

Vliv mikroklimatu vybraných stanovišť v centru města Brna na fenologické projevy dřevin

Influence of the microclimate of selected habitats in the center of Brno on phenological manifestations of trees

Petr Saláš¹, Jana Burgová¹, Jaroslav Rožnovský¹, Tomáš Litschmann², Barbora Čadová¹

Radoslav Vlk¹

Zahradnická fakulta Lednice, Mendelova univerzita v Brně¹

AMET, sdružení Velké Bílovice²

Abstrakt

V roce 2017 byl sledován vliv rozdílných mikroklimatických podmínek dvou lokalit, nacházejících se blízko centrální části města Brna, na fenologické projevy dřevin. Jednalo se o lokality Denisovy sady a park Špilberk. Byly vytipovány 3 druhy modelových rostlin, nacházející se v obou lokalitách, u kterých byly sledovány rozdíly v nástupu těchto dřevin do jednotlivých fenofází. Byla hodnocena také prostupnost světla korunami stromů a obsah chlorofylu v listech. Na stanovištích byly v průběhu trvání pokusu zaznamenávány teploty a vlhkosti nejenom vzduchu, ale i půdního profilu. Na základě zaznamenaných hodnot je možné konstatovat, že existuje mikroklimatický rozdíl mezi těmito dvěma stanovišti, který ovlivňuje průběh rychlosti nástupu a délku fenofází dřevin, nacházejících se na těchto lokalitách. Rozdílné mikroklima mělo vliv i na ostatní sledované parametry.

Klíčová slova: dřeviny, fenologie, mikroklima, Brno

Abstract

In 2017, the effect of different microclimatic conditions of two localities located near the central part of Brno on phenological manifestations of trees was monitored. Two sites were chosen, namely Denisovy sady and Špilberk Park. Three species of model plants found in both localities were observed for differences in the onset of these species into individual phenophases and the light transmittance of the trees and the chlorophyll content of the leaves were evaluated. On localities were during the trial recording temperature and humidity, not only air but also the soil profile. On the basis of the recorded values, it can be stated that there is a microclimatic difference between these two habitats, which affects the rate of onset and the length of the phenophases of woody species found in these localities. The different microclimate also influenced the other monitored parameters.

Keywords: woody plants, phenology, microclima, Brno

Úvod

Délka a průběh jednotlivých fenofází dřevin jsou v první řadě ovlivněny dědičnými vlastnostmi a následně vlivem vnějších podmínek prostředí, ve kterém se dřeviny nacházejí (Zohner *et al.*, 2019). Fenologické projevy nastupují každoročně v nestejných termínech, v rozdílné intenzitě a mají nepopíratelnou souvislost s klimatickými podmínkami prostředí. Na základě dat z těchto sledovaných projevů se může např. hodnotit vliv změn klimatu (Rosenzweig *et al.*, 2007), aktuální stav hodnocených dřevin a hodnocení vlivu podmínek prostředí (VULHM, 2016). Fenologická pozorování na území ČR se prováděla už od 20. let minulého století (Rožnovský, 2006). V současnosti se fenologické pozorování provádí na 3 typech stanic – polních, ovocných a lesních (Hájková *et al.*, 2012). Získaná data je poté možné využívat v intenzivním zemědělství, zahradnictví a lesnictví například k dosahování vyšších výnosů a zefektivnění organizace potřebných pracovních operací, které se vážou na určitá vývojová stadia pěstovaných rostlin. Velmi podstatnou úlohu hrají rovněž při stanovování prognóz výskytu chorob a škůdců (Supuka, 1988).

Z hlediska sadovnického jsou navíc důležitá fenologická pozorování dřevin a jejich reakcí na různé typy znečištěného ovzduší, vůči suchu a podobně (Supuka, 1988). Tato data je možné rovněž využívat k správnému výběru lokality pro pěstování okrasných dřevin v sadovnické tvorbě, jakož i pro samotný výběr jednotlivých druhů a odrůd pro konkrétní použití (Bulíř, 2009).

V městském prostředí můžeme najít oblasti se zvýšenou mírou zástavby a hustou komunikační sítí, ale s řídkým rozmístěním vegetace, které významně přispívají svým vlivem na teplotu a vlhkost vzduchu i na jeho znečištění (Edmonson *et al.*, 2016). Vedle toho můžeme najít i v centrech měst oblasti s vyšší koncentrací zeleně (Min, 2000). Zeleně ve městech se významnou měrou podílí na snižování těchto extrémů (Rózová *et al.*, 2013). Teplota a vlhkost vzduchu a městské prostředí pak významně ovlivňují nástup a průběh trvání jednotlivých fenologických fází těchto dřevin (Bulíř, 2009, Zhongkui, *et al.*, 2007).

Jako hlavní cíl tohoto příspěvku je zhodnocení stavu dřevin, zejména z pohledu fenologického, na dvou lokalitách v centrální části Brna. Dalším cílem bude porovnat tato dvě stanoviště z hlediska jejich vlivu na vybrané vlhkostní a teplotní charakteristiky sledovaných oblastí.

Materiál a metody

Pro potřeby pokusu byly vybrány dvě lokality nacházející se na území města Brna, v blízkosti samotného centra města. První lokalitou byly Denisovy sady, druhou park pod hradem Špilberk.

Denisovy sady představují extrémní stanoviště pro růst dřevin. Tento park, orientovaný na jih, je charakteristický velkou členitostí terénu. Nachází se na svahu kopce Petrov a je tvořen terasami s velkým podílem zpevněných ploch.

Park pod hradem Špilberk byl vybrán jako plocha s vhodnějšími podmínkami pro růst dřevin, vyšší koncentrací zeleně (stromové, keřové i bylinné patro) a s menším výskytem zpevněných ploch. Obě lokality se nacházejí v nadmořské výšce přibližně 300 m n. m. Půdním typem je zde kambizem. Průměrné roční teploty vzduchu v Brně se nacházejí v rozmezí 8-9 °C. V jarních měsících se teploty pohybují v průměru mezi 8-9 °C, v létě to je 15-16 °C, na podzim 8-9 °C a v zimě v průměru okolo (-)1-0 °C. Průměrný roční úhrn srážek je 450-500 mm. V jarním období je průměrný úhrn srážek 100 - 125 mm, v letním období 200-250 mm, na podzim 100-125 mm a v zimě 100 mm. Vlhkost vzduchu se pohybuje v průměru okolo 75-80 %. Sněhové srážky se na řešeném území vyskytují v průměru 50-60 dnů. Sněhová pokrývka se vyskytuje obvykle 10-20 dnů. Vrstva sněhu obvykle nepřesahuje 10 cm (Tolasz *et al.*, 2007).

Tab. 1: Rozbor půdy na sledovaných lokalitách (proveden před započítáním pozorování).

Lokalita	pH	MEHLICH III				Cox
		Ca	K	Mg	P	
	(KCl)	mg.kg ⁻¹				%
Špilberk 10-30cm	7,0	4555	281	213	113	2,98
Špilberk 40-60cm	7,0	4480	208	223	91	2,31
Denisovy sady 10-30cm	7,2	5875	399	240	135	2,92
Denisovy sady 40-60cm	7,2	6157	243	239	112	2,58

Po vytipování vhodných stanovišť byla na těchto lokalitách provedena inventarizace všech zde vyskytujících se stromů. Při samotném hodnocení bylo přiřazeno ke každému sledovanému stromu pořadové číslo, následně byl určen druh dřeviny. V dalším kroku byl u každého stromu změřen obvod kmene, jeho výška, průměr koruny a výška nasazení koruny. Následně byl u každé dřeviny zhodnocen rovněž jejich stav dle metodiky Hodnocení stavu stromů (2015 *in* Čadová, 2018) přičemž byla dále hodnocena jejich perspektiva, fyziologické stáří, vitalita, zdravotní stav a stabilita. Po tomto hodnocení byla každá dřevina lokalizována na daném stanovišti pomocí přístroje Magellan eXplorist Pro.

Pro vlastní fenologické pozorování byly na určených plochách vybrány modelové dřeviny patřící do rodů *Acer platanoides* L., *Corylus colurna* L., *Tilia cordata* Mill. a *Platanus x hispanica* Mill. Tyto druhy dřevin se vyskytovaly na obou stanovištích. Fenologické pozorování započalo na těchto lokalitách v polovině března 2017 a bylo ukončeno v listopadu 2017 po opadu listů. Jako doplňkové pozorování stavu sledovaných modelových rostlin, vyjma dřevin rodu *Corylus*, bylo v měsíčních intervalech prováděno měření obsahu chlorofylu v listech (přístroj AtLEAF+) a prostupnosti světla (přístroj Quantum meter Model MQ-200).

Na sledovaných stanovištích byla měřena půdní vlhkost v týdenním intervalu snímači VIRRIB (AMET, Velké Bílovice) ve dvou hloubkách (40 – 60 cm a 10 – 30 cm). Další parametry, především teplota vzduchu a teplota půdy, srážky, byly měřeny automatickou meteorologickou stanicí MeteoUNI (AMET, Velké Bílovice) na jižním svahu Špilberku.

Výsledky

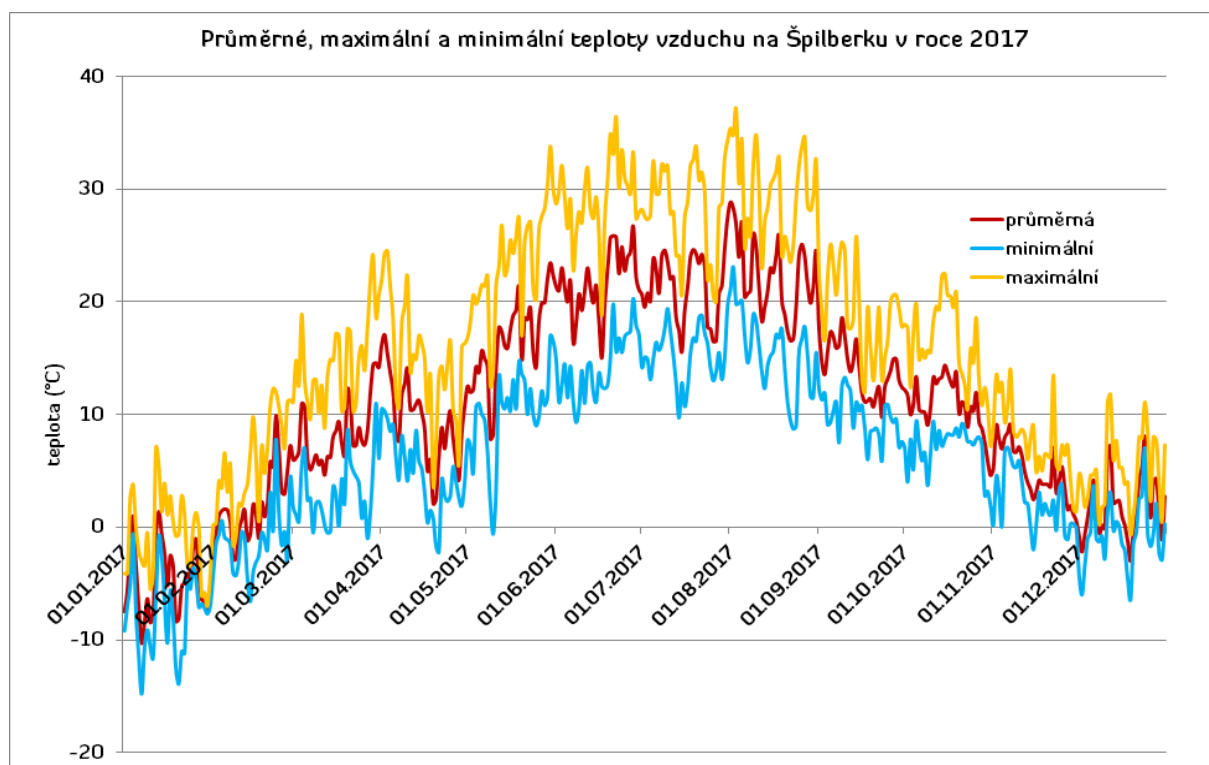
Celkem bylo na obou plochách zinventarizováno 222 stromů, z toho na ploše Denisových sadů celkem 67 stromů a na ploše parku Špilberk celkem 152 stromů. V Denisových sadech se převážně nacházejí dospělé stromy. Nejvíce zde byly zastoupeny stromy rodu *Acer* sp. (28 kusů), rod *Tilia* sp. (10 kusů) a rod *Pyrus* sp. U rodu *Pyrus* sp. se jedná o mladé stromy, které zde byly vysázeny při rozsáhlé rekonstrukci parku v letech 2002 - 2005. Na ploše se nachází také památný strom *Platanus × hispanica*. Převážná část stromů má zhoršený zdravotní stav. Většinou se jedná o mechanické poškození kmene či větví, nebo o napadení dřevokaznou houbou. Několik jedinců je také porostlých břečťanem.

Na ploše parku lokality Špilberk je nejvíce zastoupeným druhem *Acer platanoides* (45 kusů) a *Aesculus hippocastanum* (34 kusů). Na této ploše se nachází převážně dospělé stromy. Jedinci zde se nacházející, by měli být ošetřeny především zdravotními, bezpečnostními a výchovnými řezy. Vyskytuje se zde i několik mladých, nedávno vysazených jedinců.

Průběh teplotních a vlhkostních charakteristik

Rok 2017 (Graf 1) se vyznačoval na přelomu března a dubna oproti dlouhodobému průměru vyššími teplotami, čímž došlo k mírnému urychlení vývoje vegetace. Toto období bylo vystřídáno častějšími vpády chladnějšího vzduchu a bohužel i poklesy teploty pod bod mrazu, což přineslo četné problémy nejen pěstitelům ovoce a vinné révy. Zejména pak mrazíky 10. května velkou měrou přispěly k redukci úrody prakticky na celém území republiky. Následovalo pak opět velmi teplé období s vysokým počtem tropických dnů, přičemž

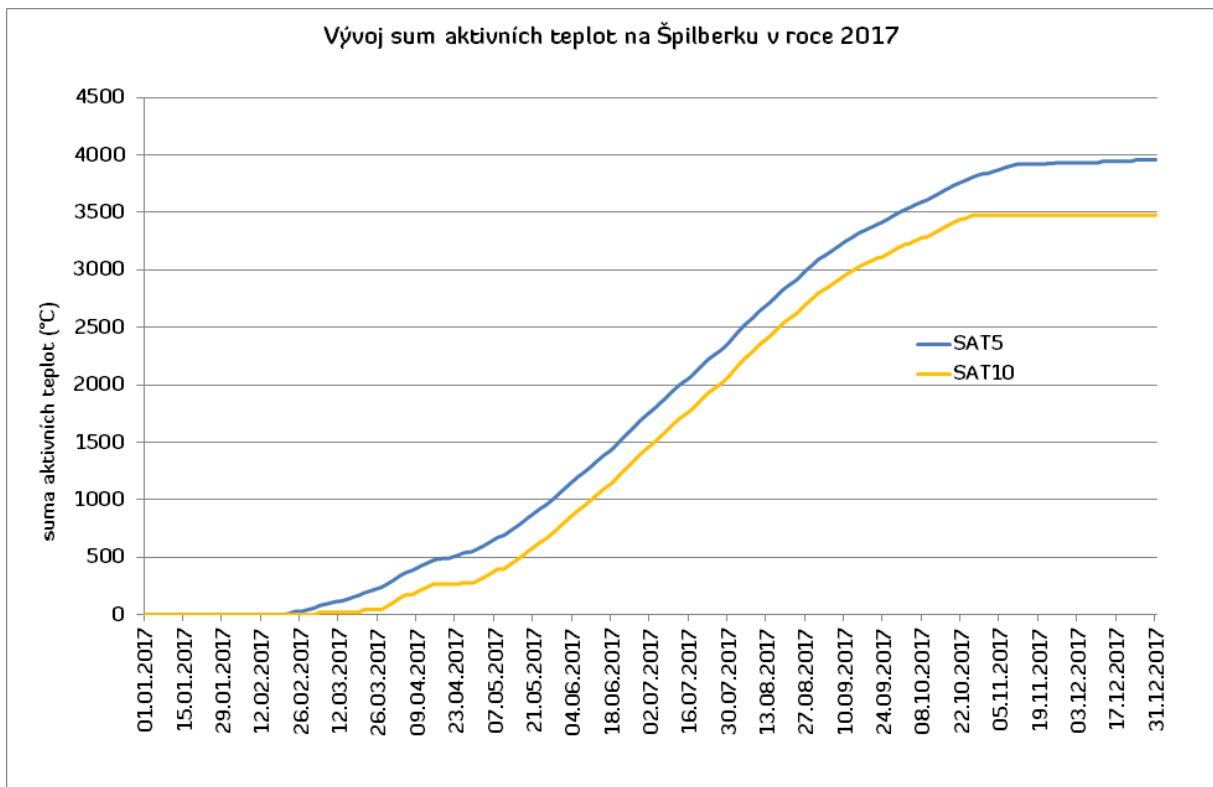
maximální teploty v několika případech překročily hodnotu 35 °C. Ochlazení během září bylo ještě během podzimu vystřídáno oteplením zejména v první polovině října.



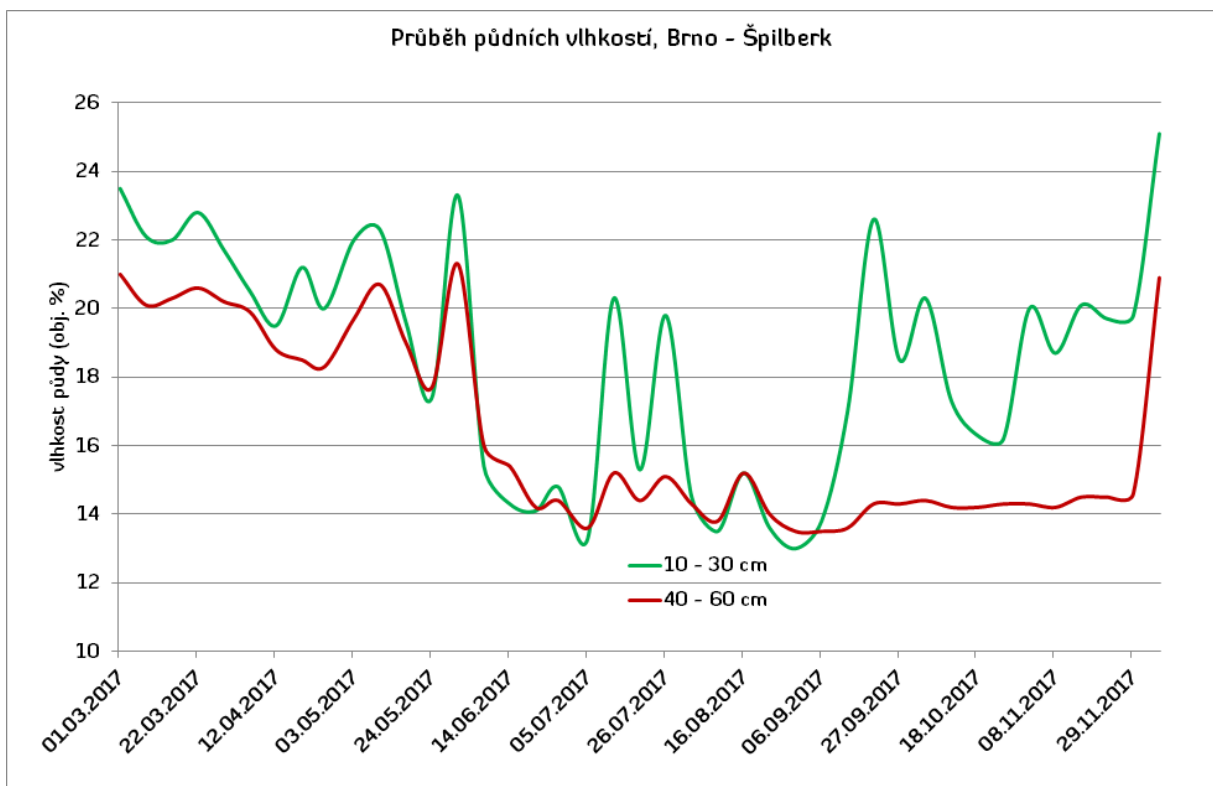
Graf 1 Průměrné, maximální a minimální teploty vzduchu na Špilberku v roce 2017

Naznačený vývoj teploty vzduchu dokumentují i průběhy sum aktivních teplot (Graf 2) nad 5 a 10 °C. Nad 5 °C se teploty začaly dostávat již koncem února, nad 10 °C pak ojediněle v průběhu března a ve zvýšené míře v jeho poslední dekádě. Na grafu je vidět i ochlazení ve druhé polovině dubna, kdy došlo k zastavení nárůstu sum jak u prahové hodnoty 10 °C, tak v menší míře i u prahové hodnoty 5 °C. Ukončení nárůstu sum aktivních teplot nad 10 °C došlo až v průběhu října. Nad 5 °C sumy pozvolna narůstaly v podstatě až do konce roku.

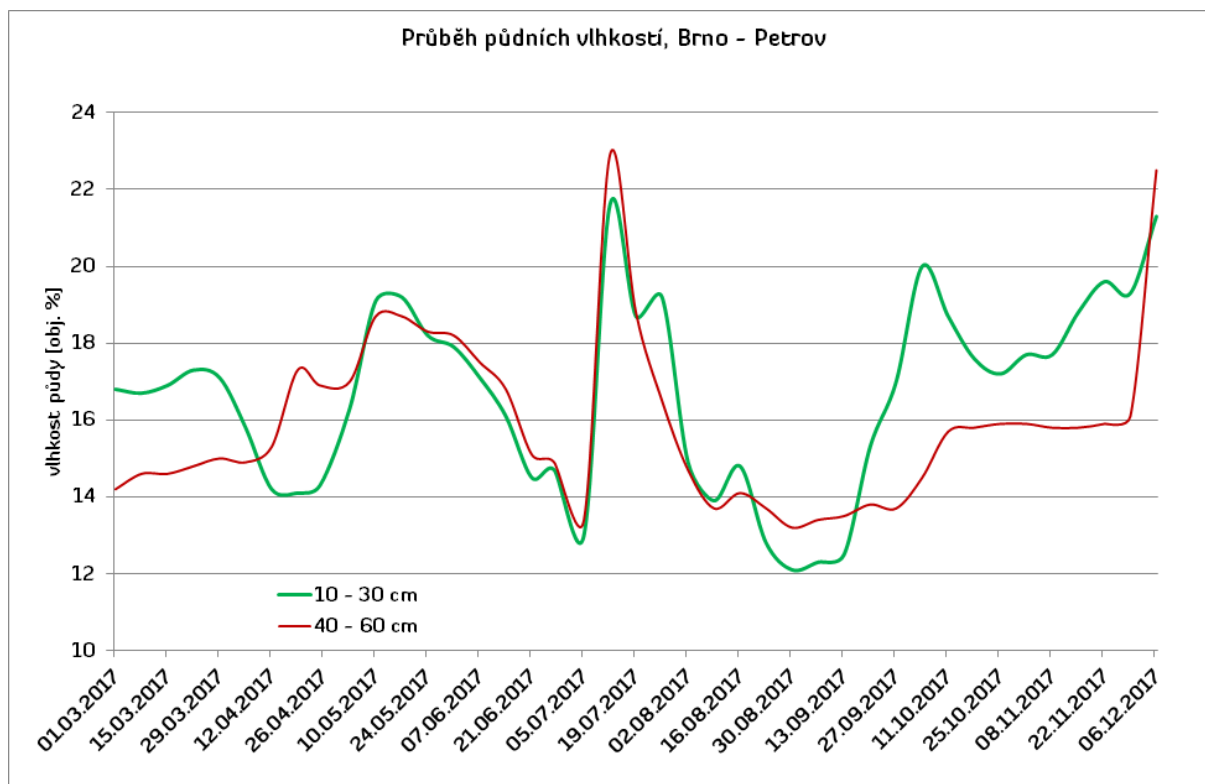
Na průběh půdních vlhkostí má všeobecně vliv srážková činnost, charakter půd, reliéf terénu a vývoj vegetace. Proto i jejich vývoj, znázorněný na Grafech 3 a 4 je na obou lokalitách poněkud odlišný. K poklesu půdních vlhkostí docházelo současně s vývojem listové plochy okolní vegetace v podstatě již v průběhu dubna, chladnější počasí a výskyt srážek tento trend zpomalovaly, takže k výraznějšímu poklesu došlo až při plném olistění počátkem června. Při vydatnějších srážkách během července docházelo ke zvyšování půdní vlhkosti, v případě lokality Špilberk ale pouze ve svrchní vrstvě 10 – 30 cm, hlouběji tato vláha již nezasakovala tak jako na Petrově. Další vlhčí období nastalo ve druhé polovině září a částečně doplnilo vláhu ve svrchních vrstvách půdy, k doplnění do spodní vrstvy došlo však až v závěru roku.



Graf 2 Vývoj sum aktivních teplot na Špilberku v roce 2017



Graf 3 Průběh půdních vlhkostí ve dvou sledovaných hloubkách na Špilberku v roce 2017



Graf 4 Průběh půdních vlhkostí ve dvou sledovaných hloubkách na Petrově (Denisovy sady) v roce 2017

Fenologické pozorování modelových rostlin druhu *Acer platanoides* L.

Na sledované lokalitě Denisových sadů byl zaznamenán začátek rašení javorů dne 27. března. Javory začaly nakvétat na konci března, tj. 30. března. Plné kvetení a začátek vývoje listů bylo zaznamenáno 4. dubna. Poté se vyvíjely listy a plody. Plné olistění bylo pozorováno kolem 25. dubna. Na začátku měsíce června, přibližně okolo pátého dne v měsíci, byl zaznamenán výskyt mšic v dolních partiích korun stromů, ovšem o měsíc později se již nevyskytovaly. Ke konci června se začínaly objevovat nekrózy špiček listů javoru. Nekrózy listů byly ke konci září velmi rozsáhlé. Opad listů byl zaznamenán již 25. září, avšak listy ještě nežloutly. Žloutnutí bylo zaznamenáno až kolem 10. října. Padlí nebylo na ploše Denisových sadů zpozorováno. Na lokalitě parku Špilberk začínaly javory rašit 1. dubna. Plné kvetení a začátek vývoje listů byly zaznamenány 4. dubna. Dne 10. dubna javory dokvětaly a začaly se vyvíjet plody. V polovině června, tj. 18. 6., bylo poprvé zaznamenáno padlí. V této chvíli se jednalo o pár skvrn na listech. Během léta však došlo k rozšíření povlaku padlí i na celé listy. Některé listy byly celé napadené již v polovině července. Na této ploše se nekrózy na špičkách listů začaly objevovat až na konci července. V polovině září už byly nekrózy na listech rozsáhlé.

Žloutnutí listů se začalo objevovat kolem 20. října. Opad nezbarvených listů bylo ale možné sledovat již o týden dříve.

Fenologické pozorování modelových rostlin rodu *Tilia cordata* Mill.

Na sledované lokalitě Denisových sadů byl začátek rašení zaznamenán na konci března, tj. 27.3. Plné olistění bylo zaznamenáno o měsíc později, tedy na konci dubna. Společně s růstem listů se vyvíjely letorosty a zakládaly květy. Kvetení bylo zaznamenáno na konci května. Plné kvetení na začátku června. Odkvetlé byly kolem 10. června a začínaly se tvořit plody. V tomto období bylo možné sledovat požerky. V polovině července bylo možné sledovat počínající nekrózy po obvodu listů. Listy začaly v polovině října od okrajů žloutnout. Na konci října byly lípy bez listů. Na lokalitě parku Špilberk bylo zaznamenáno rašení lip 4. 4. 2017. Kolem 12. dubna byly zaznamenány mšice na listech a hálky. Lípy v parku pod Špilberkem začaly kvést na začátku července a postupně dokvétaly až do 19. července. Žloutnutí listů začalo u jedné z lip již 8. října. U druhé lípy k němu došlo až 20. října, listy následně opadaly velmi rychle a počátkem listopadu byly stromy bez listů.

Fenologické pozorování modelových rostlin druhu *Platanus x hispanica* Mill.

Na sledované lokalitě Denisových sadů začaly platany rašit na konci března (30. 3.). Poté se vyvíjely listy a květy. Ale ke kvetení nakonec nedošlo, jelikož květy pomrzly během nízkých teplot v dubnu. Na konci května začalo být viditelné poškození škůdcem *Corythucha ciliata* (sířnatka platanová), které se postupně během vegetace zhoršovalo. Na konci vegetace byly listy značně poškozené. Žloutnutí listů bylo zpozorováno na začátku října. Na lokalitě parku Špilberk bylo zaznamenáno rašení platanů 5. dubna. Stejně jako na ploše Denisových sadů došlo v druhé půlce dubna k zmrznutí květů. I na této ploše bylo možné sledovat rozvoj škůdce sířnatka platanová, napadení zde bylo ve větším rozsahu ve srovnání s jedinci vyskytujícími se na ploše Denisových sadů. Listy se začaly vybarvovat začátkem října. Dne 25. října se již na stromech nevyskytovaly žádné listy.

Fenologické pozorování modelových rostlin druhu *Corylus colurna* L.

Na sledované lokalitě Denisových sadů modelové rostliny lísky turecké začaly rašit již 20. března. Následoval vývoj listů, který byl koncem dubna ukončen. Během vegetace nebyli zpozorováni žádní škůdci. Zbarvování listů začalo kolem 15. října a během následujících dvou týdnů došlo k jeho opadu. U mladých jedinců lísek tureckých však žloutnutí začalo již koncem září a v polovině října byli již tyto jedinci bez listů. Na sledované lokalitě parku

Špilberk začaly lísky rašit 27. 3. 2017. Listy byly plně vyvinuty 15.4. V průběhu vegetace nebyli na lískách zpozorováni žádní škůdci. Žloutnutí listů začalo 20. října a následně během dvou týdnů došlo k celkovému opadu listů.

Hodnocení prostupnosti světla korunami stromů

Z výsledků měření vyplývá, že nejvyšší hodnoty prostupnosti byly zaznamenány na počátku měření v měsíci březnu, tedy v době, kdy se nacházely všechny sledované dřeviny ve fenofázi dormance, zvětšování pupenů a rašení. Spolu s narůstající listovou plochou v průběhu jednoho měsíce došlo u všech druhů modelových rostlin k několikanásobnému poklesu prostupnosti světla korunami sledovaných jedinců, jak ukazuje Tab. 2. Na základě naměřených hodnot je možné říci, že existuje spojitost mezi nástupem dřevin do jednotlivých fenofází a naměřenými hodnotami prostupnosti světla korunami stromů. Rovněž lze při konfrontaci těchto výsledků demonstrovat vliv jednotlivých stanovišť na rychlost tvorby, eventuálně ztráty listového aparátu sledovaných dřevin. Je zřejmé, že u dřevin rostoucích na lokalitě Denisových sadů dochází k rychlejšímu nárůstu listové biomasy ve srovnání s dřevinami rostoucími na lokalitě parku Špilberk. V podzimním období je možné pozorovat jev, kdy dřeviny rostoucí na ploše Denisových sadů ztrácejí listy z korun stromů pozvolněji, než je tomu u dřevin v lokalitě parku Špilberk.

Tab. 2: Průměrné hodnoty naměřené prostupnosti světla modelových rostlin

Lokalita	Datum	27.03.2017	24.04.2017	17.05.2017	19.06.2017	19.08.2017	23.08.2017	25.09.2017	16.10.2017
	Taxon	Prostupnost světla ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)							
Denisovy sady	<i>Tilia cordata</i>	520	85	70	26	22	25	40	90
	<i>Tilia cordata</i>	580	13	15	14	10	16	29	109
	<i>Platanus × hispanica</i>	715	130	100	72	49	53	70	146
	<i>Acer platanoides</i>	405	73	81	53	47	80	99	120
	<i>Acer platanoides</i>	175	103	100	110	86	59	36	106
Park Špilberk	<i>Tilia cordata</i>	420	126	89	34	20	15	25	46
	<i>Tilia cordata</i>	220	170	147	150	107	101	109	140
	<i>Platanus × hispanica</i>	750	420	300	74	59	60	62	300
	<i>Acer platanoides</i>	389	111	24	18	46	55	98	240
	<i>Acer platanoides</i>	1090	135	81	78	76	34	50	203

Hodnocení obsahu chlorofylu v listech

Hodnocení obsahu chlorofylu v listech začalo v termínu 24. 4. 2017, kdy už bylo toto měření možné provést s ohledem na dostatečnou velikost listů. Naměřené průměrné hodnoty obsahu chlorofylu v listech modelových dřevin jsou uvedeny v Tab. 3. Obsah chlorofylu v listech modelových rostlin se postupně s časem zvyšoval, až dosáhl svého maxima, charakteristického dle druhu modelové rostliny. Posléze docházelo k jeho poklesu. Byly zjištěny rozdíly v rychlosti tvorby a degradace chlorofylu v závislosti na lokalitě, na které se vyskytovaly hodnocené modelové dřeviny.

Tab. 3: Průměrné hodnoty obsahu chlorofylu v listech modelových rostlin

Lokalita	Datum	27.03.2017	24.04.2017	17.05.2017	19.06.2017	19.08.2017	23.08.2017	25.09.2017	16.10.2017
	Taxon	Obsah chlorofylu v listech (mg.cm ⁻³)							
Denisovy sady	<i>Tilia cordata</i>	-	0,012	0,028	0,037	0,036	0,036	0,033	0,028
	<i>Tilia cordata</i>	-	0,027	0,384	0,033	0,044	0,049	0,038	0,038
	<i>Platanus × hispanica</i>	-	0,011	0,016	0,036	0,038	0,029	0,027	0,025
	<i>Acer platanoides</i>	-	0,013	0,030	0,032	0,043	0,029	0,027	0,014
	<i>Acer platanoides</i>	-	0,017	0,029	0,032	0,037	0,033	0,033	0,027
Park Špilberk	<i>Tilia cordata</i>	-	0,007	0,030	0,036	0,033	0,025	0,025	0,025
	<i>Tilia cordata</i>	-	0,009	0,027	0,037	0,041	0,044	0,030	0,024
	<i>Platanus × hispanica</i>	-	0,018	0,018	0,021	0,022	0,015	0,015	0,008
	<i>Acer platanoides</i>	-	0,009	0,016	0,021	0,025	0,025	0,022	0,010
	<i>Acer platanoides</i>	-	0,008	0,024	0,027	0,025	0,303	0,021	0,009

Diskuze

Pro sledování vlivu mikroklimatu na fenologické projevy dřevin byly vybrány dvě různé lokality v centrální části města Brna. Lokality se od sebe liší zejména množstvím a typem vegetace a rovněž přítomností zpevněných ploch. Před samotným započítáním fenologického sledování dřevin byla na obou stanovištích provedena inventarizace dřevin. Podrobné informace jsou uvedeny v práci Čadová (2018). Na jejím základě byly na obou stanovištích vytipovány shodné taxony dřevin, na kterých se posléze prováděla jednotlivá měření a pozorování fenologických dat.

Lokalita Denisových sadů reprezentuje extrémní stanoviště pro růst dřevin. Dřeviny se zde nacházejí v širších sponech s velice řídkým zastoupením keřového a bylinného patra. Okolí

dřevin zde rostoucích je ve většině případů, buď přímo vystaveno nadměrnému sešlapu v hlavní kořenové zóně, nebo se jedná o nějakou formu zpevněné plochy. Za těchto podmínek dochází k většímu přehřívání povrchů. Tuto skutečnost lze demonstrovat i na základě Grafu 4, kde lze pozorovat, že na lokalitě Denisových sadů ani v období vyššího úhrnu srážek (27.4.2017 – 3.5.2017) nedocházelo k takovému zvýšení půdní vlhkosti, jako je tomu u lokality parku Špilberk. Vzhledem k tomu, že je tato lokalita situována směrem na jih, je zde předpoklad vyššího výskytu extrémních teplot. Nejvyšší průměrná teplota byla v roce 2017 zaznamenána dne 1. 8. 2017 (28,8 °C), při maximu v průběhu dne 35,4 °C, nejvyšší maximální teplota však byla v roce 2017 naměřena o dva dny později, 3. 8., a to 37,1 °C. Vzhledem k suššímu prostředí na této lokalitě zde nedocházelo k masivnějšímu rozvoji padlí, které pro svůj rozvoj vyžaduje specifické podmínky vázané na vlhkost. Na listech modelových rostlin byly však patrné projevy stresových podmínek, ve kterém dřeviny rostly. Jednalo se zejména o poškození, která bývají spojována s poškozeními listového aparátu vlivem sucha.

Lokalita parku pod Špilberkem reprezentuje místo s vhodnějšími podmínkami pro růst dřevin ve srovnání s lokalitou Denisových sadů. Na této lokalitě byly v průběhu vegetačního období zaznamenány vyšší hodnoty vlhkosti půdy v horizontu 10 – 30 cm ve srovnání s lokalitou Denisových sadů. Tuto skutečnost lze najít i v práci Rožnovský *et al.* (2017). Je to možné vysvětlit i tím, že půdy v této lokalitě jsou méně skeletovité než v Denisových sadech a srážky zasakují nejprve do svrchní vrstvy a až následně do hlubších vrstev. Dřeviny se zde nacházejí rovněž ve větší koncentraci než na lokalitě Denisových sadů a tudíž je zde možné předpokládat i jejich příznivý vliv na teplotu a vlhkost vzduchu v jejich okolí. V případě výskytu srážek v roce 2017 se jednalo o srážky s nízkým úhrnem, který ve většině případů neovlivňoval půdní vlhkostní podmínky. V důsledku toho se i zde na této ploše objevovalo poškození dřevin suchem. Ve srovnání s lokalitou Denisových sadů však k projevům poškození dřevin suchem docházelo později. Na této lokalitě byl pozorován rozvoj padlí zejména na listech javorů. Co se týče fenologického sledování dřevin, z výsledků vyplývá, že dřeviny rostoucí na lokalitě Denisových sadů začínají rašit dříve než dřeviny, rostoucí na lokalitě parku Špilberk. Dhimi *et al.* (2011) uvádějí, že u dřevin, které jsou ve větší míře ovlivněné městským prostředím, dochází k dřívějšímu nástupu fenofází ve srovnání s dřevinami rostoucími v méně urbanizovaném prostředí. Ke žloutnutí a opadu listů rovněž docházelo na lokalitě Denisových sadů dříve, než u dřevin rostoucích v lokalitě parku Špilberk. Min (2000) prováděl pozorování dřevin ve dvou městských lokalitách. Dospěl k závěrům, že dřeviny, které rostou na místech s většími plochami zeleně a vzdálenějšími od

centra města, docházejí do jednotlivých fenologických fází opožděně o 3 - 10 dnů, ve srovnání s dřevinami rostoucími blíže centra na plochách s vyšší zastavěnou plochou. V případě sledovaných lokalit se však jednalo zřejmě o vliv expozice terénu, kdy jižní svahy Denisových sadů byly teplejší a vlivem skeletovitější půdy i záhřevnější než v parku pod Špilberkem, rovněž i z důvodu menšího zastínění okolním porostem.

Průměrné denní teploty v měsíci březnu pozvolně stoupaly. Rašení téměř všech sledovaných dřevin bylo zaznamenáno koncem března, kdy se průměrná denní teplota v některých dnech dostala až na 15 °C a začaly narůstat teplotní sumy nad 10 °C. Po relativně teplém období došlo od 18. dubna k výraznému poklesu teplot a průměrná denní teplota klesla až k 2 °C s nočním výskytem mrazů. Dne 21.4.2017 byla zaznamenána teplota vzduchu ve 2 m -2,2 °C . To mělo za následek poškození listů a květů, zejména platanů, jejíž květy se již dále nevyvíjely. Po chladném období v dubnu průměrné denní teploty stoupaly. Nejvyšší teploty byly zaznamenány na přelomu července a srpna. Od začátku srpna pak postupně průměrné denní teploty klesaly. Rychlý vzestup teplot v dubnu, společně s vyšším úhrnem srážek v období od 27.4.2017 – 3.5.2017, měl za následek rychlejší nástup jednotlivých fenologických fází modelových dřevin. K podobným výsledkům dospěli i Santhos a Simey (2013). V této době je možné pozorovat rovněž zvýšení vlhkosti půdy (viz. Graf 3 a Graf 4). Po tomto období se však další výraznější srážky nedostavily. Stejně tak klesala vlhkost půdy a vlhkost vzduchu. Během července a srpna došlo k opětovnému zvýšení vlhkosti půdy. K výraznějšímu zvyšování vlhkosti půdy a i teplot půdy docházelo zejména v půdním profilu 10 – 30 cm, v případě Denisových sadů vlhkost vzrůstala i ve vrstvě 40 – 60 cm, což bylo umožněno propustnější skeletovitější půdou a případně i okolními zpevněnými cestami, z nichž voda mohla stékat do okolí. V průběhu měsíce července a srpna byla zaznamenána velmi nízká vlhkost vzduchu. Dřeviny byly vystaveny suchu, nízké vzdušné vlhkosti a vysokým teplotám, následkem čehož docházelo k postupnému zasychání listů. Zhruba od začátku měsíce září docházelo k postupnému snižování průměrných denních teplot. V polovině měsíce září byl zaznamenán první opad listů, který pokračoval i v následujícím období. Na ploše Denisových sadů však listy u modelových dřevin vydržely na stromech déle ve srovnání s opadem listů modelových rostlin na lokalitě parku Špilberk.

Z hlediska měření prostupnosti světla korunami stromů vyplývá, že vyjádření tohoto parametru více méně korespondovalo s fenologickými pozorováními na obou lokalitách. Na základě získaných výsledků lze rovněž demonstrovat, že v lokalitě Denisových sadů docházelo v jarním období k rychlejšímu zapojování korun a v podzimním období k pomalejšímu opadu listů, což mohlo být způsobeno právě vyššími teplotami,

zaznamenanými v lokalitě Denisových sadů. Edmondson *et al.* (2016) uvádí, že městské oblasti se zvýšenou koncentrací zástavby mohou změnit fenologii rostlin tak, že ve městech je prodlouženo období vegetace o 20 % ve srovnání s venkovskou vegetací.

Z výsledků je vyvodit, že modelové dřeviny na ploše Denisových sadů, ve srovnání s modelovými dřevinami v lokalitě parku Špilberk, vykazují vyšší průměrné hodnoty obsahu chlorofylu v listech. Je možné rovněž pozorovat rozdíly mezi sledovanými taxony dřevin, kde je zřejmé, že u modelových rostlin *Platanus x hispanica* a *Acer platanoides* docházelo na ploše parku Špilberk v závěru vegetace k rychlejšímu poklesu obsahu chlorofylu v listech modelových rostlin ve srovnání s rostlinami rostoucími v lokalitě Denisovy sady. U druhu *Tilia cordata* degradace chlorofylu v listech modelových rostlin probíhala přibližně stejně na obou lokalitách. Na platanu z lokality parku pod Špilberkem lze sledovat, že již v srpnu měly jeho listy nízký obsah chlorofylu. Toto výrazné snížení bylo způsobeno škůdcem *sít'natka platanová*, který způsobil rozsáhlé posátí listů. Posátí se objevilo i na platanu na druhé lokalitě, zde se však škůdce tak masivně nerozšířil.

Závěr

Význam dřevin pro člověka byl již popsán v mnohých publikacích a je nepopiratelný. Na to, aby dřeviny plně využívaly svého potenciálu, potřebují optimální podmínky pro svůj růst a vývoj. Městské prostředí je velmi specifické pro růst dřevin. V městském prostředí působí řada negativních stresových faktorů, které snižují tyto funkční a estetické vlastnosti dřevin, jako je například vyšší teplota a nižší vlhkost jak vzduchu, tak i půdního prostředí. V městském prostředí se vyskytují lokality se zvýšenou koncentrací zeleně a pak lokality s vyšší koncentrací budov a zpevněných ploch. Pro účely sledování fenologických fází dřevin v návaznosti na mikroklima stanoviště byly vybrány dvě lokality v centrální části města Brna. Na těchto lokalitách byly zaznamenávány vlhkostní a teplotní charakteristiky a byly konfrontovány s fenologickými pozorováními modelových dřevin rostoucích na těchto lokalitách.

Z výsledků těchto pozorování je možné konstatovat, že lokalita Denisovy sady se vyznačuje vyšším působením negativních faktorů ve srovnání s lokalitou parku Špilberk. Do těchto negativních faktorů lze zahrnout působení vyšších teplot, jakož i jejich výraznějších výkyvů, nižší vlhkostí vzduchu a půdní vlhkostí, vázanou na vyšší podíl zpevněných ploch na tomto stanovišti. Reakce nástupu dřevin do jednotlivých fenologických fází úzce reaguje na tyto faktory. V lokalitě Denisových sadů jednotlivé fenofáze nastupovaly v průměru o čtyři dny

dříve. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že rozdílné mikroklima těchto dvou lokalit mělo vliv na nástup dřevin do jednotlivých fenofází.

Literatura

- BULÍŘ, P. (2009). Fenologie vybraných dřevin v zahradní a krajinářské tvorbě. Disertační práce. Lednice: ZF MENDELU. 175 s.
- ČADOVÁ, B. (2018). Hodnocení dřevin rostoucích v rozdílných stanovištních podmínkách města Brna. Diplomová práce. Lednice: ZF MENDELU. 99 s.
- EDMONDSON, J.,L., STOTT, I., DAVIES, Z.,G., GASTON, K., J., LEAKE, J., R. (2016). Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. Scientific Report. No.6, 33708. DOI: 10.1038/srep33708 (2016).
- DHAMI, I., GAZAL, K., WARNER, GAZAL, T., M., SUDI KSHA, R., J. (2011). Phenology of trees and urbanization: A comparative study between New York City and Ithaca, New York. Geocarto International. No26. s. 1-20. DOI: 10.1080/10106049.2011.607517.
- HÁJKOVÁ, L. *et al.* (2012) *Atlas fenologických poměrů Česka: Atlas of the phenological conditions in Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-98-8.
- MIN, M., M. (2000). Comparison of phenological characteristics for several woody plants in urban climates. Journal of Plant Biology, No. 43, Vol.1, s. 10-17.
- ROSENZWEIG, C., CASASSA, G., KAROLY, D.J., IMESON, A., LIU, C., MENZEL, A., RAWLINS, S., ROOT, T.L., SEGUIN, B., TRYJANOWSKI, P. (2007). Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, Linden PJvd, Hanson CE (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
- ROŽNOVSKÝ, J., *et al.* (2017). Microclimate Evaluation of the Hradec Králové City using HUMIDEX. *Contributions to Geophysics and Geodesy*. No47, Vol. 3, s. 431-442.
- RÓZOVÁ, Z., HEČKOVÁ, Z., JENISOVÁ, Z. *et al.* (2013). Environmentálne aspekty urbanizovaného prostredia. *Fakulta prírodných vied UFK v Nitre, Nitra. Prírodovedec č. 534*. 1. vydání. 390 stran. ISBN 978-80-558-0388-3
- SANTOS, H., V., SIMEY, C. F. (2013). Phenology of urban tree species in the City of Taubaté, São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Arborização Urbana*. No 8. s. 01-16.

SUPUKA, J. (1988). Comparative Phenology of Urban Greenery woody species – Reflection of changed ecological conditions. *Folia Dendrologica* 15. Bratislava: Veda, Vydavateľstvo slovenskej akademie vied. s. 267 – 283.

TOLASZ, R., *et al.* (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).

ZHONGKUI, L., OSBERT, S., QUANSHENG, G., WENTING, X., ZHENG, J. (2007). Phenological responses of plants to climate change in an urban environment. *Ecological Research*. No. 22, Vol. 3. s. 507-514. DOI 10.1007/s11284-006-0044-6.

ZOHNER, C., M., RENNER, S., S. (2019) Ongoing seasonally uneven climate warming leads to earlier autumn growth cessation in deciduous trees. *Oecologia*, Vol. 189, Issue 2, s. 549 – 561.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_017/0002334 Výzkumná infrastruktura pro mladé vědce a současně za podpory projektu IGA - ZF/2019 - AP014 Vliv změny klimatu na fenologické projevy rostlin.

Kontakt

Doc. Dr. Ing. Petr Salaš

Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

Zahradnická fakulta - Mendelova univerzita v Brně

Valtická 337, 691 44 Lednice

Tel.: +420 519 367 322

E-mail: petr.salas@mendelu.cz