parameters were expressed by the sum of effective air temperatures exceeding 0 and 5 °C. To evaluate the relationships by means of the sum of effective temperatures >5 °C, the stage of budbreak was most important.

The onset of budbreak in Norway spruce occurred on average in the 125<sup>th</sup> day in the period 2005 to 2008. First, the stage of budbreak in spruce began the 121<sup>st</sup> day and at the latest the 128<sup>th</sup> day in 2005. The most often budbreak was in 2007. The onset of foliage in spruce began between the 128<sup>th</sup> day and the 136<sup>th</sup> day. Full 100% foliage occurred in 2007, viz. the 159<sup>th</sup> day, i.e. 12 day earlier than in the previous year. In 2005, full foliage occurred the 171<sup>st</sup> day. The air and soil temperatures affected spring phenological stages during the early spring, which was demonstrated by high correlation coefficients.

phenology, effective temperature, vegetative period, Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.)

Sledování fenologických fází a jejich vyhodnocení může sloužit jako bioindikátor klimatických změn. Předpokladem úspěšnosti využití fenologie v problematice hodnocení klimatických změn jsou dlouhodobé časové řady, možnost porovnání různých lokalit na Zemi a znalost teplotních hranic v průběhu času (KOCH *et al.*, 2005). U dřevin, které ke svému růstu vyžadují zimní období vegetačního klidu, je udáváno, že fenologie rašení je ve velké míře závislá na vzestupu teplot v jarním období. Doba nástupu jarních fenologických fází závisí především na překročení určitých teplotních hranic (SORENSEN, CAMPBELL; 1987). Počátek a průběh jarních fenofází je dominantně určený charakterem ukončení zimy a nástupem jarního oteplení. Rašení, otevírání pupenů a kvetení je možné tehdy, když teplota půdy a vzduchu překročí kritický bod, charakteristický pro každou fázi životního cyklu (BEDNÁŘOVÁ, KUČERA; 2002). Nejlépe jsou teplotní nároky rostlinných druhů pro nástup jednotlivých fenologických fází vyjádřeny kumulativní sumou efektivních teplot (HAVLÍČEK, 1986).

Očekávané klimatické změny a s nimi související negativní faktory mohou zasáhnout do průběhu a nástupu základních životních procesů lesních ekosystémů. Vlivem oteplování může dojít i ke změnám ve vývoji lesních dřevin a bylin. Rostliny lze proto považovat za bioklimatický indikátor a fenologická pozorování mohou sloužit pro posuzování možných změn klimatu (DEFILA, 1996; LUKNAROVÁ, 2002; KOCH *et al.*, 2005; ŠKVARENINOVÁ, 2006, 2009a, 2009b). Fenologii lesních dřevin lze využít při hodnocení vlivu aktuálních podmínek prostředí na vývoj rostlinných společenstev a přispět tak k diskutované otázce předpokládaných změn klimatu a jejich dopadů na druhovou skladbu a zdravotní stav lesních ekosystémů. V posledních letech dochází k častějším výkyvům jak teplotních, tak srážkových. Proměnlivost počasí a dlouhodobá změna klimatu se odráží v dřívějším nástupu a počátku vegetační sezony v posledních letech. Pozorovaný trend se shoduje se změnami teploty vzduchu a je považován za důsledek globálního oteplování (MOŽNÝ, NEKOVÁŘ; 2007).

## MATERIÁL A METODY

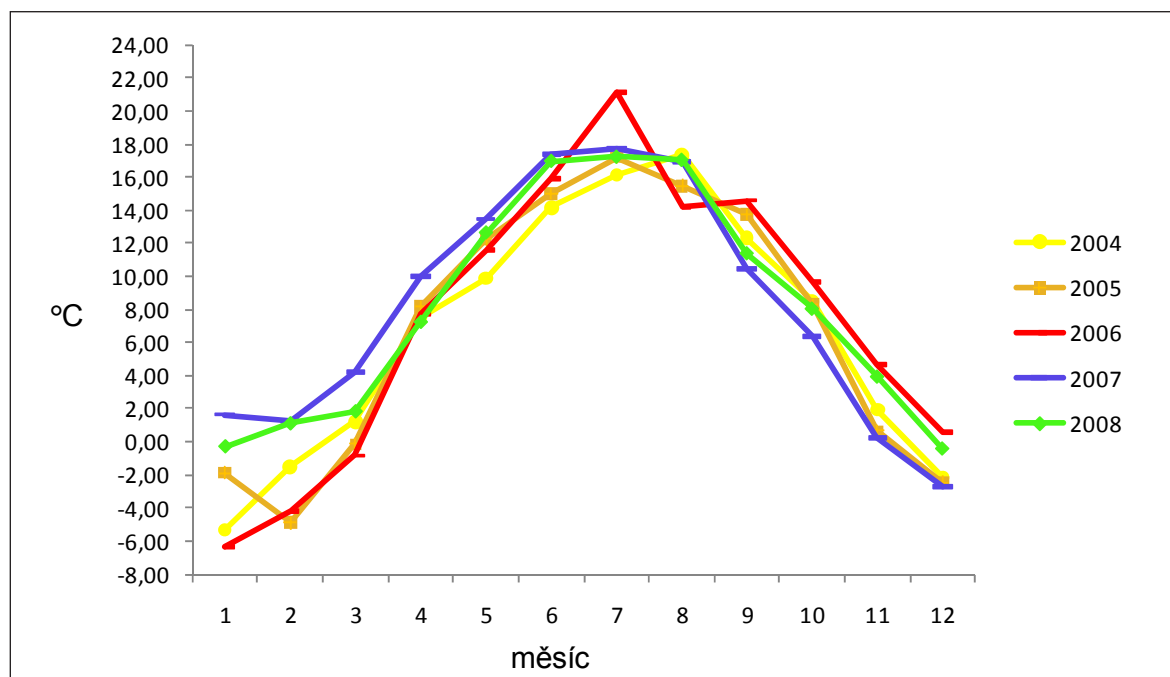
Fenologická pozorování u lesních dřevin jsou na výzkumné ploše ÚEL MENDELU (Rájec – Němčice) prováděna již od roku 1991. Lokalita výzkumné plochy je situována na severovýchodním až východním svahu rozvodného hřebtu v nadmořské výšce 625 m. Plocha je určena souřadnicemi 16° 41' 30" východní délky a 49° 26' 31" severní šířky v geografickém celku Dražanské vrchoviny. Klimaticky je oblast řazena jako mírně teplá a mírně vlhká s dlouhodobým průměrem roční teploty 6,6 °C a 683 mm ročních srážek (KOLEKTIV AUTORŮ, 1992). Srážkově a teplotně charakterizují aktuální situaci lokality Obr. 1 a Tab. I.

Druhovú skladbu dřevin 27letého smíšeného porostu: smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.) zastoupen z 60%, buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) z 30%, modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) z 10%. Pro fenologická pozorování byla použita upravená metodika ČHMÚ (1987). Fenologická sledování jsou prováděna u deseti vybraných úrovnových jedinců smrku ztepilého. Během jarního období (duben až červen) bylo fenologické pozorování prováděno tři-

krát týdně, v letním a podzimním období jedenkrát týdně. K datu jednotlivých fenofází bylo přiřazeno pořadové číslo dne od počátku kalendářního roku.

V předkládané práci jsou hodnoceny jarní vegetativní fenologické fáze u smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.): fáze – rašení z 10%, začátek olistování z 10%, začátek olistování z 50%, začátek olistování ze 100%, zcela rozvinutá listová plocha (plné olistění 100%). Nástup jednotlivých fenologických fází byl stanoven ke dni, kdy alespoň 50% sledovaného druhu dosáhlo dané fáze. Ke každé fenologické fázi byly spočítány sumy průměrných denních teplot vzduchu, s prahovou hodnotou 0 °C a 5 °C (TS 0 °C a TS 5 °C).

Ve zkoumaném porostu byla instalována čidla na měření teploty vzduchu (Datalogger Minikin T) a to na spodní hranici koruny ve výšce 4 m. Teplota půdy byla sledována pomocí čidla Microlog Sp umístěného v hloubce 20 cm. Na volné ploše je sledováno množství srážek (Climatronic a datalogger Microlog ER), teplota vzduchu a radiace (Datalogger Minikin RT). Podrobněji byla metodika a instalace měření popsána (KUČERA, 2003, 2005).



1: Průměrné měsíční teploty vzduchu za období 2004–2008

1: Mean monthly air temperatures in the period 2004–2008

I: Úhrn srážek za období 2004–2008

I: Total precipitation in the period 2004–2008

Rok/ Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
2004	83,0	68,3	70,7	48,0	63,6	118,1	78,7	69,6	63,4	58,9	93,1	29,1	844,5
2005	34,5	64,0	53,1	38,8	97,0	38,7	113,7	117,4	126,3	2,0	37,4	75,7	798,6
2006	35,0	51,0	71,0	79,0	64,3	71,4	17,5	200,7	4,3	21,1	30,5	10,7	656,5
2007	43,9	37,8	65,8	1,0	48,5	65,5	115,3	34,5	116,6	38,4	37,1	17,3	621,8
2008	23,9	8,9	46,7	57,2	37,3	51,3	163,9	62,0	61,0	25,1	24,6	24,4	586,4

Při hodnocení fenologických dat za charakterizované období byla počítána závislost mezi vybranými fenofázemi a teplotou vzduchu v období před nástupem fenofáze. Rovněž byla hodnocena závislost nástupu fenologických fází na teplotě půdy.

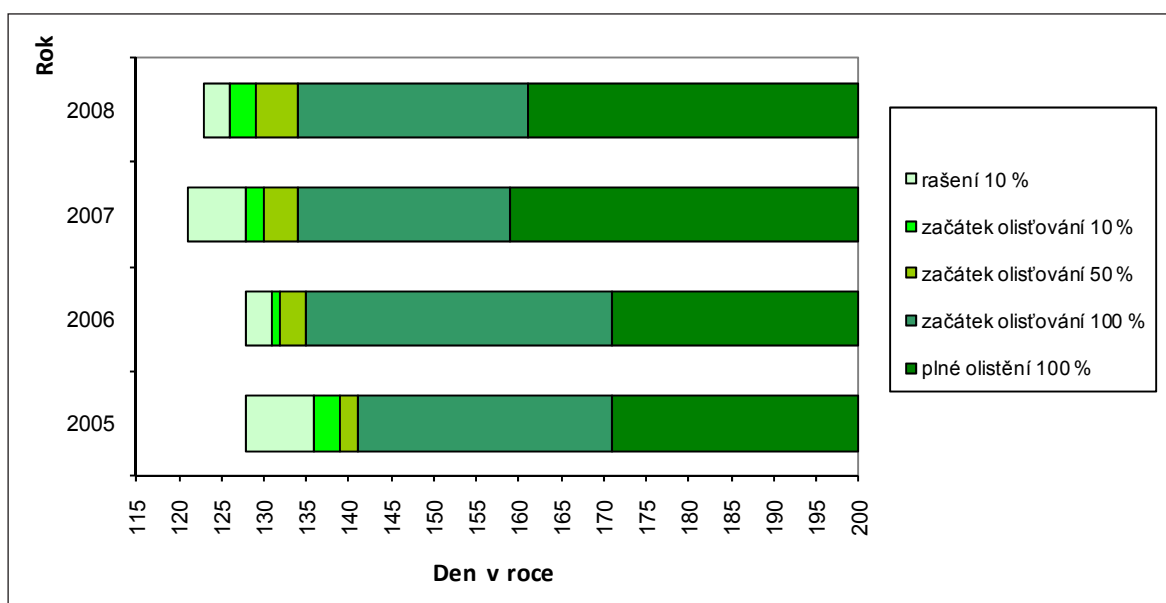
## VÝSLEDKY A DISKUSE

Odezva smrku ztepilého na teplotu vzduchu byla vyhodnocena na základě kumulativních sum efektivních teplot nad 5 °C v porovnání se sumami teplot nad 0 °C. Pro rašení dřevin mírného pásma je důležitá denní teplota nad 5 °C (LARCHER, 2003).

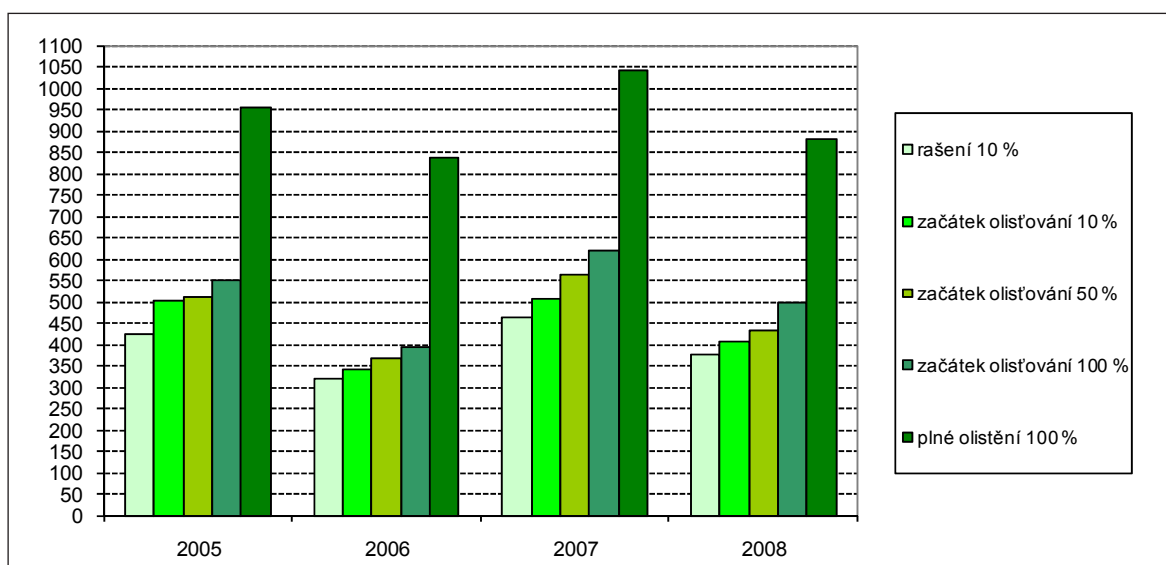
Výsledky časového průběhu fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu za období 2005 až 2008 jsou patrné z Obr. 2.

### Reakce fenologických fází u smrku ztepilého na variabilitu počasí (Obr. 2, 3, a 4)

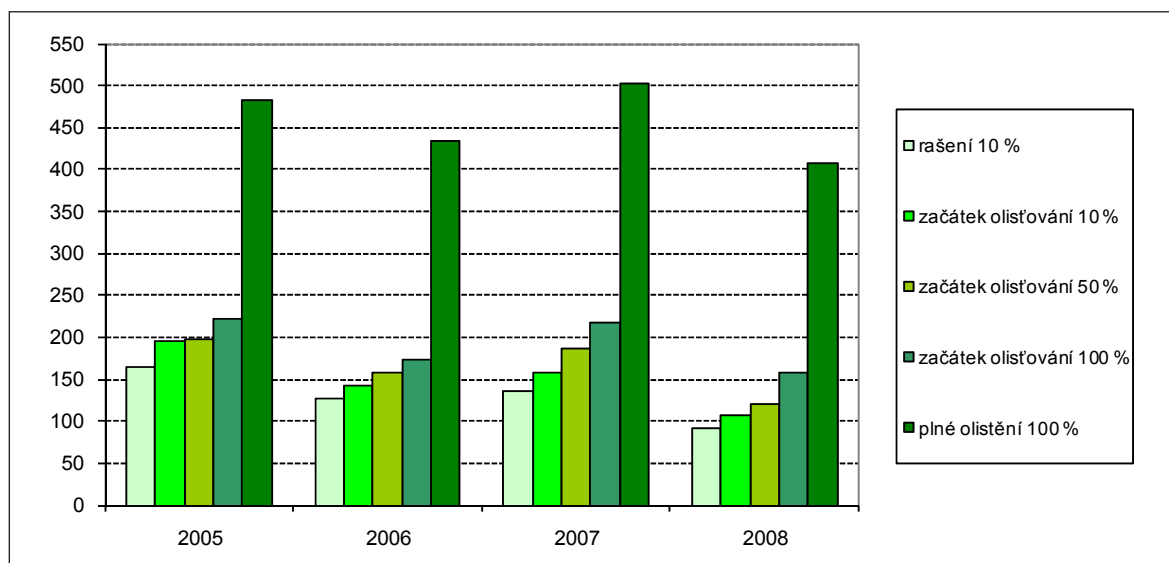
Počátek rašení u smrku ztepilého nastal v průměru (za období 2005 až 2008) ve 125. dni při sumě teplot nad 5 °C ( $TS_5 = 157^\circ\text{C}$ ) a při sumě teplot nad 0 °C ( $TS_0 = 416^\circ\text{C}$ ). Nejdříve nastala fáze rašení u smrku 121. den, při sumě teplot 5 °C  $172,7^\circ\text{C}$  a při sumě nad 0 °C  $525^\circ\text{C}$  (rok 2007), nejpozději byla tato fáze 128. den v roce 2005 při sumě teplot 5 °C  $179,6^\circ\text{C}$  a při sumě nad 0 °C  $442^\circ\text{C}$ . Smrk se začal olistovat mezi 128. dnem až 136. dnem (rok



2: Průběh fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu v letech 2005–2008  
2: The course of phenological stages at Norway spruce in a mixed stand in 2005–2008



3: Sumy teplot nad 0 °C pro fenologické fáze u smrku ztepilého za období 2005–2008  
3: Sums of air temperatures over 0 °C for phenological stages at Norway spruce in 2005–2008



4: Sumy teplot nad 5 °C pro fenologické fáze u smrku ztepilého za období 2005–2008

4: Sums of air temperatures over 5 °C for phenological stages at Norway spruce in 2005–2008

2005 – TS5 = 199,7 °C; TS0 = 501 °C, rok 2007 – TS5 = 205,4 °C, TS0 = 593 °C.) Plné olistění ze 100% nastalo v průměru 165. den od počátku roku. V roce 2007 nastala tato fáze 159. den, což je o 12 dní dříve než v předchozím roce, při sumě efektivních teplot TS5 = 493,7 °C a sumě teplot nad 0 °C 1036 °C, v roce 2005 nastalo plné olistění až 171. den při sumě teplot TS5 = 511,6 °C a při TS0 °C 987 °C. Nejčasnější rašení smrku ztepilého na této lokalitě bylo zaznamenáno za osmnáctileté období sledování v roce 2007.

Ze získaných výsledků je patrné, že nástup a průběh jednotlivých fenologických fází smrku byl velmi variabilní a podléhal vlivu teplotních změn. V roce 2006 byly naměřeny do dubna nízké teploty s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, proto se nástup fáze rašení a počátek olistování u smrku ztepilého opozdil oproti roku 2004. Nástup fáze rašení byla zaznamenána 128. den a počátek olistování 131. den.

Nejvýrazněji se projevil vliv teploty vzduchu na nástup a trvání fáze rašení a počátek olistování smrku. Rychlým nárůstem vysokých teplot v měsíci květnu 2006 se délka trvání počátku olistování značně zkrátila a činila pouhé čtyři dny. Plné olistění nastalo v tomto roce stejně jako v roce předchozím. Extrémním rokem z hlediska časného nástupu jarních vegetativních fenofází u smrku ztepilého byl rok 2007. V tomto roce byl zaznamenán výrazný posun v nástupu jednotlivých fází oproti předchozím letům. Fáze rašení začala již 121. den a fáze počátek olistování 128. den.

#### Závislost nástupu fenologických fází na sumě efektivních teplot (Tab. II, Obr. 5)

Nejvýznamnější závislost nástupu fenofází na teplotě vzduchu byla zjištěna u fáze rašení z 10% a plné olistění ze 100%. Rozdíly v nástupu fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu v letech 2005 až 2008 jsou patrné z Obr. 2 a 5.

Fenologické fáze kopírují průběh počasí v jednotlivých letech. Nejvýrazněji se vliv teploty vzduchu na nástup fenofází projevil v roce 2007, kdy vysoké teploty v zimním a časně jarním období nastartovaly vývoj rostlin velmi brzy.

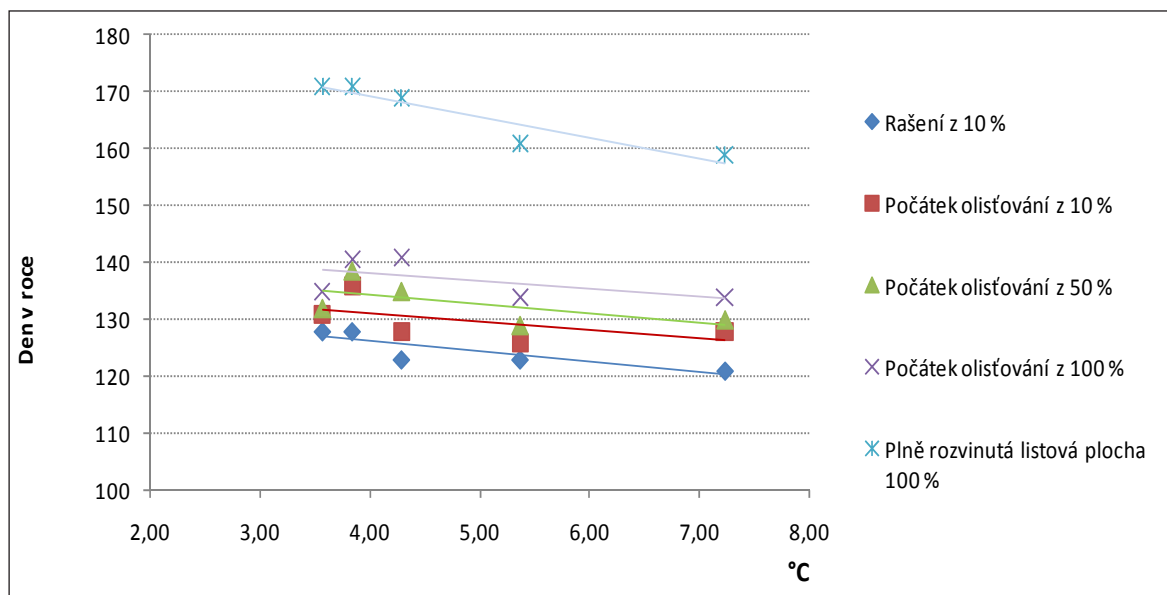
Vysokou závislost mezi nástupem fenologických fází a teplotou vzduchu v období před nástupem sledovaných fází potvrzují vypočítané záporné korelační koeficienty. Zjištěné závislosti korespondují s výsledky dalších autorů. Nejtěsnější korelaci nástupu jarní fenofáze rašení smrku s teplotou vzduchu v měsících únor až květen uvádí LUKNÁŘOVÁ (2001), BRASLAVSKÁ a KAMENSKÝ (1999).

V průběhu dlouhodobého sledování fenologických fází u mladého smrku ztepilého byl hledán i vztah mezi teplotou půdy a počátkem rašení. V období 1991 až 2000 byla zjištěna poměrně vysoká závislost rašení z 10% u smrku ztepilého na teplotě půdy  $R^2 = 0,687$  (BEDNÁŘOVÁ, KUČERA; 2002). Ve sledovaném období 2005–2008 byl hodnocen vztah mezi počátkem olistování smrku ztepilého a sumou efektivních teplot půdy (vyšších než 1 °C). Získaný výsledek rovněž potvrdil významnou závislost  $R^2 = 0,651$  ( $y = -400,0688 + 4,2566 \cdot x$ ). Z výsledků vyplývá, že i teplota půdy významně ovlivňuje počátek rašení a olistování. Ke shodnému závěru dospěli i autoři LAVANDER *et al.* (1973), TIMMIS a WORRAL (1974), kteří ve svých publikacích uvádějí, že teplota půdy hraje značnou roli ve fenologii rašení pupenů. Z výsledků je patrné, že v posledních letech dochází k nárůstu efektivních teplot vzduchu. Ve sledované oblasti dochází k dřívějšímu nástupu jarních fenologických fází a ke zvyšování efektivních teplot v podzimním období. Tento jev může mít za následek prodlužování vegetačního období a narušování fyziologických funkcí lesních dřevin. BAGÁR a NEKOVÁŘ (2007) rovněž zjistili trend dřívějšího nástupu efektivních teplot pro počátek vegetace a tím prodlužování vegetačního ob-

II: Korelace mezi nástupem fenofází u smrku ztepilého a průměrnou teplotou vzduchu v letech 2004–2008

II: Correlation between the onset of phenological stages at Norway spruce and mean air temperature 2004–2008

	Koeficient korelace	Hodnota spolehlivosti R2
<b>Rašení z 10 %</b>	–0,85	0,72
<b>Počátek olisťování z 10 %</b>	–0,56	0,31
<b>Počátek olisťování z 50 %</b>	–0,63	0,42
<b>Počátek olisťování z 100 %</b>	–0,56	0,31
<b>Plně rozvinutá listová plocha 100 %</b>	–0,94	0,88



5: Závislost mezi nástupem fenologických fází a průměrnou měsíční teplotou vzduchu za období před nástupem fáze (únor–květen)

5: Correlation between the onset of phenological stages at Norway spruce and mean air temperature before onset of phenological stages (february–may)

dobí z dlouhodobého hlediska za období 1961 až 2005 v lesních porostech.

Růstové a vývojové procesy jsou podmíněny geneticky, ale značnou roli má i teplota vzduchu a půdy spolu s vlastnostmi stanoviště. Termíny nástupu a průběhu jednotlivých fenologických fází se lišily u smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.) v závislosti na teplotních podmínkách jednotlivých let. Zvýšené teploty vzduchu a půdy během časného jara ovlivňovaly vegetativní fenologické fáze. Před-

cházející dlouhodobá sledování prokázala, že v této oblasti je vláhový režim v jarních měsících dostačující a pro začátek vegetace a nástup jednotlivých fenologických fází je rozhodující suma teplot, aktivující jejich nástup. Sledování fenologie i fotosyntetických procesů dřevin v této oblasti dlouhodobě ukazuje, že fyziologické pochody ve stromech probíhají až při teplotě nad 5 °C. Proto je vhodnější uvažovat v této oblasti se sumou kumulativních teplot vzduchu TS5 °C.

## SOUHRN

Termíny nástupu a průběhu jednotlivých fenologických fází se lišily v závislosti na teplotních podmínkách jednotlivých let. Jarní vegetativní fenologické fáze u smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ Karst.) byly ovlivněny teplotou vzduchu a půdy během časného jara, což potvrzují vysoké korelační závislosti. Nejvýrazněji se vliv teploty projevil u fenologické fáze počátek rašení a fáze plné olisťování. Předcházející dlouhodobé studie prokázaly, že v této oblasti je v jarních měsících vláhový režim dostačující a pro počátek vegetace a nástup jednotlivých fenologických fází je rozhodující suma teplot, která aktivuje jejich nástup. Dle našich pozorování bylo zjištěno, že v této lokalitě fyziologické pochody ve stromech probíhají až při teplotě nad 5 °C. Proto vhodné uvažovat se sumou kumulativních teplot vzduchu TS5 °C. Zvyšování efektivních teplot, zvláště pak v podzimním období, má za následek prodlužování vegetačního období a tím zkracování odpočinkového období, které má u lesních dře-



vin nezastupitelnou roli. Z lesnického hlediska je velmi důležitá délka doby, po kterou mohou dřeviny vytvářet nové asimiláty, avšak neustálé prodlužování vegetační doby by mohlo způsobit snížení vitality dřevin. Tento jev se může projevit negativně na zdravotním stavu stromů, poruchami fyziologických procesů a následně i jejich chřadnutím, zvláště pak u druhů, které se nacházejí na nepůvodním stanovišti. Fenologická sledování lesních porostů mohou sloužit jako bioindikátor klimatických změn.

fenologie, efektivní teploty, vegetační období, smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.)

## SUMMARY

The paper describes the onset and duration of spring vegetative phenological stages at Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) depending on effective temperatures at the threshold value of 0 and 5 °C. Dates of the onset and duration of particular phenological stages differentiated at the studied species depending on temperature conditions of particular years. The air and soil temperatures affected spring phenological stages during the early spring, which was demonstrated by high correlation coefficients. Monitoring the phenology and growth processes in this area demonstrate that physiological processes at spruce take place only at temperatures exceeding 5 °C. Thus, in this area, it is more suitable to take into account the sum of cumulative air temperatures TS5 °C. Results obtained show that due to increased temperatures the earlier onset of phenological stages and shortening the duration of particular stages happen. In Norway spruce, effects of temperature became evident most markedly at the onset of the stage of leaf unfolding and full foliage. Increasing the temperatures causes extending the growing season and thus shortening the period of dormancy, which has an unsubstitutable role at forest trees. This phenomenon can induce disturbances in physiological processes of trees and subsequently their decline, particularly at species occurring at allochthonous sites.

## Poděkování

Studie byla provedena s podporou projektů VZ MSM 6215648902 a Czech Terra MZP SP/2d1/93/07.

## LITERATURA

- BAGÁŘ, R., NEKOVÁŘ, J., 2007: Porovnání růstových podmínek v I.–IV. lesním vegetačním stupni. In: *International Scientific Conference Bioclimatology and natural hazards proceedings*. Zvolen (Slovakia) Slovenská bioklimatologická společnost a TU ve Zvolenu. Sborník referátů. s. 1–7.
- BEDNÁŘOVÁ, E., KUČERA, J., 2002: Phenological observations of two spruce stands (*Picea abies* /L./ Karst.) of different age in the years 1991–2000. *Ekologia* (Bratislava), Vol. 21, Supplement 1/2002, pp. 98–106.
- BRASLAVSKÁ, O., KAMENSKÝ, L., 1999: Fenologické charakteristiky ihličnatých dřevin na Slovensku v období 1986–1995. *Meteorologický časopis*, 2, 3, s. 41–47.
- DEFILA, C., 1996: 45-years phytophenological observations in Switzerland, *Proceedings of the 14th International Congress of Biometeorology*, 1–8 September 1996, Ljubljana, Slovenia. *Biometeorology* 14: 175–183.
- HAVLÍČEK, V. et al. 1986: *Agrometeorologie*. SZN Praha, 260 s.
- KOCH, E., BRUNS, E., CHMIELEWSKI, F. M., DEFILA, C., LIPA, W., MENZEL, A., 2005: *Guidelines for plant phenological observations*. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Austria, Deutscher Wetterdienst, Germany, HU Berlin, Germany, Meteo Swiss, Switzerland, TU München, Germany, 39 p.
- KOLEKTIV AUTORŮ, 1992: Ekologické důsledky obnovy smrkových porostů holosečným způsobem. *Kontrolovatelná etapa výzkumného úkolu ÚEL MZLU v Brně*, 120 s.
- KUČERA, J., 2003: Minikin – Datalogger with embedded sensors – smart sensors, *User's Manual*, Brno, www.emsbrno.cz, 8 p.
- KUČERA, J., 2005: MicroLog SP – One-channel datalogger for soil water potential measurement. *User's manual*, Brno, www.emsbrno.cz, 9 p.
- LARCHER, W., 2003: *Physiological Plant Ecology*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 513 p.
- LAWANDER, D. P., SWEEN, G. B., ZABR, J. 1973: Spring shoot growth in Douglas-fir may be initiated by giggerelins exported from the roots. *Science*, 182, pp. 838–839.
- LUKNÁROVÁ, V., 2001: Dependence of the onset of spring phenological phases of Norway spruce on climatic elements. *Meteorologický časopis*, 4, 2, pp. 29–37.
- LUKNÁROVÁ, V., 2002: Závislost nástupu prvních májových výhonků smřeka obyčejného od vybraných meteorologických prvků. *Meteorological Journal*, SHMU, Bratislava, 5/4: 31–38.
- MOŽNÝ, M., NEKOVÁŘ, J.: Dlouhodobé kolísání počátku vegetační sezony v Polabí v letech 1876–2005. *Meteorologické zprávy*, 60/4: 23–26.
- SORENSEN, F. C., CAMPBELL, R. K., 1978: Comparative roles of soil and air temperatures in the timing of spring bud flush in seedling Douglas-fir, *Canadian Journal of Botany*, 56, pp. 2307–2308.

- ŠKVARENINOVÁ, J., 2006: Výsledky fenologických pozorování liesky obyčejnej (*Corylus avellana* L.) a duba letného (*Quercus robur* L.) v Zvolenskej pahorkatine. In: Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. *Mezinárodní konference, Sborník referátů*.
- ŠKVARENINOVÁ, J., 2009a: Priebeh vegetatívnych fenologických fáz autochtónnych populácií smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) zo Slovenska. *Forestry Journal*, 55 (1): 13–27.
- ŠKVARENINOVÁ, J., 2009b: Nástup vegetatívnych fenologických fáz populácií smreka obyčajného (*Picea abies* /L./ Karst.) zo Slovenska vo vzťahu k teplotným sumám. *Meteorological Journal*, 12/(2–3):109–113.
- ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMAN, T., VYSKOT, I. (EDS): ČHMÚ Brno 23. 3. 2006, Fenologická odezva proměnlivosti podnebí, s. 1–11, ISBN 80-86-690-35-0.

## Adresa

doc. Ing. Emilie Bednářová, CSc., Ing. Sabina Truparová, Ústav ekologie lesa, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: bednarov@mendelu.cz, xtruparo@node.mendelu.cz, Ing. Lucie Merklová, Ph.D., Krajský úřad Středočeského kraje, odbor životního prostředí, Zborovská 11, Praha 5, Česká republika, e-mail: merklova@email.cz

