

Prethodno priopćenje  
*Preliminary notice*

Prispjelo - *Received*: 03. 04. 2013.  
Prihvaćeno - *Accepted*: 21. 11. 2013.

Tomislav Nemeš<sup>1</sup>✉, Stjepan Dekanić<sup>2</sup>

## DINAMIKA PODZEMNIH VODA BIĐSKO-BOSUTSKOGA ŠUMSKOG PODRUČJA

### *GROUNDWATER REGIME OF BIĐ-BOSUT FOREST AREA*

#### SAŽETAK

U radu se donose prvi rezultati motrenja dinamike podzemnih voda na osam piezometarskih postaja raspoređenih unutar biđsko-bosutskoga šumskog područja. Piezometarske se postaje nalaze na području tri šumarije UŠP-a Vinkovci: Županja, Cerna i Strizivojna. Analizom je obuhvaćeno vremensko razdoblje od siječnja 1996. do prosinca 2011. godine, odnosno ukupno 16 cijelih godina. Osim podataka o podzemnim vodama u radu se prikazuju i osnovna klimatska obilježja istraživanog područja kroz podatke s meteoroloških postaja Gradište i Slavonski Brod. Osnovni je cilj ovoga priloga doprinijeti poznavanju recentnih hidrološko-klimatskih prilika biđsko-bosutskih nizinskih šuma.

Osnovni statistički pokazatelji dinamike podzemne vode i klimatskih značajki izračunati su i prikazani na vegetacijskoj i godišnjoj razini. Najveća odstupanja srednjih vegetacijskih vrijednosti razina podzemnih voda od višegodišnjeg prosjeka zabilježena su 2001., 2003. i 2009. godine u negativnom smjeru (pad razine podzemne vode) te 1999., 2005. i 2006. u pozitivnom smjeru (povišenje razine podzemne vode). Odstupanja u navedenim godinama zabilježena su u svim šumskim zajednicama u otprilike sličnim iznosima. Najveći pad prosječne razine podzemne vode u vegetacijskom razdoblju zabilježen je 2009. godine u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba i iznosio je 177 cm niže od srednje vrijednosti cijeloga istraživanog razdoblja. Godine 2005. u svim je šumskim zajednicama zabilježeno pozitivno odstupanje od vegetacijskog prosjeka, a najveće je bilo u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba, gdje je iznosilo 233 cm. Ovo povišenje razine podzemne vode može se donekle dovesti u vezu s izrazito vlažnim uvjetima koji su vladali 2004. i 2005. godine što je pozitivno djelovalo na punjenje vodonosnika. U istim godinama i s istim predznakom zabilježena su i

---

<sup>1</sup> Hrvatski šumarski institut, Centar za nizinske šume, Trg Josipa Runjanina 10, HR-32100 Vinkovci, Hrvatska.

<sup>2</sup> Institut za istraživanje i razvoj održivih ekosustava, Jagodno 100 a, HR-10410 Velika Gorica, Hrvatska.

✉ Dopisni autor/Corresponding author: tomlav@sumins.hr

odstupanja apsolutnih vegetacijskih minimuma od srednjih vrijednosti cijeloga promatranog razdoblja.

**Ključne riječi:** nizinske lužnjakove šume, piezometri, motrenje, UŠP Vinkovci, klimatske promjene

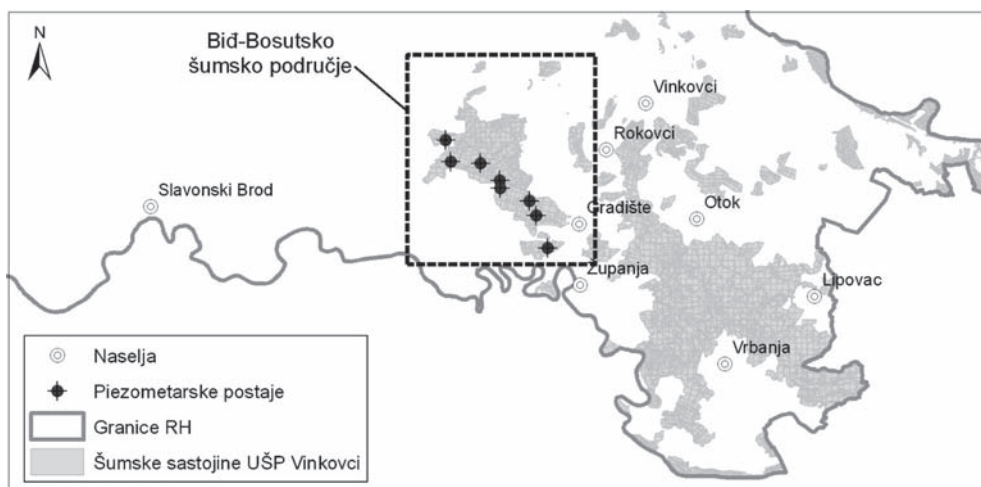
## UVOD

### INTRODUCTION

Ukupna površina šuma i šumskog zemljišta kojim gospodari UŠP Vinkovci može se generalno podijeliti na dva jasno odvojena područja. Jedno je područje Spačvanski bazen koji predstavlja najveću cjelovitu šumu hrasta lužnjaka u Europi (Klepac 2000) i nalazi se na istočnoj kopnenoj granici Republike Hrvatske sa Srbijom.

Drugo je značajno šumsko područje ono koje se nalazi u zapadnome dijelu UŠP-a Vinkovci, a obuhvaća šumske površine oko biđsko–bosutske nizine (Slika 1.). U usporedbi sa šumskim bazenom Spačve, te su sastojine manje površine i značajno manje istražene. Posebno je izražen nedostatak podataka o režimu podzemnih voda u različitim šumskim zajednicama ovog područja.

Naime, jedan od ključnih čimbenika koji je definirao nizinska šumska staništa u obliku u kakvom ona danas postoje jest voda u tlu, odnosno podzemna voda (Vukelić i Rauš 1998). Dinamika podzemne vode sastavni je dio globalnoga hidrološkog ciklusa, a podzemne strukture koje sadržavaju vodu mogu se vertikalno dijeliti u slojeve s obzirom na stupanj ispunjenosti pora tla vodom. Podzemnom se vodom naziva neprekinuti sloj vode koji ispunjava sve zemljišne pore, a gornja se granica tog sloja može nazvati razinom podzemne vode (Pilaš i Seletković 2004).



Slika 1. Područje istraživanja.  
*Figure 1. Research area.*

Promjene razine podzemne vode mogu biti rezultat punjenja ili pražnjenja vodonošnika kroz međudjelovanje donosa vode iz oborina, intercepcije vegetacije, otjecanja ili dotjecanja vode po površini tla, infiltracije, horizontalnoga i vertikalnoga podzemnog tečenja, toka vode u nezasićenoj zoni tla i evapotranspiracije (Pilaš 2006).

Klimatske promjene u sve većoj mjeri utječu na svakodnevno gospodarenje nizinskim lužnjakovim šumama (Manojlović 1926, Harapin i Androić 1996, Nemeš i dr. 2009, Matić 2010, Nemeš i dr. 2010). U istočnom dijelu lužnjakova areala u Hrvatskoj to se ponajprije očituje u smanjivanju količine vode u tlu i postupnom prijelazu staništa u suše uvjete (Rauš 1982, 1990, Cestarić 2008, Škvorc i dr. 2009). Prema predviđanjima razvoja klimatskih promjena u istraživanome se području može predvidjeti povećanje temperature zraka, povećanje učestalosti sušnih razdoblja te promjene u distribuciji oborina tijekom godine (Branković i dr. 2012), što može imati utjecaj na dinamiku podzemnih voda (Eckhardt i Ulbrich 2003). Navedene klimatološke promjene mogu poremetiti hidrološki ciklus te posljedično dovesti do promjena u režimu podzemnih voda (Green i dr. 2011). Posljedice svakog odmaka od ustaljene dinamike podzemne vode u lužnjakovim sastojinama u pravilu imaju negativan predznak, posebice ako su promjene nagle i trajnoga karaktera (Prpić i dr. 1994, Matić 2010). Kako bi se na najbolji mogući način moglo isplanirati buduće gospodarenje vrijednim lužnjakovim sastojinama u uvjetima klimatskih promjena, ključno je poznavati posebnosti dinamike podzemne vode.

Uzimajući u obzir sve navedeno, u ovome se radu prvi put donose osnovni rezultati dugoročnog mjerenja dinamike razine podzemnih voda u tri šumske zajednice biđsko-bosutškoga šumskog bazena. Također će se prikazati i osnovne klimatske značajke područja pomoću podataka s meteoroloških postaja Slavonski Brod i Gradište.

## MATERIJALI I METODE

### *MATERIAL AND METHODS*

Podatci o dinamici podzemne vode koji su korišteni u ovome radu dobiveni su izmjerama na 8 piezometarskih postaja raspoređenih na biđsko-bosutškome šumskom području (Slika 1.). Svaka se piezometarska postaja sastoji od 4 cijevi koje mogu biti različitih dubina od 0,5 do 13 m ispod razine tla (Slika 2.).

Piezometarske su cijevi na određenoj dubini perforirane te se na taj način mjeri hidrodinamički pritisak vode u određenome sloju tla (Pilaš 2006). Površinske se piezometarske cijevi često koriste u hidropedološkim mjerenjima kao pokazatelj zadržavanja vode ispod i iznad nepropusnih horizonata tla, dok se očitavanja s dubinskih piezometara, s druge strane, mogu uzimati kao stvarna razina podzemne vode (Pilaš i Seletković 2004).

Na piezometarskim se postajama razina podzemne vode mjeri dva puta tjedno. Ovaj posao obavljaju djelatnici šumarija: pomoćnici revirnika, poslovođe ili čuvari šume i lovišta. Razina podzemne vode mjeri se tako da se u cijev piezometra spusti



Slika 2. Piezometarska postaja u Šumariji Cerna, GJ Banov dol, odsjek 26A  
*Figure 2. Piezometers in Forest office Cerna, Management Unit Banov dol, subcompartment 26A*

posebna zviždaljka koja je zavezana na mjernu vrpću. Kada zviždaljka dotakne razinu vode u cijevi, ona ispušta zvučni signal, a na mjernoj vrpći očita se udaljenost od gornjeg ruba cijevi u centimetrima i zapiše se u terenski obrazac. Sve cijevi na donjem dijelu imaju taložnik duljine oko jednog metra kojem je svrha spriječiti zamuljivanje piezometarske cijevi. Zbog toga se mogu dobiti i očitavanja koja su ispod deklarirane dužine piezometarske cijevi (Pilaš i Seletković 2004).

Za potrebe ovog istraživanja prikupljeni su svi izmjereni podatci o razinama podzemne vode na istraživanome području. Sve su izmjerene vrijednosti prenesene iz terenskih obrazaca u digitalni oblik za daljnju obradu. Podatci su za obradu pripremljeni tako da je prvo napravljena redukcija izmjerenih vrijednosti za duljinu (visinu) cijevi iznad tla. Zatim su za svaku piezometarsku postaju i za svaku cijev u bateriji izrađeni grafički prikazi pomoću kojih su identificirani nelogični unosi koji su ispravljani uz konzultaciju terenskih manuala.

Istraživanjem je obuhvaćeno osam piezometarskih postaja u biđsko-bosutskome šumskom području, a osnovne informacije o upotrijebljenim piezometarskim stacionarima donose se u Tablici 1. Podatci su prikupljeni mjerenjima razine podzemne vode dva puta tjedno u 16-godišnjem razdoblju (od 1996. do 2011. godine). Na šest obrađenih piezometarskih postaja postoji kompletan 16-godišnji niz izmjera, dok na dvije piezometarske postaje postoje prekidi u mjerenju, i to 2002. i 2003. godine. Do prekida u izmjerama razine podzemne vode dolazi uglavnom zbog oštećenja piezometarske postaje teškim strojevima prilikom izvođenja šumskih radova, zamuljenja i začepljenja cijevi, oštećene opreme za mjerenje i sl.

Analiza osnovnih klimatskih podataka promatranoga šumskog područja napravljena je na temelju podataka dobivenih od Državnoga hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) za meteorološke postaje Gradište i Slavonski Brod za vremensko

**Tablica 1.** Osnovni podatci o piezometarskim postajama  
*Table 1. Basic information on groundwater monitoring wells - piezometers*

Oznaka piezometarske postaje	Šumarija	Gospodarska jedinica	Odsjek	Šumska zajednica*	Oznaka piezometarske cijevi	Dubina cijevi (m)
7B	Cerna	Banov dol	26A	šuma hrasta lužnjaka i običnog graba	7 – B1	0,5
					7 – B2	1
					7 – B3	2,5
					7 – B4	7
7A	Cerna	Banov dol	10a		7 – A1	0,5
					7 – A2	1
					7 – A3	2,5
					7 – A4	7
7C	Županja	Kusare	16a		7 – C1	0,5
					7 – C2	1
					7 – C3	2,5
					7 – C4	13
8B	Cerna	Krivsko ostrvo	21a	šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke sa žestiljem	8 – B1	0,5
					8 – B2	1
					8 – B3	2,5
					8 – B4	7
8C	Strizivojna	Orljak	9a		8 – C1	0,5
					8 – C2	1
					8 – C3	2,5
					8 – C4	7
9B	Strizivojna	Merolino	23b		9 – B1	0,5
					9 – B2	1
					9 – B3	2,5
					9 – B4	10,9
10A	Strizivojna	Trstenik	9b		10 – A1	0,5
					10 – A2	1
					10 – A3	2,5
					10 – A4	7
11A	Strizivojna	Trstenik	20c	šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem	11 – A1	0,5
					11 – A2	1
					11 – A3	2,5
					11 – A4	9

razdoblje od 2001. do 2007. godine. Meteorološka postaja Gradište udaljena je od istočnog ruba istraživanoga šumskog kompleksa oko 2,5 kilometra, dok je meteorološka postaja Slavonski Brod udaljena od zapadnog ruba područja oko 32 kilometra (Slika 1.). Za potrebe ovog rada iz dnevnih vrijednosti temperature zraka i oborina izračunati su mjesečni, godišnji i vegetacijski prosjeci i sume.

## REZULTATI I RASPRAVA

### RESULTS AND DISCUSSION

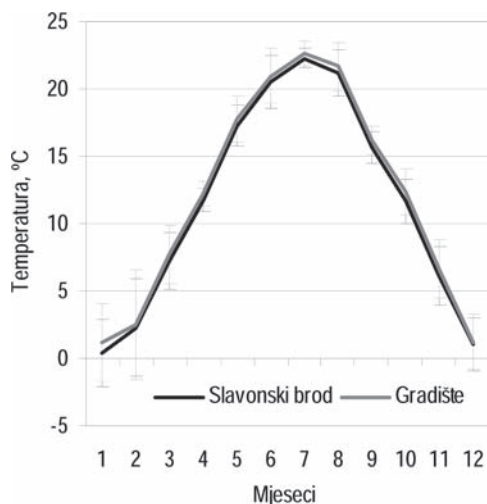
#### Klimatske prilike biđsko-bosutskog bazena

#### *Climatic conditions in the Biđ-Bosut forest area*

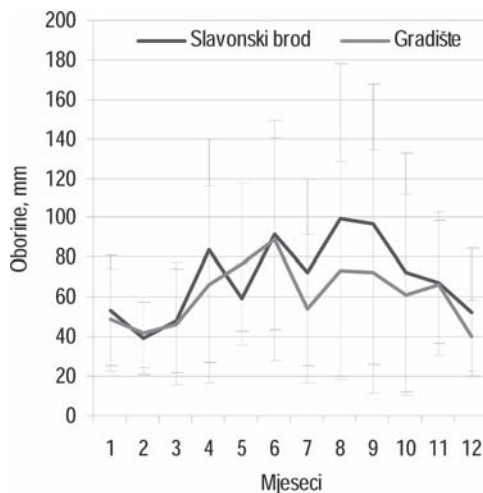
Dostupni literaturni podatci o osnovnim klimatskim pokazateljima kao što su temperatura zraka i količina oborina za promatrano područje vrlo su raznoliki. Velik broj objavljenih radova koji se dotiču ovog područja, uglavnom Spačvanskog bazena, koristio se klimatskim podacima prikupljenima na meteorološkoj postaji Gradište (Seletković 1996, Dekanić 2004, Seletković i Tikvić 2005, Cestarić 2008, Barić-Tominac 2010). U nekim su radovima prikazani i podatci s meteorološke postaje Spačva na kojoj su se prikupljali podatci u vrlo kratkome vremenskom razdoblju (Rauš 1975, Dekanić 1980, Medvedović 2003, Tikvić i dr. 2009).

Budući da se biđsko-bosutsko šumsko područje nalazi zapadnije od Spačvanskog bazena u ovome smo radu analizirali podatke s MP Gradište, ali i s prve susjedne istočne meteorološke postaje, Slavonski Brod. Za dvije su postaje uspoređene mjesečne sume oborina i prosječne mjesečne temperature. Za prikaz klimatskih vrijednosti uzeti su podatci sedmogodišnjeg razdoblja od 2001. do 2007. godine s obje postaje. Srednje vrijednosti prosječnih mjesečnih temperatura u istraživanome razdoblju prikazane su na Slici 3., a prosječne sume mjesečnih oborina na Slici 4.

Najtopliji su na obje meteorološke postaje ljetni mjeseci: lipanj, srpanj i kolovoz, pri čemu su temperature više od 20 °C. Siječanj i veljača najhladniji su mjeseci, a kolebanje temperature najveće je u veljači. U svim je mjesecima srednja temperatura na MP Gradište viša od one zabilježene na MP Slavonski Brod (Slika 3.).



Slika 3. Usporedba prosječnih mjesečnih temperatura na MP Gradište i MP Slavonski Brod  
Figure 3. Comparison of mean monthly temperatures on MS Gradište and MS Slavonski Brod.

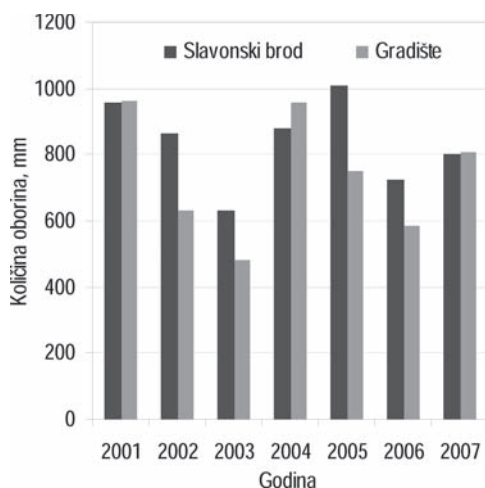


Slika 4. Usporedba prosječnih mjesečnih suma oborina na MP Gradište i MP Slavonski Brod  
Figure 4. Comparison of mean monthly precipitation on MS Gradište and MS Slavonski Brod

Usporedbom prosječnih mjesečnih količina oborina (Slika 4.) uočavamo da su u prva tri mjeseca količine oborina podjednake na obje postaje (siječanj do ožujak), nakon čega se razlike u oborinama povećavaju i najveće su od srpnja do listopada, pri čemu je uvijek veća prosječna količina oborina zabilježena na MP Slavonski Brod. Međutim, također je potrebno uputiti na izrazito veliku varijabilnost u mjesečnim podacima (standardna devijacija), pogotovo tijekom vegetacijskog razdoblja od travnja do listopada (Slika 4.).

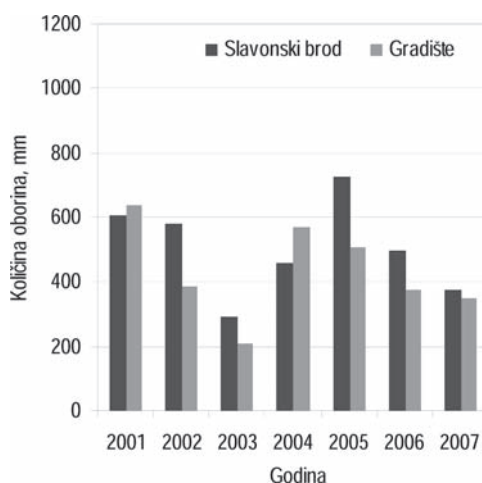
Na Slici 5. prikazana je dinamika godišnje sume oborina tijekom istraživanog razdoblja (2001. do 2007. godine) na MP Gradište i MP Slavonski Brod, a na Slici 6. dinamika sume oborina u vegetacijskome razdoblju. Kao vegetacijsko razdoblje uzeto je šest mjeseci počevši od travnja i zaključno s rujnom.

Usporedbom godišnjih suma oborina (Slika 5.) vidi se da je na području MP Slavonski Brod uglavnom palo više oborina nego na MP Gradište, osim 2001. i 2007. godine, kada je količina oborina podjednaka, te 2004. godine, kada je količina oborina u Gradištu nadmašila onu zabilježenu u Slavonskom Brodu. Što se tiče sume oborina u vegetacijskome razdoblju (Slika 6.), vidi se da je samo 2001. i 2004. godine palo više oborina u Gradištu, dok je u svim ostalim godinama veća količina oborina pala u Slavonskome Brodu.



Slika 5. Usporedba dinamike godišnjih suma oborina na MP Gradište i MP Slavonski Brod

Figure 5. Comparison of the dynamics of annual precipitation sums on MS Gradište and MS Slavonski Brod



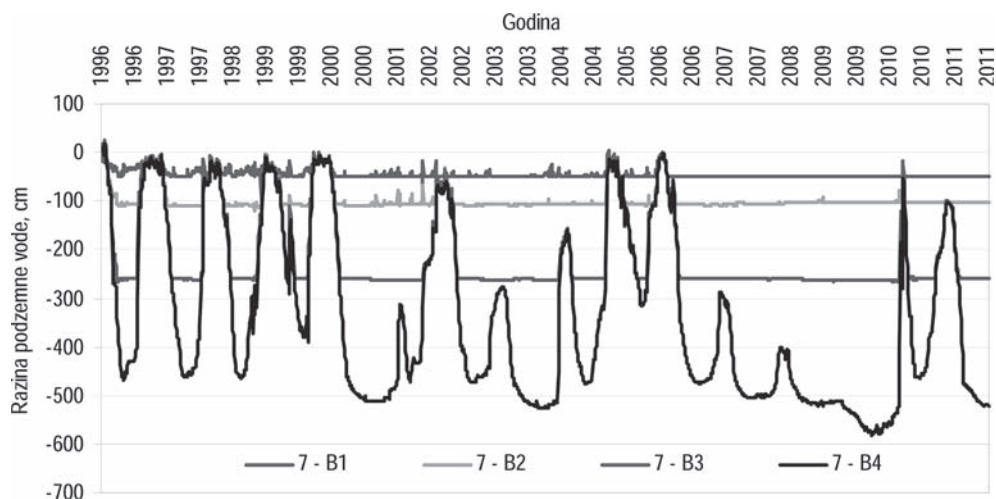
Slika 6. Usporedba dinamike suma oborina u vegetacijskom razdoblju na MP Gradište i MP Slavonski Brod

Figure 6. Comparison of the dynamics of precipitation in growing season on MS Gradište and MS Slavonski Brod

## Dinamika podzemne vode u šumama biđsko-bosutskog bazena

### Groundwater dynamics in the forests of the Biđ-Bosut forest area

Dinamika režima podzemne vode istraživanoga šumskog područja analizirana je u dvije razine: (1) analiza dinamike podzemne vode u svim cijevima svake piezome-



Slika 7. Razina podzemne vode izmjerena u četiri cijevi piezometra 7 – B od 1996. do 2011. godine  
 Figure 7. Groundwater levels in four wells of the piezometer 7 – B from 1996 to 2011.

tarske postaje te (2) analiza dinamike prosječne razine podzemne vode u vegetacijskom razdoblju u pojedinoj šumskoj zajednici kroz prikaz odstupanja razine podzemne vode od zajedničkoga prosječnog i apsolutnog minimalnog vegetacijskog vodostaja izračunatoga za cijelo istraživano područje (svih osam piezometara).

Iz nivograma piezometra 7 – B u Šumariji Cerna prikazanoga na Slici 7. može se uočiti specifičnost dinamike podzemnih voda u promatranome šesnaestogodišnjem razdoblju. Isto se tako može uočiti da linije cijevi koje su na različitim dubinama prate istu razinu podzemne vode. Ova zakonitost vrijedi za svaku promatranu pie-

**Tablica 2.** Osnovni statistički pokazatelji dinamike razine podzemne vode na godišnjoj razini u piezometarskim cijevima od 0,50 i 1,00 m dubine

*Table 2. Basic statistical parameters of the annual groundwater dynamics in the wells 0,50 and 1,00 m deep*

Oznaka piezometra	Razina vode u cijevi do 0,50 m dubine, cm					Razina u cijevi do 1,00 m dubine, cm				
	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.
7 - A	-41,95	14,93	0,37	-51	1	-90,93	30,04	0,75	-118	27
7 - B	-45,39	10,81	0,27	-98	1	-93,69	28,01	0,69	-122	26
7 - C	-43,81	13,86	0,35	-51	5	-92,30	25,47	0,63	-128	11
8 - B	-49,09	8,61	0,21	-51	1	-87,96	26,13	0,65	-104	27
8 - C	-50,54	3,72	0,09	-51	-1	-94,95	19,09	0,47	-150	-2
9 - B	-42,24	15,52	0,38	-51	1	-91,09	30,94	0,77	-126	17
10 - A	-47,40	9,95	0,26	-51	1	-87,45	26,98	0,70	-112	3
11 - A	-50,76	1,03	0,03	-51	-26	-94,44	22,96	0,60	-149	-22



**Tablica 3.** Osnovni statistički pokazatelji dinamike razine podzemne vode u vegetacijskome razdoblju u piezometarskim cijevima od 2,50 m i u najdubljoj piezometarskoj cijevi  
**Table 3.** Basic statistical parameters of the annual groundwater dynamics in the wells 2,50 m deep and the deepest well in the piezometer set

Oznaka piezometra	Razina vode u cijevi do 2,50 m dubine, cm					DC, m	Razina vode u najdubljoj cijevi, m				
	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.		sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.
7 - A	-211,14	83,42	2,07	-277	28	7,00	-327,89	160,13	3,97	-556	28
7 - B	-209,95	85,71	2,13	-267	25	7,00	-340,64	176,46	4,38	-581	19
7 - C	-212,10	68,59	1,71	-281	-2	13,00	-436,09	162,58	4,05	-639	-5
8 - B	-189,32	79,37	1,98	-260	23	7,00	-237,71	118,11	2,95	-424	52
8 - C	-220,64	69,54	1,72	-264	1	7,00	-418,36	159,32	3,95	-657	0
9 - B	-210,07	84,60	2,09	-267	16	10,90	-413,19	201,15	4,98	-919	16
10 - A	-181,67	87,01	2,27	-266	12	7,00	-295,28	188,30	4,91	-635	19
11 - A	-225,54	41,63	1,08	-300	-32	9,00	-444,18	74,53	1,95	-611	-54

**Tablica 4.** Osnovni statistički pokazatelji dinamike razine podzemne vode u vegetacijskome razdoblju u piezometarskim cijevima od 0,50 i 1,00 m dubine  
**Table 4.** Basic statistical parameters of the growing season groundwater dynamics in the wells 0,50 and 1,00 m deep

Oznaka piezometra	Razina vode u cijevi do 0,50 m dubine, cm					Razina u cijevi do 1,00 m dubine, cm				
	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.
7 - A	-43,58	14,25	0,50	-51	1	-90,87	30,48	1,06	-109	27
7 - B	-46,35	9,45	0,33	-51	1	-94,51	26,24	0,91	-112	26
7 - C	-44,73	13,39	0,47	-51	5	-92,92	24,91	0,87	-128	11
8 - B	-49,97	6,48	0,23	-51	1	-91,62	20,50	0,72	-104	6
8 - C	-50,37	4,62	0,16	-51	-1	-94,80	18,81	0,65	-150	-4
9 - B	-42,84	14,66	0,51	-51	1	-91,46	30,39	1,05	-126	17
10 - A	-48,45	8,44	0,31	-51	1	-89,00	24,90	0,91	-112	1
11 - A	-50,73	1,23	0,04	-51	-26	-95,24	22,92	0,84	-142	-22

zometarsku postaju i dokaz je tome da u vertikalnom profilu tla promatranih piezometarskih postaja nema nepropusnih slojeva koji bi onemogućavali vertikalnu komunikaciju podzemne vode.

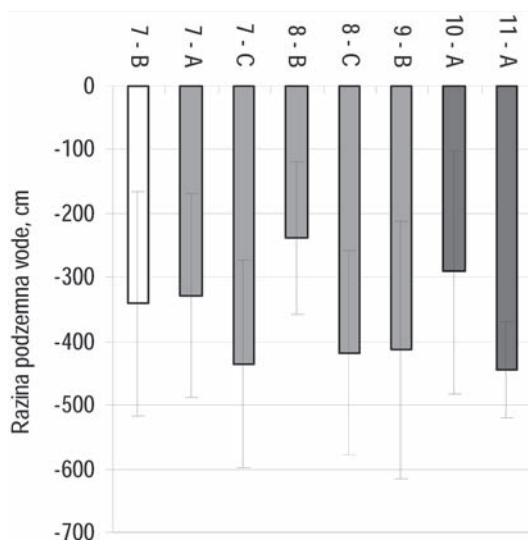
U tablicama 2. do 5. donose se statistički pokazatelji koji su izračunati za svaku piezometarsku postaju i za svaku cijev u pojedinoj piezometarskoj bateriji. U tablicama su za istraživano razdoblje dane prosječne razine podzemne vode (sgv) skupa s izračunatom standardnom devijacijom (st. dev.) i standardnom pogreškom (st. pog.). Također su prikazane i najveće (max.) i najmanje (min.) zabilježene razine

**Tablica 5.** Osnovni statistički pokazatelji dinamike razine podzemne vode u vegetacijskome razdoblju u piezometarskim cijevima od 2,50 m i u najdubljoj piezometarskoj cijevi  
**Table 5.** Basic statistical parameters of the growing season groundwater dynamics in the well 2,50 m deep and the deepest well in the piezometer set

Oznaka piezometra	Razina vode u cijevi do 2,50 m dubine, cm						Razina vode u najdubljoj cijevi, m					
	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.	DC, m	sgv	st. dev.	st. pog.	min.	max.	
7 - A	-206,00	84,41	2,93	-275	28	7,00	-312,47	163,45	5,67	-550	28	
7 - B	-206,81	83,58	2,90	-267	25	7,00	-317,05	169,78	5,90	-562	19	
7 - C	-211,09	68,46	2,39	-274	-2	13,00	-418,03	165,43	5,77	-638	-7	
8 - B	-191,52	72,23	2,55	-260	6	7,00	-240,38	113,43	4,00	-424	4	
8 - C	-216,53	71,87	2,49	-264	0	7,00	-395,77	170,05	5,89	-655	0	
9 - B	-206,62	85,44	2,96	-267	16	10,90	-404,79	208,76	7,25	-919	16	
10 - A	-178,25	82,28	3,00	-266	12	7,00	-259,31	163,62	5,96	-632	19	
10 - A	-226,31	44,32	1,62	-300	-32	9,00	-443,09	81,88	3,01	-579	-54	

podzemnih voda. U tablicama 2. i 3. prikazani su podatci za cijelu godinu, dok su u tablicama 4. i 5. prikazani podatci samo za vegetacijsko razdoblje.

Kako je ranije u tekstu navedeno, očitavanja dubinskih piezometarskih cijevi mogu se smatrati stvarnom razinom podzemne vode, posebice kada se pregledom prikupljenih podataka na svim piezometarskim cijevima može utvrditi da ne postoji



Slika 8. Prosječna godišnja razina podzemne vode u istraživanim piezometrima u razdoblju od 1996. do 2011. godine.

Figure 8. Mean annual groundwater levels in investigated piezometers in the period from 1996 to 2011.

nepropusni sloj negdje unutar profila tla. Zbog toga će se daljnji prikaz dinamike podzemne vode odnositi samo na podatke prikupljene na najdubljim cijevima svakoga od 8 piezometara.

Na Slici 8. prikazane su višegodišnje prosječne razine podzemne vode s jednom standardnom devijacijom najdubljih cijevi piezometara. Piezometar 7 – B nalazi se u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba, piezometri 7 – A, 7 – C, 8 – B, 8 – C i 9 – B nalaze se u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke sa žestiljem, dok se piezometri 10 – A i 11 – A nalaze u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem. Iz prikazanih godišnjih prosjeka čini se da nema značajnoga grupiranja piezometarskih postaja prema fitocenološkim zajednicama.

Međutim, potrebno je istaknuti da su za fitocenološku karakterizaciju šumskih sastojina u kojima se nalaze predmetni piezometri, podatci o fitocenoza preuzeti iz Osnova gospodarenja za određenu gospodarsku jedinicu koje su na snazi. Prva fitocenološka snimanja ovog područja napravio je Rauš (1972a, 1972b, 1974). Na osnovi prvotnih fitocenoloških karata utvrđena je pripadnost pojedinih odjela određenim fitocenološkim zajednicama i takvi su podatci ušli u tadašnje Osnove gospodarenja. Pri izradi novih Osnova gospodarenja u pravilu se ne vrše nova fitocenološka istraživanja, nego se eventualne promjene fitocenoze utvrđuju vizualnim pregledom sastojina.

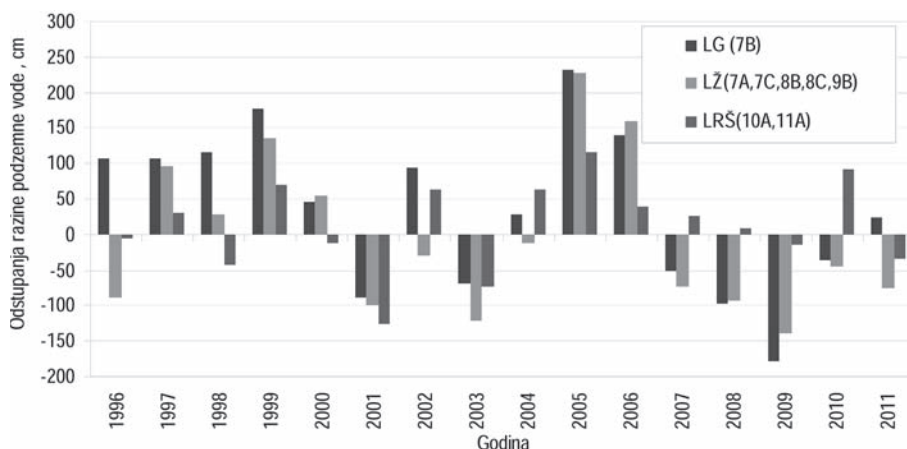
U skladu s recentnim istraživanjima vegetacije Spačvanskog područja (Cestarić 2008, Škvorc i dr. 2009), a koja upućuju na promjene flornog sastava hrastovih fitocenoza, postoji mogućnost da fitocenološka pripadnost predmetnih odsjeka kako je iskazana u Osnovama gospodarenja više ne odgovara sadašnjemu stvarnom stanju na terenu te je sigurno da je barem djelomično i to uzrok nedostatku značajnoga grupiranja piezometarskih postaja prema fitocenološkoj pripadnosti pojedinih šumskih sastojina iskazanoj u Osnovama gospodarenja.

Za daljnju analizu dinamike po šumskim zajednicama prvo je izračunata prosječna zabilježena razina podzemne vode za cijelo područje biđsko-bosutških šuma, odnosno izračunat je godišnji i vegetacijski prosjek iz svih prikupljenih podataka na svih 8 piezometarskih postaja. Nakon toga je za svaki piezometar izračunato odstupanje od vegetacijskog prosjeka razine podzemne vode za svaku od 1996. do 2011. godine. Iz odstupanja svih piezometara pojedine šumske zajednice izračunato je prosječno odstupanje za svaku godinu. Također su na isti način izračunata i odstupanja od prosječnoga vegetacijskog minimuma tijekom istraživana razdoblja.

Na Slici 9. prikazana su odstupanja srednjega vegetacijskog vodostaja prosječne razine podzemne vode za cijelo šumsko područje biđsko-bosutške nizine po godinama i šumskim zajednicama.

Iz grafikona se može zaključiti da su odstupanja srednjega vegetacijskog vodostaja od prosjeka zabilježena 2001., 2003. i 2009. godine, kada je došlo do izraženijeg pada podzemne vode u svim šumskim zajednicama, te 1999., 2005. i 2006. godine, kada je došlo do povećanja prosječne razine podzemne vode u svim šumskim zajednicama.

Najniža razina podzemne vode u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba zabilježena je 2009. godine i bila je 1,5 metar niža od prosjeka. U istoj je



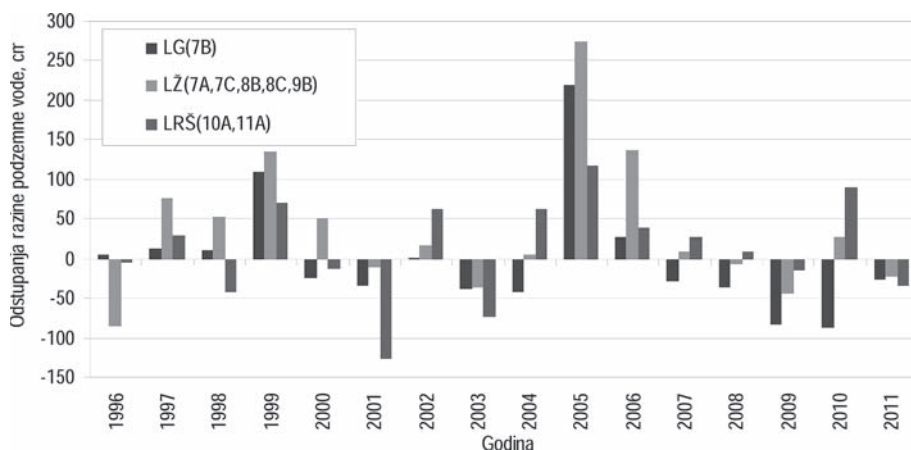
Slika 9. Odstupanja od prosječne vegetacijske razine podzemne vode u bidsko-bosutskom području  
Figure 9. Departure from the mean growing season groundwater levels in the Biđ-Bosut forest area

godini i u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke sa žestiljem zabilježen najniži prosječni vodostaj od gotovo 1,5 metar niže od prosjeka. Najniži prosječni vodostaj u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem zabilježen je 2001. godine i iznosio je nešto više od 1 metra ispod prosječne vrijednosti.

Što se tiče povišenja razine podzemne vode u odnosu na prosječni vodostaj, najznačajnija je 2005. godina kada je u sve tri šumske zajednice došlo do najvećeg odstupanja, i to od preko 1 metra kod šumske zajednice hrasta lužnjaka i velike žutilovke s rastavljenim šašem do preko 2 metra u preostale dvije šumske zajednice. To se djelomično može objasniti podudarnošću s godišnjim i vegetacijskim oborinama prikazanim na slikama 5. i 6. Naime, 2003. godine pad razine podzemne vode podudara se s manjom količinom oborina, dok se 2005. godine povišenje razine podzemnih voda podudara s najvećom zabilježenom količinom oborina u promatranome razdoblju. Međutim, razinu podzemne vode nije moguće objasniti isključivo promatrajući oborine, upravo zbog činjenice da u hidrološkom ciklusu sudjeluje velik broj različitih čimbenika. Kao potvrdu toga može se za primjer uzeti 2001. godina u kojoj je zabilježena iznadprosječna količina oborina (Slike 5. i 6.), ali i pad razine podzemne vode u vegetacijskom razdoblju u sve tri šumske zajednice (Slika 9.).

Iz sljedećeg se grafikona (Slika 10.) može uočiti da su znatnija odstupanja apsolutnih vegetacijskih minimuma od prosjeka zabilježena upravo u godinama u kojima su i znatnija odstupanja srednjega vegetacijskog vodostaja, i to u sve tri šumske zajednice. Po intenzitetu odstupanja najsnažnije se izdvaja 2005. godina u kojoj je došlo do znatnoga pozitivnog pomaka apsolutne minimalne razine podzemne vode u vegetacijskom razdoblju. To se također može dovesti u određeni stupanj povezanosti s izrazito vlažnim klimatskim uvjetima 2005. godine.

Povećanje učestalosti ekstremnih godina u kojima razina podzemne vode odstupa od višegodišnjih trendova sasvim će sigurno imati utjecaja na šumske eko-



Slika 10. Odstupanja vegetacijskih minimuma od prosječnoga vegetacijskog minimuma razine podzemne vode u biđsko-bosutskom području

Figure 10. Departure from the absolute minimum groundwater level in the growing season in the Biđ-Bosut forest area

sustave područja. Međutim, na osnovi podataka korištenih u ovome članku ne može se sa sigurnošću tvrditi kakva je budućnost hrastovih šuma biđsko-bosutskog područja s obzirom na buduće promjene režima podzemne vode. Posebna se pozornost u budućim istraživanjima ove problematike treba posvetiti distribuciji korijenjskog sustava hrasta lužnjaka s obzirom na pedološke i sastojinske uvjete te druge ključne čimbenike poput starosti sastojine i slično. Za sada su podatci o podzemnoj distribuciji biomase korijenja te posebice njezinoj dinamici u ovisnosti o promjenama hidropedoloških čimbenika iznimno rijetki.

## ZAHVALA

### ACKNOWLEDGEMENT

Autori ovim putem srdačno zahvaljuju svim djelatnicima Hrvatskih šuma, UŠP-a Vinkovci koji već desetljećima marljivo mjere i skupljaju podatke o razinama podzemnih voda na cijelom području UŠP-a Vinkovci.

## LITERATURA

### REFERENCES

- Barić-Tominac, M. 2010. Dinamika i kakvoća podzemne vode u nizinskim ekosustavima na području Spačve. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-123.
- Branković, Č., Patarčić, M., Guttler, I., Srnc, L. 2012. Near-future climate change over Europe with focus on Croatia in an ensemble of regional climate model simulations. *Clim. Res.* 52(1): 227-251.

- Cestarić, D. 2008. Današnje stanje šumske vegetacije Spačvanskoga bazena u ovisnosti o promjenama staništa u razdoblju od 1969-2007. godine. Magistarski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Institut Ruđer Bošković Zagreb, str. 1-104.
- Dekanić, I. 1980. Način i intenzitet proreda u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Vinkovci: SŠGO „Slavonska šuma“, str. 1-120.
- Dekanić, S. 2004. Utjecaj gustoće sadnje na razvoj strukturnih značajki dvanaestogodišnje šumske kulture hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-42.
- Eckhardt, K., Ulbrich, U. 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. J. Hydrol. 284(1-4): 244-252.
- Green, T. R., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J. J., Allen, D. M., Hiscock, K. M., Treidel, H., Aureli, A. 2011. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. J. Hydrol. 405(3-4): 532-560.
- Harapin, M., Androić, M. 1996. Sušenje i zaštita šuma hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.) Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Vinkovci, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti - Centar za znanstveni rad Vinkovci i "Hrvatske šume" d.o.o., str. 227-256.
- Klepac, D. 2000. Najveća cjelovita šuma hrasta lužnjaka u Hrvatskoj - Spačva. Vinkovci: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad u Vinkovcima, 116 str.
- Manojlović, P. 1926. Sadašnje stanje hrastovih šuma u Slavoniji. U: A. Ugrenović (ur.), Pola stoljeća šumarstva 1876-1926. Zagreb : Jugoslovensko šumarsko udruženje, str. 372-385.
- Matić, S. 2010. Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. U: S. Matić, I. Anić (ur.), Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str.1-22.
- Medvedović, J., 2003: Snimanje fenoloških i klimatskih podataka u Spačvi. U: D. Klepac, K. Čorkalo-Jemrić (ur.), Retrospektiva i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Zagreb, Vinkovci: HAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci i "Hrvatske šume" d.o.o., str. 245-258.
- Nemeš, T., Bašić-Palković, P., Dekanić, S., Licht, R., Dubravac, T., 2010: Winds of Change – Management of even-aged pedunculate oak forests in increasingly windier climate. U: L. Rakonjac (ur.), International scientific conference Forest Ecosystems and Climate Changes - Book of Abstracts, Belgrade, str. 9-10.
- Nemeš, T., Bašić-Palković, P., Licht, R., Posarić, D. 2009. Štete u Spačvanskom bazenu nastale olujnim nevremenom u 2008. godini. Glasilo biljne zaštite 9(1/2-dodatak): str 27.
- Pilaš, I. 2006. Odnos morfoloških svojstava tla i vode u tlu u nizinskim šumama središnje Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 243 str.
- Pilaš, I., Seletković, A. 2004. Analiza režima podzemnih voda našičkih nizinskih šuma primjenom GRASS GIS alata. Šumar. list 128(7-8): 363-374.
- Prpić, B., Seletković, Z., Žnidarić, G. 1994. Ekološki i biološki uzroci propadanja stabala hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u nizinskoj šumi "Turopoljski lug". Glas. šum. pokuse 30: 193-222.
- Rauš, Đ. 1972a. Vegetacijski i sinekološki odnosi šuma u bazenu Spačva. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Rauš, Đ. 1972b. Karta šumskih zajednica Spačvanskog bazena i okolice Vinkovaca, Grafički zavod Hrvatske.
- Rauš, Đ. 1974. Šumske fitocenoze i vegetacijska karta šuma jugoistočne Slavonije. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije. JAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci, Vinkovci-Slavonski Brod, Posebna izdanja 2: 79-114.
- Rauš, Đ. 1982. Rezultati petnaestogodišnjih (1966.-1980.) istraživanja i kartiranja slavonskih i baranjskih šuma. Šumar. list 106(4-5): 93-105.

- Rauš, Đ. 1990. Sukcesija šumske vegetacije u bazenu Spačva u razdoblju 1970-1989. god. Šum. list 114(9-10): 341-356.
- Seletković, Z., Tikvić, I. 2005. Klimatske prilike. U: J. Vukelić, (ur.), Poplavne šume u Hrvatskoj. Zagreb: Akademija šumarskih znanosti, Hrvatske šume, Grad Zagreb, Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo, 455 str.
- Seletković, Z. 1996. Klima lužnjakovih šuma. U: D. Klepac (ur.) Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Vinkovci, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti - Centar za znanstveni rad Vinkovci i "Hrvatske šume" d.o.o., str. 71-82.
- Škvorc, Ž., Cestarić, D., Franjić, J., Krstonošić, D., Sever, K., Guzmić, M. 2009. Dinamika šumske vegetacije Spačvanskog bazena u posljednjih četrdeset godina. U: S. Matić, I. Anić (ur.), Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, str. 75-101.
- Tikvić, I., Zečić, Ž., Ugarković, D., Posarić, D. 2009. Oštećenost stabala i kakvoća drvnih sorti-menata hrasta lužnjaka na spačvanskom području. Šumar. list 133(5-6):237-248.
- Vukelić, J., Rauš, Đ. 1998. Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Zagreb: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 310 str.

## GROUNDWATER REGIME OF BIĐ-BOSUT FOREST AREA

### *Summary*

*In this contribution we present first results of the long-term monitoring of groundwater dynamics in the Biđ-Bosut forest area located in the Eastern Croatia. Analysis encompassed groundwater level data measured twice per week on 8 piezometric stations during 16 years from January 1996 till December 2011. Data were analyzed on yearly and growing-season basis. Basic features of the climate in the area are also presented based on the meteorological data from two nearest meteorological stations, Slavonski Brod and Gradište. The main aim of the contribution is to add new findings to the existing knowledge-base on recent hydrological and climate dynamics of the lowland forest ecosystems in the Biđ-Bosut area.*

*Departure of the groundwater levels from the long-term mean in the growing season were recorded in 2001, 2003 and 2009 (drop of the groundwater level), and in 1999, 2005 and 2006 (rise of the groundwater level). Significant rise of the groundwater levels during the growing season of 2005 was recorded in all forest types, due to the extremely moist condition of the climate in 2004 and 2005.*

**Key words:** *lowland forests of pedunculate oak, peizometers, monitoring, FA Vinkovci, climate change*