

# *MIKROKLIMATICKÉ ÚČINKY MLADÉHO SMREKOVÉHO PORASTU*

## *MICROCLIMATIC EFFECTS OF A YOUNG SPRUCE FOREST*

**Matejka<sup>1</sup>, F., Hortalová<sup>1</sup>, T., Rožnovský<sup>2</sup>, J., Janouš<sup>3</sup> D.**

<sup>1</sup> Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 842 28 Bratislava, Slovenská republika.

<sup>2</sup> Ústav krajinné ekológie MZLU v Brne, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

<sup>3</sup> Ústav ekológie krajiny AV ČR, Na sádkách 7, 370 03 České Budějovice, Česká republika.

### **Abstract**

The results of the microclimatic profile measurements obtained in Moravian-Silesian Beskids at Bílý Kříž (49° 30' 17'' lat., 18° 32' 28'' long., 898-908 m a.s.l.) were evaluated with the aim to analyse and quantify the microclimatic conditions at an interface between the young Norway spruce forest and the surrounding atmosphere. The zero plane displacement, roughness length and drag coefficients were compared with the corresponding values for other surfaces. It was found that during the well-lighted part of a day the maximum air temperature level occurs in the lowest part of the canopy or near the soil surface. However, as to the vertical distribution of air humidity, the existence of two sources of water vapours is evident. One of these sources is created by the soil surface and the second is located in the upper part of the canopy where the most intensive transpiration is going on.

### **Úvod**

Lesné porasty významne ovplyvňujú procesy výmeny hmoty a energie medzi zemským povrchom a atmosférou, preto sa ich klimatické účinky zreteľne prejavujú v rôznych priestorových mierkach. Toky tepla a vodnej pary v najnižších vrstvách ovzdušia závisia v značnej miere od charakteristík rozhrania medzi zemským povrchom a atmosférou. Pritom sa význam zemského povrchu ako klímotvorného činiteľa zdá byť ešte stále podceňovaný (Kabát et al., 1998). Prehĺbenie súčasných poznatkov o fyzikálnych parametroch tohto rozhrania je aktuálne aj z hľadiska problematiky zmeny klímy (Garratt, 1993).

V prípade zemského povrchu pokrytého rastlinným porastom toto rozhranie predstavuje časť mikroklimatickej sféry, kde sú veterné, teplotné a vlhkostné pomery najintenzívnejšie ovplyvňované povrchom porastu. Napriek tomu, že výskumu mikroklimy lesa bola doteraz venovaná značná pozornosť, nepodarilo sa ešte stále uspokojivo kvantifikovať charakteristiky rozhrania medzi lesným porastom a atmosférou s ohľadom na rôzny druh a vek porastu pre rôzny sklon a rôznu orientáciu experimentálnej plochy, ako aj s prihliadnutím na pôdne

a hydrologické pomery uvažovanej lokality. Preto sú v tomto smere nevyhnutné ďalšie výskumné aktivity.

Touto požiadavkou bola motivovaná aj analýza vplyvu mladého smrekového porastu rastúceho vo vrcholových partiách Moravsko-Sliezskych Beskýd na veterné, teplotné a vlhkosťné charakteristiky najnižších vrstiev okolitého ovzdušia. Niektoré výsledky tejto analýzy sú prezentované v predložennom príspevku.

## **Materiál a metódy**

Výsledky mikroklimatických profilových meraní použité v tejto práci boli získané na experimentálnom ekologickom pracovisku oddelenia ekologickej fyziológie Ústavu ekológie krajiny AV ČR v Brne, ktoré je situované v lokalite Bílý Kříž v Českej republike (49° 30' 17'' severnej šírky, 18° 32' 28'' východnej dĺžky). Experimentálny porast smreku obyčajného (*Picea abies* (L). Karst) sa nachádza vo vrcholovej časti Moravsko-Sliezskych Beskýd v nadmorskej výške 898 až 908 m na miernom juho-juhozápadnom svahu s maximálnym sklonom 13%. Porast bol založený v roku 1981 výsadbou štvorročných sadeníc v severojužne orientovaných radoch so sponom 2x1 m. Hustota porastu bola niekoľkokrát redukovaná pestovateľskými zásahmi, až vo vegetačnom období roku 1997 dosiahla hodnotu 2600 stromov na hektár. Na začiatku sledovaného obdobia bola priemerná výška stromov 5,80 m, a projekčný index listovej plochy bol 5,61.

Vo vegetačnom období roku 1997 prebiehali v tejto lokalite kontinuálne mikroklimatické gradientové merania rýchlosti vetra, teploty a vlhkosti vzduchu. Ako snímače rýchlosti vetra boli použité miskové anemometre AN1, teplota a relatívna vlhkosť vzduchu bola meraná teplomermi a vlhkomermi RHA1. Snímače meraných veličín boli inštalované na 12 metrov vysokom kovovom stožiarovi vo výškových hladinách 2, 5, 6, 7, 8 a 11 metrov nad povrchom lesnej pôdy. Stožiar bol zhotovený z oceľových trubiek a mal horizontálny prierez tvaru rovnostranného trojuholníka s dĺžkou strany len 50 cm, takže jeho umiestnenie do porastu prakticky nenarušilo mikroklimatické pomery v poraste a tesne nad ním.

Výsledky mikroklimatických gradientových meraní boli registrované pomocou meracej ústredne DL-3000, ktorá bola umiestnená pod meteorologickým stožiarom v kovovej skrinke chrániacej meráciu ústredňu pred nepriaznivými vplyvmi počasia. Snímače boli pripojené k meracej ústredni tienými káblami. Celý merací systém bol dodaný ako celok firmou

DELTA-T Devices Ltd, čo zaručovalo vzájomnú kompatibilitu jednotlivých častí. Snímače meraných veličín boli u dodávateľa v danej konfigurácii okalibrované.

Pre podrobnú analýzu boli z obdobia máj až október 1977 vybrané jasné a zamračené dni. Vzhľadom na to, že v mesiaci júni sa nevyskytol ani jeden jasný deň, bol súbor jasných dní doplnený o deň 4.6.1977, v ktorom síce priemerná oblačnosť prekročila 2 desatiny pokrytia oblohy, avšak stalo sa tak v dôsledku vývoja malej kopovitej oblačnosti v popoludňajších hodinách, pričom denný chod globálneho žiarenia zodpovedal až do 14. hodiny situácii počas typického jasného dňa.

## Výsledky a diskusia

Mikroklima lesných porastov sa formuje a vyvíja ako dôsledok špecifických vlastností tohto typu vegetácie, ktorý je charakteristický značným vertikálnym rozmerom, členením do jednotlivých vegetačných vrstiev (korunová, kmeňová, podrastová, pôdna) a značnou biomasou (Šamaj et al., 1994). S takouto zložitou štruktúrou lesných porastov súvisia aj vysoké hodnoty drsnosti povrchu korún stromov a koeficientu trenia. Preto sa mikroklimatické účinky lesných porastov výrazne prejavujú modifikáciou poľa prúdenia vzduchu v lesnom poraste a vo vrstve ovzdušia nad ním. Porovnanie hodnôt koeficientu dynamickej drsnosti a koeficientu trenia pre rôzne druhy aktívneho povrchu svedčí o tom, že podmienky pre intenzívne ovplyvňovanie poľa vetra spĺňa aj analyzovaný mladý smrekový porast v lokalite Bílý Kříž. (tab. 1 a tab. 2).

Tab. 1. Aerodynamické charakteristiky analyzovaného smrekového porastu v porovnaní so zodpovedajúcimi hodnotami pre vybrané druhy povrchu (podľa Suttona 1953).

<b>Povrch</b>	<b>efektívna výška porastu [m]</b>	<b>koef. dynam. drsnosti [m]</b>
hladký povrch ľadu	-	0,00001
piesok	-	0,0003
pokojná vodná hladina	-	0,0001 - 0,1
sneh	-	0,001 - 0,5
tráva	0,07 - 0,66	0,003 - 0,1
obilniny	0,1 - 0,7	0,04 - 0,2
<b>analyzovaný porast</b>	<b>4,0</b>	<b>0,71</b>
listnatý les	20	1 - 6
ihličnatý les	30	1 - 6

Tab. 2. Hodnoty koeficientu trenia pre analyzovaný smrekový porast v porovnaní so zodpovedajúcimi hodnotami pre vybrané druhy povrchu (podľa Suttona, 1953).

<b>Povrch</b>	<b>koeficient trenia</b>
pokojná vodná hladina	0,002
rastlinný porast do 0,1 m výšky	0,005
hustá tráva do 0,1 m výšky	0,016
hustá tráva do 0,5 m výšky	0,032
<b>analyzovaný porast</b>	<b>0,159</b>

Z údajov uvedených v tabuľkách č.1 a č.2 vyplýva, že aerodynamické charakteristiky analyzovaného mladého smrekového porastu v lokalite Bílý Kříž síce ešte nedosahujú hodnoty typické pre dospelé lesné porasty, avšak už sa výrazne líšia od situácie charakteristickej pre porasty poľných plodín. Účinky mladého smrekového porastu na pole prúdenia vzduchu v najnižších vrstvách ovzdušia možno teda považovať za slabšie než v prípade dospelých lesných porastov, avšak podstatne intenzívnejšie v porovnaní s porastami poľných plodín.

Vlhkosť vzduchu v lesných porastoch je ovplyvnená dvoma základnými zdrojmi vodnej pary, a to povrchom listov a povrchom lesnej pôdy (Šamaj et al., 1994). Vzhľadom na to, že osvetlené listy transpirujú oveľa intenzívnejšie než zatienené, je zdroj vody pre transpiráciu lokalizovaný do hornej časti korún. V súvisi s tým sa lesné porasty všeobecne pokladajú za štruktúrovanú dvojzdrojovú mikroklimaticky aktívnu vrstvu. V priestore hornej časti korún a na povrchu lesnej pôdy teda možno podľa výsledkov doteraz publikovaných prác očakávať najvyššie hodnoty vlhkosti vzduchu (tab. 3)

Tab. 3. Zmeny denných priemerov tlaku vodnej pary  $e$  a relatívnej vlhkosti  $rv$  s výškou v mladom smrekovom poraste (Baumgartner, 1956).

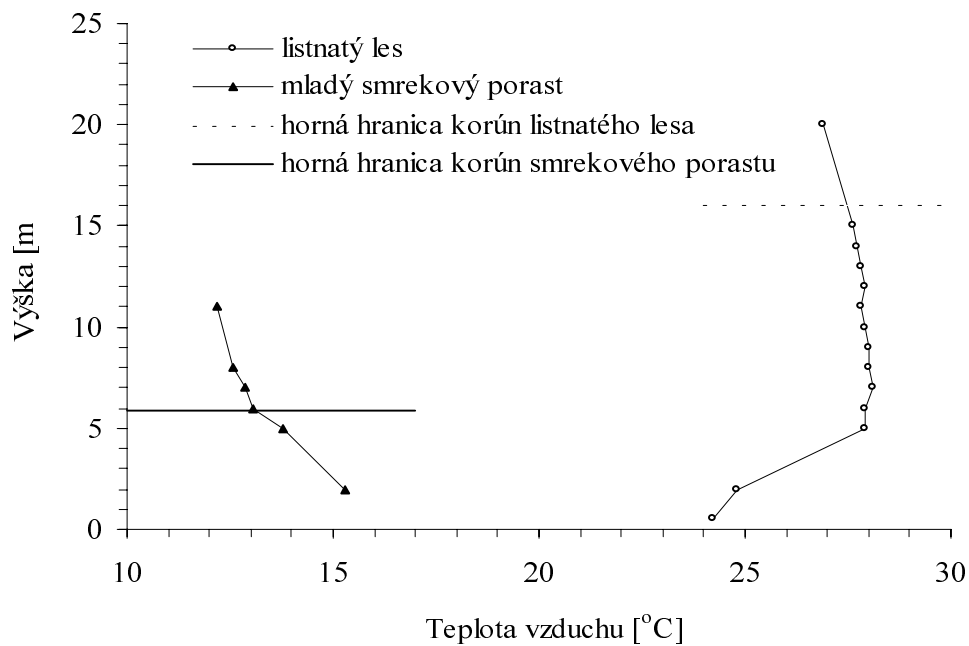
<b>Výška [m]</b>	<b>Úroveň v poraste</b>	<b><math>e</math> [mb]</b>	<b><math>rv</math> [%]</b>
10	nad porastom	15,9	63
5	vrcholky stromov	14,9	63
3	korunová vrstva	<b>16,3</b>	<b>70</b>
2	kmeňová vrstva	15,6	69
1.5	kmeňová vrstva	15,3	71
0.2	povrch pôdy	<b>16,7</b>	<b>79</b>

Skutočnosť, že existencia dvoch zdrojov vodnej pary signifikantne ovplyvňuje najmä pole vlhkosti vzduchu v mikroklimatickom priestore lesného porastu sa potvrdila i v prípade analyzovaného mladého smrekového porastu v lokalite Bílý Kříž. I v tomto poraste sa vyskytli vertikálne profily tlaku vodnej pary s maximálnou hodnotou v úrovni hornej hranice korún stromov, pričom nad touto hladinou a pod ňou vlhkosť vzduchu klesala. Takéto vertikálne rozdelenie vlhkosti vzduchu s výškou sa často vyskytovalo najmä v poludňajších hodinách jasných dní, keď je vertikálny profil vlhkosti vzduchu najviac ovplyvnený zdrojmi vody (tab. 4).

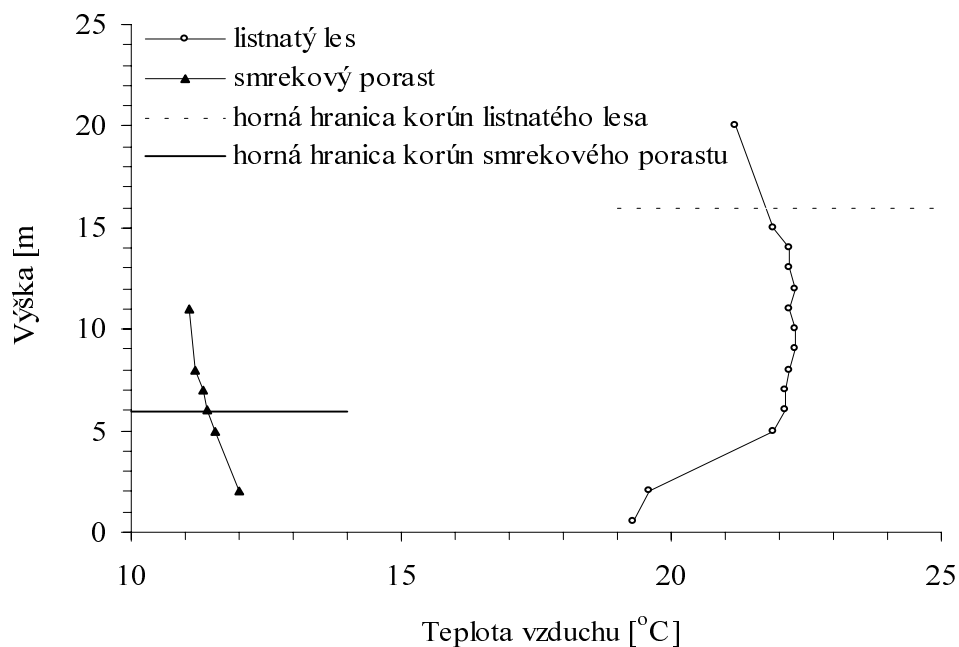
Tab. 4 Zmeny denných priemerov tlaku vodnej pary  $e$  a relatívnej vlhkosti  $rv$  s výškou v analyzovanom mladom smrekovom poraste za jasného dňa 17.8.1997

Výška [m]	Úroveň v poraste	$e$ [mb]	$rv$ [%]
11	nad porastom	1045	58,7
8	nad porastom	1024	57,4
7	nad porastom	1066	59,4
6	vrcholky stromov	<b>1091</b>	<b>61,3</b>
5	korunová vrstva	1049	60,0
2	korunová vrstva	1136	<b>70,4</b>

Existencia dvoch zdrojov vody pre transpiráciu, resp. výpar z pôdy nevlýva len na rozdelenie vlhkosti vzduchu v lesnom poraste a nad ním ale môže prostredníctvom evaporačného ochladzovania príslušných výškových hladín ovplyvňovať aj vertikálne profily teploty vzduchu v danom mikroklimatickom priestore. Výsledky analýzy teplotných pomerov v mladom smrekovom poraste a tesne nad ním ukázali, že maximálne hodnoty teploty vzduchu sa v denných hodinách obyčajne vyskytovali v hladine 2 m nad povrchom lesnej pôdy, pričom na úrovni vrcholkov stromov bol vzduch o niečo chladnejší, napriek tomu, že na úrovni hornej hranice porastu je absorpcia slnečného žiarenia a s tým súvisiace zahrievanie povrchu porastu najintenzívnejšie. Možno teda konštatovať, že v denných hodinách dochádza k zvýšeniu teploty vzduchu v korunovom priestore, najmä v jeho nižších hladinách. V hornej časti korún je vzduch o niečo chladnejší, čo možno vysvetliť tým, že strata latentného tepla z vyparujúceho povrchu porastu je najväčšia v osvetlenej časti korún, kde je najintenzívnejšia transpirácia. Túto skutočnosť ilustruje obrázok č. 1, na ktorom sú zakreslené vertikálne zmeny priemernej teploty vzduchu pre jasné dni o 12 hodine.



Obr. 1. Vertikálne zmeny teploty vzduchu o 12. hodine pre rôzne lesné porasty (priemerné hodnoty pre jasné dni z obdobia máj-október).



Obr. 2. Vertikálne zmeny teploty vzduchu o 12. hodine pre rôzne lesné porasty (priemerné hodnoty pre zamračené dni z obdobia máj-október).

V ľavej časti obrázku je zakreslený vertikálny profil priemernej teploty vzduchu za jasných dní o 12. hodine v analyzovanom mladom smrekovom poraste. Pre porovnanie je v pravej časti obrázku znázornený vertikálny profil priemernej teploty vzduchu za jasných letných dní o 12. hodine v 16 m vysokom dubovo-hrabovom lese (Smolen a Matejka, 1982). Z obrázku vyplýva, že napriek rozdielom vo výške, štruktúre a architektúre oboch porastov bola teplota vzduchu v korunovom priestore vyššia než nad ním, teda vrstva korún stromov predstavuje v oboch prípadoch dominantný zdroj tepla pre najnižšie vrstvy ovzdušia. Toto konštatovanie platí aj pre zamračené dni, o čom svedčí obrázok č. 2.

## Záver

Pri určovaní typu mikroklimy rastlinných porastov sa obvykle rozlišujú dva základné prípady:

- mikroklima nízkeho rastlinného porastu, tvoreného len jednou vrstvou
- mikroklima viacvrstvovej rastlinnej pokrývky.

Na základe vykonanej analýzy možno konštatovať, že mladý smrekový porast v lokalite Bílý Kříž významne modifikuje teplotné, vlhkosťové a ventilačné pomery v poraste a tesne nad ním. Toto ovplyvňovanie polí rýchlosti vetra, teplota a vlhkosti vzduchu je oveľa intenzívnejšie v porovnaní s mikroklimatickými účinkami porastov poľných plodín. I keď v danom prípade ide o mladý porast, sú v ňom už celkom zreteľne vyvinuté znaky vertikálneho členenia porastu do dvoch vrstiev (povrch korún a povrch lesnej pôdy), na vrchole ktorých sú lokalizované zdroje tepla a vodnej pary. Z mikroklimatického hľadiska sa mladosť analyzovaného porastu prejavuje len nižšími hodnotami aerodynamických charakteristík v porovnaní so zodpovedajúcimi hodnotami aerodynamických charakteristík lesných porastov v štádiu dospelosti. Napriek týmto aerodynamickým odlišnostiam možno výsledok pôsobenia analyzovaného mladého smrekového porastu na najnižšie vrstvy ovzdušia charakterizovať ako príklad vytvárania mikroklimy lesa ako dvojvrstvovej rastlinnej pokrývky.

**Súhrn:** S cieľom analyzovať a kvantifikovať mikroklimatické podmienky na rozhraní medzi mladým smrekovým porastom a okolitým ovzduším boli vyhodnotené výsledky meraní vertikálnych profilov rýchlosti vetra, teploty a vlhkosti vzduchu. Experimentálne údaje boli získané v lokalite Bílý Kříž v Moravsko-Sliezskych ( $\phi = 49^{\circ} 30' 17''$ ,  $\lambda = 18^{\circ} 32' 28''$ ,  $H =$

898-908 m). Hodnoty efektívnej výšky porastu, koeficientu dynamickej drsnosti a koeficientu trenia boli porovnané so zodpovedajúcimi údajmi pre iné druhy povrchu. Zistilo sa, že počas svetlej časti dňa sa hladina teplotného maxima vyskytuje v najnižších častiach korunovej vrstvy alebo blízko povrchu pôdy. Z hľadiska vertikálneho rozdelenia vlhkosti vzduchu je zrejmá existencia dvoch zdrojov vodnej pary. Jeden z nich je tvorený lesnou pôdou a druhý je lokalizovaný v hornej časti korunovej vrstvy, kde dochádza k intenzívnej transpirácii.

**Kľúčové slová:** smrekový porast, mikroklima, prízemná vrstva atmosféry, aerodynamické charakteristiky, vertikálne profily.

**PodĎakovanie:** Prezentované výsledky boli získané vďaka čiastočnej podpore z finančných prostriedkov grantových projektov GA ČR č. 526/00/0485 a VEGA č. 2/7064/20.

## Literatúra

- BAUMGARTNER, A. 1956: Untersuchungen über die Wärme- und Wasserhaushalt eines jungen Waldes. Ber. Deutsch. Wetterdienstes, No. 28, 1–53
- GARRATT, J. R. 1993: Sensitivity of climate simulations to land-surface and atmospheric boundary layer treatments – a review. *Journal of Climatology*, 6, 419–449.
- KABAT, P., HUTJES, R., W. A., GASH, J. 1998: Land surface data in climate and weather models. The role of the land surface in controlling climate is still underestimated. *BAHC News*, 16, 8-10.
- SMOLEN, F., MATEJKA, F. 1982: Vertikálne zvrstvenie teploty vzduchu v produkčnom priestore dubovo-hrabového lesa. *Ekológia*, Vol. 1, č. 1, 1982, 26–36
- SUTTON, O. G. 1953. *Micrometeorology*: New York, McGraw-Hill Comp. Inc., 286 p.
- ŠAMAJ, F., PROŠEK, P., ČABAJOVÁ, Z. 1994: *Agrometeorológia a bioklimatológia*. [Vysokoškolské skriptá.] Bratislava, Univerzita Komenského, 306 s.

## Kontaktné adresy autorov

<sup>1</sup> Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 842 28 Bratislava, Slovenská republika.

<sup>2</sup> Ústav krajinné ekologie MZLU v Brne, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

<sup>3</sup> Ústav ekologie krajiny AV ČR, Na sádkách 7, 370 03 České Budějovice, Česká republika.