

Екол. Зашт. Живот. Сред.	Том	Бр.	стр.	Скопје
		9	1-2	3-16
Ekol. Zašt. Život. Sred.	Vol.	No.	pp.	Skopje
				2004/2005

## ДИНАМИКА НА БРОЈНОСТА НА МАКРОФАУНАТА ВО ЗАВИСНОСТ ОД ХИДРОТЕРМИЧКИТЕ УСЛОВИ ВО ПОЧВАТА ВО БУКОВИОТ ЕКОСИСТЕМ ВО НАЦИОНАЛНИОТ ПАРК „МАВРОВО“

Дана ПРЕЛИЌ

*Институт за биологија, Природно – математички факултет, Скопје*

### ИЗВОД

**Прелиќ, Д. (2005).** Динамиката на бројноста на педобионтите во зависност од хидротермичките услови во почвата во буковиот екосистем во Националниот парк „Маврово“. Екол. Зашт. Живот. Сред., Том 1, бр. 9, Скопје.

Следени се измените на бројноста на почвената макрофауна во зависност од хидротермичките услови на почвата во буковиот екосистем во Маврово. Беа користени линеарни ( $y=ax+b$ ) и полиномни регресиони модели ( $Z=aX+bY+c$ ) за почвената макрофауна како зависна променлива, и температурата и влажноста на почвата, како независни променливи. Посилни позитивни корелации помеѓу варијаблите беа утврдени во повисоките почвени слоеви (шумска простирка и слој од 0-5 cm) во однос на подлабоките почвени слоеви (5-10, 10-20 и 20-30 cm длабочина).

**Клучни зборови:** макрофауна, влажност на почва, температура

### ABSTRACT

**Prelik, D. (2005).** Soil macrofauna density dynamics depending on hydrotermical soil conditions in beech ecosystem in Mavrovo National Park. Ekol. Zašt. Život. Sred., Vol. 1, No. 9, Skopje.

The changes of soil macrofauna density depending on hydrotermical soil conditions in beech ecosystem in Mavrovo National Park were investigated. The linear models ( $y=ax+b$ ) and polynomial regression models ( $Z=aX+bY+c$ ) of soil macrofauna, as depending variable and soil temperature and soil moisture as independent variables were used. More strong positive correlations between variables in upper soil layers (forest floor and 0-5 cm soil depth) despite deeper layers (5-10, 10-20 and 20-30 cm depth) were estimated.

**Key words:** macrofauna, soil humidity, temperature

### ВОВЕД

Активноста на почвените животни, како битна компонента во функционирањето на шумските екосистеми, зависи од бројни абиотички и биотички фактори. Заедниците на почвената макрофауна покажуваат специфични разлики и во однесувањето во зависност од

почвените услови. Почвената влажност и температура го условуваат или лимитираат населувањето на почвените животни во хоризонтален и вертикален правец (Beylich & Graefe 2002).

Од еколошки аспект, температурата и влажноста на почвата претставуваат едни од најважните фактори на микроклимата и нив-

ното заедничко дејство зазема посебно место во еколошките истражувања. Измената на температурата повлекува со себе и измена на релативната влажност на почвата и интензитетот на испарување и обратно. Промените предизвикани од збирното дејство на овие два фактори влијаат на текот на многу животни појави кај педобионтите, како што се размножувањето, метаболизмот, плодноста, должината на животот и морталитетот.

Влажноста на почвата зависи од повеќе фактори: формата и интензитетот на преципитацијата, сезонските варирања, брзината на транспирацијата и евапорацијата, искосеноста на теренот, длабочината на почвениот профил, текстурата на почвата и т.н. Почвената вода не влијае само на достапноста на влага за почвените организми, туку исто така и на почвената аерација, количината на растворени материи, осмотскиот притисок и рН реакцијата.

Температурата на почвата како фактор варира во зависност од надморската височина и географската широчина. Апсорпцијата на соларната енергија на површината на почвата зависи од многу параметри: бојата на почвата, вегетацијата, брзината на минерализацијата и на биолошките процеси во целина. Температурата на почвата е важен фактор поради нејзиното влијание на вегетацијата, кружењето на материите, формирањето на почвата, животниот процес на почвените животни и други биолошки активности (Munn et al. 1978, Tajchman et al. 1986).

Почвените животни даваат различен одговор на измената на температурата и влажноста во простирката и почвениот профил.

Во трудот се следени измената на бројноста на почвената макрофауна во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“ во простирката и почвениот хоризонт од 0-30 cm (0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 cm) во зависност од измената на хидротермичките услови на почвата во текот на годината.

## ИСТРАЖУВАНО ПОДРАЧЈЕ

Истражувањата се вршени во буковиот екосистем *Calamintho grandiflorae-Fagetum* (Em 1962) во Националниот парк „Маврово“. Екосистемот се наоѓа во локалитетот „Влаиница“ (во атарот на с. Леуново) на надморска височина од 1300 m. Состоината е разнородна, со старост од 50 до 70 години. Просечна годишна температура изнесува 7,1°C, додека просечните месечни температури се негативни во трите зимски месеци и во јануари изнесува од -1,3 до -0,7°C.

Морфолошките својства на почвата се претставени со типот на профил: O<sub>1</sub>-A/Of/h-A-B-(B)C-C.

Според текстурата почвата е иловеста до глинесто-иловеста со ретенционен капацитет 29%-49%. Почвената реакција (рН) е умерено кисела до силно кисела и изнесува 5,0-6,0.

Во истражуваниот период мерени се и температурата и влажноста во простирката и почвата (Таб. 1 и 2).

Таб. 1. Температура на почвата во периодот мај 1999 – април 2000 (Прелик 2002)

Tab.1. Soil temperature of period May 1999 - April 2000

Слој/layer	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
ш.п.*	17,50	20,34	17,67	23,84	17,67	5,00	4,67	7,00	0,10	1,00	2,16	14,84
0-5 cm	12,00	15,34	14,17	19,17	14,34	7,00	5,67	6,60	0,25	0,50	2,50	10,00
5-10 cm	11,50	13,84	13,17	17,00	13,50	7,00	6,00	5,84	0,60	0,96	4,00	7,67
10-20 cm	10,50	13,07	12,84	16,00	12,84	7,00	6,06	5,50	1,60	1,24	5,84	8,50
20-30 cm	9,00	11,67	12,50	15,34	12,00	8,00	6,24	5,50	1,75	1,50	6,00	6,84

\*шумска простирка (forest floor)

Таб. 2. Процент на вода во почвата во периодот мај 1999 – април 2000 (Прелиќ 2002)  
 Tab.2. Percent of water in soil of period May 1999 – April 2000

Слој/layer	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
ш.п.*	36,77	24,76	55,55	22,09	36,70	29,14	74,90	62,63	75,12	74,85	77,72	53,73
0-5 cm	44,99	30,78	42,06	23,71	28,17	25,37	45,52	46,44	44,45	44,73	43,62	41,13
5-10 cm	24,18	20,59	24,40	14,46	21,30	21,08	31,48	29,05	27,56	31,74	28,13	25,85
10-20 cm	21,68	17,83	21,37	14,62	18,77	16,54	24,02	23,46	21,55	24,61	24,00	23,4
20-30 cm	21,92	17,82	21,45	13,57	18,13	16,79	23,73	21,58	23,38	23,37	23,4	22,87

\*шумска простирка (forest floor)

Во пролетно-летниот период од годината, температурата е највисока во шумската простирка и постепено опаѓа одејќи кон подолните почвени слоеви. Највисока температура е регистрирана во август 1999 (23,84°C) во простирката. Во зимскиот период од годината температурите на простирката и почвата се значително пониски и со исклучок на декември, се зголемуваат одејќи од простирката кон подолните почвени слоеви до 30 cm длабочина. Процентот на вода во почвата е највисок во простирката (со исклучок на мај 1999) и преку целата година постепено опаѓа кон подолните почвени слоеви.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ НА РАБОТА

Во екосистемот *Calamintho grandiflorae-Fagetum* во Националниот парк „Маврово“ на експериментална површина од 1 ha, почвената макрофауна беше собирана во периодот мај 1999-април 2000 од 5 различни случајно одбрани точки од шумската простирка и почвата до 30 cm длабочина во слоевите од 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 cm. Од простирката пробите беа земани со помош на дрвени рамки со зафатна површина од 0,25 m<sup>2</sup>, а од почвата со копање профили со иста зафатнина за секој слој одделно.

Густијата на населувањето на почвената макрофауна беше определувана преку просечната бројност како индивиди на квадратен метар (инд·m<sup>-2</sup>).

Статистичката обработка на податоците беше изработена со помош на програмскиот

пакет Statgraphics 2.1 for Windows.

## РЕЗУЛТАТИ

Во текот на истражувањето беа регистрирани следните групи од почвената макрофауна:

класа OLIGOCHAETA  
 ред OPISTHOPORA  
 фам. Lumbricidae  
 ред PLESIPODA  
 фам. Enchytraeidae

класа MYRIAPODA  
 ред CHILOPODA  
 фам. Geophilidae  
 фам. Scolopendridae  
 фам. Lithobiidae  
 ред DIPLOPODA  
 фам. Julidae  
 фам. Polydesmidae  
 ред SYMPHYLA  
 ред PAUROPODA

класа CRUSTACEA  
 ред ISOPODA

класа INSECTA  
 ред PROTURA  
 ред DIPLURA  
 ред COLEOPTERA  
 фам. Elateridae  
 фам. Staphylinidae  
 фам. Carabidae  
 фам. Curculionidae  
 фам. Silphidae  
 фам. Scolytidae

фам. Cerambycidae  
 фам. Oedemeridae  
 недетерминирани

ред DIPTERA  
 фам. Tipulidae  
 недетерминирани

ред LEPIDOPTERA  
 фам. Geometridae  
 недетерминирани

ред ORTHOPTERA  
 фам. Gryllidae

ред HYMENOPTERA  
 фам. Formicidae  
 фам. Dolichopodidae  
 недетерминирани

КУКЛЕНИ СТАДИУМИ  
 НЕДЕТЕРМИНИРАНИ

класа GASTROPODA  
 ред STYLOMMATORPHORA  
 фам. Agriolomacidae  
 недетерминирани

класа ARACHNOIDEA  
 ред ARANEA

Покрај квалитативниот состав беа определувани и квантитативните односи на макрофауната, што овозможи следење на динамиката, бројноста на различните популации. Густината на популациите на почвената макрофауна во шумските екосистеми зависи од бројни абиотички и биотички фактори на средината, меѓу кои, микроклиматските фактори имаат исклучителни важна улога.

Измената на динамиката во бројноста на педобионтите, во простирката и одделните почвени слоеви, во буковиот екосистем во НП „Маврово“, во зависноста од влажноста и температурата на почвата, е претставена на сликите 1-5.

Динамиката на макрофауната во простирката варира во текот на годината во зависност од измената на хидротермичките услови (Сл. 1).



Сл. 1. Динамика на вкупната макрофауна (инд.м<sup>-2</sup>) во простирката во зависност од температурата (°C) и влажноста (%) во истражуваниот буков екосистем

Fig. 1. Total macrofauna (ind.m<sup>-2</sup>) dynamics in forest floor depends on soil temperature (°C) and humidity (%) in investigated beech ecosystem

Јасно се забележува дека во пролетно-летните месеци кога процентот на вода во на почвата расте и бројноста. Неминовно треба да се нагласи дека нетипично високата влажност на простирката во летниот месец јули

простирката е понизок и бројноста на педобионтите е помала, а со порастот на влажноста 1999 (55,55%), се должи на врнежливиот ден кога беа земани пробите.

Со статистичка анализа на добиените податоци беше констатирана значајна корелација на 99 % ниво, помеѓу бројноста на претставниците од макрофауната во простирката од една и влажноста на простирката од друга страна ( $p=0,0054$ ). Изработена е регресиска анализа по линеарниот модел  $y=ax+b$ ; односно

$$Y \text{ (инд}\cdot\text{м}^{-2} \text{ во простирка)} = - 8,22015 + 2,95706 \cdot X \text{ (влажност во простирка - \%)}$$

Високиот коефициент  $r=0,771973$ , укажува на силната позитивна корелација меѓу двата параметри ( $n=12$ ).

Температурните разлики во простирката, исто така влијаат на измената на бројноста на претставниците од макрофауната во текот на годината. Во пролетно-летниот период, кога температурите се повисоки, почвените животни мигрираат во подолните почвени слоеви, додека во есенско-зимскиот период и покрај значително ниските температури, високата влажност условува помасовно населување во простирката.

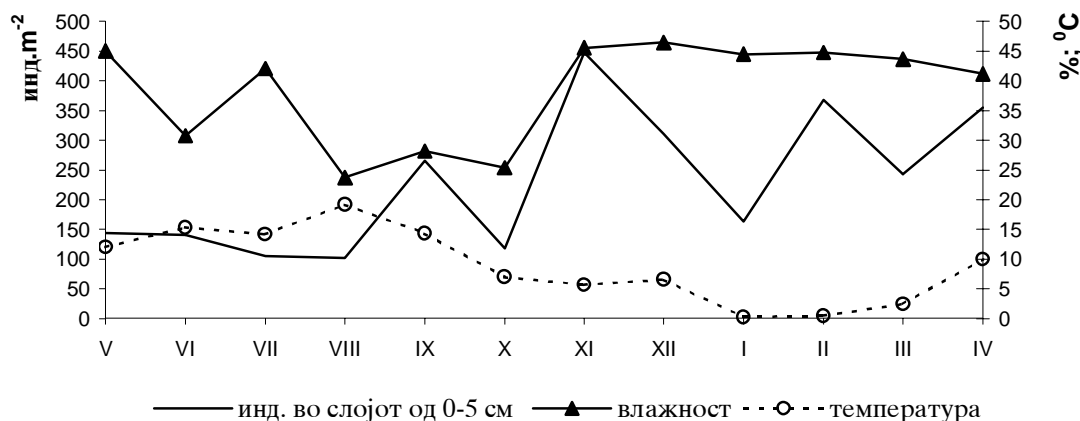
Со цел да се тестира зависноста меѓу бројноста на претставниците од макрофауната како зависно променлива и влажноста и температурата на простирката како независно променливи величини беше изработен полиномен регресионен модел од типот:  $Z=aX+bY+c$ .

$$Z \text{ (инд}\cdot\text{м}^{-2}) = - 8,3242 + 3,89231 \cdot X \text{ (влажност - \%)} + 2,70638 \cdot Y \text{ (температура - } ^\circ\text{C)},$$

покажа дека постојат статистички значајни зависимости помеѓу параметрите на 95%-но ниво ( $p<0,05$ ). Коефициентот на корелација  $r$  е висок и изнесува  $0,783288$ .

Полиномна регресиона анализа беше направена и за зависноста помеѓу бројноста на макрофауната, влажноста и температурата во почвениот профил (слоевите од 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 cm), меѓутоа не беше забележана статистички значајна зависност ( $p>0,05$ ).

На Сл.2 е претставена динамиката на макрофауната во слојот од 0-5 cm во зависност од влажноста и температурата на почвата.



Сл. 2. Динамика на вкупната макрофауна (инд·м<sup>-2</sup>) во слојот од 0-5 cm во зависност од температурата (°C) и влажноста (%) во истражуваниот буков екосистем

Fig. 2. Total macrofauna (ind·m<sup>-2</sup>) dynamics in 0-5 cm soil layer depends on soil temperature (°C) and humidity (%) in investigated beech ecosystem

Во овој почвен слој се забележуваат повеќе осцилации во бројноста на почвените животни. Бројноста е константно помала во втората половина во пролетно-летниот период

кога и влажноста е пониска. Исклучок е забележан во јули 1999, кога во површинскиот слој од 0-5 cm, процентот на вода е релативно висок и изнесува 42,06%, заради дождовната вода

која од простирката се процедува низ почвените слоеви. Во есенско-зимските месеци, варирањата во бројноста се поголеми, меѓутоа во ноември 1999 кога бројноста на макрофауната е максимална и процентот на вода во почвата е највисок и изнесува (44,45%). И покрај високата влажност во јануари и март 2000, бројноста е намалена, бидејќи животните главно се сконцентрирани во простирката (Сл. 10), заради уште повисоката влажност во неа.

Токму заради овие варирања, статистичката анализа на податоците покажа корелација, меѓутоа, на 90 %-но ниво, помеѓу бројноста на претставниците од макрофауната во слојот од 0-5 cm и влажноста на простирката ( $r=0,0586$ ). Коефициентот  $r=0,585245$  укажува на умерено силна позитивна корелација меѓу двата параметри. Нивната зависност одговара на следниот регресиски линеарен модел:

$$Y (\text{инд} \cdot \text{м}^{-2} - 0-5 \text{ cm}) = -47,0018 + 7,58211 \cdot X \\ (\text{влажност} - \% - 0-5 \text{ cm})$$

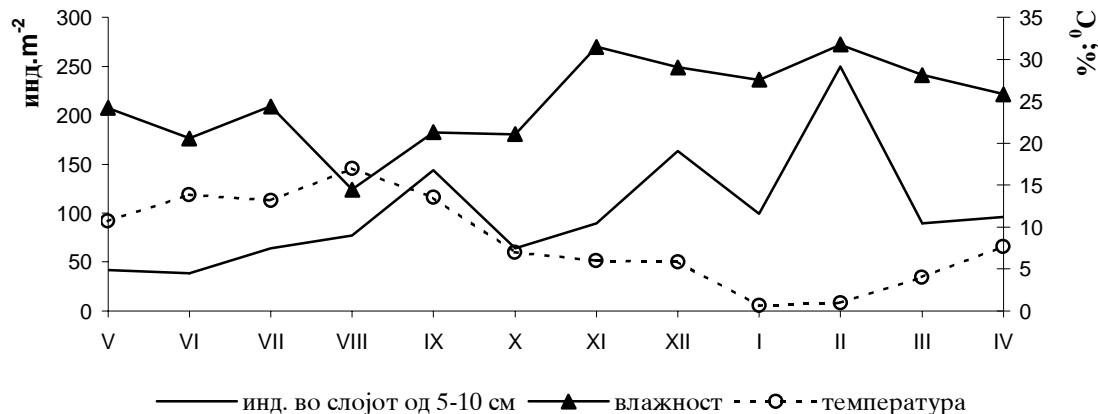
Температурните варирања, исто така (Сл. 5) условуваат различна ритмика во населувањето на педобионтите. Ниската бројност во текот на летото е условена од повисоките температури во овој период, додека ниските температури во зимскиот период од годината влијаат на нерамномерното населување на претставниците од макрофауната.

Регресиска корелација е изготвена по следниот линеарен модел:

$$Y (\text{инд} \cdot \text{м}^{-2} - 0-5 \text{ cm}) = 334,244 - 10,4314 \cdot X \\ (\text{температура} - ^\circ\text{C} - 0-5 \text{ cm})$$

Коефициентот  $r = -0,5769$  покажува умерено силна негативна корелација помеѓу двете варијабли – бројноста на претставниците во слојот 0-5 cm и температурата во истиот слој.

Во почвениот слој 5-10 cm (Сл.3.), повеќе или помалку, со намалување на влажноста во почвата и бројноста на популациите во овој слој е пониска, додека високата влажност во одделни зимски месеци условува зголемување на бројноста во населбата.



Сл. 3. Динамика на вкупната макрофауна ( $\text{инд} \cdot \text{м}^{-2}$ ) во слојот од 5-10 cm во зависност од температурата ( $^{\circ}\text{C}$ ) и влажноста (%) во истражуваниот буков екосистем.

Fig. 3. Total macrofauna ( $\text{инд} \cdot \text{м}^{-2}$ ) dynamics in 5-10 cm soil layer depends on soil temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and humidity (%) in investigated beech ecosystem.

Статистичките анализи покажаа значајна зависност, на 90%-но ниво на доверба, помеѓу бројноста на претставниците на макрофауната и влажноста во слојот од 5-10 cm ( $p < 0,10$ ). Равенката на соодветниот модел гласи:

$$Y (\text{инд} \cdot \text{м}^{-2} - 5-10 \text{ cm}) = -6,6064 + 6,04412 \cdot X \\ (\text{влажност} - \% - 5-10 \text{ cm})$$

Коефициентот на корелација  $r=0,5245$ , индицира на умерено силна зависност помеѓу бројноста и влажноста во слојот од 5-10 cm.

Статистички значајна зависност помеѓу бројноста на претставниците од макрофауната и температурата на почвата во слојот од 5-10 cm нема ( $p>0,10$ ).

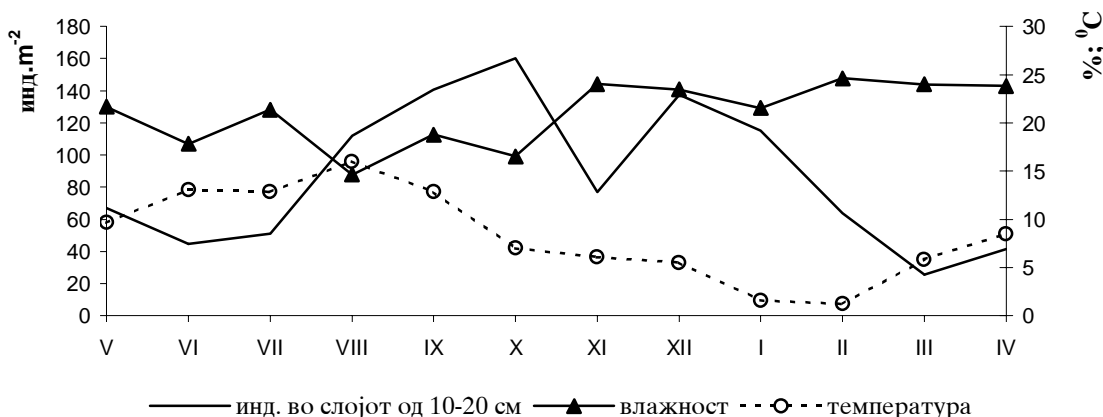
Регресиската равенка гласи:

$$Y (\text{инд}\cdot\text{м}^{-2} - 5-10 \text{ cm}) = 148,343-5,18164\cdot X$$

(температура - °C - 5-10 cm)

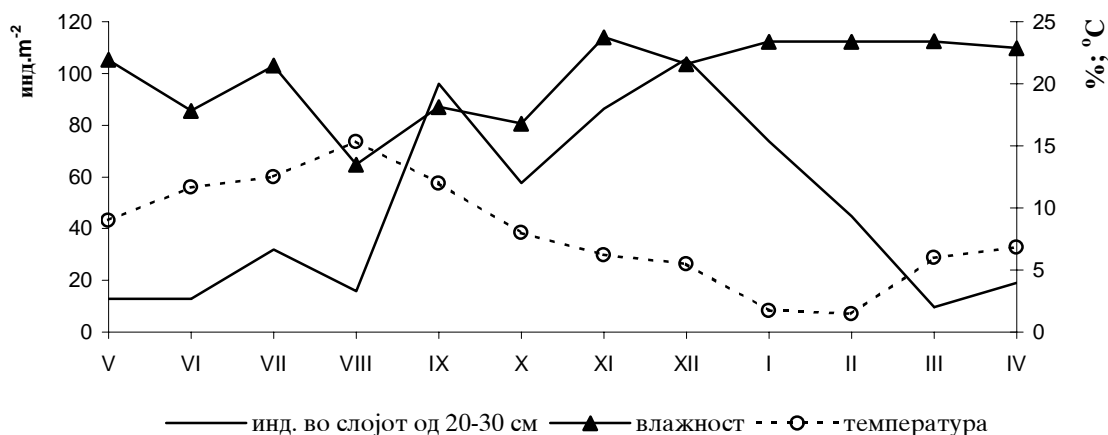
Коефициентот на корелација  $r=-0,4670$ , покажува релативно слаба зависност помеѓу двата параметри.

На Сл. 4, е претставена динамиката на макрофауната во слојот од 10-20 cm во зависност од температурата и влажноста на почвата. Бројноста во овој слој варира во одделните сезони. Понишка е во текот на летото, постепено расте во рана есен и достигнува максимум во октомври 1999. Во доцната есен и преку целата зима постепено опаѓа, достигнувајќи минимум во март 2000.



Сл. 4. Динамика на вкупната макрофауна (инд·м<sup>-2</sup>) во слојот од 10-20 cm во зависност од температурата (°C) и влажноста (%) во истражуваниот буков екосистем

Fig. 4. Total macrofauna (ind·m<sup>-2</sup>) dynamics in 10-20 cm soil layer depends on soil temperature (°C) and humidity (%) in investigated beech ecosystem



Сл. 5. Динамика на вкупната макрофауна (инд·м<sup>-2</sup>) во слојот од 20-30 cm во зависност од температурата (°C) и влажноста (%) во истражуваниот буков екосистем

Fig. 5. Total macrofauna (ind·m<sup>-2</sup>) dynamics in 20-30 cm soil layer depends on soil temperature (°C) and humidity (%) in investigated beech ecosystem

Статистичките анализи покажаа слаба зависност помеѓу бројноста во слојот од 10-20 cm и влажноста на почвата ( $r=-0,4854$ ).

Равенката на одговарачкиот линеарен модел гласи:

$$Y (\text{инд} \cdot \text{m}^{-2} - 10-20 \text{ cm}) = 222,737 - 6,34203 \cdot X (\text{влажност} - \% - 10-20 \text{ cm})$$

Исто така, статистичките анализи покажаа многу слаба зависност помеѓу бројноста во слојот од 10-20 cm и температурата на почвата ( $r=0,5146$ ).

Линеарниот модел гласи:

$$Y (\text{инд} \cdot \text{m}^{-2} - 10-20 \text{ cm}) = 49,7477 + 4,78262 \cdot X (\text{температура} - ^\circ\text{C} - 10-20 \text{ cm})$$

На Сл. 5 е претставена динамиката на макрофауната во слојот од 20-30 cm во зависност од температурата и влажноста на почвата. Статистичките анализи покажаа многу слаба зависност помеѓу бројноста на макрофауната во слојот од 20-30 cm и влажноста на почвата ( $r=0,1470$ ); и бројноста на макрофауната во овој слој со температура на почвата ( $r=0,1476$ ).

## ДИСКУСИЈА

Микроклиматските услови на почвата се познати како едни од најбитните фактори кои што влијаат на динамиката и дистрибуцијата на макрофауната и на другите зообионти воопшто. Во буковиот екосистем во Маврово во текот на есента и зимата, високата влажност и релативно поволната температура на почвата, која не се спушта под нулата (Таб. 1 и 2), благопријатно влијаат на макрофауната. Меѓутоа, измената и влијанието на овие услови зависи од бројни абиотички и биотички фактори на средината.

Климатските карактеристики на подрачјето сигурно влијаат врз бројноста на почвената макрофауна во истражуваниот буков екосистем. Таа е особено ниска во пролетно-летниот период, што особено доаѓа до израз во простирката и површинскиот почвен слој од 0-5 cm. Во есенските месеци од годината повисоката бројност може да се поврзе со повисоките

температури на воздухот во однос на пролетта, а во зимските месеци, веројатно снегот како изолатор овозможува во простирката и горните почвени слоеви, развој на поголем број животински групи (особено диптерите).

Микроклимата на почвата значително влијае врз процесите на разградување на мртвата органска материја во широколисните шумски екосистеми (Wallwork 1976; Schaefer 1990; Schaefer & Schauer mann 1990). Брзината на разградување е показател за активноста на почвените бионти (микро-, мезо- и макрофауната и популациите на микроорганизмите), кои се директно вклучени во овој процес (Swift et al. 1979; Johansson et al. 1995; Martín et al. 1997; Кноерп et al. 2000). Од литературните податоци е познато дека буковиот опад се разградува многу побавно и е порезистентен во однос на листовите од другите растителни видови (Edwards & Heath 1963; Wise & Schaefer 1994). Со оглед на тоа што изборот на храна од страна на почвените животни зависи од хемискиот состав на листовите и нивната палатабилност, трофичката активност, а со тоа и густината на зоопедобионтите е во корелација со интензитетот на процесите на разградување и ослободувањето на хемиските материји од простирката. Општата ниска бројност на макрофауната во буковиот екосистем во Маврово, најверојатно се должи на ниската палатабилност на буковиот опад (Schaefer & Schauer mann 1990).

Значаен показател за бројноста и ритмиката на макрофауната во текот на годината претставува динамиката на шумската простирка. Во истражуваниот буков екосистем во Маврово, најмали количества на шумска простирка во периодот мај 1998-септември 2000 се регистрирани во почетокот на летото (јуни и јули), како резултат на интензивните процеси на деградација во тој период (Меловски и сор. 2000). Брзината на деградација се намалува по летното засушување, додека новите количества опад ја зголемуваат масата на шумската простирка наесен (октомври – ноември), кога заради главниот листопад масата на простирката значително се зголемува. Аморфната маса се јавува со најголема количина во однос на останатите фракции на цели листови,



раздробени листови, гранчиња и буклинки. Во есенските и зимските месеци, количината на аморфна маса е најголема, што се совпаѓа со повисоката бројност на макрофауната во тие месеци, бидејќи претставува најпогоден извор на храна особено за сапрофагните и фунгиворните членови на макрофауната. Летните минимума, исто така, се совпаѓаат со пониска бројност на макрофауната.

Физичко-хемиските својства на почвата во комбинација со климатските фактори, микроклиматските фактори и вегетацијата имаат огромно влијание врз вкупните процеси во екосистемот, вклучувајќи ја тука и бројноста и дистрибуцијата на почвените животни (Swift et al. 1979; David 1990; Wright & Coleman 2000).

Биномијата на почвените зообионти е различна во шумските екосистеми, што се должи на различните еколошки услови, пред сè на микроклиматските услови во почвата. Во текот на животниот циклус, членовите на макрофауната се наоѓаат во различни развојни стадиуми (јајца, ларви, кукли, имага-на пр. кај инсектите) и со различно времетраење на животот во почвата. Според Schaefer (1991) инвертебратите во шумските екосистеми од умерените климатски подрачја коишто ја населуваат простирката и почвените слоеви главно се еурихорни, односно нивната репродукција се одвива во повеќе сезони во текот на годината. Тие се плуриволтни или имаат подолг животен циклус од 2 до 7 години. Животните циклуси на зообионтите се послични во слоевите, отколку помеѓу различните слоеви. Не може со сигурност да се утврди дали овие генерални констатации можат да се прифатат и во нашите истражувања, бидејќи не е следен животниот циклус на членовите на макрофауната. Меѓутоа, евидентно е дека различната сезонска динамика на макрофауната во простирката и слоевите во буковиот екосистем во Маврово, меѓу другото, се должи на различниот животен циклус на одделните систематски групи.

Почвените животни се вклучуваат во различни фази на разградувачките процеси во шумските екосистеми. Во зависност од преферентноста, различни систематски групи на педобионти сукцесивно навлегуваат во простирката и во почвените слоеви. Досегашните

истражувања главно базираат на дефинирањето на трофичките односи за повисоките таксономски единици на макрофауната во различни екосистеми, со што е овозможено определувањето само на генералните трофички групи (Luxton & Petersen 1982; Hunt et al. 1987; Bengtsson et al. 1996; De Ruiter et al. 1996). Меѓутоа, трофичките афинитети на макрофауната се разликуваат не само на интер-туку дури и на интраспецифичко ниво (Schaefer 1990; Zheng et al. 1997; Bengtsson et al. 1998). Сепак, овие автори констатираат дека при анализата на трофичката структура на пониските систематски категории, таксономски сличните видови имаат слични трофички афинитети, што значи разликите во режимот на исхрана помеѓу видовите во групите на макрофауната се помалку изразени отколку разликите помеѓу самите групи (Scheu & Falca 2000).

Различната римица во бројноста на претставниците од макрофауната во буковиот екосистем во Маврово се јавуваат заради разликите во климатските и микроклиматските услови, интензитетот на разградување на шумската простирка, физичко-хемиските својства на почвата, животниот циклус на членовите на макрофауната, нивната трофичка структура и др.

## ЗАКЛУЧОК

Од истражувањата на динамиката на бројноста на педобионтите во зависност од хидротермичките услови во почвата во буковиот екосистем во Националниот парк „Маврово“ можат да се изведат следниве констатации:

- Во пролетно-летните месеци кога процентот на вода во простирката е понизок и бројноста на педобионтите е помал, а со порастот на влажноста (процентот на вода) расте и бројноста. Високиот коефициент  $r=0,771973$ , укажува на силна позитивна корелација меѓу двата параметри ( $n=12$ ).

- Во пролетно-летниот период, кога температурите во простирката се повисоки, почвените животни мигрираат во подолните почвени слоеви, додека во есенско-зимскиот период и попрак значително ниските темпе-

ратури, високата влажност условува помасовно населување во простирката.

- Полиномна регресиона анализа за зависноста помеѓу бројноста на макрофауната, влажноста и температурата во почвениот профил (слоевите од 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 cm), не покажа статистички значајна зависност ( $p > 0,05$ ).

- Во слојот од 0-5 cm, бројноста е константно помала во втората половина во пролетно-летниот период, кога и влажноста е пониска. Во есенско-зимските месеци, варирањата во бројноста се поголеми, кога бројноста на макрофауната е максимална и процентот на вода во почвата е највисок и изнесува 44,45%, меѓутоа во јануари и март 2000, бројноста е намалена, бидејќи животните главно се сконцентрирани во простирката заради уште повисоката влажност во неа. Коэффициентот  $r = 0,5852$  укажува на умерено силна позитивна корелација меѓу двата параметри.

- Ниската бројност во текот на летото во слојот од 0-5 cm е условена од повисоките температури во овој период, додека ниските температури во зимскиот период од годината влијаат на нерамномерно населување на претставниците од макрофауната. Коэффициентот  $r = -0,5769$  покажува умерено силна негативна корелација помеѓу двете варијабли – бројноста на претставниците во слојот од 0-5 cm и температурата во истиот слој.

- Во почвениот слој 5-10 cm повеќе или помалку, со намалување на влажноста во почвата и бројноста на популациите во овој слој е пониска, додека високата влажност во одделни зимски месеци условува зголемување на бројноста во населбата. Коэффициентот  $r = 0,5245$ , индицира на умерено силна зависност помеѓу бројноста и влажноста во слојот од 5-10 cm.

- Статистички значајна зависност помеѓу бројноста на претставниците од макрофауната и температурата на почвата во слојот од 5-10 cm нема ( $p > 0,10$ ). Коэффициентот на корелација  $r = -0,4670$ , покажува релативно слаба зависност помеѓу двата параметри.

- Бројноста во слојот од 10-20 cm варира во одделните сезони. Пониска е во текот на летото, постепено расте во рана есен и до-

стигнува максимум во октомври 1999. Во доцната есен и преку целата зима постепено опаѓа, достигнувајќи минимум во март 2000. Статистичките анализи покажаа слаба зависност помеѓу бројноста во слојот од 10-20 cm и влажноста на почвата ( $r = -0,4854$ ) и многу слаба зависност помеѓу бројноста во слојот од 10-20 cm и температурата на почвата ( $r = 0,5146$ ).

- Статистичките анализи покажаа многу слаба зависност помеѓу бројноста на макрофауната во слојот од 20-30 cm и влажноста на почвата ( $r = 0,1470$ ); и бројноста на макрофауната во овој слој со температурата на почвата ( $r = 0,1476$ ).

- Различната ритмика во бројноста на претставниците од макрофауната во буковиот екосистем во Маврово се јавуваат заради разликите во климатските и микроклиматските услови, интензитетот на разградување на шумската простирка, физичко-хемиските својства на почвата, животниот циклус на членовите на макрофауната, нивната трофичка структура и др.

## ЛИТЕРАТУРА

- Bengtsson, J., Setälä, H., Zheng, D. W., (1996). Food webs and nutrient cycling in soils: interactions and positive feedbacks. Vo: Polis, G.A., Winemiller, K.O. (Eds.) Food webs. Integration of patterns and dynamics. Chapman and Hall, New York, 30-38.
- Beylich, A., Graefe, U., (2002). Annelid coenoses of wetlands representing different decomposer communities. Wetlands in Central Europe Soil organisms, soil ecological processes and trace gas emissions. Broll G, Merbach W, Pfeiffer E-M (eds) Springer, Berlin, 1-10.
- David, J. F., (1990). Habitat dimensions of Diplopoda in a temperate forest on acid soils. Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, 27, 95-112.
- De Ruiter, P. C., Neutel, A. M., Moore, J. C., (1996). Energetics and stability in below-ground food webs. Vo: Polis, G.A., Winemiller, K.O. (Eds.) Food webs.

- Integration of patterns and dynamics. Chapman and Hall, New York, 201-210.
- Edwards, C. A., Heath, G. W., (1963). The role of soil animals in breakdown of leaf material. Vo: Soil organisms (Doeksen, J., Van der Drift, J., Eds.). Amsterdam: Nort-Holland Publ.Co., 76-84.
- Hunt, H.W., Coleman, D.C., Ingham, E.R., Ingham, R.E., Elliott, E.T., Moore, J.C., Rose, S.L., Reid, C.P.P., Morley, C.R., (1987). The detrital food web in a shortgrass prairie. Biol. Fertil. Soils, 3, 57-68.
- Johansson, M.-B., Berg, B., Meentemeyer, V., (1995). Litter mass-loss rates in late stages of decomposition in a climatic transect of pine forests: long-term decomposition in Scots pine forest. Can.J.Bot., 73, 1509 – 1521.
- Кноепп, J.D., Coleman, D.C., Crossley Jr., D.A., Clark, J.S., (2000). Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. Forest Ecology and Management, 138, 357-368.
- Luxton, M., Petersen, H., (1982). Survey of the main animal taxa of the detritus food web. Vo: Quantitative ecology of microfungi and animals in soil and litter. Oikos, 39 (3), 293-305.
- Martín, A., Gallardo, J.F., Santa Regina, I., (1997). Long-term decomposition process of leaf litter from *Quercis pyrenaica* forests across a rainfall gradient (Spanish central system). Ann. Sci. For., 54, 191-202.
- Меловски, Љ., Шушлевска, М., Христовски, С., (2000). Опад: Динамика на содржината на минерални материи што доаѓаат во екосистемот со годишниот опад. Во: Екосистемски истражувања во стационарни услови во букови шуми во Националниот парк „Маврово“. (Прва фаза: јули 1997-јуни 2000). Завршен извештај I.
- Munn, L.C., Buchanan, B.A., Nielsen, G.A., (1978). Soil temperature in adjacent high elevation forests and meadows of Montana. Soil Science Society of America Journal.42, 982-983.
- Прелиќ, Д., (2002). Структура на заедницата на почвената макрофауна во буковиот екосистем во Националниот парк „Маврово“ во споредба со плоскачево – церовите екосистеми во Македонија. Докторска дисертација. Институт за биологија, Природно-математички факултет, Скопје. 175с.
- Schaefer, M., (1990). The soil fauna of beech forests on limestone: Trophic structure and energy budget. Oecologia, 82, 128-136.
- Schaefer, M., (1991). The animal community: Diversity and resources. Vo: Temperate deciduous forests. Ecosystems of the world 7. Elsevier. Amsterdam, London, New York, Tokyo, 51-120.
- Schaefer, M. and Schauermann, J., (1990). The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and moder soil. Pedobiologia, 34, 299-314.
- Scheu, S., Falca, M., (2000). The soil food web of two beech forests (*Fagus sylvatica*) of contrasting humus type: stable isotope analysis of a macro- and a mesofauna-dominated community. Oecologia, 123, 285-296.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., (1979). Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell Scientific Publishers, Oxford.
- Tajchman, S. Minton, C.M., (1986). Soil temperature regime in a forested Appalachian watershed. Canadian Journal of Forest Research.16, 624-629.
- Zheng, D.W., Bengtsson, J., Agren, G.I., (1997). Soil food webs and ecosystem processes – decomposition in donor-control and Lotka-Volterra systems. Am.Nat., 149, 125-148.
- Wallwork, J.A., (1976). The Distribution and Diversity of Soil Fauna. London. (Academic Press), 355с.
- Wright, C.J., Coleman, D.C., (2000). Cross-site comparison of soil microbial biomass, soil nutrient status, and nematode trophic groups. Pedobiologia, 44, 2-23.
- Wise, D.H. and Schaefer, M., (1994). Decomposition of leaf litter in a mull beech forests: comparison between canopy and herbaceous species. Pedobiologia 38, 269-288.

## SOIL MACROFAUNA DENSITY DYNAMICS DEPENDING ON HYDROTHERMICAL SOIL CONDITIONS IN BEECH ECOSYSTEM IN MAVROVO NATIONAL PARK

**Dana Prelik**

*Institute of Biology, Faculty of Natural Sciences, Skopje, Republic of Macedonia*

### SUMMARY

Influence of soil moisture and temperature changes on the soil macrofauna density in forest floor and soil layer (0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm depth) in beech ecosystem in “Mavrovo” National Park was investigated.

The obtain results shows a different relations between soil temperature and soil moisture as independent variables versus soil macrofauna as depending variable. During the investigation the linear models ( $y=ax+b$ ) and polynomial regression models ( $Z=aX+bY+c$ ) were used. There were some main constitutions and conclusions:

- Forest floor macrofauna density was relatively low in spring-summer months, where the forest floor water percentage is lower. The increasing of water percentage in the forest floor is accompanied with increase of the number of macrofauna individuals. The high coefficient  $r=0,771973$  indicated a strong positive correlation between two parameters ( $n=12$ ).
- Forest floor macrofauna migrate to deeper layers in spring-winter time when the temperatures were high, while in autumn-winter period despite significantly low temperatures, the higher humidity caused an increasing of their number.
- The soil macrofauna density in 0-5 cm layer is constantly lower in second part of spring-summer period, where humidity reaching higher value. The number of soil macrofauna and humidity is highest in autumn-winter months, except January and March when the number decreasing, which due to higher forest floor humidity. There were a moderately strong positive correlation between two parameters ( $r=0,585245$ ).
- During the summer, in 0-5 cm soil layer, the temperature is high but the number of soil macrofauna is low. The opposite situation we have in winter; low temperature and high density of macrofauna. There were a moderate strong positive correlation between two parameters ( $r=-0,576905$ ).
- In 5-10 cm soil layer, more or less the lower humidity caused a decreasing of soil macrofauna density, while in the winter months higher humid raised the soil macrofauna number. The correlation coefficient indicated moderate strong positive correlation between two parameters ( $r=0,524481$ ).

- There is no statistically significant influence between soil macrofauna members and soil temperature in 5-10 cm deep layer ( $r > 0,10$ ).
- The numbers of macrofauna in 10-20 cm soil layer vary between seasons. It is low during the spring, increasing during the summer and richest the highest values in October 1999. In 10-20 cm soil layer statistical analyzes indicate a weak influence of soil humidity ( $r = -0,485405$ ) and soil temperature ( $r = 0,514644$ ) on macrofauna density.
- Statistical analyzes shows a weak influence of soil humidity ( $r = 0,146689$ ), as well as temperature ( $r = 0,14756$ ) on the macrofauna density in 20-30 cm deep layer.
- The different rhythmic of soil macrofauna density in Mavrovo beech ecosystem were due to different climate and microclimate conditions, the rate of forest floor degradation, physic-chemical soil conditions, life cycles of macrofauna members, and trophic structure.