

ŠTÚDIUM MIKROKLÍMY A BIOKLÍMY HORSKÝCH LESNÝCH PORASTOV I. VERTIKÁLNA VARIABILITA

*Katarína Střelcová, Jozef Mind'áš,
Jaroslav Škvarenina, Ladislav Tužinský*

Abstract

Study of microclimate and bioclimate of forest stands. I. Vertical variability

The results of vertical profile measurements of air temperature, humidity and wind speed have been evaluated with aim to analyze and quantify the microclimatic conditions at an interface between the mature beech-spruce-fir forest stand and surrounding atmosphere. The experimental data were obtained in Pořana mountains at Workplace Hukavský grůň (19°29' lat., 48°39' long., 850 m a.s.l.). For the purpose of this work, the results of profile measurements from two summer days (sunny and cloudy) were used.

1. Úvod

Dokonalá znalosť mikroklímy a bioklímy lesných porastov má pre štúdium produkčných procesov drevín veľký význam. Vo vnútri lesných porastov sa vytvára špecifická fyzikálna a chemická mikroklíma, ktorá je na jednej strane formovaná fyziologickými vlastnosťami a štruktúrou porastu, na druhej strane sama ovplyvňuje fyziologické a teda aj produkčné procesy rastlín. Vzájomné ovplyvňovanie v systéme porast – atmosféra závisí nielen od vlastností a štruktúry porastu, ale v nemalej miere aj od konkrétnych meteorologických podmienok (poveternostnej situácie) v danom čase.

Odlíšné tvary lesných porastov spôsobené vekom, vertikálnym a horizontálnym zápojom korún stromov, druhom porast, rozdielnosťami stanovišťa a zmenami ovplyvnenými ľudskými zásahmi vytvárajú vždy špecifickú porastovú mikroklímu, premenlivú ako vlastné porasty (Petřík et al. 1986). Pod pojmom mikroklíma lesného porastu rozumíme mikroklímu korún stromov, ďalej klímu kmeňového priestoru, klímu lesného opadu aj s príslušným ovzduším

a klímu lesnej pôdy v priestore koreňovej sústavy (obr. 1).

Po obsahovej stránke sa preto zameranie a ciele výskumu mikroklimatických a bioklimatických pomerov líšia od úloh výskumu makroklimatických pomerov v rámci pôsobnosti hydrometeorologických ústavov.

V tomto príspevku si kladieme za cieľ posúdiť **vertikálnu variabilitu mikroklímy** v lesných porastoch s ohľadom na mikroklímu priestoru nad korunami, v korunách, v kmeňovom priestore a v pôde, pri rôznych poveternostných situáciách,

2. Metodika

Po metodickej stránke zisťovanie mikroklimatických a bioklimatických pomerov sa zásadne líši od metodiky zisťovania makroklimatických pomerov v staničnej sieti hydrometeorologických ústavov.

Prvým predpokladom úspešného sledovania mikroklimatických charakteristík je ich meranie vo vertikálnom a horizontálnom profile z

dôvodu značnej vertikálnej a horizontálnej heterogenity štruktúry porastu a vymedzenia zón významných z hľadiska tvorby asimilátov. Zložitá štruktúra lesných porastov vyžaduje organizačne a tiež prístrojovo náročný spôsob merania.

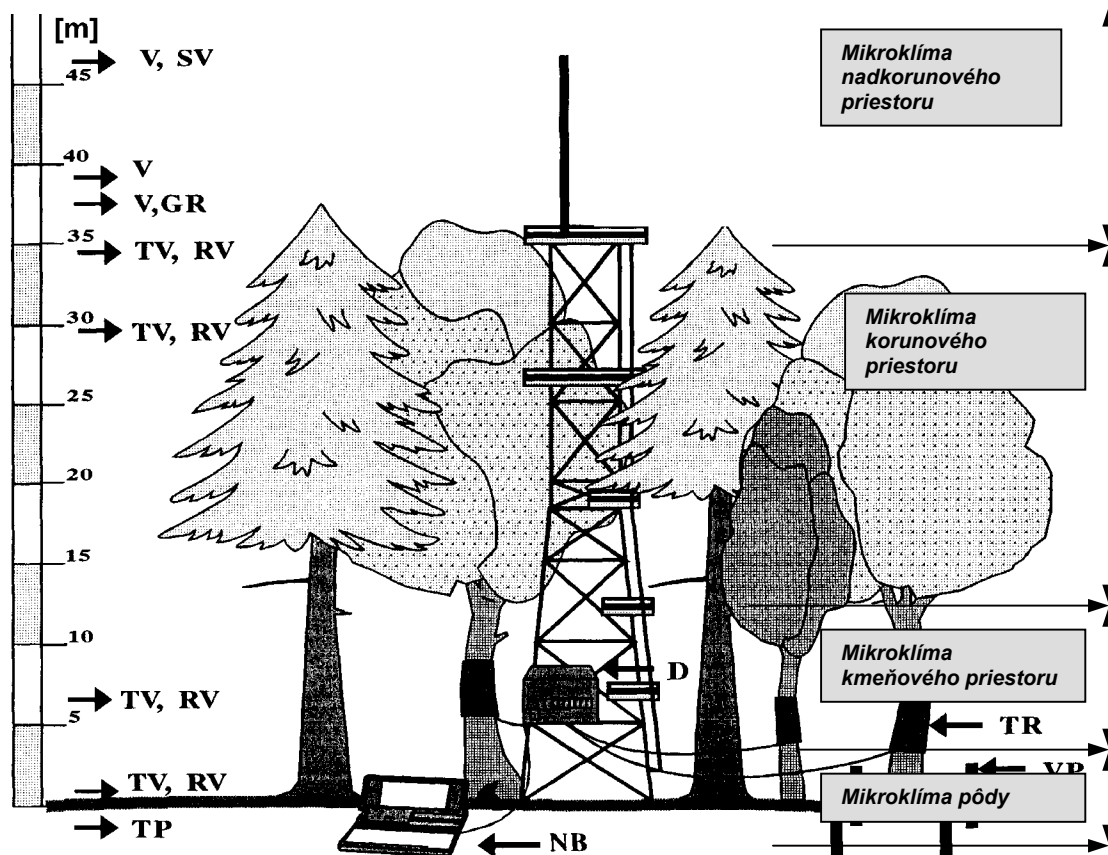
Druhým predpokladom štúdia mikroklimy porastov je kvalitné prístrojové vybavenie, ktoré je schopné dostatočne presne a dlhšie časové obdobie snímať hodnoty vybraných mikroklimatických charakteristík.

Za účelom sledovania vertikálnej heterogenity mikroklimy v profile lesného porastu sme merali prvky mikroklimy na meteorologickej veži vysokej 46,5 m v lokalite Poľana – Hukavský grúň, ktorej charakteristika je uvedená v tabuľke 1. Mikrometeorologické merania sa robili kontinuálne v 30 sekundovom intervale s automatizovaným režimom ukladania údajov spriemerovaných za 10 minút na

meráciu ústredňu DELTA-T. V pôde, kmeňovom, korunovom i nadkorunovom priestore lesného porastu boli merané nasledovné veličiny:

- teplota vzduchu – T_v (meracie hladiny 0,3 m, 7 m, 29,5 m, 34 m, 46,5 m nad povrchom pôdy),
- relatívna vlhkosť vzduchu – RV (meracie hladiny 0,3 m, 7 m, 29,5 m, 34,5 m, 46,5 m nad povrchom pôdy),
- teplota pôdy – T_p (hĺbky 0 – rozhranie opadanka-pôda, 5 a 10 cm),
- globálna radiácia nad porastom – GR (hladina 37 m),
- zrážky nad porastom – Z (hladina 37 m),
- smer vetra nad porastom – SV (hladina 46,5 m),
- rýchlosť vetra nad porastom – V (hladiny 46,5 m, 38,8 m a 37 m).

Schéma meraní je na obrázku 1.



Obrázok 1: Schematické zobrazenie merania prvkov mikroklim v nadkorunovom, korunovom, kmeňovom a pôdnom priestore, potenciálu pôdnej vody a transpiračného prúdu na TVP Poľana – Hukavský Grúň, *V* – rýchlosť vetra, *SV* – smer vetra, *GR* – globálna radiácia, *TV* – teplota vzduchu, *RV* – relatívna vlhkosť vzduchu, *TP* – teplota pôdy, *VP* – vodný potenciál pôdy, *TR* – transpiračný prúd, *D* – datalogger, *NB* – notebook

Tabuľka 1: Charakteristika výskumného objektu Hukavský grúň

Miesto	Hukavský grúň (porast 123b)
Zemepisná dĺžka	19° 29'
Zemepisná šírka	48° 39'
Nadmorská výška	850 – 860 m n. m.
Expozícia	Severo-východná
Lesná správa	Poľana
Lesný závod	Kriváň
Sklon	5 – 35 %
Reliéf terénu	Mierny svah
Geologický podklad	Vulkanity
Pôdne pomery	Kambizem
Priemerná ročná teplota	5,8 °C
Priemerný ročný zrážkový úhrn	853 mm
Klimatická oblasť	Mierne chladná
Lesný vegetačný stupeň	5
Skupiny lesných typov	Abieto-Fagetum
Priemerný vek porastov	90-120 rokov
Zastúpenie drevín	Bk-70,0%, Sm-19,6%, Jvh-4,9%, Js-2,0%, Os-0,3%
Zápoj	90 %

3. Výsledky a diskusia

Prítomnosť a štruktúra korunového zápoja ovplyvňuje mikroklimu stanovišťa pohlcovaním slnečného žiarenia, znižovaním rýchlosti vetra a zúčastňovaním sa ako zdroj, alebo spotreba (sink) na výmene hmoty a energie. Na druhej strane, prostredie okolo zapojených korún porastu ovplyvňuje fyziologické procesy, rast a vývoj porastu.

Pre ilustráciu denného režimu mikroklimy sledovaného lesného porastu sme vybrali jeden deň (6.júla) s kopovitou oblačnosťou a druhý deň s jasným počasím

(7. júla). Režim mikroklimy je určovaný najmä intenzitou globálneho žiarenia dopadajúceho na koruny lesného porastu (obrázok 2), teplotou a relatívnou vlhkosťou vzduchu (obrázok 2 a 3) aj rýchlosťou vetra (obrázok 4). Teplotno-vlhkostný režim lesného porastu je primárne určovaný intenzitou dopadajúcej slnečnej radiácie a synoptickou situáciou. Priebeh teploty vzduchu (*T_v*) v jednotlivých úrovniach porastu (kmeňovom priestore – meranie vo výške 7 m, korunovom priestore – meranie vo výške 29,5 m i nadkorunovom priestore s meraním vo výške 34 a 46,5 m) reaguje na okamžité zmeny intenzity globálneho

žiarenia s určitým oneskorením. V prípade anticyklonálneho typu počasia dňa 7. júla môžeme konštatovať, že oneskorenie denného maxima teploty za denným maximom intenzity globálneho žiarenia je vo všetkých vrstvách približne 2 hodiny. Časové oneskorenie sme vzhľadom na zameranie práce pomocou vzájomnej kovariačnej funkcie globálneho žiarenia a teploty vzduchu netestovali. Ako uvádzajú MATEJKA & HUZULÁK 1987, v prípade okamžitých hodnôt v dennom chode globálneho žiarenia a teploty, či vlhkosti vzduchu musíme uvažovať s určitým oneskorením v závislom časovom rade, v prípade, že ide o asynchrónnu koreláciu. Závislým časovým radom od slnečného žiarenia je teplota a vlhkosť vzduchu.

Uvedení autori testovaním hodnôt vzájomnej kovariačnej funkcie globálneho žiarenia a teploty vzduchu zistili, že oneskorenie maxima teploty vzduchu nad lesným porastom za maximom globálneho žiarenia počas dňa je 2 hodiny a 15 minút. Slnečné žiarenie pohltené aktívnym povrchom (vrstvou) má za následok zvýšenie teploty ovzdušia nad touto vrstvou turbulentnou výmenou tepla. Prehrievanie aktívnej vrstvy postupuje pomerne pomaly a tiež v prípade anticyklonálnych poveternostných situácií je turbulentná výmena menej intenzívna. Zvýšenie teploty vzduchu si z týchto dôvodov vyžaduje určitý čas. Atmosféra aj lesný porast predstavujú pomerne zotrvačné systémy. Rastlinné porasty v dôsledku pôsobenia vnútorných homeostatických mechanizmov reagujú so zreteľným oneskorením.

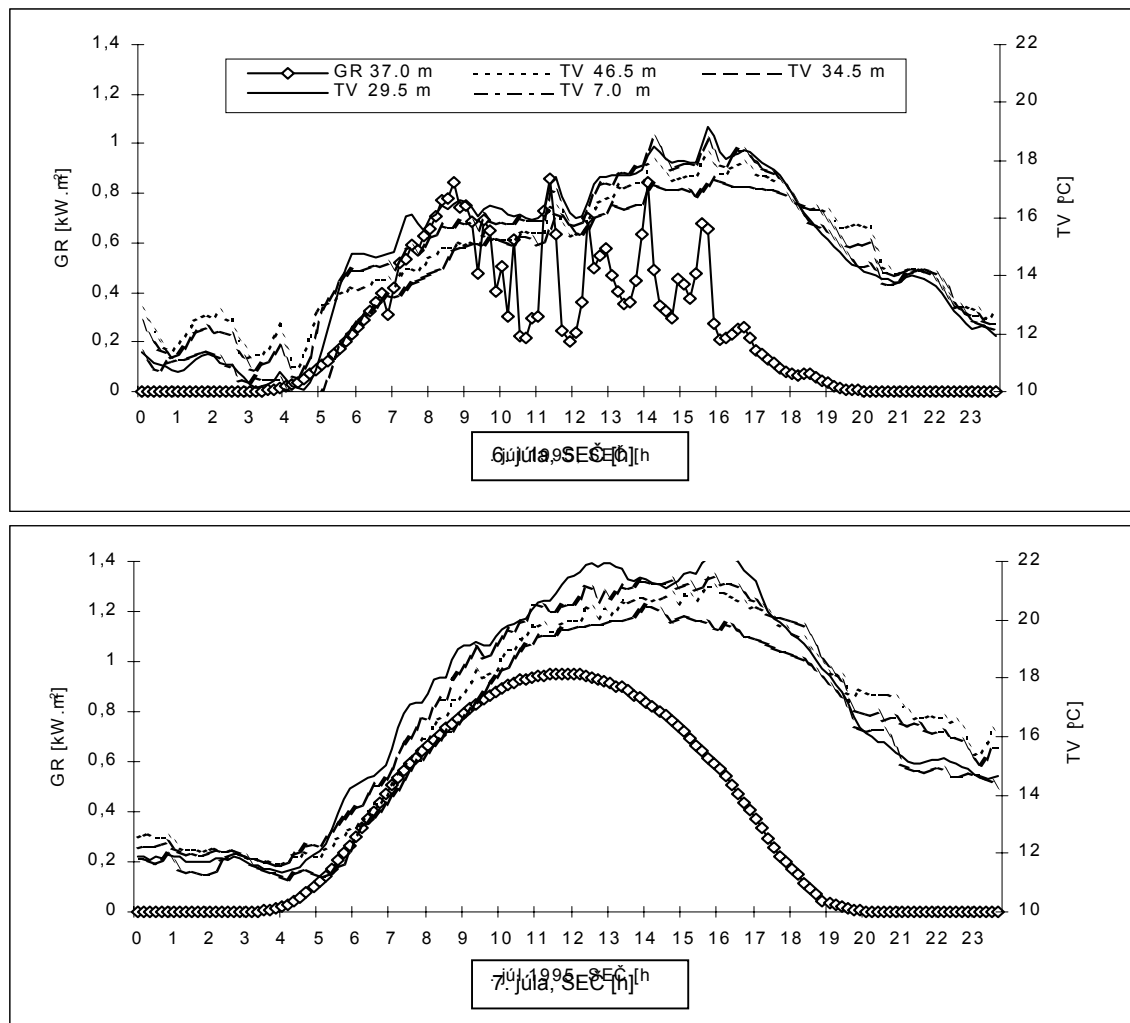
V dôsledku ranného vyžarovania aktívneho povrchu korún a pôdy v infračervenej oblasti spektra a následného ochladzovania vzduchu sa tesne pred východom Slnka vytvárajú vrstvy chladného vzduchu nad korunami a pri zemi, pričom vnútro korún je relatívne teplejšie (MINĎÁŠ & STŘELCOVÁ 1995). Časť studeného vzduchu steká k pôde, no napriek tomu ochladzovanie nad korunami

má za následok vytvorenie hrubej vrstvy chladnejšieho vzduchu nad korunami.

Počas jasného dňa hodnoty intenzity celkového žiarenia na poludnie dosiahli hodnotu $0,95 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, krivka žiarenia má typický tvar, zatiaľ čo konvektívna oblačnosť v druhom dni spôsobila kolísanie intenzity žiarenia s viacnásobným poklesom v poludňajších hodinách na hodnotu $0,2 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Popoludňajšia teplota vzduchu v aktívnej vrstve bola počas jasného dňa $21,8 \text{ }^\circ\text{C}$, zatiaľ čo počas dňa s kopovitou oblačnosťou dosiahla napoludnie len $16 \text{ }^\circ\text{C}$.

V dopoludňajších hodinách so zvyšujúcou sa insoláciou začína teplota vzduchu rýchlo stúpať vo všetkých úrovniach porastu a postupne sa začína vytvárať tesne nad korunami vrstva teplého vzduchu. Zvyšovanie teploty napriek intenzívnej evapotranspirácii spôsobuje mierny pokles relatívnej vlhkosti vzduchu a prudký nárast sýtostného doplnku, čo je dané exponenciálnou závislosťou tlaku nasýtenia vodnej pary od teploty vzduchu (obrázok 2 a 3). Počas jasného bezoblačného dňa dochádza v poludňajších hodinách k sformovaniu "bunky" teplého vzduchu nad korunami a v korunách, s miernym oneskorením kulminuje aj sýtostný doplnok a relatívna vlhkosť vzduchu dosahuje minimálnych hodnôt.

Maximálne teploty sa vyskytujú vo vrstve 34 m, kde koruny vytvárajú aktívnu vrstvu, v ktorej dochádza k premene slnečnej energie na tepelnú energiu. Smerom do výšky nad porast i dovnútra porastu teplota klesá a relatívna vlhkosť vzduchu stúpa. V popoludňajších hodinách dochádza k pozvoľnému klesaniu teplôt a v predvečerných hodinách sa vrstva tesne nad korunami postupne ochladzuje, pričom sa tu prejavuje istá teplotná zotrvačnosť korún. Konvektívna oblačnosť dňa 6. júla spôsobila zvrät v dennom priebehu jednotlivých meteorologických prvkov. V poludňajších hodinách

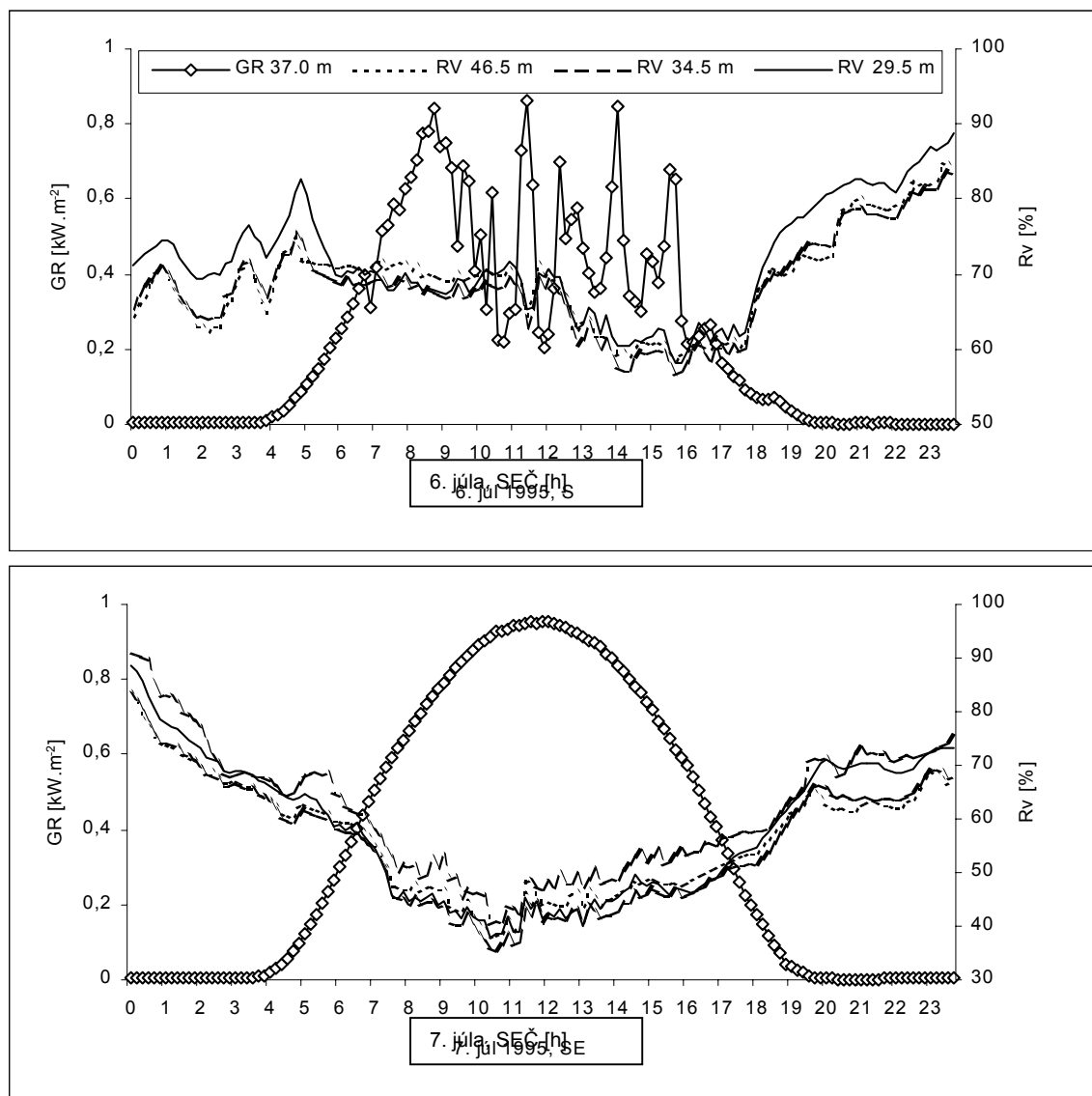


Obrázok 2 Denný priebeh intenzity globálneho žiarenia (GR) nad korunami lesného porastu a teploty vzduchu (TV) v jednotlivých výškach počas dňa s kopovitou oblačnosťou (6.7.) a počas jasného dňa (7.7.)

nastal pokles teploty vzduchu o niekoľko stupňov, relatívna vlhkosť vzduchu mierne stúpla (obrázok 2, 3 a 4).

Počas jasného dňa hodnoty intenzity celkového žiarenia na poludnie dosiahli hodnotu 0,95 kW·m⁻², krivka žiarenia má typický tvar, zatiaľ čo konvektívna oblačnosť v druhom dni spôsobila kolísanie intenzity žiarenia s

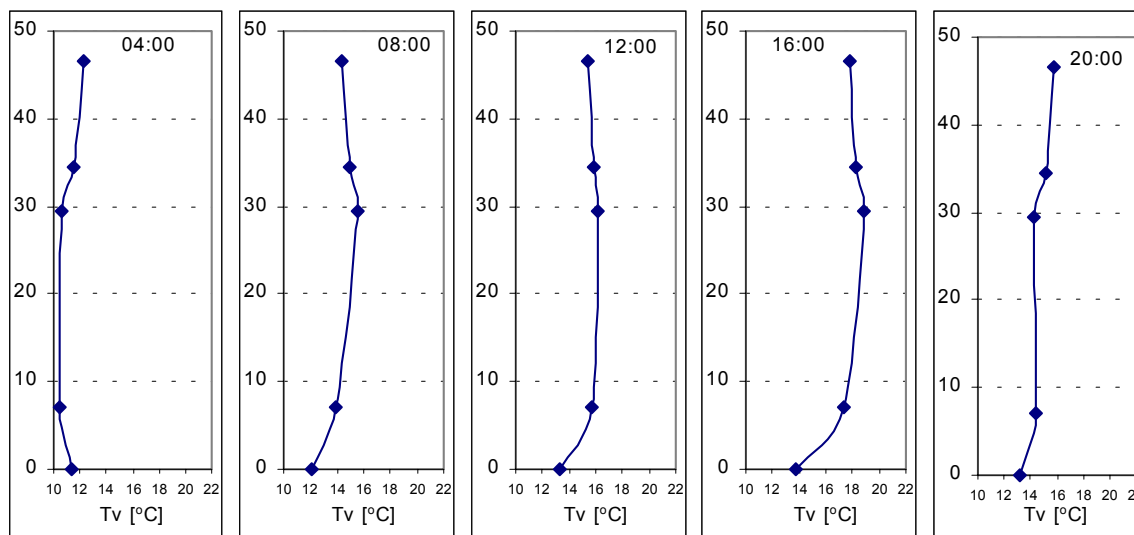
viacnásobným poklesom v poludňajších hodinách na hodnotu 0,2 kW·m⁻². Popoludňajšia teplota vzduchu v aktívnej vrstve bola počas jasného dňa 21,8 °C, zatiaľ čo počas dňa s kopovitou oblačnosťou dosiahla napoludnie len 16 °C.



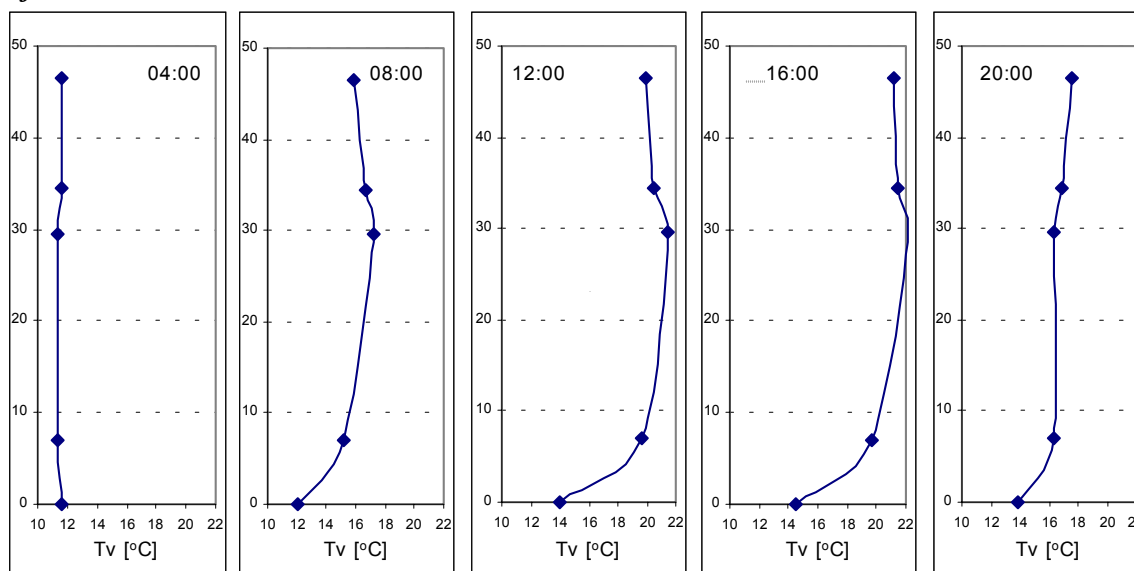
Obrázok 3 Denný priebeh intenzity globálneho žiarenia nad korunami lesného porastu a relatívnej vlhkosti vzduchu v profile porastu počas dňa s kopovitou oblačnosťou (6. júla) a počas jasného dňa (7. júla)

Na obrázku 4 môžeme vidieť rozdiely medzi uvedenými dňami v amplitúde teplôt. Počas jasného dňa je amplitúda teplôt (aj relatívnej vlhkosti vzduchu) podstatne vyššia, čo sa pravdepodobne odráža i na priebehu fyziologických procesov prebiehajúcich v

drevinách. Časové a priestorové zmeny teploty a vlhkosti vzduchu nad porastom a v jeho vnútri sú zapríčinené zmenami slnečného žiarenia fyziologickou aktivitou asimilačných orgánov drevín, ako aj advekciou vzduchu.



6. júla



7. júla

Obrázok 4: Vertikálne priebehy (tautochrony) teploty vzduchu v profile lesného porastu do výšky 46 m nad zemou počas dňa s kopovitou oblačnosťou (6.júla) a počas jasného dňa (7.júla)

Vertikálne priebehy teploty vzduchu na obrázku 4 naznačujú rozdelenie teploty vzduchu na profile lesného porastu. Denné priebehy o 8:00, 12:00 a 16:00 h dokumentujú insolačné zvrstvenie ovzdušia na profile lesného porastu s aktívnou vrstvou v korunách porastu (29 až 34 m), zatiaľ čo večerné a ranné priebehy o 20:00 a 4:00 h predstavujú radiačné (vyžarovacie) zvrstvenie ovzdušia s dvoma minimami teploty vzduchu – na povrchu pôdy a v korunách porastu. Počas jasného dňa sa aktívna vrstva asimilačných orgánov, kde

dochádza k absorpcii slnečného žiarenia a jeho premene na tepelnú energiu, prejavuje výraznejšie v posune denných maxim k hodnote 22 °C, zatiaľ čo počas dňa s premenlivou oblačnosťou je aktívna vrstva menej výrazná a vertikálne priebehy sú blízke izotermii. Strmý teplotný gradient medzi vrstvou 0 až 7 m má príčinu v spôsobe merania teploty na rozhraní pôda – atmosféra. Teplota tohto rozhrania je meraná vo vrstve opadanky, ktorá si aj

počas dňa udržiava nižšiu teplotu než ovzdušie nad ňou.

Vertikálny profil teploty vzduchu a pôdy je ovplyvnený viacerými povrchmi: pôdou, stromami a hlavne hornou vrstvou korunového zápoja. V období vegetačného kľudu je aktívnym povrchom pôda, čo má za následok strmý teplotný gradient počas dňa a inverziu teplôt počas noci. Vo vegetačnom období teplota povrchu olisteného lesného porastu kolíše v širokom intervale. Korunový zápoj je v tomto prípade aktívnym povrchom, resp. vrstvou pre ohrievanie vzduchu pod a nad ním počas dňa, či ochladzovanie počas noci (obrázok 4). Povrch pôdy ako aj kmene a konáre sú obvykle chladnejšie, než vzduch vo vnútri porastu s výnimkou situácií vpádu chladného vzduchu. Vnútri porastu je preto väčšinou inverzia, ktorá je tým silnejšia, čím chladnejší je povrch pôdy. Hlavným zdrojom tepla pre kmene a pôdu je turbulentný tok tepla nadol smerom k pôde, ktorý je významnejší než energia z nízkej intenzity slnečnej radiácie vnútri porastu. Počas teplých nocí s malými rýchlosťami vetra bola pozorovaná silná inverzia medzi povrchom pôdy a vrstvami vzduchu nad porastom. Priebeh teploty v hornej časti korunovej vrstvy (26 až 34 m) je však počas teplých nocí nestabilný.

Vzhľadom na uvedené údaje je potrebné z fyziologického hľadiska ešte poznamenať, že teplota povrchu listov, resp. v listoch nie je obvykle zhodná s teplotou vzduchu, ktorý list obklopuje. Rozdiel je najvýraznejší počas slnečného bezoblačného počasia, kedy list absorbuje veľkú časť slnečnej energie, z ktorej malá časť je spotrebovaná v procese fotosyntézy a zvyšná ohrieva list a potom je vyžarovaná späť do okolia kondukciou a konvekciou, či spotrebovaná na výpar vody a stráca sa ako latentné teplo v procese transpirácie.

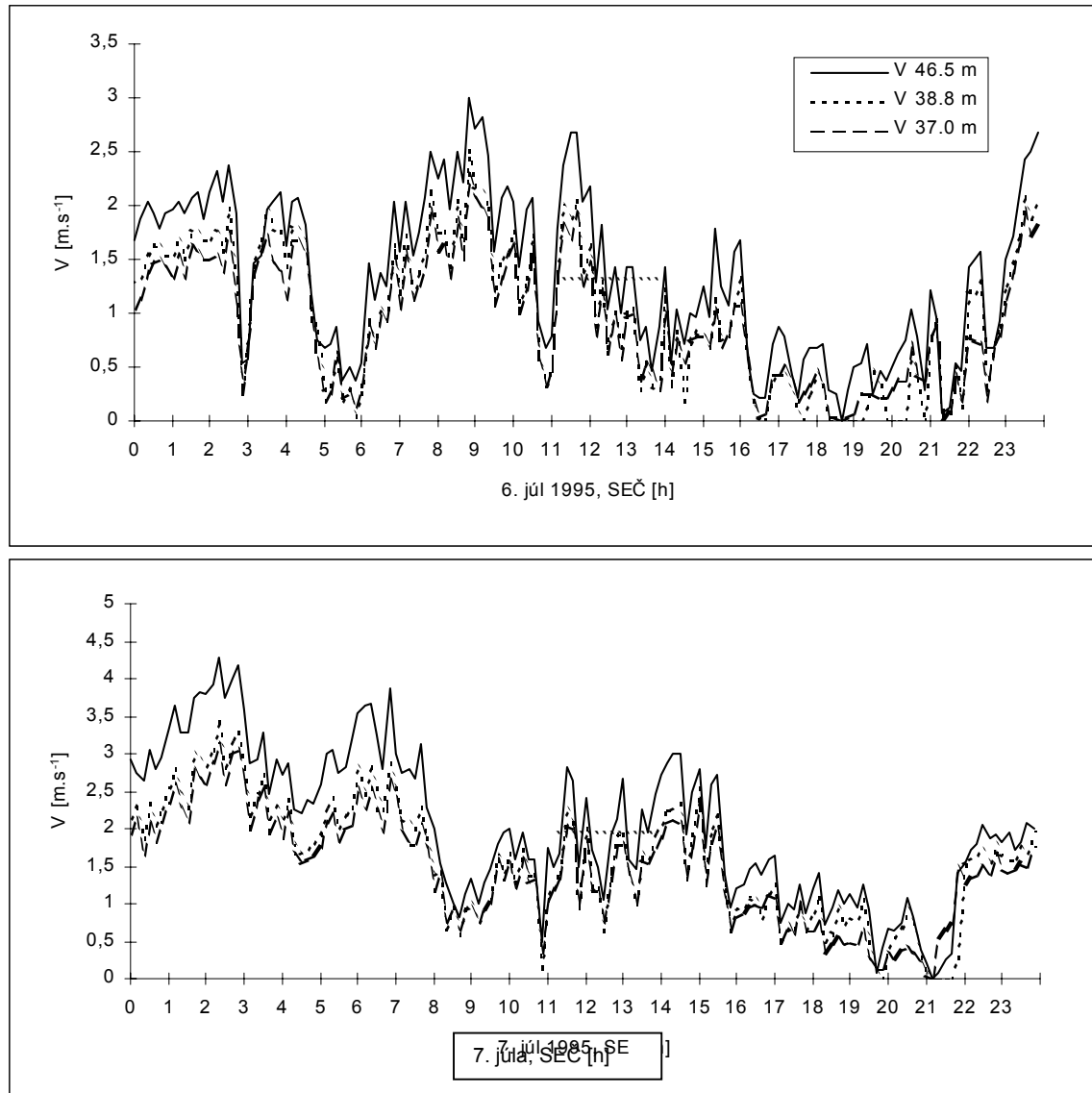
Mikroklima porastu je výrazne ovplyvňovaná aj prúdením vzduchu. Na

obrázku 5 dokumentujeme denný priebeh rýchlosti vetra nad korunami lesného porastu počas dvoch sledovaných dní. Porovnaním hodnôt rýchlosti vetra v troch výškových hladinách nad porastom zistíme že, s rastúcou vertikálnou vzdialenosťou od povrchu korún rýchlosť vetra narastá. Zmena rýchlosti vetra je najvýraznejšia v bezprostrednej blízkosti povrchu. Hodnota rýchlosti vetra vo vrstve najbližšej povrchu (3 m nad povrchom korún) dosahuje 60 % hodnoty najvzdialenejšej od povrchu (12,5 m nad povrchom korún). Pestrá priestorová štruktúra a druhové zloženie skúmaného porastu sa prejavuje nehomogenitou aktívnej vrstvy a vysokým koeficientom dynamickej drsnosti pre prúdenie vetra (z_0), ktorého hodnota je až do 5 m. Efektívna výška porastu (d) je v prípade skúmaného porastu približne 23 m. Je to výška, v ktorej dochádza k zmene poľa prúdenia vzduchu, pričom sa jednotlivé prúdnice zdvíhajú a z hľadiska vertikálneho profilu vetra sa nad oblasťou s rastlinným porastom vytvára akoby nový povrch. Podľa MATEJKU & HUZULÁKA (1987) sa efektívna výška porastov rovná približne dvom tretinám priemernej celkovej výšky porastu. Pri analýze vertikálnych profilov rýchlosti vetra, ale aj ďalších meteorologických prvkov je výhodné merať vertikálne súradnice všetkých bodov nad rastlinným porastom od úrovne jeho efektívnej výšky. V prípade lesného porastu klesá rýchlosť vetra na nulu v úrovni $d + z_0$ nad povrchom pôdy, resp. vo výške z_0 meranej od hladiny efektívnej výšky porastu, čo je v našom prípade 23 m + 5 m (28 m).

Efektívna výška porastu d a koeficient dynamickej drsnosti povrchu z_0 sú dôležité parametre interakcie medzi aktívnym povrchom a prízemnou vrstvou atmosféry. Hodnoty týchto parametrov sú pre rôzne porasty veľmi premenlivé. Pomocou nich možno popísať aerodynamické vlastnosti vrstvy vzduchu ovplyvnenej sledovaným porastom (HURTALOVÁ *et al.* 2001). V prípade

povrchov vytvorených vegetáciou je teda dôležité poznať hodnotu efektívnej výšky porastu. Hodnotu d možno určiť graficky z nameraných profilov rýchlosti vetra, ak je splnená podmienka neutrálneho teplotného zvrstvenia atmosféry. V literatúre (BRUTSAERT, 1982; MÖLDER *et al.*, 1999;

MATEJKA *et al.*, 2000) sa často uvádza vzťah s priemernou hodnotou $d/h = 0,68$ a s extrémnymi hodnotami 0,53 a 0,86. Je však známe, že v reálnych podmienkach pomer d/h nie je konštantný (h je priemerná výška porastu).



Obrázok 5 Denný priebeh rýchlosti vetra nad korunami lesného porastu v jednotlivých výškach počas dňa s kopovitou oblačnosťou (6. júla) a počas jasného dňa (7. júla)

Z analyzovaných profilov rýchlosti vetra v podmienkach neutrálneho teplotného zvrstvenia atmosféry sme určili hodnotu $d \approx 23$ m, čo znamená, že $d/h = 0,67$ m (HURTALOVÁ *et al.* 2001). Je to v dobrej zhode s hodnotami tohoto pomeru uvádzaného v literatúre, aj keď pre lesné porasty býva tento pomer vyšší. MÖLDER

(1999) pre hustý, zapojený ihličnatý les priemernej výšky 24,5 m uvádza hodnotu $d/h \approx 0,86$ m. Hodnota efektívnej výšky silne závisí od druhu a štruktúry porastu, od jeho zapojenia, v prípade listnatých stromov od zalistenia. Čím je porast hustejší, tým vyššia bude hodnota efektívnej výšky a pomer d/h bude vyšší.

V našem prípade teda nižšiu hodnotu pomeru d/h možno vysvetliť špecifickou architektúrou a štruktúrou zmiešaného dospelého ihličnato-listnatého lesného porastu

Po zahustení výškového profilu meraní bude možné analyzovať v budúcnosti aj sezónny priebeh koeficientu dynamickej drsnosti. Ako uvádza NOVÁK (1995) z_0 má výrazný sezónny priebeh. Sezónne zmeny tejto veličiny sú zvlášť

výrazné pre listnaté a zmiešané porasty, nakoľko stav aktívneho povrchu je určovaný olistením porastu.

Záverom môžeme konštatovať na základe uvedených výsledkov, že aj v rámci jedného porastu, či jedného stromu sa vytvárajú špecifické mikroklimatické podmienky, ktoré výrazne ovplyvňujú intenzitu fyziologických procesov.

Pod'akovanie

Táto práca bola čiastočne podporená finančnými prostriedkami z vedeckých projektov č. 1/9207/02, 1/9265/02 Komisie VEGA ekologické vedy a Komisie VEGA pre poľnohospodárske, lesnícke a veterinárne vedy.

Použitá literatúra

Brutsaert, W.H., 1982: Evaporation into the atmosphere. London, D. Reidel Publishing Company, 299 p.

Hurtalová, T., Mind'áš, J., Střelcová, K., 2001: Aerodynamické charakteristiky a prúdenie vzduchu nad horským lesným ekosystémom Poľana – Hukavský grúň. In: Stav a perspektívy ekologického výskumu horských lesných ekosystémov. Mind'áš, J. (ed.), Poľana 22.-25.10.2001: 8s. (CD ROM).

MATEJKA, F. & HUZULÁK, J., 1987: Analýza mikroklimy porastu. Veda SAV, Bratislava: 228 s.

MATEJKA, F., HURTALOVÁ, T., ROŽNOVSKÝ, J., JANOUŠ, D., 2000: Vplyv mladého smrekového porastu na príľahlú vrstvu vzduchu. Bratislava, Polygrafia SAV, 92 s.

MÖLDER, M., GRELLE, A., LINDROTH, A., HALLDIN, S., 1999: Flux profile relationships over a boreal forest - roughness sublayer corrections. *Agric. For. Meteorol.* (98-99), 1999, no. 1-4, 645-658.

MIND'ÁŠ, J., STŘELCOVÁ, K., 1995: Vplyv poveternostnej situácie na teplotno-vlhkostný režim v profile lesného porastu. In: Šiška, B., Modelovanie bioklimatických procesov. Zborník prác z Bioklimatických pracovných dní v Nitre, august 1994:131-138.

PETRÍK, M., HAVLÍČEK, V., UHRECKÝ, I., 1985: Lesnícka bioklimatológia. Príroda, Bratislava, 346 s.

STŘELCOVÁ, K., MIND'ÁŠ, J., 2002: Transpirácia buka lesného vo vzťahu k meniacim sa podmienkam prostredia. Vedecké štúdie 11/2000/A. Technická univerzita v o Zvolene, 81 s.

Adresy autorov:

Ing. Katarína Střelcová, Phd.

Doc. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

Doc. Ing. Ladislav Tužinský, CSc.

Lesnícka fakulta TU vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

<mailto:strelcov@vsld.tuzvo.sk>

RNDr. Ing. Jozef Mind'áš, PhD.

Lesnícky výskumný ústav

Masarykova 23

960 01 Zvolen