

UDK: 631.433.1(497.11)“2011-2013“

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**DISANJE ZEMLJIŠTA U DVE RAZLIČITE SASTOJINE ČETINARA
TOKOM VEGETACIJE U PERIODU 2011-2013.**

Pilipović Andrej¹, Orlović Saša¹, Galić Zoran¹, Stojnić Srđan¹, Borišev Milan²,
Župunski Milan²

Izvod: U radu su prikazani rezultati merenja disanja zemljišta u dve četinarske sastojine na Staroj planini i Kopaoniku. Merenja su izvršena u periodu maj-septembar u toku 2011., 2012. i 2013. godine na prethodno obeleženim tačkama u izabranim sastojinama. Pored disanja zemljišta, u isto vreme su izvršena i merenja vlažnosti zemljišta, temperature zemljišta i temperature vazduha. Dobijeni podaci su, zajedno sa podacima o količini padavina dobijenim od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, obrađeni sa ciljem određivanja uticaja ostalih ispitivanih faktora na intenzitet disanja zemljišta. Rezultati su pokazali različite vrednosti disanja zemljišta zavisno od lokaliteta i termina kada su izvršena merenja. Jednostruka i višestruka regresiona analiza je pokazala različit uticaj ostalih ispitivanih parametara na intenzitet disanja zemljišta.

Ključne reči: disanje zemljišta, četinari, temperatura zemljišta, vlažnost

**SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT CONIFER STANDS DURING
VEGETATION PERIOD 2011-2013**

Abstract: *This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil temperature, soil moisture and air temperature were performed. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. Simple and multiple regression analysis showed different impact of other investigated parameters on soil respiration.*

Keywords: *soil respiration, conifers, soil temperature, soil moisture*

¹ Dr Andrej Pilipović, naučni saradnik, prof. dr. Saša Orlović, naučni savetnik, Dr Zoran Galić, naučni savetnik, Dr Srđan Stojnić, naučni saradnik Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

² Dr Milan Borišev, docent, Milan Župunski, istraživač saradnik, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Univerzitet u Novom Sadu

UVOD

Disanje zemljišta predstavlja skup kompleksnih procesa koji doprinose odavanju ugljen-dioksida (CO₂) sa površine zemljišta (Qi et al., 2002), odnosno oslobađanje CO₂ usled njegove produkcije od strane korenovog sistema, zemljišnih organizama i u manjoj meri, hemijske oksidacije ugljenikovih jedinjenja (Lloyd i Taylor, 1994). Disanje zemljišta je jedna od glavnih komponenata kruženja ugljenika u biosferi i prema Law et al., (2001) može da iznosi i do tri četvrtine ukupnog disanja ekosistema. Neto produktivnost ekosistema (NEP) predstavlja osetljivu ravnotežu između fotosinteze (C gain) i disanja (C loss) koji su usko povezani sa kruženjem vode u ekosistemu (Ruehr et al., 2012). Informacija o disanju zemljišta se, pored ostalog, mogu koristiti i za interpretaciju eddy kovarijanse koja pokazuje neto produktivnost ekosistema (NEP), a zbog činjenice da ona ne pruža pojedinačnu informaciju o fotosintezi, autotrofnom i heterotrofnom disanju kao i zbog toga što su i sami mehanizmi ovih procesa različiti, razdvajanje podataka eddy kovarijanse dobija sve veći značaj (Piovesan i Adams, 2000). Pored toga, merenje disanja zemljišta takođe predstavlja i široko rasprostranjeni metod pri istraživanju zagađenja zemljišta, a u šumskim ekosistemima se koristi za ispitivanje uticaja teških metala i kiselih kiša (Vanhala, 2002).

Zemljište predstavlja glavno skladište ugljenika u kopnenim ekosistemima (Schlesinger i Andrews, 2000) i sadrži veće količine organskog ugljenika (1500 Pg C) od sve kopnene vegetacije (550 Pg C) i atmosfere (780 Pg C) (Houghton, 2003). Šume igraju značajnu ulogu kao skladište za 80% nadzemnog i 40% podzemnog ugljenika (Dixon, 1994), tako da mala promena u ponoru ugljenika u šumskom zemljištu može značajno uticati na globalno kruženje ugljenika (Ferrea et al., 2012). Nasuprot činjenici da predstavljaju glavni ponor ugljenika, prema Lindner, (2010) šume su posebno osetljive na klimatske promene jer dugovečnost stabala ne dozvoljava njihovo brzo prilagođavanje promenama uslova sredine.

Globalne promene i njihov uticaj na budućnost zahteva bolje razumevanje i kvantifikaciju procesa koji doprinose globalnim promenama (Fang i Moncrieff, 2001). Studije uloge procesa u zemljištu i bolje razumevanje udela pojedinih funkcija, stabilnosti i elastičnosti zemljišnih procesa su neophodni za kvantifikaciju sveukupnog površinskog fluksa vode, toplote i gasova staklene bašte i takođe za određivanje efekata korišćenja zemljišta i promena pokrivenosti zemljišta vegetacijom (IACGEC, 1996).

Imajući u vidu da različiti faktori utiču na disanje zemljišta poput temperature i vlažnosti zemljišta (Chen et al., 2011) cilj ovoga istraživanja je bio da se ispita uticaj klimatskih promena, odnosno klimatski različitih sezona na intenzitet disanja zemljišta u dve četinarske sastojine.

MATERIJAL I METODE

Za potrebe ovog istraživanja izabrane su dve različite sastojine četinara koje pripadaju mreži šumskih ekosistema u kojima se vrši monitoring prema projektu „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine. Prva satojina (Vidlič) se nalazi na Staroj Planini, kultura smrče, duglazije i belog bora na smeđem zemljištu. Sastojina se nalazi u GJ. Vidlič na 990 do 1080 m.n. visine, na strmom terenu. Geološka podloga je krečnjak a ekspozicija je jug-jugoistok. Druga satojina (Kopaonik) je prirodna šuma smrče sa bekicom (*Picea excelsa serbica luzuletozum*) na smeđem podzolastom zemljištu, na vrlo strmom terenu (21-25°), nadmorske visine 1450-1500 m, severoistočne ekspozicije. Ova sastojina se nalazi na području Nacionalnog parka Kopaonik, GJ Metode, 79/b. U svakoj sastojini je postavljena ogledna površina dimenzija 25x25m koja je podeljena na polja dimenzija 5x5m. U centru svakog polja su označene tačke na kojima je izvršeno merenje disanja zemljišta.

Merenje disanja zemljišta je urađeno pomoću prenosnog aparata za izmenu gasova ADC Bioscientific LCPro+ koji se najčešće koristi za određivanje intenziteta fotosinteze i transpiracije u biljkama. Na aparat je umesto komore za određivanje fotosinteze stavljena komora za merenje disanja zemljišta. Prilikom merenja, instrument beleži podatke o disanju zemljišta, evaporaciji H₂O i temperaturi vazduha u komori. U periodu od 2011-2013.godine, u vegetacionom periodu su izvršena četiri jednodnevna merenja sa razmakom od 35-45 dana zavisno od vremenskih prilika. Merenja su vršena početkom juna (1), početkom jula (2), početkom avgusta (3) i početkom septembra (4). Pored merenja disanja zemljišta (Rs) istog dana je izvršeno određivanje sadržaja vlage u zemljištu na dubinama od 10 (SWC₁₀) i 30 cm (SWC₃₀), merenje temperature zemljišta (T_s) i vazduha (T) za vreme rada sa aparatom. Pored merenih podataka za analizu dobijenih rezultata su korišćene i sume padavina za period od 4 i 8 nedelja pre merenja koji su dobijeni od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Podaci merenja su obrađeni programom Statistica 12 (StatSoft Inc., 2013) u kome je rađena jednostruka i višestruka regresiona analiza dobijenih podataka.

REZULTATI

Rezultati dobijenih ekoklimatoloških parametara su prikazani u tabeli 1. Sadržaj vlage u površinskom sloju (SWC₁₀) na lokalitetu Vidlič u sve tri ispitivane godine je zabeležio pad u toku leta sa blagim porastom u septembru. Namanje vrednosti su zabeležene u 2012. godini u sva četiri termina merenja. U dubljem sloju zemljišta (SWC₃₀) vrednosti su bile podjednake na početku vegetacije sa najmanjim

vrednostima u avgustu 2013 (7,65%) i julu (13,27%), avgustu (12,39%) i septembru 2012. godine (7,38%).

Tabela 1. Vlažnost zemljišta na dubini od 10 cm (SWC_{10}), 30 cm (SWC_{30}), suma padavina 4 nedelje ($Prec_{4w}$) i 8 nedelja ($Prec_{8w}$) pre merenja i temperature vazduha (T) i zemljišta (T_s) za vreme merenja disanja

Table 1. Soil moisture content at 10 (SWC_{10}) and 30 cm (SWC_{30}), sum of precipitations for 4 ($Prec_{4w}$) and 8 weeks ($Prec_{8w}$) before measurements, air (T) and soil temperature (T_s) during measurement

	Termin Data	Vidlič			Kopaonik		
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
SWC_{10} (%vol)	1	28.04	13.91	28.01	27.61	18.54	21.1
	2	21.69	11.29	13.28	15.65	15.29	13.37
	3	10.87	5.67	16.41	16.3	19.91	14.27
	4	16.93	12.93	13.45	8.08	9.69	14.56
SWC_{30} (%vol)	1	19.48	24.62	21.64	21.67	14.97	22.3
	2	20.48	13.71	19.49	11.17	15.16	13.29
	3	19.15	12.39	7.65	16.51	22.69	15.15
	4	10.66	7.38	17.69	9.6	7.01	14.61
$Prec_{4w}$ (mm)	1	52.0	126.9	74.5	-	73.4	175.2
	2	20.1	17.0	93.2	136.0	35.0	33.4
	3	71.6	70.0	13.5	61.2	454.8	36.7
	4	0.0	0.0	5.0	0.0	4.0	38.9
$Prec_{8w}$ (mm)	1	113.0	232.4	130.0	-	169.7	310.1
	2	73.7	143.9	167.7	234.6	108.4	237.6
	3	118.0	89.5	106.7	205.0	918.5	70.1
	4	68.2	54.2	16.5	55.5	48.5	40.8
T (°C)	1	5.4	21.2	17.2	2.8	17.9	20.2
	2	10.4	26.4	20.0	8.6	23.2	20.5
	3	14.4	22.9	23.9	12.7	17.9	21.6
	4	16.1	17.6	22.1	12.3	14.9	16.3
T_s (°C)	1	6.8	14.6	13.6	2.8	11.3	13.4
	2	12.6	18.9	17.2	8.6	13.3	11.8
	3	-	20.1	16.3	-	13.4	11.3
	4	16.6	15.6	-	12.0	11.2	9.1

- Nema podataka *No data*

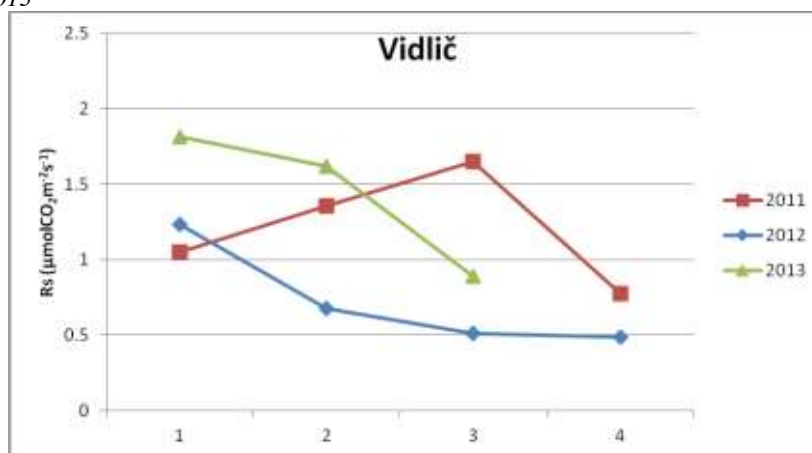
Na Kopaoniku je zabeleženo smanjenje SWC_{10} u 2011. godini, kao i u 2012 godini, dok u septembru 2013 godine nije bilo smanjenja sadržaja vlage u površinskom sloju zemljišta. Sličan trend dinamike vlažnosti u sve tri godine na ovom lokalitetu je zabeležen i na dubini od 30 cm.

Rezultati merenja temperature zemljišta T_s (Tabela 1.) za vreme merenja intenziteta disanja su pokazali povećanje u toku vegetacionog perioda u sve tri

ispitivane godine, dok je na Kopaoniku u 2013 godini zabeleženo smanjenje T_s u julu i avgustu, što je verovatno posledica padavina pre termina merenja. Izmerene T_s su bile veće na Vidliču i kretale su se u rasponu od 6,7 do 20,1°C, dok su na Kopaoniku i vrednosti i opseg bili manji i kretali se od 2,3 do 13,4°C. Količina padavina ($Prec_{4W}$ i $Prec_{8W}$) je na Kopaoniku bila veća u sve tri ispitivanje godine, dok su temperature vazduha (T) u teminima merenja bile niže od onih na Vidliču.

Grafikon1. Intenzitet disanja (R_s) zemljišta na lokalitetu Vidlič u vegetacionim periodu za 2011., 2012. i 2013. godinu

Graph 1. Soil respiration (R_s) at Vidlič during vegetation period 2011, 2012 and 2013



Rezultati merenja intenziteta disanja zemljišta (R_s) na Vidliču (Grafikon 1.) su pokazali različit tok u sve tri ispitivane godine. U toku 2012 i 2013. godine je zabeleženo smanjenje intenziteta disanja u toku vegetacije, dok je u 2011. godini zabeleženo povećanje u toku vegetacije ($1,651 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) sa smanjenjem u septembru ($0,776 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Najveća vrednost R_s je izmerena početkom 2013. godine ($1,81 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), dok je najniža vrednost izmerena u septembru 2012. godine ($0,485 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). U 2012. godini je disanje bilo najslabije izraženo. Usled stvaranja pokorice u površinskom sloju zemljišta u septembru 2013. godine na Vidliču, nije bilo moguće pravilno postaviti komoru i izvršiti merenje, zbog čega nisu prikazane vrednosti merenja u spomenutom terminu.

Najveća izmerena vrednost intenziteta disanja (R_s) na Kopaoniku (Grafikon 2.) je zabeležena u julu 2011. godine ($2,045 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), dok je namanja vrednost zabeležena u avgustu iste godine ($0,555 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Povećanje u julskom terminu merenja je zabeležen i u 2013. godini ($1,791 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) kao i smanjenje u avgustu ($1,387 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). U obe godine je zabeleženo povećanje u septembru ($1,508 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ za 2013. i $0,941 \mu\text{mol}$

CO₂m⁻²s⁻¹ za 2011.) U 2012. godini je zabeleženo smanjenje u toku vegetacionog perioda sa najmanjim intenzitetom disanja u septembru (0,627 μmol CO₂m⁻²s⁻¹).

Grafikon 2. Intenzitet disanja (Rs) zemljišta na lokalitetu Kopaonik u vegetacionim periodu za 2011., 2012. i 2013. godinu

Graph 2. Soil respiration (Rs) at Kopaonik during vegetation period 2011, 2012 and 2013

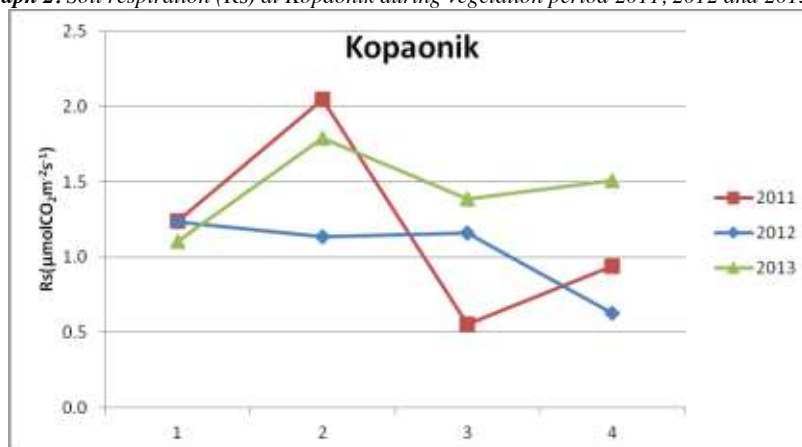


Tabela 3. Koeficijenti korelacije između ispitivanih parametara disanja zemljišta za lokalitete Vidlič i Kopaonik

Table 3. Coefficients of correlation between investigated soil respiration parameters on localities Vidlič and Kopaonik

		Vidlič					
		Rs	Tsoil	SWC ₁₀	SWC ₃₀	Prec _{4w}	Prec _{8w}
Rs			0.3831	0.4371	0.7724*	0.5617	0.4254
Tsoil		0.3831		0.8593*	0.4622	0.6568	0.0070
SWC ₁₀		0.4371	0.8593*		0.3764	0.0665	0.0627
SWC ₃₀		0.7724*	0.4622	0.3764		0.7651*	0.6522*
Prec _{4w}		0.5617	0.6568	0.0665	0.7651*		0.8160*
Prec _{8w}		0.4254	0.0070	0.0627	0.6522*	0.8160*	
		Kopaonik					
		Rs	Tsoil	SWC ₁₀	SWC ₃₀	Prec _{4w}	Prec _{8w}
Rs			0.3859	0.179	0.3209	0.0594	0.0454
Tsoil		0.3859		0.4769	0.1028	0.3443	0.4249
SWC ₁₀		0.1790	0.4769		0.8733*	0.6636*	0.6067*
SWC ₃₀		0.3209	0.1028	0.8733*		0.7259*	0.6933*
Prec _{4w}		0.0594	0.3443	0.6636*	0.7259*		0.9711*
Prec _{8w}		0.0454	0.4249	0.6067*	0.6933*	0.9711*	

* vrednosti su bile signifikantne za $p < 0.05$ the values are significant for $p < 0.05$

Rezultati višestruke regresione analize (Tabela 4) su pokazali različit uticaj ispitivanih parametara na intenzitet disanja na odabranim lokalitetima. Na lokalitetu Vidlič, intenzitet Rs je pokazao zavisnost od Ts, SWC₁₀ i SWC₃₀ sadržaja vlage u zemljištu (R=0,9084), s tim da je signifikantna vrednost beta koeficijenta zabeležena za sadržaje vlažnosti na obe dubine (0,9228 i 0,7112). Višestruka regresiona analiza ispitivanih parametara na Kopaoniku je pokazala da je zavisnost Rs uslovljena sa više faktora koji uključuju i sume padavina (R=0,9778), gde su vrednosti beta koeficijenta za Ts (-1,1652), sadržaj vlage SWC₃₀ (1,8583) i sume padavina bile signifikantne.

Tabela 4. Višestruka regresiona analiza zavisnosti disanja zemljišta od temperature i vlažnosti zemljišta kao i sume padavina pre merenja.

Table 4. Multiple regressions of soil respiration, soil temperature, soil moisture content and sum of precipitations

	Vidlič				Kopaonik			
	b*	p	b*	p	b*	p	b*	P
T _{soil}	0.7387	0.0724	0.7445	0.1311	0.0600	0.9189	-1.1652*	0.0018
SWC ₁₀	0.9228*	0.0332	1.0483	0.0695	-0.8397	0.4953	-0.3319	0.2764
SWC ₃₀	0.7112*	0.0103	0.4522	0.3593	0.7247	0.5050	1.8583*	0.0046
Prec _{4w}	-	-	0.2699	0.9933	-	-	-4.7014*	0.0014
Prec _{8w}	-	-	0.0032	0.5706	-	-	4.0464*	0.0019
R	0.9084*		0.9193		0.4561		0.9778*	

* vrednosti su bile signifikantne za $p < 0.05$ the values are significant for $p < 0.05$

DISKUSIJA

Rezultati merenja disanja zemljišta su pokazali razlike između ispitivanih lokaliteta Stare Planine i Kopaonika, kao i različit uticaj ostalih ispitivanih parametara na sam intenzitet disanja. Vrednosti Rs u ovom istraživanju su pokazale nižu vrednost (0,5-2,1 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) u poređenju sa vrednostima Rs u plantaži *Pinus ponderosa* gde su se kretale u opsegu od 1,07-3,16 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Luan et al., 2011). Isti autor je ustanovio postojanje korelacije između Rs i Ts, dok SWC nije uticao na Rs. Sadržaj SWC je varirao u opsegu 23-38,9%, što su veće vrednosti od vrednosti dobijenih u ovom istraživanju. Nasuprot istraživanju navedenog autora, Ruehr et al. (2012) su ustanovili zavisnost Rs od SWC u plantaži iste vrste, gde su se vrednosti SWC kretale od 6-24% a RS od 0,8-1,8 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, što je u skladu sa dobijenim rezultatima ovih istraživanja.

Iako većina modela i istraživanja zavisnosti Rs od drugih faktora, prvenstveno ističe linearan uticaj temperature zemljišta (Lloyd i Taylor, 1994) ili eksponencijalan (Qi et al., 2002), regresiona analiza u ovom istraživanju je pokazala značajan uticaj suše i njenog uticaja na vodni fluks zemljišta na dobijene vrednosti

Rs. Niske vrednosti sadržaja vlage u zemljištu značajno utiču na intenzitet disanja, tako da su Parker et al., (1983) ustanovili da se energija aktivacije disanja zemljišta smanjila sa 98,8 na 39,5 KJmol⁻¹ prilikom kvašenja pustinjskog zemljišta, dok su Howard i Howard, (1993) ustanovili razlike u vrednosti Q_{10} (povećanje vrednosti disanja zemljišta pri povećanju temperature zemljišta za 10°C) različitim nivoima vlažnosti zemljišta. Prema Fang i Moncrieff, (1999) uticaj sadržaja vlage na oslobađanje CO₂ iz zemljišta je komplikovan zbog svoga uticaja na disanje korena, disanje mikroorganizama i transport gasa kroz zemljišta. Prema istim autorima (2001), smanjenje disanja usled promene vlažnosti zemljišta je izraženo samo pri ekstremnim situacijama niske i visoke vlažnosti, dok između tih vrednosti vlažnost zemljišta nema značajan efekat na intenzitet disanja. Istraživanja Nsabimana et al., (2009) su pokazala da je disanje zemljišta u nelinearnoj korelaciji sa sadržajem vlage u zemljištu i da je najveći intenzitet disanja zabeležen pri 0,25 m³/m³ dok su vrednosti disanja zemljišta pri većem ili manjem sadržaju vlage u zemljištu bile manje. Smanjenje Rs usled suše su zabeležili i drugi autori (Lavigne et al., 2004; Irvine et al., 2008). Povećanje vlažnosti zemljišta utiče na pristupačnost ugljenika za degradaciju koji nije dostupan pri uslovima niže vlažnosti (Kelliher et al., 2004). Ovo potvrđuju i rezultati Noorments et al., (2010) koji su zabeležili veće heterotrofno disanje u godinama sa više padavina. Značaj suše na smanjenje heterotrofnog disanja u sastojinama smrče su zabeležili Nikolova et al., (2009) uprkos sličnoj godišnjoj temperaturi zemljišta. Vrednosti Rs koje su zabeležene u istraživanju navedenog autora su se kretale od 0,2-0,7 gCO₂/m²h što predstavlja manje vrednosti od vrednosti dobijenih u ovom istraživanju. Autotrofno disanje korena stabala različitih vrsta drveća različito reaguje na pojavu suše. Tako prema Nikolova et al., (2007), vrste sa dubljim korenovim sistemom su u mogućnosti da pasivno premeštaju vodu u više slojeve zemljišta i time pospešuju autotrofno disanje, dok smrča kao vrsta sa izrazito plitkim korenom suberifikacijom korenovih dlačica sprečava odavanje vode u rizosferu u uslovima suše. Ovom pojavom se takođe mogu objasniti male vrednosti disanja u sušnim periodima ovoga istraživanja

Rezultati ovih istraživanja su pokazala i povećanja vrednosti disanja u pojedinim terminima merenja uprkos sušnim godinama u kojima su izvršena merenja. Naglo povećanje RS na Vidliču prilikom merenja 3 u 2011. godini se može objasniti pojavom kratkih padavina pre merenja koje izazivalju „pulsno“ oslobađanje CO₂ iz zemljišta što može biti posledica direktnog uticaja na mikroorganizme u zemljištu (Jarvis et al., 2007). Veće vrednosti disanja zemljišta koje su izmerene prilikom prvog merenja (Kopaonik 2012. i Vidlič 2012. i 2013.) se mogu objasniti zagrevanjem zemljišta nakon zime i ubrzanim raspadanjem organske materije mikroorganizama koji su izgubili vitalnost usled zamrzavanja zemljišta tokom zime, nakon čega dolazi do stabilizacije oslobađanja CO₂ (Vanhalala, 2002). Isti autor je ustanovio da je pri konstantnoj temperaturi zemljišta intenzitet disanja zemljišta uslovljen sadržajem vlage, dok je pri višim konstantnim vlažnostima (60%), oslobađanje CO₂ zavisi od sadržaja organske materije u zemljištu. Smanjenje disanja zemljišta na Kopaoniku između merenja 2 i 3 2011. godine se može

obrazložiti dnevnim varijacijama u disanju koje su zabeležene prilikom konstantnog praćenja disanja zemljišta (Drewitt et al., 2002).

ZAKLJUČAK

Rezultati merenja intenziteta disanja zemljišta su pokazali da postoji značajan uticaj suše na dobijene rezultate. Slabiji uticaj temperature zemljišta na intenzitet disanja, kao i nagla povećanja vrednosti disanja zemljišta mogu biti posledica različitih faktora kao što su suša, dnevne varijacije, raspodela padavina i sl. Zbog toga je potrebno povećati broj merenja u toku vegetacije da bi se dobila što jasnija slika i smanjio uticaj dnevnih varijacija. Još jasnija slika uticaja različitih faktora, poput temperature zemljišta, bi se dobila nastavkom merenja u narednim sezonama, posebno zbog činjenice da je 2014. godina bila značajno različita u pogledu klimatskih uslova.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

LITERATURA

- Berger, T.W., Inselsbacher, E., Zechmeister-Boltenstern, S. (2010): Carbon dioxide emissions of soils under pure and mixed stands of beech and spruce, affected by decomposing foliage litter mixtures. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 986-997.
- Chen, G., Yang, Y., Guo, J., Xie, J., Yanf, Z. (2011): Relationships between carbon allocation and partitioning of soil respiration across world mature forests. *Plant Ecology*, 212: 195-206.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisniewski, J. (1994): Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263: 185-190.
- Drewitt, G.B., Black, T.A., Nesic, Z., Humphreys, E.R., Jork, E.M, Swanson, R., Ethier, G.J., Griffis, T., Morgenstern, K. (2002): Measuring forest floor CO₂ fluxes in a Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110: 299-317.
- Fang, C., Moncrieff, J.B. (1999): A model of soil CO₂ production and transport. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95: 225-236.

- Fang, C., Moncrieff, J.B. (2001): The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. *Soil Biology & Biochemistry*, 33: 155-165.
- Ferrea, C., Zenone, T., Comolli, R., Seufert, G.(2012): Estimating heterotrophic and autotrophic soil respiration in a semi-natural forest of Lombardy, Italy. *Pedobiologia*, 55(6): 285–294.
- Houghton, R.A. (2003): Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B*, 55: 378-390.
- Howard, D.M., Howard, P.J.A. (1993): Relationship between CO₂ evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil Biology & Biochemistry*, 25: 1537-1546.
- Inter-Agency Committee on Global Environmental Change (IACGC) (1966): UK National Strategy for GER. Report on Expert Panel.
- Irvine, J., Law, B.E., Martin, J.G, Vickers, D. (2008): Interannual variation in soil CO₂ efflux and the response of root respiration to climate and canopy gas exchange in mature ponderosa pine. *Global Change Biology*, 14(12): 2848-2859.
- Jarvis, P, Rey, A., Petsikos, C., Wingate, L., Rayment, M., Pereira, J., Banza, J., David, J., Migletta, F., Borghetti, M., Manca, G., Valentini, R. (2007): Drying and wetting of Mediterranean soils stimulates decomposition and carbon dioxide emissions: the “Birch effect”. *Tree Physiology*, 27: 929-940.
- Kelliher, F., Ross, D., Law, B., Baldocchi, D., Rodda, N. (2004): Limitations to carbon mineralization in litter and mineral soil of young and old ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 191(1-3): 201-213.
- Lavigne, M., Foster, R., Goodine, G. (2004): Seasonal and annual changes in soil respiration in relation to soil temperature, water potential and trenching. *Tree Physiology*, 24(4): 415.
- Law, B.E., Kelliher, F.M., Baldocchi, D.D., Anthoni, P.M., Irvine, J., Moore, D., Van Tuyl, S. (2001): Spatial and temporal variation in respiration in a young ponderosa pine forests during a summer drought. *Agric. For. Meteorol.*, 110: 27–43.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidi, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M, Lexer, M., Machetti, M., (2010): Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest ecology and management*, 259: 698-709.
- Lloyd, L., Taylor, J.A. (1994): On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8: 315-329.
- Luan, J., Shirong, L., Xueling, Z., Wang, J., Liu, K. (2011): Roles of biotic and abiotic variables in determining spatial variation of soil respiration in secondary oak and planted pine forests. *Soil Biology & Biochemistry*, DOI. 10.1016/h.soilbio.2011.08.012

- Nikolova, P.S. (2007): Below-ground competitiveness of adult beech and spruce trees: resource investments versus returns. PhD thesis. Technische Universita Munchen, Freising.
- Nikolova, P.S., Raspe, S., Andersen, C.P., Mainiero, R., Blaschke, H., Matyssek, R., Haberle, K.-H. (2009): Effects of the extreme drought in 2003 on soil respiration in a mixed forest. *European Journal of Forest Research*, 128: 87-98.
- Noormets, A., Gavazzi, M.J., McNulty, S.G., Domec, J.C., Sun, D., King, J.S., Chen, J. (2010): Response of carbon fluxes to drought in a coastal plain loblolly pine forest. *Global Change Biology*, 16(1), 272-287.
- Nsabimana, D., Klemmedtson, L., Kaplin, B.A., Wallin, G. (2009): Soil CO₂ flux in six monospecific forest plantations in Southern Rwanda. *Soil Biology & Biochemistry*, 41: 396–402.
- Parker, L.W., Miller, J., Steinberger, Y., Whitford, W.G. (1983): Soil respiration in Chihuahuan desert rangeland. *Soil Biology & Biochemistry*, 15: 303-309.
- Piovesan, G., Adams, J.M. (2000): Carbon balance gradient in European forests: interpreting EUROFLUX. *J. Veg. Sci.*, 11: 923–926.
- Qi, Y., Xu, M., Wu, J. (2002): Temperature sensitivity of soil respiration and its effects on ecosystem carbon budget: nonlinearity begets surprises. *Ecological Modelling*, 153: 131-142.
- Ruehr, N.K., Martin, J.G., Law, B.E.(2012): Effects of water availability on carbon and water exchange in a young ponderosa pine forest: Above- and belowground responses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 164: 136-148.
- Schlesinger, W.H., Andrews, J.A. (2000): Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*, 48: 7-20.
- Schmid, I. (2002): The influence of soil type and interspecific competition on the fine root system of Norway spruce and European beech. *Basic and Applied Ecology*, 3: 339-346.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
- Vanhala P. (2002): Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 34: 1375-1379.

Summary

SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT CONIFER STANDS DURING VEGETATION PERIOD 2011-2013

by

Andrej Pilipović, Saša Orlović, Zoran Galić, Srđan Stojnić, Milan Borišev, Milan Župunski

This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil temperature, soil moisture and air temperature were made. This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil, soil moisture and air temperature were made. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. Simple and multiple regression analysis showed different impact of other investigated parameters on soil respiration. Soil respiration was decreased in 2012 for both investigated stands due to the drought. At Stara Planina, soil respiration and soil water content affected soil respiration, while at Kopaonik, precipitation was also correlated with CO₂ efflux. Obtained results indicate necessity of more intensive periodicity of measurement dates and continuing of measurement in following years.