

**ПРОМЕНА ТВРДОЋЕ ДРВЕТА КИТЊАКА – *Quercus petraea* agg. ПОД  
УТИЦАЈЕМ ГЉИВЕ *Coniophora puteana* (Schumm. ex Fr.) Karst.,  
ИЗАЗИВАЧА МРКЕ ПРИЗМАТИЧНЕ ТРУЛЕЖИ**

Мирослава Марковић<sup>1</sup>, Миленко Мирић<sup>2</sup>, Здравко Поповић<sup>3</sup>, Мирослав  
Марковић<sup>4</sup>

**И з в о д:** Испитан је утицај проузроковача мрке призматичне трулежи *Coniophora puteana* (Schumm. ex Fr.) Karst., на смањење тврдоће дрвета китњака (*Quercus petraea* agg). Узорци дрвета (2 x 2 x 4 cm) су излагани дејству дикарионе мицелије у пластичним контејнерима. Утврђено је да се тврдоћа дрвета *Q. petraea* agg. после 2, 4 и 6 месеци смањила у односу на почетну (100%) и износила 92,28%, 84,33% и 34,13%. Корелационом анализом смањења тврдоће дрвета китњака ( $\sigma$  – зависно променљива) у односу на време дејства гљиве *C. puteana* (T – независно променљива), констатована је јака веза између променљивих и добијена је регресиона једначина:  $Hb = 86,925 - 8,2325 \times T$ .

**Кључне речи:** *Coniophora puteana*, *Quercus petraea* agg., тврдоћа дрвета, својства дрвета.

**CHANGES OF HARDNESS OF SESSILE OAK WOOD – *Quercus petraea* agg.  
UNDER THE IMPACT OF FUNGUS *Conidiophora puteana* (Shum. ex Fr.) Karst.,  
THE CAUSER OF BROWN ROT**

**A b s t r a c t:** It have been investigated the impact of the brown rott fungi *Coniophora puteana* (Schumm. ex Fr.) Karst., in decrease of hardness of *Q. petraea* agg. The wood samples for the research (2 x 2 x 4 cm) have been exposed to the impact of the mycelia in plastic boxes. The hardness after 2, 4 and 6 months decreased in comparasion with initial ones (100%) and reached 92,28%, 84,33% and 34,13%. By using correlation analyses of *Q. petraea* agg. of hardness decrease ( $\sigma$  – dependent variable) in relation to the incubation period of time (T – independent variable) strong correlation between variables was established, and regression equation was:  $Hb = 86,925 - 8,2325 \times T$ .

<sup>1</sup> Мр Мирослава Марковић, истраживач сарадник, Институт за шумарство Републике Србије, Београд

<sup>2</sup> Др Миленко Мирић, редовни професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд

<sup>3</sup> Др Здравко Поповић, ванредни професор, Шумарски факултет Универзитета у Београду, Београд

<sup>4</sup> Дипл. инг. Мирослав Марковић, Пољопривредни факултет, Институт за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад

**Key words:** *Coniophora puteana*; *Quercus petraea* agg; hardness of the wood; wood properties.

## 1. УВОД

Храст као врста има изузетан значај због својих физичких, хемијских, механичких, естетских и других својстава, које га сврставају у ред најплеменитијих лишћара.

Просторно, храстове шуме обухватају више од 1/5 укупног шумског фонда у СЦГ. Род *Quercus* има преко 450 врста, од којих у Србији расте десет. Храст китњак је полиморфна врста и састоји се из три врсте: *Q. petraea*, *Q. daleschampii* и *Q. polycarpa*, али се због њиховог међусобног укрштања, стварања хибрида и тешкоћа при детерминацији у новије време за ове врсте користи назив "агрегат" (који долази од речи "grex" - јато или мноштво), а име се даје по најстаријој врсти - *Quercus petraea* agg. (Јовановић, 1991). Интензивним развојем индустрије прераде дрвета, долази до све већих потреба за квалитетном дрвном сировином, што захтева очување и продужење трајности дрвета, а што је у директној вези са очувањем његових физичких, механичких, естетских и других својстава (Мирић, Поповић, 1993).

Међу узрочницима пропадања храста, посебно место заузимају организми који изазивају деструкцију дрвне масе. Известан број гљива има ограничену ензиматску активност и не може да изазове праву деструкцију јер за исхрану користи само ћелијски садржај (растворљиви скроб, слободне шећере и сл.). У таквим случајевима мењају се само естетска својства дрвета, а употребљивост дрвета остаје готово иста (проузроковачи плаветнила) (PereLygin, 1949). У другом случају, одређене гљиве својим ферментним разлагањем основних конституаната зидова дрвених ћелија (целулозе, хемицелулоза и лигнина) које разлажу до моносахарида, изазивају синдром трулежи дрвета (Петровић, 1980). Епиксилне гљиве које се хране основним градивним конституантима дрвета, током свог развоја мењају хемијски састав дрвета и његову унутрашњу структуру, што за последицу има промену (смањење) његових физичких, хемијских, механичких, естетских и других својстава. Посебно место у оквиру испитивања деструктора дрвета храста има испитивање утицаја гљива које нападају срчку као технички највреднији део стабла.

Основне карактеристике дрвета као материјала су нехомогеност и варијабилност, па се својства исте врсте дрвета крећу у широким границама и зависе од климе, услова станишта, склопа, старости дрвета и елемената грађе дрвета (величине, распореда и тока) (Хорват и Крпан, 1967).

Један од најдеструктивнијих изазивача мрке - призматичне трулежи уграђеног дрвета је подрумска гљива - *Coniophora puteana* (Schumm. ex Fr.) Karst. *C. puteana* је сапрофит и после гљиве *Serpula lacrymans* (Jacq.) Fr. (Syn. *Merulius lacrimans* Wulfen Fr.), она је најраспрострањенија гљива у Америци и Европи која изазива трулеж дрвета у зградама. Према литературним подацима, у Енглеској у периоду од 1959. до 1982. године, нагло је повећана појава трулежи у зградама изазвана дејством ове гљиве. Тако Hickin (1967) наводи да у периоду од 1959. до 1965. год. око 27% дрвне трулежи у зградама је било проузроковано овом врстом. Coggins, Jennings и

Clarke (1980) navode da je 1972. god. ova gljiva izazvala oko 35% konstатовane трулежи, a Dickinson (1982) navodi da преко 90% трулежи у зградама у Енглеској, бива изазвано дејством гљиве *C. puteana*. То је вероватно и последица тешке борбе против ове гљиве, јер је она веома отпорна на антисептике, па се зато и користи као тест организам за испитивање биолошке ефикасности препарата за заштиту дрвета (JUS D. A1. 059). То представља озбиљне разлоге за испитивање њеног утицаја на губитак тврдоће као једног од најважнијих својстава дрвета храста, као и брзине и тока деструкције.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

За испитивања је као супстрат коришћено здраво стабло китњака *Q. petraea* agg. старости 115 год., висине 18,9 м и прсног пречника 34 cm. Стабло је оборено на локалитету Дебели дуг, у асоцијацији *Quercetum montanum* (Ћег. et Јов. (1953), по Томић (1992), на јужној експозицији и надморској висини 550 m. За анализе је узет трупац дужине 3,5 m (од приданка до прве живе гране), који је по одговарајућој шеми изрезан на епрувете стандардом прописаних димензија 2x2x4 cm (JUS D. A1. 032, JUS D. A1.058).

Чела узорака премазана су антисептичном пастом, како би се спречило продирање хифа из тог правца, с обзиром да су епрувете биле малих димензија, а у испитивањима *in vitro* оне представљају греду далеко већих димензија која се користи у практичној примени. Знајући да хифе са попречног пресека, због грађе дрвета, најбрже напредују, уколико би се одатле омогућио продор хифа, мали узорци би брзо иструлили и не би били добијени релевантни резултати који би могли да важе и за греде у експлоатацији.

Епрувете су осушене у класичној сушници на температури  $103 \pm 1$  °C и измерене са тачношћу 0,01 g. Контролним епруветама (здрави дрво) измерена је тврдоћа на машини за испитивање својстава дрвета марке Amsler. Епрувете предвиђене за излагање дејству мицелије кондициониране су на приближно 12% влаге.

За испитивања је коришћена мицелија *C. puteana* из микотеке Шумарског факултета Универзитета у Београду (Катедра за заштиту шума), која је пресејана у пластичне Petri посуде са подлогом слад - агар стандардне концентрације.

Епрувете су изложене дејству мицелије по методу који је предложио Мирић (pers. com., 1998.). За оглед су коришћени, UV светлом стерилисани, пластични контејнери са поклопцима у које су постављене Petri посуде са потпуно развијеном мицелијом *C. puteana*. Дрвене епрувете нису директно положене на мицелију због могућег претераног упијања влаге из подлоге. У контејнере су такође постављене Петри посуде са 5% воденим раствором борне киселине, ради одржавања високе релативне влаге ваздуха и истовременог спречавања развоја плесни, односно загађивања воде за одржавање влаге, подлоге и суперинфекције развијене културе тест гљиве.

Контејнери су остављени у затвореној стерилисаној комори у потпуном мраку и све време трајања огледа термографом је праћена температура ваздуха у њој. Током трајања испитивања температура у комори је претежно била око  $20 \pm 2$  °C.

После истека одговарајућег инкубационог периода (2, 4 и 6 месеци), епрувете су вађене из контејнера, чишћене од површинске мицелије, сушене у класичној сушници на температури  $103 \pm 1$  °C и подвргаване мерењу тврдоће. Добијени резултати обрађени су стандардним статистичким методама.

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Основни конституенти ћелијског зида су целулоза, хемицелулозе и лигнин које чине 97 - 99% дрвне масе (Schmidt, Kerner - Gang, 1986). Ови основни конституенти су полимерна једињења чији садржај и распоред у ћелијском зиду зависи од врсте дрвета, од дела стабла, што директно утиче на физичка и механичка својства дрвета. Рецимо, целулозе има више код меких него код тврдих врста дрвета, више у дебловини него у грањевини, више у раном него у касном дрвету (К н е ж е в и ћ, 1951). Затим, од учешћа целулозе зависи затезна чврстоћа и чврстоћа на савијање, а од учешћа лигнина чврстоћа на притисак и тврдоћа, јер је лигнин одговоран за механичко ојачавање ћелијског зида. Епиксилне гљиве својим ферментима разлажу основне конституенте зидова дрвених ћелија, доводе до промена њиховог процентуалног учешћа и самим тим директно утичу на промену (снижавање) својстава дрвета.

Резултати испитивања промене тврдоће дрвета *Q. petraea* agg. дејством мицелије гљиве *C. puteana* после 2, 4 и 6 месеци дејства и приказани у односу на здраво дрво (без излагања дејству гљиве), дати су у табели 1.

Табела 1. Смањење тврдоће дрвета ( $N/mm^2$ ) *Q. petraea* agg. под утицајем гљиве *C. puteana* у зависности од времена дејства (Основни параметри)

Table 1. Decrease of hardness ( $N/mm^2$ ) of wood of *Q. petraea* agg. under the impact of the fungus *C. puteana* depending on the duration of incubation (Basic parameters)

	Почетак <i>Beginning</i>	2. месеца <i>2<sup>nd</sup> months</i>	4 месеца <i>4<sup>th</sup> months</i>	6 месеца <i>6<sup>th</sup> months</i>
Број мерења <i>Number of measurements</i>	30	30	30	30
Минимални износ <i>Minimal value</i>	60,57	55,12	41,32	17,18
Максимални износ <i>Maximal value</i>	104,50	85,75	100,29	51,87
Аритметичка средина <i>Average value</i>	80,10	73,92	67,55	27,34
Стандардна девијација <i>Standard deviation</i>	9,95	7,05	11,74	7,32
Коефицијент варијације (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	12,42	9,54	17,38	26,78

На основу резултата приказаних у табели 1. види се да тврдоћа дрвета *Q. petraea* agg. после 2 месеца дејства гљиве *C. puteana* износи  $73,92 N/mm^2$ , после 4 месеца  $67,55 N/mm^2$  и после 6 месеци  $27,34 N/mm^2$ . Варијабилност

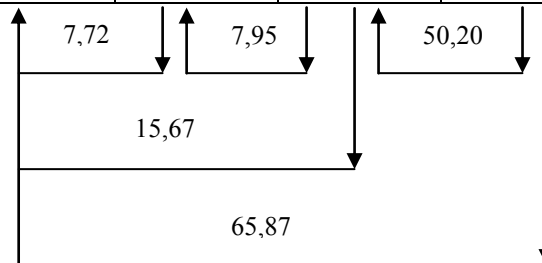
(расипање) података је најмање после 2 месеца дејства гљиве *C. puteana* (варијациони коефицијент износи 9,54) и у контролној групи узорака (12,42). Нешто веће расипање је забележено после 4 месеца дејства гљиве *C. puteana* (17,38), а највеће је после 6 месеци (26,78). То значи да у периоду између 4 и 6 месеци гљива неравномерним колонизирањем дрвета и изазивањем неправилне дистрибуције трулих зона унутар дрвета, проузрокује велику варијабилност резултата. Интензивније смањење тврдоће наступа управо у овом периоду, а то се види и на основу приказаних апсолутних износа.

Ова констатација се још јасније може видети и на основу процентуалних разлика смањења тврдоће дрвета *Q. petraea agg.* у зависности од времена дејства гљиве *C. puteana*, у односу на контролу (Таб. 2).

Табела 2. Разлике у тврдоћи дрвета ( % ) *Q. petraea agg.* под утицајем гљиве *Coniophora puteana*

Table 2. Differences in wood hardness (%) *Q. petraea agg.* under the impact of the fungus *C. puteana*

Време дејства <i>Duration of the impact</i>	Почетак <i>Beginning</i>	2. месеца <i>2<sup>nd</sup> months</i>	4 месеца <i>4<sup>th</sup> months</i>	6 месеца <i>6<sup>th</sup> months</i>
Тврдоћа (%) <i>Wood hardness (%)</i>	100,00	92,28	84,33	34,13



Смањење тврдоће дрвета је у прва 4 месеца постепено (укупан губитак тврдоће у овом периоду износи 15,67%), а у периоду између 4 и 6 месеци дејства гљиве тврдоћа опада за следећих 50,20%, тако да укупан губитак тврдоће у периоду од 6 месеци износи чак 65,87%, односно тврдоћа дрвета на крају испитивања износи свега 34,13% у односу на контролу.

Резултат Т-теста приказан у табели 3, показује да су разлике између свих испитиваних група података значајне, с тим што су врло високи износи ових разлика констатовани у групама које се пореде са 6 месеци дејства гљиве (од 40,2153 до 52,7623).

Релативно висок износ разлика је и између контроле и 4 месеца (12,547), али с обзиром да је то двоструко дужи период од периода између 4 и 6 месеци у коме разлика износи 40,2153, може се рећи да у периоду између 4 и 6 месеци долази до интензивног смањења тврдоће дрвета које се огледа у врло високим износима значајности разлика.

По литературним наводима, тврдоћа дрвета и ниво савојне чврстоће су се показали као најбољи индикатори промена унутрашње структуре дрвета, па се

помоћу ових својстава најбрже и најјасније запажају разарања дејством лигниколних гљива (Р у п а ч е к, 1957).

С обзиром да тврдоћа дрвета зависи од количине лигнина, јасно је да испитивана гљива (иако изазива мрку трулеж, дакле првенствено разара хемицелулозе и целулозу), врши и разградњу лигнина у периоду после 4 месеца дејства. Одговарајућим методама хемијске анализе дрвета излаганог дејству гљива, ово би се могло јасније дефинисати и у квалитативном и у квантитативном смислу, што би бацило више светла на ток и последице развоја гљиве у дрвету.

Табела 3. Смањење тврдоће дрвета ( $N/mm^2$ ) *Q. petraea agg.* под утицајем гљиве *C. puteana* у зависности од времена дејства - Резултат Т-теста (разлика +/-)  
 Table 3. Decrease of hardness ( $N/mm^2$ .) of the wood of *Q. petraea agg.* under the impact of the fungus *C. puteana* depending on the duration of incubation (Results of T – test)

	Почетак <i>Beginning</i>	2. месеца <i>2<sup>nd</sup> months</i>	4. месеца <i>4<sup>th</sup> months</i>	6. месеца <i>6<sup>th</sup> months</i>
Почетак <i>Beginning</i>	-	6,17733	12,574	52,7623
2. месеца <i>2<sup>nd</sup> months</i>		-	6,36967	46,585
4. месеца <i>4<sup>th</sup> months</i>			-	40,2153
6. месеца <i>6<sup>th</sup> months</i>				-

■ Сигнификантна разлика на нивоу 0,05  
 Significant difference at 0,05

### 3.1. Корелациона веза између тврдоће дрвета *Q. petraea agg.* и времена дејства гљиве *C. puteana*

Ради утврђивања корелационе везе између испитиваног својства дрвета *Q. petraea agg.* у зависности од времена дејства гљиве, извршена је корелациона анализа (Таб. 4).

Табела 4. Преглед података корелационе анализе времена дејства гљиве *C. puteana* и испитиваних својстава дрвета *Q. petraea agg.*  
 Table 4. Correlation analysis for duration of *C. puteana* influence and examined wood properties of *Q. petraea agg.*

Тип модела <i>Model type</i>	Коефицијент корелације (r) <i>Coefficient of correlation (r)</i>	Регресиона једначина <i>Regression equation</i>
Линеарни модел <i>Linear model</i>	- 0,892518	$H_b = 86,925 - 8,2325 \times T$

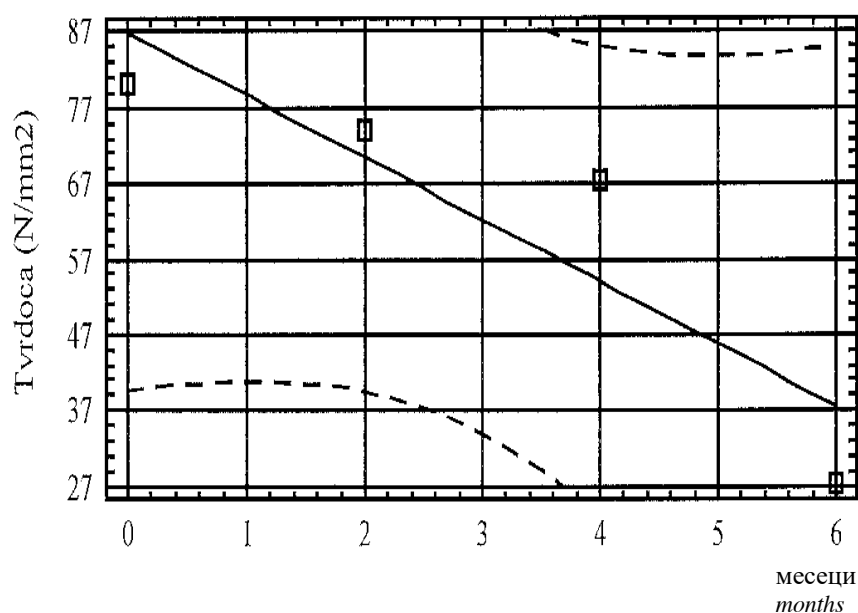
На основу извршене корелационе анализе промене тврдоће дрвета *Q. petraea agg.*, у зависности од времена дејства гљиве *C. puteana*, може се

закључити да постоји јака корелациона веза изрнеђу променљивих (-0,892518), што је последица наглог опадања тврдоће дрвета у периоду између 4 и 6 месеци дејства гљиве. На основу приказане регресионе једначине ствара се могућност прогнозирања промене својстава дрвета у ођеденим временским периодима дејства гљиве, при непромењеним условима спољне стредине. То је значајно за практичну примену, односно за предузимање мера заштите и употребљивост дрвета.

На основу регресионе једначине урађена је регресиона линија промене тврдоће дрвета *Q. petraea agg.* у зависности од времена дејства гљиве *C. puteana* и приказана у графикону 1.

Графикон 1. Регресиона линија смањења тврдоће дрвета ( $N/mm^2$ ) *Q. petraea agg.* у зависности од времена дејства гљиве *C. puteana*

Graph 1. Resegion line of decreament of hardness ( $N/mm^2$ ..) of the wood of *Q. petraea agg.* depending on the duraf of incubacion of *C. puteana*



#### 4. ЗАКЉУЧЦИ

На узорцима дрвета *Q. petraea agg.* испитиван је утицај гљиве *C. puteana* на смањење тврдоће дрвета у инкубационом периоду од 2, 4 и 6 месеци. На основу ових испитивања, могу се извести следећи закључци:

Тврдоћа дрвета *Q. petraea agg.*, под дејством гљиве *C. puteana*, је после 2, 4 и 6 месеци инкубације износила 92,28%, 84,33% и 34,13%. То значи да највеће смањење тврдоће дрвета, дејством ове гљиве, наступа у периоду између 4 и 6 месеци.

Корелациона анализа је показала да постоји јака корелациона веза између тврдоће дрвета *Q. petraea agg.* и времена дејства гљиве *S. puteana*. Тиме је створена могућност да се употребом регресионе једначине прогнозира промена тврдоће, у зависности од времена дејства гљиве, при непромењеним условима спољне средине.

У будућим истраживањима требало би сличне огледе спровести са нашим најважнијим врстама дрвета и најзначајнијим и најопаснијим деструкторима дрвета, са већим бројем периода праћења, на основу којих би се могле формирати одговарајуће таблице (стандарди). Имајући у виду интеракцију гљива-дрво и низ утицаја спољне средине, да би овако добијени резултати имали ширу примену (у различитим климатским подручјима), постоји и могућност паралелног постављања огледа са изолатима једне гљиве и узорцима једне врсте дрвета, али са различитих географских подручја (и то оних у којима се гљива најчешће јавља, а која припадају ареалу те врсте дрвета). Укрштањем добијених података и њиховом статистичком обрадом, добиле би се најприближније вредности које би се могле сврстати у одговарајуће таблице и практично примењивати.

Исто тако, испитивања губитка својстава дрвета, ради јаснијег дефинисања тока и последица развоја гљиве у дрвету, у будућим истраживањима требало би допунити одговарајућим методама хемијске анализе дрвета и прављењем и анализом микроскопских препарата од узорака дрвета изложеног дејству гљиве у различитим временским периодима инкубације. На тај начин би се добила комплетнија слика деструкције која би послужила за прецизно утврђивање критичних тачака употрељивости дрвета за различите сврхе у практичној примени.

## ЛИТЕРАТУРА

- Coggins, C.R., Jennings, D.H., Clarke, R. W. (1980): "Tear or drop formation by mycelium of *Serpula lacrimans*", *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 75, 63-67
- Dickinson, D.J. (1982): "Decay of commercial timbers, in *Decomposer Basidiomycetes: their Biology and Ecology*" (eds J. C. Franland, J. N. Hedger and M. J. Swift), Cambridge
- Hickin, N. E. (1967): "The conservation of Building Timbers", Hutchinson, London.
- Horvat, I., Krpan, J. (1967): *Drveno industrijski prirucnik. Tehnicka knjiga*, Zagreb.
- Јовановић, Б. (1991): *Дендрологија. Науцна књига*, Београд
- Кнежевић, М. (1951): *Механичка прерада дрвета. Књига 2. Науцна књига*, Београд
- Мирић, М., Поповић, З. (1993): Утицај *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Fr. i *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilot, на губитак тврдоће, чврстоће на притисак и масе буковог дрвета. *Дрварски гласник*, бр. 6-7, Београд, пп. 36-40.
- Перелугин, Л.М. (1949): *Влијаније порокова на техничкије својства дрвесину. Стројеније дрвесину*, Москва.
- Петровић, М. (1950): *Заштита дрвета 2. Науцна књига*, Београд.
- Рупасек, V. (1957): "Biologie drevokaznych hub", *Nakladestivi ceskoslovenske Akademie Ved*, Praha
- Schmidt, O., Kern er -Gang, N. (1986): *Natural Materials*, (in: *Biotechnology*, Vol. S; HJ. Rehm and G. Reed - Edt.), Weinheim.



Томић, З. (1992): Шумске фитоценозе Србије. Шумарски факултет, Београд, пп.  
26. ЈУС Д. Ал. О32 (1979): Испитивање дрвета, Одредивање статичке тврдоће  
ЈУС Д. Ал. О32 (1979): Испитивање дрвета, Одредивање статичке тврдоће  
ЈУС Д. Ал. О59 (1971): Испитивање хемијских средстава за заштиту дрвета, средства против дејства гљива

### Summary

#### **ALTERATION OF WOOD HARDINESS OF SESSIL OAK - QUERCUS PETREA AGG. UNDER THE INFLUENCE OF FUNGY CONIOFORA PUTEANA (SCHUMM. EX FR.) KARST., THE PROVOCANT OF BROWN PRISMATIC ROT**

by

Marković, M.; Mirić, M.; Popović, Z.; Marković, M.

*It have been investigated the impact of the brown rott fungi Coniophora puteana (Schumm. ex Fr.) Karst., in decrease of hardness of Q. petraea agg. The wood samples for the tests ( 2 x 2 x 4 cm) have been exposed to the impact of the dicariotic mycelia in plastic boxes. The hardness after 2, 4 and 6 months decreased in comparasion with initial ones (100%) and reached 92, 28 %, 84, 33 % and 34, 13 %. The maximal decrease of wood hardness obtained between 4 and 6 months.*

*By using correlation analyses of hardness decrease ( $\sigma$  – dependent variable) in relation to the incubation period of time (T – independent variable), the strong correlation between variables was established, and regression equation obtained as like:  $Hb = 86,925 - 8,2325 \times T$ .*

*In further investigations it should be performed the simmilar experiments with most important domestic wood – species and the most destructive fungi, with more time -periods of testing in order to establish some relevant standard tables. Regarding to interaction between fungi and the wood as well as the numerous influences of ecological factors in exterior conditions, it exists an opportunity for investigation of different geographical strains of the same fungus and different wood species originated from world – wide forest sites representing the areal of the both – wood and fungus. By cross –and statisticall analysing of gained results it should be reached the closest values which could be very usefull in practical sense.*

*Besides, further investigations of decreasing of wood properties should be fullfilled with chemical - as well as anatomical analysis in order to clarify the paths and consequences of development of fungi inside the wood tissue. Such tests in different time periods of incubation should result with one more complete picture of wood destructure, which should be usefull for more precise evaluation of the critical points of wood usefullness in practise for different purposes.*