

PRIEBEH JARNÝCH VEGETAČNÝCH FENOLOGICKÝCH FÁZ HRABA OBYČAJNÉHO (*CARPINUS BETULUS* L.) A LIESKY OBYČAJNEJ (*CORYLUS AVELLANA* L.) VO VZŤAHU K TEPLOTÁM VZDUCHU A VODNEJ BILANCI

TIME COURSE OF SPRING VEGETATIVE PHENOLOGICAL PHASES OF EUROPEAN HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.) AND EUROPEAN HAZEL (*CORYLUS AVELLANA* L.) IN RELATION TO TEMPERATURE AND WATER BALANCE

Pálešová I.¹, Škvareninová J.², Škvarenina J.¹

¹ Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta

² Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky

Abstrakt

Na lokalite Arborétum Borová hora v Zvolenskej kotline a lokalitách Bukovina a Boky v južnej časti Kremnických vrchov boli v rokoch 2009 a 2010 pozorované jarné vegetatívne fenologické fázy pučanie listových púčikov, rozpuč listových púčikov a zalistenie na drevinách *Corylus avellana* L. a *Carpinus betulus* L., rastúcich v pôvodných lesných ekosystémoch. Zistili sme, že teplota vzduchu výrazne ovplyvňuje nástup a priebeh jarných fenologických fáz, avšak vplyv deficitu vody, zápornej vodnej bilancie, nebol zistený z dôvodu jeho absencie počas jarných mesiacov, kedy je pôda dostatočne zásobená vlhkosťou najmä z roztápaného snehu. V roku 2010 jarné fenofázy liesky nastupujú na všetkých lokalitách o 4–8 dní skôr ako v roku 2009 vplyvom vyšších priemerných mesačných teplôt vzduchu v marci 2010. U hraba sú rozdiely v nástupe všetkých fenofáz v porovnávaných rokoch nevýznamné. Vplyvom prudkého nárastu priemernej mesačnej teploty vzduchu v apríli 2009 došlo pri oboch drevinách ku skráteniu fenologickej fázy rozpuč listových púčikov o 3–12 dní oproti roku 2010. Mikroklimatické a expozičné podmienky stanovišť aj pri rovnakej nadmorskej výške spôsobili rozdielny začiatok nástupu fenofáz.

Kľúčové slová: stredné Slovensko, mikroklima lesných porastov, fenológia, vodná bilancia

Abstract

Between years 2009 and 2010 we monitored spring vegetative phenological phases on three plots which are located in the south part of Kremnické vrchy mountains and in Zvolenská kotlina basin (Arborétum, Bukovina, Boky). We have monitored leaf budding, leaf unfolding and production of leaves on *Corylus avellana* L. and *Carpinus betulus* L. Followed phases were evaluated with regard to air temperature and water balance. From the observation results, we found out that temperature significantly affects the onset and course of spring phenological phases on the one hand, but water balance doesn't on the other hand. Negative water balance has not been established because of its absence during the spring months when the soil is adequately supplied with the moisture from melting snow. In 2010, onset of spring phenological phases of hazel was shifted 4–8 days earlier than in 2009 due to higher average monthly air temperatures in March 2010. Phases of hornbeam show insignificant differences in compared years. Due to the sharp increase in average monthly air temperature in April 2009, both trees had had shorter duration of leaf unfolding of 3–12 days in average compared to 2010. Microclimatic conditions are significantly expressed in different onset of phenological phases at 2 locations with the same altitude.

Key words: Central Slovakia, forest microclimate, phenology, water balance

Úvod

Fenológia je odbor zvláštnej povahy, ako svojim zameraním, postavením, tak aj metodikou a svojim uplatnením, ktoré široko prekročilo jeho pôvodný cieľ. Hlavne počas poslednej dekády sa pohľad vedeckej komunity na ňu dramaticky zmenil. Neškodná zábava prírodovedcov, akou bola fenológia nazývaná, sa zmenila na vysoko hodnotnú vedu najmä v oblasti výskumu klimatickej zmeny. Prispieva k jej vysvetleniu niekoľkými spôsobmi (Schwartz, 1999). Po prvé, načasovanie „prírodných udalostí“ je extrémne citlivé na medziročné zmeny meteorologických podmienok. A po druhé, vhodné fenologické modely môžu čiastočne rozšíriť informácie o biologických reakciách na rôznych miestach, kde tradičné údaje chýbajú.

Rast rastlín a s ním spojené načasovanie fenologických fáz vyžaduje dostatok primeranej teploty, svetla, vody, kyslíka, minerálnych živín (Menzel, 2002). Tieto zjavne jednoduché nároky sú ovplyvňované veľkým množstvom environmentálnych faktorov a fyziologických procesov ako sú meteorologické faktory (teplota, zrážky, slnečné žiarenie, vlhkosť, vietor), pôdne faktory (topografia, sklon, expozícia, vlastnosti pôdy), biotické faktory (škodcovia, choroby) a vnútorná periodicita rastlín, resp. jej genetické predispozície.

Narastajúci počet štúdií prináša správy o tom, že rastlinstvo a živočíšstvo začína intenzívne reagovať najmä na vzrastajúcu teplotu (Scheifinger *et al.*, 2007), pričom najzreteľnejšie zmeny sú viditeľné na jar. Najmä v tomto období nereagujú fenofázy na vplyv globálnej priemernej teploty, ale skôr na regionálne zmeny v zimných a jarných obdobiach, s vysokou hodnotou teplôt počas týždňov bezprostredne pred spustením fenologických fáz (Badeck *et al.*, 2004).

Voda vo forme zrážok je nevyhnutná pre rast rastlín, teda aj pre nástup jednotlivých fenologických fáz. Vo vodou limitovaných systémoch, kde rastliny vstupujú do dormantnej fázy, alebo zomierajú, keď je voda v pôde vyčerpaná, možno zmenou v rozložení zrážok očakávať aj zmenu ročného cyklu činnosti rastlín.

Klimatická vodná bilancia je podstatne vhodnejší ukazovateľ ako úhrn zrážok. Napr. zrážkový úhrn 60 mm v novembri, kedy sa potenciálne môže vypariť 20 mm vody predstavuje nadbytok vlhky. Avšak to isté množstvo zrážok v júli, kedy sa potenciálne vyparí 120 mm vody, vedie k vzniku sucha (Škvarenina *et al.*, 2004). Získame tak názorný prehľad o výskyte suchých a vlhkých období počas roka.

Kým budú živé organizmy na našej planéte, môžeme očakávať sezónnosti v živote. Čím lepšie chápeme tieto cykly, tým lepšie budeme chápať svet okolo nás, a to nám pomôže prispôbiť sa zmene klímy a lepšie spravovať prírodné zdroje.

Materiál a metodika

V období rokov 2009–2010 sa vykonávali fenologické pozorovania liesky obyčajnej – *Corylus avellana* L. a hraba obyčajného *Carpinus betulus* L. na troch lokalitách v Zvolenskej kotline (ZK) a južnej časti Kremnických vrchov (KV) s rozdielnou nadmorskou výškou a expozíciou. Podrobnejšia klimatická charakteristika lokalít podľa údajov Štrelcovej a Škvareninu (2007) je uvedená v tabuľke 1.

Tab. 1: Vybrané klimatické charakteristiky a charakteristiky polohy fenologických staníc

Stanica	Orogr. celok	Charakteristiky			
		nadm. výška (m. n. m)	expozícia	Ø ročná teplota vzduchu (°C)	Ø ročný úhrn zrážok (mm)
Arborétum	ZK	300	rovina	8,2	757
Bukovina	KV	510	SV	7,3	720
Boky	KV	530	J	7,5	720

Fenologické pozorovania sme zaznamenávali podľa metodického postupu (Kolektív 1984) vypracovaného Slovenským hydrometeorologickým ústavom v Bratislave. Tento sa v súčasnosti používa pre sledovanie lesných drevín na území Slovenska. Pri každej fenologickej fáze sme zaznamenali jej začiatok, ktorý dosiahlo aspoň 10% stromov a 100% výskyt, ktorý bol potrebný na zistenie dĺžky jej trvania. Pozorovali sme jarné vegetatívne fenologické fázy:

- *pučanie listových púčikov (PLP)* – púčiky zväčšili objem a na okrajoch púčikových šupín sa objavilo bledozelené sfarbenie,
- *rozpuč listových púčikov (RLP)* – v strede púčika sa objavili zelené konce listov, obalové šupiny ostali v spodnej časti púčika,
- *zalistenie (ZAL)* – úplne rozvitý list má normálny tvar čepele, ale nemá normálnu veľkosť a sfarbenie.

Okrem fenologických pozorovaní sa na uvedených lokalitách priebežne zaznamenávajú meteorologické údaje pomocou digitálnych meteorologických staníc výrobcu EMS Brno (www.emsbrno.cz). Údaje zo staníc sa v pravidelných časových intervaloch nahrávajú do prenosného počítača a následne spracúvajú pomocou softwaru dodávaného výrobcom. Z viacerých meraných meteorologických údajov sme vyhodnotili závislosť nástupu fenologických fáz priemernej mesačnej teploty vzduchu.

Pre výpočet dennej klimatickej vodnej bilancie (KVB) sme použili rozdiel kumulatívneho denného úhrnu zrážok P (za posledných 10 dní) a kumulatívnej dennej potenciálnej evapotranspirácie PE (za posledných 10 dní), vypočítanej podľa Haudeho (1955).

$$PET_{HAUDE} = k \cdot e_s \cdot \left(1 - \frac{F}{100}\right)$$

k = Haudeho faktor (-), v závislosti od mesiaca a vyparovaného povrchu
 e_s = tlak nasýtených pár o 14- tej hodine (hPa)

$$e^s = 6,11 \cdot e^{\left(\frac{17,62 \cdot T}{243,12 + T}\right)}$$

T = teplota vzduchu meraná o 14 – tej hodine (°C)
 F = relatívna vlhkosť vzduchu o 14- tej hodine (%)

$$KVB_{10} = P \text{ (suma 10 dní)} - PE \text{ (suma 10 dní)}$$

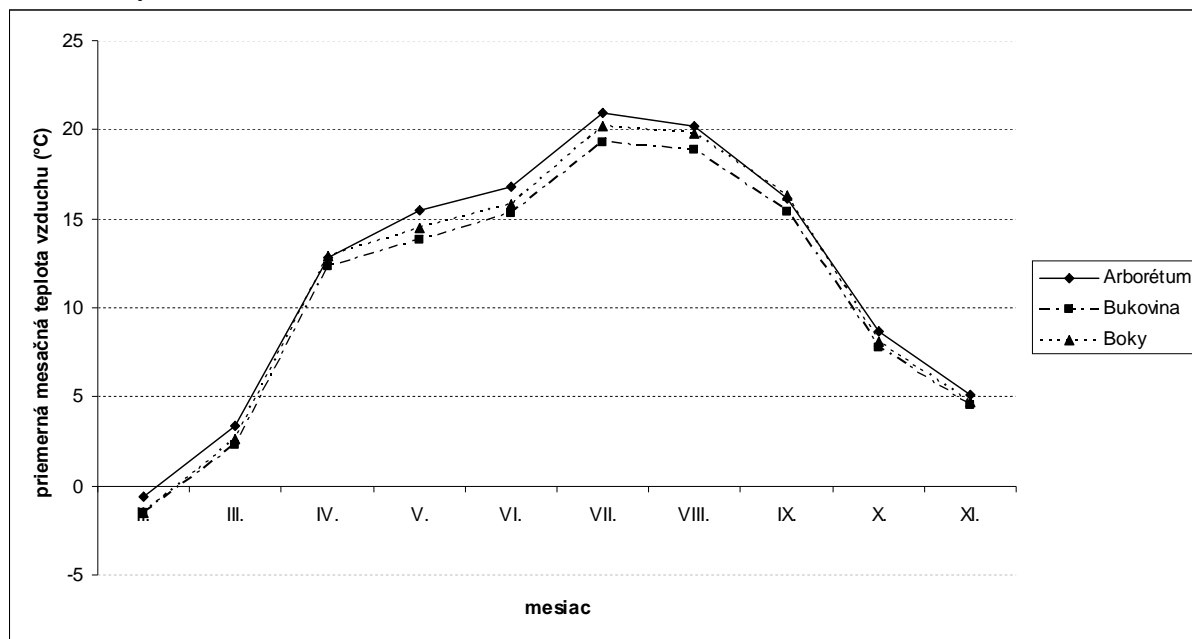
Z meraných meteorologických údajov a vypočítaných údajov o klimatickej vodnej bilancii sme vyhodnotili závislosť nástupu fenologických fáz od priemernej mesačnej teploty vzduchu a od dostupnosti vody v systéme získanej zo zrážok.

Výsledky

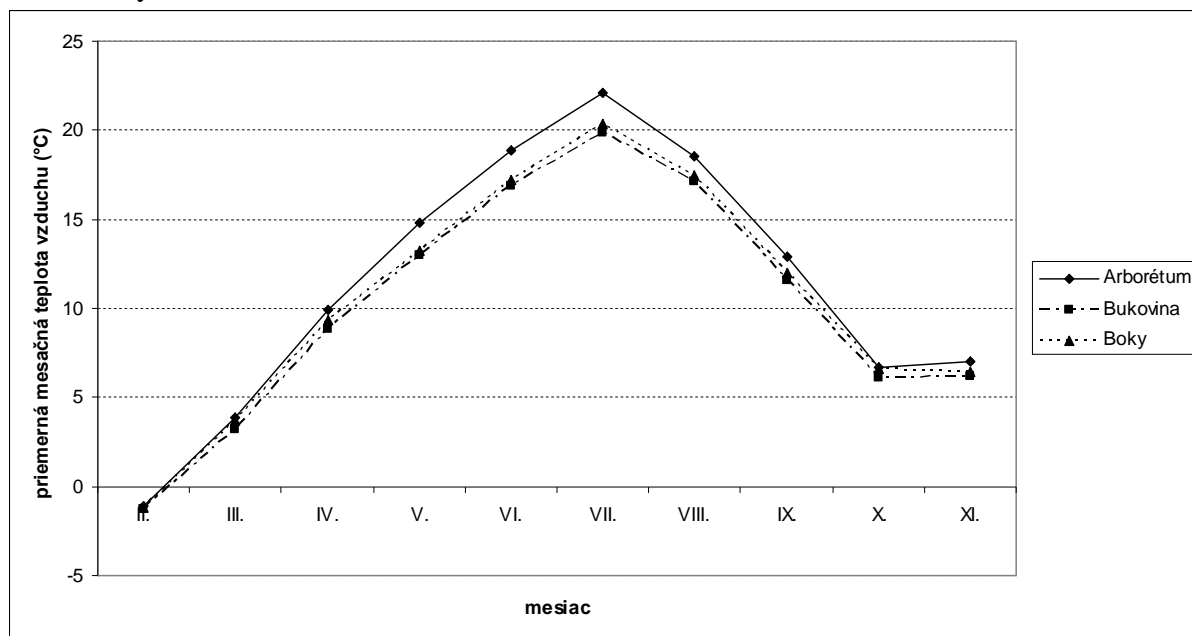
Lieska obyčajná patrí svojim vzrastom k doplnkovým drevinám prirodzených lesných spoločenstiev. Na skúmaných lokalitách sa vyskytuje na okrajoch porastov hlavných lesných drevín, najčastejšie na stanovištiach s južnou expozíciou a dostatkom svetla. Nástup a priebeh jarných fenofáz úzko súvisí s priebehom teplôt vzduchu v sledovaných rokoch. Hodnoty priemerných mesačných teplôt vzduchu na jednotlivých lokalitách v rokoch 2009 a 2010 sú znázornené na obrázkoch 1 a 2. Závislosť prvých jarných fenologických fáz liesky od zrážok je málo pravdepodobná, z dôvodu dostatočnej pôdnej vlhkosti získanej z topenia snehu pri

jarnom otepľovaní. Klimadiagramy vodnej bilancie, pomocou ktorých získame prehľad o výskyte suchých a vlhkých období počas roka a hlavne vegetačnej sezóny sú znázornené na obrázkoch 3 a 4. Tieto sú vyhodnocované z mesačných údajov o zrážkach a potenciálnej evapotranspirácii. Podrobnejší denný priebeh vodnej bilancie je znázornený na obrázkoch 5 a 6.

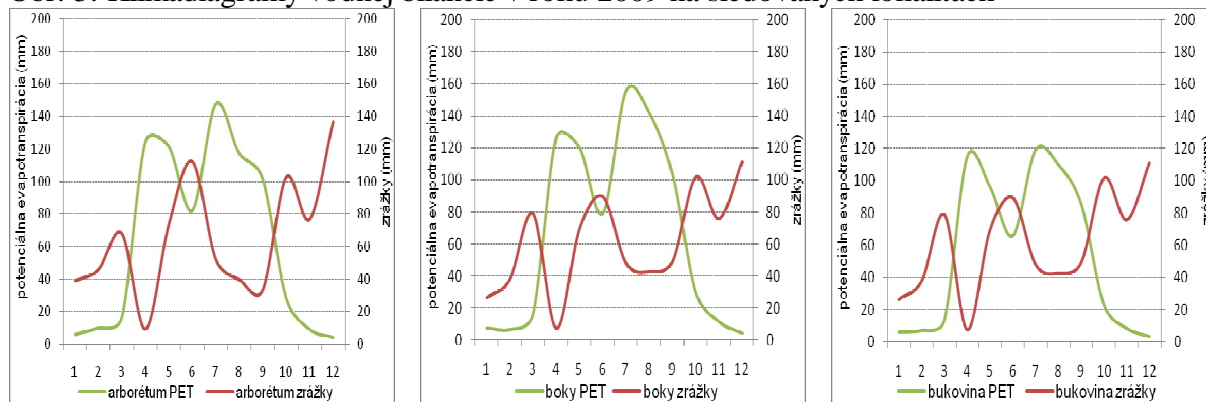
Obr. 1: Priebeh priemerných mesačných teplôt vzduchu v mesiacoch február-november 2009 na skúmaných lokalitách



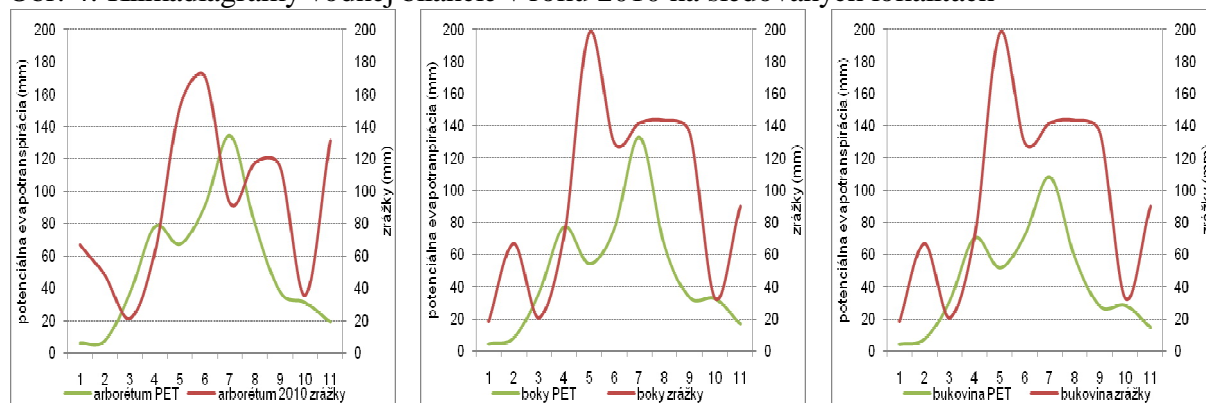
Obr. 2: Priebeh priemerných mesačných teplôt vzduchu v mesiacoch február-november 2010 na skúmaných lokalitách



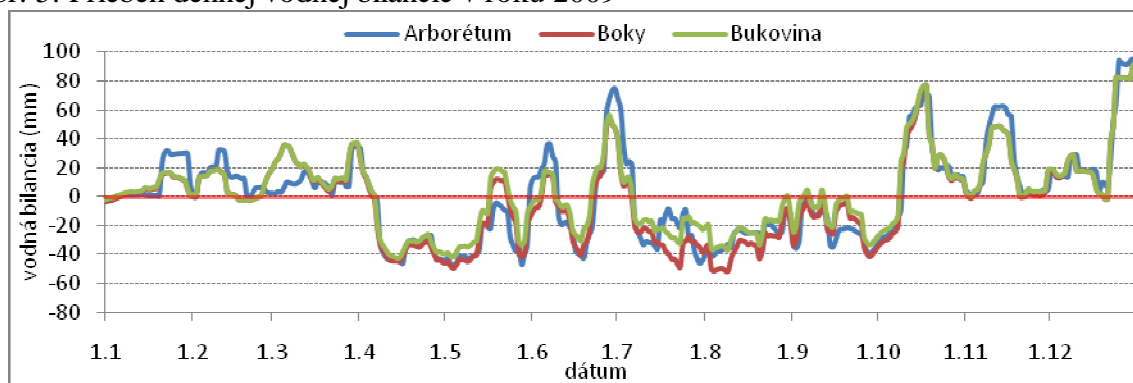
Obr. 3: Klimadiagramy vodnej bilancie v roku 2009 na sledovaných lokalitách



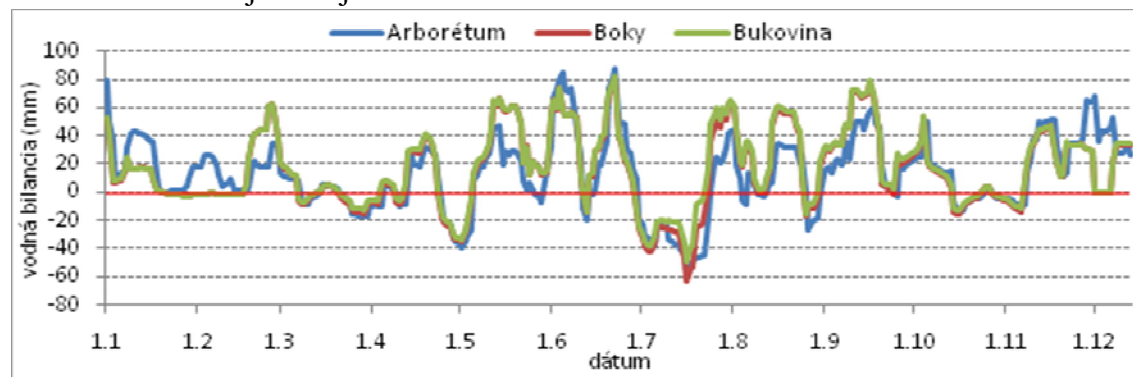
Obr. 4: Klimadiagramy vodnej bilancie v roku 2010 na sledovaných lokalitách



Obr. 5: Priebeh dennej vodnej bilancie v roku 2009

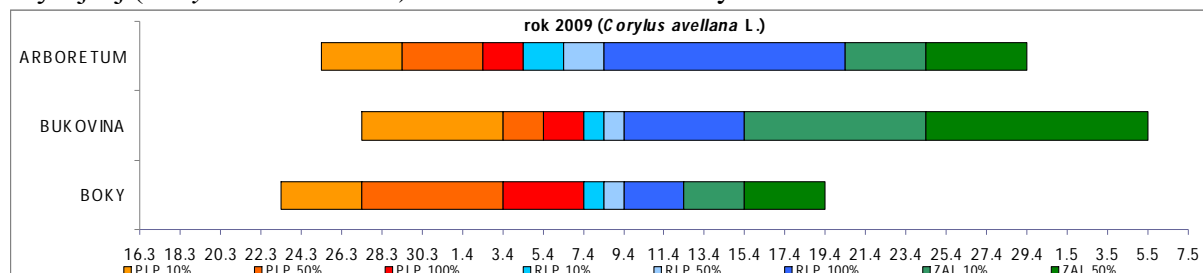


Obr. 6: Priebeh dennej vodnej bilancie v roku 2010

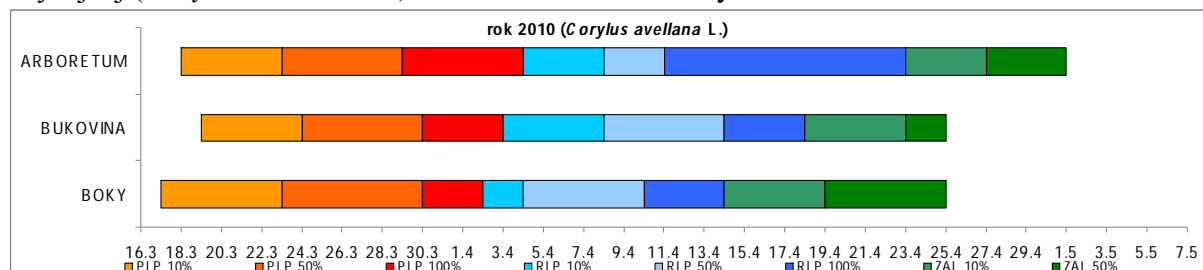


Lieska začínala vegetatívnu fenologickú aktivitu počas sledovaných rokov pučaním listových púčikov od druhej polovice marca. Z obrázkov 7 a 8 vidieť, že nástup tejto fenologickej fázy začal v roku 2010 o 4–8 dní skôr ako v roku 2009 čo bolo spôsobené vyššími priemernými mesačnými teplotami vzduchu v marci. Naopak prudký vzostup priemerných mesačných teplôt vzduchu v apríli roku 2009 na všetkých lokalitách o 2,9–3,6 °C oproti roku 2010 (obr.1,2) spôsobil skrátenie fázy rozpuku listových púčikov liesky o 6–12 dní. Tento výrazný aprílový časový posun rozpuku v roku 2009 následne spôsobil aj skorší nástup fenofázy zalistenia o 2–6 dní oproti roku 2010 na všetkých lokalitách.

Obr. 7: Nástup a priebeh jarných fenologických fáz na vegetatívnych orgánoch liesky obyčajnej (*Corylus avellana* L.) v roku 2009 na skúmaných lokalitách



Obr. 8: Nástup a priebeh jarných fenologických fáz na vegetatívnych orgánoch liesky obyčajnej (*Corylus avellana* L.) v roku 2010 na skúmaných lokalitách



V sledovaných rokoch bola vegetácia dostatočne zásobená vodou získanou vo forme zrážok. V roku 2009 bolo definovaných niekoľko období so zápornou vodnou bilanciou. Najmä apríl až prvá polovica a druhá polovica júla až október. V roku 2010 bolo týchto období menej, v jarnom období dokonca žiadne, čiže nemožno určiť, ako by na záporný vodný deficit reagovali jarné fenofázy liesky, vyskytujúce sa niekedy už v období, kedy sneh v jej okolí ešte nie je roztopený. Avšak fenofáza zalistenie mohla byť v roku 2009 čiastočne okrem teploty ovplyvnená aj vplyvom zápornej vodnej bilancie, čo to mohlo spôsobiť predĺženie tejto fázy.

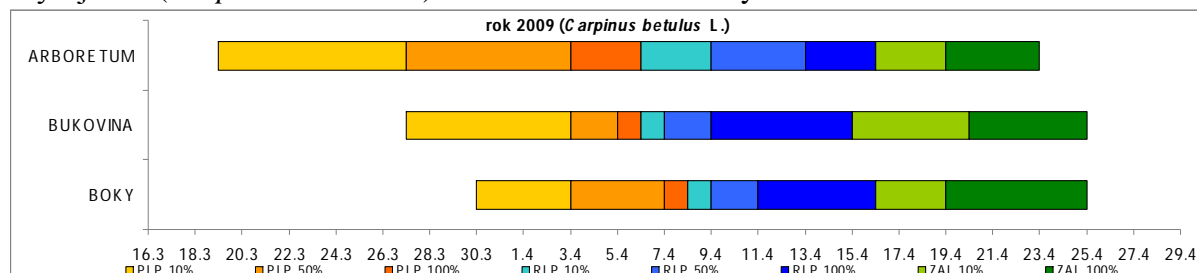
Mikroklimatické podmienky stanovišťa závisia okrem teploty vzduchu aj od ďalších faktorov ako je expozícia, výška a zakmenenie porastu. Tieto podmienky výrazne ovplyvňujú a priebeh trvanie jarných fenologických fáz. Dalo by sa očakávať, že vplyvom stúpajúcej nadmorskej výšky a klesaním teploty vzduchu sa nástup jednotlivých fenologických fáz bude oneskorovať. Z našich výsledkov sa ukázalo, že expozícia liesky na lokalite arboréta (rovina) a s ňou súvisiace teploty vzduchu majú výrazný vplyv na začiatok fenologickej fázy pučanie listových púčikov. Hoci priemerné mesačné teploty vzduchu v marci boli v arboréte (300 m. n. m) v oboch rokoch najvyššie, lieska začala svoju fenologickú aktivitu o 2–3 dni skôr na Bokoch (530 m. n. m) vplyvom priaznivejších mikroklimatických podmienok spôsobených prehrievaním južne orientovaného svahu s väčším prísunom slnečnej energie.

Pri porovnaní termínov nástupu všetkých jarných fenologických fáz liesky medzi lokalitami s rovnakou nadmorskou výškou (Boky a Bukovina) pozorujeme v oboch

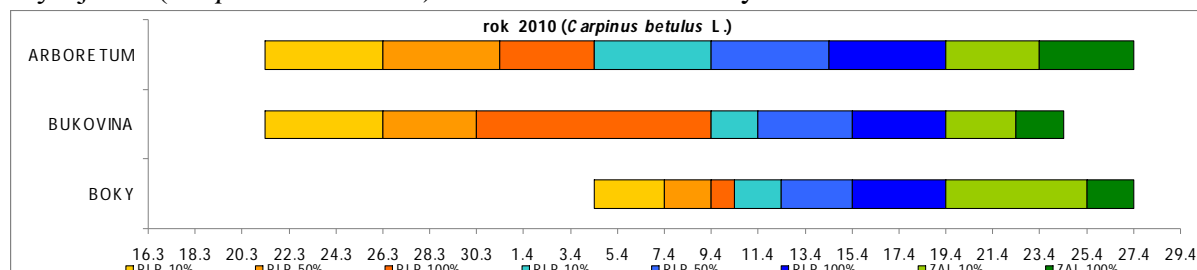
sledovaných rokoch oneskorený nástup na Bukovine o 1–4 dni vplyvom severovýchodnej expozície.

Hrab obyčajný ako prímes pôvodných zmiešaných listnatých ekosystémov tvorí hlavnú porastovú etáž. Vďaka svojej schopnosti prispôbiť sa podmienkam prostredia rastie na všetkých lokalitách. Na Bokoch využíva juhozápadnú expozíciu na hrane svahu, kde sú priaznivejšie podmienky pôdnej vlhkosti ako v južných častiach tejto lokality. Nástup a trvanie jarných fenologických fáz dokumentujú obrázky 9, 10.

Obr. 9: Nástup a priebeh jarných fenologických fáz na vegetatívnych orgánoch hraba obyčajného (*Carpinus betulus* L.) v roku 2009 na skúmaných lokalitách



Obr. 10: Nástup a priebeh jarných fenologických fáz na vegetatívnych orgánoch hraba obyčajného (*Carpinus betulus* L.) v roku 2010 na skúmaných lokalitách



Pučanie listových púčikov hraba začína podobne ako pri lieske v druhej polovici marca. Rozdiely nástupu pučania listových púčikov medzi jednotlivými rokmi sú výraznejšie na Bukovine a Bokoch. Na lokalite Boky aj napriek vyššej priemernej mesačnej marcovej teplote vzduchu v roku 2010 nastalo oneskorenie o 5 dní. Fenofáza prebehla ako posledná na tejto lokalite v oboch rokoch. Spôsobila to pravdepodobne poloha pozorovanej skupiny, ktorá sa nachádza na vypuklom oblúku svahu expozične orientovaného na juhozápad. V tejto časti sa prejavuje aj vplyv západného prúdenia vzduchu, ktorý na náveternej strane svahu znižuje jeho teplotu a spomaľuje nástup prvých dvoch fenofáz. Zvýšenie priemernej mesačnej teploty vzduchu v apríli roku 2009 o 3,6 °C skrátilo trvanie pučania o 3–5 dní a rozpuku o 3–4 dni.

Z dôvodu približne rovnakého časového obdobia pozorovania jarných fenofáz hraba a liesky možno zhodnotiť, že v sledovaných rokoch možno nájsť len minimálnu závislosť medzi ich nástupom a vodnou bilanciou, nielen z hľadiska krátkého obdobia pozorovaní, ale aj z hľadiska absencie období so zápornou vodnou bilanciou, najmä v už spomínanom roku 2010, ktorý sa javí ako zrážkovo nadnormálny.

Záver

Na lokalite Arborétum Borová hora v Zvolenskej kotline, lokalitách Bukovina a Boky v južnej časti Kremnických vrchov boli v rokoch 2009 a 2010 pozorované jarné vegetatívne fenologické fázy pučanie listových púčikov, rozpuč listových púčikov a zalistenie na drevinách *Corylus avellana* L. a *Carpinus betulus* L. rastúcich v pôvodných lesných ekosystémoch. Priebeh teplôt vzduchu mal výrazný vplyv na nástup a dĺžku trvania fenologických fáz, avšak z priebehu vodnej bilancie a jej vplyvu na fenofázy nebola rozpoznaná žiadna závislosť pravdepodobne aj z dôvodu prezencie snehu zo začiatku jarných fenologických fáz, a tým z dostatočnej pôdnej vlhkosti, ktorá nástup fenofáz nelimituje. Vplyvom vyšších priemerných mesačných teplôt v marci 2010 začala lieska obyčajná na všetkých lokalitách fenologickú aktivitu o 4–8 dní skôr ako v roku 2009. Nárast priemerných mesačných teplôt vzduchu v apríli 2009 spôsobil pri obidvoch drevinách rýchly nástup a skrátenie fenofáz rozpuču listových púčikov o 3–12 dní oproti roku 2010. Mikroklimatické a hlavne expozičné podmienky stanovíšť aj pri rovnakej nadmorskej výške spôsobili rozdielny začiatok nástupu fenofáz.

Pod'akovanie:

Autori ďakujú za podporu projektom VEGA MŠ SR No. 1/0642/10, 1/0257/11 a 1/0281/11 a projektu "Centrum excelentnosti: Integrovaný manažment povodí v meniacich sa podmienkach prostredia", na základe podpory OP Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja na základe zmluvy č. 26220120062.

Literatúra

- Badeck, FW., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., Sitch, S., 2004: Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*, p.162
- Haude, W., 1955: Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. *Mitt. Deutscher Wetterdienst*, p. 11
- Kolektív, 1984: Návod pre fenologické pozorovanie lesných rastlín. SHMÚ Bratislava, 23 s.
- Menzel, A., 2002: Phenology: its importance to the Global Change community – An Editorial Comment. *Climatic Change*, 54, 379 – 385.
- Scheffinger, H., Koch, E., Cate, P. Matulla, C., 2007: New frontiers in plant phenological research. 17th Biennial Congress on Modelling and Simulation (MODSIM07), Christchurch, New Zealand, p. 497-503
- Schwartz, M. D., 1999: Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int J Biometeorol* 42:113–118
- Štrelcová, K., Škvarenina, J., 2007: Meteorologické laboratórium s on-line prenosom meteorologických údajov z regionálnych meteorologických staníc do internetu.
- Škvarenina, J., 2004: Vodná bilancia vegetačných stupňov na Slovensku. *Les*, roč. 60, č. 11-12, s. 10-13.
- www.tuzvo.sk.

Kontaktná adresa 1. autora:

Ing. Ivana Pálešová
Technická univerzita vo Zvolene
Lesnícka fakulta
Ul. T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika