

ZMENY OBVODOV KMEŇA A VYBRANÉ MIKROKLIMATICKÉ VELIČINY SMREKOVÝCH PORASTOV V BR POĽANA POČAS VEGETAČNÉHO OBDOBIA 2009

The changes of stem circumference and microclimatic parameters of spruce forests in BR Poľana during the vegetation season of 2009

Michal Frič¹, Marek Oreňák¹, Katarína Střelcová¹, Marek Ježík², Zuzana Sitková³

¹Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra prírodného prostredia, , Slovenská Republika

²Ústav ekológie lesa SAV vo Zvolene, Slovenská Republika

³Národné lesnícke centrum vo Zvolene, Slovenská Republika

Abstrakt

Práca prezentuje výsledky merania zmien obvodov kmeňov a mikroklimatických charakteristík lesných ekosystémov. Merania prebiehali počas vegetačného obdobia v roku 2009 v smrekových porastoch BR Poľana. Sledovali sme vzájomné vzťahy hrúbkového rastu (zmeny obvodu kmeňa) a meteorologických prvkov (zrážky, pôdna vlhkosť, vlhkosť vzduchu, teplota vzduchu, globálna radiácia). Na zmeny obvodov kmeňa mali najvýraznejší vplyv zrážky, pôdna vlhkosť a teplota vzduchu. Najviac sa prejavovali v suchých obdobiach, kedy dochádzalo k zmršťovaniu obvodov kmeňov vplyvom extrémnych hodnôt mikroklimatických prvkov. Zhodnotenie uvedených výsledkov poukazuje na rozdielne reakcie porastov mladých a dospelých hospodárskych smrekových porastov pri suchých periódach.

Kľúčové slová: smrekové porasty, vegetačné obdobie, zmeny obvodov kmeňa, mikroklimatické charakteristiky

Abstract

Results of stem circumference changes and microclimate parameters of forest ecosystems are presented in this paper. The data were recorded during vegetation period of 2009 in spruce forest of Biospheric Reserve Poľana. We observed relations between stem growth (stem circumference changes) and meteorological parameters (precipitation, soil moisture, air temperature and relative humidity, global radiation). The precipitation, soil moisture and air temperature affected the stem growth significantly. The effect was recordable during drought periods, when the decrease stem circumference due to extreme microclimate parameters occurred. The analysis and conclusion show different behavior of young and mature spruce forest during drought periods.

Key words: spruce forests, vegetation period, circumference changes, microclimate parameters

Úvod

Klimatické zmeny v posledných rokoch majú za následok postupné zhoršovanie stavu lesných ekosystémov v celej Európe (ŠKVARENINA a MINDÁŠ 2003, GREEN a STŘELCOVÁ 2010). Vysoké teploty spôsobujú suché periódy počas vegetačného obdobia, ktoré znižujú odolnosť lesných porastov voči abiotickým a biotickým škodlivým činiteľom. Ako uvádzajú viacerí autori (REBETEZ *et al.* 2006, STŘELCOVÁ, KMEŤ 2003, TUŽINSKÝ; SOKOROVÁ 1999) vplyvom vysokej teploty v letných mesiacoch sa vysúša zem natoľko, že rastlina nedokáže prijímať fyziologicky dostupnú vodu. Dochádza k presúšaniu najmä povrchových vrstiev

pôdneho profilu, ktoré sú pri drevine smrek najviac postihnuté. Vplyv vysokých teplôt a nedostatok zrážok významne zastavuje rastové procesy v drevine (JEŽÍK *et al.* 2007, MÄKINEN *et al.* 2001). Z toho dôvodu narastá význam zrážok v poraste pri dlhých periódach sucha. Zrážky sa dostávajú cez korunový priestor smrekových porastov cez bylinnú etáž až k povrchu pôdy, odkiaľ prenikajú do pôdy ku koreňom (MINDÁŠ *et al.* 2001). Spolu s ostatnými charakteristikami (teplota a vlhkosť vzduchu, globálna radiácia a pôdna vlhkosť) sa zúčastňujú na tvorbe mikroklimy lesných porastov. Charakter porastovej mikroklimy je veľmi rozdielny podľa druhu rastlín, hustoty alebo zápoja porastu a ďalších faktorov (PETRÍK *et al.* 1986).

V tejto práci sme sa zamerali na vyhodnotenie zmien obvodov kmeňov, pôdnej vlhkosti a mikroklimatických parametrov dvoch lokalít: dospelý porast–Iviny (484 m n. m.) a mladý porast–Hriňová (655 m n. m.) dreviny smrek počas letného obdobia 2009.

Materiál a metódy

Charakteristika výskumných objektov

Výskumné plochy sa nachádzajú v areáli prirodzeného výskytu smreka na Slovensku. Na oboch plochách je dominantné zastúpenie smreka obyčajného (*Picea abies* L./ Karst. Podrobná charakteristika oboch plôch je v Tab. 1

Tab. 1 Charakteristika výskumných objektov Iviny, Hriňová

Miesto	Hriňová (porast 283_2)	Iviny (porast 219a)
Zemepisná dĺžka	19° 31'	19° 23'
Zemepisná šírka	48° 35'	48° 35'
Nadmorská výška	655 m n. m.	484 m n. m.
Expozícia	juhovýchodná	južná
Sklon	5%	5%
Reliéf terénu	mierny svah	mierny svah, balvanitý
Geologický podklad	vulkanity	vulkanity
Pôdne pomery	kambizeme	kambizeme
Priemerná ročná teplota	6,5 °C	6,5–7,5 °C
Priemerný ročný zrážkový úhrn	740 mm	650–700 mm
Klimatická oblasť	mierne chladná	mierne chladná
Lesný vegetačný stupeň	4 (bukový)	4 (bukový)
Priemerný vek porastov	23 rokov	90 rokov
Zastúpenie drevín	SM 70%, BK 15%, JS 5%	SM 97 %, DB 3 %
Etáž	jednoetážový	jednoetážový
Zakmenenie	0,8	0,5

Výskumná plocha Iviny (485 m n. m.) je situovaná 2,5 km severozápadne od osady Želobudza v juhozápadnom cípe CHKO BR Poľana. Leží na úpätí svahu Malej hôrky (558,5 m n. m.) nad štátnou cestou druhej triedy v prechodnej zóne CHKO: Porast je obhospodarováný a hospodársky využívaný. Je obnovne rozpracovaný maloplošným holorubom s následnou umelou obnovou porastu. Pôda je na ploche porastu kamenitá s bylinným a krovinným krytom (*Sambucus nigra*, *Coryllus avelana*). V presvetlených častiach porastu je bylinný kryt nahradený trávovitým. Je to porast v rastovej fáze kmeňoviny (Obr. 1). Zmiešanie je jednotlivé až skupinovité, zakmenenie (0,5) je po ploche porastu

rozložené nerovnomerne. Zápoj možno charakterizovať ako uvoľnený, miestami medzernatý. Geologický podklad tvoria vulkanity a reliéf terénu je balvanitý s miernym svahom. Priemerná hrúbka stromov v dospelom poraste je 43,0 cm a priemerná výška je 29,2 m.



Obr. 1: Pohľad do porastu na lokalite Iviny

Výskumná plocha Hriňová (655 m n. m.) leží severne nad mestom Hriňová v lesnom poraste, v ktorý je obhospodarovaný lesnou správou Hriňová. Jedná sa o mladý jednoetážový lesný porast v rastovej fáze žrd'oviny s jednotlivým rovnomerným zakmenením (0,8). Zápoj korún v poraste je takmer ideálny a zavetvenie korún je približne do polovice výšky stromu (Obr. 2). Pôda je piesčitá bez bylinnej pokrývky, pomiestne sa vyskytujú krovité dreviny *Sambucus nigra*, *Coryllus avelana*, *Lonicera xylosteum*. Plocha ja na miernom juhozápadnom svahu asi 40 m od lesnej zväžnice.



Obr. 2: Pohľad do porastu na lokalite Hriňová

Metodika a pracovní postupy

Na vybraných plochách sme inštalovali meracie zariadenia na začiatku vegetačného obdobia 2009 na vopred vybrané stromy. Tieto vzorníky sú vitálne, v dobrom zdravotnom stave a výstižne reprezentujú porasty na výskumných plochách. V porastoch na lokalitách nad Hriňovou a pri Ivinách sme vybrali dohromady 12 vzorníkov, ktoré boli sledované v prirodzenom zrážkovom režime - príjmom vody do porastu boli len atmosférické zrážky.

Na výskumných plochách bol na monitorovanie obvodov kmeňa vybraný rovnaký počet stromov (6 ks na každej ploche), na ktorých boli inštalované dendrometre. Meracie zariadenia typu DRL 26 od výrobcu EMS (Environmental Measuring System, CZ) automaticky zaznamenávajú zmeny obvodu kmeňa. Dendrometre boli nainštalované vo výške približne 2,5 m na vybraných stromoch. Na citlivé meracie zariadenie sa pripieňuje špeciálna oceľová páska, ktorá obopína kmeň stromu a každá zmena obvodu kmeňa sa zaznamenáva. Prístroje kontinuálne zaznamenávajú zmeny obvodu kmeňa a údaje ukladajú do pamäti prístroja. Na plochách boli meracie zariadenia napojené na externé ústredne (datalogger), ktoré zaznamenávali hodnoty a boli napájané pomocou gélových batérií, ktoré slúžili ako zdroj napätia. Zber a analýza dát sa uskutočňuje pomocou špeciálneho programu Mini 32, čo je univerzálny program na spracovanie meraných údajov. Na začiatku a na konci pozorovaného obdobia boli namerané hodnoty obvodov kmeňov, ktoré sú zobrazené v Tab. č.2.

Tab. 2: Hodnoty obvodov kmeňov na začiatku a na konci vegetačného obdobia 2009

Iviny			Hriňová		
Vzorník	Obvod na začiatku [cm]	Obvod na konci[cm]	Vzorník	Obvod na začiatku [cm]	Obvod na konci[cm]
č.7	104,0	104,1	č.27	52,5	53,2
č.8	128,0	128,3	č.28	56,5	57,6
č.9	115,0	115,5	č.29	60,0	60,6
č.10	128,0	128,2	č.30	43,5	44,0
č.11	114,0	114,3	č.31	56,0	57,2
č.12	130,5	131,4	č.32	51,5	52,1

Pôdne vlhkosti sme odoberali z hĺbok 5–15 cm a 30–40 cm pomocou ihly na odber pôdnych vzoriek. Vzorky pôdy sa hermeticky uzatvorili do navažovačiek a pomocou gravimetrickej metódy sme získali údaje. Zrážky na plochách sme získavali z automatických zrážkomerov typu MetOne 370 od rovnakého výrobcu. Jedná sa o štandardné zrážkomery s dataloggerom, ktoré zaznamenávali denné úhrny zrážok na voľnej ploche v blízkosti výskumných plôch. Podobne bola zaznamenávaná aj teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu a globálna radiácia, z ktorých sme aritmetickým priemerom vypočítali dennú priemernú hodnotu.

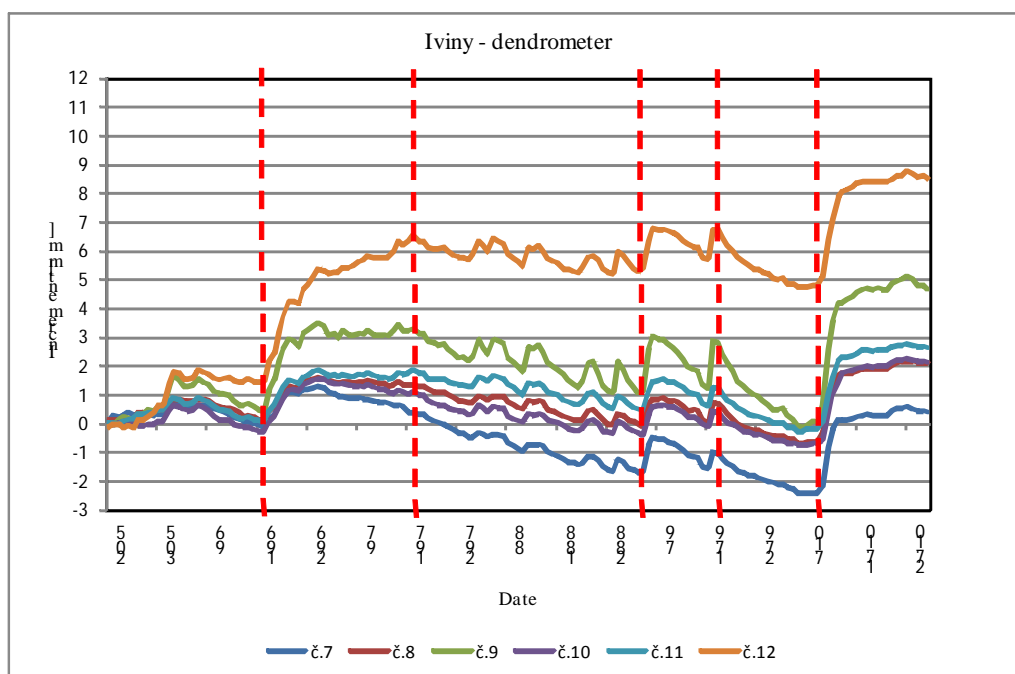
Pri vyhodnocovaní nameraných údajov sme používali reálne hodnoty pre jednotlivé dni z vegetačného obdobia 2009.

Výsledky a diskusia

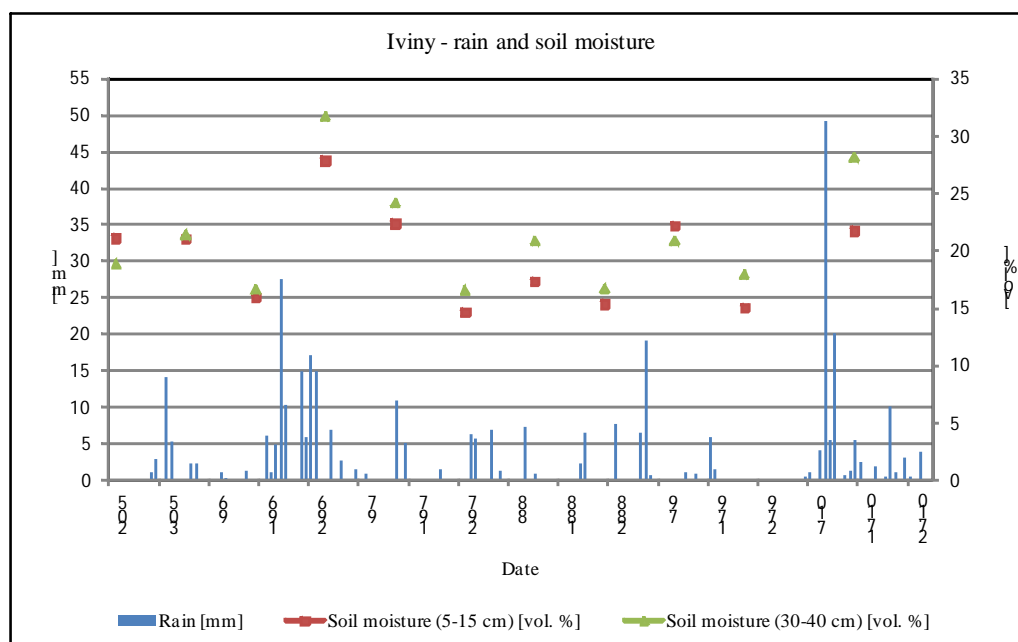
Na lokalitách smrekových porastov v BR Poľana sme monitorovali počas vegetačného obdobia 2009 zmeny obvodov kmeňa dreviny smrek a meteorologické veličiny: atmosférické zrážky, teplota vzduchu, vlhkosť vzduchu, pôdna vlhkosť (5–15 cm a 30–40 cm) a globálna radiácia.

1. Výskumná plocha Iviny

Na Obr.3 je zobrazená sezónna dynamika obvodov kmeňov smrekových jedincov na ploche Iviny v počas vegetačného obdobia 2009. Jedná sa o dospelý porast, preto nárast hodnôt obvodov kmeňov nie je tak zreteľný ako pri mladých jedincoch (Obr. 6). Zmeny obvodov kmeňa boli výrazné od polovice júna, pričom vegetačné obdobie tu začína skôr. Pokles v prírastkoch je výrazný v dvoch periódach, kedy dosahovali zmeny obvodov kmeňa záporné hodnoty Tab. 3. Vplyvom nedostatku zrážok dochádzalo k pozastaveniu hrúbkového rastu

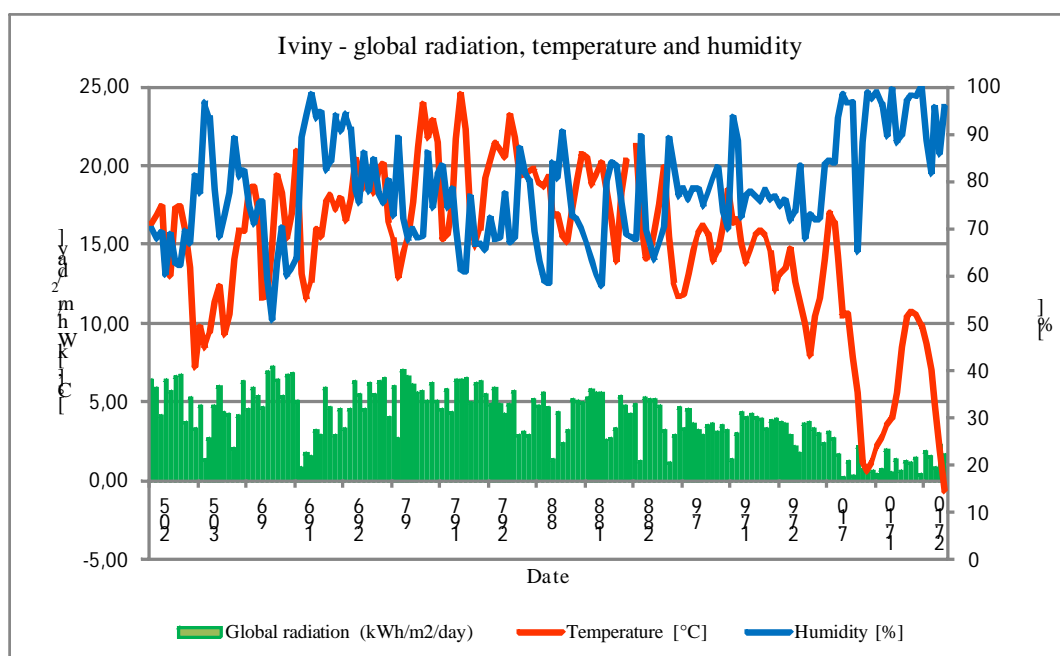


Obr. 3: Zmeny obvodu kmeňa na lokalite Iviny počas vegetačného obdobia 2009



Obr. 4: Priebeh zrážok a pôdnej vlhkosti na lokalite Iviny za vegetačné obdobia 2009

alebo až ku zmršťovaniu kmeňov vzorníkov. Najväčší úbytok na obvode nastal v období od 19. septembra do 6. októbra a jeho priemerná hodnota bola -1,67 mm. Tento fakt potvrdzujú aj zistené hodnoty pôdnej vlhkosti, ktoré klesali pod 20 % objemovej hmotnosti v tomto období (Obr. 4). Najväčší prírastok bol zaznamenaný v období od 7. októbra do 31. októbra, kedy sa priemerne obvod kmeňa zväčšil o 3,27 mm. Zvýšené úhrny zrážok boli rozhodujúcim faktorom pre nárast obvodu a zákonite sa prejavili aj na poklese teplôt a stúpaní vlhkosti vzduchu (Obr. 4 a 5). Pri pohľade na Obr. 4 vidíme rozloženie zrážok počas sledovaného obdobia, čomu zodpovedajú aj zmeny obvodov kmeňov. Najvyšší denný úhrn zrážok bol 10. októbra s hodnotou 49 mm a celkový úhrn zrážok za sledované obdobie predstavoval 364 mm. Ďalšia sledovaná charakteristika bola globálna radiácia, ktorá úzko súvisí s krivkou



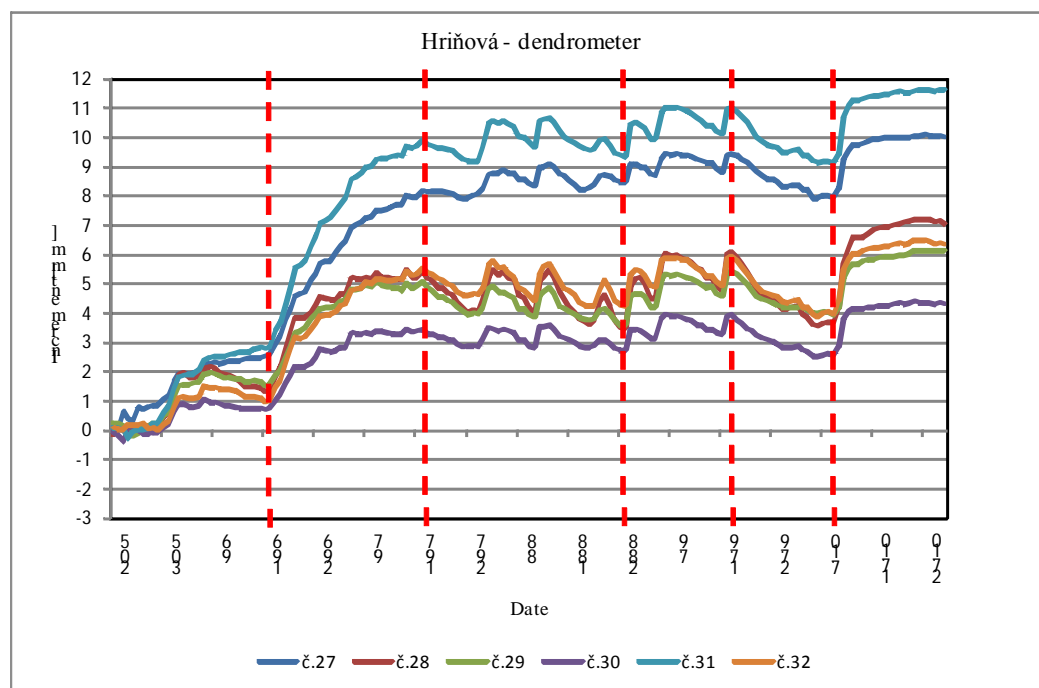
Obr. 5: Znáročenie globálnej radiácie, teploty a vlhkosti vzduchu na lokalite Iviny počas vegetačného obdobia 2009

teploty (Obr. 5). Sumárna hodnota globálnej radiácie bola 649 kWh/m² za sledované obdobie. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané v mesiacoch máj–jún s dennými úhrnmi nad 5 kWh. Priemerná teplota za celé obdobie mala hodnotu 11,6 °C a maximálna bola okolo 24 °C. Práve vplyv týchto dvoch parametrov je predispozíciou pre zhoršovanie zdravotného stavu smrekových porastov a pre vznik suchých období v priebehu vegetačného obdobia. Na Obr. 5 vidíme priebeh teploty a negatívne pôsobenie vysokých teplôt nad 20 °C, kedy zjavne dochádzalo k pozastaveniu hrúbkového rastu (Obr. 3). K poklesu rastovej aktivity došlo najviac od polovice júla až do konca augusta. Počas tohto obdobia bol úhrn zrážok iba 64 mm a priemerná hodnota vlhkosti vzduchu dosahovala nízkych 65 %. Preukazuje sa tu náročnosť dospelých stromov na vlhkosť prostredia a na zásobu vody v drevine, potrebnú pri delení pletív.

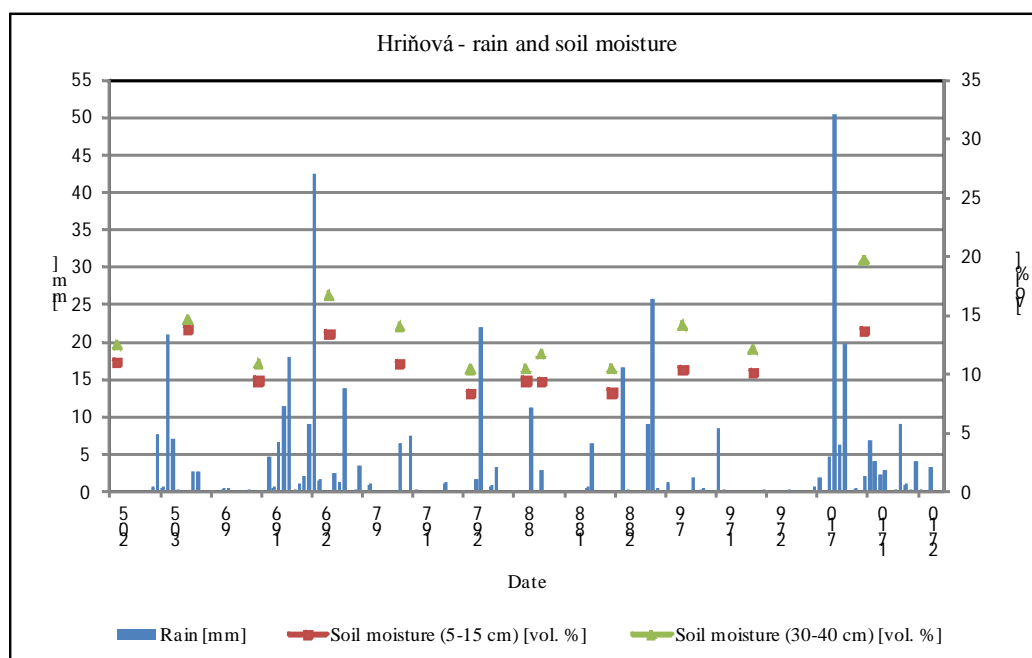
2. Výskumná plocha Hriňová

Je to mladý smrekový porast s vyššou rastovou aktivitou, ktorú vidíme na Obr. 6. Výrazné zmeny obvodu kmeňa začali takisto ako pri dospelom smrekovom poraste vplyvom zvýšenej zrážkovej činnosti od 20. júna do 19. júla, čo potvrdzuje najväčšia hodnota 4,18 mm. Vplyvom vysokých teplôt nastalo spomalenie rastu počas prvej periódy s priemernou

hodnotou -0,94 mm obvodu kmeňa. Vplyvom deficitu zrážok bol podobný priebeh zmien obvodov kmeňov koncom septembra a začiatkom októbra s priemerným poklesom o 1,62 mm (Tab. 3). Hodnoty mladých smrekových jedincov sú v porovnaní s dospelými jedincami vyššie, pretože sú v období najvyšších prírastkov počas svojho života. Vyšší prírastok je spôsobený hlavne príjmom zrážkovej vody do porastu, ktorej úhrn za sledované obdobie bol 410 mm, čo je o 47 mm viac ako pri ploche na Ivinách. Ako môžeme sledovať na Obr. 7, najvyšší úhrn zrážok bol 10. októbra s hodnotou 50 mm. V období od polovice júna od konca augusta mal úhrn zrážok hodnotu len 80 mm.

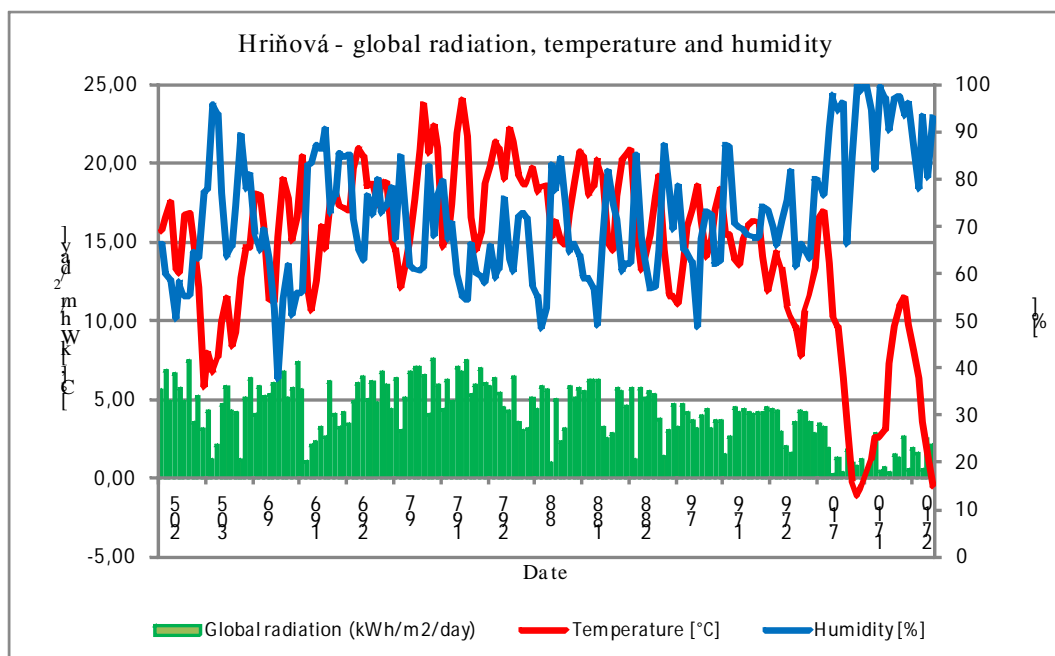


Obr. 6: Zmeny obvodu kmeňa na lokalite Hriňová počas vegetačného obdobia 2009



Obr. 7: Priebeh zrážok a pôdnej vlhkosti na lokalite Iviny za vegetačné obdobie 2009

Na Obr. 7 sú zobrazené pôdne vlhkosti, ktorých hodnoty počas vegetačného obdobia klesali aj pod hranicu 10 % objemovej hmotnosti. Pokles vlhkosti v pôde ovplyvňuje predovšetkým teplota vzduchu a miera globálnej radiácie. Najvyššie teploty boli namerané v mesiaci júl a dosahovali až 24 °C. Podobný priebeh bol aj pri globálnej radiácii, ktorého dynamika bezprostredne súvisí s krivkou teploty (Obr. 8).



Obr. 8: Znáznornenie globálnej radiácie, teploty a vlhkosti vzduchu na lokalite Hriňová počas vegetačného obdobia 2009

Priemerná teplota na ploche Hriňová bola 14,5 °C, čo je o 2,9 °C viac ako bola na ploche dospelého porastu–Iviny. Vyššie teploty sa zákonite odrazili aj na nižšej vlhkosti vzduchu s priemernou hodnotou 71%. Na zmeny obvodov kmeňov majú najväčší vplyv teplota so zrážkami a ostatné spomínané parametre dopĺňujú charakter mikroklimy lesných porastov.

Tab. 3: Zmeny obvodov kmeňov počas vegetačného obdobia 2009

Zmena obvodu kmeňa [mm]	Iviny					
	20.5.–20.6. (31 dní)	21.6.–20.7. (29 dní)	21.7.–5.9. (45 dní)	6.9.–18.9. (13 dní)	19.9.–6.10. (21 dní)	7.10.–31.10. (24 dní)
Maximálna	1,10	1,82	-0,02	0,00	-0,24	3,49
Minimálna	0,04	0,26	-1,54	-1,08	-1,71	0,02
Celková	0,69	1,63	-0,28	-0,24	-1,67	3,27
Zmena obvodu kmeňa [mm]	Hriňová					
	20.5.–20.6. (31 dní)	21.6.–19.7. (28 dní)	20.7.–28.8. (40 dní)	29.8.–19.9. (22 dní)	20.9.–8.10. (19 dní)	9.10.–31.10. (23 dní)
Maximálna	1,68	4,01	0,30	1,65	-0,16	2,44
Minimálna	0,03	0,22	-0,85	0,57	-1,67	0,32
Celková	2,08	4,18	-0,94	1,51	-1,62	2,37

Záver

Lesné ekosystémy sa výrazne podieľajú na kolobehu vody v krajine, zmierňujú výkyvy počasia a sú neodmysliteľnou zložkou životného prostredia. Významná funkcia lesov pre

človeka je aj produkcia drevnej hmoty. Na dôkladné poznanie rastových procesov je potrebné neustále sledovať meniace sa klimatické a fyzikálne vlastnosti prostredia.

Cieľom našej práce bolo popísať vzťahy zmien obvodov kmeňa a mikroklimatických parametrov na výskumných plochách smrekových porastov v BR Poľana.

Na ploche Iviny boli zmeny obvodov kmeňov z dôsledku vyššieho veku a menšej zrážkovej činnosti nižšie ako to bolo na ploche Hriňová. Celkový priemerný prírastok na ploche mladého smrekového porastu mal hodnotu 7,58 mm a na dospelom poraste bol podstatne nižší, iba 3,40 mm obvodu kmeňa. Na zrážky chudobné periódou spôsobili zmršťovanie obvodov kmeňa, ktoré dosahovali záporné hodnoty na ploche Iviny -1,71 mm a na ploche Hriňová -1,56 mm. Úhrn zrážok bol v dospelom poraste 364 mm čo predstavuje o 46 mm menej ako v mladom smrekovom poraste. Priemerná teplota mala v mladej smrečine hodnotu 14,5°C a globálna radiácia dosiahla počas skúmaného obdobia sumu 683 kWh/m². V dospelom poraste bola priemerná teplota 11,6 °C a sumárna hodnota globálnej radiácie bola nižšia o 35 kWh/m². Pôdne vlhkosti na ploche Iviny sa pohybovali v hĺbke 5–15 cm v intervale od 14,63 do 27,84 % a od 16,59 do 32,17% v hĺbke 30–40 cm. Na ploche Hriňová sa pohybovali v hĺbke 5–15 cm v intervale od 8,32 do 16,98 % a od 10,40 do 20,34% v hĺbke 30–40 cm. Pôdne vlhkosti pomáhajú lepšie interpretovať v poslednom období často vyskytujúce sa periódou sucha.

Lepšie poznanie vzťahov medzi pôdou, drevinou a atmosférou nám podrobnejšie dovoľuje pochopiť interaktívne procesy lesného prostredia. Využitie týchto detailných poznatkov môže mať pozitívne prínosy aj pre lesné hospodárstvo.

Pod'akovanie: Autori ďakujú za podporu grantovej agentúry VEGA MŠ SR projekty č. 1/0515/08, 1/0642/10, práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0022-07, ako aj projektu: Centrum excelentnosti pre integrovaný manažment povodí v meniacich sa podmienkach prostredia, na základe podpory OP Výskum a vývoj, číslo zmluvy 26220120062, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov

Zoznam použitej literatúry

1. Green B. E., Střelcová V., eds. (2010): Klimatické zmeny a environmentálna politika v Európskej únii: problémy, riešenia a reflexie. Slovenské centrum pre komunikáciu a rozvoj, Bratislava 2010: 161 s. ISBN: 978-80-970163-1-9.
2. Ježík, M., Střelcová, K., Ditmarová, L., Kmeť, J., 2007: Sezónne zmeny hrúbky kmeňa buka (*Fagus sylvatica* L.) vo vzťahu ku klimatickým faktorom na strednom Slovensku. In: Klima lesa. Rožnovský, J., Litschmann, T. Vyskot, I., (eds.). Křtiny, 11. – 12. 4.2007, ISBN 978-80-86690-40-7, pp. 44.

3. Mäkinen, H., Nöjd, P., Kahle, H. P., Neumann, U., Tveite, B., Nielikäinen, K., Röhle, H., Spiecker, H., 2001: Radial growth variation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) across latitudinal and altitudinal gradients in central and northern Europe. *Forest Ecology and Management* 171: 243–259.
4. Mind'áš, J., Škvarenina, J. (eds) (2003): Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen: 129 s.
5. Mind'áš J., Škvarenina J., Střelcová, K., 2001: Význam lesa v hydrologickom režime krajiny. *Životné prostredie XXXV*, (3), pp. 146-151.
6. Petřík, M., 1991: Regime of rain precipitation in a fir-beech stand. In: Šály, R.-Křižová, E.-Petřík, M.-Mihálik, A.: Ecosystem study of the fir-beech stand in the Mláčik state nature reserve. *Vedecké a pedagogické aktuality, VŠLD Zvolen*, 1/1991: pp. 85-124.
7. Rebetez, M., Mayer, H., Dupont, O., Schindler, D., Gartner, K., P.Kropp, J., Menzel, A., 2006: Heat and drought 2003 in Europe: a climate syntesis. *Ann. For. Sci.* 63 (2006), pp. 569-577.
8. Soroková, M., 1999: Režim vlhkosti pôdy vo vzťahu k atmosférickým zrážkam. In: *Atmosféra 21. storočia, organizmy a ekosystémy, zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie Bioklimatologické pracovné dni 1999*. Tužinský, L., Škvarenina, J., Mind'áš, J. (eds.). TU vo Zvolene, pp. 28–31.
9. Střelcová, K., Kmeť, J., 2003: Fyziologické aspekty sucha v lesných porastoch. *Les* 59(9): 8–10.
10. Tužinský, L., 1999: Periódy sucha v lesných pôdach pod lesnými ekosystémami s rozdielnym drevinovým zložením. In: *Atmosféra 21. storočia, organizmy a ekosystémy, zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie Bioklimatologické pracovné dni 1999*. Tužinský, L., Škvarenina, J., Mind'áš, J. (eds.). TU vo Zvolene, pp. 23–27.

Kontaktná adresa 1. autora: Ing. Michal Frič, Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 20, 960 53 Zvolen e-mail: fricmichal@gmail.com