



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

umb UNIVERZITA
MATEJA BELA
V BANSKEJ BYSTRICI

LESNÍCKA FAKULTA TU vo Zvolene
Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny

DREVÁRSKA FAKULTA TU vo Zvolene
Katedra mechanickej technológie dreva

FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY TU vo Zvolene
Katedra biológie a všeobecnej ekológie

FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED UMB V BANSKEJ BYSTRICI
Katedra biológie a ekológie

DREVOZNEHODNOCUJÚCE HUBY 2018

**Vedecký recenzovaný zborník vydaný pri príležitosti životného jubilea
prof. Ing. Ladislava Reinprehta, CSc. a prof. RNDr. Jána Gápera, CSc.**

2018

LESNÍCKA FAKULTA TU vo Zvolene
Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny

DREVÁRSKA FAKULTA TU vo Zvolene
Katedra mechanickej technológie dreva

FAKULTA EKOLÓGIE A ENVIRONMENTALISTIKY TU vo Zvolene
Katedra biológie a všeobecnej ekológie

FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED UMB V BANSKEJ BYSTRICI
Katedra biológie a ekológie

DREVOZNEHODNOCUJÚCE HUBY 2018

Vedecký recenzovaný zborník vydaný pri príležitosti životného jubilea
prof. Ing. Ladislava Reinprechta, CSc. a prof. RNDr. Jána Gápera, CSc.



2018

DREVOZNEHODNOCUJÚCE HUBY 2018

Vedecký recenzovaný zborník vydaný pri príležitosti životného jubilea prof. Ing. Ladislava Reinprechta, CSc. a prof. RNDr. Jána Gápera, CSc.



Hronská 6
974 01 Banská Bystrica
www.laboratornepristroje.sk



Hlinícka 2
831 52 Bratislava
www.optoteam.sk



Nám. SNP 8
975 66 Banská Bystrica
www.lesy.sk

Recenzenti :

Ing. Andrej Kunca, PhD.
Ing. Ľuboš Blaško, PhD.
Ing. Erik Nosál, PhD.
Ing. Stanislav Jochim, PhD.

Editori: Zuzana Vidholdová, Pavol Hlaváč

Rozsah: 167 strán

Vydanie: I. 2018

Náklad: 100 kusov na CD

Tlač – výroba CD: Afinita, s.r.o. Sliač

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Všetky príspevky publikované v zborníku boli recenzované anonymnou formou vyššie uvedenými recenzentmi z oblasti vysokého školstva, vedy a odbornej praxe.

Za obsah príspevkov zodpovedajú autori a recenzenti. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Zborník bol vydaný s podporou projektov APVV-17-0583: Konštrukčné a dekoračné materiály na báze recyklovaného a modifikovaného dreva a APVV-17-0644: Uhlíková bilancia diferencovane manažovaných lesných ekosystémov TANAPu po prírodných disturbanciách a grantového projektu VEGA č. 1/0729/18: Hydro-termické, nano-chemické a biologické modifikácie drevných materiálov s cieľenou zmenou ich štruktúry a vlastností.

© Technická univerzita vo Zvolene, 2018

ISBN 987-80-228-3134-5

Všetky práva vyhradené. Nikaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov a vydavateľa.

OBSAH

| | |
|---|----|
| Predslov | 7 |
| Laudatio na prof. RNDr. Jána Gápera, CSc. | 8 |
| Laudatio na prof. Ing. Ladislava Reinprechta, CSc. | 10 |
| | |
| Pôvodné vedecké práce | 12 |
| K EKOLÓGII DREVNÝCH HÚB NA SLOVENSKU | |
| JÁN GÁPER | 13 |
| OBJEKTÍVNOSŤ ANALÝZY HNILOBY DREVA RESISTOGRAPHOM | |
| LADISLAV REINPRECHT | 16 |
| VZÁCNÉ DREVNÉ HUBY Z PRALESOVITÝCH SPOLOČENSTIEV SLOVENSKA | |
| VLADIMÍR KUNCA | 24 |
| HUBA <i>Chalara fraxinea</i> AKO VÝZNAMNÝ PÔVODCA ODUMIERANIA JASEŇOV NA SLOVENSKU | |
| PAVOL HLAVÁČ – MAREK CÁR | 32 |
| VARIABILITA BAZÍDIOSPÓR LESKLOKÔROVIEK | |
| TERÉZIA BECK – SVETLANA GÁPEROVÁ – MARTIN ŠEBESTA – PETER PRISTAŠ – ZUZANA PERHÁČOVÁ – JÁN GÁPER | 36 |
| HUBA <i>Paecilomyces hepiali</i> Chen. – JEJ VÝZNAM, PESTOVANIE A VLASTNOSTI V RÔZNYCH RASTOVÝCH PODMIENKACH | |
| MARTIN PAVLÍK – JARMILA HARVANOVÁ – LUCIA UNGVARSKÁ MALUČKÁ – MARTIN RAJTAR – MARTIN PAVLÍK ML. | 44 |
| DISTRIBUCE A EKOLOGIE LINIÍ/SUBLINIÍ <i>Fomes fomentarius</i> NA MORAVĚ | |
| KATEŘINA NÁPLAVOVÁ – TERÉZIA BECK – JÁN GÁPER | 52 |
| VYUŽITIE HLIVY USTRICOVITEJ V PROCESSE MYKOREMEDIÁCIE POPOLA Z TEPELNEJ ELEKTRÁRNE | |
| MARTIN PAVLÍK – DANICA KRUPOVÁ – LUCIA UNGVARSKÁ MALUČKÁ – MARTIN PAVLÍK ML. | 60 |
| POROVNÁNÍ PŘIROZENÉ ODOLNOSTI EVROPSKÉHO MODŘÍNU (<i>Larix decidua</i>) A SIBIŘSKÉHO MODŘÍNU (<i>Larix sibirica</i>) VŮČI PLÍSNÍM A DŘEVOKAZNÝM HOUBAM | |
| ELIŠKA OBERHOFNEROVÁ – LADISLAV REINPRECHT – MILOŠ PÁNEK – IRENA ŠTĚRBOVÁ | 68 |
| ZNÍŽENIE PLESNIVENIA PARENÝCH BUKOVÝCH PRÍREZOV SUŠENÍM | |
| IVAN KLEMENT – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – TATIANA VILKOVSKÁ | 76 |

ÚČINEK VYBRANÝCH FOREM ENERGIE A PREPARÁTŮ NA BÁZI NANOČÁSTIC NA OCHRANU STAVEB PŘED DŘEVOMORKOU DOMÁCÍ (*Serpula lacrymans* L.)

ANDREA NASSWETTROVÁ – JIŘÍ GABRIEL – JANA DRBOHLAVOVÁ – OLGA GROSSOVÁ – KAREL ŠVEC – EVELÍNA POLIEVKOVÁ – HYNEK KUNDERA84

PROTIPLESŇOVÁ ÚČINNOST NANOČÁSTÍ STRIEBRA V AKRYLÁTOVOM NÁTERE PRE POVRCHOVÚ ÚPRAVU DREVNÝCH KOMPOZITOV

JÁN IŽDINSKÝ – LADISLAV REINPRECHT – ZUZANA VIDHOLDOVÁ92

OCHRANA DŘEVA A MATERIÁLŮ NA BÁZI DŘEVA PROTI HUBÁM VE STAVBÁCH

PETR PTÁČEK – PETR SVORA100

MIKROBIÁLNA KONTAMINÁCIA POVRCHOV KONŠTRUKCIÍ NA DETSKÝCH IHRÍSKÁCH

ZUZANA VIDHOLDOVÁ – JANA KROKOŠOVÁ – ROMANA ZVAROVÁ106

ÚPRAVA SMREKOVEHO DREVA DREVOSFARBUJUCOU HUBOU *Sydowia polyspora* A JEJ VPLYV NA RÁZOVÚ HÚŽEVNATOSŤ

ANNA DANIHELOVÁ – VOJTĚCH ONDREJKA114

MERANIE KOEFICIENTA TEPELNEJ VODIVOSTI SMREKOVÉHO DREVA DEGRADOVANÉHO HUBOU *Trametes versicolor*

BARBORA SLOVÁČKOVÁ – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – RICHARD HRČKA122

ADHÉZIA VYBRANÝCH NÁTEROVÝCH SYSTÉMOV NA HNILOM DREVE

GABRIELA SLABEJOVÁ – ZUZANA VIDHOLDOVÁ130

PROBLEMATIKA IMELOVCA EURÓPSKEHO (*Loranthus europaeus* Jacq.) V DUBOVÝCH PORASTOCH NA LS DUCHONKA, METODICKÝ PRÍSTUP A PRIEBEŽNÉ VÝSLEDKY

JOZEF ROZKOŠNÝ – PETER FLEISCHER ST. – PETER FLEISCHER ML. – MARTIN KUBOV – JURAJ GALKO – SLAVOMÍR RELL – MICHA LALÍK – JÁN PITTNER138

Abstrakty posterov146

PESTOVANIE LIEČIVÝCH HÚB

MARTIN PAVLÍK147

PERIODICKÁ SVETADIELOVÁ TABUĽKA TRVANLIVOSTI DREVÍN PRI ATAKU DREVOKAZNÝMI HUBAMI

MIROSLAV REPÁK – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – LADISLAV REINPRECHT – ERIK NOSÁĽ149

ZMENY V ANATÓMII A VLASTNOSTIACH PLETÍV LISTNATÝCH DREVÍN SPÔSOBENÉ HUBAMI RODU *Nectria*

OLGA MIŠÍKOVÁ – VLADIMÍR RAČKO – IVAN MIHÁL151

| | |
|--|-----|
| DŘEVĚNÉ MOSTY A LÁVKY – PŘÍKLADY HNILOB | |
| ROMAN FOJTÍK – ANTONÍN LOKAJ – JIŘÍ GABRIEL | 153 |
| VÝVOJ FASÁDNÍHO PRKNA SE ZVÝŠENOU ŽIVOTNOSTÍ A BAREVNOU STÁLOSTÍ | |
| ELIŠKA OBERHOFNEROVÁ – MILOŠ PAVELEK – IRENA ŠTĚRBOVÁ – MILAN PODLENA | 154 |
| VLIV PASIVNÍ CHEMICKÉ MODIFIKACE NA BÁZI KŘEMÍKU NA VLASTNOSTI DŘEVA A NA RŮST PLÍSNÍ | |
| STANISLAV DOUBEK – VLASTIMIL BORŮVKA – ALEŠ ZEIDLER – LADISLAV REINPRECHT | 156 |
| VÝSKYT DREVOKAZNÝCH HÚB NA MŔTVOM KALAMITNOM DREVE VO VYSOKÝCH TATRÁCH | |
| PAVOL HLAVÁČ | 159 |
| DREVOKAZNÉ HUBY VYUŽÍVANÉ AKO VÝŽIVOVÉ DOPLNKY VO FARMACII | |
| MARTA HLAVÁČOVÁ – PAVOL HLAVÁČ | 161 |
| Fotodokumentácia | 163 |

PREDSLOV

Vážený čitateľ, vážená čitateľka, práve otvárate recenzovaný zborník „DREVOZNEHODNOCUJÚCE HUBY 2018“, ktorý bol vydaný pri príležitosti životného jubilea prof. Ing. Ladislava Reinprechta, CSc. a prof. RNDr. Jána Gápera, CSc. Tento výstup na CD nosiči je výsledkom vzájomnej spolupráce štyroch katedier z dvoch univerzít – Katedry integrovanej ochrany lesa a krajiny (LF TU vo Zvolene), Katedry mechanickej technológie dreva (DF TU vo Zvolene) a Katedry biológie a všeobecnej ekológie (FEE TU vo Zvolene) a Katedry biológie a ekológie (FPV UMB v Banskej Bystrici).

Svojim odborným zameraním je táto publikácia určená všetkým, ktorí sa zaujímajú o problematiku drevoznehodnocujúcich húb, t. j. vedcom, výskumníkom, pedagógom, praktickým odborníkom z oblasti lesníctva, drevárstva, ekológie, biológie, mykológie, biochémie i iných príbuzných odborov a odvetví.

Tematicky je zborník zameraný na otázky:

- biológie, ekológie a taxonómie drevoznehodnocujúcich húb,
- huby v lesných ekosystémoch,
- prirodzená odolnosť stromov a dreva proti hubám,
- huby na skladoch guľatiny, polotovarov a výrobkoch z dreva a v stavbách,
- pestovanie húb,
- účinky húb na ľudský organizmus,
- využitie drevoznehodnocujúcich húb v biotechnológiách,
- biochemizmus rozkladu dreva a štrukturálne charakteristiky dreva napadnutého hubami,
- vlastnosti dreva a drevných kompozitov poškodených hubami,
- akumulácia cudzorodých látok drevokaznými hubami,
- metódy identifikácie drevoznehodnocujúcich húb a hniloby dreva,
- ochrana (chemická, biologická) drevín, guľatiny, reziva a výrobkov z dreva proti drevoznehodnocujúcim hubám.

Publikované recenzované príspevky sú výsledkom vedecko-výskumnej ale i praktickej činnosti odborníkov a špecialistov z domácich i zahraničných inštitúcií.

Editori

Laudatio na prof. RNDr. Jána Gápera, CSc.



Ján Gáper vyštudoval biológiu, špecializáciu systematická botanika a geobotanika a získal titul RNDr. na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave v r. 1981. V r. 1989-1991 mimoriadne študoval na Farmaceutickej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Vedeckú hodnosť CSc. (1988) získal v odbore mykológia na Botanickom ústave SAV v Bratislave, titul docent (1999) v odbore ekológie na Fakulte ekológie a environmentalistiky TU vo Zvolene a titul profesor (2005) v odbore lesnícka fytológia na Lesníckej fakulte TU vo Zvolene.

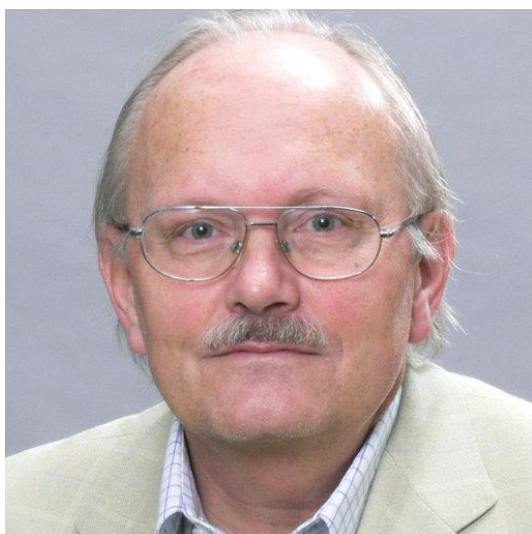
V r. 1981-1990 pracoval v Arboréte Mlyňany - Ústave dendrobiológie SAV, v r. 1991-1993 na Ústave ekológie lesa SAV vo Zvolene. V roku 1993 nastúpil na Katedru biológie a všeobecnej ekológie Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, kde pracuje dodnes. V rokoch 2000 - 2010 pôsobil na Univerzite Mateja Bela na Fakulte prírodných vied v Banskej Bystrici. Od roku 2002 pôsobí aj na Katedre biológie a ekológie Prírodovedeckej fakulty Ostravskej univerzity v Ostrave.

Výskumne riešil problematiku ektomykoríznych symbiontov a drevných húb v urbánnom prostredí, v súčasnosti sa zameriava na procesy kryptickej speciácie drevných húb vo väzbe na podmienky prostredia. Riešil 38 výskumných úloh a projektov grantových schém VEGA, KEGA, COST, IncoCopernicus, MŠMT ČR, SGS a COST, z nich 7 projektov navrhol a viedol, v projekte COST bol národným koordinátorom.

Na 196 záznamov v štatistike kategórií publikačnej činnosti TUZVO má 1016 citácií, z toho 267 v publikáciách registrovaných v citačných indexoch Web of Science a databáze SCOPUS. Výsledky práce tiež prezentoval sám alebo v spoluautorstve 81 príspevkami/postermi na 77 vedeckých podujatiach doma aj v zahraničí, v ostatných rokoch napr. na kongrese európskych mykológov (Funchal, Madeira 2015), či na medzinárodnom mykologickom kongrese (San Juan, Portoriko, 2018). V r. 1991 bol pozvaný predniesť „key lecture“ na Medzinárodnom kongrese o symbiózach v Jeruzaleme. Na pozvanie talianskych editorov v r. 2000 publikoval pôvodnú vedeckú prácu, ktorá je súčasťou európskej mykologickej monografie „Micologia 2000“ (A.M.B Fondazione, Trento). V r. 2003 v spoluautorstve s I. Pišútom napísal celoštátnu vysokoškolskú učebnicu „Mykológia“. V r. 2005 bol spoluautorom európskej knižnej monografie „Urban Forests and Trees“, ktorá je aj v súčasnosti často citovaná v prestížnych svetových periodikách a monografiách a je tiež súčasťou študijných materiálov viacerých študijných programov mnohých európskych aj mimoeurópskych univerzít.

Zabezpečoval výučbu 19 rôznych predmetov vo všetkých troch stupňoch vysokoškolského štúdia, viedol 46 bakalárskych/seminárnych prác, 44 diplomových prác, 8 vedeckých aspirantov/doktorandov na univerzitách vo Zvolene, Banskej Bystrici, Ostrave a v Hradci Králové. Bol členom habilitačných a inauguračných komisií a oponentom habilitačných prác na TU Zvolen, UK Bratislava, UK Praha a MZLU Brno. V súčasnosti zabezpečuje výučbu predmetov Systematická botanika 1, Diverzita, ekológia a ochrana prokaryot, prostist, rastlín a húb, Organizácia živých sústav a Mykológia na univerzite vo Zvolene a predmetov Všeobecná botanika, Biológia protist a húb a Fytopatológia na univerzite v Ostrave. Garantuje výučbu v druhom a treťom stupni vysokoškolského štúdia (aj ako predseda Odborovej komisie) a habilitačné a vymenúvacie konania na Technickej univerzite vo Zvolene v odbore Všeobecná ekológia a ekológia jedinca a populácií.

Laudatio na prof. Ing. Ladislava Reinprechta, CSc.



Ladislav Reinprecht vyštudoval organickú chémiu a získal titul Ing. na Chemicko – technologickej fakulte SVŠT v Bratislave a v roku 1976. Vedeckú hodnosť CSc. získal v odbore Technológia dreva na VŠLD vo Zvolene v roku 1981. V rokoch 1985 – 1986 absolvoval postgraduálne štúdium v oblasti Mykológie a náuky o hubách na Prírodovedeckej fakulte Karlovej univerzity v Prahe. Titul docent získal na VŠLD vo Zvolene v odbore Ochrana dreva (1991). Titul profesor (1998) na TU vo Zvolene, Drevárskej fakulte v odbore Drevárske inžinierstvo.

Po ukončení vysokej školy pracoval v rokoch 1976 – 1978 v národnom podniku Tesla Banská Bystrica ako vývojový pracovník. V roku 1978 nastúpil na VŠLD, DF, Katedru mechanickej technológie dreva ako interný aspirant a už 40 rokov na nej pôsobí dodnes. V rokoch 1980-1989 pracoval ako odborný a vedecký pracovník a od roku 1989 pracuje ako vysokoškolský pedagóg.

Zameranie jeho vedecko – výskumnej činnosti je na oblasť ochrany dreva, biologického a abiotického poškodenia dreva, životnosť drevených materiálov; konštrukčnú, chemickú a modifikačnú ochranu dreva; ako aj na obnovu poškodeného dreva, jeho diagnostiku, sterilizáciu a na sanáciu drevených konštrukcií. Bol a je vedúcim riešiteľom a koordinátorom 14 vedecko-výskumných projektov a podieľal sa na riešení približne 100 projektov. Bol a je vedúcim 7 projektov VEGA, 2 projektov APVV, hlavným koordinátorom pre SR 1 projektu Eureka a 4 projektov COST. Je držiteľom 4 autorských osvedčení. Bol a je členom medzinárodnej kooperácie v rámci Ecovast, Erasmus, COST a IRG – Wood Protection hlavne v oblastiach biologických poškodení dreva a drevených materiálov, chemickej ochrany dreva, modifikácií dreva, záchranu kultúrnych drevených pamiatok. Viac ako 20 rokov je súdny znalec z oblasti drevárskych výrobkov a spracovania dreva.

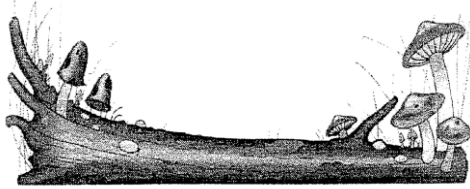
Je autorom alebo spoluautorom 434 publikácií (30 – monografií, VŠ učebníc a kníh a vysokoškolských učebných textov; 122 – pôvodných vedeckých prác v periodikách, z toho 28 pôvodných vedeckých prác v zahraničných a domácich karentovaných časopisoch (*Holzforchung, European journal of wood and wood products, Journal of photochemistry and photobiology, Cellulose chemistry and technology, BioResources, Molecules, Journal of tropical forest science, Tetrahedron, Journal of cultural heritage, Advances in materials science and engineering, Biologia*), 226 – vedeckých a odborných prác publikovaných v zborníkoch z konferencií; 56 – odborných prác v periodikách). Mnohé knižné publikácie a vedecké monografie boli publikované v zahraničí (UK, Rusko, ČR). Na svoje publikačné výstupy má registrovaných 821 citácií, z toho 379 v publikáciách registrovaných vo Web of Science alebo Scopus. Prof. Reinprecht získal cenu rektora TU vo Zvolene a cenu dekana Drevárskej fakulty za publikačnú činnosť.

V pedagogickej oblasti je v súčasnosti garantom predmetov vo všetkých stupňoch vysokoškolského štúdia. V 1. a 2. stupni štúdia sú to predmety: Ochrana dreva, Rekonštrukcia objektov z dreva, Modifikácia dreva. V 3. stupni štúdia predmety: Ochrana dreva a výrobkov z dreva, Ochrana drevených konštrukcií, Ochrana konštrukcií pred poškodením požiarom, poveternostnými a biologickými vplyvmi. Bol garantom študijného programu 2. stupňa Drevárske inžinierstvo a je spolu garantom doktorandského študijného programu Technológia spracovania dreva.

V oblasti drevárstva plní funkciu predsedu, oponenta a člena komisií pre habilitačné i inauguračné konania a pre udeľovanie vedeckých hodností PhD. Bol vedúcim 39 bakalárskych prác, 83 diplomových a vychoval 10 doktorandov v SR a 1 doktoranda v ČR. V súčasnosti vedie 1 doktoranda TU vo Zvolene.

Organizoval sympóziá „Rekonštrukcia a konzervácia historického dreva“ (1991, 1995 a 1999) a „Drevoznehodnocujúce huby“ (1997, 2000, 2005, 2007, 2009, 2011 a 2013).

PŮVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE

**K EKOLÓGII DREVNÝCH HÚB NA SLOVENSKU****TOWARDS ECOLOGY OF WOOD-DECAY FUNGI IN SLOVAKIA****JÁN GÁPER****ČO SÚ DREVNÉ HUBY?**

Z pohľadu globálnej fylogénzy eukaryot huby (Fungi) sú samostatnou ríšou (líniou) v rámci skupiny Opimoda, megaskupiny Amorphea a superskupiny (vývojovej vetvy) Opisthokonta. Môžu byť lichenizované a nelichenizované. Po hmyze (Insecta) sú nelichenizované huby druhou druhovo najpočetnejšou skupinou organizmov na našej planéte. Niektoré odhady hovoria až o desiatkach miliónoch druhov, tie, možno realistickejšie, o 2,2 – 3,8 miliónoch druhov (HAWKSWORTH a LÜCKING 2017). Najväčšími neznámymi z pohľadu taxonomického sú komplexy kryptických druhov, z pohľadu trofického endofyty a pôdne saprotrofy a z pohľadu geografického tropické oblasti. Z územia Slovenska sme na konci deväťdesiatych rokov minulého storočia poznali 5104 druhov nelichenizovaných húb (MARHOLD a HINDÁK 1998), dnes ich už bude o niečo viac. Drevné huby sú nelichenizované huby, ktoré využívajú drevný substrát. Sú pôvodcami jeho tlenia, výsledný stav označujeme termínom hniloba. Najčastejšie rastú saprotroficky či saproparaziticky, menej paraziticky, viaceré asymptomaticky ako endofyty. Endofyticky najčastejšie pôsobia anamorfy askomycét a niektoré bazídiové huby.

VÄZBA NA DREVNÝ SUBSTRÁT A TROFICKÉ SKUPINY

Rôzne taxóny drevných húb v lesnom aj nelesnom prostredí majú rozdielnu väzbu na forofyty. Niektoré výrazne preferujú kmene stromov, iné konáre (väčšinou ešte v korunách stromov), iné korene, koreňové nábehy, bázy kmeňov a pne, či rezné plochy kmeňov. Poznáme tiež druhy, ktoré nikdy nerastú na pňoch, konároch, stojacich stromoch, či pňoch. Hranice medzi trofickými skupinami však nie sú ostré, poznáme mnoho prechodných typov. Aj saproparazitizmus je určitým prechodným typom - po odumretí dreviny huba pokračuje v raste ako saprotrof. Niektoré endofyty môžu rásť ako parazity [*Fomes fomentarius* (L.) Fr.] či saprotrofy [*Hypoxylon fragiforme* (Pers.) J. Kickx f.], niektoré podpňovky *Armillaria* spp. sú známe ako parazity či saproparazity, ale boli dokázané aj v orchideoidnom type mykoríznej symbiózy. *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. v lesnom prostredí je hlavne primárnym

saprotrofom v ihličnatých lesoch, v sídlach hlavne saproparazitom (parazitom) listnatých drevín.

HOSTITEĽSKÉ PREFERENCIE DREVNÝCH HÚB VO SVETLE SPECIÁCIE

Donedávna *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. bol všeobecne známym kolonizátorom báz kmeňov a koreňov smreka *Picea abies* L. a ďalších ihličnatých a zriedkavejšie aj listnatých drevín. Dnes tento morfológický druh predstavuje druhový komplex *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. l. (SEDLÁK a TOMŠOVSKÝ 2013), ktorý zahŕňa 3 európske, klasickými metódami obtiažne rozlíšiteľné druhy: *Heterobasidion annosum* s.s. (preferuje *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Fraxinus* a *Prunus*), *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen (preferuje *Picea* a *Malus*) a *Heterobasidion abietinum* Niemelä & Korhonen (preferuje *Abies*, *Picea* a *Pinus*). Podobný morfológický komplex predstavuje aj *Fomes fomentarius* s minimálne dvomi kryptickými druhmi s rôznou hositeľskou preferenciou (GÁPER a kol. 2016).

SYNANTROPNÉ DRUHY A DRUHY SO ZNAČNE SYNANTROPNÝM CHARAKTEROM ROZŠÍRENIA

Prispieva prostredie sídiel k poznaniu diverzity drevných húb? Áno, prispieva k poznaniu diverzity. Sídlá tiež poskytujú priestor pre hlbšie poznanie druhového spektra asociovaných drevín = priestor pre hlbšie poznanie hositeľských preferencií jednotlivých druhov húb. Rastú tu aj vzácnejšie [*Sistotrema muscicola* (Pers.) S. Lundell, *Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk], aj synantropné druhy [*Ganoderma adspersum* Schulzer) Donk], resp. druhy s výrazne synantropným charakterom rozšírenia [*Ossicaulis lignatilis* (Pers.) Redhead & Ginns, *Abortiporus biennis* (Bull.) Singer]. *Donkioporia expansa* (Desm.) Kotl. & Pouzar prevažne rastie na opracovanom a poloopracovanom listnatom (hlavne dubovom) dreve v mestách a v obciach.

SÚ DREVNÉ HUBY A DREVINY KOLONIZOVANÉ DREVNÝMI HUBAMI VHODNÝM PROSTREDÍM PRE INÉ ORGANIZMY?

Áno, štruktúry drevných húb sú substrátom pre vývin mnohých skupín hmyzu (chrobáky, dvojkrídlovce a i.), napr. zástupcovia Mycetophagidae a iných čeľadí sú priamo viazané na askokarpy a bazídiokarpy drevných húb.

Áno, staré stromy môžu byť významným biotopom vzácnych druhov hmyzu, pavúkov a iných živočíchov; dutiny sú vhodným prostredím pre „dutinovú faunu“ (hmyz, vtáky,

netopiere a i.) na zabezpečených miestach, na ktorých nehrozí poškodenie zdravia a majetku človeka.

LITERATÚRA

- GÁPER, J., GÁPEROVÁ, S., PRISTAŠ, P., NÁPLAVOVÁ, K. (2016). Medicinal value and taxonomy of the Tinder polypore, *Fomes fomentarius* (Agaricomycetes): Review. In: International Journal of Medicinal Mushrooms, 18: 851–859.
- HAWKSWORTH, D.L., LÜCKING, R. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In: Microbiology Spectrum, 5: 1–17.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (1998). Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Bratislava : VEDA, 688 s.
- SEDLÁK, P., TOMŠOVSKÝ, M. (2013). *Heterobasidion annosum* sensu lato v České republice – druhové složení, genetická variabilita a hostitelské spektrum. In: Mykologické listy, 125: 14.

Pod'akovanie

Práca vznikla s podporou vedeckých projektov VEGA č. 1/0286/17 a KEGA č. 025UMB-4/2017.

Adresa autora

Prof. RNDr. Ján Gáper, CSc.

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra biológie a všeobecnej ekológie, T. G. Masaryka 24, 960 63 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jan.gaper@tuzvo.sk;

et Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie a ekologie, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, Česká republika, e-mail: jan.gaper@osu.cz.



OBJEKTÍVNOSŤ ANALÝZY HNILOBY DREVA RESISTOGRAPHOM

OBJECTIVITY OF WOOD ROT ANALYSIS BY RESISTOGRAPH

LADISLAV REINPRECHT

ABSTRAKT

Odporovo-vrtacie prístroje Resistograph sa používajú k analýze skutkového stavu dreva vo vnútri rastúcich stromov, a tiež vo vnútorných oku neprístupných zónach trámov, krokiev, stĺpov, pomúrnic a iných nosných prvkov v stavebných, dopravných, telekomunikačných i iných konštrukciách. Grafické výstupy z prístroja Resistograph indikujú prítomnosť, lokalizáciu a do určitej miery aj stupeň poškodenia dreva hnilobou od rôznych drevokazných húb, respektíve aj iné formy jeho poškodenia. Pri komplexných dendrologických prieskumoch drevených konštrukcií je žiadúce, aby sa výstupy z prístroja Resistograph dávali do kontextu s výsledkami z vizuálnych i iných zmyslových prieskumov, a podľa konkrétnej potreby aby boli doplnené aj výsledkami z akustických a iných prístrojových prieskumných metód.

Kľúčové slová: drevo, hniloba, diagnostika, Resistograph

ABSTRACT

The micro-drill-resistance Resistograph devices are used to analyse the factual state of wood inside the growing trees and also in the inner mesh of inaccessible zones of beams, rafters, columns and many other elements used in structural, transport, telecommunication and other timber structures. Printed or electronic graphical records from the Resistograph give evidence of the presence, localization and degree of rot in wood, or some other types of its damage. In a complex dendrological search of timber structures, it is appropriate to combine the outputs of the Resistograph with the results from visual and other sensory methods, and by a specific situation as well as from the results of acoustic and other instrumental methods.

Key words: wood, rot, diagnosis, Resistograph

ÚVOD

Pri dendrologických prieskumoch drevených prvkov v rôznych typoch konštrukcií je vhodné, aby sa typy, stupne a rozsahy ich hnilobného poškodenia identifikovali viacerými zmyslovými a prístrojovými metódami (HRIVNÁK a kol. 2013, REINPRECHT 2008, 2016a).

Vyškolené ľudské oko nezriedka už z bežného pohľadu na plodnicu alebo na povrchové mycélium drevokaznej huby dokáže určiť druh huby, respektíve z pohľadu na drevokaznou hubou napadnutý drevený prvok vie určiť typ, stupeň a rozsah jeho hnilobného poškodenia. Pri in-situ analýzach je očný vizuálny záznam zdokonalený a uľahčený vďaka viacerým pomôckam, ako sú svietidlo, prírastkový vrták, skalpel, dlátko, lupa, svetelný prenosný mikroskop, endoskop i iné. V súčasnosti sa priestorová vizualizácia skúmaných drevených

konštrukcií vykonáva aj vo forme 3-D zobrazení s následnou počítačovou analýzou skutkového stavu jednotlivých prvkov v objekte. Pri in-vitro analýzach sa vizualizácia odobratých vzoriek hnilého dreva, ale aj rôznych vývinových štádií drevokazných húb, vykonáva pomocou svetelných, polarizačných, elektrón-optických i iných mikroskopov s vysokým stupňom rozlíšenia, s možnosťou súbežnej detekcie aj molekulárnej skladby odobratých vzoriek. V teréne je niekedy vhodné okrem vizuálneho pohľadu na skúmaný drevený prvok použiť aj ďalšie zmyslové metódy, a to najmä hmat – napr. dotyk rukou na miesta zraku neprístupné, ako sú záhlavia väzných trávov alebo vrchné strany krokiev tesne pod krytinou, ďalej sluch – napr. dutý zvuk pri poklepe na trám s vnútornou hnilobou, ale aj čuch – napr. charakteristická vôňa alebo zápach pri aktuálnej hnilobe.

Detailnejší in-situ prieskum hnilobou poškodených drevených prvkov v rôznych typoch konštrukcií sa vykonáva prístrojovými metódami, vrátane semideštruktívnych s použitím odporovo-vrtacích prístrojov Resistograph vybavených dostatočne dlhými ihlami s priemerom vrtnej korunky 2 až 3 mm. Tieto prístroje dokážu citlivo zaznamenať hnilobu stredného a vyššieho stupňa v rôznych miestach prierezu drevených prvkov do hĺbky 300 až 1000 mm od ich povrchu, keďže v miestach hniloby sa odpor dreva voči vnikajúcemu vrtáku minimalizuje a v kritickom mieste, ako je napríklad vyhnitá dutina, sa stáva nulovým.

Výsledky z použitia prístrojov typu Resistograph pri analýze hniloby i iných najmä vnútorných poškodení dreva publikovali viacerí výskumníci, napr. RINN a kol. 1996, BRASHAW a kol. 2005, ANSORGE a GEBURTIG 2008, DAŇKOVÁ a kol. 2013, MARTÍNEZ a kol. 2015.

Na pracovisku KMTD Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene používame k zisťovaniu hniloby v drevených prvkoch rôznych typov konštrukcií prístroj Resistograph IML-Resi-F-400 s tlačenu formou grafických výstupov. Pomocou neho skúmame rozloženie hniloby v priereze rôznych drevených prvkov, predovšetkým v krovoch, stropoch, zrubových a hrázdových nosných stenách, elektrorozvodných a telekomunikačných stĺpoch, detských ihriskách, ale aj v iných konštrukciách. Grafické výstupy z prístroja Resistograph nám slúžia zvyčajne ako doplnok k prvotným vizuálnym posúdeniam väčšieho počtu drevených prvkov v danej konštrukcii, s cieľom následne presnejšie a spoľahlivejšie určiť lokalizáciu, stupeň i rozsah hniloby v tom ktorom drevenom prvku skúmanej konštrukcie – ako to bolo napríklad v krove a stropoch kaštieľa Rusovce (REINPRECHT a kol. 2016a), v stĺpoch zlomenej hojdačky v rekreačnom stredisku Poráč Park (REINPRECHT a kol. 2016b), ale aj v ďalších konštrukciách. Odporové vrty s použitím prístroja Resistograph realizujeme predovšetkým do tých drevených prvkov, v ktorých existuje potenciálne nebezpečenstvom vnútornej hniloby – typickým príkladom sú záhlavia väzných a stropných trávov, záhlavia ale aj vrchné strany krokiev, pomúrnice, vencové trámy zrubov, zóny stĺpov v kontakte s terénom, a pod. Spoločne s týmto prístrojom používame aj iné prístroje. Jednak sú to nedeštruktívne

ultrazvukové prístroje typu Fakopp Ultrasonic Timer a Pundit Plus – napríklad pri prieskume dreveného kostola v Trnovom (REINPRECHT a HRIVNÁK 2010), drevených zrubov v prírodnom múzeu v Zuberči (HRIVNÁK a REINPRECHT 2011), jedľových trámov odobratých z krovu kostola Nanebovzatia Panny Márie z Vranova nad Dyjí v Českej Republike (HRIVNÁK a kol. 2013), dreveného artikulórneho kostola v Leštínách (VIDHOLDOVÁ a kol. 2014) alebo novej drevostavby s poškodeným odpadovým potrubím v Košiciach (REINPRECHT 2016b). Inokedy spoločne s prístrojom Resistograph používame semideštruktívny prístroj Pilodyn 6J s vystreľovacím hrotom, respektíve pri možnosti odobratia vzoriek prírastkovým vrtákom, pílkou alebo dlátom aj svetelný mikroskop a elektrón-optický mikroskop, a v jednom prípade pri analýze telekomunikačných stĺpov sme použili aj CT Scanner (REINPRECHT a ŠUPINA 2015).

CIEĽ A PROBLEMATIKA PRÁCE

Cieľom predloženej práce je podať informáciu o objektívnosti výsledkov stanovenia hniloby dreva v nosných prvkoch viacerých typov drevených konštrukcií pomocou prístroja Resistograph IML-Resi-F-400. Výsledky prezentované v tejto práci sú z dendrologických prieskumov vykonaných v rámci spolupráce TU Zvolen s praxou a doteraz neboli publikované.

METODIKA

Dendrologické prieskumy historických i novších drevených krovov, stropov, zrubov, hrázdení i iných konštrukcií – ktoré neboli doposiaľ spracované do publikácií uvedených v „Úvode“ tejto práce – som vykonal pod záštitou TU Zvolen mimo pracovného času v priebehu rokov 2011 až 2017, použijúc zmyslové metódy a súčasne aj prístroj Resistograph IML-Resi-F-400 (tab. 1). Pri niektorých z týchto prieskumov bol súčasne použitý aj ultrazvukový prístroj a/alebo mikroskopy. Odporové vrty s prístrojom Resistograph sa vykonávali zvyčajne do tých drevených prvkov, v ktorých existovalo podozrenie na vnútornú hnilobu.

Opis grafických výstupov z prístroja Resistograph:

- na ose y sa zaznamenáva odpor vrtáka v drevenom prvku, pričom: a) letné hustejšie a tvrdšie drevo, a taktiež drevo zdravej hrče, dávajú vyšší odpor voči vrtáku v porovnaní s jarným mäkkším drevom; b) menšie až žiadne odpory voči vrtáku sú v miestach hniloby, dutín alebo trhlín,
- na ose x sa zaznamenáva rastúca vzdialenosť od vstupu vrtáka do dreveného prvku.

Tabuľka 1 Dendrologické prieskumy drevených prvkov v konštrukciách v zameraní na zistenie ich hnilobných poškodení

– vizuálne a pomocou odporovo-vŕtacieho prístroja Resistograph

– *Ladislav Reinprecht (Vykonávateľ dendrologických prieskumov a autor posudkov).*

| Obec | Názov objektu | Typ konštrukcie | Druhy dreva | Počet vrtov | Posudok napísaný |
|--------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------|------------------|
| Trnavá Hora | Kostol sv. Jána Nepomuckého | Krov veže | Dub a Smrek | 6 | 26.08.2011 |
| Bratislava | Zimný štadión Harmincova | Nosníky | Smrekové lamely | 18 | 27.03.2012 |
| Žilina | Telekomunikácie | Stĺp zlomený | Smrek | 3 | 03.05.2013 |
| Levoča | Meštiansky dom, Vysoká 73 | Stropy | Ihličnany | 7 | 16.09.2013 |
| <u>Súľov</u> | Kaštieľ, Hradná 222 | Stropy | Dub a Smrek | 6 | 11.10.2013 |
| <u>Blatnica</u> | Kúria – Múzeum K. Plicku | Stropy | Ihličnany | 7 | 13.04.2015 |
| Blatnica | Kúria – Hospodárska budova | Stropy | Ihličnany | 3 | 13.04.2015 |
| Levoča | Meštiansky dom, Mäsiarska 4 | Krov a Stropy | Ihličnany | 10 | 22.04.2015 |
| <u>B. Bystrica</u> | Radvanský kaštieľ | Stropy | Ihličnany | 11 | 03.06.2015 |
| Vysoké Tatry | Detské ihrisko | Hojdačka | Smrek | 4 | 08.09.2015 |
| Pruské | Kaštieľ, SOUP | Stropy | Smrek | 24 | 12.09.2016 |
| T. Javorina | Poľov. zámoček prezidenta SR | Zrub a Balkóny | Smrek | 21 | 19.10.2016 |
| D. Smokovec | Vila Sládkovič 63 | Hrázdené steny | Smrek | 50 | 11.11.2016 |
| Rusovce | Kaštieľ „Aktualizovaný prieskum“ | Stropy | Ihličnany | 24 | 05.01.2017 |
| T. Javorina | Hospodárska budova PZ PSR | Zrub a Chodba | Ihličnany | 30 | 14.02.2017 |
| Košice | UPJŠ, Mojzesova 11 | Stropy po požiar | Ihličnany | 18 | 24.02.2017 |
| B. Bystrica | Obytný dom, Dolná ulica 15 | Krov a Balkóny | Ihličnany | 8 | 06.03.2017 |
| Spišská Sobota | Meštiansky dom, 1749/48 | Stropy | Ihličnany | 11 | 09.05.2017 |
| Košice | Obytný dom, Mojzesova 22 | Krov | Ihličnany | 5 | 26.05.2017 |
| <u>Bratislava</u> | Dom hudby, Panenská 11 | Krov a Stropy | Ihličnany | 15 | 29.09.2017 |

VÝSLEDKY A DISKUSIA

KLOIBER a kol. 2013, HRIVNÁK a kol. 2013 a viacerí iní výskumníci vo svojich experimentoch dokumentovali, že hnilobu v priereze dreveného prvku dokážu z mechanicko-odporových prístrojov veľmi citlivo zaznamenať prístroje typu Resistograph (odporové vŕtanie, napr. do hĺbky 400 mm) a Pin pushing (zatlačanie ocelového trňa, napr. do hĺbky 120 mm). Naopak, prístroje typu Screw withdrawal (vyťahovanie skrutky) a Pilodyn (zarážanie ocelového trňa dlhého zvyčajne iba 40 mm) sú buď menej citlivé alebo vhodné k určeniu iba povrchovej hniloby, čo vyplýva aj z princípu ich práce.

Výsledky tejto práce, pojednávajúcej o využití odporovo-vŕtacieho prístroja Resistograph IML-Resi-F-400 k analýze prítomnosti hniloby v nosných drevených prvkoch viacerých typov drevených konštrukcií (tab. 1), potvrdili, že uvedený prístroj je schopný dať objektívne pohľady na výskyt hniloby v drevených prvkoch vtedy, ak sa správne zdefinujú miesta vrtu.

Ako ukážkové príklady z väčšieho počtu prieskumov (tab. 1) sa v práci uvádzajú niektoré z odporových vrtov vykonaných v štyroch objektoch s pôsobnosťou húb trámovka plotová (*Gloeophyllum sepiarium*), pórnatka Vailantová (*Antrodia vaillantii*) a/alebo drevomorka domáca (*Serpula lacrymans*):

- Súľov, Kaštieľ, Stropné trámy (obr. 1),
- Blatnica, Múzeum K. Plicku v kúrii, Stropné trámy (obr. 2),
- Banská Bystrica, Radvanský kaštieľ – Rytierska sála, Stropné trámy (obr. 3),
- Bratislava, Dom hudby, Prvky krovu a stropné trámy (obr. 4).

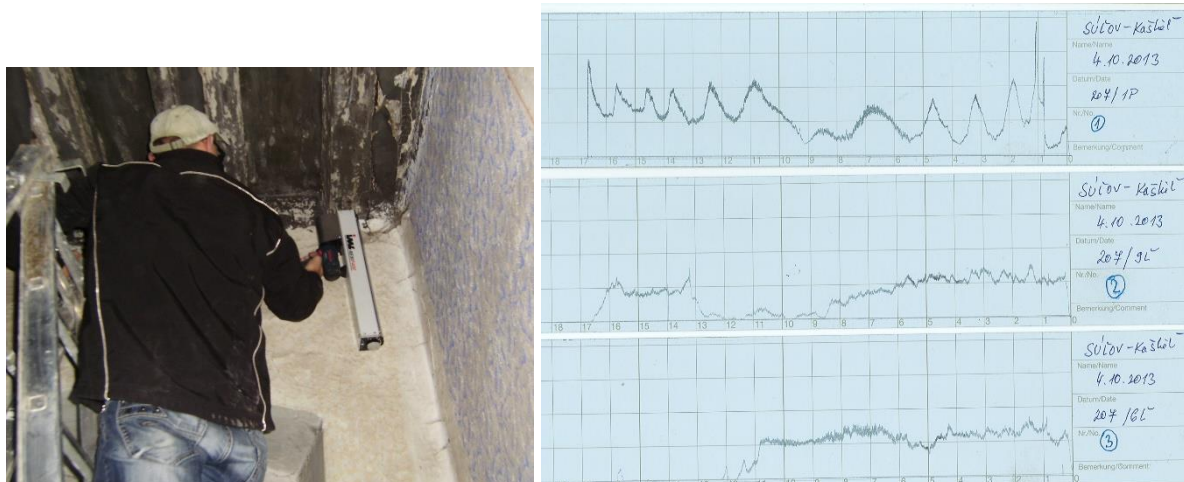
Hlavná nevýhoda prístrojov Resistograph spočíva v tom, že hnilobu zachytia len v pomerne malej zóne dreveného prvku, ktorá zodpovedá 2 alebo 3 mm priemeru vrtnej korunky. Pri požiadavke na sanáciu hnilých záhlaví krokiev, stropných trámov a iných prvkov konštrukcie to vyvoláva požiadavku, aby sa do prvkov podozrivých z vnútornej hniloby vykonalo aj viacej vrtov podľa zadaného schémy, napríklad v osovej vzdialenosti 100 – 300 mm v smere od ich záhlaví.

ZÁVER

Objektivita pri analýze prítomnosti, lokalizácie a stupňa hniloby v priereze drevených prvkov prístrojom Resistograph, so snahou obmedziť dosiahnutie skreslených výsledkov, záleží na:

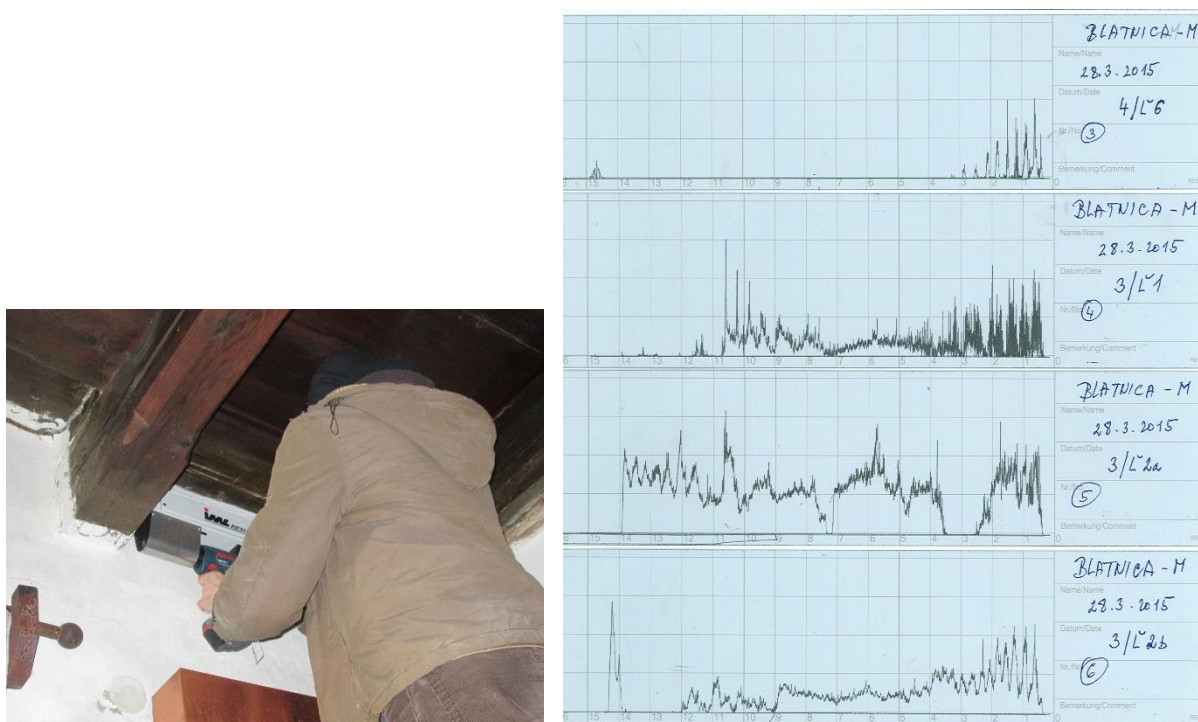
- navrhnutej schéme sondáže (miesto, smer a počet odporových vrtov), aby odporový vrták neminul existujúce miesto hniloby;
- prítomnosti iných defektov (vnútorné trhliny, vypadnuté hrče zo spodnej oku neprístupnej časti trámov, požerky od mravcov alebo od fuzáča krovového, ...) a rastových nehomogénností (široký stržeň majúci abnormálne malú hustotu, ...);
- súčasnom použití zmyslových metód a prípadne iných prístrojov (ultrazvuk, CT, ...).

Pristrojom Resistograph nemožno analyzovať druh drevokaznej huby spôsobujúcej hnilobu dreva a ani či sa jedná o hnedú, bielu alebo mäkkú hnilobu.



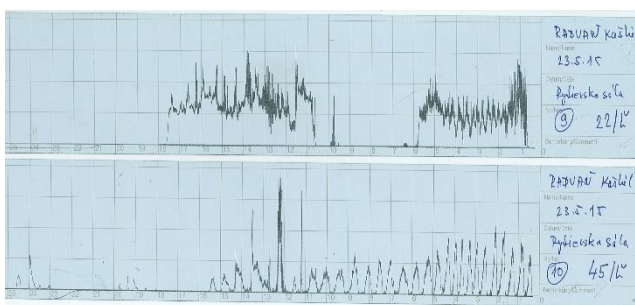
Obrázok 1 Stropy v kaštieli Súľov – Vrty Resistographom od spodku trámov pri záhlaviach

- 1. vrt = trám bez znakov zjavnejšej hniloby.
- 2. vrt = vnútorná hniloba v hĺbke 8 až 13 cm od spodnej strany trámu.
- 3. vrt = hniloba v hĺbke 11 cm od spodnej strany trámu až po jeho vrch (cca 17 cm).



Obrázok 2 Stropy v kúrii múzea K. Plicku v Blatnici – Vrty Resistographom z boku trámov pri záhlaviach

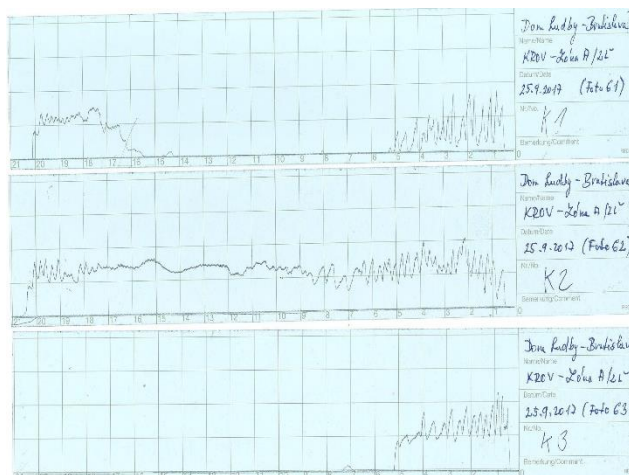
- 3. vrt = totálna vnútorná hniloba v tráme.
- 4. vrt = hniloba od 11 cm až po druhý bok trámu (cca 15 cm).
- 5. vrt = lokálna vnútorná hniloba v hĺbke 2,5 až 3,5 cm od vstupu vrtáka do trámu.
- 6. vrt = lokálna vnútorná hniloba v hĺbke 12 až 14 cm od vstupu vrtáka do trámu.



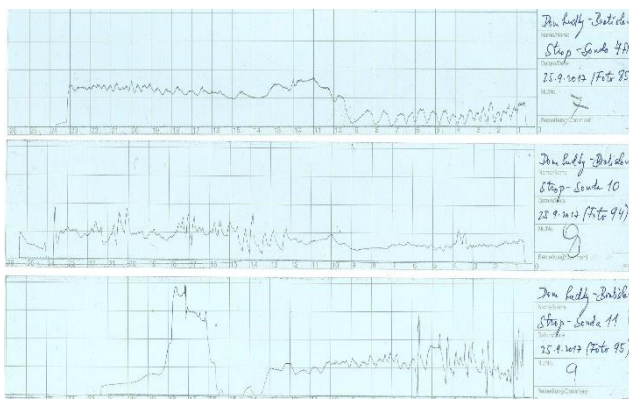
Obrázok 3 Strop v Rytierskej sále Radvanského kaštieľa v Banskej Bystrici – Vrtý Resistographom od spodku trámov pri záhlaviach

- 9. vrt = a) lokálna vnútorná hniloba medzi 6 až 10 cm (resp. 11 cm) od spodnej strany trámu;
- b) hniloba aj od 18 cm až po vrchnú stranu trámu (cca 24 cm).
- 10. vrt = hniloba vo vrchnej časti medzi 15,5 cm a vrchnou stranou trámu (cca 24 cm).

I. Krov



II. Stropy



Obrázok 4 Krov a stropy v Dome hudby v Bratislave – Vrtý Resistographom z boku prvkov

- I. Trám úžľabový: K1 → 0,5 m od záhlavia = hniloba; K2 → 1,5 m od záhlavia = OK.
Vrchná pomurnica: K3. vrt = totálna vnútorná hniloba 5 cm od povrchu.
- II. Stropné trámy: 7. vrt a 8. vrt = vcelku OK; 9. vrt = hniloba medzi 13,5 a 15,5 cm.

LITERATÚRA

- ANSORGE, D., GEBURTIG, G. (2008). Historische Holzbauwerke, und Fachwerk Instandsetzen – Erhalten. Fraunhofer IRB Verlag, 283 p.
- BRASHAW, B.K., BUCUR, V., DIVOS, F., GONCALVES, R., LU, J., MEDER, R., PELLERIN, R.F., POTTER, S., ROSS, R.J., WANG, X., YIN, Y. (2009). Nondestructive testing and evaluation of wood: a worldwide research update. *Forest Products Journal* 59(3): 7–14.
- DAŇKOVÁ, J., MEC, P., MURÍNOVÁ, T., KHESTL, F. (2013). Nedestruktivní diagnostické metody pro posouzení stávajících dřevěných konstrukcí. In: *STRUCTURA 2013 - Ekologie, energetika, bezpečnost, udržitelnost*, VŠB – Fakulta stavební, Technická univerzita Ostrava, Česká republika, p. 33–38. ISBN 978-80-248-3236-4.
- HRIVNÁK, J., REINPRECHT, L. (2011). Ultrazvuková a odporová defektoskopia hniloby v drevených zruboch v prírodnom múzeu v Zuberci. In: *Drevoznehodnocujúce huby 2011*, Technická univerzita vo Zvolene, p. 79–88. ISBN 978-80-228-2269-5.
- HRIVNÁK, J., KLOIBER, M., REINPRECHT, L., TIPPNER, J. (2013). Skúmanie kvality a poškodenia ihličnatého dreva akustickými a mechanicko-odporovými metódami. Technická univerzita vo Zvolene, 78 p. ISBN 978-80-228-2552-8.
- KLOIBER, M., TIPPNER, J., HRIVNÁK, J. (2013). Mechanical properties of wood examined by semi-destructive devices. *Materials and Structures* 46(6): 14 p. DOI: 10.1617/s11527-013-0055-z.
- MARTÍNEZ, R., ARRIAGA, F., LLANA, D. F., GALLEGO, J., BOBADILLA, I. (2015). NDT to identify biological damage in wood. In: *19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*, GTR FPL-GTR-239, Rio de Janeiro, Brazil, p. 453–461.
- REINPRECHT, L. (2016a). *Wood deterioration, protection and maintenance*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 357 p. ISBN 978-1-119-10653-1.
- REINPRECHT, L. (2016b). Hniloba v prahoch a blokoch novej drevostavby po úniku vody z poškodeného odpadového potrubia. In: *Ochrana drevín a dreva 2016*, Technická univerzita vo Zvolene, p. 84–91. ISBN 978-80-228-2929-8.
- REINPRECHT, L., ŠTEFKO, J. (2000). *Dřevěné stropy a krovy – Typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce*. ABF - ARCH Praha, Česká republika, 242 p. ISBN 86-86165-29-9.
- REINPRECHT, L., HRIVNÁK, J. (2010). Stanovenie hniloby i iných defektov v drevených prvkoch ultrazvukom a odporovým vrtákom – v kostole v Trnovom a v nedokončenom zrube. In: *Sanace a rekonstrukce staveb 2010*, 32. konference WTA CZ, Brno, Česká republika, p. 33–39. ISBN 978-80-02-02273-2.
- REINPRECHT, L., ŠUPINA, P. (2015). Comparative evaluation of inspection techniques for impregnated wood utility poles – ultrasonic, drill-resistive, and CT-scanning assessments. *European Journal of Wood and Wood Products* 73(6): 741–751. DOI: 10.1007/s00107-015-0943-8.
- REINPRECHT, L., KOHÚT, V., BAHNA, J. (2016a). Biologické poškodenie drevených stropov v kaštieli v Rusovciach. In: *CSTI 2015 - Integrácia konzervačnej vedy a technológií do interdisciplinárnej ochrany materiálov a objektov dedičstva*, FCHPT STU a SNM Bratislava, p. 298–306. ISBN 978-80-8060-377-9.
- REINPRECHT, L., ROHANOVÁ, A., FERENC, O. (2016b). Hniloba v drevenej hojdačke v rekreačnom stredisku Poráč ako príčina smrteľného úrazu. In: *Ochrana drevín a dreva 2016*, TU Zvolen, p. 67–72. ISBN 978-80-228-2929-8.
- RINN, F., SCHWEINGRUBER, F., SCHÄR, E. (1996). Resistograph and x-ray density charts of wood comparative evaluation of drill resistance profiles and x-ray density charts of different wood species. *Holzforschung* 50(4): 303–311.
- VIDHOLDOVÁ, Z., PAZÚRIK, F., REINPRECHT, L. (2014). Prieskum skutkového stavu dreveného artikúlárneho kostola v Leštínách. *Stavební partner* 3(4): Article No. 6, 10 p. ISSN 1805-5958.

Pod'akovanie

Za podporu k práci vyjadrujem pod'akovanie projektom VEGA 1/0729/18 a APVV-17-0583.

Adresa autora

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc. – reinprecht@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen



**VZÁCNE DREVNÉ HUBY Z PRALESOVITÝCH SPOLOČENSTIEV
SLOVENSKA**

**RARE WOOD-INHABITING FUNGI FROM OLD-GROWTH FORESTS IN
SLOVAKIA**

VLADIMÍR KUNCA

ABSTRAKT

Pralesy a prírodné lesy Slovenska skrývajú viaceré druhy húb, ktorých plodnice je často možné vidieť len takýchto zachovalých spoločenstvách. Najčastejšie sú to práve plodnice húb rastúce na odumierajúcich stromoch alebo tzv. mŕtvom dreve. Niektoré z týchto húb sú ohrozené, často chránené a uvádzané v zoznamoch ohrozených druhov. Sú dokonca známe aj ako bioindikátory, zvlášť prírodných lesov a pralesov. Uvádzame zároveň odhad približného počtu lokalít na základe publikovaných údajov a nových známych nepublikovaných záznamov.

Kľúčové slová: makromycéty, pralesy, prírodné lesy, mŕtve drevo, indikačné druhy

ABSTRACT

Virgin and natural forests in Slovakia shelter many fungal species, which fruit bodies can be often seen only in such type of well-preserved communities. The most common are fungal fruit bodies growing on dying trees or on so called dead wood. Some of these fungi are threatened, often protected and included in lists of endangered species. Some of them are known as bioindicators, especially in old-growth forests. We present approximate estimation of number of localities based on published data and new known unpublished records as well.

Key words: macromycetes, virgin forests, natural forests, dead wood, indicator species

ÚVOD

Plodnice húb rastúcich z dreva poukazujú na obrovský význam húb pri jeho rozklade (GÁPER 1997). Huby, teda ich plodnice, rastúce na dreve sa často označujú ako „drevokazné“, hoci je to len pohľad úzkej skupiny ľudí, pracujúcich napr. s drevom. Ich kľúčovou úlohou v prírode je rozklad biomasy dreva, ktorá by sa inak na našej Zemi hromadila v obrovských množstvách. Slovensko je krajinou, ktorá má podľa Forest Europe (2015) 40,6 m³.ha⁻¹ stojaceho a ležiaceho mŕtveho dreva v lesoch, čo je najväčšia priemerná hodnota v Európe. A aj preto je výskyt niektorých druhov húb v Európe inak často viazaných na pralesné

spoločenstvá zaznamenaný u nás aj v hospodárskych lesoch (KUNCA a ČILIAK 2017). Potenciál týchto húb je však aj do budúca veľmi vysoký, možno aj z pohľadu ich pestovania, keďže viaceré, ktoré využívajú ako životný substrát drevo majú liečivé účinky, ktoré ešte stále nie sú úplne známe (WASSER 2010).

PROBLEMATIKA PRÁCE

Mŕtve drevo sa vyskytuje zvlášť v človekom výrazne neovplyvnených, resp. málo využívaných lesoch. V strednej Európe sú to často aj lokality s určitým stupňom ochrany prírody. Takéto bohatstvo drevnej biomasy sa odráža aj na druhovej skladbe húb. Rozdielom medzi lesmi s charakterom pralesov a intenzívne obhospodarovanými lesmi sú práve aj huby a ich plodnice rastúce na dreve (UJHÁZY a kol. 2018). Viditeľným rozdielom je najmä vyššia početnosť aj druhová diverzita plodníc týchto húb v pralesoch, najmä z dôvodu prítomnosti stojaceho aj ležiaceho mŕtveho dreva v rôznych štádiách rozkladu. V hospodárskych lesoch je prítomnosť odumretej biomasy dreva minimalizovaná činnosťou človeka a tzv. drevokazné huby sú považované za škodlivé.

Drevné alebo drevoosídľujúce huby sú často v zoznamoch tzv. indikačných druhov. Jedným z najznámejších a najviac používaných zoznamov indikačných druhov húb navrhli CHRISTENSEN a kol. (2004) pre pôvodné bukové lesy. Zároveň poukázali na to, že prítomnosť indikačných druhov sa len slabo vzťahuje na množstvo mŕtveho dreva. Iné zoznamy sú vytvorené pre rôzne lesné ekosystémy, resp. dreviny, napr. BREDESEN a kol. (1997), BLASCHKE a kol. (2009).

Je však často prekvapujúce, aké aj relatívne vzácne druhy húb sa objavia v ľudských sídlach. ŠEBESTA a kol. (2018) uvádzajú napr. vo voľnej prírode Slovenska pomerne vzácne druhy ako *Aurantiporus fissilis*, *Ganoderma pfeifferi*, *Pereniporia fraxinea* a *Yuchengia narymica*. Dôvodov ich výskytu môže byť viacero, avšak je zrejmé, že niektoré z týchto druhov húb žijú saproparaziticky a pre svoju existenciu tak v prvom, rade vyžadujú prítomnosť starých, hrubých stromov s poškodením kmeňa, a takéto sa hlavne v mestách, v parkoch a alejach, vyskytujú pomerne často.

METODIKA

Vzácnosť húb sme posúdili v prvom rade na základe ich zapísania do niektorých z nasledujúcich dokumentov: Červená kniha (ANTONÍN a kol. 1995), Červený zoznam húb Slovenska (LIZOŇ 2001) a vyhlášky k príslušným zákonom o ochrane prírody. Prvou takou vyhláškou bola č. 93 z roku 1999, kde sa po prvýkrát objavil zoznam chránených húb

Slovenska. História a problémy ochrany húb na Slovensku sú detailnejšie spracované v prácach GÁPER a PIŠÚT (2003) a KUNCA (2012).

Základný údaj o výskyte jednotlivých hodnotených húb na Slovensku vychádza z kompilačnej práce ŠKUBLA (2003). Prirátané sú nové publikované údaje, napr. ako z práce ADAMČÍK a kol. (2016). Ide však aj o zhrnutie údajov z hubárskych a mykologických výstav uskutočňovaných Lesníckym a drevárskym múzeom vo Zvolene a mykologickej poradne na TU vo Zvolene a údajov ľahko poznateľných druhov zo stránky www.nahuby.sk. Niektoré z nových nálezov sú dokladované v súkromnom herbári prvého autora (PVKU).

Pri vybraných druhoch uvádzane aj zaradenie do medzinárodných zoznamov, ktoré vyplynuli z nezačlenenia húb do Bernského dohovoru (DAHLBERG a CRONEBORG 2003, MUELLER a kol. 2014, FRAITURE a OTTO 2015), teda zoznam 33 ohrozených druhov húb Európy, resp. zoznam pre mapovanie európskych makromycétov výkonného výboru Európskej rady pre ochranu húb (ECCF).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Amylocystis lapponica (Romell) Bondartsev & Singer (tvarožník laponský)

Druh je uvedený v zozname chránených húb Slovenska, na ktorých ochranu sa vyhlasujú chránené územia (Príloha č.4 k vyhláške č.24/2003 Z.z.), v Červenom zozname húb Slovenska a v Červenej knihe ohrozených a vzácných druhov rastlín a živočíchov SR a ČR; medzinárodne v zozname 33 ohrozených druhov húb Európy a aj v zozname pre mapovanie európskych makromycétov výkonného výboru Európskej rady pre ochranu húb (ECCF). Rastie veľmi vzácnne na rozkladajúcich sa kmeňoch smrekov, výnimočne jedlí, prevažne v počiatočných štádiách rozkladu, v zachovalých (pralesy a prírodné lesy) horských lesoch. Na našom území je známych 5 až 8 lokalít výskytu tejto huby, ktoré boli objavené hlavne v posledných rokoch. Ide hlavne o horské pralesy a prírodné lesy nad 800 m n.m. s prirodzeným výskytom smreka, ktoré sú v najprísnejšom stupni ochrany. Takými sú NPR Dobročský prales, NPR Ľubietovský Vepor alebo NPR Jánošíkova kolkáreň. Druh vyžaduje pralesovité spoločenstvá s kontinuitou prítomnosti hrubého rozkladajúceho sa dreva ihličnatých stromov, hlavne smreka. Snaha o spracovávanie rôznych kalamít v ekosystémoch s výskytom smreka je hrozbou. Ochrana tejto huby sa dá zabezpečiť len bezzásahovým režimom na lokalitách jej výskytu. Tento druh, ako už naznačuje druhové meno, je boreálnym druhom, ktorý je však vzácný aj v týchto regiónoch, teda napr. Škandinávia. Aj tam sa považuje za indikačný druh pôvodných boreálnych lesov so smrekom.

Fomitopsis officinalis (Vill.) Bondartsev & Singer (práchnovček lekársky)

Druh je uvedený v zozname chránených húb Slovenska a v Červenom zozname húb Slovenska; medzinárodne v zozname 33 ohrozených druhov húb Európy a v zozname pre mapovanie európskych makromycétov výkonného výboru Európskej rady pre ochranu húb (ECCF). Spoločenská hodnota na Slovensku je 106 Euro. Rastie veľmi zriedkavo ako parazit na rôznych častiach kmeňa hlavne smrekovcov, výnimočne aj na iných ihličnatých stromoch vo vyšších polohách, počas celého roka. Na Slovensku sa vyskytuje hlavne na živých, avšak poškodených (hlavne bleskom) smrekovcoch, vyskytujúcich sa často na ťažko dostupných karbonátových bralách. Počet lokalít výskytu jej výskytu u nás je približne 10. Hrozbou môže byť aj návrat k tradičnej medicíne, keďže v minulosti sa hojne využíval prášok z rozomletej plodnice pri liečení niektorých ochorení hlavne tráviaceho traktu. Tento druh sa zvykne uvádzať aj pod latinským názvom *Laricifomes officinalis* (Vill.) Kotl. et Pouzar.

Rhodofomes roseus (Alb. & Schwein.) Vlasák (práchnovček ružový)

Hoci tento druh nie je uvedený v žiadnom zozname ohrozených húb Slovenska, je pomerne vzácny. HOLEC a kol. (2015) ho uvádzajú ako druh, ktorý preferuje pralesovité spoločenstvá – pralesy, prírodné a prírode blízke lesy a BLASCHKE a kol. (2009) ho uvádza v zozname indikátorov lesov s prírodnou hodnotou. ŠKUBLA (2003) uvádza 10 lokalít na Slovensku, avšak súčasný známy počet lokalít môže byť približne až 20. Rastie zriedkavo vo vyšších polohách, hlavne na lokalitách s prirodzeným výskytom smreka, na padnutých kmeňoch smrekov, menej jedlí. Lokalitami jeho výskytu sú hlavne zachovalé lesné spoločenstvá bez výraznejších lesohospodárskych zásahov v minulosti. Avšak výnimočne sa môže vyskytnúť na opracovanom dreve v budovách (VAMPOLA 2008). Ešte donedávna sa uvádzal pod menom *Fomitopsis rosea* (Alb. & Schwein.) P. Karst.

Hericiium alpestre Pers. (koralovec jedľový)

Tento druh nie je uvedený v žiadnom zozname ohrozených húb Slovenska, avšak pre prežitie huby je potrebné tzv. hlavne hrubé mŕtve drevo ihličnanov, zvlášť jedle, menej smreka. Je zapísaný v Červenej knihe Ukrajiny a v červených zoznamoch niektorých európskych krajín ako Chorvátsko a Nemecko (BISKO a kol. 2018). Ročné plodnice sa objavujú buď na živých stromoch na miestach poranenia kmeňov alebo na stojacich alebo padnutých kmeňoch. Plodnice tejto huby sa v našich podmienkach dajú nájsť aj v lesoch hospodárskych. Počet lokalít je pravdepodobne zo všetkých uvádzaných húb najvyšší

a pohybuje sa približne pri hodnote 70. Dlho sa na Slovensku nesprávne používalo jeho meno *Hericium coralloides*.

Hericium cirrhatum (Pers.) Nikol. (koralovec trúdnikovitý)

Táto huba bola dlho známa pod menom *Creolophus cirrhatus*, avšak najnovšie molekulárne analýzy ukázali, že patrí rodu koralovec (*Hericium*) (LARSSON a LARSSON 2003). Nálezy plodníc sú známe na Slovensku z približne 40 lokalít, hlavne pod menom ježovec trúdnikovitý. Rastie pomerne vzácne na živých aj padnutých kmeňoch, pahýľoch a pňoch listnatých stromov, často na miestach poranení, hlavne buka a hraba, aj v hospodársky využívaných lesoch. Huba je uvedená napr. v červenom zozname húb Bulharska (GYOSHEVA a kol. 2006).

Hericium erinaceus (Bull.) Pers. (koralovec ježovitý)

Druh je v zozname chránených húb Slovenska a v Červenom zozname húb Slovenska; medzinárodne: v zozname 33 ohrozených druhov húb Európy a v zozname pre mapovanie európskych makromycétov výkonného výboru Európskej rady pre ochranu húb (ECCF). Spoločenská hodnota je 69 Euro. Ročná plodnica rastie jednotlivo buď ako slabý parazit na poranených miestach kmeňov listnatých stromov alebo ako saprofyt na mŕtvom dreve hlavne dubov a bukov od júla do októbra. Ekológiu druhu na Slovensku spracovali KUNCA a ČILIAK (2017). Po intenzívnom výskume výskytu tejto huby známych minimálne 63 lokalít, hoci je zrejmé, že stále to nie sú všetky (KUNCA a kol. 2018). Dôvodom ochrany je hlavne ubúdania vhodného substrátu pre rast tejto huby, teda v našich podmienkach prevažne pôvodných dubových lesov a starých, rozkladajúcich sa kmeňov listnatých drevín. Plodnice sa na rovnakom strome objavujú aj počas niekoľkých rokov za sebou. Drevo napadnuté podhubím má najsamprv svetlejšiu farbu ako zdravé drevo, neskôr je rozkladané bielou hnilobou.

Pleurotus citrinopileatus (Singer) Ohira (hliva lievikovitá citrónová)

Táto huba nie je uvedená ani v zozname húb Slovenska (LIZOŇ a BACIGÁLOVÁ 1998), bližšie údaje o jej výskyte tak nie sú zatiaľ z územia Slovenska ani publikované. Aktuálne nálezy sú z lužných lesov, na padnutých kmeňoch rôznych listnáčov ako brest, topoľ, vŕba. Je pravdepodobné, že sa na Slovensku rozšírila až v nedávnom období, keď sa začala pestovať na otvorených priestranstvách popri ľudských obydlíach. Odhadom je aktuálne známych 3 až 5 lokalít jej výskytu na Slovensku.

Rhodotus palmatus (Bull.) Maire (červenáčik obyčajný)

Druh je v zozname chránených húb Slovenska, v Červenom zozname húb Slovenska a v Červenej knihe ohrozených a vzácných druhov rastlín a živočíchov SR a ČR. Spoločenská hodnota jednej plodnice je 74 Euro. Plodnice sa objavujú od augusta do októbra, veľmi vzácne v listnatých lesoch na padnutých kmeňoch a konároch brestov a jaseňov, vzácnejšie aj iných druhov listnáčov, najmä v sutinových a lužných lesoch. ŠKUBLA (2003) uvádza len 5 lokalít, avšak ich aktuálny stav môže byť približne až 15 lokalít. Vďaka kombinácii sfarbenia a výraznej sieťovitej plastickej ornamentike na klobúku mladších plodníc nezameniteľný druh.

Tyromyces kmetii (Bres.) Bondartsev & Singer (tvarohovec Kmeťov)

Druh je v Červenom zozname húb Slovenska. Škubla (2003) uvádza až 16 lokalít, avšak značná časť nálezov môže byť nesprávne určená a zamenená za podobný *T. chioneus* (Vampola, pers. comm.). Rastie veľmi vzácne na rozkladajúcom sa dreve listnáčov, hlavne buka, ale aj duba, brezy a čerešne. Viaceré spoľahlivo určené nálezy sú práve z pralesovitých spoločenstiev Slovenska (KUNCA, nepubl.)

Vibrissea truncorum (Alb. & Schwein.) Fr. (mihavka vodná)

Druh je v Červenom zozname húb Slovenska a v Červenej knihe ohrozených a vzácných druhov rastlín a živočíchov SR a ČR. Plodnice sa objavujú veľmi vzácne na dreve listnáčov aj ihličnanov, čiastočne alebo úplne zanorenom v čistej vode potôčikov, v prameniskách a v porastoch rašelinníka, skôr v podhorských a vo vyšších polohách. Na Slovensku boli donedávna známe len dve lokality výskytu tejto huby (ŠKUBLA 2003). Aktuálne môžeme ich počet odhadnúť na 7 až 9. Druh je indikátorom čistej vody (JINDŘICH 2009).

ZÁVER

Význam húb žijúcich v dreve je stále zjavne nedocenený a hrozba vymretia niektorých druhov vzhľadom na stále intenzívnejšie využívanie krajiny človekom je stále reálna. Plodnice húb, zvlášť tých rastúcich na dreve, však skrývajú nové zdroje látok, ktoré ešte dostatočne nepoznáme a môžu zahŕňať viaceré liečivé účinky.

LITERATÚRA

- ADAMČÍK, S., AUDE, E., BÄSSLER, C., CHRISTENSEN, M., DORT, K. VAN, FRITZ, Ö., GLEJDURA, S., HEILMANN-CLAUSEN, J., HOLEC, J., JANČOVIČOVÁ, S., KUNCA, V., LACKOVIČOVÁ, A., LÜTH, M., ÓDOR, P. (2016). Fungi and lichens recorded during the Cryptogam Symposium on Natural Beech Forests, Slovakia 2011. *Czech Mycology*, 68(1): 1–40.
- ANTONÍN, V., FELLNER, R., HERINK, J., LAZEBNÍČEK, J., LIZOŇ, P., KOTLABA, F., ŠEBEK, S. (1995). Huby (makromycéty). In Kotlaba F., ed., *Červená kniha ohrozených a vzácných druhov rastlín a živočíchov SR a ČR 4*, pp. 30–119, *Príroda*, Bratislava.
- BISKO, N.A., SUKHOMLYN, M.M., MYKCHAYLOVA, O.B., LOMBERG, M.L., TSVYD, N.V., PETRICHUK, YU.V., AL-MAALI, G.A., MYTROPOLSKA, N.YU. (2018). *Ex situ* conservation of rare and endangered species in mushroom culture collections of Ukraine. *Ukr. Bot. J.*, 75(4): 338–347.
- BLASCHKE, M. HELFER, W., OSTROW, H., HAHN, CH., LOY, H., BUSSLER, H., KRIEGLSTEINER, L. (2009). Naturnähezeiger – Holz bewohnende Pilze als Indikatoren für Strukturqualität im Wald. *Natur & Landschaft*, 48: 560–566.
- BREDESEN, B., HAUGAN, R., AANDERAA, R., LINDBLAD, I., ØKLAND, B., RÖSOK, Ø. (1997). Wood-inhabiting fungi as indicators of ecological continuity within spruce forests of south-eastern Norway. *Blyttia*, 55: 131–140.
- DAHLBERG, A., CRONEBORG, H. (eds.) (2003). 33 threatened fungi in Europe. Complementary and revised information on candidates for listing in Appendix I of the Bern Convention. – Uppsala.
- FOREST EUROPE (2015). State of Europe's Forests 2015. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe.
- FRAITURE, A., OTTO, P. (Eds.) (2015). Distribution, Ecology and Status of 51 Macromycetes in Europe. Results of the ECCF Mapping Programme. – Meise.
- GÁPER, J. (1997). Funkcie hub v ekosystémoch a ich význam pre človeka. *Enviromagazín* 2(6). Online: http://www.enviromagazin.sk/enviro6_2/funkcie22.html.
- GÁPER, J., PIŠÚT, I. (2003). *Mykológia. Systém, vývoj a ekológia húb*. Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica, 320 s.
- GYOSHEVA, M.M., DENCHEV, C.M., DIMITROVA, E.G., ASSYOV, B., PETROVA, R.D., STOICHEV, G.T. (2006). Red List of fungi in Bulgaria. *Mycologica Balcanica*, 3: 81–87.
- HOLEC, J., KRÍŽ, M., POUZAR, Z., ŠANDOVÁ, M. (2015). Boubínský prales virgin forest, a Central European refugium of boreal-montane and old-growth forest fungi. *Czech Mycology*, 67(2): 157–226.
- CHRISTENSEN, M., HEILMANN-CLAUSEN, J., WALLEYN, R., ADAMČÍK, S. (2004). Wood-inhabiting fungi as indicator of nature value in European beech forest. In: Marchetti, M. (ed.), *Monitoring and Indicators of Forest Diversity in Europe – From Ideas to Operationality*, EFI Proceedings: 51, p. 229–237.
- JINDŘICH, O. (2009). Vodomilné vřekovýtrusé houby. *Mykologický sborník*, 4: 104–106.
- KUNCA, V. (2012). Huby a ich ochrana na Slovensku. *Životné prostredie*, 46 (3): 142–144.
- KUNCA, V., ČILIAK, M. (2017). Habitat preferences of *Hericium erinaceus* in Slovakia. *Fungal Ecology*, 27: 189–192.
- KUNCA, V., ČILIAK, M., LUPTÁK, R. (2018). Fruit body production of *Hericium erinaceus* and its distribution range in Slovakia. *Czech Mycology* (v posudzovaní).

- LARSSON, E., LARSSON, K.-H. (2003). Phylogenetic relationships of russuloid basidiomycetes with emphasis on aphyllorphorean taxa. *Mycologia*, 95: 1037–1065.
- LIZOŇ, P. (2001). Červený zoznam húb Slovenska. *Ochrana prírody, Banská Bystrica, Supplement*, 20: 6–13.
- LIZOŇ, P., BACIGÁLOVÁ K. (eds.) (1998). Huby. In: MARHOLD K., HINDÁK F. (eds.) *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*, pp. 101–227, Bratislava.
- ŠEBESTA, M., GÁPER, J., GÁPEROVÁ, S., GAŠPARCOVÁ, T. (2018). Drevné huby vo vybraných parkoch Slovenska. In: *Dreviny vo verejnej zeleni 2018*. Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa, s. 167–172.
- ŠKUBLA, P. (2003). *Mycoflora Slovaca. Šaľa, Mycelium*, 1103 s.
- UJHÁZY, K., UJHÁZYOVÁ, M., BUČINOVÁ, K., ČILIAK, M., GLEJDURA, S., MIHÁL, I. (2018). Response of fungal and plant communities to management-induced overstorey changes in montane forests of the Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 137(2): 169–183.
- VAMPOLA, P. (2008). Dřevokazné houby v budovách. *Mykologické listy*, 104: 21–25.
- WASSER, S.P. (2010). Medicinal mushroom science, history, current status, future trends, and unsolved problems. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 12(1): 1–16.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol pri riešení projektu VEGA 1/0664/17.

Adresa autora

doc. Ing. Vladimír Kunca, PhD. – kunca@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra aplikovanej ekológie, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen



**HUBA *Chalara fraxinea* AKO VÝZNAMNÝ PÔVODCA
ODUMIERANIA JASEŇOV NA SLOVENSKU**

**FUNGUS *Chalara fraxinea* AS AN IMPORTANT AGENT
OF ASH PERISHING IN SLOVAKIA**

PAVOL HLAVAČ - MAREK CÁR

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá problematikou hromadného odumierania jaseňov, vyvolané hubou *Chalara fraxinea*. Za modelové územie boli zvolené lesné porasty na LS Strážske (OZ Sobrance). Získané výsledky potvrdili napadnutie jaseňov predmetnou hubou.

Kľúčové slová: jaseň, *Chalara fraxinea*, choroba, odumieranie.

ABSTRACT

The contribution deals with the issue of mass ashes perishing by *Chalara fraxinea* fungus. Forest stands were chosen as model territory in the forest district Strážske (forest enterprise Sobrance). The results obtained confirmed the infestation of the ashes with the fungus.

Key words: ash, *Chalara fraxinea*, disease, perishing

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V posledných rokoch sa aj v dôsledku prebiehajúcich klimatických zmien začínajú čoraz častejšie vyskytovať v lesných ekosystémoch nové ochorenia, ktoré sa nekontrolovateľne šíria, pričom dochádza k postupnému chradnutiu až hromadnému odumieraniu infikovaných stromov. Náznaky odumierania jaseňov sa objavujú už v 50. až 80. rokoch v Anglicku a Holandsku. Tieto nežiadúce prejavy sa väčšinou pripisovali stresu z negatívneho pôsobenia klimatických, prípadne i antropogénnych faktorov, nakoľko hlavnými symptómami ochorenia bolo usychanie vetiev a následne i celých stromov (NÁROVEC a kol. 2008). Oficiálne sa napadnutie jaseňov hubou *Ch. fraxinea* potvrdilo v roku 1992 na severovýchode Poľska (KUNCA a kol. 2013). Choroba sa však začína nekontrolovateľne šíriť po celom kontinente. Postupne je zaznamenávané v Lotyšsku (rok 2000), južnom Švédsku (rok 2001), Estónsku (rok 2002), Dánsku (rok 2003) a Nórsku i Fínsku (rok 2005). Ochorenie sa rozširuje aj v štátoch južnej Európy. Rozsiahle odumieranie jaseňov bolo zaznamenané v Nemecku (rok 2002), Česku a Slovensku (rok 2004), Rakúsku, Maďarsku a Rumunsku (rok 2005), Slovinsku (rok 2006), Švajčiarsku (rok 2007), Taliansku (2009) a v roku 2010 i vo

Francúzsku (HUSSON a kol. 2011). Na Slovensku sa poškodenie výhonov a vetiev jaseňa objavuje prvýkrát v roku 2004 na LS Malá Lodina a ML Košice. Postihnuté boli najmä mladiny z prirodzeného zmladenia vo veku 10-15 rokov v nadmorskej výške 800 m n.m. Na postihnutých stromoch presychali jednotlivé výhony a lokálne odumierali i celé stromy (KUNCA a kol. 2013). K ďalšiemu nárastu ochorenia dochádza v rozmedzí rokov 2005 až 2010, pričom to sa prejavuje tak v mladých ako aj starších porastoch, najintenzívnejšie ale na začiatku vegetačného obdobia. Na odumierajúcich a odumretých stromoch bola pozorovaná aktivita huby *Ch. fraxinea* i prítomnosť podkôrneho hmyzu *Hylesinus fraxini* (CÁR 2018). Nové ohniska ochorenia sú hlásené z lesných porastoch Košického, Žilinského i Banskobystrického kraja aj v rokoch 2011 až 2015. V roku 2016 a 2017 je evidované silné poškodenie jaseňov na OZ Smolenice a OZ Považská Bystrica (KUNCA a kol. 2017). Primárnou príčinou hromadného hynutia jaseňov je ich infekcia hubou *Ch. fraxinea*. Hostiteľskými drevinami patogéna sú jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*) a jaseň úzkolistý (*F. angustifolia*). Odolným druhom rodu *Fraxinus* je jaseň mannový – *F. ornus*.

Cieľom práce bolo posúdiť poškodenie jaseňových porastov hubou *Ch. fraxinea* na modelovom území a zhodnotiť ich zdravotný stav na základe defoliácie.

MATERIÁL A METODIKA

Výskum prebiehal na LS Strážske a OZ Sobrance v 8 porastoch (tab. 1 a obr. 1), kde bolo zastúpenie jaseňa do 20 %, od 20 % do 40 %, od 40 % do 60 % a nad 60 %, a to v období apríl až september 2017. Stupeň defoliácie sa hodnotil v poraste tzv. líniovou metódou. Náhodným výberom sa v línii vybralo 100 stromov, na ktorých sa posúdila strata asimilačných orgánov na základe päť stupňovej medzinárodnej stupnice (SAO). Priemerný stupeň defoliácie bol vypočítaný pomocou váženého aritmetického priemeru. Súčasne sa sledoval aj výskyt iných biologických poškodení (hmyz, huby a zver). Napadnutie sa posudzilo na základe typických symptómov (plodničky, škvrny na listoch a stopkách, šošovkovité až podlhovasté nekrózy a rakovinové lézie na výhonoch a kmeni) a aj na základe tmavého sfarbenia dreva na šikmom reze výhonu.

Vzorky pre laboratórne analýzy boli odobraté zo stromov s nekrotickými léziami. Po odstránení kôry boli vzorky dreva rozsekané na malé kúsky, ktoré boli následne povrchovo očistené a dezinfikované chloranom sódnym, etanolom a destilovanou vodou. Takto upravené vzorky sa vložili do Petriho misiek s sladínovým agarom, do ktorého sa pridalo antibiotikum (streptomycín). Misky sa uložili do termostatu s teplotou 20-21 °C. Zhruba po troch týždňoch sa objavovalo mycélium s jemným povrchom zafarbeným do bielych, bielosivých až žltohnedých odtieňov. Z mycélia sa odoberala vzorka pre mikroskopickú determináciu.

Tabuľka 1 Základná charakteristika porastov

| Číslo porastu | Výmera[ha] | Vek | Zakmenenie | Zastúpenie jaseňa | Expozícia |
|---------------|------------|-----|------------|-------------------|-----------|
| 380 C | 0,75 | 15 | 0,7 | 60 % | rovina |
| 726 | 1,73 | 10 | 0,2 | 60 % | rovina |
| 363 A | 9,68 | 40 | 0,7 | 20 % | S |
| 331 A | 2,23 | 20 | 0,8 | 30 % | JV |
| 332 A | 0,64 | 60 | 0,7 | 70 % | JZ |
| 145 B | 0,81 | 45 | 0,9 | 80 % | J |
| 288 | 1,86 | 105 | 0,7 | 15 % | J |
| 295 | 4,07 | 90 | 0,7 | 10 % | JZ |



Obrázok 1 Lokalizácia a rozmiestnenie výskumných plôch

VÝSLEDKY

Výsledky hodnotenia zdravotného stavu posudzovaných stromov na základe defoliácie, ktorú považujeme za jeden z vonkajších symptómov hromadného hynutia jaseňov vyvolaného hubovým patogénom *Ch. fraxinea*, sú uvedené v tab. 2.

Najlepší zdravotný stav z aspektu straty asimilačných orgánov bol zistený v mladých porastoch č. 380 C a č. 726 s vekom do 15 rokov a so 60 % zastúpením jaseňa. Zaujímavosťou je, že oba porasty sa nachádzajú na rovine. V oboch porastoch sa v stupni defoliácie 0 (strata od 0 do 10 %) nachádzalo viac ako 60 % jaseňov (porast č. 380 C – 65 %, porast č. 726 – 62 %). Na pomerne dobrý zdravotný stav týchto porastov ukazuje aj zastúpenie jaseňov v rizikových stupňoch 2 až 4. Pri týchto stupňoch defoliácie sa percentuálne zastúpenie stromov u oboch porastov pohybovalo v intervale od 2 do 8 %, pričom do stupňa 4 boli pri poraste č. 380 C zaradené 3 a poraste č. 726 len 3 jaseňe. Naopak najhorší zdravotný stav bol zistený v porastoch č. 145 B s priemerným stupňom defoliácie 2,88 a v poraste č. 288 s priemerným stupňom defoliácie 2,81. Najviac odumretých jaseňov bolo pozorovaných v poraste č. 145 B (34 ks) a v poraste č. dieľci 363 A (33 ks). Celkový počet stromov bez významných známk defoliácie (stupeň 0) bol 143 ks, t.j. 17,88 %. V stupňoch defoliácie 2-4 sa nachádzalo spolu 68,63 % (549 jaseňov).

Tabuľka 2 Zastúpenie jaseňov v jednotlivých stupňoch defoliácie vo vybraných porastoch

| Dielec | Stupeň defoliácie | | | | | | | | | | Priemer. stupeň defoliácie |
|--------|-------------------|------|--------------|------|-------------|-------|-------------|-------|------------|-------|----------------------------|
| | 0 [0-10 %] | | 1 [11-25 %] | | 2 [26-60 %] | | 3 [61-99 %] | | 4 [100 %] | | |
| | CPS | CHF | CPS | CHF | CPS | CHF | CPS | CHF | CPS | CHF | |
| 380 C | 65 | 7,7 | 19 | 10,5 | 8 | 87,5 | 5 | 100,0 | 3 | 100,0 | 0,62 |
| 726 | 62 | 4,8 | 21 | 4,8 | 8 | 100,0 | 7 | 85,7 | 2 | 100,0 | 0,66 |
| 363 A | 0 | 0 | 18 | 27,8 | 24 | 66,7 | 25 | 80,0 | 33 | 78,8 | 2,73 |
| 331 A | 5 | 20,0 | 21 | 19,1 | 28 | 92,8 | 23 | 91,3 | 23 | 87,0 | 2,38 |
| 332 A | 3 | 0 | 9 | 0,0 | 31 | 58,1 | 28 | 57,1 | 29 | 58,6 | 2,71 |
| 145 B | 3 | 0 | 5 | 40,0 | 27 | 81,5 | 31 | 90,3 | 34 | 88,2 | 2,88 |
| 288 | 2 | 0 | 6 | 0,0 | 30 | 53,4 | 33 | 60,6 | 29 | 55,2 | 2,81 |
| 295 | 3 | 0 | 9 | 11,1 | 25 | 52,0 | 34 | 52,9 | 29 | 51,7 | 2,77 |

Legenda: CPS – celkové % jaseňov v predmetnom stupni defoliácie

CHF – celkové percento stromov s príznakmi napadnutia hubou *Ch. fraxinea*

Výskyt huby *Ch. fraxinea* bol potvrdený pri všetkých stupňoch poškodenia. Z celkového počtu 800 hodnotených stromov bola infekcia potvrdená pri 413 jaseňoch, čo predstavuje 51,6 % (tab. 3). Najvýraznejšie symptómy napadnutia boli viditeľné na asimilačných orgánoch. Na infikovaných listoch sa vyskytovali hnedasté škvrny, prípadne čierne škvrny na stopkách. Najväčší výskyt stromov napadnutých hubou *Ch. fraxinea* sa determinoval pri stupňoch defoliácie 4 (134 ks) 5 (129 ks) a 3 (126 ks). Z aspektu veku porastov boli na poškodenie náchylnejšie porasty vo veku 20-45 rokov. Pri starších porastoch č. 288 a 295 sa významnou mierou na ich odumieraní podieľal aj lykokaz jaseňový (*Hylesinus fraxini*).

Tabuľka 3 Počet jaseňov infikovaných hubou *Chalara fraxinea* podľa stupňov defoliácie

| | Stupeň defoliácie | | | | | Spolu |
|---------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Celkový počet stromov v stupni | 143 | 108 | 181 | 186 | 182 | 800 |
| Počet infikovaných | 9 | 15 | 126 | 134 | 129 | 413 |
| % infikovaných | 6,3 % | 13,9 % | 69,6 % | 72,0 % | 70,9 % | 51,6 % |

ZÁVER

Zdravotný stav jaseňov na LS Strážske je do značnej miery ovplyvnený hubovým patogénom *Ch. fraxinea*. Podľa získaných výsledkov predpokladáme jej ďalšiu aktivizáciu. Do budúca bude potrebné zamerať pozornosť na porastovú hygienu porastov, včasné odstraňovanie silno napadnutých stromov (stupeň 4 a 5) a posúdiť význam druhu *Hylesinus fraxini* ako možného vektora ochorenia.

LITERATÚRA

- CÁR, M. (2018). Aktivizácia lykokaza jaseňového v modelových porastoch LS Strážske s príznakmi hromadného hynutia jaseňov. Diplomová práca. Zvolen: TU vo Zvolene, 58 s.
- HUSSON, C., SCALA, B., CAËL, O., FREY, P., FEAU, N. IOOS, R., MARÇAIS, B. (2011). *Chalara fraxinea* is an invasive pathogen in France. *European Journal of Plant Pathology*, 130 (3): 311–324.
- KUNCA, A., FINĎO, S., GALKO, J., a kol. (2013). Usmernenie lesníckej ochrannárskej služby k chronickému hynutiu jaseňov. Banská Štiavnica: NLC - LOS, 12 s.
- KUNCA, A., ZÚBRIK, M., VAKULA, J., a kol. (2017). Výskyt škodlivých činiteľov v lesoch Slovenska za rok 2016 a ich prognóza na rok 2017. Zvolen: Národné lesnícke centrum; Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 79 s., ISBN 978-80-8093-232-9.
- NÁROVEC, V., TREJTNAROVÁ, J., JANČAŘÍK, V. (2008). Čeká jasaný chradnutí? *Lesu Zdar*. 14(5): 4–6.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektov VEGA č. 1/0729/18 a APVV-17-0644.

Adresy autorov:

Ing. Pavol Hlaváč, PhD. – hlavac@tuzvo.sk

Ing. Marek Cár

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, SK-960 53 Zvolen



VARIABILITA BAZÍDIOSPÓR LESKLOKÔROVIEK

BASIDIOSPORES VARIABILITY OF *GANODERMA* SPECIES

TERÉZIA BECK – SVETLANA GÁPEROVÁ – MARTIN ŠEBESTA – PETER PRISTAŠ
– ZUZANA PERHÁČOVÁ – JÁN GÁPER

ABSTRAKT

Druhy rodu *Ganoderma* sú drevné trúdniky s dvojitou stenou bazídiospór. Svetelnou mikroskopiou sme analyzovali štruktúru, tvar a veľkosť bazídiospór z 32 bazídiokarpov (6 druhov) získaných vlastným terénnym výskumom. *Ganoderma applanatum* má najmenšie bazídiospóry spomedzi všetkých druhov s jemnou ornamentikou – dvojník *G. adpersum* ich má dlhšie, širšie a tmavšie. *G. pfeifferi* má najširšie bazídiospóry zo všetkých druhov. *G. resinaceum* a *G. pfeifferi* majú najdlhšie bazídiospóry spomedzi všetkých druhov, ale *G. resinaceum* má veľmi jemnú ornamentiku (resp. veľmi tenké exospórium) a užšie bazídiospóry ako *G. pfeifferi*. *G. resinaceum* má oproti iným druhom predĺžený tvar bazídiospór. *G. carnosum* a *G. lucidum* majú veľmi podobnú štruktúru – bazídiospóry s výraznou ornamentikou, ale bazídiospóry *G. carnosum* sú dlhšie aj širšie.

Kľúčové slová: *Ganoderma*, drevné huby, bazídiospóra

ABSTRACT

Ganoderma species are wood-decay polypores with double-walled basidiospores. Light microscopic analysis of basidiospores (structure, shape, size) was performed from 32 basidiocarps (6 species) obtained by own field research. *Ganoderma applanatum* has the smallest basidiospores with a fine ornamentation – the twin *G. adpersum* has longer, wider and darker basidiospores. *G. pfeifferi* has the widest basidiospores of all *Ganoderma* species. *G. resinaceum* and *G. pfeifferi* have the longest basidiospores of all *Ganoderma* species, but *G. resinaceum* has a very fine ornamentation (or very thin exosporium) and narrower basidiospores than *G. pfeifferi*. *G. resinaceum* has an extended shape of the basidiospores than other *Ganoderma* species. *G. carnosum* and *G. lucidum* have a very similar structure – basidiospores with a strong ornamentation, but basidiospores of *G. carnosum* are longer and wider.

Key words: *Ganoderma*, wood-decay fungi, basidiospore

ÚVOD

Na Slovensku rastie 7 druhov lesklokôroviek *Ganoderma* spp. (KOTLABA 1984, GÁPEROVÁ 2001, GAŠPARCOVÁ a kol. 2017a). Matný povrch klobúka majú *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat. a *G. adpersum* (Schulzer) Donk. Povrch klobúka so živicovitou

vrstvou je typický pre *G. pfeifferi* Bres. a *G. resinaceum* Boud., lesklý povrch bez živcovitej vrstvy pre *G. carnosum* Pat., *G. lucidum* (Curtis) P. Karst. a *G. valesiacum* Boud. (RYVARDEN a MELO 2014). Bazídiospóry sú vajcovité až elipsoidné, echinulátne, s predĺženým alebo trunkátnym vrcholom, s dvojitou stenou (MONCALVO 2000, RYVARDEN a MELO 2014). Ich veľkosť a štruktúra je všeobecne považovaná za významný determinačný znak.

Cieľom tejto štúdie bolo analyzovať štruktúru, tvar a veľkosť bazídiospór šiestich druhov rodu *Ganoderma*.

METODIKA

Terénny výskum za účelom odberu bazídiokarpov lesklokôroviek bol realizovaný v rokoch 2016 až 2018 vo vybraných lokalitách na území Slovenska, severného Maďarska, Moravy a Sliezska (Česká republika). Všetkých 32 bazídiokarpov je uložených v Herbári Katedry biológie a ekológie Fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici a sú evidované v Databáze drevoznehodnocujúcich húb Slovenska – DDHS (GÁPEROVÁ a KRÁTKA 2002). Ich základné charakteristiky sú uvedené v tab. 1. Lokality sme zaradili do mapovacích štvorcov podľa metodiky na vyhľadávanie lokalít v sieti stredoeurópskeho mapovania na Slovensku (Botanický ústav SAV, 2010). Bazídiokarpy sme identifikovali na základe mikro- a makroznakov a následne sekvenovaním Sangerovou dideoxy terminačnou metódou vo firme SEQme s.r.o. (Dobříš, Česká republika). Pri izolácii genómovej DNA a PCR amplifikácii sme postupovali podľa metodiky Gašparcovej a spolupracovníkov (GAŠPARCOVÁ a kol. 2017b).

Na mikroskopické charakteristiky bazídiospór (štruktúra, tvar, veľkosť) sme použili svetelný mikroskop MOTIC (Motic Company, Germany). Ako pozorovacie médium sme použili 5 % KOH s bavlníkovou modrou, merali sme pri zväčšení 1000x s imerzným olejom. Z každého bazídiokarpu sme urobili 30 meraní dĺžky a šírky bazídiospór (3 mikroskopické preparáty a v každom sme merali 10 bazídiospór). Dĺžku a šírku bazídiospór sme merali bez vonkajšej transparentnej vrstvy – exospória. Pri všetkých študovaných bazídiokarpoch sme zistili maximálnu a minimálnu dĺžku a šírku bazídiospór, pre každú plodnicu sme vypočítali ich priemernú dĺžku a šírku, smerodajnú odchýlku a pomer maximálnej dĺžky a šírky. Výsledky sme vyhodnotili v štatistickom programe Statistica 10.

Nomenklatúru húb uvádzame podľa databázy The Index Fungorum (COOPER a KIRK 2018), nomenklatúru drevín podľa Zoznamu nižších a vyšších rastlín Slovenska (MARHOLD a HINDÁK 1998) a databázy The International Plant Names Index database (IPNI, 2015).

Tabuľka 1 Výskyt a ekologické vlastnosti študovaných lesklokôroviek *Ganoderma* spp.

| Kód lesklokôrovky | Výskyt a ekológia lesklokôroviek |
|-------------------|---|
| G13 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Zlaté Moravce, Topoľčianky, vinárske závody, 75/76, 230 m n. m., na báze kmeňa <i>Tilia cordata</i> , máj 2016, leg. Gabriela Juhášová, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| LC013TC | <i>Ganoderma adspersum</i> , Lučenec, cintorín, 76/83, 201 m n. m., spodná časť živého kmeňa až koreňové nábehy <i>Tilia cordata</i> , 21.7.2016, leg. Svetlana Gáperová, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| DT210 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Detva, Ulica Obrancov mieru, 74/82, 48.544628, 19.410722, 385 m n. m., peň neznámej dreviny, 24.10.2016, leg. Martin Šebesta, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| GDS | <i>Ganoderma adspersum</i> , Veľký Krtíš, Dolná Strehová, park I. Madacha, na začiatku parku pri škole, pri chodníku, pod starou hrazdou, 77/82, 234 m n. m., koreňové nábehy živého presýchajúceho stromu <i>Fraxinus excelsior</i> , 5.7.2017, leg. Svetlana Gáperová, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| ZV17 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Zvolen, Zvolenská Slatina, záhrada pri rodinnom dome, 74/81, 48.563343, 19.261376, 343 m n. m., peň ovocnej dreviny, máj 2017, leg. Terézia Beck, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| LV2 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Levice, Park v Leviciach (pri Kauflande), 77/77, 160 m n. m., na báze živého kmeňa <i>Aesculus hippocastanum</i> , 14.6.2018, leg. et det. Terézia Beck et Martin Šebesta, rev. Ján Gáper |
| MŠ143 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Lučenec, mestský park, 76/83, 48.328116, 19.651086, 195 m n. m., na živom kmeni <i>Acer</i> sp., 3.7.2018, leg. Martin Šebesta, det. Martin Šebesta et Terézia Beck, rev. Ján Gáper |
| LV1 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Levice, Park v Leviciach (pri Kauflande), 77/77, 160 m n. m., na báze živého kmeňa <i>Aesculus hippocastanum</i> , 14.6.2018, leg. et det. Terézia Beck et Martin Šebesta, rev. Ján Gáper |
| MŠ137 | <i>Ganoderma adspersum</i> , Lučenec, mestský park, 76/83, 48.321944, 19.652988, 194 m n. m., na živom kmeni <i>Quercus petraea</i> , 3.7.2018, leg. Martin Šebesta, det. Martin Šebesta et Terézia Beck, rev. Ján Gáper |
| G177 | <i>Ganoderma carnosum</i> , Detva, Obrancov mieru, pri paneláku, 74/82, 48.544265, 19.410137, 385 m n. m, peň neznámej dreviny, 16.8.2016, leg. Martin Šebesta, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| GVZV | <i>Ganoderma carnosum</i> , Zvolen, Kováčová, chatová oblasť, 73/80, cca 350 m n. m., peň <i>Larix decidua</i> , 17.8.2016, leg. et det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová |
| GC011ND | <i>Ganoderma carnosum</i> , Čadca, Makov, Javorníky, Podjavorník, Grúnik, pri chodníku z Grúnika na "U Macháčov", 66/76, peň ihličnanu, 2.9.2017, leg. Viktor Kučera ml., det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| GCAND | <i>Ganoderma carnosum</i> , Opava, Nový Dvůr, Arboretum, peň ihličnanu, 60/72, cca 340 m n. m., 13.9.2017, leg. et det. Svetlana Gáperová et Ján Gáper |
| JTGA | <i>Ganoderma applanatum</i> , Rimavská Sobota, Kučelach, lesný porast, 72/85, 48.754554, 19.882843, 1112 m n. m, odumierajúci kmeň <i>Fagus sylvatica</i> , 25.3.2017, leg. Jerguš Tesák, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| BBURP1 | <i>Ganoderma applanatum</i> , Banská Bystrica, gaštanová alej, Urpín, kalvária, 72/80, 48.729336, 19.149725, 412 m n. m, peň <i>Aesculus hippocastanum</i> , 9.4.2017, leg. et det. Terézia Beck, rev. Ján Gáper |
| MŠ15 | <i>Ganoderma applanatum</i> , Šomoška, pri lesnej ceste, 78/85, 48.171661, 19.859531, 435 m n. m., na živom kmeni <i>Fagus sylvatica</i> , 1.9.2017, leg. M. Šebesta, det. J. Gáper |
| BBURP5 | <i>Ganoderma applanatum</i> , Banská Bystrica, kalvária, 72/80, 48.729600, 19.149351, 410 m n. m., peň neznámej dreviny, 5.10.2017, leg. et det. Terézia Beck, rev. Ján Gáper |
| FS8G | <i>Ganoderma applanatum</i> , Brezno, Valaská, Obrubovanec, cca 7 km od Lomu nad Rimavicou, Katastrálne územie Valaská, 73/83, cca 1016 m n. m, peň <i>Fagus sylvatica</i> , 1.9.2018, leg. et det. Svetlana Gáperová et Ján Gáper |
| GVF | <i>Ganoderma applanatum</i> , Banská Bystrica, Turecká, Japeň, Katastrálne územie Turecká, 71/80, <i>Fagus sylvatica</i> , cca 838 m n. m, 23.4.2018, leg. Valerián Franc, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| GNRT | <i>Ganoderma applanatum</i> , Stará Ľubovňa, Nižné Ružbachy, pri ceste pod cintorínom, 67/89, cca 656 m n. m, peň <i>Tilia cordata</i> , 15.8.2018, leg. et det. Svetlana Gáperová et Ján Gáper |
| G013 | <i>Ganoderma applanatum</i> , Košice, Stredisko Jahodná, 72/92, cca 600 m n. m., peň neznámej dreviny, 30.4.2016, leg. Natália Karičková, det. Terézia Beck et Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| GL | <i>Ganoderma lucidum</i> , Michalovce, Biela Hora, les pri obci, 72/97, 48.775133, 21.934567, 159 m n. m, peň <i>Quercus</i> sp., 11.9.2016, leg. et det. Peter Pristaš, rev. Ján Gáper |
| GLP | <i>Ganoderma lucidum</i> , Michalovce, Biela hora, 72/97, 48.769188, 21.931371, 125 m n. m, peň neznámej dreviny, 7.10.2017, leg. et det. Peter Pristaš, rev. Ján Gáper |
| K84 | <i>Ganoderma lucidum</i> , Uherské Hradišče, Nedachlebice, 1,5 km SV od obce Prakšice, zároveň 1,5 km SZ od obce Pašovice, 49.08056, 17.62575, 344 m n. m., peň <i>Quercus</i> sp., 30. 8. 2018, leg. et det. Kateřina Náplavová |
| K87 | <i>Ganoderma lucidum</i> , Hodonín, Kněždub, na turistickej trase z Radějova do Malé Vrbky, 48.87008, 17.41222, 372 m n. m., peň neznámej dreviny, 12. 9. 2018, leg. et det. Kateřina Náplavová |
| MŠ10 | <i>Ganoderma pfeifferi</i> , Šalgotarjan, hrad Šalgotarjan, pri lesnej ceste, 48.144014, 19.850647, 539 m n. m, mŕtvy kmeň <i>Quercus robur</i> , 1.9.2017, leg. et det. Martin Šebesta |
| PMŠ13 | <i>Ganoderma pfeifferi</i> , Banská Bystrica, Hrochoť, Poľana, Bútľavka, prales, 73/82, 48.663130, 19.405130, 1006 m n. m., na koreňových nábehoch živého <i>Fagus sylvatica</i> , 13.7.2018, leg. et det. Martin Šebesta |

| | |
|--------------|--|
| LeG1 | <i>Ganoderma pfeifferi</i> , Lednice, park pred zámkom, cca 172 m n. m, báza živého <i>Fagus sylvatica</i> , 12.9.2018, leg. et det. Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |
| MŠ8 | <i>Ganoderma resinaceum</i> , Bratislava, Slávičie údolie, 78/68, 48.157439, 17.067742, 181 m n. m, koreňový nábeh živá <i>Gleditsia triacanthos</i> , 24.8.2017, leg. et det. Martin Šebesta |
| MŠ131 | <i>Ganoderma resinaceum</i> , Lučenec, cintorín, 76/83, 48.322577, 19.662513, 199 m n. m, na živom kmeni <i>Fraxinus excelsior</i> , 3.7.2018, leg. et det. Martin Šebesta |
| MŠ133 | <i>Ganoderma resinaceum</i> , Lučenec, cintorín, 76/83, 48.322577, 19.662513, 199 m n. m, na živom kmeni <i>Fraxinus excelsior</i> , 3.7.2018, leg. et det. Martin Šebesta |
| GSP | <i>Ganoderma resinaceum</i> , Banská Štiavnica, pri Počúvadielskom jazere, od Počúvadla smerom k hotelu Topky, pri cestičke a jazere, 75/79, cca 687 m n. m, na živom <i>Quercus robur</i> , 22.7.2017, leg. et det. Svetlana Gáperová, rev. Ján Gáper |

VÝSLEDKY

Analýzou bazídiospór lesklokôroviek sme zistili, že bazídiospóry všetkých pozorovaných druhov lesklokôroviek majú dvojitú stenu (transparentné exospórium s ornamentikou, hnedasto zafarbené euspórium), sú bradavičnaté, trunkátne alebo predĺžené s „vesicular appendix“ na distálnom konci spóry.

Bazídiospóry *Ganoderma applanatum* sú 6-10,8 x 4,5-7,2 µm veľké (obr. 1A). Pomer dĺžky k šírke je 1,5 µm (priemerná hodnota), majú vajcovito-elipsoidný tvar, sú nezreteľne bradavičnaté, jemne ornamentované (obr. 2A).

Bazídiospóry *G. adpersum* sú 7,2-12 x (4,8) 6-9,5 µm veľké (obr. 1B). Pomer dĺžky k šírke je 1,47 µm, sú vajcovito-elipsoidné (obr. 2B).

Bazídiospóry *G. resinaceum* sú 9,6-14,4 x 6-9,6 µm veľké (obr. 1C). Pomer dĺžky k šírke je 1,6 µm, zo všetkých skúmaných druhov sú najužšie a najdlhšie, elipsovité, veľmi jemne ornamentované (obr. 2C).

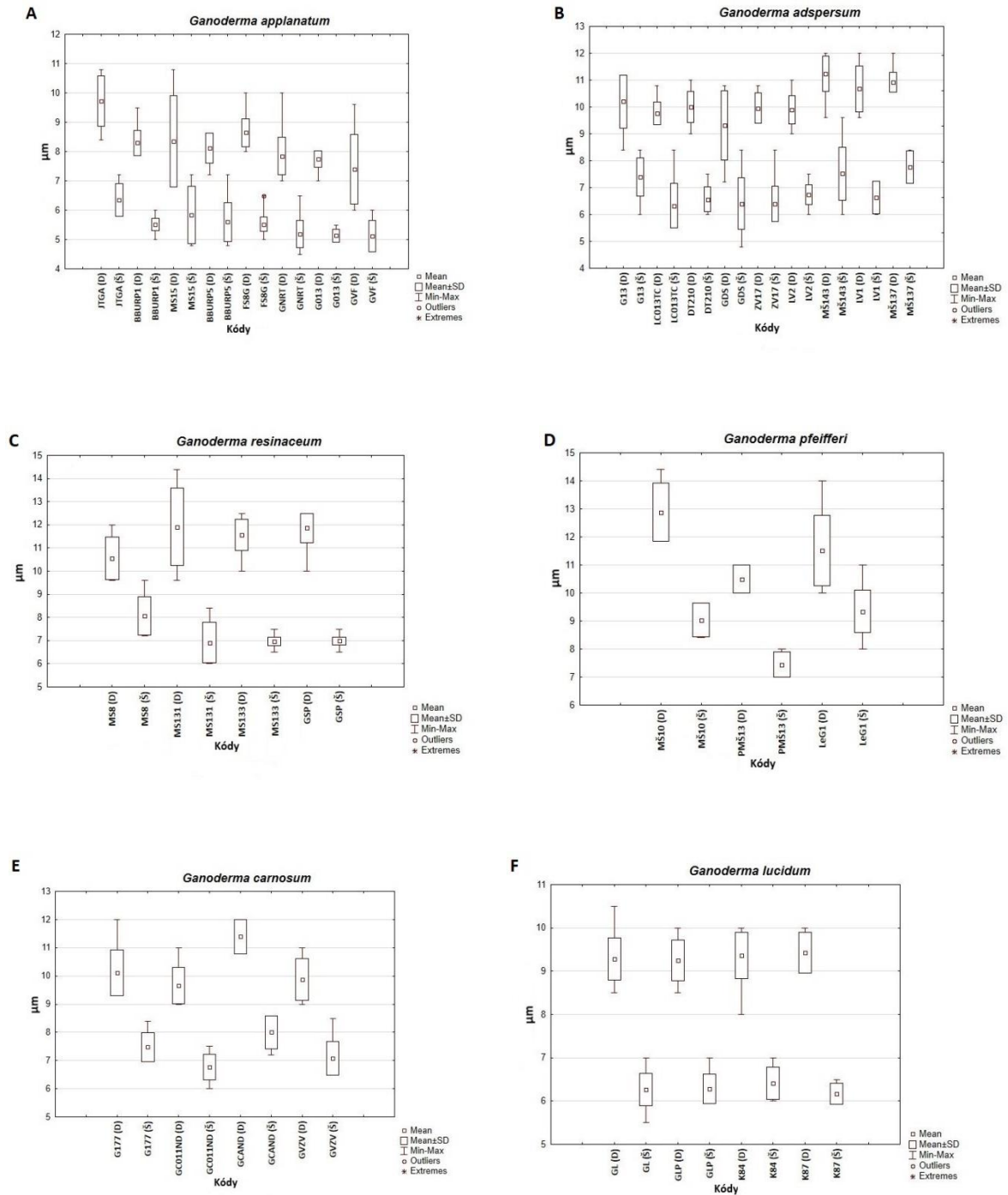
Bazídiospóry *G. pfeifferi* sú 10-14 x 8-10 µm veľké (obr. 1D). Pomer dĺžky k šírke je 1,39 µm, sú vajcovité, najširšie spomedzi všetkých druhov (obr. 2D).

Bazídiospóry *G. carnosum* sú 9-12 x 6-8,5 µm veľké (obr. 1E). Pomer dĺžky k šírke je 1,37 µm, sú vajcovité, výrazne ornamentované (obr. 2E).

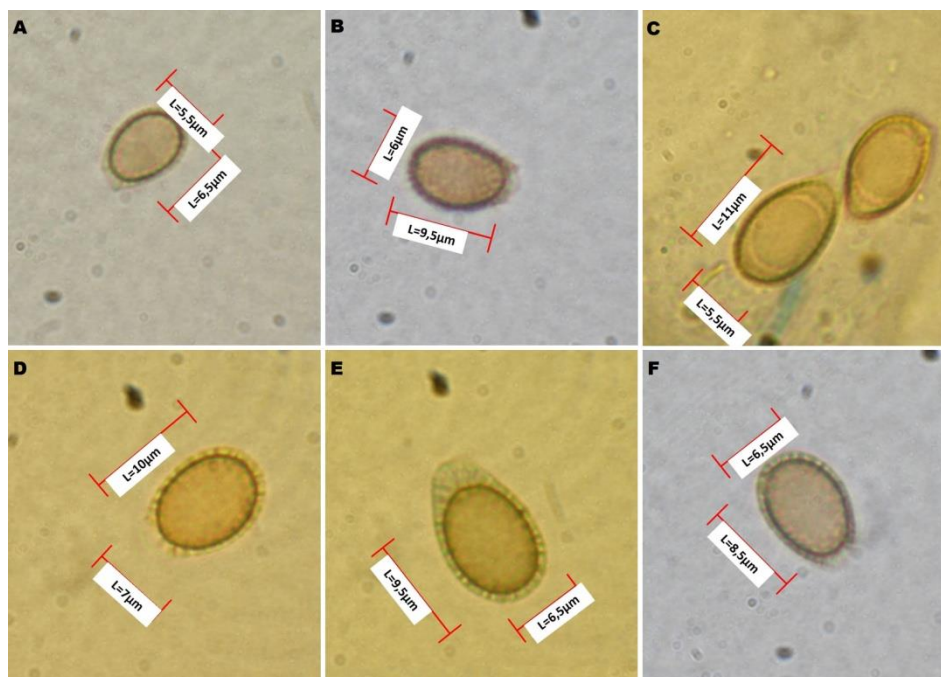
Bazídiospóry *G. lucidum* sú 8-10,5 x 5,5-7 µm veľké (obr. 1F). Pomer dĺžky k šírke je 1,48 µm, sú vajcovito-elipsovité, výrazne ornamentované (obr. 2F).

DISKUSIA

Porovnanie veľkostí bazídiospór jednotlivých druhov s literárnymi údajmi je uvedené v tab. 2. Autori týchto literárnych zdrojov neuvádzajú presnú metodiku merania bazídiospór (t. j. meranie vrátane/bez transparentnej vonkajšej vrstvy, resp. aj s/bez „vesicular appendix“ na distálnom konci spóry) ani obdobie odberu bazídiokarpov. Len NIEMELÄ a MIETTINEN (2008) uvádzajú, že namerané hodnoty sú bez vonkajšej vrstvy bazídiospór.



Obrázok 1 Štatistické vyhodnotenie veľkosti bazidiospór jednotlivých druhov lesklokôroviek
 A – *Ganoderma applanatum*, B – *Ganoderma adpersum*, C – *Ganoderma resinaceum*, D – *Ganoderma pfeifferi*, E – *Ganoderma carnosum*, F – *Ganoderma lucidum*



Obrázok 2 Bazídiospóry jednotlivých druhov *Ganoderma* spp.
 A – *Ganoderma applanatum*, B – *Ganoderma adpersum*, C – *Ganoderma resinaceum*,
 D – *Ganoderma pfeifferi*, E – *Ganoderma carnosum*, F – *Ganoderma lucidum*

Tabuľka 2 Porovnanie veľkosti bazídiospór jednotlivých druhov *Ganoderma* spp.

| Druh lesklokôrovky/ Autori | Sokól (2000) | Breitenbach a Kränzlin (1986) | Bernicchia (2005) | Ryvarden a Melo (2014) | Niemelä a Miettinen (2008) | Beck a kol. (2018) |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|--|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | veľkosť bazídiospór v µm (dĺžka x šírka) | | | | | |
| <i>Ganoderma applanatum</i> | (6,8) 7,4-9,4 (9,6) x (4,6) 5,0-6,2 (6,4) | 7,0-8,0 (9,0) x 4,5-6,0 | 7,0-8,0 x 4,5-6,0 | 6,0-8,5 x 4,5-6,0 | 5,9-8,0 x 4,5-6,0 | 6,0 -10,8 x 4,5-7,2 |
| <i>Ganoderma adpersum</i> | (8,8) 9,0-11,9 (12,3) x (5,5) 5,7-7,8(8,2) | 8,5-11,5 (12,0) x 6,5-8,0 | (8,0) 9,0- 11,0 x 5,5- 7,0 (8,0) | 8,5-10,0 (12,0) x 5,0-7,5 | 7,2-10,3 x 5,2-7,8 | 7,2-12,0 x (4,8) 6,0-9,5 |
| <i>Ganoderma carnosum</i> | (9,9) 10,1-12,5 (13,0) x (5,9) 6,6-7,9 (8,1) | 11,0-13,5 x 7,5-8,5 | 10,0-13,0 x 7,0-8,0 | 10,0-13,0 x 7,0-8,0 (8,5) | | 9,0-12,0 x 6,0-8,5 |
| <i>Ganoderma pfeifferi</i> | (9,9) 10,1-12,1 (13,2) x (7,7) 7,9-8,6 (8,8) | | 8,5-11,5 x 6,5-9,0 | 9,0-12,0 x 6,0-9,0 | | 10,0-14,0 x 8,0-10,0 |
| <i>Ganoderma lucidum</i> | (9,3) 9,9-11,9 (12,1) x (5,5) 6,2-7,7 (7,9) | | 8,0-11,0 x 6,0-8,5 | 7,0-11,0 x 6,0-8,0 | | 8,0-10,5 x 5,5-7,0 |
| <i>Ganoderma resinaceum</i> | (9,7) 9,9-12,5 (13,2) x (5,7) 6,2-7,9 (8,1) | 10,0-12,0 (13,0) x 7,0-9,0 | 9,0-11,5 x 5,0-7,5 | 9,0-11,5 x 4,5-7,0 | | 9,6-14,4 x 6,0-9,6 |

Druhy *Ganoderma adpersum* a *G. applanatum* sú považované za morfológické dvojníky, ktoré sa dajú s určitosťou rozlíšiť len na základe veľkosti bazídiospór, hlavne ich dĺžky, *G. adpersum* má dlhšie bazídiospóry (PRISTAŠ a GÁPEROVÁ 2001) To môžeme potvrdiť aj na základe našich výsledkov. Na rozdiel od iných autorov (tab. 2) sme zistili, že maximálna dĺžka bazídiospór *G. applanatum* je až 10,8 µm a šírka až 7,2 µm, a maximálna šírka *G. adpersum* až 9,5 µm. Aj druhy *G. carnosum* a *G. lucidum* sú veľmi podobné, ale *G. carnosum* má tmavší povrch klobúka, väčšie bazídiospóry a preferuje ihličnany (SOKÓL 2000, RYVARDEN a MELO 2014). My sme zistili, že bazídiospóry druhu *G. carnosum* sú širšie aj dlhšie ako u *G. lucidum*. Väčšie rozdiely medzi našimi meraniami a meraniami iných autorov sme zaznamenali pri druhoch *G. resinaceum* a *G. pfeifferi* – maximálnu dĺžku bazídiospór sme pri oboch zistili až 14 µm. Podobné výsledky uvádza len SOKÓL (2000).

ZÁVER

Pozorovaním a meraním veľkosti bazídiospór jednotlivých druhov lesklokôroviek sme zistili že:

- *Ganoderma applanatum* má najmenšie bazídiospóry spomedzi všetkých druhov s jemnou ornamentikou – dvojník *G. adpersum* má dlhšie, širšie a tmavšie bazídiospóry
- *G. pfeifferi* má najširšie bazídiospóry zo všetkých druhov (znak na rozlíšenie hlavne s *G. adpersum*)
- *G. resinaceum* a *G. pfeifferi* majú najdlhšie bazídiospóry spomedzi všetkých druhov, ale *G. resinaceum* má veľmi jemnú ornamentiku (resp. veľmi tenké exospórium) a užšie bazídiospóry ako *G. pfeifferi*
- *G. resinaceum* má oproti iným druhom predĺžený tvar bazídiospór
- *G. carnosum* a *G. lucidum* majú veľmi podobnú štruktúru - bazídiospóry s výraznou ornamentikou, ale bazídiospóry *G. carnosum* sú dlhšie aj širšie.

LITERATÚRA

- BERNICCHIA, A. (2005). *Polyporaceae s.l.* Alassio : Edizioni Candusso, 808 s.
- BOTANICKÝ ÚSTAV SAV (2017). Nástroj na vyhľadávanie lokalít v sieti stredo európskeho mapovania na Slovensku, [online]. <http://ibot.sav.sk/dfs/stvorce/>
- BREITENBACH, J., KRÄNZLIN, F. (1986). *Fungi of Switzerland*, 2nd edn. Mykologia Verlag, Lucerne, 411s.
- COOPER, J., KIRK, P. (2017). CABI Bioscience Database, Landscape Research, Index Fungorum Database, [online]. <http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp>
- GÁPEROVÁ, S. (2001). Synantropné druhy v rode *Ganoderma*. In: *Acta Facultatis Ecologiae*, 8: 93–98.

- GÁPEROVÁ, S., KRÁTKA, E. (2002). História a ďalšie perspektívy databanky trúdnikov na Slovensku. In: Spravodajca Slovenskej Mykologickej Spoločnosti, 27: 15.
- GAŠPARCOVÁ, T., GÁPER, J., GÁPEROVÁ, S. (2017a). Väzba lesklokôroviek na druhy drevín na Slovensku. In: SITKOVÁ Z., PAVLENDÁ, P. (eds.), Dlhodobý ekologický výskum a monitoring lesov. Súčasné poznatky a výzvy do budúcnosti. Zborník recenzovaných príspevkov z konferencie 7. – 8. November 2017. Zvolen : Národné lesnícke centrum, s. 49–53.
- GAŠPARCOVÁ, T., GÁPER, J., PRISTAŠ, P., KVASNOVÁ, S., GÁPEROVÁ, S. (2017b). Porovnanie ITS-PCR-RFLP a MALDI-TOF MS metód pri identifikácii drevoznehodnocujúcich húb z rodu *Ganoderma*. Chemické listy, 111: 388–391.
- KOTLABA, F. (1984). Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů (*Polyporales* s. l.) v Československu. Praha : Academia, 240 s.
- MARHOLD, K., HINDÁK, F. (1998). Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Bratislava : VEDA, 688 s.
- MONCALVO, J.M. (2000). Systematics of *Ganoderma*. In: FLOOD, J., BRIDGE, P.D., HOLDERNESS, M. (eds), *Ganoderma Diseases of Perennial Crops*. Wallingford : CAB International, s. 23-45.
- NIEMELÄ, T, MIETTINEN, O. (2008). The identity of *Ganoderma applanatum* (Basidiomycota). *Taxon*, 57: 963 – 966.
- PRISTAŠ, P., GÁPEROVÁ, S. (2001). K možnostiam využitia metódy PCR v mykológii. In: ČIKOŠ, Š., KOPPEL, J., KANTÍKOVÁ, M. (eds.), *Polymerázová reťazová reakcia a jej použitie v biologickom výskume a diagnostike*. Košice : Ústav fyziológie hospodárskych zvierat SAV, s. 158–163.
- RYVARDEN, L., MELO, I. (2014). *Poroid fungi of Europe*. Oslo : Fungiflora, 2014, 455 s.
- SOKÓL, S. (2000). *Ganodermataceae Polski. Taksonomia, ekologia i rozmieszczenie*. Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 134 s.
- IPNI – THE INTERNATIONAL PLANT NAMES INDEX (2018). [online]. <http://www.ipni.org>

Pod'akovanie

Táto práca vznikla s podporou vedeckých projektov VEGA č. 1/0286/17 a KEGA č. 025UMB-4/2017.

Adresa autorov

RNDr. Terézia Beck, doc. RNDr. Svetlana Gáperová, PhD.

Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Katedra biológie a ekológie, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, e-mail: terezia.gasparcova@umb.sk, svetlana.gaperova@umb.sk

prof. RNDr. Ján Gáper, CSc., Mgr. Martin Šebesta, Ing. Zuzana Perháčová, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra biológie a všeobecnej ekológie, T. G. Masaryka 24, 960 63 Zvolen, e-mail: jan.gaper@tuzvo.sk; xsebestam@is.tuzvo.sk; perhacova@tuzvo.sk

prof. RNDr. Ján Gáper, CSc., Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie a ekologie, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, Česká republika, e-mail: jan.gaper@osu.cz

doc. RNDr. Peter Pristaš, CSc., Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Přírodovědecká fakulta, Ústav biologických a ekologických vied, Šrobárova 2, 041 54 Košice, e-mail: peter.pristas@upjs.sk



HUBA *Paecilomyces hepiali* Chen. – JEJ VÝZNAM, PESTOVANIE A VLASTNOSTI V RÔZNYCH RASTOVÝCH PODMIENKACH

FUNGUS *Paecilomyces hepiali* Chen. - ITS IMPORTANCE, CULTIVATION AND PROPERTIES IN DIFFERENT GROWING CONDITIONS

MARTIN PAVLÍK – JARMILA HARVANOVÁ – LUCIA UNGVARSKÁ MAEUČKÁ
– ANNA UHRÍNOVÁ – MARTIN RAJTAR – MARTIN PAVLÍK ML.

ABSTRAKT

Vlastnosti huby žezlovka čínska *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) G.H. Sung a kol. sú už viac ako 500 rokov využívané na liečenie mnohých ľudských chorôb a celkové zvyšovanie sily a vitality ľudského organizmu. Jeden zo skúmaných produkčných kmeňov nazvaný Cs-4 bol považovaný za prírodný kmeň huby rodu *Ophiocordyceps* a jeho liečivé vlastnosti boli vysoko cenené. V roku 1982 bol však identifikovaný ako samostatný druh *Paecilomyces hepiali* Chen. Vlastnosti tejto huby sú využívané na celom svete, vrátane Slovenska, a sú aj predmetom nášho spoločného výskumu. Cieľom výskumu je porovnávanie vlastností druhu *Paecilomyces hepiali* s druhmi *Ophiocordyceps sinensis* a *Cordyceps militaris* pestovaných metódou pevnej fermentácie na rôznych substrátoch.

Kľúčové slová: pevná fermentácia, antioxidačná aktivita, liečivé huby

ABSTRACT

The healing properties of the Chinese caterpillar fungus *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) G.H. Sung a kol. are known for more than 500 years, healing properties of the fungus have been used to treat numerous diseases as well as to boost the strength and vitality of the human body. One studied strain was named Cs-4 and its healing properties were highly valued. It was believed to be the same species as wild-type *Ophiocordyceps* until 1982 when researchers discovered that Cs-4 in fact belonged to a different genus and species: *Paecilomyces hepiali* Chen. The properties of this fungus are used throughout the world, including Slovakia, and are also the subject of our joint research. The aim of our research is to compare the properties of the species *Paecilomyces hepiali*, *Ophiocordyceps sinensis* and *Cordyceps militaris* cultivated by solid fermentation on various substrates.

Keywords: solid-state fermentation, antioxidant activity, medicinal mushrooms

ÚVOD

Výskum zameraný na pestovanie a testovanie vlastností huby *Paecilomyces hepiali* Chen sa realizuje spoločne na dvoch univerzitných pracoviskách – Katedre integrovanej ochrany lesa a krajiny Technickej univerzity vo Zvolene a Ústave farmaceutickej chémie Univerzity veterinárskej medicíny a farmácie v Košiciach. Veľmi dôležitou súčasťou výskumu je aj špecializované mykologické laboratórium firmy Mykoforest vo Večičiach. Vzhľadom na spôsob života tejto huby, doterajšie poznatky o možnostiach jej pestovania

a reálne možnosti pre výskum na našich pracoviskách, na jej pestovanie využívame metódu pevnej fermentácie. Kombinácie zloženia substrátu a rastových podmienok sa prispôbujú nielen maximálnej produkcii huby, ale aj požadovaným kvalitatívnym parametrom výsledného produktu – teda obsahu vybraných biologicky aktívnych látok v celej myceliálnej biomase. Okrem druhu *Paecilomyces hepiali* sa z dôvodu možnosti porovnávania obsahu biologicky aktívnych látok realizuje aj výskum druhov *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) (SUNG a kol. 2007) a *Cordyceps militaris* (Fr.) Link.

Hlavným cieľom spoločného projektu je ovplyvniť množstvo biologicky aktívnych látok v pestovaných hubách na základe ovplyvnenia zloženia a vlastností substrátu a vysvetliť príčiny týchto zmien. Výskum je zameraný na identifikáciu chemických zlúčenín prítomných v myceliálnej biomase, resp. v plodniciach, ako aj zhodnotenie ich množstva.

PROBLEMATIKA PRÁCE

Pomenovanie *Cordyceps* zahŕňa skupinu vreckatých húb, ktoré sa vyformovali ako endoparazity najmä na článkonožcoch, a tiež ako symbionty vreckatých húb rodu *Elaphomyces* (BHANDARI a kol. 2010). Termín „kordyceps“ (- malými písmenami a bez kurzívy; -虫草 v čínštine, **cordyceps** v angličtine) sa používa, keď hovoríme o komplexe huby zo skupiny *Cordyceps* a hostiteľského organizmu. Termín „huba kordyceps“ (- 虫草菌 v čínštine, **cordyceps fungus** v angličtine) sa používa vtedy, keď hovoríme o hube, ktorá vytvára kordyceps. Pomenovanie „čínsky kordyceps“ (- 冬虫夏草 alebo 中国虫草 v čínštine, **Chinese cordyceps** v angličtine) sa používa, keď hovoríme o komplexe druhu *Ophiocordyceps sinensis* a húsenice motýľa *Hepialis armoricanus*. Pomenovanie „čínska huba kordyceps“ alebo „čínska húseničia huba“ (- 冬虫夏草菌 v čínštine, **Chinese cordyceps fungus** alebo **Chinese caterpillar fungus** v angličtine) sa používa ako bežné pomenovanie huby (ZHANG a kol. 2012).

Huby kordyceps (t.j. *Cordyceps* sensu lato) patria do štyroch rodov: *Cordyceps* sensu stricto, *Ophiocordyceps*, *Metacordyceps*, *Elaphocordyceps* (SUNG a kol. 2007).

Druhy rodu *Cordyceps* (Fr.) Link, resp. *Ophiocordyceps* Petch (1931) západná civilizácia bližšie spoznáva len posledných približne 30 rokov, počas ktorých objavuje stále viac vedeckých dôkazov o možnostiach ich využitia v medicíne, ktoré sú v rámci tradičnej čínskej medicíny využívané už po stáročia (HOLLIDAY a kol. 2005).

Intenzívny výskum zameraný na umelé pestovanie žezloviiek prebieha takmer 50 rokov. V roku 1972 bol zaznamenaný prvý úspech s pestovaním žezlovky, no až kmeň Cs-4, vyznačujúci sa rýchlym a dostatočne agresívnym rastom, sa stal základom komerčného

pestovania tejto huby. Až do roku 1982 bol kmeň Cs-4 považovaný za rovnaký, ako je pôvodný, prírodný *Cordyceps sinensis*. V roku 1982 bol však identifikovaný ako samostatný druh *Paecilomyces hepiali* Chen (Trichocomaceae, Eurotiales, Ascomycetes). Na základe množstva klinických testov liečivých vlastností tohto kmeňa v roku 1988 bol v Číne schválený ako liek s názvom Jin Shui Bao, keď bola preukázaná jeho účinnosť aj bezpečnosť (HOLLIDAY a CLEAVER 2008; HOLLIDAY a kol. 2004). Druh *P. hepiali* má viac esenciálnych aminokyselín, ako druh *Ophiocordyceps sinensis* (- pôvodne *Cordyceps sinensis*) – až 7 (leucín, lyzín, metionín, fenylalanín, tryptofán, tyrozín a valín). Taktiež v ňom analyzovali viac výživných prvkov (K, Mg, Zn, Cu, Mn a Se) (UNGVARSKÁ MALUČKÁ a kol. 2016), viac proteínov, tukov, popolovín, uhľohydrátov, ergosterolu, manitolu a rovnaké množstvo vitamínov B₁, B₂, B₆ a E ako v druhu *O. sinensis* (CHIOZA a OHGA 2014).

Teplovodný extrakt *P. hepiali* má viacero dôležitých farmakologických účinkov, napr. inhibícia agregácie krvných doštičiek, inhibícia expresie interleukínu, antimutagénne účinky, inhibícia produkcie melanínu a podpora tvorby kože (CHIOZA a OHGA 2014). Myceliálny prášok huby *P. hepiali* v Číne využívajú ako súčasť potravy. Polysacharidy, adenosín a kordycepín sú hlavnými funkčnými zložkami prášku s výrazne pozitívnymi zdravotnými účinkami (YU a kol. 2011). Podrobné výskumy dokázali, že *P. hepiali* inhibuje proliferáciu, rozrastanie tumorov, tvorbu metastáz a neovaskularizáciu; indukuje apoptózu; zabraňuje vzniku rezistencie voči liekom; posilňuje imunitu a chráni pečeň (THAKUR a kol. 2011).

Pestovanie huby *P. hepiali* v rámci nášho výskumu prebieha metódou pevnej fermentácie, za presne stanovených podmienok, bez prítomnosti voľnej vody. Použitie substrátu pevnej konzistencie je bližšie prirodzeným podmienkam, v ktorých huba existuje a eliminujú sa straty extracelulárnych metabolitov, ktoré takto zostávajú vo výslednom substráte.

METODIKA

Na systematický výskum sa budú používať produkčné kmene húb od osvedčeného dodávateľa – firmy zaoberajúcej sa dlhodobo herbarizáciou izolátov aj produkciou inokulovaného substrátu mnohých druhov húb zo Slovenska (Mykoforest), ako aj od spolupracujúcej organizácie zo zahraničia (SAAS, Čína). Kultivácia húb (**1. etapa**) sa realizuje metódou pevnej fermentácie, pričom kombinácie zloženia substrátu a rastových podmienok sa prispôbujú nielen maximálnej produkcii huby, ale aj požadovaným kvalitatívnym parametrom výsledného produktu – teda obsahu vybraných biologicky aktívnych látok v celej myceliálnej biomase. Testovanie vhodnosti kombinácie *huba* –

substrát – prostredie je dlhodobou záležitosťou a bude sa vykonávať priebežne počas celého obdobia riešenia projektu. **2. etapa** je zameraná na prípravu a spracovanie vzoriek pre analýzu. Táto etapa umožňuje využiť kvapalinové extrakcie (LE) do rozmanitých rozpúšťadiel (organické, anorganické) za zmenených teplôt s cieľom zistiť, ako sú rôzne chemické zlúčeniny prítomné v hube, resp. myceliálnej biomase, rozpustné a ako by sa využitím LE dali odseparovať polysacharidy od nukleozidov, resp. od iných chemických zlúčenín prítomných v surovej zmesi. V **3. etape** sa zrealizuje základná identifikácia kvantity a kvality chemických zlúčenín v jednotlivých extrakčných vzorkách. V tejto etape budú využité štandardné chromatografické separácie ako plynová (GC), kvapalinová (LC) a vysoko účinná kvapalinová chromatografia (HPLC), spektroskopické metódy ako napr.: viditeľná a ultrafialová (UV/VIS), infračervená (FTIR), hmotnostná a predovšetkým nukleárna magnetická spektroskopia (NMR). Taktiež plánujeme využitie kryštalografickej analýzy (X-ray) a chemickej korelácie (metylácia, hydrolýza, Smithova degradácia a.i.). Z hľadiska splnenia cieľov sú všetky tieto metódy postačujúce na stanovenie štruktúry a množstva študovaných látok v hube. V **4. etape** budú použité rovnaké spektrálne metódy na stanovenie kvantity sledovaných látok v závislosti od zmeny substrátu pri kultivácii. Budú navrhnuté a vysvetlené vzťahy medzi kultivačnými podmienkami a množstvom biologicky aktívnych látok získaných z húb na základe štatistických metód hodnotenia. V poslednej **5. etape** budú jednotlivé chemické zlúčeniny ako aj ich zmesi testované na vybraných tumorových líniách za účelom zistenia čo najvýraznejšej cytotoxicity. Zo získaných výsledkov budú vyvedené závery týkajúce sa vzťahov medzi štruktúrou a biologickou účinnosťou (SAR, QSAR). V tejto etape sa využijú metódy na sledovanie a akumuláciu látok v bunkách pomocou fluorescenčného mikroskopu, a na analýzu buniek sa využije prietokový cytometer.

VÝSLEDKY

Využívaný produkčný kmeň huby *Paecilomyces hepiali*, známy aj ako Cs-4, bol poskytnutý firmou Aloha Medicinals Inc. (Carson City, Nevada) a uchovávaný je na sladovom kvasnicovom agare (MYA), zemiakovo dextrózovom agare (PDA) a sladovo peptónovom hmyzovom agare pri 4°C firmou Mykoforest Velčice (Slovensko) pod katalógovým číslom MFTCCB022/022013. Kultúry boli kultivované na Petriho miskách obsahujúcich MYA médium pri 22°C v tme počas 14 dní. Na vlastné prerastanie sa ako substrát používajú rôzne poľnohospodárske plodiny: kukurica (*Zea mays*), rôzne druhy ryže (*Oryza sativa* var. *Japonica*, *O. sativa* var. *Indica*, *O. glaberrima*), proso (*Panicum miliaceum*), hrach (*Pisum sativum*), cícer (*Cicer arietinum*) a pod. V konečnej fáze substráty prerastajú pri 22°C 30 dní

pri striedaní cyklu 12 hodín tma a 12 hodín svetlo. Substráty sa sušia pri 40°C a následne sa rozomelú na prášok.

Chemikálie sa používajú v komerčne dostupnom stave bez ďalšieho čistenia (Sigma-Aldrich, MikroChem). Na meranie UV/VIS spektier sa použil metanol v komerčne dostupnom stave (99.9 %). Na prípravu extraktov sa využila rotačná vákuová odparka VWR IKA – RV 10 control. UV/VIS spektrá sa merali na spektrofotometri Libra S12 v 1 cm kyvetách pri laboratórnej teplote. Na meranie IČ spektier sa použil spektrofotometer Thermo Scientific, NICOLET 6700 FT-IR a spektrá sa merali ATR metódou na nastavci Smart orbit.

Pri vyhodnocovaní vplyvu substrátu na antioxidačnú aktivitu alkoholových extraktov získaných z *Paecilomyces hepiali* (UNGVARSKÁ MAEUČKÁ a kol. 2018) sme testovali sedem vzoriek 4 druhov plodín (Tabuľka 1).

Tabuľka 1 Výťažnosť vzoriek No.1–7 po extrakcii do metanolu a etanolu

| Kultivácia | Extrakt číslo | Výťažnosť (%) | |
|---|---------------|---------------|-------------|
| | | MeOH | EtOH |
| 100 g kukurica (+ 5 g CaCO ₃) | No.1 | 7.1 | 5.2 |
| 100 g ryža (+ 5 g CaCO ₃) | No.2 | 2.2 | 1.7 |
| 100 g ryža (živný roztok 100 g + 5g CaCO ₃) | No.3 | 8.0 | 5.5 |
| 100 g ryža (12 g neodtučená sojova moka + 5 g CaCO ₃) | No.4 | 4.8 | 2.3 |
| 100 g proso (+ 5 g CaCO ₃) | No.5 | 8.3 | 4.0 |
| 100 g proso (nižšia vlhkosť + 5 g CaCO ₃) | No.6 | 7.6 | 10.0 |
| 100 g hrach (+ 5 g CaCO ₃) | No.7 | 9.1 | 5.2 |

Extrakcie vzoriek No.1–No.7 sa uskutočnili do dvoch rozpúšťadiel (metanol – 99.0 %, etanol – 96.0 %). 10 g vzorky No.1 až No.7 sa v 250 ml varnej banke zmiešalo so 150 ml metanolu, resp. etanolu. Takto pripravená zmes sa refluxovala osem hodín. Po ukončení sa zmes v banke prefiltrovala a následne odparila dosucha na rotačnej vákuovej odparke. Výťažnosť vzorky metanolových extraktov No.1–No.7 sa pohybovala v rozmedzí 2.2–9.1 %.

Pri stanovovaní antioxidačnej aktivity sa využila DPPH[·] (1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl radikál) metóda. Pre výpočet antioxidačnej aktivity je najčastejšie používanou metódou percentuálna redukcia aktivity roztoku DPPH[·] radikálu meraním absorbancie pri λ_{\max} 517 nm. Pre výpočet antioxidačnej aktivity sa použil vzťah definovaný ako: $I (\%) = (A_{SL} - A_{VZ}) / A_{SL} \times 100$, kde I predstavuje inhibíciu aktivity radikálu DPPH[·] v percentách (%), A_{SL} je označenie absorbancie slepého roztoku DPPH[·], A_{VZ} je nameraná absorbancia vzorky po 30 minútovej inkubácii v tme pri laboratórnej teplote od pridania roztoku DPPH[·]. Výsledky meraní sú kvôli lepšiemu porovnaniu uvádzané ako IC₅₀^{DPPH} (koncentrácia substrátu, ktorá spôsobuje 50 %-nú stratu aktivity DPPH[·] radikálu). Všetky merania sa uskutočnili v koncentračnom rozsahu: 6.25, 3.12, 1.56, 0.78, 0.39 mg/ml.

Tabuľka 2 Percentuálne vyjadrenie antioxidačnej aktivity a hodnoty IC_{50}^{DPPH} metanolových extraktov *P.hepiali* vzoriek No.1–7 stanovené DPPH metódou po 30 minútovej inkubácii v tme pri 25 °C

| Vzorka No. /Koncentrácia (mg/ml) | A^a | | | | | | | Antioxidačná aktivita (%) | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0.39 | 0.797 | 0.675 | 0.836 | 0.744 | 0.837 | 0.838 | 0.849 | 10.1 | 23.9 | 5.7 | 16.2 | 5.7 | 5.5 | 4.3 |
| 0.78 | 0.684 | 0.756 | 0.762 | 0.598 | 0.773 | 0.775 | 0.834 | 22.8 | 14.8 | 14.1 | 32.5 | 12.9 | 12.6 | 6.0 |
| 1.56 | 0.449 | 0.506 | 0.699 | 0.365 | 0.671 | 0.670 | 0.817 | 49.4 | 42.9 | 21.2 | 58.9 | 24.3 | 24.5 | 7.9 |
| 3.13 | 0.192 | 0.262 | 0.508 | 0.166 | 0.433 | 0.586 | 0.714 | 89.0 | 70.5 | 42.8 | 81.3 | 51.2 | 34.0 | 19.5 |
| 6.25 | 0.088 | 0.116 | 0.297 | 0.123 | 0.209 | 0.281 | 0.655 | 89.9 | 86.9 | 66.5 | 86.1 | 76.5 | 68.4 | 26.2 |
| IC_{50}^{DPPH} (mg/mL) ^b | | | | | | | | 2.45 | 2.78 | 4.37 | 2.33 | 3.74 | 4.46 | 11.50 |

^a priemerná absorbancia je stanovená ako priemer troch opakovaných meraní

^b je stanovená použitím tabuľkového softvéru Microsoft Excel nameraných dát lineárnej funkčnej závislosti $I(\%) = f(\text{koncentrácia})$

Tabuľka 3 Percentuálne vyjadrenie antioxidačnej aktivity a hodnoty IC_{50}^{DPPH} etanolových extraktov *P. hepiali* vzorky No.1–7 stanovené DPPH metódou po 30 minútovej inkubácii v tme pri 25 °C

| Vzorka No. /Koncentrácia (mg/ml) | A^a | | | | | | | Antioxidačná aktivita (%) | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 0.39 | 0.848 | 0.769 | 0.826 | 0.801 | 0.883 | 0.881 | 0.970 | 4.4 | 13.3 | 6.9 | 9.7 | 0.4 | 0.7 | 0.2 |
| 0.78 | 0.844 | 0.736 | 0.716 | 0.625 | 0.811 | 0.858 | 0.910 | 4.8 | 17.0 | 19.3 | 29.6 | 8.6 | 3.2 | 6.4 |
| 1.56 | 0.833 | 0.583 | 0.577 | 0.456 | 0.669 | 0.805 | 0.823 | 6.1 | 34.3 | 34.9 | 48.6 | 24.5 | 9.2 | 15.3 |
| 3.13 | 0.487 | 0.302 | 0.400 | 0.229 | 0.494 | 0.613 | 0.613 | 45.1 | 65.9 | 54.9 | 74.1 | 44.3 | 30.9 | 37.0 |
| 6.25 | 0.485 | 0.163 | 0.215 | 0.121 | 0.399 | 0.437 | 0.382 | 45.3 | 81.7 | 75.8 | 86.4 | 55.0 | 50.7 | 60.7 |
| IC_{50}^{DPPH} (mg/mL) ^b | | | | | | | | 5.99 | 3.14 | 3.52 | 2.65 | 4.98 | 5.96 | 4.95 |

^a priemerná absorbancia je stanovená ako priemer troch opakovaných meraní

^b je stanovená použitím tabuľkového softvéru Microsoft Excel nameraných dát lineárnej funkčnej závislosti $I(\%) = f(\text{koncentrácia})$

Na základe výsledkov uvádzaných v Tabuľke 2 a 3 je zostavené poradie antioxidačnej aktivity od najlepšej po najmenej aktívnu vzorku: No.4 (MeOH)–ryža s prídavkom sójovej múky > No.1 (MeOH)–kukurica > No.4 (EtOH)–ryža s prídavkom sójovej múky > No.2 (MeOH)–ryža > No.2 (EtOH)–ryža > No.3 (EtOH)–ryža so živným roztokom > No.5 (MeOH)–proso > No.3 (MeOH)–ryža so živným roztokom > No.6 (MeOH)–proso s nižšou vlhkosťou > No.7 (EtOH)–hrach > No.5 (EtOH)–proso > No.6 (EtOH)–proso s nižšou vlhkosťou > No.1 (EtOH)–kukurica > No.7 (MeOH)–hrach.

Zo získaných výsledkov vyplýva, že substrát výrazne vplýva na obsahové zastúpenie látok s antioxidačnou aktivitou počas kultivácie huby *Paecilomyces hepiali*.

Niektoré extrakty začali postupne pri teplote 8°C kryštalizovať. Podarilo sa nám odfiltrovať celkovo šesť extraktov v množstve potrebnom na nameranie infračervených (IR) spektier. Ako biely prášok až svetložlté kryštáliky vykryštalizovali nasledovné extrakty: No.1 (MeOH), No.3 (MeOH), No.5 (MeOH), No.6 (MeOH), No.6 (EtOH), No.7 (MeOH). Infračervené spektrá sa merali na spektrofotometri Thermo Scientific, NICOLET 6700 FT-IR, ATR metódou na nástavci Smart orbit. Na základe podrobnej analýzy IR spektier a predchádzajúcich skúseností môžeme predpokladať, že kryštalizáciou sa nám podarilo

vyizolovať u vyššie opísaných vzoriek zmesi aminokyselín. To, že ide o aminokyseliny predpokladáme aj na základe predchádzajúcej práce, kde sa rovnako kryštalizáciou z metanolu podarilo vyizolovať zmes aminokyselín: fenylalanín, valín, alanín, leucín a izoleucín, ktorých chemická štruktúra bola potvrdená pomocou 1D a 2D NMR spektroskopie (BEDLOVIČOVÁ a kol. 2015).

ZÁVER

Projekt spoločného výskumu skupiny húb *Cordyceps* je zameraný na schopnosť ovplyvniť množstvo biologicky aktívnych látok produkované hubami rodu *Cordyceps* spp., *Ophiocordyceps* spp. a druhu *Paecilomyces hepiali* na základe zmeny kultivačných podmienok pri ich pestovaní. V odbornej literatúre sa spomína rozdielne zastúpenie chemických zlúčenín medzi kultivovaným *Cordycepsom* a vyskytujúcim sa voľne v prírode, no príčina tohto javu však nie je vysvetlená. Vzhľadom na skutočnosť, že v literatúre sa objavuje len veľmi málo informácií o stanovení štruktúry týchto chemických zlúčenín prostredníctvom NMR spektroskopie (^1H , ^{13}C , COSY a HMBC experimenty) využitie metód COSY, TOCSY, NOESY, DEPT, HSQC, HMBC, H2BC, TOCSY1D, NOESY1D, ^{15}N -H HSQC a ^{15}N -H HMBC by mohlo byť cenným prínosom pri charakterizácii aj nových zlúčenín prítomných v kultivovaných hubách *Cordyceps*. Moderné metódy NMR analýzy umožnia získať nové poznatky o kvantite ako aj kvalite študovaných chemických zlúčenín prítomných v hubách *Cordyceps*.

LITERATÚRA

- BEDLOVIČOVÁ, Z., UNGVARSKÁ MALUČKÁ, L., SALAYOVÁ, A., HARVANOVÁ, J., OČENÁŠ, P. (2015). Determination of biologically active compounds in fungi of genus *Cordyceps sinensis* by HPLC and NMR. *Česká a slovenská farmacie*. 64(5): 202-205.
- BHANDARI, A.K., NEGI, J.S., BISHT, V.K., RANA, C.S., BHARTI, M.K., SINGH, N. (2010). Chemical constituent, inorganic elements and properties of *Cordyceps sinensis* – a review. *Nat.Sci.*; 8: 253–256.
- CHIOZA, A., OHGA, S.A. (2014). Cooperative study on chemical composition of pharmacological effects of *Paecilomyces hepiali* and wild *Ophiocordyceps sinensis*. *Adv.Microbiol.*4:839-848.
- HOLLIDAY, J., CLEAVER, M., WASSER, S.P. (2005). *Cordyceps*. In: COATES, P.M., BLACKMAN, M.R., CRAGG, G., LEVINE, M., MOSS, J., WHITE, J. (eds.) *Encyclopedia of dietary supplements*. New York: Marcel Dekker; p. 1–13.
- HOLLIDAY, J., CLEAVER, P. (2008). Medicinal value of the caterpillar fungi species of the genus *Cordyceps* (Fr.) Link (Ascomycetes). A review. *Int. J. Med. Mushrooms*. 10(3): 219–234.
- HOLLIDAY, J., CLEAVER, P., LOOMIS-POWERS, M., PATEL, D. (2004). Analysis of quality and techniques for hybridization of medicinal fungus *Cordyceps sinensis*. *Int. J. Med. Mushr.*, 6: 147–160.

- SUNG, G.-H., HYWEL-JONES, N.L., SUNG J.-M., LUANGSA-ARD, J.J., SHRESTHA, B., SPATAFORA, J.W. (2007). Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Stud. Mycol.*, 57:5–59.
- THAKUR, A., HUI, R., HONGYAN, Z., TIAN, Y., TIANJUN, C., MINGWEI, C. (2011). Pro-apoptotic effects of *Paecilomyces hepiali*, a *Cordyceps sinensis* extract on human lung adenocarcinoma A549 cells in vitro. *J. Cancer Res. Ther.*, 7(4): 421–426.
- UNGVARSKÁ MALUČKÁ, L., HARVANOVÁ, J., PAVLÍK, M., RAJTAR, M., JAROŠČIAK, L. (2016). Free-radical scavenging activities of cultured mycelia of *Paecilomyces hepiali* (Ascomycetes) extracts and structural characterization of bioactive components by nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Int. J. Med. Mushrooms.*, 18(10): 895–903.
- UNGVARSKÁ MALUČKÁ, L., HARVANOVÁ, J., UHRÍNOVÁ, A., SALAYOVÁ, A., PAVLÍK, M., RAJTAR, M. (2018). Antioxidant activity and infrared spectroscopy analysis of alcoholic extracts obtained from *Paecilomyces hepiali* (Ascomycetes). *Int. J. Med. Mushrooms.*, 20(6): 595–605.
- YU, S.J., ZHANG, Y, LI, C.R., MA, Z.Y., FAN, M.Z.(2011). Optimization of ultrasonic extraction of mycelial polysaccharides from *Paecilomyces hepiali* using response surface methodology and its antioxidant activity. *Afr. J. Biotechnol.*, 10(75): 17241–17250.
- ZHANG, Y.J., LI, E.W., WANG, C.S., LI, Y.L., LIU, X.Z. (2012). *Ophiocordyceps sinensis*, the flagship fungus of China: terminology, life strategy and ecology. *Mycology*, 3: 2–10.

Pod'akovanie

Práca vznikla v súvislosti s prípravou projekt KEGA 013TU Z-4/2019. Práca vznikla aj s podporou grantu IGA UVLF 03/2017: Vplyv zmien rastových podmienok na obsah biologicky aktívnych látok s antioxidačným účinkom v hubách rodu *Cordyceps* (Fr.) Link.

Adresy autorov

Ing. Martin Pavlík, PhD. – mrtnpavlik1@gmail.com

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, 960 53 Zvolen

RNDr. Jarmila Harvanová, PhD.

RNDr. Lucia Ungvarská Malučká, PhD.

RNDr. Anna Uhrínová, PhD.

Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, 041 81 Košice

Martin Rajtar – MYKOFORREST Velčice, Ku priehrade 133, 951 71 Velčice

Martin Pavlík ml. – Univerzita Komenského v Bratislave, Šafárikovo námestie 6, 814 99 Bratislava 1



**DISTRIBUCE A EKOLOGIE LINIÍ/SUBLINIÍ *Fomes fomentarius*
NA MORAVĚ**

**DISTRIBUTION AND ECOLOGY OF *Fomes fomentarius*
LINEAGES/SUBLINEAGES IN MORAVIA**

KATEŘINA NÁPLAVOVÁ – TERÉZIA BECK – JÁN GÁPER

ABSTRAKT

V roce 2018 byl prováděn průzkum za účelem zjištění vnitrodruhové variability a rozšíření dřevní houby *Fomes fomentarius* (Polyporaceae, Basidiomycota) ve vybraných lokalitách Moravy (ČR). Z celkového počtu 68 nálezů bylo molekulárním analýzám podrobena 21 plodnic na 8 taxonech hostitelských dřevin z 11 lokalit. Použitím metod ITS-PCR-RFLP a sekvenování byla zjištěna přítomnost linie B (11 nálezů) a sublinie A2 (10 nálezů). Hostitelskými dřevinami linie B byli *Quercus* spp. (3), *Populus* spp. (3), *Fraxinus* spp. (2), *Tilia* spp. (2), *Ulmus* sp. (1), sublinie A2 *Fagus sylvatica* (4), *Betula* spp. (3), *Alnus* sp. (1), *Populus* sp. (1) a jedna neznámá dřevina. Linie B se vyskytovala v zaznamenaných nadmořských výškách od 161 do 373 m, sublinie A2 od 178 do 780 m, čili dosahovala až do o polovinu vyšších oblastí.

Klíčová slova: ekologie, vnitrodruhová variabilita, dřevokazné houby, ITS-PCR-RFLP

ABSTRACT

The research was carried out during 2018 to discover intraspecies variability and distribution of wood-decaying fungus *Fomes fomentarius* (Polyporaceae, Basidiomycota) in selected areas of Moravia (CZ). Out of 68 found specimen, 21 specimen on 8 taxa from 11 locations were selected for molecular analyses. Using ITS-PCR-RFLP and sequencing we found presence of lineage B (11 specimen) and sublineage A2 (10 specimen). The host trees of lineage B were *Quercus* spp. (3), *Populus* spp. (3), *Fraxinus* spp. (2), *Tilia* spp. (2), *Ulmus* sp. (1), sublineage A2 were *Fagus sylvatica* (4), *Betula* spp. (3), *Alnus* sp. (1), *Populus* sp. (1), and one unknown host tree. Lineage B occurred in recorded altitudes between 161 and 373 masl, sublineage A2 occurred between 178 and 780 masl, which is more than half higher than lineage B.

Key words: ecology, intraspecies variability, wood-decaying fungi, ITS-PCR-RFLP

ÚVOD

Rozšíření *Fomes fomentarius* je kosmopolitní, vyskytuje se jak v Euroasii, tak v Severní Americe i Africe (KOTLABA 1984, ZHAO a ZHANG 1992, SCHWARZE 1994, MCCORMICK a kol. 2013a, RYVARDEN a MELO 2014)

V evropských ekosystémech je *F. fomentarius* asociován s 61 hostitelskými druhy z 35 rodů (GÁPER a GÁPEROVÁ 2014). Na území bývalého Československa byl výskyt tohoto druhu zpracován v KOTLABA (1984), kdy vertikální rozšíření je od nížin až do vysokých hor, zejména v pahorkatinách. Nejčastějším substrátem je *Fagus sylvatica*, dále pak *Betula* spp., *Populus* spp. a *Acer* spp., méně *Quercus* spp., *Juglans* spp., *Tilia* spp., *Carpinus betulus* a *Aesculus hippocastanum* (KOTLABA 1984, MASARYKOVÁ a kol. 2009). Morfologické vlastnosti plodnic se mohou lehce lišit v závislosti na oblasti výskytu (SCHWARZE 1992, GÁPEROVÁ a kol. 2016).

V roce 2012 byla odhalena genetická nehomogenita *F. fomentarius* v Evropě (JÚDOVÁ a kol. 2012), kdy byla prokázána existence dvou geneticky odlišných linií A a B na základě 10 variabilních pozic nukleotidů v rámci ITS oblastí, která byla dále pak potvrzena na základě analýz od PRISTAŠ a kol. (2013). V roce 2013 byl publikován článek o genetické nehomogenitě tohoto druhu na území USA (MCCORMICK a kol. 2013b), kdy sekvence z USA tvoří sesterskou skupinu se sekvencemi pocházejícími z Evropy. Rozdíl v počtu bází mezi ITS sekvencemi ze Spojených Států a linií A je 0.556. Rozdíl v počtu bází mezi linií A a B je 9.676. Proto byla severoamerická linie označena jako sublinie A1 a evropská jako sublinie A2 (GÁPER a kol. 2016). Fylogenetický strom zpracovaný autory DERSCH a kol. (2015) naznačuje přítomnost čtvrté skupiny pocházející z Číny. Autoři zabývající se vnitrodruhovou variabilitou tohoto druhu v asijské části Ruska rozdělili linii B na sublinii B1 a sublinii B2 (MUKHIN a kol. 2018).

V naší studii jsme se zabývali rozlišením těchto linií/sublinií na území Moravy a jejich ekologií.

METODIKA

Sběr materiálu

Celkem bylo nasbíráno 68 plodnic *F. fomentarius* na území Moravy, které byly znázorněny na mapě ČR pomocí QGIS (2018). Z těchto nálezů bylo vybráno 21 plodnic z 8 taxonů z 11 různých lokalit k molekulárním analýzám. Ke každému nálezu byl zaznamenán údaj o výskytu a ekologické vlastnosti, tzn. zjištěná linie, hostitelská dřevina, okres nálezů, bližší určení lokality, trofická skupina, popis substrátu, GPS souřadnice, datum sběru, nadmořská výška, kdo houbu sbíral a determinoval.

Izolace DNA

Extrakce DNA probíhala z čerstvého materiálu, kdy povrch plodnice byl zbaven větších nečistot a vydesinfikován alkoholem. Následně bylo sterilním skalpelem vyřezáno ca 100 mg dužniny či hymenoforu a vzorek byl homogenizován v přístroji MM 200 (Mixer Mill, Retsch, Haan, Německo). Izolace dále probíhala podle upravené metodiky GOODWIN a LEE (1993) a podle GAŠPARCOVÁ a kol. (2017).

Amplifikace DNA

Izolovaná DNA z čerstvého materiálu byla amplifikována pomocí ITS primerů (ITS1 - TCC GTA GGT GAA CCT GCG G a ITS4 - TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC). Reakční směs (50 µl) obsahovala Master Mix (5x HOT FIREPol Blend Master Mix, Solis BioDyne, Tartu, Estonsko), 50 ng DNA, 1 µM každého primeru (ITS1, ITS4) a 37 µl vody (PCR Grade Water, Solis BioDyne, Tartu, Estonsko). Podmínky PCR cyklu byly následující: počáteční denaturace po dobu 5 min. při 94 °C; 35 cyklů po dobu 30 s při 94 °C; 45 s při 52 °C; 45 s při 72 °C a finální cyklus po dobu 10 min. při 72 °C.

Sekvence a ITS-PCR-RFLP

PCR amplikony získané z 15 plodnic *F. fomentarius* byly podrobené ITS-PCR-RFLP analýze a 6 amplikonů bylo posláno na sekvenování. Sangerovo sekvenování bylo vykonáno firmou SEQme s. r. o. (Dobříš, Česká republika) a obdržené sekvence byly upraveny v softwaru BioEdit a porovnány s dalšími sekvencemi z databáze GenBank pomocí algoritmu BLASTn a zpracované v programu MEGA7. Štěpení proběhlo za pomoci restrikčních endonukleáz *MlyI* a *BsrI* (New England BioLabs, Massachusetts, USA) po dobu 30 min. při teplotě 37 °C a posléze byly DNA fragmenty odděleny v 1,5 % agarosovém gelu. Pro srovnání byl použit marker molekulových hmotností.

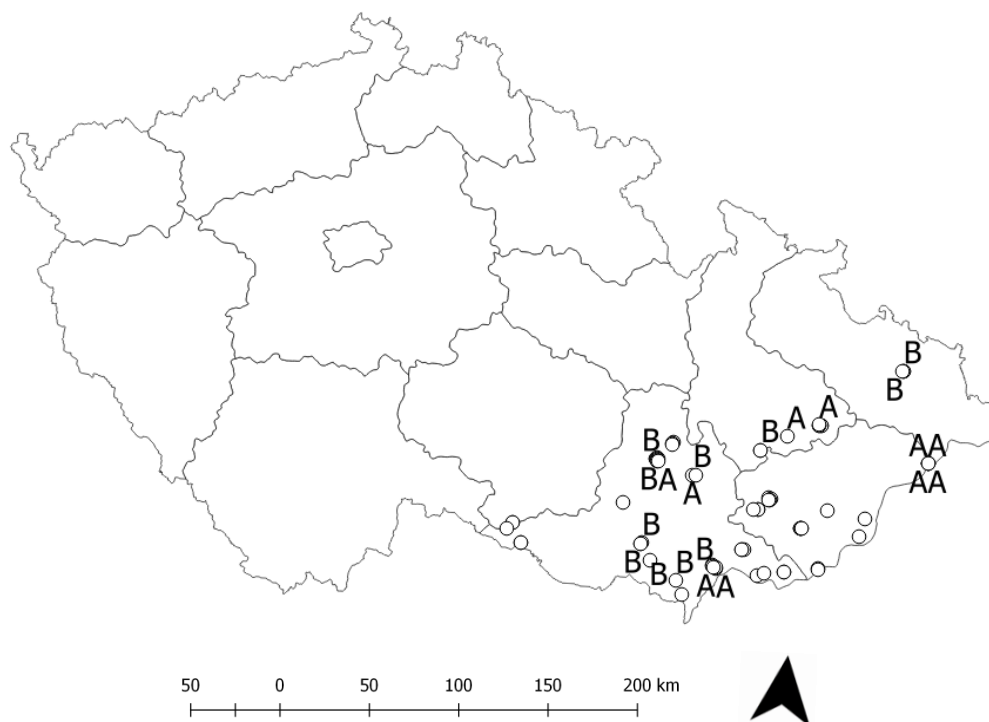
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledkem terénního sběru bylo 68 nálezů *F. fomentarius* na území Moravy (Fig. 1), z nichž bylo vybráno 21 plodnic z 11 lokalit rostoucích na 8 taxonech (Tab. 1.) k molekulárním analýzám. Jedním z kritérií pro výběr bylo to, že nejčastější hostitelskou dřevinou této houby bývá *Fagus sylvatica*, tudíž jsme se soustředili na ostatní dřeviny. Dalším kritériem byla také lokalita, kdy jsme předpokládali, že sublinie A2 je vázána na přírodní lokality, kdežto linie B více na místa s urbánním/suburbánním charakterem.

Výsledkem molekulárních analýz bylo rozlišení 21 nálezů buď na linii B anebo sublinii A2, kdy hostitelskými dřevinami linie B byli *Quercus* spp. (3), *Populus* spp. (3), *Fraxinus* spp. (2), *Tilia* spp. (2), *Ulmus* sp. (1), sublinie A2 *Fagus sylvatica* (4), *Betula* spp. (3), *Alnus* sp. (1), *Populus* sp. (1) a jedna neznámá dřevina. Vertikální rozšíření linie B bylo v rozmezí od 161 do 373 m n. m., sublinie A2 od 178 do 780 m n. m. U obou linií/sublinií byl typický saprotrofický způsob života, ale u linie B se vyskytl i saproparazitický způsob.

JÚDOVÁ a kol. (2012) uvádí, že linie A na Slovensku se vyskytuje častěji na *Fagus sylvatica*, než linie B, která má tendenci růst spíše na jiných hostitelských dřevinách. Ve své studii použili pro srovnání hostitelské preference i data z databáze GenBank, kdy z 33 izolátů náležejících linii A, 27 pocházelo z *Fagus sylvatica*, zatímco z linie B jich bylo na *Fagus sylvatica* pouze 5 z 22 izolátů. V našem případě všechny nálezy na *Fagus sylvatica* patřily linii A. Další studie z území Slovenska týkající se výskytu linií/sublinií v urbánním a suburbánním prostředí (GÁPER a kol. 2013) nám říká, že substrátem pro linii B (12 nálezů) byly dřeviny *Tilia* sp., *Acer platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Populus alba*, *Populus* sp., *Populus tremula* a *Fagus sylvatica*, kdežto linie A (2 nálezy) byla pouze na *Negundo aceroides* a *Fagus sylvatica*. Tato studie nám také říká, že společnou hostitelskou dřevinou pro obě linie je právě *Fagus sylvatica*. Studie týkající se genetické variability *F. fomentarius* v zahraničí je např. v USA od MCCORMICK a kol. (2013b), zde se však autoři nezabývali vazbou na hostitele, a od MUKHIN a kol. (2018) z Ruska, kde linie B byla již také rozlišena na sublinii B1 a B2 (liší se pozicí jednoho nukleotidu v sekvenci ACCTT v ITS2.1., která je stejná pro sublinie A1, A2 a B1, avšak sublinie B2 obsahuje sekvenci ACTTT). Sublinie B1 je reprezentována nálezy z Íránu, Číny, Nepálu a Jižní Korei, kdežto sublinie B2 nálezy hlavně z Velké Británie, Itálie, Lotyšska, Slovenska a Slovinska, ale také 2 nálezy z Íránu a Číny. Lze tedy předpokládat, že i naše nálezy linie B spadají pod sublinii B2. Podle MUKHIN a kol. (2018) je sublinie A2 v asijské části Ruska vázána hlavně na *Betula* spp., vzácněji pak na *Alnus* spp. a *Larix* spp., zatímco bazidiokarpy sublinie B2 z této oblasti mohou být nalezeny na *Acer* spp., *Duschekia* spp., *Prunus* spp., and *Salix* spp., ne však na *Betula* spp.

Naše výsledky také korespondují s GÁPER a kol. (2013), kdy tato studie pojednává o výskytu linií v urbánním a suburbánním prostředí. V našem případě 8 nálezů (z 11) spadajících pod linii B se vyskytovalo poblíž cest, v suburbánním prostředí či jinak antropogenně ovlivněném prostředí. Všechny nálezy (10) linie A byly v přírodních habitatech.



Obrázek 1 Mapa distribuce 68 nálezů *Fomes fomentarius* na Moravě s rozlišením 21 plodnic na linii A (respektive sublinii A2) a B.

Tabulka 1 Lokality výskytu analyzovaných plodnic *F. fomentarius* s údaji v pořadí: linie, hostitelská dřevina, okres nálezů, bližší určení lokality, trofická skupina, popis substrátu, GPS souřadnice, datum sběru, nadmořská výška, kdo houbu sbíral a determinoval.

| Vzorek | Výskyt |
|-------------|---|
| K7 | B , <i>Quercus</i> sp., Brno-venkov, PR Jelení skok, východně od obce Vranov, saproparazit, stojící kmen, na vrcholu uschlé listy, ulomená koruna, 49.31319, 16.638369, 6. 4. 2018, 363 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K9 | B , <i>Quercus</i> sp., Brno-venkov, PR Jelení skok, východně od obce Vranov, saprotrof, padlá část kmene či větve, 49.304347, 16.638943, 6. 4. 2018, 373 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K10 | A , <i>Betula</i> sp., Brno-venkov, PR Jelení skok, východně od obce Vranov, saprotrof, na kmeni padlé břízy, 49.30124, 16.647381, 6. 4. 2018, 266 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K21 | B , <i>Fraxinus</i> sp., Brno-venkov, S část PR Plačkův les, 400m od silnice, saprotrof, skládka pokácených kmenů, 48.947763, 16.597649, 25. 4. 2018, 181 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K23 | B , <i>Populus</i> sp., Brno-venkov, lesní cesta vedoucí od domu č.136, ca 600m dále po cestě byla plodnice, saproparazit, stojící kmen u vody, 48.942731, 16.591083, 25. 4. 2018, 174 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K26A | B , <i>Populus</i> sp., Přerov, PP Zástudánčí, hned u nefrekventované cesty, saproparazit, na stojícím kmeni topolu, bez větví, přes 20 dalších plodnic, 49.396248, 17.311109, 26. 4. 2018, 161 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |

| | |
|------------|---|
| K27 | A , <i>Populus</i> sp., Přerov, PR Žebračka, saprotrof, na spadlém kmeni, 49.464957, 17.475465, 26. 4. 2018, 215 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K30 | A , <i>Alnus</i> sp., Vyškov, kousek od potoku Luštínek, ca 1,5 km od obce Pístovice, saprotrof, na padlém ne moc silném kmeni, 49.257957, 16.880298, 27. 4. 2018, 401 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K31 | B , <i>Populus</i> sp., Vyškov, u lesní cesty mezi silnicí a potokem Rakovcem, ca 1 km J od obce Pístovice, saprotrof, na přelomeném mohutném padlém kmeni, 49.261703, 16.898677, 27. 4. 2018, 285 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K39 | A , <i>Betula</i> sp., Hodonín, NPP Hodonínská dубrava, kousek od křižovatky s Holanovou (lesní cesta), saprotrof, padlá část kmene, 48.87076, 17.096739, 1. 5. 2018, 178 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K40 | A , <i>Betula</i> sp., Hodonín, NPP Hodonínská dубrava, lesní cesta mezi Mutěnickou a Novou (lesní cesty), saprotrof, padlý kmen, 3 další plodnice na stejném kmeni, 48.874718, 17.09114, 1. 5. 2018, 185 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K43 | B , <i>Quercus</i> sp., Hodonín, NPP Hodonínská dубrava, saprotrof, ztrouchnivělý špalek na zemi, 48.873869, 17.075663, 1. 5. 2018, 193 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| B46 | A , <i>Fagus sylvatica</i> , Frýdek-Místek, Salajka, saprotrof, , 49.401547, 18.417892, duben 2018, 780 m n. m., leg. et det. B. Lojkásek |
| B48 | A , <i>Fagus sylvatica</i> , Frýdek-Místek, Salajka, saprotrof, , 49.401501, 18.417447, duben 2018, 780 m n. m., leg. et det. B. Lojkásek |
| B49 | A , <i>Fagus sylvatica</i> , Frýdek-Místek, Salajka, saprotrof, , 49.401715, 18.417491, duben 2018, 780 m n. m., leg. et det. B. Lojkásek |
| B50 | A , <i>Fagus sylvatica</i> , Frýdek-Místek, Salajka, saprotrof, , 49.401753, 18.417774, duben 2018, 780 m n. m., leg. et det. B. Lojkásek |
| K58 | A , NA, Přerov, Les na západ od PR Bukoveček, saprotrof, padlý odkorněný kmen, 49.526344, 17.6807, 6. 5. 2018, 366 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K62 | B , <i>Fraxinus</i> sp., Ostrava-město, Polanský les, saprotrof, padlý kmen s více plodnicemi (5), 49.78929, 18.204793, 7. 5. 2018, 234 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K65 | B , <i>Tilia</i> sp., Ostrava-město, Polanský les, saprotrof, ulomená část kmene, 49.786686, 18.200673, 7. 5. 2018, 205 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K69 | B , <i>Ulmus</i> sp., Břeclav, severní stezka od hradu Děvičky, saprotrof, padlý kmen, 48.875008, 16.657796, 22.5. 2018, 405 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |
| K70 | B , <i>Tilia</i> sp., Břeclav, několik metrů od informační tabule č. 3, kousek od jezírka, naučná stezka vedoucí od Janohradu směrem na Břeclav, saprotrof, přelomený padlý kmen, 48.801054, 16.841002, 3. 6. 2018, 203 m n. m., leg. et det. K. Náplavová |

ZÁVĚR

Na základě zkoumání 21 bazidiokarpů *F. fomentarius* jsme zjistili, že na území Moravy se vyskytuje linie A, respektive sublinie A2 a linie B. Plodnice byly podrobené jak sekvenování, tak ITS-PCR-RFLP analýze. Z výsledků lze soudit, že hostitelské spektrum obou linií se liší, dále pak zástupci sublinie A2 se vyskytují ve vyšších nadmořských výškách, než zástupci linie B. Stejně tak sublinie A2 roste ve více přírodních lokalitách, než linie B. Všechny nálezy sublinie A2 byly saprotrofické, u linie B se vyskytly i saproparazitické nálezy.

LITERATURA

- DERSCH, P., D'AGUANNO, M. N., ROSAM, K., GRIENKE, U., ROLLINGER, J. M., PEINTNER, U., (2015). Fungal strain matters: colony growth and bioactivity of the European medicinal polypores *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola* and *Piptoporus betulinus*. *AMB Express*, 5: 1–14.
- GÁPER, J., GÁPEROVÁ, S. (2014). A worldwide geographical distribution and host preferences of *Fomes fomentarius*. In: Barta M, Ferus P (eds), Zborník referátov z vedeckej konferencie: „Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany SAV 2014“. Arborétum Mlyňany SAV, Vieska nad Žitavou, pp. 57–63.
- GÁPER, J., GÁPEROVÁ, S., PRISTAŠ, P., NÁPLAVOVÁ, K. (2016). Medicinal value and taxonomy of the tinder polypore, *Fomes fomentarius* (Agaromycetes): A Review. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 18(10): 851–859.
- GÁPER, J., PRISTAŠ, P., GÁPEROVÁ, S., MALINIČOVÁ, L. (2013). Molecular identification of *Fomes fomentarius* in hosts from urban and suburban areas in Slovakia. *Folia oecol.*, 40 (1): 22–27.
- GÁPEROVÁ, S., GÁPER, J., GAŠPARCOVÁ, T., NÁPLAVOVÁ, K., PRISTAŠ, P. (2016). Morphological variability of *Fomes fomentarius* basidiomata based on literature data. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae*, 1: 42–51.
- GAŠPARCOVÁ, T., GÁPER, J., PRISTAŠ, P., KVASNOVÁ, S., GÁPEROVÁ, S. (2017). Porovnanie ITSPCR-RFLP a MALDI-TOF MS metód pri identifikácii drevoznehodnocujúcich húb z rodu *Ganoderma*. *Chemické listy*, 111: 388–391.
- GOODWIN, D. C., LEE, S. B. (1993). Microwave miniprep of total genomic DNA from Fungi, Plants, Protists and Animals for PCR. *BioTechniques*, 15(3): 438.
- JÚDOVÁ, J., DUBÍKOVÁ, K., GÁPEROVÁ, S., GÁPER, J., PRISTAŠ, P. (2012). The occurrence and rapid discrimination of *Fomes fomentarius* genotypes by ITS-RFLP analysis. *Fungal Biol.*, 116: 155–160.
- KOTLABA, F. (1984). Zeměpisné rozšíření a ekologie chorošů /Polyporales s.l./ v Československu. *Academia*, Praha.
- MASARYKOVÁ, M., GÁPEROVÁ, S., VIDHOLDOVÁ, Z. (2009). Mikroskopická analýza dreva pagaštana konského degradovaného hubou *Fomes fomentarius*. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*, 51(2): 5–15.
- MCCORMICK, A.M., CUBETA A.M., GRAND, F.L. (2013a). Geography and hosts of the wood decay fungi *Fomes fasciatus* and *Fomes fomentarius* in the United States. *North American Fungi*, 8, 1–53.
- MCCORMICK, A.M., GRAND, F.L., POST, J.B., CUBETA, A.M. (2013b). Phylogenetic and phenotypic characterization of *Fomes fasciatus* and *Fomes fomentarius* in the United States. *Mycologia*, 105: 1524–1534.
- MUKHIN, V.A., ZHUYKOVA, E.V., BADALYAN, S.M. (2018). Genetic variability of the medicinal tinder bracket polypore, *Fomes fomentarius* (Agaromycetes), from the Asian part of Russia. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20(6): 561–568.
- PRISTAŠ, P., GÁPEROVÁ, S., GÁPER, J., JÚDOVÁ, J. (2013). Genetic variability in *Fomes fomentarius* reconfirmed by translation elongation factor 1 alpha DNA sequences and 25S LSU rRNA sequences. *Biologia*, 68(5): 816–820.

QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

RYVARDEN, L., MELO, I. (2014). Poroid fungi of Europe. Fungiflora. Norway.

SCHWARZE, F. (1992). Intraspecific variation in *Fomes fomentarius* from Great Britain and the European continent. Reading: University of Reading.

SCHWARZE, F. (1994). Wood rotting fungi: *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr. Mycologist, (8)3, 131–133.

ZHAO, J.D., ZHANG, X.Q. (1992). The polypores of China, J. Cramer, Berlin.

Poděkování

Tato práce byla podpořena granty VEGA 1/0286/17, KEGA 025UMB-4/2017 a SGS13/PřF/2018.

Adresy autorů

Mgr. Kateřina Náplavová – naplavova.katerina@gmail.com
Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie a ekologie, Chittussiho 10,
Slezská Ostrava, 710 00, Česká republika

RNDr. Terézia Beck – Terezia.gasparcova@umb.sk
Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied UMB, Katedra biológie a ekológie,
Tajovského 40, Banská Bystrica, 974 01, Slovenská republika

Prof. RNDr. Ján Gáper, CSc. – jan.gaper@tuzvo.sk, jan.gaper@osu.cz
Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra biológie a všeobecnej ekológie, T. G. Masaryka 24, Zvolen, 960 53, Slovenská republika
Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie a ekologie, Chittussiho 10,
Slezská Ostrava, 710 00, Česká republika

**VYUŽITIE HLIVY USTRICOVITEJ V PROCESE MYKOREMEDIÁCIE
POPOLA Z TEPELNEJ ELEKTRÁRNE****UTILISATION OF THE OYSTER MUSHROOM FOR THE ASH
MYCOREMEDIATION FROM THE THERMAL POWER PLANT****MARTIN PAVLÍK – DANICA KRUPOVÁ – LUCIA UNGVARSKÁ MAJUČKÁ
– MARTIN PAVLÍK ML.****ABSTRAKT**

Výroba tepla pre mesto Zvolen sa realizuje v spoločnosti Zvolenská teplárenská a.s. už desaťročia. V procese výroby vzniká aj odpad, ktorý v podobe jemného prachovitého popola sedimentuje na blízkej skládke. Na ekologické spracovanie popola sa testuje možnosť využitia drevokaznej huby hliva ustricovitá *Pleurotus ostreatus* (Jacq.)P.Kumm. Jej schopnosti viazať jemné čiastočky popola (tzv. mykofiltrácia), ako aj pozitívne ovplyvňovať chemické zloženie odpadových toxických látok (tzv. mykoremediácia) sú už viac rokov testované v rámci výskumu na Technickej univerzite vo Zvolene, ale aj v inde na svete.

Cieľom aktuálneho výskumu je otestovanie schopností hlivy ustricovitej: rásť v prostredí s popolom (a) a svojou činnosťou pozitívne ovplyvňovať chemické zloženie odpadového popola (b) z tepelnej elektrárne.

Kľúčové slová: popol, tepelná elektráreň, mykoremediácia, hliva ustricovitá

ABSTRACT

Zvolenská teplárenská Inc. is a company that has been providing heating for the town of Zvolen for decades. To dispose of this ash ecologically, there is a possibility of using the Oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm, namely its ability of absorbing the fine particles of the ash (also known as mycofiltration) and the ability to positively affect the chemical composition of the toxic waste products (mycoremediation), which has been a part of the research in Technical University in Zvolen.

The aim of this research is to test the abilities of the mushroom: to grow in the area affected by the ash (a) and to positively affect the chemical composition of the waste ash (b) from the power plant.

Keywords: ash, thermal power plant, mycoremediation, oyster mushroom

ÚVOD

Centralizovaná výroba tepla je v posledných desaťročiach štandardným spôsobom zabezpečovania tejto energie pre obyvateľov miest aj v Slovenskej republike. Výroba dostatočného množstva tepelnej energie si vyžaduje aj kvalitné technologické zariadenie, v ktorom sa pri relatívne efektívnom spracovaní rôznych surovín produkuje aj určité množstvo odpadových látok. Od ich následného spracovania, alebo uskladnenia sa odvíja aj potenciálny dopad na kvalitu životného prostredia, a v konečnom dôsledku aj na zdravie obyvateľov

najmä v najbližšom okolí energetického zariadenia. Nespracovávané odpadové zvyšky sú uskladňované na skládkach, odkiaľ sú spravidla vetrom a vodou rozptyľované do okolia. Kvalita a kvantita nespracovávaných zvyškov má priamy vplyv na kvalitu pôdy, podzemnej a povrchovej vody, rastlín, živočíchov a samozrejme aj na ľudí.

Zvolenská teplárenská a.s. je organizácia, ktorá na výrobu tepla v tepelnej elektrárni využíva odsírené hnedé uhlie, drevené štiepky a zemný plyn. Zvyšky po spaľovaní - popol - sú transportované pomocou prúdiacej vody na neďaleké odkalisko, kde sedimentujú a sú ukladané na kopy, odkiaľ sú príležitostne odvážané odberateľmi. Z kôp sa drobné čiastočky popola prúdením vetra rozptyľujú do okolitej krajiny, ovplyvňujú kvalitu zeleniny a ovocia v blízkej záhradkárskej osade, zdravotný stav lesných porastov, zvierat aj ľudí. V rámci hľadania prírode blízkeho riešenia tejto situácie sa výskum zamerlal na možnosti využitia húb pri stabilizácii prachových častíc popola a pre dosiahnutie pozitívnych zmien chemického zloženia popola, čo by malo v konečnom dôsledku viesť k zamedzeniu rozptyľovania popola do okolia a celkove aj k revitalizácii skládky

PROBLEMATIKA PRÁCE

V rámci realizácie projektu ekologizácie zdroja v Zvolenskej teplárenskej sa od roku 2008 ako palivo používa nízko sírne hnedé uhlie, drevná štiepka a zemný plyn (www.zvtp.sk). Uvedenými opatreniami sa dosiahlo zníženie emisií SO₂ pod úroveň aj v súčasnosti platného emisného limitu. Ročne sa vo výrobnom procese spotrebuje až 80 tisíc ton drevnej štiepky, čo prispieva k obmedzeniu emisií oxidov síry a skleníkových plynov do ovzdušia. Ročná produkcia popola je po rekonštrukcii na úrovni 15 tisíc ton. Spoločnosť zabezpečuje odvoz a druhotné využitie popolčeka z odkaliska a v podstate celá produkcia popolčeka sa odváža pre jeho druhotné využitie pri rekultivácii starých ťažobných priestorov (www.zvtp.sk). Napriek tomu negatívny dopad emisií popoa na okolitú krajinu je evidentný a vyžaduje si hľadanie ďalších možností ekologickej stabilizácie či dekompozície.

Huby sú prirodzenou a nenahraditeľnou súčasťou prírody. Majú významnú schopnosť rozkladať rastlinné polyméry, mineralizovať ich, uvoľňovať aj uskladňovať rôzne prvky a ióny a taktiež akumulovať toxické látky. Pomáhajú výmene energie medzi nadzemnými a podzemnými systémami. Huby dokážu meniť permeabilitu pôdy a výmenu pôdnych iónov a detoxikovať kontaminovanú pôdu. Dôležitou úlohou jedlých a liečivých húb je pôsobiť ako remediátori, dokážu meniť priepustnosť pôdy a tiež detoxikovať kontaminovanú pôdu (PLETSCH a kol. 1999).

Odstraňovanie odpadov hubami je v prírode známa vec už po stáročia. Počas posledných desaťročí huby začali byť využívané pri odstraňovaní širokého spektra odpadov a odpadových vôd a tiež sa potvrdili možnosti využitia húb pri bioremediácii rôznych nebezpečných a toxických látok v pôde a rôznych sedimentoch. Huby dokážu odstraňovať kovy, degradovať a mineralizovať fenoly, chlórované fenolové zlúčeniny, ropné uhľovodíky, polycyklické aromatické uhľovodíky, polychlórované bifenyly, chlórované insekticídy a pesticídy, farby, biopolyméry a rôzne ďalšie látky (SINGH 2006).

Činnosť húb spôsobujúcich bielu hnilobu sa testuje pri rozklade lignínu už viac ako pol storočia. Po objavení extracelulárnych enzýmov rozkladajúcich lignín v bazídiovej hube *Phanerochaete chrysosporium* (BUMPUS a kol. 1985), začala sa táto huba testovať v bioremediácii. Okrem tejto huby je však známych viacero ďalších lignivorných druhov, ktoré sú schopné rozkladať odpadové látky, napr. *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Bjerkandera adusta*, *Lentinula edodes* či *Irpex lacteus*. Huby spôsobujúce bielu hnilobu dreva sú už základom celého systému bioremediácie pomocou húb.

Výskum, ktorý je zaujímavý aj z hľadiska našej aktuálnej problematiky, bol zameraný na využitie schopností húb na rekonštrukciu poškodeného územia, s cieľom obohatiť organicky chudobný substrát skládky popola bukovými štiepkami s inokulovanou lignivornou hubou a pripraviť toto územie pre zalesnenie. Na inokuláciu bolo použitých 6 produkčných kmeňov druhu *Pleurotus ostreatus*. Hliva bola vybratá vzhľadom na jej jednoduché pestovanie, vysokú adaptabilitu a schopnosť presadiť sa voči iným hubám. Jej činnosťou sa rhizosféra obohacuje o organické zložky, mikrobiálne a hubové spoločenstvá, ako je napríklad mykoríza, čo v konečnom dôsledku umožňuje znižovať vplyv polutantov (PIŠKUR a kol. 2007).

Cieľom nášho výskumu bolo predovšetkým otestovanie schopnosti hlivy ustricovitej rásť v prostredí s popolom, viazať a stabilizovať čiastočky popola, pozitívne ovplyvňovať chemické zloženie substrátu na skládke a napomôcť tak potenciálnej revitalizácii skládky popola.

Podmienky prostredia a faktory, ktoré môžu ovplyvniť hubovú biodegradáciu, je potrebné zohľadniť v rámci prípravy projektu. LAMAR a WHITE (2001) navrhovali postup rozdelený do 4 krokov: zvažovanie potenciálnej účinnosti, pilotné terénne testovanie, produkcia inokula a úplná realizácia ozdravných opatrení (LAMAR a WHITE 2001).

METODIKA

V rámci tvorby metodiky výskumu sme sa sústredili na tri základné body: materiál, prostredie a postup. Na základe predbežného zhodnotenia situácie priamo na skládke popola boli ako základné prvky výskumného materiálu zvolené dve kvalitatívne odlišné formy popola. Popol “suchý”, t.j. čerstvý, ktorý je bezprostredne po odstránení zo spaľovacej komory. Popol “mokrý”, ktorý je po vyplavení vodou a sedimentovaní v odkaliskách nahrnutý na kope a približne 1-2 mesiace pripravený na odvoz zo skládky.

Na základe skúseností z predchádzajúceho výskumu autora (PAVLÍK a PAVLÍK 2013), ako aj na základe výsledkov výskumu iných autorov (STAMETS 2005; PIŠKUR a kol. 2007), boli na bioremediáciu popola vybrané 4 rôzne produkčné kmene hlivy ustricovitej *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P.Kumm. Všetky boli poskytnuté špecializovanou firmou MYKOFORREST – Martin Rajtar a boli vybrané zo zbierky čistých kultúr Mykoforest Type Culture Collection (MFTCC).

Ako dôležitá súčasť substrátu v rámci aplikácie mykoremediácie bolo použité bukové drevo, ktoré je prirodzeným substrátom pre rast hlivy ustricovitej, pričom bolo použité vo forme štiepok.

Prvotné testovanie rastových schopností hlivy v prostredí s prímiesou popola zo skládky, bolo realizované v laboratórnych podmienkach od apríla roku 2015. Zmes jemných bukových štiepok, pšeničných otrúb, vápna bola zaliata vodou počas 24 hodín. Následne bol substrát po odstránení prebytočnej vody v množstve 500 g zmiešaný s 50 g popola a inokulovaný 50 g hlivy ustricovitej na nosiči z jemných bukových štiepok. Takáto zmes bola vytvorená s použitím suchého a mokrého popola a všetkých štyroch produkčných kmeňov hlivy. Prerastanie trvalo 3 mesiace v laboratórnych podmienkach, pri teplote 20-22 °C. Po troch mesiacoch bol substrát vysušený a po patričných úpravách analyzovaný v Centrálnom lešníckom laboratóriu Národného lešnickeho centra vo Zvolene.

Na základe zhodnotenia prerastania jednotlivých produkčných kmeňov substrátom sme vybrali dva produkčné kmene – X12 a 272, ktoré boli v auguste 2015 použité pri terénnom experimente priamo na skládke popola pri tepelnej elektrárni. Výskumná plocha obsahovala 5 rovnakých plôšok. Dve plôšky boli inokulované hlivou X12 a dve hlivou 272, stredná plôška bola kontrolná – tvorená len popolom zo skládky. Do plôšok boli postupne vmiešavané vrstvy hrubých bukových štiepok, vrstva jemných bukových štiepok a inokulum hlivy prerastené na bukových štiepkach, potom ďalšia vrstva jemných štiepok, vrstva hrubých štiepok a na koniec krycia vrstva popola. Plôšky boli prekryté pevne uchytenou tieniacou sieťovinou a každá bola poliata vodou. Celá výskumná plocha bola oplotená a v nasledujúcich

dvoch rokoch bol sledovaný stav prerastania, v prirodzených podmienkach, bez akýchkoľvek zásahov do plôšok. V júli 2017 boli z plôšok odobrané vzorky popola z vrstvy 0-5 cm, 6-15 cm a 16-30 cm, ktoré boli následne analyzované v Centrálnom lesníckom laboratóriu.

Uhlík, dusík boli merané prístrojom N/C/S Elementary FLASH 1112, fy Thermo Finnigen. Prvky Al, Fe, As, Co, Cd, Pb, Ni boli merané atómovým emisným spektrometrom AES -ICP 725 fy Radial fy Varian. Prvok Cu bol stanovený technikou AAS-F flame atomic absorption spectrometry atómovým absorpčným spektrometrom fy Thermo Scientific iCE 3000. Ortuť bola meraná princípom AAS-AMA atómovou absorbčnou spektrometriou jednúčelovým analyzátorom AMA 254 fy Altec.

VÝSLEDKY

Výsledky laboratórnej časti výskumu z roku 2015 sú v Tabuľke 1. Vzhľadom na metodiku výskumu v terénnych podmienkach sme sa pri analyzovaní výsledkov zamerali najmä na pokusy s mokrým popolom, produkčnými kmeňmi hlivy X12 a 272, ako aj na výsledky z kontrolných vzoriek bez prímiesy popola. Mokrý popol, vystavený pôsobeniu poveternostných činiteľov, má výrazne vyššiu kyslosť, nižší obsah uhlíka, dusíka ako aj P, Ca, Mg, K, Na, Al a tiež Cd. Vyššie hodnoty boli zistené najmä pri Fe, Cu a Mn. Prítomnosť bukových štiepok a pôsobenie húb má výrazný vplyv na pokles hodnoty pH, pri mokrom popolčeku nárast hodnôt obsahu N, Ca, P, K, B, Zn, Cd, Pb a pokles obsahu Mn, Fe, Al, Cu.

Porovnanie výsledkov analýz plodníc hlivy vytvorených na substráte bez popola a s prímiesou mokrého popola potvrdili predpoklad o schopnosti húb absorbovať zo substrátu nielen do mycélia, ale aj do plodníc významné množstvá zdraviu škodlivých prvkov. Toto je evidentné pri zvýšenom obsahu Na, Fe, Mn, B, ale najmä Cu, Al a čiastočne aj Pb. Pri hodnotení výsledkov je potrebné zohľadniť, že sa jednalo o laboratórny test, s úpravou substrátu a relatívne krátkou dobou vzájomnej expozície húb a substrátu s popolom. Tieto výsledky však boli zaujímavé z pohľadu ďalšieho výskumu a pri hodnotení výsledkov terénneho, výrazne dlhšieho, pokusu.

Vyhodnotenie obsahu vybraných prvkov zo vzoriek popola, odobraných z vrstiev 0-5 cm, 6-15 cm a 16-30 cm v roku 2017 je v Tabuľke 2. Cieľom terénnej časti výskumu bolo zistiť, ako sa menia vlastnosti popola v prítomnosti hlivy a bukových štiepok. V najvrchnejšej časti výskumnej vzorky (- kopy popola) je najväčšia koncentrácia huby a dreva, teda aj výrazný rozdiel najmä pri pH, C, Al, Cu, As, Co, Pb a Ni.

Tabuľka 1 Výsledky laboratórných testov z roku 2015
Table 1 Protocol on laboratory tests from 2015

| Číslo vzorky No. of sample | vzorka sample | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. |
|-------------------------------|------------------|---------------------|----------------|----------------|-------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | pH-H ₂ O | C _T | N _T | P | Ca | Mg | K | Na | Mn | Fe | B | Al | Cu | Zn | Cd | Pb |
| | | - | g/kg | g/kg | g/kg | g/kg | g/kg | g/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 15-1840 | SP | 11,24 | 61,3 | 1,46 | 3,165 | 65,4 | 20,0 | 21,2 | 30 641 | 912 | 37 714 | 279 | 68 134 | 94,1 | 143,7 | 0,492 | 0,038 |
| 15-1841 | MP | 8,30 | 30,5 | 0,12 | 1,015 | 24,3 | 5,62 | 3,65 | 2 766 | 1 074 | 51 581 | 172 | 30 824 | 240 | 63,8 | 0,006 | 0,035 |
| 15-1842 | BC | 5,80 | 525,0 | 1,59 | 0,398 | 4,43 | 0,516 | 1,79 | 133,1 | 43,9 | 90,3 | 4,98 | 65,5 | 3,95 | 40,3 | 0,098 | 0,003 |
| 15-2024 | FB-K | - | 40,6 | 6,95 | 13,1 | 0,127 | 1,66 | 34,8 | 151 | 14 | 109 | 1,15 | 78,6 | 18,2 | 83,0 | 0,285 | 0,003 |
| 15-2025 | FB-SP | - | 35,1 | 2,96 | 9,09 | 4,92 | 1,72 | 32,1 | 601 | 28 | 862 | 9,75 | 740 | 42,0 | 67,9 | 0,278 | 0,005 |
| 15-2030 | SP+X12 | 6,46 | 26,9 | 0,330 | 1,82 | 56,1 | 8,61 | 9,68 | 11 087 | 421 | 12 699 | 108 | 24 538 | 37,5 | 98,2 | 0,629 | 0,159 |
| 15-2031 | SP+272 | 6,80 | 18,3 | 0,786 | 1,86 | 58,5 | 9,17 | 10,6 | 11 952 | 453 | 13 351 | 113 | 26 468 | 38,2 | 95,6 | 0,538 | 0,471 |
| 15-2199 | SP+184 | 6,55 | 21,3 | 0,493 | 1,86 | 59,1 | 9,23 | 10,5 | 11 247 | 27,1 | 14,7 | 445 | 107 | 37,5 | 104 | 0,184 | 0,593 |
| 15-2200 | SP+P15 | 6,98 | 22,5 | 0,692 | 1,68 | 48,3 | 7,89 | 8,70 | 9 581 | 22,0 | 11,5 | 366 | 100 | 31,7 | 80,1 | 0,470 | 0,006 |
| 15-2201 | MP+X12 | 6,01 | 24,5 | 1,10 | 3,16 | 55,0 | 4,64 | 4,72 | 1 459 | 10,9 | 16,6 | 402 | 58,2 | 41,7 | 79,9 | 0,267 | 0,230 |
| 15-2202 | MP+272 | 5,61 | 23,8 | 1,08 | 3,54 | 50,6 | 4,06 | 5,23 | 978 | 9,81 | 13,6 | 368 | 58,7 | 41,6 | 87,2 | 0,277 | 0,526 |
| 15-2203 | MP+184 | 8,05 | 27,1 | 1,40 | 3,22 | 59,1 | 4,84 | 5,53 | 1 166 | 13,6 | 19,1 | 472 | 82,6 | 50,3 | 101 | 0,401 | 0,073 |
| 15-2204 | MP+P15 | 5,80 | 28,6 | 0,680 | 2,90 | 51,6 | 4,08 | 4,60 | 1 081 | 11,7 | 18,4 | 414 | 71,8 | 44,7 | 91,6 | 0,352 | 0,062 |
| 15-2205 | K+184 | 5,78 | 34,8 | 1,56 | 7,66 | 61,7 | 4,03 | 7,27 | 312 | 0,391 | 0,323 | 189 | 8,68 | 8,19 | 116 | 0,211 | 1,174 |
| 15-2206 | K+P15 | 5,38 | 40,5 | 1,22 | 5,47 | 47,6 | 2,79 | 5,02 | 230 | 0,287 | 0,214 | 138 | 6,53 | 6,20 | 74,1 | 0,221 | 1,118 |
| 15-2207 | K+X12 | 5,52 | 41,9 | 1,64 | 5,23 | 48,8 | 2,83 | 4,73 | 235 | 0,283 | 0,197 | 145 | 8,47 | 6,59 | 73,3 | 0,143 | 1,441 |
| 15-2208 | K+272 | 5,78 | 38,4 | 0,738 | 6,78 | 56,1 | 3,45 | 6,15 | 259 | 0,347 | 0,220 | 150 | 7,21 | 7,48 | 98,7 | 0,165 | 0,623 |

Vysvetlivky / Explanations: SP suchý popol / dry ash ; MP mokrý popol / wet ash
 FB- K plodnica z kontrolnej vzorky / fruiting-body from sample without ash
 FB-SP plodnica zo vzorky so suchým popolom / fruiting-body from sample with dry ash

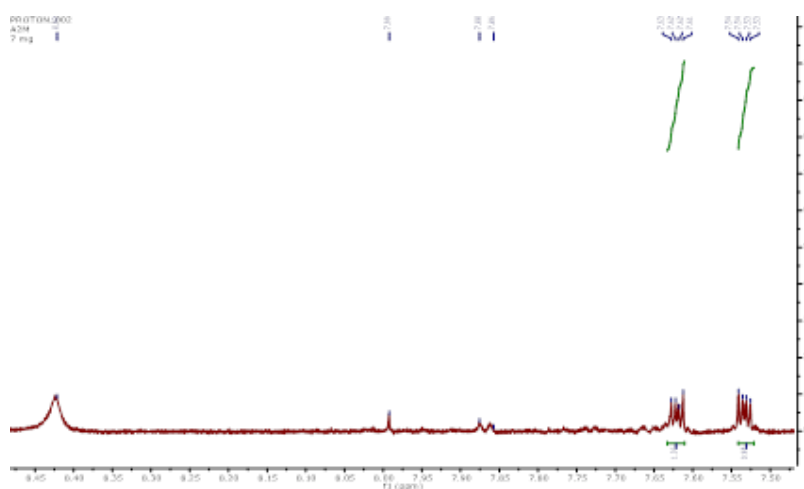
Huby svojou činnosťou určité látky štiepia, uvoľňujú do prostredia (- ich obsah v popole rastie) a určité látky absorbujú do mycélia (- ich podiel v popole klesá). Takto možno vysvetliť zmeny v obsahu C, N, Fe – obsah vo vzorke kontrolnej je v porovnaní so vzorkami s hlivou nižší. Tieto prvky sa na základe činnosti hlivy uvoľňujú do popola. Naopak, obsah ťažkých kovov vo vzorkách popola odobratého zo substrátov s primiešanou hlivou a bukovými štiepkami je oproti kontrolnej, čisto popolovej vzorke, nižší. Obsah Pb je v kontrolnej vzorke vyrovnaný, no vo vzorkách s hlivou výrazne kolíše a spravidla je výrazne nižší. Obsah Cu, As, Hg, Co vo vzorke kontrolnej smerom do vnútra s hĺbkou stúpa, vo vzorke s hlivou je vcelku nižší. Možno teda predpokladať, že ťažké kovy sú absorbované do mycélia hlivy v rámci popolovej vzorky.

Tabuľka 2 Výsledky laboratórných testov z roku 2017 (terén)
Table 2 Protocol on laboratory tests from 2017 (field samples)

| Číslo vzorky No. of sample | prod.kmeň strain P.ostreatus | hĺbka depth (cm) | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------|----------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | pH in H ₂ O | C _T | N _T | Al | Fe | Cu | As | Co | Cd | Pb | Ni | Hg |
| | | - | g/kg | g/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 17-0744 | X12 | 0-5 | 5,96 | 51,4 | 0,609 | 17 270 | 49 957 | 73,1 | 8,47 | 15,3 | ≤ 0,4 | 11,50 | 33,96 | 0,090 |
| 17-0746 | X12 | 6-15 | 8,33 | 24,9 | 0,634 | 22 909 | 53 623 | 84,3 | 23,7 | 17,4 | ≤ 0,4 | 8,85 | 40,24 | 0,094 |
| 17-0747 | X12 | 16-30 | 8,94 | 36,4 | 0,522 | 21 601 | 50 819 | 88,5 | 20,3 | 18,3 | ≤ 0,4 | 7,43 | 43,06 | 0,090 |
| 17-0748 | 272 | 0-5 | 7,57 | 61,3 | 0,469 | 22 438 | 36 860 | 89,3 | 24,4 | 19,3 | ≤ 0,4 | 9,80 | 39,43 | 0,142 |
| 17-0749 | 272 | 6-15 | 8,80 | 28,4 | 0,431 | 29 757 | 45 604 | 123 | 35,8 | 25,7 | ≤ 0,4 | 13,15 | 50,15 | 0,243 |
| 17-0750 | 272 | 16-30 | 9,09 | 18,1 | 0,202 | 26 593 | 47 563 | 95,0 | 33,9 | 22,9 | ≤ 0,4 | 8,73 | 47,20 | 0,168 |
| 17-0751 | K | 0-5 | 8,90 | 43,6 | 0,829 | 24 013 | 40 193 | 84,4 | 34,2 | 19,4 | ≤ 0,4 | 11,21 | 41,46 | 0,158 |
| 17-0752 | K | 6-15 | 8,99 | 12,9 | 0,161 | 26 322 | 43 454 | 89,9 | 27,5 | 20,0 | ≤ 0,4 | 10,40 | 46,35 | 0,145 |
| 17-0753 | K | 16-30 | 9,06 | 35,0 | 0,354 | 26 816 | 45 706 | 111,8 | 31,2 | 22,7 | ≤ 0,4 | 10,07 | 47,05 | 0,161 |

Vysvetlivky / Explanations: K kontrolná vzorka, bez huby / control sample, without of fungus

Pre zisťovanie prítomnosti polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAH) boli na Ústave farmaceutickej chémie UVLF v Košiciach vzorky popola počas 24 hodín macerované v 20 mL benzénu a 20 mL 99,5 % metanolu. Ich prítomnosť bola jasne preukázaná vo vzorke macerovanej v metanole. Dvojica signálov (dublet-dubletu) pri 7,53 ppm a 7,62 ppm naznačuje, že v extrakte vzorky popola s hlivou kmeňa X12 sa nachádza para-substituovaný benzén, pričom substituenty v polohe 1- a 4- na aromatickom jadre sú odlišné. Ďalšie signály ležiace pri vyšších hodnotách: 7.86, 7.88, 7.99 a 8.42 ppm naznačujú, že vo vzorke môžu byť prítomné aj heterocyklické zlúčeniny. V oblasti okolo 3.0-4.0 ppm sa nachádzajú signály patriace jednoduchým sacharidom (obrázok 1).



Obrázok 1 Vzorka s produkčným kmeňom X12 macerovaná v metanole

Fig. 1 Sample with strain X12 macerated in methanol

ZÁVER

Ekologické, prírode blízke spôsoby remediácie prírodu zaťažujúcich látok, majú veľkú perspektívu. Využívanie prirodzených dekompozičných schopností drevokazných húb môže pomôcť človeku pri odstraňovaní odpadov, ktoré sú výsledkom aj ľudskej činnosti. Základom úspešného využívania lignivorných húb v bioremediácii je dôkladné poznanie fyziológie húb, biochémie, enzymológie, ekológie, genetiky, molekulárnej biológie a ďalších príbuzných vedných disciplín (PAVLÍK a PAVLÍK 2013).

Výskum v Slovinsku, ktorý je zaujímavý aj z hľadiska našej aktuálnej problematiky, bol zameraný na využitie schopností húb na rekonštrukciu poškodeného územia, s cieľom obohatiť organicky chudobný substrát skládky popola bukovými štiepkami s inokulovanou lignivornou hubou a pripraviť toto územie pre zalesnenie. Na inokuláciu bolo použitých 6 produkčných kmeňov druhu *Pleurotus ostreatus*. Hliva bola vybratá vzhľadom na jej jednoduché pestovanie, vysokú adaptabilitu a schopnosť presadiť sa voči iným hubám

(PIŠKUR a kol. 2007). Výsledky chemických analýz vzoriek popola získané pri prvotnom testovaní rastových schopností hľivy ustricovitej v rámci nášho výskumu, naznačujú možnú perspektívu úspešného využitia tejto huby na účely mykoremediácie v daných podmienkach. Pozitívne skúsenosti s aplikáciou mykoremediácie sú známe z viacerých výskumov aj praktických realizačných projektov.

LAMAR a WHITE (2001) navrhovali postup remediácie rozdelený do 4 krokov: zvažovanie potenciálnej účinnosti, pilotné terénne testovanie, produkcia inokula a úplná realizácia ozdravných opatrení. V našom projekte sme teda pri druhom kroku, ktorý sa zdá byť úspešný a v prípade záujmu objednávateľa je reálna šanca na úspešné zvládnutie aj ďalších dvoch krokov.

LITERATÚRA

- BUMPUS, J.A, TIEN, M, WRIGHT, D, AUST, S.D. (1985). Oxidation of persistent environmental pollutants by a white rot fungus. *Science*, 224: 1434–1436.
- LAMAR, R.T, WHITE, R.B. (2001). Mycoremediation: commercial status and recent developments. In: *Proceedings of the Sixth International Symposium on In Situ and On-Site Bioremediation*, San Diego, CA, 6: 263–278.
- PAVLÍK, M, PAVLÍK, Š. (2013). Wood decomposition activity of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) isolate in situ. *J.of Forest Science*, 59(1): 28–33.
- PIŠKUR, B, JURC, D, ROBEK, R, KRAIGHER, H, POHLEVEN, F. (2007). The mycoremediation of the degraded surfaces by *Pleurotus ostreatus* brevispora. *Int.J.of Med.Mushrooms* 9(3–4): 257.
- PLETSCH, M, DE ARAUJO, B.S, CHARLWOOD, B.W.(1999). Novel biotechnological approaches in environmental remediation research. *Biotechnol.Adv.*17: 679–687.
- SINGH, H. (2006). *Mycoremediation: fungal bioremediation*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, 592 pp.
- STAMETS, P. (2005). *Mycelium Running*. Ten Speed Press. Berkeley, California. 339 s.
<http://www.zvtp.sk/>

Pod'akovanie

Práca vznikla v súvislosti s prípravou projektu KEGA 013TU Z-4/2019.

Adresy autorov:

Ing. Martin Pavlík, PhD. – mrtnpavlik1@gmail.com

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, SK-960 53 Zvolen

Ing. Danica Krupová, PhD.,

Národné lesnícke centrum vo Zvolene, Sokolská 2, SK-960 52 Zvolen

RNDr. Lucia Ungvarská Maľučká, PhD.,

Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, Komenského 73, SK-041 81 Košice

Martin Pavlík

Univerzita Komenského v Bratislave, Šafárikovo námestie 6, SK-814 99 Bratislava 1



**POROVNÁNÍ PŘIROZENÉ ODOLNOSTI EVROPSKÉHO MODŘÍNU
(*Larix decidua*) A SIBIŘSKÉHO MODŘÍNU (*Larix sibirica*)
VŮČI PLÍSNÍM A DŘEVOKAZNÝM HOUBÁM**

**COMPARISON OF THE NATURAL RESISTANCE OF EUROPEAN LARCH
(*Larix decidua*) AND SIBERIAN LARCH (*Larix sibirica*)
AGAINST MOULDS AND DECAYING FUNGI**

ELIŠKA OBERHOFNEROVÁ – LADISLAV REINPRECHT - MILOŠ PÁNEK – IRENA ŠTĚRBOVÁ

ABSTRAKT

Modřínové dřevo je díky své přirozené odolnosti a atraktivnímu vzhledu hojně využíváno na exteriérové konstrukce. V poslední době bývá evropský modřín v našich podmínkách často nahrazován sibiřským modřínem, u kterého se v některých pracích uvádí vyšší přirozená odolnost vůči působení biologických činitelů. Studie se zabývá porovnáním přirozené odolnosti evropského a sibiřského modřínu vůči poškození dřevokaznými houbami dle EN 113 a odolnosti jejich povrchu vůči růstu plísní, a to před i po jejich vystavení urychlenému stárnutí dle EN 927-6. Z výsledků mykologických testů vyplývá, že odolnost zkoušených vzorků sibiřského modřínu vůči dřevokazným houbám a plísním byla nižší ve srovnání s modřínem evropským. Urychlené stárnutí v xenonové komoře výrazně snížilo odolnost obou modřínových dřev vůči růstu plísní.

Klíčová slova: *Larix decidua*, *Larix sibirica*, odolnost, dřevokazné houby, plísně

ABSTRACT

Larch wood is widely used for outdoor construction due to its higher natural durability and attractive appearance. Recently, European larch in our conditions has often been replaced by Siberian larch, which is known for higher natural durability against biological agents according to several studies. The study deals with the comparison of the natural durability of European and Siberian larch against the damage caused by wood fungi using EN 113 and the durability against mould growth of their surface – before and after exposure to artificial weathering test according to EN 927-6. The results of the mycological tests showed that the durability of Siberian larch specimens to wood destroying fungi and moulds was lower than that of European larch. Artificial weathering in the xenon chamber dramatically reduced both European and Siberian larch wood's durability.

Key words: *Larix decidua*, *Larix sibirica*, durability, wood destroying fungi, moulds

ÚVOD

Modřínové dřevo je pro vysokou pevnost, přirozenou odolnost vůči bioataku, estetický vzhled i malý podíl bělového dřeva často vyhledávanou dřevinou pro aplikaci do exteriéru. Zejména v Evropě ho architekti a koncoví zákazníci často upřednostňují před jinými dřevinami (GRÜLL a kol. 2016; RAMETSTEINER a kol. 2007). Klíčovými parametry při výběru materiálu pro dřevěné konstrukce se jeví celková životnost, vzhled a cena (PRŮZKUM 2018). Životnost dřeva může být prodloužena použitím vhodných nátěrových systémů s biocidními složkami. Fungicidní prostředky jsou ale jedny z nejvíce zatěžujících životní prostředí. Proto se hledají i alternativní prostředky ve formě ochrany pomocí esenciálních olejů (OBERHOFNEROVÁ a kol. 2018) nebo samotných extraktivních látek (FERNÁNDEZ-COSTAS a kol. 2017). V mnoha případech se také dřevěné konstrukce nechávají bez nátěru, kdy je pak při výběru vhodné dřeviny rozhodující její přirozená trvanlivost (EN 350 2016).

Přirozená trvanlivost dřeva vůči biotickým škůdcům je v největší míře ovlivňována extraktivními látkami přítomnými v jádrovém dřevě (TAYLOR a kol. 2007). Predikci trvanlivosti modřínu se věnovalo několik studií za použití FT-NIR analýz (GIERLINGER a kol. 2003) i hodnocení barevných parametrů (GIERLINGER a kol. 2004). Modřínové dřevo je typické vysokou kyselostí povrchu a obsahem specifických extraktivních látek – zejména arabinogalaktanů (GRÜLL a kol. 2016). Sibiřský modřín se pak vyznačuje vyšším obsahem pryskyřic (BERGSTEDT a LYCK 2007). Působením venkovních abiotických faktorů (sluneční záření, déšť, vítr, znečištění atd.) dochází k rozkladu chemických komponentů dřeva a jejich postupnému vyplavování z povrchu (PANDEY 2005). Tím se mění povrchové vlastnosti dřeva jako barva, lesk nebo drsnost (OBERHOFNEROVÁ a kol. 2017) a díky vyplavování extraktivních látek dochází ke snižování odolnosti vůči biologickému napadení (REINPRECHT 2012).

Předložená práce se zabývá porovnáním přirozené odolnosti sibiřského a evropského modřínu vůči působení vybraných celulózovorních a jedné ligninovorní dřevokazné houby a stanovením vlivu umělého stárnutí na růst plísní na povrchu modřínového dřeva.

METODIKA

Příprava materiálu

Zkušební vzorky byly připraveny z modřínu evropského (MDE) (*Larix decidua* Mill) s hustotou $\rho_{12} = 632,5 \text{ kg/m}^3$ a modřínu sibiřského (MDS) (*Larix sibirica* Ledeb.) s hustotou $\rho_{12} = 652,7 \text{ kg/m}^3$ od českého prodejce (Artisan dřevoprodej s.r.o.) v rozměrech 50x10x5 mm (LxRxT).

Test umělým stárnutím

Část vzorků byla vystavena 12 týdennímu testu umělým stárnutím v xenonové komoře Q-SUN XE3H (Q-Lab, USA) na základě EN 927-6 (střídání cyklů postřiku destilovanou vodou s cykly UV+VIS záření). Na rozdíl od EN 927-6 bylo použito záření TUV 55 W.m⁻².nm⁻¹ mezi 300-400 nm a teplota na černém panelu byla 55°C (dle normy 0.89 W.m⁻².nm⁻¹ při 340 nm a T=60°C). Tyto vzorky byly vystaveny testu odolnosti vůči plísním.

Mykologické testy s dřevokaznými houbami

Vzorky MDE a MDS byly testovány dle EN 113 v Kolleho baňkách vůči poškození dřevokaznými houbami hnědé hniloby - *Poria placenta* (Freis) Cooke sensu J. Eriksson a *Serpula lacrymans* (Schumacher ex Freis) S.F.Gray a bílé hniloby - *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Freis) Pilat. Pro každý druh dřeva a použité houby byly testovány 4 vzorky. Jako reference byly použity vzorky z běle borovice (*Pinus sylvestris* L.). Výsledky byly stanoveny na základě úbytku hmotnosti po 16 týdnech degradace (1) a znázorněny na grafech s průměry a 95 % oboustrannými intervaly spolehlivosti (program STATISTICA):

$$\Delta m = 100 \times (m_0 - m_{D0}) / m_0 \quad (\%)$$

kde: m_0 = hmotnost vzorku v absolutně suchém stavu před degradací houbou
 m_{D0} = hmotnost vzorku v absolutně suchém stavu po degradaci houbou

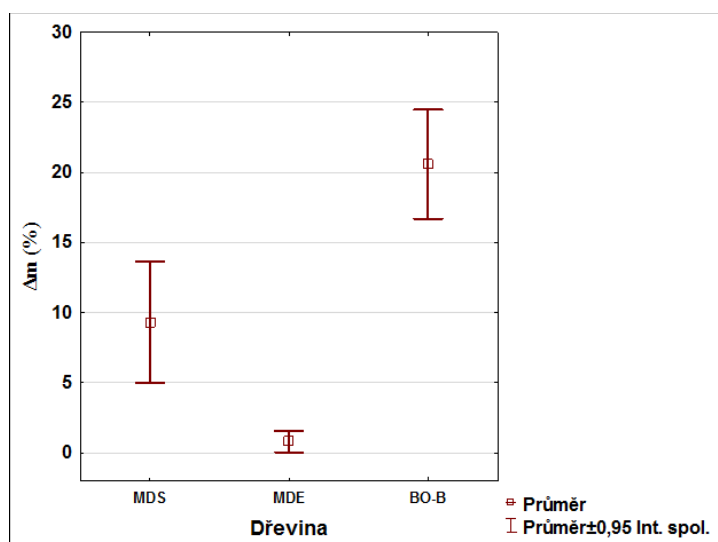
Mykologické testy s plísněmi

Test růstu plísní na povrchu dřeva MDE a MDS před a po vystavení umělému stárnutí v Xenotestu byl proveden na základě STN 49 0604 a vyhodnocen po 4, 7, 14, 21 a 28 dnech růstu plísní v Petriho miskách. Na testování byla využita směs plísní *Aspergillus niger* a *Penicillium brevicompactum*. Pro každý druh dřeviny a stárnutí byly použity 4 vzorky. Vyhodnocení probíhalo vizuálně na základě kontroly průměrného růstu plísní na povrchu zkušebních vzorků podle následujících stupňů:

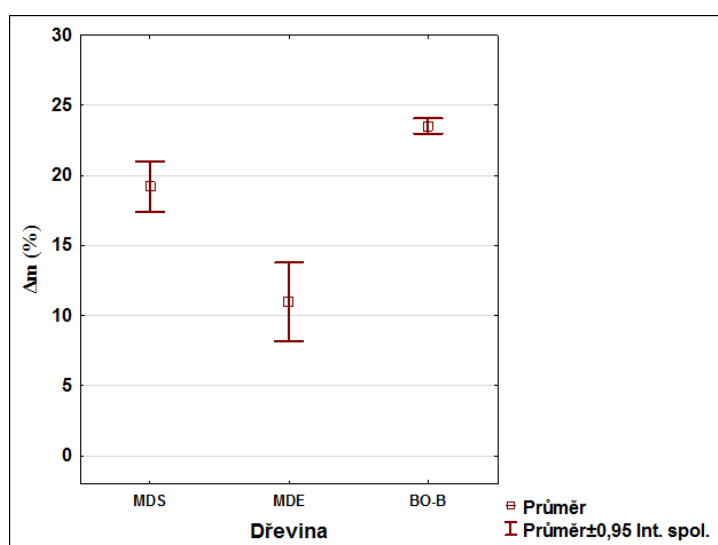
- 0 = žádná plíseň na povrchu vzorku dřeva
- 1 = plíseň do 10 % povrchu vzorku dřeva
- 2 = plíseň nad 10 % a do 25 % povrchu vzorku dřeva
- 3 = plíseň nad 25 % a do 50 % povrchu vzorku dřeva
- 4 = plíseň nad 50 % až do 100 % povrchu vzorku dřeva

VÝSLEDKY A DISKUZE

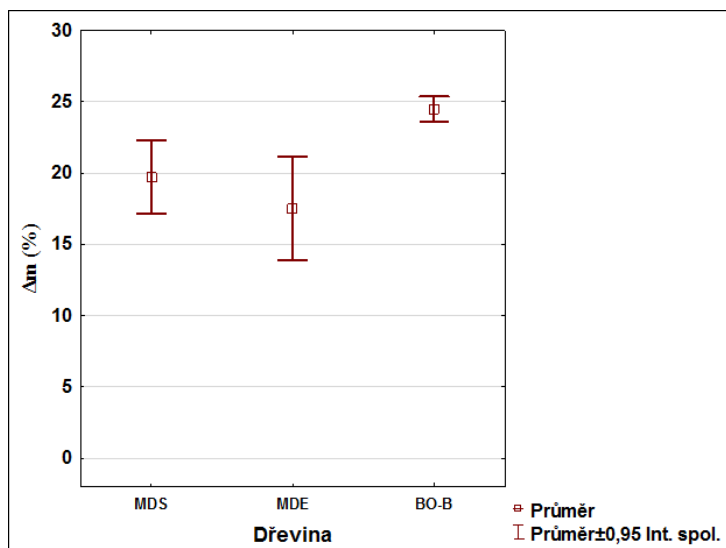
Výsledky mykologických testů s dřevokaznými houbami jsou uvedeny na obrázcích 1-3. Na základě stanovených hmotnostních úbytků byla odolnost MDS vůči hnilobě vlivem dřevokazných hub nižší než odolnost MDE a pohybovala se více méně na úrovni poměrně slabé odolnosti smrkového dřeva. Nejnižší hmotnostní úbytek pro MDE i MDS byl zaznamenán při účinku celulósovorní houby *Poria placenta*, což je v nesouladu s výsledky studie VENÄLÄINENA a kol. (2006). Naopak nejvyšší procentuální úbytek hmotnosti byl pozorován při napadení dřeva obou modřínů ligninovorní houbou *Trametes versicolor* (obr. 1-3).



Obrázek 1 Úbytky hmotnosti dřeva sibiřského modřínu (MDS); evropského modřínu (MDE) a referenční běle borovice (BO-B) po 16 týdnech degradace celulósovorní houbou *Poria placenta*



Obrázek 2 Úbytky hmotnosti dřeva sibiřského modřínu (MDS); evropského modřínu (MDE) a referenční běle borovice (BO-B) po 16 týdnech degradace celulósovorní houbou *Serpula lacrymans*

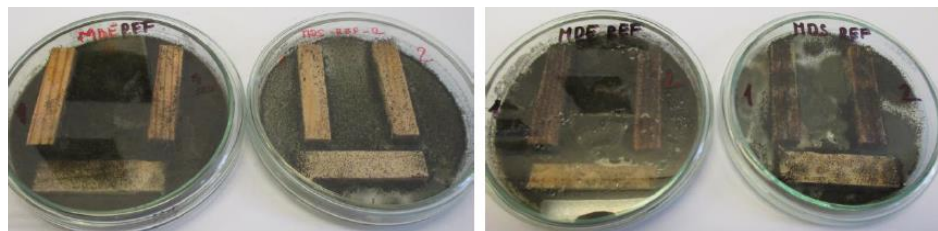


Obrázek 3 Úbytky hmotnosti dřeva sibiřského modřínu (MDS); evropského modřínu (MDE) a referenční běle borovice (BO-B) po 16 týdnech degradace ligninovorní houbou *Trametes versicolor*

Výsledky z růstu plísní na povrchu MDE a MDS jsou na obrázku 4 a v tabulce 1. Při hodnocení růstu plísní byl v prvních dnech testu pozorován částečný pokles odolnosti povrchů obou modřínů vlivem jejich vystavení umělému stárnutí v Xenotestu (tab. 1).

Tabulka 1 Stupeň růstu plísní (dle STN 49 0604 (1980)) na povrchu dřeva evropského a sibiřského modřínu v průběhu 28 denního testu působení směsi plísní *Aspergillus niger* a *Penicillium brevicompactum*

| Dřevina | Umělé stárnutí | 4. den | 7. den | 14. den | 21. den | 28. den |
|-----------------|----------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Modřín evropský | - | 2-3 | 3-4 | 3-4 | 4 | 4 |
| | 12 týdnů | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Modřín sibiřský | - | 3-4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | 12 týdnů | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |



Obrázek 4 Růst plísní na MDE a MDS bez expozice stárnutí (vlevo) a po 12 týdnech umělého stárnutí (vpravo) -fotografie z 28. dne testu

Za příčinu rychlejšího ataku uměle stárnutých vzorku modřínu je možné pokládat rychlou degradaci extraktivních látek a ligninu vlivem UV záření a jejich následné vyplavení vodou (PANDEY 2005, REINPRECHT 2012) (tab. 1 a obr. 4). Dle literatury je u sibiřského modřínu

pozorován vyšší obsah arabinogalaktanů (GRÜLL a kol. 2016; VENÄLÄINEN a kol. 2006), které ale neovlivňují trvanlivost dřeva (obr. 1-3) jako spíše schopnost dřeva adsorbovat vodu (VENÄLÄINEN a kol. 2006). Na přirozené trvanlivosti sibiřského modřínu se dle VENÄLÄINEN a kol. (2006) podílí přítomnost flavonoidů i vodorozpustných extraktivních látek. Dle BAUCHA a kol. (1974) a BERGSTEDTA a LYCKA (2007) je přirozená trvanlivost modřínu ovlivněna zejména fenolickými látkami.

V této práci se neprokázala zvýšená trvanlivost dřeva sibiřského modřínu vůči poškození dřevokaznými houbami a plísněmi ve srovnání s evropským modřínem, ale spíše naopak. Podíl extraktivních látek s biocidním účinkem ve dřevě modřínů je ovšem variabilní, a tím i jejich specifická bio-odolnost bude značně záviset na konkrétním místě a podmínkách během růstu stromu (GIERLINGER a kol. 2003; KARLMAN a kol. 2005; VIITANEN a kol. 1997).

ZÁVĚR

V naší studii sibiřský modřín dosáhl horších výsledků v porovnání s modřínem evropským, a to jak při mykologických testech s dřevokaznými houbami, tak i při testech s plísněmi. V rámci odolnosti vůči hnilobě byl nejvyšší procentuální úbytek hmotnosti u obou dřevin pozorován při jejich ataku ligninovorní houbou *Trametes versicolor*. Při hodnocení odolnosti vůči hnilobě je však nutné vzít v úvahu vysokou variabilitu výsledků spojenou s obsahem extraktivních látek ve dřevě, které vysoce ovlivňují biologickou odolnost dřeva. Prokázala se i zvýšená náchylnost modřínového dřeva k napadení plísněmi po jeho prvotním vystavení umělému urychlenému stárnutí v Xenotestu. Přesto, že je modřínové dřevo považováno za trvanlivé, po jeho vystavení spolupůsobení slunečního záření a dešťových srážek je v jistých případech nutné počítat se zkrácením životnosti dřevěných prvků v exteriéru.

LITERATURA

- BAUCH, J., SCHWEERS, W., BERNDT, H. (1974). Lignification during heartwood formation: comparative study of rays and bordered pit membranes in coniferous woods. *Holzforschung* 22: 144–153.
- BERGSTEDT, A.; LYCK, CH. (2007). Larch Wood: A Literature Review. Forest & Landscape Working Papers no. 23-2007. Forest & Landscape Denmark. ISBN 978-87-7903-337-5
- EN 113 (1996). Wood preservatives – Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying basidiomycetes – Determination of the toxic values, European Committee for Standardization, Belgium.
- EN 350 (2016). Durability of wood and wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. European Committee for Standardization, Brussels.

- EN 927-6 (2006). Paints and varnishes. Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV lamps and water, European Committee for Standardization, Belgium.
- FERNÁNDEZ-COSTAS, C., PALANTI, S., CHARPENTIER, J. P., SANROMÁN, M. A., MOLDES, D. (2017). A sustainable treatment for wood preservation: enzymatic grafting of wood extractives. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(9): 7557–7567.
- GIERLINGER, N., JACQUES, D., GRABNER, M., WIMMER, R., SCHWANNINGER, M., ROZENBERG, P., PÂQUES, L. E. (2004). Colour of larch heartwood and relationships to extractives and brown-rot decay resistance. *Trees*, 18(1): 102–108.
- GIERLINGER, N., JACQUES, D., SCHWANNINGER, M., WIMMER, R., HINTERSTOISSER, B., PÂQUES, L. E. (2003). Rapid prediction of natural durability of larch heartwood using Fourier transform near-infrared spectroscopy. *Canadian journal of forest research*, 33(9): 1727–1736.
- GRÜLL, G., FORSTHUBER, B., ECKER, M. (2016). Sensitivity of waterborne coating materials to high acidity and high content of Arabinogalactan in larch heartwood. *Progress in Organic Coatings*, 101: 367–378.
- KARLMAN, L., MÖRLING, T., MARTINSSON, O. (2005). Wood density, annual ring width and latewood content in larch and Scots pine. *Eurasian Journal of Forest Research*, 8(2): 91–96.
- OBERHOFNEROVÁ, E., PÁNEK, M., BÖHM, M. (2018). Effect of Surface Pretreatment with Natural Essential Oils on the Weathering Performance of Spruce Wood. *BioResources*, 13(3): 7053–7070.
- OBERHOFNEROVÁ, E., PÁNEK, M., GARCÍA-CIMARRAS, A. (2017). The effect of natural weathering on untreated wood surface. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(2), 173-184.
- PANDEY, K.K. (2005). Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. *Polymer Degradation and Stability*, 90(1): 9–20.
- Průzkum (2017). Vztah ke dřevu. Průzkum agentury Stemmark, zpracovala Jitka Zítková. Financováno projektem Rozšíření a podpora transferu technologií a znalostí na ČZU realizací aktivit „proof-of-concept“, reg. č. CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_023/0000111-Aktivita KZ04 - Vývoj fasádního prkna se zvýšenou životností a barevnou stálostí.
- RAMETSTEINER, E. OBERWIMMER, R., GSCHWANDTL, I. (2007). *Europeans and Wood. What do Europeans think about wood and its uses? A review of consumer and business surveys in Europe.* Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe Liaison Unit Warsaw.
- REINPRECHT, L. (2012). *Ochrana dreva. 2. vydání*, Technical University in Zvolen, Slovakia, 453 p. ISBN: 978-80-228-2351-7.
- STN 49 0604 (1980). *Ochrana dreva. Metódy stanovenia biocídnych vlastností ochranných prostriedkov na drevo*, Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo, Bratislava, Slovenská republika.
- TAYLOR, A.M., GARTNER, B.L., MORRELL, J.J. (2007). Heartwood formation and natural durability—a review. *Wood and fiber science*, 34(4): 587–611.
- VENÄLÄINEN, M., HARJU, A.M., TERZIEV, N., LAAKSO, T., SARANPÄÄ, P. (2006). Decay resistance, extractive content, and water sorption capacity of Siberian larch (*Larix sibirica* Lebed.) heartwood timber. *Holzforschung*, 60(1): 99-103.

VIITANEN, H., PAAJANEN, L., SARANPÄÄ, P., VIITANIEMI, P. (1997). Durability of larch (*Larix* spp) wood against brown-rot fungi. The International Research Group on Wood Preservation, Stockholm, Sweden.

Poděkování

Studie vznikla a byla financována v rámci projektu Rozšíření a podpora transferu technologií a znalostí na ČZU realizací aktivit „proof-of-concept“ reg. č. CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_023/0000111 – KZ 04 – Vývoj fasádního prkna se zvýšenou životností a barevnou stálostí. Za technickou pomoc děkujeme Mgr. Janettě Kapustové.

Adresy autorů

Ing. Eliška Oberhofnerová – oberhofnerova@fld.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha, Česká republika

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc. – reinprecht@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

doc. Ing. Miloš Pánek, Ph.D. – panekmilos@fld.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha, Česká republika

Ing. Irena Štěrbová – irena.sterbova94@gmail.com

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha, Česká republika

**ZNÍŽENIE PLESNIVENIA BUKOVÝCH PRÍREZOV****REDUCTION OF MOULDING ON BEECH TIMBERS****IVAN KLEMENT – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – TATIANA VILKOVSKÁ****ABSTRAKT**

Predložený príspevok sa zaoberá znížením plesnivenia pareného bukového dreva s použitím fyzikálnej ochrany, a to so zmenou teploty počas procesu sušenia dreva alebo chemickou ochranou. Zvýšenie teploty sušenia zo 45 °C na 55 °C nemalo významný vplyv na zníženie rastu plesní na povrchu parného bukového dreva. Najvyššiu protiplesňovú účinnosť mali fungicídy 1 % IPBC, 3 % H₃BO₃ a 3 % BAC (z pohľadu krátkodobej ochrany), ktoré úplne potlačili rast plesní na povrchu. Naopak 1 % suspenzia nano ZnO a Plesnistop (ako komerčný produkt) boli úplne neúčinné.

Kľúčové slová: buk, plesne, parametre sušenia, fungicíd

ABSTRACT

The present paper deals with the reduction of the mould activity on steamed beech wood by using a physical protection with change the temperature during the process of the wood drying or by the chemical wood protection. The increase of the drying temperature from 45°C to 55°C did not have a significant effect on the reduction of the mould growth on surface of the steamed beech wood. The highest anti-moulding activity had 1% IPBC, 3% H₃BO₃ and 3% BAC fungicide (in short-term protection), which completely inhibited the mould growth on the surface. On the other hand, 1% suspension of nano ZnO and Plesnistop (as a commercial fungicide product) was completely ineffective.

Key words: beech, mould, drying parameters, fungicide

ÚVOD

Kvalita produktov, ekológia, bezpečnosť a produktivita práce sú základné piliere, na ktorých stoja súčasné drevospracujúce podniky. Pracovné prostredie a jeho podmienky sú jedným z faktorov, ktoré vplyvajú na výkonnosť ľudí pracujúcich v ňom. Z hľadiska životného prostredia ovplyvňujú pracovné podmienky mnohé biologické faktory, akými sú napr. plesne. S kontamináciou povrchu dreva plesňami sú spojené viaceré zdravotné riziká ľudí dlhodobo s nim pracujúcich (BETINA 1990, VIDHOLDOVÁ et al. 2017).

PROBLEMATIKA PRÁCE

V technológiách prvostupňového spracovania listnatého dreva je používaná technológia hydrotermickej úpravy dreva parením. Jej cieľom je dosiahnutie rovnomerného sfarbenia dreva na celom priereze a odstránenie neharmonických kontrastov. Táto technológia sa nazýva farebná egalizácia dreva a jednou z drevín, ktorá je takto farebne modifikovaná je buk lesný (KLEMENT a VILKOVSKÁ 2016). Po modifikácii nasleduje proces sušenia. Červeno-hnedé zafarbenie u buka zapríčiňujú chromofóry lignínu. Medzi tieto chromofóry patria dvojité väzby a karboxylové skupiny konjugované s benzénovým jadrom, ktorých účínok môžu ešte zvyšovať auxochrómy ($-OH$, $-OCH_3$).

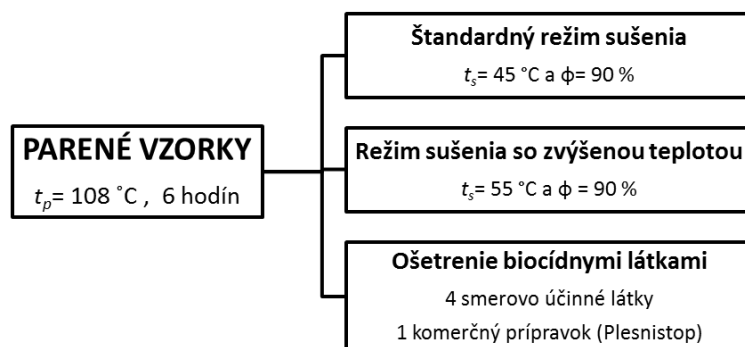
Intenzita dosiahnutého zafarbenia a jeho rovnomernosť na celom priereze bukového dreva závisí od času a teploty hydrotermickej úpravy, t.j. režimu (BUČKO 1995). Okrem zafarbenia získa bukové drevo aj slabo octový zápach, ktorý je zapríčinený vznikom kyseliny octovej odštiepením acetylových skupín z hemicelulóz a tiež 2-furaldehydu, ktorý vznikol dehydratáciou monóz hlavne z D-xylózy. Najrýchlejšie sa sfarbenie mení na začiatku parenia, v ďalšom priebehu farebné zmeny postupujú pomalšie. Čerstvé bukové drevo dosahuje rovnomernejšie a sýtejšie sfarbenie ako čiastočne predsušené. Nakoľko pri parení dochádza k zvýšeniu sacharidov na povrchu dreva, tiež sa vytvoria optimálne podmienky pre jeho následné napadnutie plesňami. Napr. *Monilia sitophilla* sa objavuje na povrchu reziva už niekoľko hodín po parení. Nepreniká do väčšej hĺbky a ďalšiemu spracovaniu neprekáža. Pri pomalom sušení a nesprávnom uložení reziva sa rozširujú ďalšie plesne z rodu *Penicillium*, ktoré spôsobujú modrozelenočierné sfarbenie dreva, prenikajúce tesne pod povrch dreva a znehodnocujú najmä jeho vzhľad. Príčinou zníženia odolnosti pareného bukového dreva je zvýšenie množstva pentozánov na jeho povrchu a sterilizácia pôvodnej bakteriálnej flóry v priebehu parenia, čím sú vytvorené optimálne podmienky pre rast plesní. Optimálne životné podmienky plesní sú v rozmedzí teplôt 27–37 °C pri relatívnej vlhkosti vzduchu $\varphi = 85\text{--}99\%$ (VIITANEN a RITSCHKOFF 1991). Parením sa nezabezpečuje absolútna odolnosť dreva voči plesniam i keď jeho dočasná sterilizácia je nesporná (TREBULA a KLEMENT 2002). Zníženie tvorby plesňového porastu na parených bukových prírezoch je možné zmenou podmienok pri sušení alebo chemickou ochranou.

Zmena expozičných podmienok bez použitia chemických ochranných prostriedkov je alternatíva preferovaná spracovateľmi dreva z dôvodu finančného a ekologického.

Cieľom príspevku bolo znížiť plesnivenie parených bukových vzoriek zmenou podmienok v procese sušenia, a to spôsobom zvýšenia teploty sušiaceho prostredia alebo spôsobom povrchového ošetrovania vzoriek chemickými biocídnymi prostriedkami.

METODIKA

V experimente boli použité parené bukové vzorky o rozmeroch $56 \times 65 \times 200$ mm. Režim parenia bol pri teplote $t_p = 108$ °C počas 6 hodín. Priemerná vlhkosť parených bukových vzoriek w_a pred sušením bola $53 \pm 1,2$ %. Následne boli zvolené fyzikálne a chemické úpravy (obr. 1), ktorými sa malo znížiť plesnivenie povrchu parených vzoriek .



Obrázok 1 Schéma rozdelenia vzoriek

V prvej skupine vzoriek bol aplikovaný režim, ktorý je štandardne používaný na sušenie parených prírezov v praxi, a to s parametrami sušiaceho prostredia $t_s = 45$ °C a $\phi = 90$ %.

V druhej skupine vzoriek bol aplikovaný režim so zvýšenou teplotou, a to s parametrami sušiaceho prostredia $t_s = 55$ °C a $\phi = 90$ %.

Tretia skupina vzoriek bola ošetrovaná fungicídnyimi látkami (tab. 1), z ktorých boli 4 samostatné smerovo účinné látky a 1 látka bol komerčný prípravok (Plesnistop). Vzorky boli ošetrované spôsobom máčania po dobu 10 minút..

Tabuľka 1 Základné informácie o aplikovaných biocídnyimi látkach

| Biocídne látky (účinná látka) | Koncentrácia [%] | Rozpúšťadlo |
|--|----------------------------------|------------------|
| IPBC (3-jód-2-propynyl-butyl-karbamát) | 1 | propanol |
| H ₃ BO ₃ (kyselina boritá) | 3 | destilovaná voda |
| BAC (alkylbenzyl-dimetylammonium chlorid) | 3 | destilovaná voda |
| nano ZnO (nano oxid zinok) | 1 | vodná suspenzia |
| Plesnistop (benzyl – C12-19-alkyldimetylamónium-chlorid) | < 2,5* aplikovaný ako koncentrát | |

Poznámka: * - údaj prebratý z KARTY BEZPEČNOSTNÝCH ÚDAJOV (2017)

Plesnivenie povrchu vzoriek v prvej až tretej skupine vzoriek bolo hodnotené vizuálne podľa klasifikácie uvedenej v norme STN 49 0604 (1980). U vzoriek sušených t.j. bez chemického ošetrenia (1. a 2. skupina) sa plesnivenie povrchu vzoriek stanovilo samostatne pre pozdĺžno-tangenciálne (radiálne) plochy (označené *a*, *b*, *c*, *d*) a priečne plochy (*1*, *2*). Hodnotenie plesnivenia sa vykonalo na 1., 5., 9., 11., 15. a 18. deň.

Testy plesnivenia chemicky ošetrených parených vzoriek sa vykonali v Petriho miskách (2 ks na každú látku, kde boli uložené po 4 ošetrené vzorky a 1 kontrolná (parená) vzorka). Vzorky boli naočkované vodnou suspenziou spór plesne *Penicillium* spp. (pleseň bola odobratá z drevospracujúceho podniku na prípravu pareného dreva a v laboratórnych podmienkach bola vyčistená a preočkovaná do čistej kultúry). Misky boli uložené v termostate s teplotou 20 ± 1 °C po dobu 28 dní. Hodnotenie plesnivenia sa vykonalo na 7., 14. a 28. deň.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 2 sú uvedené hodnoty priemerného stupňa plesnivenia povrchu pareného bukového dreva pri procese sušenia štandardným režimom a režimom so zvýšenou teplotou.

Na základe výsledkov je možné konštatovať, že intenzita plesňového porastenia jednotlivých plôch vzoriek je rozdielna. Najrýchlejšie plesnivenie vzoriek bolo pozorované na ich čelách, a to v oboch režimoch sušenia, kedy všetky vzorky už po 5 dňoch dosiahli stupeň plesnivenia 3 až 4, t.j. povrch porastený plesňou na úrovni 50 % a viac resp. povrch silne, rovnomerne a súvisle porastený plesňou. Podobne v prípade pozdĺžno-tangenciálnych (radiálnych) plôch bolo najvýraznejšie plesnivenie zistené na „vrchnej“ ploche, ale naopak najmenšie na „spodnej“ ploche, ktorá bola v kontakte s roštom v sušiarňi. Vyššia variabilita bola zistená aj v rámci testovaných súborov (viď hodnoty variačného koeficienta v intervale 38,73 % až 51,95 % v priebehu sušenia počas 18-tých dní – tab. 2). Jej hodnota naznačuje, že je možné predpokladať aj vplyv iných faktorov, ako napr. rozloženie a vzdialenosť medzi vzorkami pri sušení, ktoré môžu vplývať na prúdenie vzduchu okolo vzoriek a podobne.

V prípade aplikácie upraveného režimu sušenia, kde teplota sušiaceho prostredia bola zvýšená o 10 °C oproti štandardnému režimu sa ukázalo, že zvýšenie teploty na hodnotu 55 °C, malo žiadny vplyv na intenzitu plesnivenie parených vzoriek. Oproti štandardnému režimu sušenia bol rozsah plesnivenia aj na pozdĺžno-tangenciálnych (radiálnych) plochách už po 9 dňoch väčší, vzorky boli rovnomerne a súvisle pokryté plesňami a experiment bol v tejto fáze ukončený. Predpokladáme, že účinnejšie z hľadiska tvorby plesní by bolo výrazné

zniženie relatívnej vlhkosti sušiaceho prostredia v prvej etape sušenia, čím by sa dosiahlo veľmi rýchle presušenie povrchových vrstiev (VIITANEN 2001). To by však malo výrazne negatívny vplyv na kvalitu sušeného dreva.

Tabuľka 2 Priemerný stupeň plesnivenia povrchu pareného bukového dreva počas sušenia

| | | | Priemerný stupeň plesnivenia (0-4) | | | | | | | | |
|--|---|----------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|
| | | | Štandardný režim sušenia $t_s = 45\text{ °C}$ a $\varphi = 90\%$ | | | | | | Režim sušenia so zvýšenou teplotou $t_s = 55\text{ °C}$ a $\varphi = 90\%$ | | |
| | | | 1. deň | 5. deň | 9. deň | 11. deň | 15. deň | 18. deň | 1. deň | 5. deň | 9. deň |
| pozdĺžno-tangenciálne (radiálne) plochy | a | priemer | 0,00 | 3,00 | 3,33 | 3,33 | 3,33 | 3,33 | 0,00 | 2,67 | 3,33 |
| | | sm.o. | 0,00 | 1,26 | 1,21 | 1,21 | 1,21 | 1,21 | 0,00 | 0,82 | 0,52 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 42,16 | 36,33 | 36,33 | 36,33 | 36,33 | 0,00 | 30,62 | 15,49 |
| | b | priemer | 0,00 | 2,67 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 0,00 | 2,00 | 3,00 |
| | | sm.o. | 0,00 | 1,37 | 1,47 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 51,23 | 51,95 | 41,26 | 41,26 | 41,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | c | priemer | 0,00 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 0,00 | 1,33 | 2,00 |
| | | sm.o. | 0,00 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,00 | 0,52 | 0,00 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 48,99 | 48,99 | 48,99 | 48,99 | 48,99 | 0,00 | 38,73 | 0,00 |
| | d | priemer | 0,00 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 0,00 | 2,00 | 3,33 |
| | | sm.o. | 0,00 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,52 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 38,73 | 38,73 | 38,73 | 38,73 | 38,73 | 0,00 | 0,00 | 15,49 |
| Prične plochy | 1 | priemer | 0,00 | 3,50 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 |
| | | sm.o. | 0,00 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 23,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | 2 | priemer | 0,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 0,00 | 4,00 | 4,00 |
| | | sm.o. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | var.k. (%) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

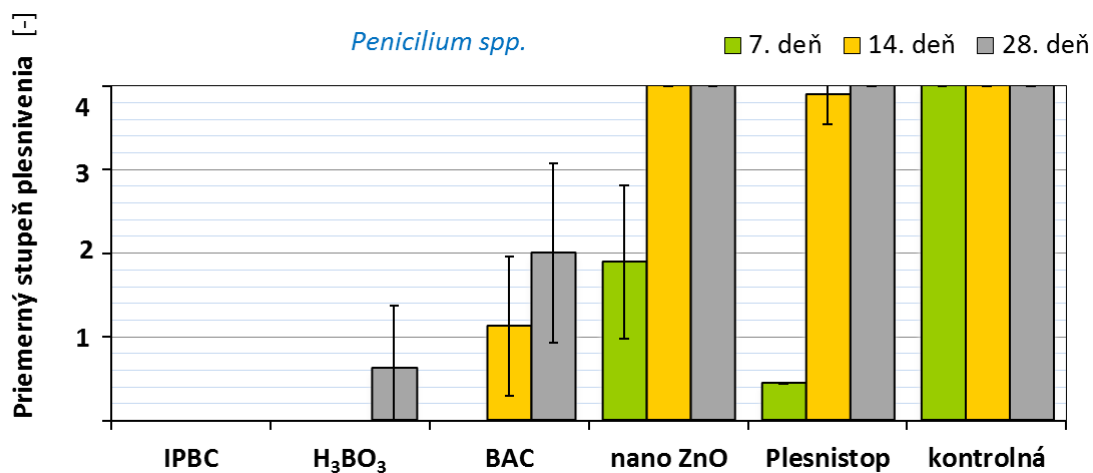
Poznánky:

- sm.o. = smerodajná odchýlka, var.k. = variačný koeficient
- uvádzané sú priemerné hodnoty plesnivenia z 6 vzoriek.
- stupeň plesnivenia povrchu vzoriek – hodnotený podľa normy STN 49 0604 (1980):
0 – bez infekcie, 1 – povrch ojedinele porastený plesňou do 10 % plochy, 2 – povrch slabو porastený plesňou do 25 % plochy, 3 – povrch pravidelne porastený plesňou do 50 % plochy, 4 – povrch silne, rovnomerne a súvisle porastený plesňou nad 50 % plochy.

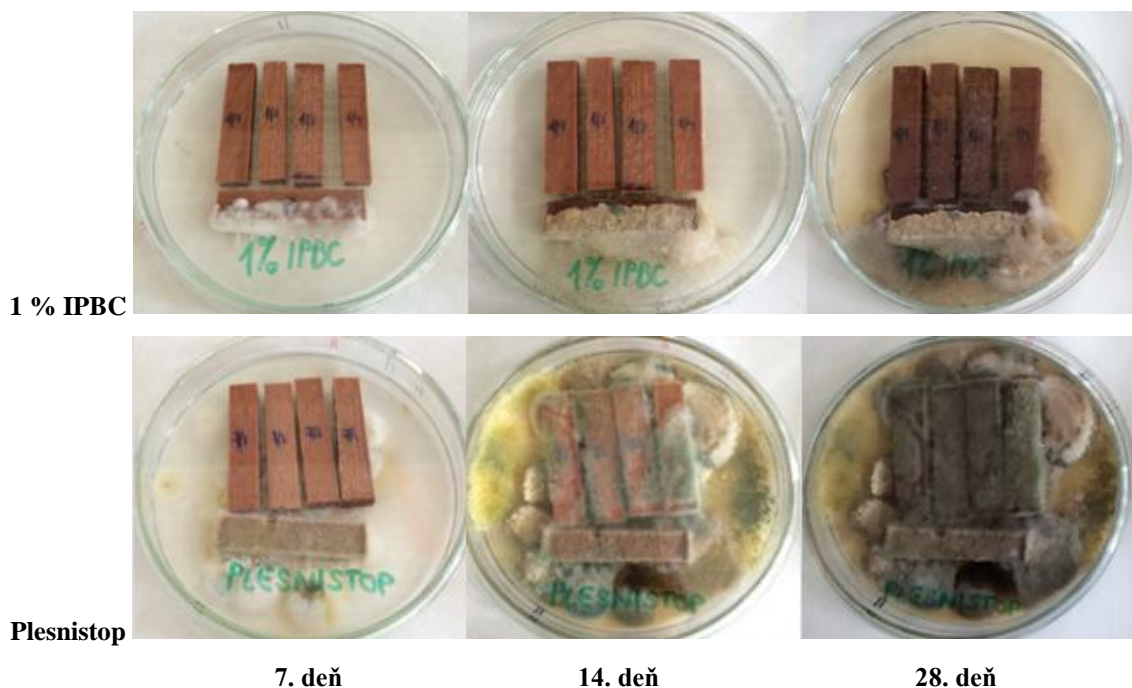
V prípade ošetrenia parených vzoriek látkami s biocídnym (fungicídnym) účinkom boli voči plesni najúčinnějšíe látky: 1 % roztok IPBC a 3 % roztok kyseliny boritej - H_3BO_3 . V priebehu prvých 14 dní testu sa na povrchu vzoriek neobjavil rast plesne (obr. 1 a 2). V prípade H_3BO_3 sme v 28. deň testu zistili, že na povrchu dreva sa vyskytoval ojedinelý porast plesne, t.j. stupeň plesnivenia 1. Tieto fungicídné látky zaistia dlhodobú ochranu povrchu parených vzoriek pred plesnivením aj v prípade ich uloženia v kontaminovanom prostredí drevospracujúceho podniku s prípravou pareného dreva.

Úplné potlačenie rastu aplikovanej plesne *Penicillium* spp. sme v prípade 3 % BAC zaznamenali len po prvých sedem dní. V nasledovnom období testovania ošetrené vzorky

mali ojedinelý alebo slabo plesňou porastený povrch so stupňom plesnivenia 1 resp. 2. Fungicídy ako IPBC, BAC, H_3BO_3 , ktoré sme použili, sú vo svete známe fungicídne prípravky, ktoré majú preukázateľné výsledky (VITVAR 2003, REINPRECHT a TIRALOVÁ 2007). Kyselina boritá - H_3BO_3 , ktorá obsahuje zlúčeniny trojmocného bóru má vysoký fungicídny ale aj insekticídny a protipožiarny účinok. Tieto vlastnosti sa využívajú už vyše 50 rokov pri príprave chemických ochranných prostriedkov. Z pohľadu environmentálneho a ekotoxikologického, sú prijateľné v porovnaní s inými fungicídmi (REINPRECHT a PÁNEK 2007).



Obrázok 2 Priemerný stupeň plesnivenia povrchu vzoriek ošetrených zvolenými biocídnymi látkami spolu s kontrolnými (parenými) vzorkami



Obrázok 3 Ukážka intenzity porastenia povrchu chemicky ošetrených a neošetrených vzoriek počas 28 dní: pre 1 % IPBC (najúčinnnejší fungicíd) a pre Plesnistop (najmenej účinný prostriedok)

Chemické ošetrenie komerčným prípravkom Plesnistop bolo ako sme predpokladali voči plesní neúčinné a už po 7. dňoch dosiahli povrchy parených vzoriek 4. stupeň plesnivenia (obr. 1 a 2). Tento prípravok predovšetkým slúži na ošetrenie už plesňou infikovaných povrchov (sanačný účinok) a nie ako prevencia voči vznikajúcim plesniam.

1 % suspenzia nanočastíc ZnO aplikovaná na povrch parených vzoriek v tomto ako aj podľa predchádzajúceho výskumu (REINPRECHT a VIDHOLDOVÁ 2016) neinhibovala rast plesní na povrchu nim ošetreného dreva.

ZÁVER

Práca sa zaoberala problematikou zníženia plesnivenia bukového dreva po technológií jeho farebnej egalizácie parením, a to spôsobom úpravy teploty pri sušení alebo aplikáciou chemickej ochrany vybranými látkami s fungicídny účinkom. Z nameraných výsledkov je možné vyvodiť nasledovné závery:

- zvýšenie teploty sušenia nemá významný vplyv na zníženie plesnivenia pareného bukového dreva,
- najvyššiu účinnosť proti plesniveniu pareného bukového dreva majú fungicídy IPBC - 3-jód-2-propynyl-butyl-karbamát (aplikovaný ako 1 % roztok) a kyselina boritá (aplikovaná ako 3 % vodný roztok), ktorými sa tvorba plesní na povrchu dreva úplne potlačila. Za veľmi účinnú látku z pohľadu krátkodobej ochrany možno považovať aj 3 % vodný roztok BAC - alkylbenzyltrimetylammonium chlorid;
- úplne neúčinná bola 1 % suspenzia nanočastíc oxidu zinočnatého a komerčný prípravok Plesnistop so smerovo účinnou látkou benzyl-C12-16-alkyldimetylamóniumchlorid v koncentrácii < 2,5 %, kde bola tvorba plesní rovnaká ako na neupravenom parenom bukovom dreve.

LITERATÚRA

- BETINA, V. (1990). Mykotoxíny – chémia, biológia, ekológia. Alfa Bratislava, 284 s.
- BUČKO, J. (1995). Hydrolýzne procesy. 1. vydanie. Zvolen: TU vo Zvolene, 116 s.
- KARTA BEZPEČNOSTNÝCH ÚDAJOV (2017). Dostupné na <https://www.colorcompany.sk/gallery/documents/kbu-plesnistop.pdf>.
- KLEMENT, I., VILKOVSKÁ, T. (2016). Determining the influence of sample thickness on the high-temperature drying of beech wood (*Fagus sylvatica* L.). *BioResources*, 2(1): 5424–5434 p.
- REINPRECHT, L., PÁNEK, M. (2007). Fungicídna účinnosť bóru v prostriedku na ochranu dreva s podielom amónnych solí. *Acta facultatis xylogologiae Zvolen*, 49(2): 53–62.

- REINPRECHT, L., TIRALOVÁ, Z. (2007). Biocídy na ochranu dreva - aplikácia v interiéroch. *Stavebné materiály*, 3 (6): 52–53.
- REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. (2017). Growth inhibition of moulds on wood surfaces in presence of nano-zinc oxide and its combinations with polyacrylate and essential oils. *Wood Research*, 62 (1): 37–44.
- TREBULA, P., KLEMENT, I. (2002). Sušenie a hydrotermická úprava dreva. Zvolen: TU vo Zvolene, 449 s.
- VIDHOLDOVÁ, Z., REINPRECHT, L., IŽDINSKÝ, J. (2017). Mikrobiálna odolnosť tropických drevín. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 67 s.
- VIITANEN, H. (2001). Factors affecting mould growth on kiln dried wood. VTT Finland. 8 s.
- VIITANEN, H., RITSCHKOFF, A.-C. (1991). Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. Swed. Univ Agric Sci Dept Forest Prod, 221 s. 17.
- VITVAR, P. (2003). Přehled a charakteristika chemických prostředků na ochranu dřeva proti biotickým škůdcům, ohni a povětrnostním vlivům. Praha: VVÚ dřevárský, 2003. Výrobová zkušební laboratoř Březnice. Výtisk č. 53.

Pod'akovanie

Práca vznikla za podpory Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/0729/18 a za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0583.

Adresy autorov

doc. Ing. Ivan Klement, CSc. – klement@tuzvo.sk

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Ing. Tatiana Vilkovská, PhD. – tatiana.vilkovska@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva
T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen



**ÚČINEK VYBRANÝCH FOREM ENERGIE A PREPARÁTŮ NA BÁZI
NANOČÁSTIC NA OCHRANU STAVEB PŘED DŘEVOMORKOU
DOMÁCÍ (*Serpula lacrymans* L.)**

**EFFECT OF SELECTED FORMS OF ENERGY AND PREPARATIONS
BASED ON NANOPARTICLES AGAINST *Serpula lacrymans***

**ANDREA NASSWETTROVÁ – JIŘÍ GABRIEL – JANA DRBOHLAVOVÁ – OLGA GROSSOVÁ
– KAREL ŠVEC – EVELÍNA POLIEVKOVÁ – HYNEK KUNDERA**

ABSTRAKT

Cílem článku je prezentace výsledků výzkumu v oblasti ochrany dřevěných konstrukcí před výskytem dřevomorky domácí (*Serpula lacrymans* L.). Zkoumány byly dvě formy energie - sálavé teplo a mikrovlnný ohřev. Nově byl vyvinut preparát na bázi nanočástic a sledován byl jeho účinek v inaktivaci degradačního účinku dřevomorky domácí. Rovněž byl zkoumán synergický efekt různých forem záření doplněný o účinek nanočástic selenu. Zkoumaným materiálem se stalo dřevo smrku (*Picea abies*) jako nejpoužívanější stavební řezivo. Výsledky jsou uvedeny a popsány v předkládaném článku.

Klíčová slova: dřevo, dřevomorka domácí, mikrovlnný ohřev, sálavé teplo, nanočástice

ABSTRACT

The aim of the article is to present the results of the research in the field of protection of wooden structures against the occurrence of domestic woodpecker (*Serpula lacrymans* L.). Two forms of energy, radiant heat and microwave heating were studied. A new nanoparticle preparation has been developed and its effect on inactivating the degradation effect of domestic woodpecker was monitored. Also studied was the synergistic effect of various radiation shapes supplemented by the effect of nanoparticle selenium. The studied material became spruce wood as the most used building timber. The results are presented and described in the present article.

Key words: wood, *Serpula lacrymans*, microwave heating, radiant heating, new nanomaterial based fungicide

ÚVOD

Dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*) (Wulfen) P. Karst., je v interiérech, nejčastěji se vyskytující basidiomycet ve střední Evropě (SCHMIDT 2006). Skládá se přibližně z 90 % vody a z 10 % sušiny. Aby tato sušina mohla být syntetizována, musí být houba schopna

zajistit asimilaci látek, které slouží jako její prekurzory. *S. lacrymans*, jakožto saprotrofní houba hnědé hniloby (brown rot - BR), využívá jako zdroj organického uhlíku, dusíku a energie, kterou získává z polysacharidů obsažených ve dřevní hmotě. Nejvýznamnější fází z hlediska degradace dřevní hmoty je fáze tvorby a funkce mycelia. *S. lacrymans* je specifická její schopností rychle kolonizovat substrát díky rozsáhlému myceliu a zároveň také díky silnému enzymatickému aparátu, který ji napomáhá při rozkladu polysacharidů (celulóz a hemicelulóz) přítomných ve dřevní hmotě (LI a kol. 2013).

Výzkumy z poslední doby dokazují, že její mycelium je velice dynamická struktura, která dokáže pohotově reagovat na lokální deficit živin a do místa zvýšené enzymatické činnosti potřebné látky aktivně transportovat (FRICKER a kol. 2008). Z pohledu ekonomických ztrát a destruktivního potenciálu, je to jedna z nejvýznamnějších hub vůbec. *S. lacrymans* je schopna rychle kolonizovat, a následně efektivně štěpit substrát díky masivnímu šíření mycelia. Každoročně způsobí významné ekonomické ztráty po celém světě. Zatím nebylo zjištěno, jaký faktor je konkrétně zodpovědný za to, že *S. lacrymans* je pro lidské stavby nebezpečnější, než ostatní jí příbuzné druhy nacházející se ve volné přírodě. Vlastnost, která se nabízí, je schopnost přežít i delší dobu bez kontinuálního přísunu živin a vody. Vodu je navíc *S. lacrymans* schopna, společně s dalšími živinami, transportovat na velké vzdálenosti. Zejména z důvodu síly destrukce konstrukcí objektů je *S. lacrymans* stále diskutované téma. Uvedený příspěvek si klade za cíl seznámit s prvními výsledky projektu, který řeší inaktivaci *S. lacrymans* pomocí různých forem záření a nově vyvinutého fungicidu na bázi nanomateriálů.

METODIKA

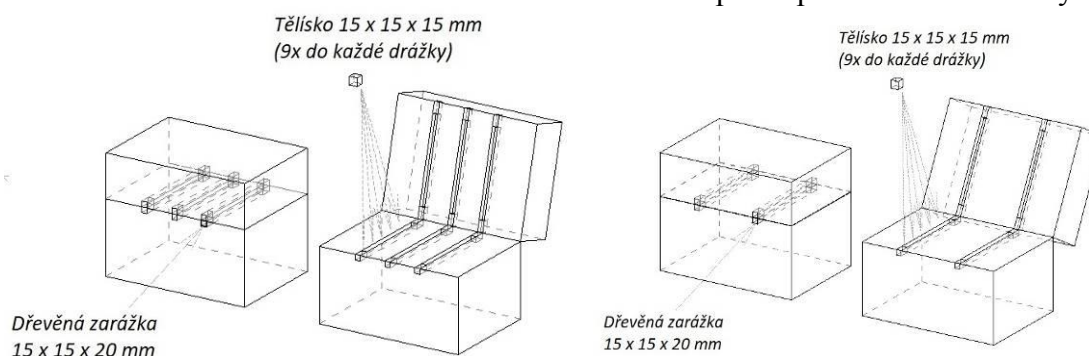
Pro ověření účinnosti vybraných forem energie byly vyrobeny speciální modely zhotovené ze smrkového dřeva (*Picea abies*). Modely byly vyrobeny zvlášť pro zatížení sálavým teplem a zvlášť pro vystavení mikrovlnnému záření. Rozměry obou typů modelů byly totožné, 195 mm x 215 mm a šířku 270 mm (obr. 1). Pro samotnou expozici byly vybrány modely, které nevykazovaly žádné známky biotického napadení. Každý z modelů byl podélně rozřezán v hloubce 80 mm a do vzniklé plochy byly napříč modelu vyfrézovány drážky, tak aby do nich mohly být vložena tělíska infikována vybranou dřevokaznou houbou. Modely vystavené sálavému teplu měly vyfrézovány dvě drážky, modely určené pro zatížení mikrovlnnou energií měly drážky tři, obr. 2.

Tělíska o rozměru 15 mm x 15 mm x 15 mm byly houbou nainfikována v laboratoři Mikrobiologického ústavu AV ČR v.v.i. Tloušťka vrchní vrstvy 80 mm byla zvolena s

ohledem na rozměry modelů, a také s ohledem na délku vlny mikrovlnného záření, která je 12,5 cm, což vzhledem k obsahu vlhkosti a výskytu biotických činitelů v těchto hloubkách, teoreticky zaručovalo dostatečnou intenzitu pro likvidaci dřevokazné houby. Tělíska po kultivaci byly měřeny ve svých příčných rozměrech a váženy s přesností 0,001g pomocí digitální váhy Precisa XB620M. Následně byla tělíska vložena do modelů a podle jednotlivých způsobů ohřevu exponována. Po měření byly vzorky ihned váženy, zkoumány byly také změny struktury dřeva pomocí digitálního vysokorychlostního mikroskopu Keyence VHX 5000. Doplňkově byla měřena vlhkost modelů před ohřevem a po ohřevu pomocí dielektrického vlhkoměru Meterlink M0297, obr. 3.



Obrázek 1 Dokumentace modelů ze smrkového dřeva pro exponování mikrovlnným zářením



Obrázek 2 Schematické znázornění modelů a drážek pro umístění nainfikovaných tělísek pro oba způsoby ohřevu



Obrázek 3 Ukázka měření mikroskopické struktury dřeva na digitálním mikroskopu Keyence VHX5000 a měření vlhkosti dielektrickým vlhkoměrem Meterlink M0297

Pro každý způsob tepelného zatížení byly vytvořeny 4 soubory vzorků (tzv. sady). Pro sálavé teplo bylo v sadě vždy 18 ks nainfikovaných tělísek (celkem tedy 72 ks), pro mikrovlnné záření 27 ks těles v sadě (celkem 108 ks). Dvě sady z každého tepelného zatížení byly natírány před zatížením modifikovanými nanočásticemi selenu chemicky značeno Se NP a dvě sady tělísek byly do nanočástic Se NP máčeny po tepelném zatížení. Uvedené modifikované nanočástice byly připravovány na pracovišti Ústavu mikroelektroniky, Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. Nanočástice selenu byly syntetizovány mokrou chemickou metodou - chemickou redukcí, syntéza byla založena na kyselině selenové jako prekurzoru a chitosanu jako redukční a stabilizační činidlo.

PARAMETRY EXPOZICE – HORKÝ VZDUCH

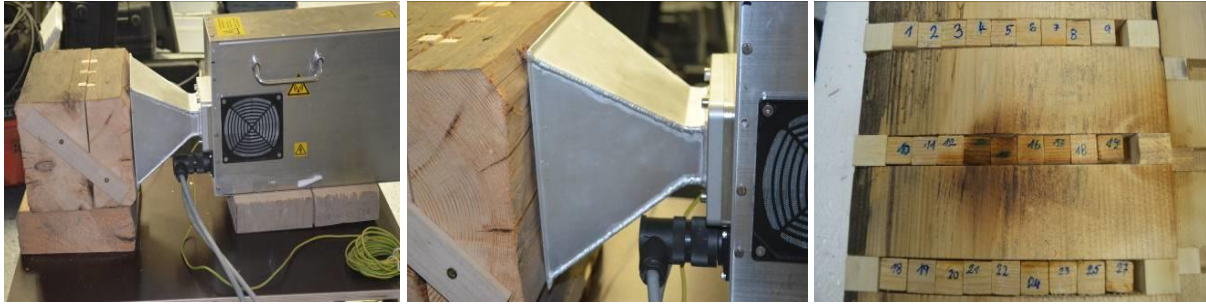
Sterilizační teplota jako parametr při ohřevu horkým vzduchem byla zvolena 55 °C a byla měřena v geometrickém středu modelů. Modely byly uloženy do horkovzdušné trouby s cirkulací vzduchu a byly vystaveny teplotě okolního prostředí 100 °C (obr. 4). Dosažená teplota (55 °C) v geometrickém středu všech modelů byla měřena pomocí termoelektrického snímače, který byl napojen na PC pro přímý odečet teplot. Při dosažení sterilizační teploty byla ještě teplota v troubě udržována po dobu 60 minut.



Obrázek 4 Dokumentace ohřevu modelů horkým vzduchem a detail tělísek po ohřevu

PARAMETRY EXPOZICE – MIKROVLNNÉ ZÁŘENÍ

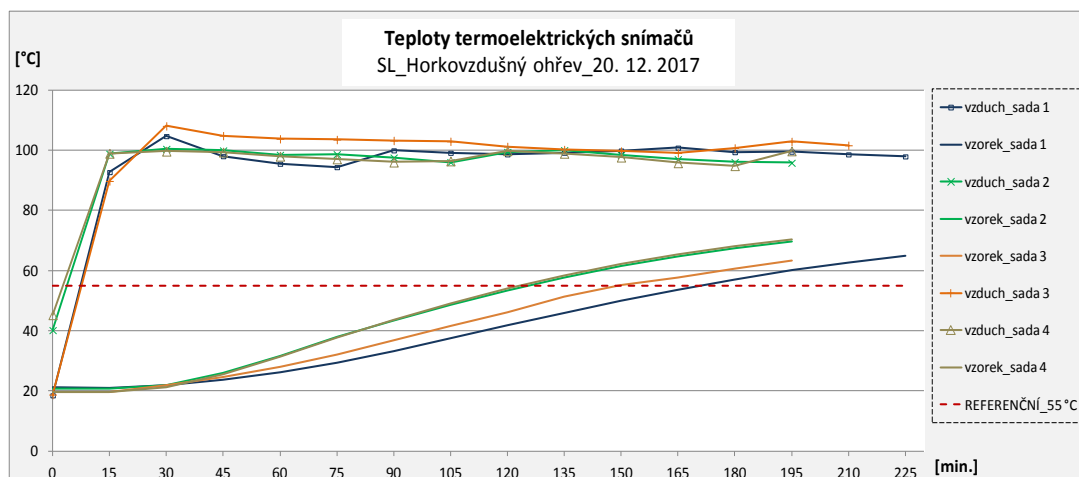
Při aplikaci mikrovlnného ohřevu pro experiment bylo využito mobilního zařízení se zdrojem mikrovlnné energie a aplikátorem s magnetronem. Zdroj obsahuje transformátor pro napájení katody a anody magnetronu, řídicí obvody pro regulaci vysokofrekvenčního výkonu mikrovlnného systému, spínače a řídicí prvky. Aplikátor využíval pro usměrnění toku energie anténu s pyramidálním tvarem o vnitřních rozměrech 170 x 170 mm, obr. 5. Expozice byla cyklická skládající se z doby ohřevu a doby relaxace, tedy doby kdy bylo zařízení vypnuto a struktura dřeva i infikované vzorky měly prostor přeměnit vodu v páru a difundovat ji do okolního prostředí. Expozice byla zvolena 5 minut ohřev, 2 minuty relaxace a 5 minut ohřev jako jeden cykl.



Obrázek 5 Dokumentace ohřev mikrovlnnou energií a detail tělísek po ozáření

VÝSLEDKY A DISKUZE

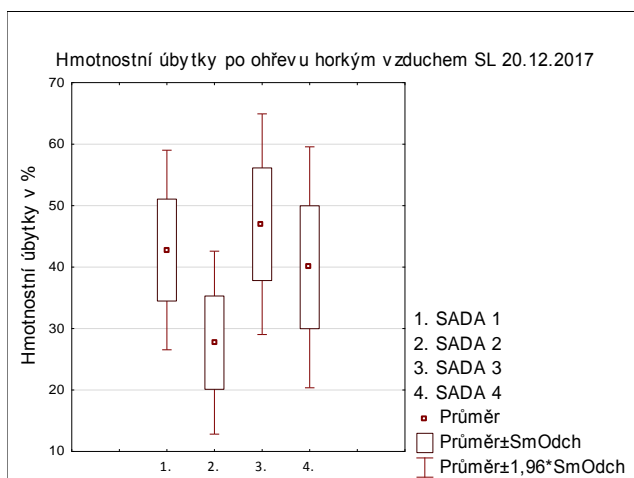
Na obrázku 6 je uveden graf průběhů teplot z termoelektrických snímačů. Uvedeny jsou hodnoty pro všechny vzorky ve všech sadách, spolu s teplotami vzduchu. Z grafu je patrné, že při zatížení sálavým teplem se jako první ohřály vzorky v sadě č. 2 a 4 a to ve 125 minutě, pak č. 3 ve 148 minutě a jako poslední dosáhla dané teploty sada se vzorky č. 1., ve 170 minutě. Přibližně tedy za 4 hodiny byl uvedený průřez, který simuloval reálný stavební prvek dřeva v konstrukci ohřátý na sterilizační teplotu 55 °C.



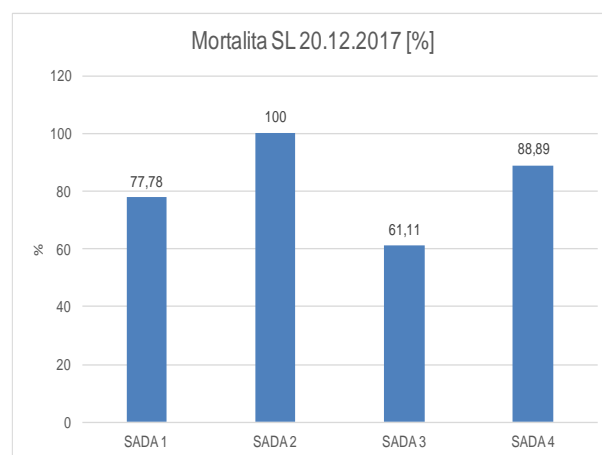
Obrázek 6 Grafické znázornění průběhů teplot při ohřívání vzorků sálavým teplem

Na obrázku 7 je zobrazen krabicový graf znázorňující hmotnostní úbytky vzorků při zatížení teplem. V tabulce 1 je uvedena popisná statistika. Podle výsledků mortality (obr. 8), kterou provedl Mikrobiologický ústav AV ČR v.v.i. na sadě č. 2 byla 100 % mortalita, tedy z celkového počtu 18 infikovaných vzorků byla činnost dřevokazné houby prokazatelně zastavena u všech. Uvedená tělíska byla zatížena sálavým teplem a po ohřevu máčena po dobu 10 – 15 s do nanočástic Se NP. Synergický efekt sálavého tepla (snížení vlhkosti) a nanočástic v této posloupnosti tedy vedl k inaktivaci *S. Lacrymans*. Ze sady č. 1 z celkového počtu 18 vzorků vykazovali znaky růstu *S. Lacrymans* 4 vzorky, mortalita 77,78 %. U sady č. 4 byla rovněž zjištěna vysoká mortalita dřevokazné houby u 88,89 % vzorků. U této sady byly vzorky ošetřeny filmem z nanočástic před samotným zatížením teplem. Sada č. 3 vykazovala nejnižší hodnoty mortality a to 61,11 %. Vzorky sice rostly pomalu, ale ve velkém počtu.

Uvedené výsledky je možné přisuzovat aplikaci nanočástic selenu SeNP (pouze z jedné strany vzorku).



Obrázek 7 Graf znázorňující hmotnostní úbytky při zatížení vzorků teplem

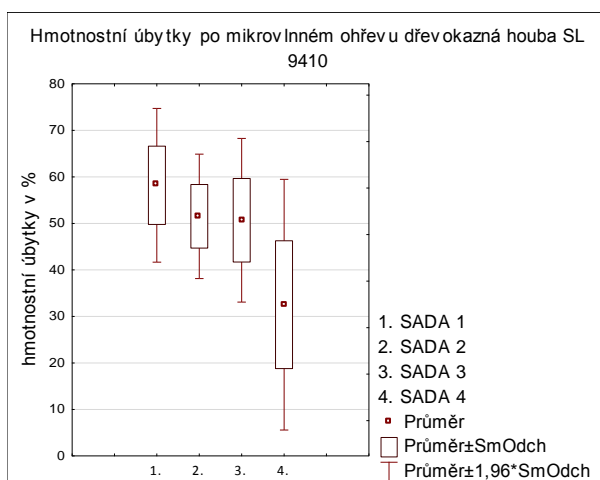


Obrázek 8 Mortalita neinfikovaných vzorků v jednotlivých sadách

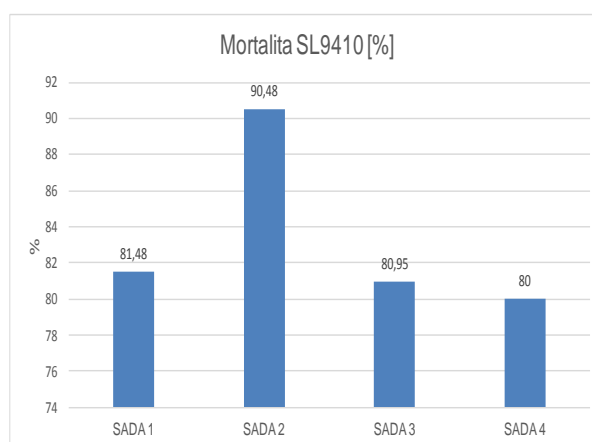
Tabulka 1 Popisná tabulka pro jednotlivé sady zatížené teplem

| Proměnná | Popisná statistika hmotnostních úbytků v % po ohřevu horkým vzduchem SL 20.12.20 | | | | | | | |
|----------|--|--------|--------|---------|---------|---------|----------|------------|
| | N platných | Průměr | Medián | Minimum | Maximum | Rozptyl | Sm.odch. | Koef.prom. |
| SADA 1 | 18 | 42,77 | 42,29 | 23,14 | 55,52 | 68,59 | 8,282 | 19,362 |
| SADA 2 | 18 | 27,71 | 25,83 | 19,69 | 46,59 | 57,64 | 7,592 | 27,400 |
| SADA 3 | 18 | 46,98 | 45,77 | 21,41 | 60,91 | 83,86 | 9,157 | 19,491 |
| SADA 4 | 18 | 39,97 | 35,29 | 30,15 | 64,21 | 99,92 | 9,996 | 25,007 |

Při aplikaci mikrovlnného ohřevu ve zvolených časech expozice nebylo díky skutečnosti, že jsou mikrovlnné technologie bezkontaktní měřit teploty v geometrických středech prvků. I při pokusech o získání těchto dat nebylo možné je interpretovat. Uvedený čas expozice vycházel z reálných způsobů sanace. Na obrázku 9 jsou zobrazeny úbytky hmotnosti v jednotlivých sadách včetně popisné statistiky uvedené v tab. 2.



Obrázek 9 Graf znázorňující hmotnostní úbytky při zatížení mikrovlnným zářením



Obrázek 10 Mortalita neinfikovaných vzorků v jednotlivých sadách

Tabulka 2 Popisná tabulka pro jednotlivé sady zatížené mikrovlnným zářením

| Proměnná | Popisná statistika hmotnostních úbytků v % po mikrovlnném ohřevu SL 9410 | | | | | | | |
|----------|--|--------|--------|---------|---------|---------|----------|------------|
| | N platných | Průměr | Medián | Minimum | Maximum | Rozptyl | Sm.odch. | Koef.prom. |
| SADA 1 | 27 | 58,20 | 59,13 | 32,65 | 70,08 | 70,98 | 8,425 | 14,475 |
| SADA 2 | 21 | 51,53 | 50,81 | 36,72 | 69,07 | 46,57 | 6,825 | 13,244 |
| SADA 3 | 20 | 50,69 | 50,40 | 32,60 | 71,75 | 80,63 | 8,979 | 17,713 |
| SADA 4 | 15 | 32,53 | 26,04 | 14,52 | 61,37 | 189,01 | 13,748 | 42,261 |

Při exponování vzorků mikrovlnnému záření byl dodržen stejný postup nanášení nanočástic jako u prvního způsobu zatížení. Tedy sady č. 1 a 2 byly ošetřeny fungicidem až po ozáření a sady č. 3 a č. 4 byly ošetřeny před ozářením. Z výsledků je zřejmé, že ze sady č. 1 z celkového počtu 27 vzorků dosahovalo viditelného růstu 5 vzorků (mortalita 81,48 %). Některé vzorky ze sady č. 2 byly znehodnoceny přehřevem mikrovlnného pole a spálením povrchu. Z celkového počtu 21 vzorků byla mortalita 90,48 %. Dřevokazná houba na vzorku č. 34 rostla ale daleko lépe než na vzorku č. 43 a vykazovala veškeré morfologické znaky *S. lacrymans* již po pár týdnech růstu. U sady č. 3 z celkového počtu 21 vzorků přežila houba na 4 vzorcích (mortalita 80,95 %). U sady č. 4 bylo hodnoceno celkově 15 tělísek a z toho 3 tělíška vykazovaly růst (mortalita 80 %). Z výsledků mortality je možné konstatovat, že nezáleží na pořadí aplikace nanočástic selenu SeNP a ozařování. Mortalita je v obou případech podobná. Sada č. 2 dosáhla nejvyšších hodnot mortality. Houby na všech vzorcích (vyjma vzorek č. 34) rostly pomalu. Houba na vzorku č. 34 rostla v normálním čase a vykazovala všechny morfologické znaky již po pár týdnech růstu. Co způsobilo tuto odchylku není zřejmé, možná šlo o špatně provedený nátěr SeNP či vzorek díky nehomogennímu poli mikrovlnného záření nebyl exponován plnou dávkou mikrovlnného záření.

ZÁVĚR

Z výsledků prvotního experimentu je možné usuzovat, že kombinace horkého vzduchu a nanočástic selenu SeNP může být účinným způsobem vedoucím ke zpomalení růstu a případné inaktivaci *S. lacrymans*. V sadě č. 2 z prvního experimentu byla dosažena mortalita až u 100 % infikovaných vzorků. Srovnání mortality hub bylo obdobné u obou způsobů ohřevu. I u mikrovlnného ohřevu bylo dosaženo nejvyšší mortality u sady č. 2. Je však pravdou, že díky vysoké nehomogenitě mikrovlnného pole bylo mnoho vzorků znehodnoceno včetně povrchu modelů. Také byla patrná fluktuace výkonu generátorů. Jeví se jako účinné při aplikaci mikrovlnného záření dodržovat určitou vzdálenost mezi směrovou anténou a povrchem vzorků, ovšem na úkor intenzity samotného pole. Uvedené vede k závěru, že je nutné v experimentu pokračovat a směřovat pozornost i do dalších forem záření jako je například gama záření a také zpřesnit samotnou metodiku práce.

LITERATÚRA

- SCHMIDT, O. (2006). Wood and Tree Fungi: Biology, Damage, Protection and Use. Springer, Heidelberg.
- LI ,C., WANG, X., CHEN, F., ZHANG, C., ZHI X., WANG, K., CUI, D. (2013). The antifungal activity of graphene oxide-silver nanocomposites. Biomaterials, 34 (15): 3882–3890 .
- FRICKER, M.D., LEE, J.A., BEBBER, D.P., TLALKA, M., HYNES, J., DARRAH, P.R., WATKINSON, S.C., BODDY, L. (2008). Imaging complex nutrient dynamics in mycelial networks. J. Microsc., 231: 317–331.

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu GAČR 17-05497S.

Adresy autorů

Ing. Andrea Nasswetrová – nasswetrova@thermosanace.eu

Thermo Sanace s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava Kunčičky, Česká republika

Ph.D., MBA, RNDr. Jiří Gabriel – gabriel@biomed.cas.cz

Mikrobiologický ústav AC ČR, v.v.i., Vídeňská 1083,142 20 Praha 4 – Krč, Česká republika

DrSc., doc. Ing. Jana Drbohlavová, Ph.D. – drbohla@feec.vutbr.cz

Vysoké učení technické Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, Technická 2058/10, 616 00 Brno, Česká republika

Ing. Olga Grossová – grossova@thermosanace.eu

Thermo Sanace s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava Kunčičky, Česká republika

Mgr. Karel Švec – entokarel@seznam.cz

Mikrobiologický ústav AC ČR, v.v.i., Vídeňská 1083,142 20 Praha 4 – Krč, Česká republika

Ing. Evelína Polievková – Evelina.Polievkova@ceitec.vutbr.cz

Vysoké učení technické Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky, Technická 2058/10, 616 00 Brno, Česká republika

Ing. Hynek Kundera – kundera@thermosanace.eu

Thermo Sanace s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava Kunčičky, Česká republika



**PROTIPLESŇOVÁ ÚČINNOSŤ NANOČASTÍC STRIEBRA
V AKRYLÁTOVOM NÁTERE PRE POVRCHOVÚ ÚPRAVU
DREVNÝCH KOMPOZITOV**

**THE ANTI-MOULD EFFICIENCY OF SILVER NANOPARTICLES IN THE
ACRYLATE COATING USED FOR THE SURFACE TREATMENT
OF WOODEN COMPOSITES**

JÁN IŽDINSKÝ – LADISLAV REINPRECHT – ZUZANA VIDHOLDOVÁ

ABSTRAKT

Nanočastice striebra (nano-Ag) sa v súčasnosti bežne používajú pre ochranu rôznych stavebných, dekoračných i iných materiálov voči baktériám, mikroskopickým hubám a iným mikroorganizmom. V práci sa nano-Ag pridal do vodou riediteľného akrylátového laku (0,04 až 0,2 mg Ag/100 g laku), ktorý sa následne použil na povrchovú úpravu drevných kompozitov – drevotrieskovej dosky oplášťovanej jaseňovou dyhou (J-DTD) a dosky z veľkoplošných orientovaných triesok (OSB). Intenzita rastu zmesi plesní *Aspergillus niger* a *Penicillium purpurogenum* na vrchnom povrchu drevných kompozitov upravených akrylátovým náterom sa znižovala s nárastom množstva nano-Ag, avšak po 21 dňoch na konci testu sa plesnivenie znížilo iba pri J-DTD majúcich v trvalo vlhkom prostredí hladší povrch.

Kľúčové slová: drewný kompozit, nanostriebro, *Aspergillus niger*, *Penicillium purpurogenum*

ABSTRACT

Silver nanoparticles (nano-Ag) are today commonly used for protection of various building, decorative and other materials against bacteria, microscopic fungi and other microorganisms. In this work, nano-Ag was added to a water-borne acrylic lacquer (0.04 to 0.2 mg Ag / per 100 g of lacquer) used for the surface treatment of two wooden composites – J-DTD (i.e. particleboard clad with ash veneer) and OSB (i.e. oriented strand board). The growth intensity of a mixture of the moulds *Aspergillus niger* and *Penicillium purpurogenum* on the top surfaces of acrylic-coated wooden composites was reduced by the presence of nano-Ag, but at final 21st day of mould test only for J-DTD having smoother surfaces in a moist environment.

Key words: wooden composite, nano silver, *Aspergillus niger*, *Penicillium purpurogenum*

ÚVOD

Drevné kompozitné materiály, ako napríklad drevotriekové dosky (DTD) alebo dosky z veľkoplošných orientovaných triesok (OSB), majú dnes široké uplatnenie. Často ich používajú architekti a stavitelia pre vnútorné bývanie a pre rôzne typy nábytku. Častokrát sú tieto materiály vystavené prostrediu so zvýšenou vlhkosťou, čo môže podporiť rast rôznych organizmov – baktérií, mikroskopických húb (plesní) a drevokazných húb (YINGPRASERT a kol. 2015). Biologická degradácia drevných kompozitov je všeobecne nepriaznivý jav, pretože môže zhoršovať ich mechanické a fyzikálne vlastnosti, ako aj estetický vzhľad. Ďalším negatívom pri mikrobiálnej kolonizácii povrchu drevných materiálov môže byť aj ohrozenie zdravia ľudí, príkladom čoho je bakteriálna infekcia (GERULLIS a kol. 2018). Mikrobiálna infekcia sa môže vyskytnúť aj na povrchovo upravených drevných kompozitoch, napr. na povrchoch upravených náterovými látkami alebo dyhami, laminátmi a inými plášťovacími materiálmi, a to najmä vtedy ak sú kontaminované potravinami a inými organickými látkami (NOSÁL a REINPRECHT 2017).

Papiere impregnované melamínovou živicom sa bežne používajú na laminovanie drevných kompozitov pre vnútorné použitie, ako sú napr. pracovné dosky, nábytok a laminátové podlahy. Aj napriek ich dobrej a ľahkej údržbe je niekedy potrebné zlepšiť ich anitimikrobiálne vlastnosti (KANDELBAUER a WINDSTEN 2009, KIM a KIM 2006). Avšak aj samotné akrylátové nátery na povrchovú úpravu drevených a iných materiálov sú náchylné na napadnutia mikroorganizmami (BELLOTTI a kol. 2015, REINPRECHT a VIDHOLDOVÁ 2017). Laminované a náterovými látkami upravované povrchy drevných kompozitov by mali mať pre špecifické použitie aj dostatočný antimikrobiálny efekt, s cieľom znížiť riziko šírenia baktérií a plesní.

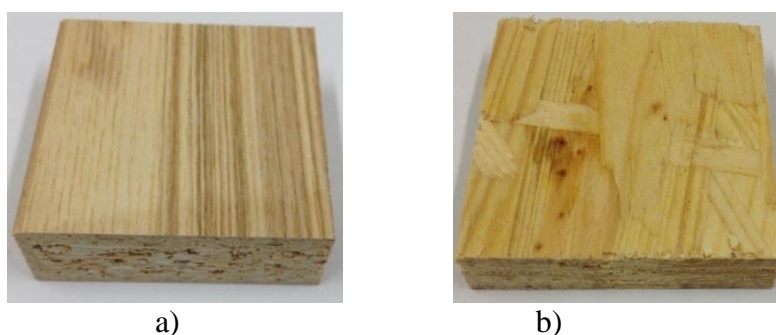
Tradičné biocídy nie sú najvhodnejšie pre aplikáciu v interiéroch a dnes existujú obavy verejnosti týkajúce sa ich používania. V posledných rokoch sa veľa pozornosti venuje aplikácii prírodných látok, ako sú napríklad esenciálne oleje extrahované z rastlín, ktoré majú dobré protiplesňové účinky (REINPRECHT a kol. 2013, PÁNEK a kol. 2014, YINGPRASERT a kol. 2015). Ďalšou skupinou novších biocídov sú nanočastice kovov. Nano-kovy a nano-oxidy kovov ponúkajú širokú škálu aplikácií v úlohe prísad do biopolymérov, náterových látok, textílií, interiérových farieb a UV-blokujúcich činidiel. Ich účinok závisí od chemického zloženia, koncentrácie, veľkosti a tvaru častíc (CLAUSEN a kol. 2009, STANKOVIČ a kol. 2013, HOLTZ a kol. 2012, MORITZ a GESZKE-MORITZ 2013, MARTÍNEZ-CASTAÑO a kol. 2008, IŽDINSKÝ a kol. 2018, NOSÁL a REINPRECHT 2018, REINPRECHT a kol. 2018). Napríklad nanočastice striebra majú vysokú účinnosť proti Gram-pozitívnym a Gram-negatívnym

baktériám (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, a pod.) (CHO a kol. 2005, SHARMA a kol. 2009, SALOMONI a kol. 2017, HSUEH a kol. 2015, MALISZEWSKA a SADOWSKI 2009, KIM a kol. 2011). KÜNNINGER a kol. (2014) sa zaoberali antimikrobiálnou účinnosťou nanočastíc striebra v transparentných náteroch pre úpravu drevárskych výrobkov použitých do exteriéru.

MATERIÁL A METODIKA

Drevné kompozity

Ako podkladový materiál boli použité dva typy komerčne vyrábaných drevných kompozitov, a to drevotriesková doska povrchovo upravená jaseňovou dyhou (J-DTD) a doska z orientovaných triesok (OSB), s rozmermi 300 mm x 300 mm x hrúbka /cca 16 mm/ (obr. 1).



Obrázok 1 Drevné kompozity: (a) drevotriesková doska oplášťovaná jaseňovou dyhou (J-DTD); (b) doska z orientovaných triesok (OSB)

Akrylátový náter

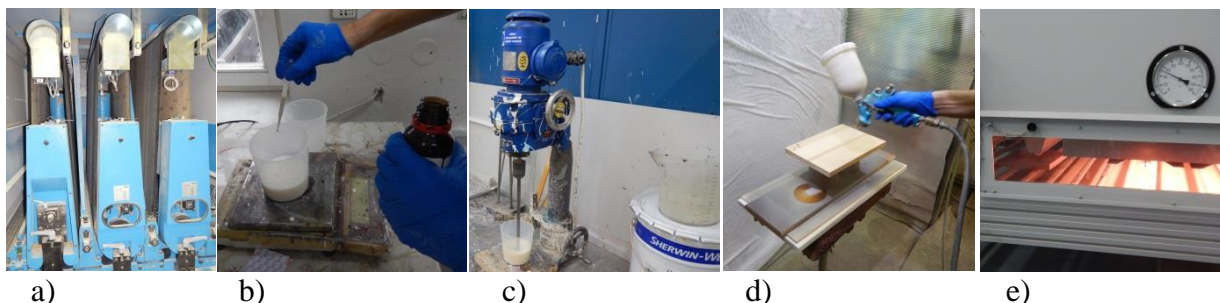
Na povrchovú úpravu drevných kompozitov bol použitý transparentný jednokomponentný vodou riediteľný akrylátový lak EM 1157-0050 (SherwinWilliams, USA). Uvedený lak mal podľa Ford 4 viskozitu 60-70 sekúnd a jeho hustota bola $1030 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Nanášal sa striekaním, buď bez modifikácie alebo modifikovaný nanočasticami striebra. Nános laku na povrch drevných kompozitov bol $100\text{g} \pm 10\text{g} / \text{m}^2$.

Nanočastice striebra

Nanočastice striebra (nano-Ag) o veľkosti 10 nm, s koncentráciou $0,02 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ a stabilizované citrátom sodným (Sigma-Aldrich Co. Ltd., Saint Louis, USA) sa do akrylátového laku pridávali vo forme vodnej disperzie v množstve 0,04, 0,12 alebo 0,20 mg Ag/100g laku.

Povrchová úprava drewných kompozitov akrylátovým lakom (obr. 2)

- I. Drewné kompozity boli brúsené na širokopásovej brúske so zrnitosťou brúsnych papierov: P100, P120 a P150.
- II. Akrylátový lak s nanočasticami striebra sa pripravil miešaním (pri 700 ot./min., 5 minút), a to podľa jednotlivých modifikačných variant.
- III. Lak sa nanášal striekaním v dvoch vrstvách. Prvá vrstva laku – bez modifikácie nanočasticami striebra, vytvrdzovanie 5 minút pri 50 °C a prebrúsenie P320. Druhá vrstva laku bez alebo s modifikovaním nanočasticami striebra (0,04, 0,12 alebo 0,20 mg Ag/100 g nanášaného laku) a vytvrdzovanie.



Obrázok 2 Postup povrchovej úpravy drewných kompozitov: a) širokopásové brúsenie, b) pridávanie nanočastic striebra, c) miešanie, d) striekanie, e) vytvrdzovanie

Odolnosť povrchu drewných kompozitov voči plesniam

Skúšobné telesá s priemerom 40 mm, ktoré boli vymanipulované z povrchovo neupravených drewných kompozitov i s akrylátovými lakmi povrchovo upravených drewných kompozitov, sa vystavili pôsobeniu zmesi plesní *Aspergillus niger* a *Penicillium purpurogenum* podľa normy EN 15457 (2014). Testy plesnivenia povrchu drewných kompozitov sa vykonali v Petriho miskách, ktoré boli uložené v termostatoch po dobu 21 dní. Z každej série skúšobných telies drewných kompozitov sa testovali po 3 telesá, t.j. celkove 30 telies.

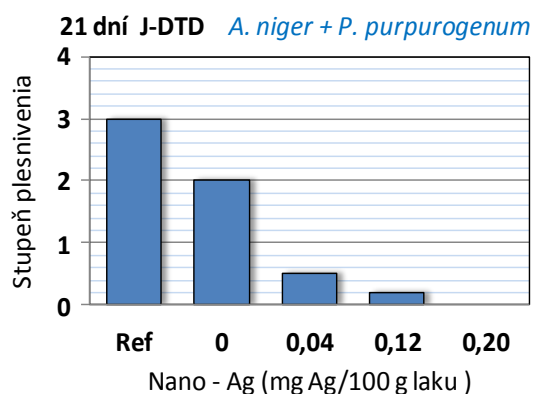
VÝSLEDKY

Výsledky z priemerného stupňa rastu zmesi plesní *Aspergillus niger* a *Penicillium purpurogenum* na povrchu drewných kompozitov sú uvedené v tab. 1 a na obr. 3.

Tabuľka 1 Priemerný stupeň plesnivenia povrchu drevných kompozitov upravených akrylátovými lakmi a referencie bez laku

| Drewný kompozit | Prídavok nano-Ag do akrylátového laku (mg Ag/100g akryl laku) | Priemerný stupeň plesnivenia (0-4) | | |
|-----------------|---|------------------------------------|---------|---------|
| | | 7. deň | 14. deň | 21. deň |
| J-DTD | Referencia - bez laku | 2,0 | 3,0 | 3,0 |
| | 0,00 | 0,8 | 1,5 | 2,0 |
| | 0,04 | 0,0 | 0,2 | 0,5 |
| | 0,12 | 0,0 | 0,2 | 0,2 |
| | 0,20 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| OSB | Referencia - bez laku | 3,3 | 3,5 | 4,0 |
| | 0,00 | 2,3 | 2,8 | 4,0 |
| | 0,04 | 2 | 3,0 | 4,0 |
| | 0,12 | 1,3 | 2,3 | 4,0 |
| | 0,20 | 0,7 | 2,5 | 4,0 |

- Uvádzané sú priemerné hodnoty plesnivenia z 3 telies.
- Stupeň plesnivenia vrchného povrchu telies – hodnotený podľa normy STN EN 15457 (2007): 0 – bez infekcie, 1 – povrch ojedinele porastený plesňou do 10 % plochy, 2 – povrch slabo porastený plesňou do 30 % plochy, 3 – povrch pravidelne porastený plesňou do 50 % plochy, 4 – povrch silne, rovnomerne a súvisle porastený plesňou nad 50 % plochy.

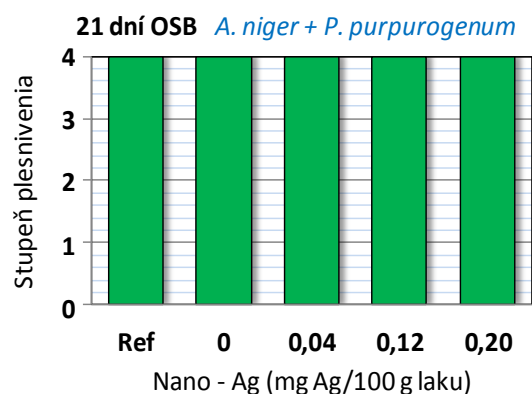


a1



a2 (0,04 mg nano Ag/100 laku)

J-DTD



b1



b2 (0,04 mg nano Ag/100 laku)

OSB

Obrázok 3 Priemerný stupeň plesnivenia povrchu telies z referenčných a akrylátovým lakom upravených J-DTD a OSB dosiek po 21 dňoch testu (a1, b1), spolu s ukážkou rastu plesní na povrchu telies s prídavkom 0,04 mg nano-Ag/100 g laku (a2, b2)

ZÁVER

Z rastovej aktivity plesní *Aspergillus niger* a *Penicillium purpurogenum* na povrchu drevných kompozitov (J-DTD a OSB) upravených akrylátovým lakom s rôznymi podielmi nanočastíc striebra (nano-Ag) je zrejmé, že najvýznamnejšia inhibícia rastu plesní vplyvom nano-Ag nastala v prvých 7 dňoch testu plesnivenia. Inhibícia rastu plesní bola pritom oveľa významnejšia v prípade jaseňovou dyhou oplášťovaných DTD ako pri OSB doskách do povrchu ktorých sa akrylátový lak mohol viac vsiaknuť bez vytvorenia sa dostatočne hrubej ochrannej vrstvy na povrchu dosky.

Následne predkladáme hypotézu, že nižšiu protiplesňovú účinnosť nano-Ag v akrylátových lakoch použitých k povrchovej úprave OSB dosiek (t.j. vzhľadom k zjavne lepšej účinnosti nano-Ag v lakoch použitých k povrchovej úprave J-DTD dosiek) vidíme v možnom nadvihnutí sa drevných vlákien v povrchu OSB dosiek počas testu plesnivenia následkom adsorpcie molekúl vody z prostredia s vysokou relatívnou vlhkosťou vzduchu 90 ± 5 %. Určitý podiel drevných vlákien v povrchu OSB dosiek sa teda pri teste plesnivenia dokázal zrejme nadvihnúť až nad vrstvu akrylátového laku, čím sa plesniveniu vystavila aj neošetrená drevná substancia. Túto hypotézu plánujeme overiť mikroskopickými analýzami.

LITERATÚRA

- BELLOTTI, N., ROMAGNOLI, R., QUINTERO, C. WONG, C.D., RUIZ, F., DEYÁ, C. (2015). Nanoparticles as antifungal additives for indoor water borne paints. *Progress in Organic Coatings*, 86: 33–40.
- CLAUSEN, C.A., YANG, V.W., ARANGO, R.A., GREEN, F.III. (2009). Feasibility of nanozinc oxide as a wood preservative. *Proceedings of the American Wood Protection Association*, Birmingham, 19-21 April 2009, 255–260.
- EN 15457 (2014). *Paints and varnishes - Laboratory method for testing the efficacy of film preservatives in a coating against fungi*. Brussels, Belgium.
- GERULLIS, S., PFUCH, A., SPANGE, S., KETTNER, F., PLASCHKIES, K., KÜZÜN, B., KOSMACHEV, P.V., VOLOKITIN, G.G., GRÜNLER, B. (2018). Thin antimicrobial silver, copper or zinc containing Si-Ox films on wood polymer composites (WPC) applied by atmospheric pressure plasma chemical vapour deposition (APCVD) and sol-gel technology. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76: 229–241.
- HOLTZ, R.D., LIMA, B.A., SOUZA FILHO, A.G., BROCCHI, M., ALVES, O.L. (2012). Nanostructured silver vanadate as a promising antibacterial additive to water-based paints. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 8: 935–940.
- HSUEH, Y.H., LIN, K.S., KE, W.J., HSIEH, CH.T., CHIANG, CH.L., TZOU, D.Y., LIU, S.T. (2015). The antimicrobial properties of silver nanoparticles in *Bacillus subtilis* are mediated by released Ag⁺ ions. *PLOS ONE*, 10: 1–17.
- CHO, K.H., PARK, J.E., OSAKA, T., PARK, S.G. (2005). The study of antimicrobial activity and preservative effect of nanosilver ingredient. *Electrochimica Acta*, 51: 956–960.

- IŽDINSKÝ, J., REINPRECHT, L., NOSÁL, E. (2018). Antibacterial efficiency of silver and zinc-oxide nanoparticles in acrylate coating for surface treatment of wooden composites. *Wood Research*, 63(3): 365–372.
- KANDELBAUER, A., WINDSTEN, P. (2009). Antibacterial melamine resin surfaces for wood-based furniture and flooring. *Progress in Organic Coatings*, 65(3): 305–313.
- KIM, S., KIM, H.-J. (2006). Anti-bacterial performance of colloidal silver-treated laminate wood flooring. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 57: 155–162.
- KIM, S.-H., LEE, H.-S., RYU, D.-S., CHOI, S.-J., LEE, D.-S. (2011). Anti-bacterial activity of silver-nanoparticles against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39: 77–85.
- KÜNNINGER, T., HEEB, M., ARNOLD, M. (2014). Antimicrobial efficacy of silver nanoparticles in transparent wood coatings. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72: 285–288.
- MALISZEWSKA, I., SADOWSKI, Z. (2009). Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles. *Journal of Physics: Conference Series*, 146: 1–7.
- MARTÍNEZ-CASTÑAÓN, G.A., NIÑO-MARTÍNEZ, N., MARTÍNEZ-GUTIERREZ F., MARTÍNEZ-MENDOZA, J.R., RUIZ, F. (2008). Synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles with different sizes. *Journal of Nanoparticle Research*, 10: 1343-1348.
- MORITZ, M., GESZKE-MORITZ, M. (2013). The newest achievements in synthesis, immobilization and practical applications of antibacterial nanoparticles. *Chemical Engineering Journal*, 228: 596–613.
- NOSÁL, E., REINPRECHT, L. (2017). Anti-bacterial and anti-mold efficiency of ZnO nanoparticles present in melamine-laminated surfaces of particleboards. *BioResources*, 12(4): 7255–7267.
- NOSÁL, E., REINPRECHT, L. (2018). Preparation and application of silver and zinc-oxide nanoparticles in wood industry: the review. *Acta Facultatis Xylogia Zvolene*, 60(2): 5–23.
- PÁNEK, M., REINPRECHT, L., HULLA, M. (2014). Ten essential oils for beech wood protection – efficacy against wood-destroying fungi and moulds, and effect on wood discoloration. *BioResources*, 9(3): 5588–5603.
- REINPRECHT, L., PÁNEK, M., PAROBKOVÁ, M. (2013). Skríning éterických olejov voči drevokazným hubám. In *Drevoznehodnocujúce huby 2013* (ed. P. Hlaváč), Technická univerzita vo Zvolene, p. 18–27. ISBN 978-80-228-2606-8
- REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. (2017). Growth inhibition of moulds on wood surfaces in presence of nano-zinc oxide and its combinations with polyacrylate and essential oils. *Wood Research*, 62: 37–44.
- REINPRECHT, L., IŽDINSKÝ, J., VIDHOLDOVÁ, Z. (2018). Biological resistance and application properties of particleboards containing nano-zinc oxide. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1–8.
- SALOMONI, R., LÉO, P., MONTEMOR, A.F., RINALDI, B.G., RODRIQUES, M.F.A. (2017). Antibacterial effect of silver nanoparticles in *Pseudomonas aeruginosa*. *Nanotechnology Science and Applications*, 10: 115–121.
- SHARMA, V.K., YNGARD, R.A., LIN, Y. (2009). Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*, 145: 83–96.

- STANKOVIĆ, A., DIMITRIJEVIĆ, S., USKOKOVIĆ, D. (2013). Influence of size and morphology on bacterial properties of ZnO powders hydrothermally synthesized using different surface stabilizing agents. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 102: 21–28.
- YINGPRASERT, W., MATAN, N., MATAN, N. (2015). Effects of surface treatment with cinnamon oil and clove oil on mold resistance and physical properties of rubberwood particleboards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73: 103–109.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0583.

Adresa autorov

Ing. Ján Iždinský, PhD. – jan.izdinsky@tuzvo.sk

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc. – reinprecht@tuzvo.sk

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva,
T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

**OCHRANA DŘEVA A MATERIÁLŮ NA BÁZI DŘEVA
VE STAVBÁCH PROTI HOUBÁM****PROTECTION OF WOOD AND WOOD-BASED MATERIALS
IN THE CONSTRUCTION AGAINST FUNGI****PETR PTÁČEK – PETR SVORA****ABSTRAKT**

Ochrana dřeva je většinou prováděna nedostatečně, vzhledem k možnosti napadení dřeva zabudovaného ve stavbě, při zvýšení vlhkosti. Zvýšení vlhkosti je potřebné monitorovat a rychle poruchu odstranit. Pro snížení vlhkosti zabudovaného dřeva je vhodné použití mikrovlnného záření.

Klíčové slova: ochrana dřeva, degradace dřeva, mikrovlnné záření, oxid titaničitý

ABSTRACT

The wood protection is mostly done inadequately where the possibility of wood attack is high due to increased humidity. The increasing of humidity is necessary monitor and the defect has to be removed quickly. For decreasing the humidity of in-built wood is suitable to use microwave radiation.

Key words: wood protection, degradation of wood, microwave radiation, titanium oxide

ÚVOD

Pokud řešíme otázku, před jakými činiteli ať už biotickými nebo abiotickými je nutné chránit dřevo a materiály na bázi dřeva, tak jako základní se může jevit možnost požáru. Z poruch staveb je možné konstatovat, že základním problémem je zvýšená vlhkost a následný rozvoj plísní a dřevokazných hub. Vlhkost není samozřejmě tak rychlá a ničivá jako oheň, záleží, kdy jsme schopni vlhkost detekovat. V případě, že vlhkost nedetekujeme v krátkém čase - řádech dní, v některých případech i v řádech minut, může dojít k nenávratnému poškození nosné konstrukce dřevostavby nebo jednotlivých skladeb a ostatních materiálů působením samotné vlhkosti nebo následným napadením biotickými činiteli. Záleží také na rychlosti zvýšení vlhkosti, zda jde o rychlou povodeň, prasklou trubku, pomalé zatékání do konstrukce nebo kondenzaci vlivem chybné skladby.

ROZVOJ VLHKOSTI VE STAVBĚ

Voda může vnikat do konstrukčních materiálů a detailů stavby několika způsoby. Jednou z nejčastějších příčin vniknutí vlhkosti do objektu je neexistující nebo poškozená hydroizolace spodní stavby. Vzlínající vlhkost není pouze problémem ve starých budovách a památkách, ale v posledních letech se často objevuje i u mnoho mladších staveb, kde byla špatně odvedená práce při provádění hydroizolace základů, nevhodným postupem kladená izolace, ale i nedostatečně zohledněn terén v okolí stavby, což umožňuje přímému působení povrchové vody na základy stavby, především v kontaktu dřeva se základem. K zásadním problémům může docházet i uvnitř konstrukce v důsledku poruch nebo skrytých instalačních chyb vodovodního systému či ústředního topení, resp. vzniká riziko tvorby kondenzované vody na povrchu materiálů v interiéru při nesprávném tepelně-technickém návrhu opláštění konstrukcí (PTÁČEK a kol. 2013).

Příčiny zvýšené vlhkosti jsou různé, nedodržení konstrukčních zásad a požadavků, chyby při výstavbě, poruchy technických zařízení budov (TZB), povětrnostní vlivy zejména přívalové deště, chyby vlastníka objektu.



Obrázek 1 Zatékání do fasády hnaným deštěm na podbití střechy

Na základě těchto skutečností můžeme určit nejpravděpodobnější místa vzniku zvýšené vlhkosti, ne vždy je to možné určit přesně. Nejčastějšími místy jsou koupelny a kuchyně, rozvody teplé a studené vody, přívod vody a odpady nebo sprchové kouty s chybně provedenou izolací. To jsou místa, kam je vhodné umístit senzor pro monitorování zvýšené vlhkosti.

Existují i místa, která nelze dopředu identifikovat, například poškození spodních trámů dřevostavby dlouhodobým zatékáním do podbití štítu vlivem hnaného deště (Obrázek 1). Další příčinou může být chybný detail oplechování střechy a následné zatékání do fasády. Malé vsakovací jímky na dešťovou vodu, při jejich zaplnění dochází k přetékání a následnému zatékání mezi základovou deskou a vlastní konstrukcí dřevostavby (Obrázek 1).

Další závažnou příčinou může být i porucha (prasknutí) „levných“ hadic vedoucích k myčce, koupelnovým bateriím atd. Problém mohou být i rychlé přívalové deště, kdy hladina v daném místě vystoupí nad základovou desku.

Vlhkost je možné detekovat pomocí dlouhodobého monitorování vlhkosti jednotlivých materiálů v samotné konstrukci pomocí systému Moisture Guard. Moisture Guard je systém vyvinutý pracovníky Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT, umožňuje



Obrázek 2 Nedostatečná kapacita jímky při přívalovém dešti

sledovat vlhkost přímo v konstrukcích. Jednotlivé senzory mohou měřit relativní vlhkost vzduchu v izolačních materiálech nebo v dutinách, teplotu, vlhkost daného materiálu dřeva, materiály na bázi dřeva, sádkartonové a sádrovláknité desky, popř. jiné materiály po kalibraci senzorů pro daný materiál. Systém umožňuje ukládání dat online na vzdálený server,

zaslání upozornění, pokud vlhkost stoupne nad požadovanou hodnotu, možnost napojení například na zabezpečovací systém atd.

Většinou dochází k zvýšení vlhkosti konstrukčního dřeva umístěného na základové desce, je tedy vhodné snímače vlhkosti dřeva umístit v koupelnách a kuchyních, ale i na ostatních místech po obvodové stěně objektu, relativní vlhkost můžeme snímat nejen v prostoru objektu, ale vhodné to je i v izolačních materiálech. Na základě zkušeností se zvýšenou vlhkostní vlivem poruchy, například prasklé hadice v patře a přízemí dřevostavby je zřejmé, že vlhkost se zvyšuje v řádech minut. Do budoucna bude vhodné systém rozšířit i o další regulační a monitorovací prvky. Prasklá přívodní hadice v řádech korun, může způsobit havárii v řádech stovek tisíc a minimálně měsíce oprav. Pokud dojde k poruše v patře řadových domů, je nutné vyměnit skladbu stropu, odstranit izolační materiály v patře do výšky cca 30 cm, v přízemí celé izolace stěn, schodiště, celou skladbu podlahy, všechny dřevěné prvky je nutné vysušit. Vlhkost může proniknout i do ostatních domů. Vzhledem k této skutečnosti by bylo vhodné monitorovat i pokles tlaku v topném okruhu, průtok vody

studené a teplé vody a při „podezřelém“ úniku provést uzavření okruhu a informovat majitele objektu.

ROZSAH POŠKOZENÍ

Rozsah poškození může být poměrně velký, v případě, že únik vody není detekován okamžitě, tak může dojít až k havárii celé konstrukce. Ve většině případů, s kterými jsme se setkali, byl rozvoj dřevokazných hub detekován v přízemí po jednom až dvou letech.



Obrázek 3 Degradace nosných prvků konstrukce

Napadení dřevokaznými houbami bylo provázeno i výskytem mravenců v objektu. V patře byl únik vody většinou řešen okamžitě, ale i v jednom případě po více než roce. Ve většině případů došlo k barevným změnám dřevěných prvků, sádkartonových, sádrovláknitých desek nad úrovní podlahy. Ať už zbarvením od působení vlhkosti nebo rozvojem plísní.

POŽADAVKY NA OCHRANU DŘEVA



Obrázek 4 Mikrovlnné vysoušení prvků s vyšší vlhkostí

Většina konstrukcí se nachází v třídě použití 1 a 2 podle EN 335 (2013) a třídě provozu 1,2,3 podle ČSN EN 1995-1-1 (2007). Pro třídu použití 1 a 2 je podle ČSN EN 460 (1996) přirozená trvanlivost dřeva dostatečná. Bohužel při zatečení je zvýšení vlhkosti dramatické a z vlhkosti dřeva 8-15 % se vlhkost zvýší na 60-90 %.

Během krátkého času se může dřevo tedy posunout do třídy použití 4, kde je nutná tlaková impregnace.

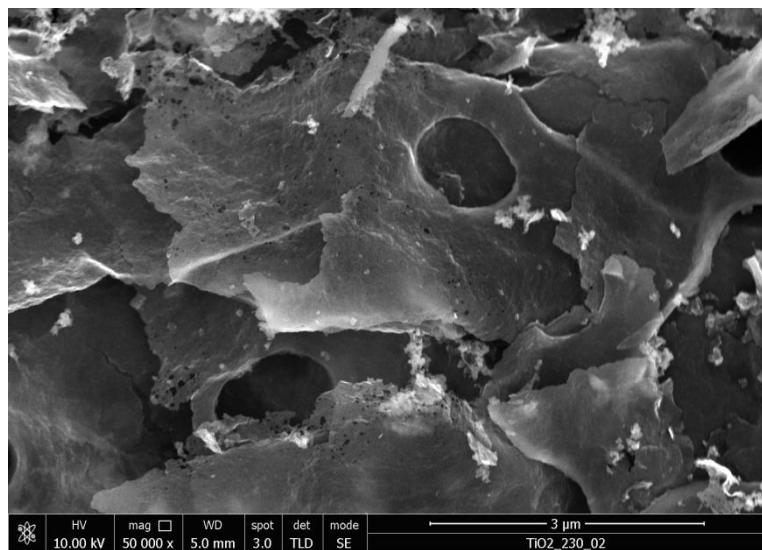
Ve většině případů bylo nutné provést likvidaci napadených částí, v místech které bylo napadení plísními nebo pouze zvýšená vlhkost je potřebné provést mikrovlnné vysoušení (Obrázek 1). Vysoušení odporovými dráty, větracími kanálky a podobné, bylo zjištěno jako nevyhovující. U mikrovlnného vysoušení je nutné většinou minimálně 2x opakování, ale vysoušení se dá provést cca do 14 dní u dřevěných prvků rozměrů 60x120 mm s vlhkostí dřeva cca 60-90 % (PTÁČEK a TEREBSYOVÁ 2014). Vhodná je následná tlaková injektáž přípravkem s preventivní účinností proti plísním a dřevokazným houbách rozpuštěným v lihu ne ve vodě, tak aby nebyla opětovně zvýšena vlhkost dřeva.

Předností by samozřejmě byla výroba minimálně dřevěných základových prahů z tlakově impregnovaného dřeva do třídy použití 4, i když tyto prvky jsou umístěny v třídě použití 1 až 2. Bohužel tlakově impregnované základové prahy používá pouze málo firem.

OCHRANA DŘEVA S NANOČÁSTICEMI

Další možností ochrany je povrchová ochrana přípravky s nanočásticemi. Většina přípravků pro třídu použití 3 se potýká s problémem vyluhování, ale také legislativním omezením.

V současné době probíhá na UCEEB výzkum interakce dřeva s TiO_2 . TiO_2 je běžně



Obrázek 5 Amorfni forma TiO_2
(Autor: Sylwia Svorová Pawelkowicz)

používán v nano-formě v široké škále aplikací - od potravinářství přes kosmetický průmysl až po stavebnictví (hydrofobní povrchy hydrofilní povrchy, biocidní ochrana povrchů). Vzhledem ke svým fyzikálně-chemickým vlastnostem je problematické zabudování do roztoku nátěrové hmoty.

TiO_2 je většinou dodáván ve formě kuliček, V rámci projektu

GA ČR je zaměřeni na TiO_2 ve formě „lístku“, jejichž syntéza probíhá v Ústavu anorganické chemie AV ČR, v.v.i. Zkoušky s planárními částicemi TiO_2 probíhají a budou probíhat jak ve

veterometru, tak ve venkovním prostředí. Částice TiO_2 jsou naneseny na povrch dřeva v různých nosičích a to poroto aby bylo možné studovat interakce v systémech samotná částice TiO_2 - dřevní hmota, částice TiO_2 – anorganický nosič – dřevní hmota, částice TiO_2 – organický nosič – dřevní hmota. Zkoušky nemohou probíhat v „běžném“ termostatu nebo mykologickém sklepě, protože by nedošlo k inhibici TiO_2 pomocí slunečního záření.

ZÁVĚR

K napadení dřevokaznými houbami ve stavbách dochází většinou vlivem poruchy ve stavbě nebo nedodržením postupů při výstavbě. Nejexponovanější prvky by bylo vhodné chránit tlakovou impregnací, i když jsou umístěné třídě použití 1 a 2, jejich následná výměna je většinou velmi problematická. Zásadní vliv může mít i monitorování aktuálního stavu například systém Moisture Guard.

LITERATURA

- PTÁČEK, P., JIROUŠEK, Z., SOBOTKA, J. (2013). Sanace stávajících dřevěných konstrukcí - použití mikrovlnného záření, Dřevostavby 2013, Sborník přednášek z odborného semináře se zahraniční účastí, Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, Volyně 2013, s. 125–128. ISBN 978-80-86837-51-2.
- PTÁČEK, P., TEREBSYOVÁ, M. (2014). Použití mikrovlnného záření na likvidaci biotického napadení a vysoušení dřevostaveb, Dřevostavby 2014, Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola, Volyně, 2014, s. 129-132. ISBN 978-80-86837-57-4.
- EN 335 (2013). Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva.
- ČSN EN 460 (1996). Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva. Požadavky na trvanlivost dřeva pro jeho použití v třídách ohrožení.
- ČSN EN 1995-1-1 (2007). Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GAČR 18-26297S.

Adresa autorů

Ing. Petr Ptáček, Ph.D. – petr.ptacek@cvut.cz

Ing. Petr Svora, Ph.D. – petr.svora@fsv.cvut.cz

Univerzitní centrum energeticky efektivních budov ČVUT v Praze, Třinecká 1024

273 43 Buštěhrad, Česká republika



DREVOZNEHODNOCUJÚCE HUBY 2018

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
s. 106–113, ISBN 987-80-228-3134-5

Recenzovaná pôvodná vedecká práca

MIKROBIÁLNA KONTAMINÁCIA POVRCHOV KONŠTRUKCIÍ NA DETSKÝCH IHRÍSKÁCH

MICROBIAL CONTAMINATION OF SURFACES OF CONSTRUCTIONS IN CHILDREN PLAYNGROUND

ZUZANA VIDHOLDOVÁ – JANA KROKOŠOVÁ – ROMANA ZVAROVÁ

ABSTRAKT

V období marec – apríl 2016 bol realizovaný monitoring prirodzeného výskytu mikroskopických húb (plesní) a baktérií na vybraných povrchoch troch konštrukcií detských ihrísk v meste Zvolen. Prežitie mikróbov na skúmaných povrchoch sa hodnotilo na základe ich následnej kultivácie v laboratórnych podmienkach zo sterov. Pre identifikáciu mikroskopických húb boli využité mikroskopické a makroskopické metódy a pre baktérie biochemická metóda. Na skúmaných povrchoch konštrukcií sa vyskytovali spóry mikroskopických húb z rodu *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicocum*, *Fusarium*, *Penicillium* a *Trichoderma* a baktérie *Staphylococcus aureus* a *Staphylococcus epidermidis*.

Kľúčové slová: detské ihriská, mikroskopické huby, baktérie

ABSTRACT

In March - April 2016, monitoring of the natural occurrence of microscopic fungi and bacteria on selected surfaces of three structures of children's playgrounds in Zvolen was carried out. Survival of microbes on investigated surfaces was evaluated based on their subsequent cultivation in laboratory conditions from swabs. Microscopic and macroscopic methods were used to identify microscopic fungi, and the biochemical method for bacteria. The spores of microscopic fungi of the genus *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Epicocum*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Trichoderma* and bacteria of *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* were found on the investigated surfaces.

Key words: children playground, microscopic fungi, bacteria

ÚVOD

Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov uvádza, že prevádzkovateľ je povinný zabezpečiť pravidelné čistenie a udržiavanie vonkajších i vnútorných priestorov zariadenia pre deti a mládež tak, aby tieto nepredstavovali riziko v dôsledku ich mikrobiálneho a iného znečistenia a

dodržiavať najvyššie prípustné množstvo mikrobiálneho a iného znečistenia pôdy (§ 24, odsek 5). Zdravotné riziká možno podľa pôvodu rozdeliť na: mechanické, chemické a mikrobiálne. Riziká z mechanického poškodenia predstavujú jednak poranenia od: – drevených triesok (ak povrch samotnej drevenej konštrukcie použitej v zostave detského ihriská je drsný, napríklad poškodený vandalizmom), – vyčnievajúcich spojovacích kovových prostriedkov ako sú klince a skrutky, – koncov drôtených lán, – hrotov alebo časti obsahujúce ostré hrany; tak aj infekcie od – rozbitého skla, alebo injekčných ihli, ktoré sa nachádzajú voľne pohodené v areály detského ihriska. Chemické riziká predstavujú otravy človeka a detí vyvolané prípravkami použitými pri ochrane porastu proti burinám (herbicidy) a chorobám a škodcom rastlín a stromov (pesticidmi). Riziko bakteriálneho, parazitárneho alebo vírusového znečistenia sa prejaví ako epidemiologické riziko - infekčné ochorenia. Najčastejšie sa to vyskytuje v prípade pieskovísk ako súčastí detských ihrísk, ktoré môžu vyvolať vírusové hepatitídy alebo infekcie vírusom HIV (HAMADE a JANECHOVÁ 2014, UHRINOVÁ a kol. 2013). Nositeľmi infekčných ochorení sú aj niektoré baktérie, mikroskopické huby (plesne), kvasinky a pod. a ich produkty (toxíny, rôzne enzýmy, antigény) (HORVÁTHOVÁ 2014, KLEMENT a kol. 2011). Tieto mikroorganizmy sa môžu prejavíť ako pôvodcovia celej rady poškodenia ľudského organizmu (PIECKOVÁ a JESENSKÁ 1999), a to od ľahkých foriem až po ochorenia končiace smrťou. Spóry mikroskopických húb uvoľňované do ovzdušia a ktoré následne človek vdychuje, môžu u vnímavých jedincov a detí vyvolať individuálnu precitlivosť, ktorá sa prejavuje najmä: (1) zvýšenou chorobnosťou (opakované infekcie a zápalý respiračného systému, bolesti hlavy, únava a pod.) s následným rozvojom alergie (chronická alergická nádcha, astma, ekzém) alebo (2) vyčerpaním imunitného systému a jeho poruchám z dôvodu dlhotrvajúceho pôsobenia na organizmus a opakovanými zápalmi s potrebou antibiotickej liečby. Expozícia vo vonkajšom prostredí je menšia ako vo vnútornom prostredí budov.

PROBLEMATIKA PRÁCE

Kontaminácia povrchu dreva mikroorganizmami ako sú baktérie, riasy a huby spôsobuje nielen estetické a fyzikálne poškodenie štruktúry dreva ale môže viesť ku zdravotným problémom ľudí (GAYLARDE a MORTON 1999). Biofilm na povrchu dreva a aj iných materiálov obsahuje rôzne druhy aktívnych a latentných mikroorganizmov ako aj produkty ich metabolizmu ako sú kyseliny a polysacharidy. Práve polysacharidy pôsobia ako lepidlo a na povrchu sa zachytávajú aj ďalšie nečistoty z ovzdušia. Postupne to vedie k zvyšovaniu znehodnocujúceho efektu biofilmu a zhoršenému čisteniu povrchov. Tvorbu

biofilmu hubami a riasami je možné spozorovať voľným okom, ale baktérie môžu byť prítomné na prvý pohľad na čistom povrchu. V praxi existujú štúdie zamerané na zisťovanie kontaminácie prachu a ovzdušia ako aj identifikácia druhov plesní na povrchu samotných drevených predmetov v rôznych obytných i historických stavbách (KUBÁTOVÁ 2012, NOVÁKOVÁ 2008, KORPI a kol. 1997, PANGALLO a kol. 2007, ŠIMONVIČOVÁ 2007, PIECKOVÁ a WIKINS 2004, a pod). K najviac vyskytujúcim sa druhom plesní patria zástupcovia rodov *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Stemphylium*, *Epicoccum* a *Botrytis*. V prácach VIDHOLDOVÁ a kol. (2015a, b) sme boli zameraní na monitoring výskytu plesní a baktérií na povrchoch rôznych drevených materiálov z masívneho dreva a kompozitných materiálov v laboratórnych podmienkach. Výskyt mikroorganizmov na povrchu dreva môžu byť podmienené jeho prirodzenými antimikrobiálnymi vlastnosťami (MALLING a kol. 2005) ako aj povrchovou modifikáciou dreva napr. účinkom plasmy (KOTRÁDYOVÁ a KALINÁKOVÁ 2014) ako aj samotnou povrchovou úpravou dreva rôznymi náterovými látkami (GARZÓN-BARRERO a kol. 2016, VIDHOLDOVÁ a SLABEJOVÁ 2018) a v súčasnej dobe ich kombináciou s nanočasticami a biomimetikou (ZHAO a kol. 2017, REINPRECHT a VIDHOLDOVÁ 2017), kedy sa povrch dreva stáva hydrofóbny až superhydrofóbny.

V súvislosti s detskými ihriskami uskutočnil Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky kontrolu dodržiavania povinností súvisiacich s prevádzkou pieskovísk zriadených v rámci detských ihrísk, so zameraním sa na mikrobiálne a parazitárne znečistenia piesku, t.j. sledovala sa prítomnosť termotolerantných koliformných baktérií a fekálnych streptokokov, baktérie rodu *Salmonella* spp., vajíčka helmintov alebo iné vývojové štádiá týchto parazitov (RÚVZ 2012 a RÚVZ 2016). Iné štúdie mikrobiálneho znečistenia detských ihrísk nie sú známe.

Cieľom tejto práce bolo vyhodnotiť kontamináciu povrchov zvolených miest konštrukcií na detských ihriskách z pohľadu výskytu možného mikrobiálneho znečistenia.

METODIKA

Detské ihriská - pre hodnotenie výskytu plesní a baktérií boli zvolené detské drevené ihriská v meste Zvolen, a to v Domanovom parku pri ulici M. R. Štefánika (Zvolen Mesto), na ulici A. Nográdyho (Zvolen Západ) a na ulici Topoľová (Zvolen Sekier). Na každej konštrukcii boli vybraté miesta, s ktorými sú deti najčastejšie v kontakte resp. aj miesta v blízkosti terénu (tab. 1).

Odber vzoriek - bol vykonaný sterovou metódou pomocou sterilného vatového tampónu z plochy cca 100x100 mm v dvoch na seba kolmých smeroch. Stery sa realizovali dňa 29.3. 2016 (pre hodnotenie výskytu plesní) a 1.4. 2016 a opakovane 13.4. 2016 (pre hodnotenie výskytu baktérií).

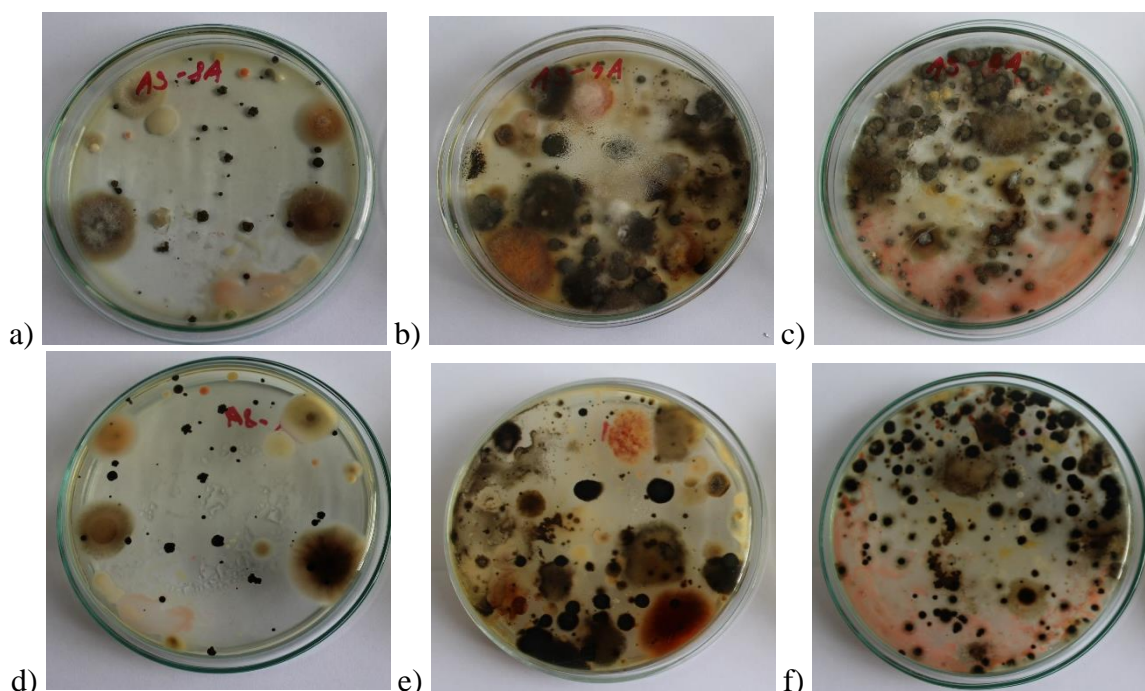
Hodnotenie výskytu plesní - v mykologickom laboratóriu KMTD na DF TU vo Zvolene boli v sterilných podmienkach vatové tampóny vytrepané do 5 ml destilovanej vody. 1 ml tejto suspenzie bol rozotrený na povrchu živných pôd - Czapek-Dox Agar a Malt Agar (Himedia, ČR). Kultivácia prebiehala 7 dní pri teplote $25 \pm 2^\circ\text{C}$ v termostate. Zo zmesných kultúr bolo vybratých 23 vzoriek kolónií plesní, ktoré boli preočkované na novú živnú pôdu a opätovne kultivované. Na základe tvaru týchto kolónií plesní, rýchlosti rastu a využitia kľúča (KUBÁTOVÁ 2006) boli plesne identifikované. Pre mikroskopické určenie plesní boli pripravené preparáty pre svetelný mikroskop a to tak, že na podložné sklíčko sa položil štvorec zo živnej pôdy (cca 10x10 mm). Očkovacou ihlou boli spóry plesní z vyčistenej kultúry prenesené na okraj štvorca, a ten bol prikrytý sa krycím sklíčkom. Vzorky boli vložené do sterilnej Petriho misky a v termostate pri teplote $25 \pm 2^\circ\text{C}$ boli kultivované 7 dní. Pre identifikáciu bol použitý svetelný mikroskop Olympus BX – 43. Identifikácia bola vykonaná podľa identifikačných kľúčov: FASSATIOVÁ (1979) a KUBÁTOVÁ (2006).

Hodnotenie výskytu baktérií - po prinesení sterových tyčiniek na Oddelenie klinickej mikrobiológie Nemocnice Zvolen, a.s. boli sterové tyčinky vložené do 5 ml thioglykolátového média v skúmavkách a zahájená primokultivácia pri teplote 37°C po dobu 48 hodín. Následne sa tekuté pôdy vyočkovali na pevné pôdy. Kultiváciou preukázané bakteriálne kolónie boli biochemicky identifikované.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom experimentov je identifikovaná skupina plesní a baktérií na zvolených povrchoch detských ihrísk. Vykonaná analýza ukázala, že v jarnom období sa na detských ihriskách vo Zvolene vyskytovali plesne z nasledujúcich rodov: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium* a *Fusarium* (obr. 1, tab. 1). Medzi najdôležitejšie plesne s vplyvom na ľudské zdravie patria plesne z rodov *Aspergillus*, *Penicillium* a *Alternaria*. Ich spóry produkujúce mykotoxíny môžu vyvolať problémy dýchacích ciest alebo alergickú reakciu. Výskyt ostatných zistených druhov napr. z rodu *Cladosporium* či *Fusarium* sa sústreďuje v pôdach, na listoch a stonkách rastlín, v rôznych organických substrátoch (KUBÁTOVÁ 2012, PIECKOVÁ a JESENSKÁ 1999). Preto tieto druhy boli najviac identifikované na drevených prvkoch v blízkosti týchto miest ako sú pätky prvkov a pod. (obr. 1c). Plesne sa popri

drevených povrchoch vyskytovali aj na plastovom povrchu. Negatívny vplyv plesní na človeka závisí od intenzity ich kontaminácie a predispozície jednotlivcov k ochoreniu.



Obrázok 1 Zmesné kultúry plesní po 7 dňoch kultivácie – stery odobraté z miesta:

- a) drevené držadlo (ihrisko Zvolen mesto),
- b) drevená rampa veže (ihrisko Zvolen Západ),
- c) drevená päťka (ihrisko Zvolen Sekier),
- d), e), f) reverzná strana zmesných kultúr a), b) a c).

Tabuľka 1 Výskyt plesní a baktérií na povrchoch prvkov detských ihrísk

| Odborné miesto / materiál | Druh identifikovanej plesne | Druh identifikovanej baktérie |
|--|---|-------------------------------|
| Ihrisko Zvolen Mesto | | |
| prvé držadlo / drevo | <i>Aspergillus niger, Penicillium sp.</i> | <i>St. epidermidis</i> |
| druhé držadlo / drevo | - | <i>St. epidermidis</i> |
| kačička držadlo / plast | <i>Penicillium citrinum, Aspergillus nigulans</i> | <i>St. aureus</i> |
| Ihrisko Zvolen Západ | | |
| prvá veža rampa / drevo | <i>Fusarium sp., Cladosporium sp.</i> | Aerobné sporuláty |
| prvá veža päťka / drevo | <i>Trichoderma sp.</i> | Aerobné sporuláty |
| priestor na zachytenie 1. veža / drevo | <i>Penicillium citrinum, Epicocum sp. alebo Humicola sp. Cladosporium sp.</i> | <i>St. epidermidis</i> |
| držadlo medzi vežami / drevo /7 | <i>Aspergillus sp. Aspergillus nigulans, Cladosporium sp.</i> | <i>St. aureus</i> |
| druhá veža zábradlie / drevo /8 | <i>Cladosporium sp.</i> | <i>St. epidermidis</i> |
| Ihrisko Zvolen Sekier | | |
| päťka / drevo /9 | <i>Alternaria alternata, Cladosporium sp.</i> | Aerobné sporuláty |
| rebrík / drevo /10 | <i>Cladosporium sp.</i> | Aerobné sporuláty |
| zábrana nad šmýkačkou / drevo /11 | <i>Fusarium sp.</i> | <i>St. epidermidis</i> |

Zo zistených výsledkov (tab. 1) môžeme konštatovať, že zistené významné druhy baktérií spojené s človekom sú *Staphylococcus epidermidis* a *Staphylococcus aureus*. Ľudská koža má vlastnú permanentnú rezidentnú mikroflóru, ktorej súčasťou je baktéria *Staphylococcus epidermidis* (HRČKOVÁ 2002). Táto baktéria sa vyskytovala len na drevených držadlách a zábradliach, na ktoré sa pravdepodobne dostala prenosom z rúk. Naopak kmene *Staphylococcus aureus* sú najčastejšími bakteriálnymi pôvodcami hnisavých ochorení kože a podkožia, kostí a mliečnej žľazy, ale spôsobujú aj zápaly stredoušia, sinusitídy, meningitídy a sepsy (MAĎAR 2003). Zdravý organizmus neohrozuje práve naopak, prispieva k budovaniu imunity a dobrej odolnosti voči infekciám. K ochoreniu jedinca dochádza hlavne v prípadoch oslabenia ochranných schopností organizmu, či v prípade výskytu otvorenej rany. Baktéria *Staphylococcus aureus* bola zistená na dvoch miestach, a to na plastovom povrchu držiadiel kačičky na ihrisku Zvolen Mesto a na drevenom držadle medzi vežami na ihrisku Zvolen Západ.

Experiment poukázal na fakt, že drevo ako konštrukčný materiál detských ihrísk je v reálnych podmienkach nositeľom životaschopných spór plesní a baktérií, ktoré môžu predstavovať riziko pre samotnú konštrukciu ihriska a tiež ich užívateľov - hlavne detí.

ZÁVER

Napriek tomu, že detské ihriská predstavujú pre deti určité zdravotné riziko, nie je vhodné zakazovať deťom hrať sa v nich, nakoľko hra v útlom detskom veku predstavuje prirodzený spôsob, ako si vypestovať sociálne návyky medzi vrstovníkmi, rozvíjať primeraný spôsob komunikácie a jemnú motoriku. Treba vedieť o možných rizikách infekcie pre deti, ktoré sa aj v prostredí detských ihrísk dostávajú do kontaktu so spórmi plesní a s baktériami. Ich negatívny vplyv na človeka závisí nie len od koncentrácie spór, ale aj od dispozície jednotlivcov k ochoreniu. Jedným z najúčinnějších preventívnych opatrení zostáva zodpovedná výchova detí k základným hygienickým návykom ako je umývanie rúk.

Taktiež preukázaná analýza ukazuje na skutočnosť, že mikroorganizmami kontaminované prvky detských ihrísk sú vystavené potenciálnemu riziku ich biokorózie. Z toho dôvodu je potrebné drevenú konštrukciu ihriska pred týmto rizikom chrániť a dbať na preventívnu konštrukčnú ochranu dreva vo fáze projektovania detských ihrísk a prípadne adekvátne zvolenou zdravotne neškodnou chemickou ochranou.

LITERATÚRA

- FASSATIOVÁ, O. (1979). Plísňe a vláknité houby v technické mikrobiologii. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 211 s.
- GARZÓN-BARRERO, N.M., SHIRAKAWA, M.A., BRAZOLIN, S., DE LARA, I.A.R., SAVASTANO JR., H. (2016). Evaluation of mold growth on sugarcane bagasse particleboards in natural exposure and in accelerated test. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 115: 266–276.
- GAYLARDE, C.C., MORTON, L.G. (1999). Deteriogenic biofilms on buildings and their control: a review. *Biofouling*, 14(1): 59–74.
- HAMADE, J., JANECHOVÁ, H. (2014). Zdravotné riziká z pieskovísk a legislatív. URL: http://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=1484:zdravotne-rizika-znpieskovisk-a-legislativa&catid=63:deti-a-mlade&Itemid=70.
- HRČKOVÁ, A. (2002). Ruky v ošetrovateľskej praxi – nástroj pomoci alebo ohrozenia? In: *Nozokonálne nákazy*, 1(1): 35–38.
- HORVÁTHOVÁ, M. (2014). Imunológia pre verejné zdravotníctvo a iné odbory. Imunitný systém a chronické neprenosné ochorenia. Bratislava: Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, s. 76.
- KLEMENT, C. MAĎAROVÁ, L., SIRÁGI, P., MEZENCEV, P., KISSOVÁ, R., STRHÁRSKY, J., KOHÚTOVÁ, D., TRNKOVÁ, K. (2011). Niektoré ochorenia spôsobené biologickými agensami, prichádzajúce do úvahy pri mimoriadných situáciách vo verejnom zdravotníctve. In: *Mimoriadne udalosti vo verejnom zdravotníctve*. Banská Bystrica : PRO, s. 301–534.
- KORPI, A. PASANEN, A.L., PASANEN, P., KALLIOKOSKI, P. (1997). Microbial growth and metabolism in house dust. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 40: 19–27.
- KOTRADYOVÁ, V., KALIŇÁKOVÁ, B. (2014). Wood as material suitable for health care and therapeutic facilities *Advanced Materials Research*, 1041: 362–366.
- KUBÁTOVÁ, V. (2006). Atlas mikroskopických saprotrofních hub (Ascomycota) (2006). URL: <https://www.natur.cuni.cz/biologie/botanika/veda-a-vyzkum/atlas-mikroskopickyh-saprotrofnich-hub-ascomycota>.
- KUBÁTOVÁ, V. (2012). Houby v našich domácnostech aneb o čem doma víte i nevíte. *Živa*, 60 (5): 224–228.
- MAĎAR, R. (2003). Methicilín-rezistentný *Staphylococcus aureus* (mrsa) – stále je tu šanca účinne sa brániť. *Nozokonálne nákazy*, 2(1): 19–29.
- MILLING, A., SMALLA, K., KEHR, R., WULF, A. (2005). The use of wood in practice - a hygienic risk? In: *Holz als Roh- und Werkstoff.*, 63: 463–472.
- NOVÁKOVÁ, A. (2008). Mikroskopické houby v ovzduší bytů v rekonstruovaných a v nerekonstruovaných domech v Českých Budějovicích. In: *MICROMYCO 2008*. s. 45–51.
- PANGALLO, D., ŠIMONVIČOVÁ, A., CHOVANOVÁ, K., FERIANC, P. (2007). Wooden art objects and the museum environment: Identification and biodegradative characteristics of isolated microflora. *Letters in Applied Microbiology*, 45(1): 87–94.
- PIECKOVÁ, E., JESENSKÁ, Z. (1999). Microscopic fungi in dwellings and their health implications in humans. *Annals of agricultural and environmental medicine*, 6(1): 1–12.

- PIECKOVÁ, E., WILKINS, K. (2004). Airway toxicity of house dust and its fungal composition. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 11(1): 67–73.
- REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. (2017). Growth inhibition of moulds on wood surfaces in presence of nano-zinc oxide and its combinations with polyacrylate and essential oils. *Wood Research*, 62 (1): 37–44.
- RÚVZ (2016). Výsledky mimoriadnej cielenej kontroly zameranej na dodržiavanie hygienických požiadaviek na pieskoviská, URL: http://www.uvzsr.sk/docs/uk/sprava_pieskoviska_2016.pdf
- RÚVZ (2012). Výsledky výkonu štátneho zdravotného dozoru na pieskoviskách. URL: http://www.uvzsr.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=1983:vysledky-vykonu-ntatneho-zdravotneho-do-zoru-na-pieskoviskach&catid=132:spravy-z-uradnych-kontrol-za-rok-2012&Itemid=114.
- Nariadenie vlády č. 404/2007 Z. z. o všeobecnej bezpečnosti výrobkov.
- ŠIMONVIČOVÁ, A. (2007). Mikroskopické huby v interiéroch historických budov. In: *Micromyco 2007*, s. 163–168.
- UHRINOVÁ, K., BUCHANCOVÁ, J., ŠOŠKOVÁ, L., KAPASNÝ, M., ZIBOLENOVÁ, J. (2013). Je prostredie detských pieskovísk pre zdravie detí bezpečné? In: *Česko-Slovenska Pediatrie*, 68(5): 301–308.
- VIDHOLDOVÁ, Z., IŽDINSKÝ, L., REINPRECHT, L., KROKOŠOVÁ J. (2015a). Activity of Bacteria and Moulds on Surfaces of Commercial Wooden Composites. *Materials Science Forum*, 818: 190–193.
- VIDHOLDOVÁ, Z., REINPRECHT, L., KROKOŠOVÁ, J. (2015b). Náchylnosť dreva na mikrobiálnu kontamináciu baktériami a plesňami. In: *CSTI 2015*, s. 307–314.
- VLČEK, P. (2014). Bezpečnosť a ochrana zdravia detí na detských ihriskách. Metodicko-pedagogické centrum.
- Zákon č. 250/2007 Z. z. o ochrane spotrebiteľa a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov.
- Zákon č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- ZHAO, X., YU, B., ZHANG, J. (2017). Transparent and durable superhydrophobic coatings for anti-bioadhesion *Journal of Colloid and Interface Science*, 501 (1): 222–230.

Pod'akovanie

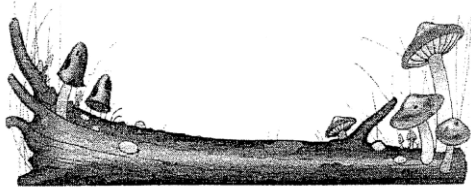
Táto vedecká práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0583 a APVV-0200-12.

Adresy autorov

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. / Ing. Romana Zvarová – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk
Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva,
T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

Ing. Jana Krokošová – jana.krokosova@nemzvolen.sk

Nemocnica Zvolen a.s., Kuzmányho nábrežie 28, 960 01 Zvolen

**VLIV DŘEVOZBARVUJÍCÍ HOUBY *Sydowia polyspora*
NA RÁZOVOU HOUŽEVNATOST SMRKU ZTEPILÉHO****INFLUENCE OF STAINING FUNGUS *Sydowia polyspora*
ON IMPACT STRENGTH OF NORWAY SPRUCE****VOJTĚCH ONDREJKA – ANNA DANIHELOVÁ****ABSTRAKT**

Navzdory pokroku ve vědě o materiálech zůstává dřevo preferovaným materiálem ve stavebnictví, ale též v jiných oblastech. U většiny použití dřeva je nutná přiměřená odolnost proti nárazu, pro mnoho použití (stavební konstrukce, sportovní zboží, rukojeti nástrojů, žebříky), je nezbytnou podmínkou. Jeho měření je tedy především po úpravě dřeva důležitou součástí rutinního testování dřeva. Tato studie byla zaměřena na hodnocení vlivu úpravy dřeva smrku ztepilého dřevozbarvující houbou *Sydowia polyspora* na rázovou houževnatost. Zkušební vzorky z dřeva smrku ztepilého pro experiment byly rozděleny na dva soubory. Soubor pozůstávající ze zralého dřeva a soubor ze dřeva běle. Zkušební vzorky byly vystaveny působení dřevozbarvující houby *Sydowia polyspora* po dobu 12, 20, 24 týdnů. Výsledky experimentu prokázali významný rozdíl rázové houževnatosti bělového dřeva smrku ztepilého po úpravě dřevozbarvující houbou *Sydowia polyspora* jen po její 24 týdenním působení v porovnání s neupraveným smrkovým dřevem. Rázovou houževnatost a hustotu houba ovlivnila hlavně u části zralého dřeva.

Klíčová slova: smrk ztepilý, běl, zralé dřevo, dřevozbarvující houby, *Sydowia polyspora*, rázová houževnatost, hustota

ABSTRACT

In spite of advances in material science, wood remains a preferred material in the building industry, but also in other areas. For most of the wood uses, reasonably resistance to impact is required; for many uses (sports goods, tool handles), it is an overriding requisite. Its measurement is, therefore mainly after wood treatment, an important part of the routine testing of timber. This study was focused on the assessment of the modification of the spruce wood by staining fungi *Sydowia polyspora* for impact strength. The test specimens of spruce wood for the experiment were divided into two sets. The files consist of heartwood and a set of sapwood. Test samples were exposed to staining fungi *Sydowia polyspora* for 12, 20, 24 weeks. The results of the experiment showed a significant difference in impact strength of Norway spruce sapwood after modification by *Sydowia polyspora* only after its 24-week exposure compared to untreated spruce wood. The impact strength and density of the fungus affected mainly the part of heartwood.

Key words: Norway spruce, sapwood, heartwood, staining fungi, *Sydowia polyspora*, impact strength, density

ÚVOD

Smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.) je často používán hlavně jako stavební materiál, využívá se na výrobu nábytku a speciálních výrobků. Při nedodržení skladovacích podmínek dřeva (vysoká relativní vlhkost vzduchu a nízká teplota, nesprávné uložení) dochází k jeho napadení hubami. Výskyt dřevozbarvujících hub je možný totiž při vlhkosti dřeva nad 20 %, i když v praxi se objevují ve větším měřítku až při vlhkostech kolem 40 – 50 % a vyšších. Výskyt zbarvujících hub může připravit podmínky i pro rozvoj dřevokazných hub.

Zatímco vliv dřevokazných hub na mechanické vlastnosti dřeva je výrazný, dřevozbarvující houby nemají výrazný vliv na pevnostní vlastnosti dřeva (REINPRECHT, 2008). Napadení dřeva dřevozbarvující houbou se ve většině případů projeví jenom změnou barvy. Můžou však proniknout i hluboko do dřeva, protože existují speciální mikrohyfy, které můžou proniknout skrz stěnu buňky, pravděpodobně fyzickým tlakem anebo enzymatickým účinkem (LIESE 1970). Ve většině případů nejsou pevnostní vlastnosti dřeva ovlivněné (SCHMID 2006). Výjimkou je však rázová houževnatost (SCHIRP a kol. 2003), která vykazuje pokles o 10 % až 15 %. Jak prokázal výzkum (REINPRECHT 2016, DANIHELOVÁ a kol. 2018), kromě barvy, ovlivňují některé dřevozbarvující houby i propustnost dřeva, což je vítané například pro impregnaci dřeva. Houževnatost dřeva udává odolnost materiálu proti rázovému zatížení, tj. energii potřebnou k porušení materiálu v krátkém časovém intervalu (BODIG a JAYNE 1993). Uveden způsob porušení je nebezpečným druhem, neboť při malé spotřebě energie a nepatrné tvárné deformaci se porucha často šíří velkou rychlostí (MINDESS a kol. 1986, BODNÁR 1992). Houževnatost dřeva je silně ovlivněna vadami dřeva, sušením dřeva při vyšších teplotách, násilnou impregnací, atd. Představuje proto rychlou metodu hodnocení účinku různých faktorů, jelikož odolnost vůči nárazům je všeobecně první dotknutá vlastnost, která je ovlivněna uvedenými faktory ve větším rozsahu jako vlastnosti hodnocené za statických zatěžovacích podmínek (DROW a kol. 1965). Přestože množství absorbované energie může být stejné, křivka deformace síly stejného materiálu se může výrazně lišit v závislosti na úpravě vzorku. Rázová houževnatost poskytuje základ pro kontrolu kvality při výběru dřeva určeného na náročné použití.

MATERIÁL A METODIKA

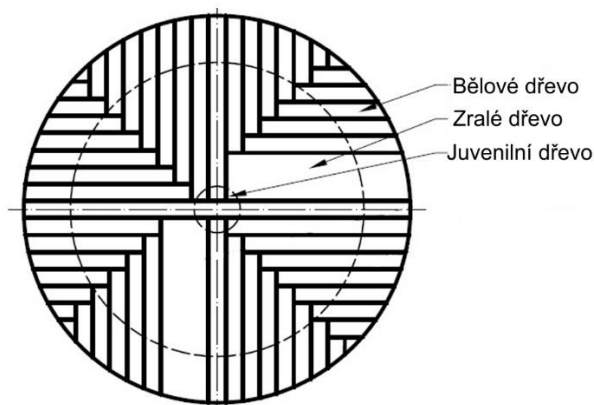
Dřevo

Zkušební tělesa byla získána z těles připravených pro výzkum SPIŠIAK (2016). Zkušební tělesa byly připraveny ze dřeva smrku ztepilého vytěženého v roce 2015. Z dvoumetrového výřezu byly připraveny 4 výřezy o délce 500 mm (obr. 1). Ty byly rozděleny

na menší části (čtvrtky) pomocí štípání. Pro nejvyšší kvalitativní vytěžit radiálního řeziva se zvolil čtvrtkový kombinovaný pořez (obr. 2). Následně byli zkušební tělesa ze smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karts.) rozděleny na tělesa ze zóny běle a tělesa ze zóny zralého dřeva. Hned po přípravě zkušebních těles byly tyto ponořeny do destilované vody s přidáním xylenu, aby se předešlo rastu mikroorganismů a zajistila vlhkost vyšší jako 100 %. Následně byly zkušební tělesa z každé zóny rozděleny na 4 soubory po 15 ks, přičemž zkušební tělesa 3 souborů byly použity pro biologickou modifikaci a 1 soubor byl referenční (nemodifikované zkušební tělesa ze zóny běle a též ze zóny zralého dřeva). Gravimetrickou metodou byla stanovena vlhkost těles na referenčních tělesech. Bělové dřevo vykazovalo absolutní vlhkost 144 %, zralé dřevo 31 %. Rozměry zkušebních těles byly 10 mm × 10 mm × 120 mm (R × T × L). Soubory referenčních zkušebních těles byly uloženy v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu 43 % a teplotou 25 °C, aby se dosáhla vlhkost těles 8 ± 1 % (DANIHELOVÁ a kol. 2018). Hustota zkušebních těles byla určena z těles nemodifikovaných a těles po modifikaci houbou *Sydowia polyspora* (po vysušení na vlhkost 8 ± 1 %).



Obrázek 1 Výřezy se značením dělení (SPIŠIAK 2016)



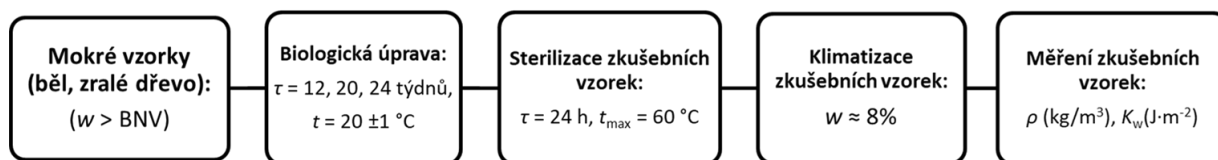
Obrázek 2 Schéma pořezu zkušebních těles (SPIŠIAK 2016)

Dřevozbarvující houba

Sydowia polyspora (Bref. & Tavel) E. Müll., syn. *Hormonena dematioides* Lagerb. & Melin byla použita pro modifikaci smrkového dřeva. Typické pro tuto houbu je napadání vlhkého dřeva jehličnatých dřevin, které zbarvuje do šedo-zelena až do zeleno-hněda (REINPRECHT 1994). Houba neatakuje stavební polymery dřeva, ale živí se zásobními látkami uloženými v lumenech buněk a ztenčeních buněčných stěn (REINPRECHT 2016).

Úprava dřeva dřevozbarvující houbou

Zkušební tělesa po vyjmutí z destilované vody byly umístěny do autoklávu sterilizovaný při teplotě 121 °C a tlaku 125 kPa po dobu 35 minut. Poté se zkušební tělesa vložili do inkubačních boxů, kde byly sterilizovány germicidní lampou s výkonem 0,74 kW, ponořené na 2 – 3 s do připraveného živného roztoku s konidii dřevozbarvující houby *S. polyspora*. Nakonec byly zkušební tělesa uloženy na nerezové podložky do vysterilizovaných skleněných nádob. Doba inkubace jednotlivých souborů trvala 12, 20 a 24 týdnů. Po uplynutí této doby byly zkušební tělesa očištěny a sterilizovány 24 hodin v sušárně při teplotě $t = 60$ °C. Po vyjmutí ze sušárny byly klimatizovány, aby jejich výsledná vlhkost byla přibližně 8 %. Po klimatizaci se určila hustota a rázová houževnatost. Blokové schéma pracovního postupu prezentuje obr. 3.



Obrázek 3 Blokové schéma pracovního postupu

Rázová houževnatost dřeva

Měření rázové houževnatosti bylo realizované v souladu s normou STN 49 0117 Dřevo. Rázová houževnatost v ohybe na Charpyho kladivě. Podstata metody je zjištění rázové houževnatosti zkušebního tělesa v příčném ohybu při působení dynamického zatížení. Zkouška je prováděna na Charpyho kladivu s potenciální energií 3 až 5 krát převyšující práci vynaloženou na porušení zkušebního tělesa rázem (STN 49 0117 (1979)). Před zkouškou byla zjištěna vlhkost těles a rozměry z přesností 0,01 mm. Rázová houževnatost byla stanovena podle vztahu (1):

$$K_w = \frac{Q}{b \cdot h} \quad (1)$$

kde K_w je rázová houževnatost v $J \cdot m^{-2}$ při vlhkosti w , Q je práce vynaložená na porušení zkušebního tělesa v J , b a h jsou rozměry zkušebního tělesa v m .

VÝSLEDKY A DISKUZE

Tab. 1 prezentuje základné statistické charakteristiky hustoty ρ a rázové houževnatosti K_w nemodifikovaného dřeva smrku ztepilého (SM) ze zóny běle a po biologické modifikaci dřevozbarvující houbou *S. polyspora* v trvání 12, 20 a 24 týdnů. Při hodnocení výsledků byla použita statistická metoda analýzy variancí ANOVA. Na statistické zpracování údajů se

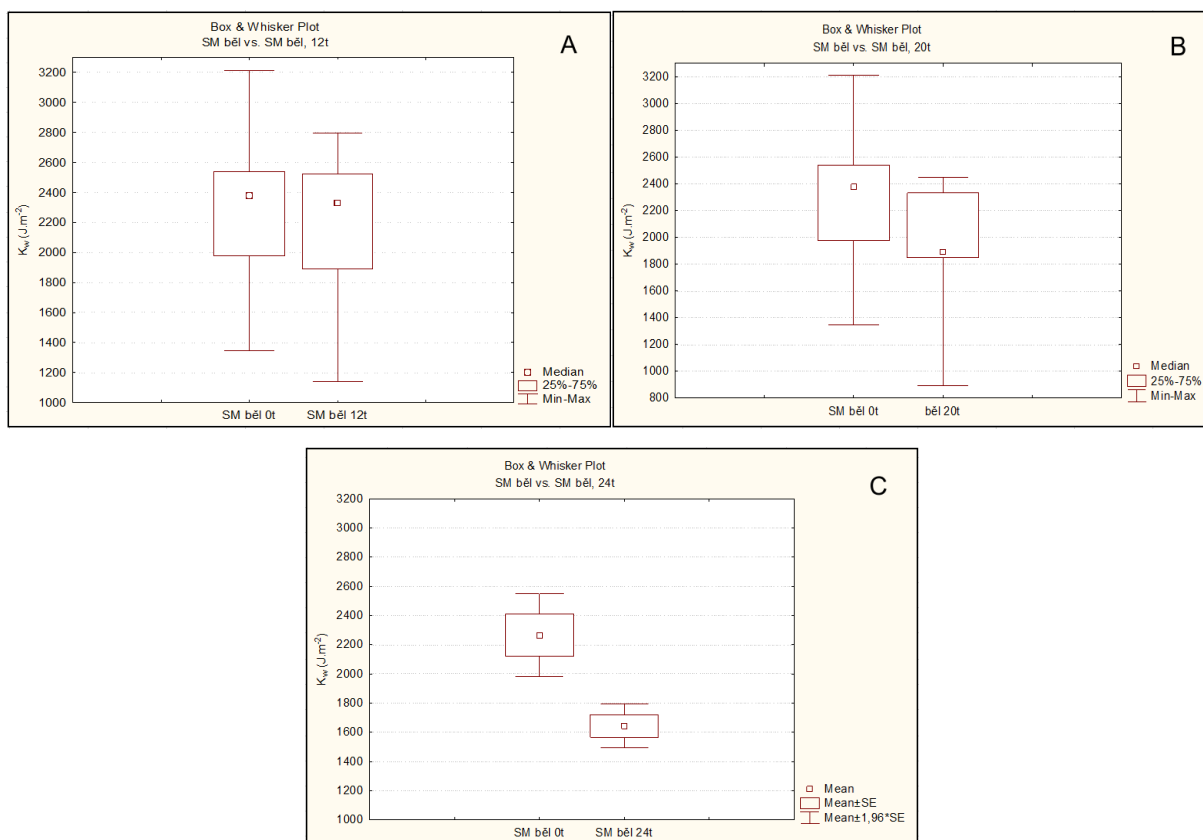
použil program STATISTIKA 7. Pro statistické hodnocení vlivu biologické modifikace houbou *S. polyspora* na hustotu a rázovou houževnatost dřeva smrku ztepilého byla zvolena hladina významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 1 Hustota ρ a rázová houževnatost K_w SM dřeva ze zóny běle a zralého dřeva

| Vlastnost | | SM bělové dřevo | | | | SM zralé dřevo | | | |
|--|--------|----------------------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|
| | | Počet týdnů inkubace | | | | | | | |
| | | 0 | 12 | 20 | 24 | 0 | 12 | 20 | 24 |
| ρ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) | AV | 380 | 376 | 374 | 372 | 386 | 365 | 362 | 365 |
| | SD | 13,0 | 8,6 | 16,9 | 15,0 | 58,3 | 15,0 | 9,0 | 19,7 |
| | CV (%) | 3,4 | 2,3 | 4,5 | 4,1 | 15,1 | 4,1 | 2,5 | 5,4 |
| K_w ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$) | AV | 2 265 | 2 134 | 1 996 | 1 955 | 2298 | 1842 | 1820 | 1822 |
| | SD | 564 | 533 | 297 | 189 | 642 | 290 | 232 | 387 |
| | CV (%) | 24,5 | 25,0 | 14,9 | 9,7 | 28,0 | 15,7 | 12,7 | 21,3 |

Z tab. 1 je zřejmé, že hustota zkušebních těles dřeva smrku ze zóny běle se snížila po 12, 20 i 24 týdnech inkubace s houbou *S. polyspora*. Průměrné poklesy hustot byli v intervalu 1 – 2,3 %. Výsledky statistického hodnocení naměřených hodnot hustoty smrkového dřeva ze zóny běle nemodifikovaného a modifikovaného (po dobu 12, 20 a 24 týdnů) s houbou *S. polyspora* metodou variací neprokázali statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$ při každé době trvání inkubace).

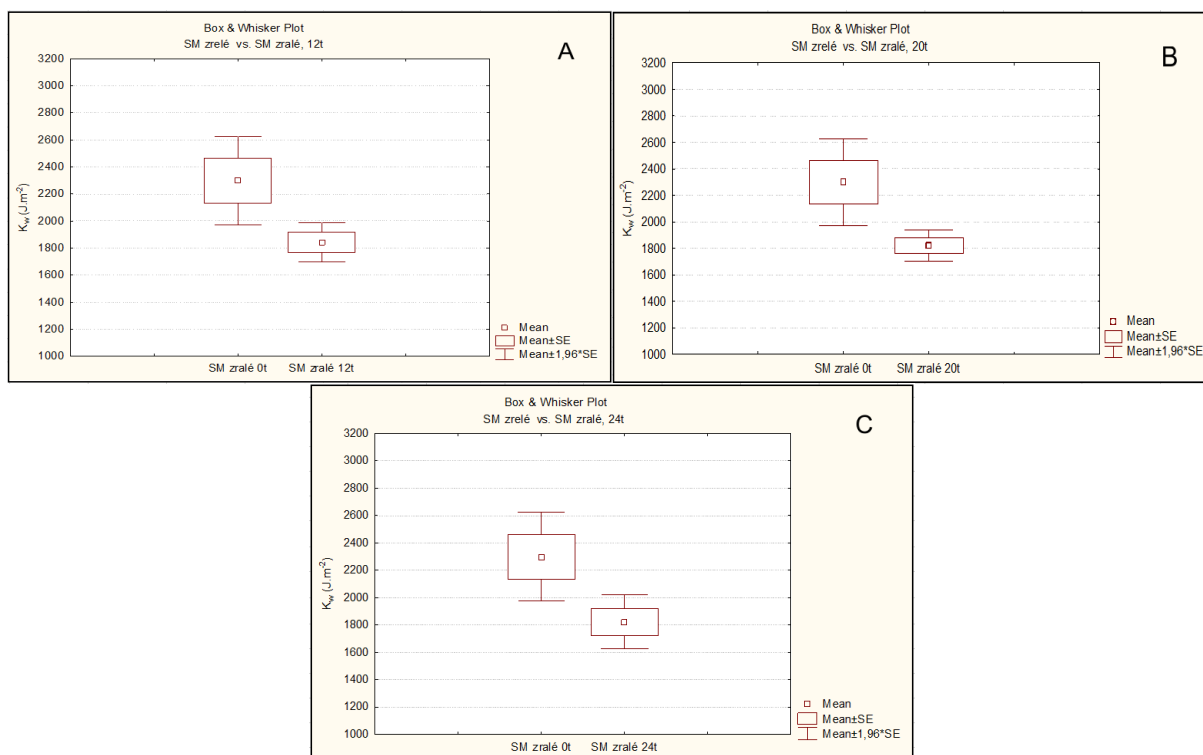
Výsledky měření rázové houževnatosti dřeva smrku ze zóny běle prokázali její pokles po každé době trvání inkubace houbou *S. polyspora* (tab. 1). Průměrný pokles rázové houževnatosti byl po 12 týdnech 5,8 %, po 20 týdnech 11,8 % a 13,7 % po 24 týdnech inkubace. Statistické vyhodnocení však prokázalo statistický významný rozdíl (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$) mezi rázovou houževnatostí nemodifikovaného a modifikovaného dřeva smrku ze zóny běle jen po 24 týdenní inkubaci houbou *S. polyspora* ($p_{24t} = 0,01$). Což je zřejmé i z krabicových diagramů (obr. 4).



Obrázek 4 Krabicové diagramy rázové houževnatosti před a po biologické modifikaci smrkového dřeva ze zóny běle: A - 12 týdnů, B - 20 týdnů, C - 24 týdnů

Hustota zkušebních těles dřeva smrku ze zóny zralého dřeva klesla po 12, 20 i 24 týdnech inkubace s dřevozbarvující houbou *S. polyspora* (tab. 1). Průměrné poklesy hustot byly v intervalu (5,4 – 6,2) %. Výsledky statistického hodnocení rozdílu hustoty smrkového dřeva ze zóny zralého dřeva nemodifikovaného a modifikovaného (po dobu 12, 20 a 24 týdnů) s houbou *S. polyspora* neprokázali metodou variací statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$ při každé době trvání inkubace houbou *S. polyspora*, t.j. $p_{12t} = 0,14$; $p_{20t} = 0,14$; $p_{24t} = 0,21$).

Rázová houževnatost dřeva smrku ze zóny zralého dřeva klesla po každé době trvání inkubace houbou *S. polyspora* (tab. 1), přičemž průměrný pokles byl po 12 týdnech 19,8 %, 20 týdnech 20,8 % a 20,7 % po 24 týdnech. Statistické vyhodnocení naměřených hodnot rázové houževnatosti nemodifikovaného a modifikovaného dřeva smrku ze zóny zralého dřeva po 12, 20 i 24 týdnech inkubaci s houbou *S. polyspora* prokázalo, že na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mezi rázovou houževnatostí nemodifikovaného a modifikovaného dřeva je statisticky významný rozdíl po každé době trvání inkubace (t. j. $p_{12t} = 0,0026$; $p_{20t} = 0,0002$; $p_{24t} = 0,03$). Co prokazují i krabicové diagramy (obr. 5).



Obrázek 5 Krabicové diagramy rázové houževnatosti před a po biologické modifikaci smrkového dřeva ze zóny zralého dřeva: A - 12 týdnů, B - 20 týdnů, C - 24 týdnů

ZÁVĚR

Na základě našich měření můžeme konstatovat, že modifikace dřeva ze zóny běle i ze zóny zralého dřeva smrku ztepilého s dřevozbarvující houbou *S. polyspora* (12, 20 a 24 týdnů inkubace) vedla ke statisticky významnému rozdílu mezi rázovou houževnatostí nemodifikovaného a modifikovaného dřeva smrku ze zóny běle jen po 24 týdenní inkubaci houbou *S. polyspora*. Na druhé straně rázová houževnatost smrku ze zóny zralého dřeva po biologické modifikaci významně poklesla po všech dobách inkubace s houbou *S. polyspora*. V našem experimentu byl zjištěn velký rozptyl hustot, které mají rovněž významný vliv na rázovou houževnatost. Vzhledem k tomu je nutno uskutečnit experiment se souborem pozůstávajícím s většího počtu zkušebních těles, aby se jednoznačně prokázal vliv působení dřevozbarvující houby *S. polyspora* na rázovou houževnatost.

LITERATURA

- BODIG, J., JAYNE, B. A. (1993). Mechanics of wood and wood composites. 2nd ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 712 p.
- BODNÁR, F. (1992). Influence of some wood characteristics on tenseness around a stress concentrator. In Wood Structure and Properties '02. Zvolen: Arbora publishers, pp. 169–176.

- DANIHELOVÁ, A., REINPRECHT, L., SPIŠIAK, D., HRČKA, R. (2018). Impact of *Norway spruce* sapwood treatment with the staining fungus *Sydowia polyspora* on its permeability and dynamic modulus of elasticity. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 60 (1): 13–18.
- DISCOVER LIFE (2015). *Sydowia polyspora*, [online]. 2015, [cit. 2015-01-07]. Dostupné na internete <<http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Sydowia+polyspora>>
- DROW, J., MARKWARD, L. J., YOUNGQUIST, W. G. (1965). Results of impact tests to compare the pendulum impact and toughness test methods: Report No. 2109. Madison: University of Wisconsin, 18 p.
- LIESE, W. (1970). Ultrastructural aspects of woody tissue disintegration. *Ann. Rev. Phytopath.* 8: 231–258.
- MINDESS, S., MADSEN, B. (1986). The fracture of wood under impact loading. *Materials and Structures*, 19(1): 45–53.
- REINPRECHT, L. (1994). *Ochrana dreva, Návodny na cvičenia*, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 90 s.
- REINPRECHT, L. (2008). *Ochrana dreva I. vydanie*, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 453 s.
- REINPRECHT, L. (2016). *Wood deterioration, protection and maintenance*. 1st ed. Chichester UK: John Wiley & Sons, Ltd., 357 p.
- SCHMIDT, O. (2006). *Wood and Tree Fungi Biology, Damage, Protection, and Use*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 334 p.
- SCHIRP, A., FARRELL, R.L., KREBER, B., SINGH, A. P. (2003). Advances in understanding the ability of sapstaining fungi to produce cell wall-degrading enzymes. *Wood and Fiber Science*, 35: 434–444.
- SPIŠIAK, D. (2016). *Vybrané modifikácie smrekového a javorového dreva a ich vplyv na zvukovú kvalitu*. Dizertačná práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, 126 s.
- STN 49 0117 (1979). *Drevo, Rázová húževnatosť v ohybe*.

Poděkování

Táto práce byla podporována Agenturou na podporu výzkumu a vývoje na základě Smlouvy č. APVV-17-0583.

Adresa autorů

doc. RNDr. Anna Danihelová, PhD. – danihelova@acoustics.sk

Ing. Vojtěch Ondrejka – ondrejka.vojtech@seznam.cz

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

**MERANIE KOEFICIENTA TEPELNEJ VODIVOSTI SMREKOVÉHO
DREVA DEGRADOVANÉHO HUBOU *Trametes versicolor*****MEASURING OF THE THERMAL CONDUCTIVITY
OF SPRUCE WOOD DEGRADED WITH FUNGUS *Trametes versicolor*****BARBORA SLOVÁČKOVÁ – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – RICHARD HRČKA****ABSTRAKT**

V tejto práci sme sa zamerali na meranie koeficienta tepelnej vodivosti smrekového dreva, ktoré bolo zámerne degradované lignínovornou hubou *Trametes versicolor*. Smrekové drevo bolo degradované po dobu 2 a 6 mesiacov. Hodnotu koeficienta tepelnej vodivosti sme zmerali na klimatizovaných degradovaných vzorkách. Určili sme aj hmotnostný úbytok vzoriek po oboch dobách degradácie. Hodnota koeficienta tepelnej vodivosti klimatizovaných degradovaných vzoriek sa oproti hodnote koeficienta tepelnej vodivosti referenčných vzoriek líši len náhodným vplyvom. Výsledky z tejto práce využijeme pri ďalšom výskume dezintegrovaného degradovaného dreva.

Kľúčové slová: hmotnostný úbytok, koeficient tepelnej vodivosti, *Trametes versicolor*

ABSTRACT

The main focus of this paper is the measuring of the thermal properties of spruce wood, which was exposed to the white-rot fungus *Trametes versicolor*. The experimental exposition period of the spruce wood was 2 months in one run and 6 months in the second run. The measuring of the thermal conductivity was made with conditioned degraded samples. The mass loss in both exposition periods was determined. The results were calculated and compared to the literature. The value of the thermal conductivity of the conditioned degraded samples is not different by causal inference from the thermal conductivity of the non-exposed samples. The achieved results will be made use of in further research on disintegrated degraded wood.

Key words: mass loss, thermal conductivity, *Trametes versicolor*

ÚVOD

Podľa štatistických údajov zverejnených v Správe o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2016 (ZELENÁ SPRÁVA 2017) bolo v roku 2016 poškodených 208 tis. m³ lesných porastov fytopatogénnymi organizmami a 3,2 mil. m³ lesných porastov bolo poškodených biologickými činiteľmi. V oboch prípadoch bol zaznamenaný medziročný nárast. Drevo poškodené biologickými činiteľmi sa podľa noriem STN 48 0055 (2007)

a STN 48 0056 (2007) radí do triedy III, ale s istými obmedzeniami na výskyt a druh hniloby ako aj na výskyt a druh poškodenia drevokazným hmyzom.

Pôsobením drevokaznej huby v dreve sa menia fyzikálne ale aj mechanické vlastnosti dreva. Drevokazné huby narúšajú všetky alebo len niektoré stavebné zložky dreva, a to v závislosti od typu drevokaznej huby. Lignínovorná huba *Trametes versicolor* v dreve odbúrava polysacharidy a lignín súčasne (REINPRECHT 2008, BARI a kol. 2015) a spôsobujú značný pokles hmotnosti u rôznych drevín (tab. 1).

Poznanie vlastností degradovaného a inak znehodnoteného dreva prispieva k jeho možnému ďalšiemu využitiu napríklad ako dezintegrovaného sypkého materiálu. Takýto materiál zamýšľame zabudovať do stavby ako tepelno-izolačný materiál ako ekologickú alternatívu k v súčasnosti vo veľkom rozsahu používaných penových plastov ako sú penové polystyrény, polyuretánové peny a podobne.

Cieľom experimentálnej práce bolo preskúmať tepelné vlastnosti smrekového dreva, ktoré bolo v rôznom stupni zámerne degradované lignínovornou hubou *Trametes versicolor*. Stanovili sme si nasledovné hypotézy, ktoré chceme overiť:

- hustota degradovaného smrekového dreva sa po jeho degradácii zníži oproti hustote nedegradovaného smrekového dreva klimatizovaného na určitú rovnovážnu vlhkosť;
- hodnota koeficienta tepelnej vodivosti nezávisí od hustoty dreva pri určitej rovnovážnej vlhkosti.

Tabuľka 1 Prehľad úbytkov hmotnosti dreva [%] rôznych drevín po ich degradácii hubou *Trametes versicolor* a rôznej doby degradácie

| Drevina | Doba degradácie | Úbytok hmotnosti [%] | Zdroj |
|---|---|--|---|
| Borovica – bel’ (<i>Pinus sylvestris</i>) | 4 / 6 týždňov 8 / 10 týždňov 12 týždňov | 6,22 / 13,96 23,28 / 30,75 39,87 | PANDEY a PITMAN 2003 |
| Borovica – jadro / bel’ (<i>Pinus sylvestris</i>) | 50 dní 100 dní | 0,77 / 4,31 2,18 / 15,84 | VIDHOLDOVÁ a kol. 2016 |
| Breza (<i>Betula papyrifera</i>) | 55 dní 3 mesiace | 37 65 | LIU a kol. 2002 BLANCHETTE a kol. 1988 |
| Buk (<i>Fagus sylvatica</i>) | 4 / 6 týždňov 8 / 10 týždňov 12 týždňov | 5,27 / 28,3 38,9 / 49,8 64,3 | PANDEY a PITMAN 2003 |
| Buk (<i>Fagus moesiaca</i>) | 1 / 2 mesiace 3 mesiace | 15,90 / 26,67 31,52 | MIRIĆ a kol. 2016 |
| Buk (<i>Fagus orientalis</i>) | 2 / 3 mesiace 4 mesiace | 20,74 / 21,46 26,43 | BARI a kol. 2018 |
| Dub letný (<i>Quercus robur</i>) - jadro | 4 mesiace | 4,1 | ALOUÍ a kol. 2004 |
| Dub zimný (<i>Quercus petrae</i>) - jadro | 4 mesiace | 6,2 | ALOUÍ a kol. 2004 |
| Ostrolistec čínsky – jadro / bel’ (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) | 1,5 mesiaca 3 mesiace 4,5 mesiaca | 15 / 15 28,2 / 33,6 34,5 / 36 | CHEN a kol. 2017 |
| Smrek (<i>Picea rubens</i>) | 8 mesiacov | 61 | OSTROFSKY a kol. 1997 |

METODIKA

Materiál

Tepelné vlastnosti smrekového dreva sme skúmali na vzorkách s rozmermi 50x50x10 mm³. Hrúbka vzoriek 10 mm sa vzťahovala na zvolený anatomický smer (pozdĺžny – L, radiálny – R alebo tangenciálny – T), v smere ktorého bolo realizované meranie tepelných vlastností. Rozmery vzoriek boli podmienené rozmermi Kolleho baniek a predbežných výpočtov teplotného poľa v smrekovom dreve podľa dostupnej literatúry (HRČKA a BABIAK 2017).

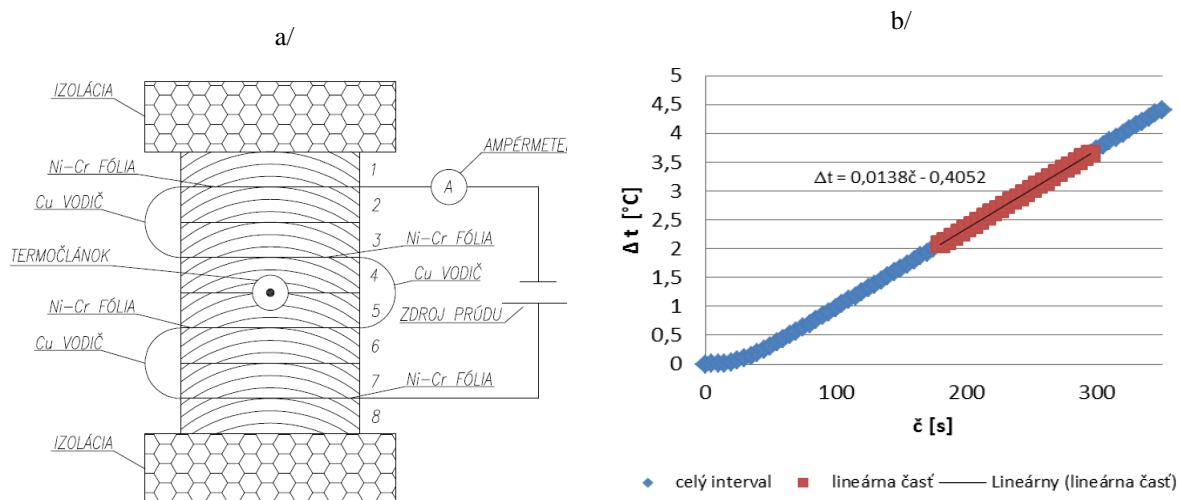
Zámerná degradácia dreva hubou

Metodika mykologického testu bola vykonaná v súlade s STN EN 113 (1998). Doby degradácie vzoriek boli 2 a 6 mesiacov. Po skončení zámernej degradácie sme vzorky vybrali z Kolleho baniek, očistili sme ich od povrchového mycélia a nechali voľne sušiť pri izbovej teplote. Následne sme vzorky sušili v sušiarňi do absolútne suchého stavu pri postupnom zvyšovaní teplôt 60 °C počas 2 hodín, 80 °C počas 3 hodín a napokon pri teplote 103±2°C počas 6 hodín. Pôsobením danej teploty sa usmrtili zvyšky substrátového mycélia a vzorky sa súčasne vysterilizovali. Z rozdielu hmotností vzoriek v absolútne suchom stave pred a po degradácií sme vypočítali ich percentuálny úbytok hmotnosti. Hustotu dreva pred a po ich zámernej degradácií sme merali v klimatizovanom stave pri konštantných podmienkach teploty 20 ± 4 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % v klimatizačnej komore do ustálenia ich hmotností podľa STN 49 0108 (1993).

Meranie tepelných vlastností dreva

Na zmeranie tepelných vlastností sme použili kvázistacionárnu metódu (BABIAK a REGINÁČ 1977), ktorá pracuje s 8 telesami (obr. 1). Telesá sú založené do aparatúry spolu s nikel chrómovou vyhrievacou fóliou. Nikel chrómová fólia je zdrojom tepla, ktorý pri vedení jednosmerného prúdu vyvíja teplo. Využíva sa teda princíp Joulovho tepla vznikajúceho v elektrickom vodiči, ktorým prechádza elektrický prúd. Je to priama premena elektrickej energie na vnútornú energiu. Nikel chrómovú vyhrievaciu fóliu sme pred meraniami skalibrovali podľa Ohmovho zákona a vypočítali sme veľkosť tepelného toku q [W·m⁻²].

Nárast teploty v čase bol meraný termočlánkom typu K, ktorý je súčasťou pyrometra ako externá sonda. Údaje boli prenášané on-line do počítača, kde bol súčasne zaznamenávaný aj čas merania teploty. Zaznamenané údaje boli základom vyhodnotenia tepelnej vodivosti.



Obrázok 1 Meranie tepelno-fyzikálnych charakteristík dreva kvázistacionárnou metódou (BABIÁK a REGINÁČ 1977, SLOVÁČKOVÁ a kol. 2018)
a/ schéma usporiadania vzoriek a vyhrievacej fólie
b/ nárast teploty v dreve v čase

Lineárnou časťou grafu sme metódou najmenších štvorcov preložili priamku s rovnicou a určili sme všetky tri základné tepelno-fyzikálne charakteristiky meraných vzoriek. Pre výpočet hodnoty koeficienta tepelnej vodivosti sme použili vzorec (podľa BABIAK a REGINÁČ 1977), ktorý bol odvodený z rovnice vedenia tepla:

$$\lambda = - \frac{\varphi \cdot s}{6 \cdot B}$$

kde: B vo vzorci je absolútny člen z rovnice trendovej čiary lineárnej oblasti grafu (obr. 1b), s je hrúbka vzoriek [m] a q je hustota tepelného toku fólie [$W \cdot m^{-2}$].

Z kvázistacionárnej metódy sme pokusne vyvinuli ďalšiu metódu, pomocou ktorej meriame emisivitu dreva. Avšak metóda stále používa symetrické usporiadanie telies.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 2 sú uvedené hodnoty nedegradovaného dreva a smrekového dreva degradovaného hubou *Trametes versicolor*, t.j. úbytok hmotnosti, hrúbka, hustota a rovnovážna vlhkosť vzoriek po ich klimatizácii ($t = 20 \pm 4$ °C; $\varphi = 65 \pm 5$ %). Zistené hmotnostné úbytky smrekových vzoriek sú porovnateľné s predošlými výskumami (tab. 1), tu však musíme zobrať do úvahy mnoho iných faktorov, ktoré môžu ovplyvniť stupeň degradácie, ako je druh dreveniny, virulenčnú aktivitu drevokaznej huby a rozmer vzoriek.

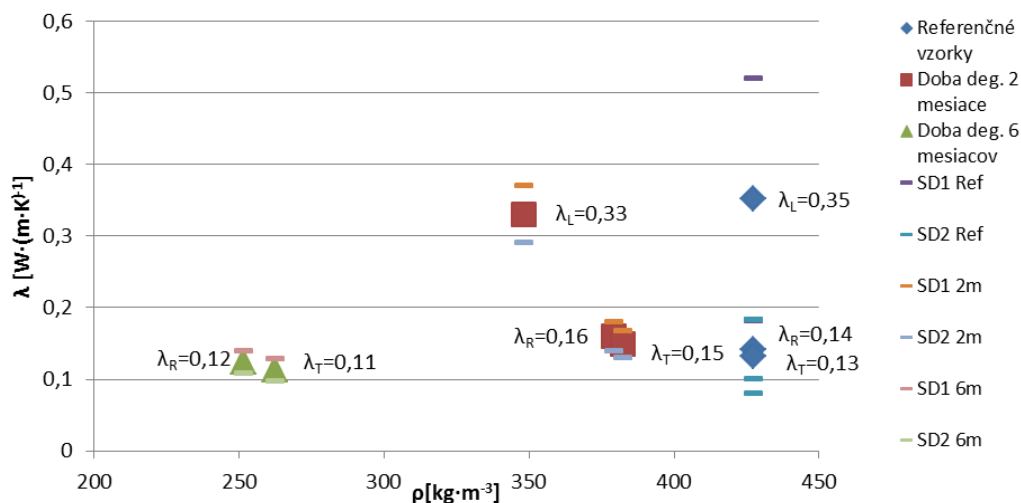
Hustotu dreva aj degradovaného sme zisťovali pri rovnovážnej vlhkosti. Hustota degradovaného dreva klesla oproti nedegradovanému takmer o polovicu, zatiaľ čo vlhkosť

klesla z pôvodnej rovnovážnej vlhkosti 14 % nedegradovaného dreva o 4 % pre degradované a ustálila sa už po dvoch mesiacoch degradácie. Teda výrazne poklesla hmotnosť dreva na jednotku objemu. Z hmotnosti dreva výraznejšie poklesla hmotnosť zložky, ktorá až tak výrazne neviaže vodu. Predpokladáme výrazný úbytok hmotnosti hydrofóbnej časti dreva. Podľa CHRISTENSENA a KEYLSEYHO (1959) najhydrofóbnejšou zložkou dreva je lignín.

Tabuľka 2 Hrúbka, hustota a vlhkosť skúmaných smrekových vzoriek pred a po ich degradácii hubou *Trametes versicolor*

| | Úbytok hmotnosti | Hrúbka | Hustota dreva v klimatizovanom stave | Rovnovážna vlhkosť dreva (20 ± 4 °C; 65 ± 5 %) |
|--|------------------|--------------|--------------------------------------|--|
| | priemer (SD) | priemer (SD) | priemer (SD) | priemer (SD) |
| | [%] | [mm] | [kg·m ⁻³] | [%] |
| Vzorky bez degradácie (referenčné vzorky) | - | 9,23 (0,11) | 442 (27,8) | 14,07 (0,23) |
| Degradované vzorky, doba degradácie 2 mesiace | 13,0 (7,00) | 9,60 (0,56) | 369 (41,8) | 9,71 (0,17) |
| Degradované vzorky, doba degradácie 6 mesiacov | 40,8 (7,84) | 10,4 (0,29) | 245 (33,9) | 9,97 (0,35) |

Hodnoty koeficienta tepelnej vodivosti dreva λ v pozdĺžnom smere sa od hodnôt v tangenciálnom a radiálnom smere nelíšia len náhodným vplyvom (obr. 2).



Obrázok 2 Koeficient tepelnej vodivosti dreva pre jednotlivé anatomické smery v závislosti od hustoty dreva v klimatizovanom stave ($t = 20 \pm 4$ °C; $\phi = 65 \pm 5$ %)

Pri 12 % vlhkosti dosahuje nedegradované drevo v pozdĺžnom smere 2,6 krát väčšie hodnoty než v tangenciálnom smere (REGINÁČ a kol. 1978). Degradované drevo dosahuje 2,2 krát väčšie hodnoty v pozdĺžnom smere. REGINÁČ a kol. (1978) uviedli pomer medzi hodnotami v radiálnom a v tangenciálnom smere 1,2. Takýto pomer v radiálnom a v tangenciálnom smere je možný aj u degradovaného dreva, avšak namerané hodnoty sa líšia len náhodným vplyvom ako pre referenčné aj pre degradované drevo (obr. 2 a tab. 3).

Hodnoty tepelnej vodivosti pre anatomické smery ležiace v priečnom reze degradovaného dreva sú menšie než u nedegradovaného, ale pre potvrdenie alebo vyvrátenie druhej hypotézy uvedenej v celi práce sa vyžaduje väčší počet meraní, ktoré sú časovo aj technicky náročné.

Tabuľka 3 umožňuje porovnanie nameraných údajov s údajmi už uvedenými v dostupnej literatúre pre nedegradované drevo pri uvádzaných rozličných faktoroch, ako sú anatomický smer, hrúbka skúšobných telies a vlhkosť.

Tabuľka 3 Prehľad hodnôt koeficienta tepelnej vodivosti dreva a vybraných izolačných materiálov na báze dreva

| Drevina | Smer | Hrúbka | Vlhkosť | Koeficient tepelnej vodivosti | Zdroj |
|---|---------------|----------|--|-------------------------------|-------------------------|
| | L/R/T | [mm] | [%] | [W·(m·K) ⁻¹] | |
| Jedľa (<i>Abies alba</i>) | L | - | - | 0,13 | KREMPASKÝ (1969) |
| | R/T | | | 0,11 | |
| Smrek (<i>Picea excelsa</i>) | L | 10 | klimatizované φ = 65 % t = 20 °C | 0,30 | BABIÁK a REGINÁČ (1977) |
| | R | | | 0,15 | |
| | T | | | 0,13 | |
| Breza | L | 10 | 0 | 0,32 | SULEIMAN a kol. (1999) |
| | R/T | | | 0,21 | |
| Jedľa (<i>Abies alba</i>) | L | 10 | 12 | 0,36 | HRČKA a BABIAK (2017) |
| | R | | | 0,17 | |
| | T | | | 0,13 | |
| Smrek (<i>Picea abies</i>) | L (ref/2m/6m) | 10 | 14/10/10 | 0,35/0,33/ - | naše hodnoty |
| | R (ref/2m/6m) | | | 0,14/0,16/0,12 | |
| | T (ref/2m/6m) | | | 0,13/0,15/0,11 | |
| Drevovláknitá izolačná doska STEICOflex 036 | priečny | 40 - 240 | prevádzková | 0,036 | výrobca Steico |
| ISOCELL fúkaná celulózoová izolácia | priečny | - | prevádzková | 0,039 | výrobca Isocell |

Príprava skúšobných telies pre použitie kvázistacionárnej metódy je náročná na čas a vyžaduje si symetriu teplotného poľa v prilahlých telesách okolo vyhrievacej fólie. Z každého anatomického smeru a z každej doby degradácie sme urobili po 8 meraní, čo obmedzuje štatistickú analýzu výsledkov. Po sušení mali niektoré vzorky veľmi zdeformovaný tvar a ďalšie meranie s nimi nebolo možné (vzorky z pozdĺžneho smeru, doba degradácie 6 mesiacov).

ZÁVER

Na základe vykonaného experimentu môžeme konštatovať, že:

- hustota pri rovnovážnej vlhkosti smrekového dreva po pôsobení lignínovornej huby *Trametes versicolor* po dobu 2 a 6 mesiacov sa znížila,
- rovnovážna vlhkosť klesla z pôvodnej hodnoty 14 % pre nedegradované drevo o 4 % pre degradované drevo a ustálila sa už po dvoch mesiacoch degradácie,

- priemerná hodnota koeficienta tepelnej vodivosti degradovaného dreva sa znížila len v prípade pôsobenia huby po dobu 6 mesiacov, avšak výsledky sa líšia len náhodným vplyvom v dôsledku ich značnej variability.

Nevýhodu nesymetrického teplotného poľa v príľahlých vzorkách upravíme delením vzorkového materiálu na menšie častice. Následným premiešaním častíc zhomogenizujeme skúšobné telesá vytvorením sypkého materiálu, čo je námetom do ďalšieho výskumu.

LITERATÚRA

- ALOU, F., AYADI, N., CHARRIER, F., CHARRIER, B. (2004). Durability of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 62(4): 286–290.
- BABIÁK, M., REGINÁČ, L. (1977). Základné tepelnofyzikálne charakteristiky smrekového dreva pri normálnych podmienkach. *Drevársky výskum*, 22 (3): 165–174.
- BARI, E., NAZARNEZHAD, N., KAZEMI, S.M, GHANBARY, M.A.T., MOHEBBY, B., SCHMIDT, O., CLAUSEN, C.A. (2015). Comparison between degradation capabilities of the white rot fungi *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* in beech wood. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 104: 231–237.
- BARI, E., MOHEBBY, B., NAJI, H.R., OLADI, R., YILGOR, N., NAZARNEZHAD, N., OHNO, K.M., NICHOLAS, D.D. (2018). Monitoring the cell wall characteristics of degraded beech wood by white rot fungi: Anatomical, chemical, and photochemical study. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*, 20(1): 35–56.
- BLANCHETTE, R.A., BURNES, T.A., LEATHAM, G.F., EFFLAND, M.J. (1988). Selection of White-rot Fungi for Biopulping. *Biomass*, 15: 93–101.
- HRČKA, R., BABIÁK, M. (2017). Wood thermal properties. In: *Wood in civil engineering*. Rijeka, p. 25–43.
- CHEN, M., WANG, CH., FEI, B., MA, X., ZHANG, SH., HUANG, A. (2017). Biological Degradation of Chinese Fir with *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. *Materials*, 10: 834.
- CHRISTENSEN, G.N. KELSEY, K.E. (1959). Die Sorption von Wasserdampf durch die chemischen Bestandteile des Holzes. *Holz als Roh-und Werkstoff* 17: 189–203.
- KREMPASKÝ, J. (1969). Meranie termofyzikálnych veličín., Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 288 s.
- LIU, Y., LAKS, P., HEIDEN, P. (2002). Controlled release of biocides in solid wood. II. Efficacy against *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum* wood decay fungi. *Journal of Applied Polymer Science*, 86(3): 608–614.
- MIRIĆ, M. JELKIĆ, V., STEFANOVIĆ, M., TEŠIĆ, T. (2016). Improving the resistance of beech wood - *Fagus moesiaca* (Domin, Mally / Czecht.) to wood decaying fungi *Trametes versicolor* (Fr.) Quel and *Coniophora puteana* (Schum.: Fr.) Karst. by controled heat treatment and subsequent treatment with an environmentally-friendly chemical. In UDK 674.048.3+630*844.4 Оригинални научни рад. ЈУЛ-ДЕЦЕМБАР, pp. 105–114.
- OSTROFSKY, A., JELLISON, J., SMITH, K.T., SHORTLE, W.C. (1997). Changes in cation concentrations in red spruce wood decayed by brown rot and white rot fungi. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(4): 567–571.

- PANDEY, K.K., PITMAN, A.J. (2003). FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 52(3): 151–160.
- REINPRECHT, L. (2008). *Ochrana dreva.*, 1. vyd. Technická univerzita vo Zvolene, 453 s.
- REGINÁČ, L. (1978). *Náuka o dreve II.* Zvolen: VŠLD Zvolen.
- SLOVÁČKOVÁ, B., TATARKOVÁ, B., RUČKOVÁ, D., JOCHIM, S., HRČKA, R., VIDHOLDOVÁ, Z. (2018). Tepelné vlastnosti drevín používaných na výrobu okien (*Picea abies*, L., *Shorea eximia*, Foxw. *Larix decidua*, M.). In: ŠVOČ 59: 59th International student's scientific conference, 10th May 2018. Volume of articles. Zvolen: Technical University in Zvolen, 15 s.
- STN EN 113 (1998). Ochranné prostriedky na drevo. Skúšobná metóda zisťovania ochranej účinnosti proti drevokazným hubám Basidiomycetes. Zisťovanie hraníc účinnosti.
- STN 48 0055 (2007). Kvalitatívne triedenie ihličnatej guľatiny.
- STN 48 0056 (2007). Kvalitatívne triedenie listnatej guľatiny.
- STN 49 0108 (1993). Drevo. Zisťovanie hustoty.
- SULEIMAN, B.M., LARFELDT, J., LECKNER, B., GUSTAVSSON, M., (1999). Thermal conductivity and diffusivity of wood. *Wood Science and Technology*, 33: 465–473.
- VIDHOLDOVÁ, Z., SLABEJOVÁ, G., POLOMSKÝ, J. (2016). Farebné zmeny borovicového dreva vplyvom degradácie ligninovou hubou *Trametes versicolor* In *Ochrana drevín a dreva Zvolen* : Technická univerzita vo Zvolene, 61–66.
- ZELEŇÁ SPRÁVA (2017). *Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2016 – Zelená správa.* prvé vydanie, Bratislava, 68 s.
- https://www.isocell.com/downloads/Zellulose_Gepr%C3%BCfte%20Qualit%C3%A4t_SK.pdf [5.10.2018].
- <https://tepore.sk/portfolio-item/steico-flex-036/#1519410760205-40265d37-d0db> [5.10.2018].

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. 17-0583 a súčasne Ministerstvom školstva SR, projekty VEGA 1/0822/17 a VEGA 1/0729/18.

Adresy autorov

Ing. Barbora Slováčková – xslovackova@is.tuzvo.sk

doc. Ing. Richard Hrčka, PhD. – richard.hrcka@is.tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra náuky o dreve

T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva

T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

**ADHÉZIA VYBRANÝCH NÁTEROVÝCH SYSTÉMOV
NA HNILOM DREVE****ADHESION OF THE SELECTED COATINGS ON DECAY WOOD****GABRIELA SLABEJOVÁ – ZUZANA VIDHOLDOVÁ****ABSTRAKT**

Táto práca sa zaoberá adhéziou dvoch povrchových úprav borovicového dreva zámerne atakovaného hubami (*Coniophora puteana*, *Trametes versicolor* a *Aureobasidium pullulans*). Polyuretánová povrchová úprava bola vytvorená ako systém a olejová bola vyhotovená ako jednoduchá povrchová úprava. Adhézia obidvoch povrchových úprav bola na jadrovej časti dreva nedegradovanej hubami významne väčšia ako adhézia na beľovej časti. S narastajúcim časom degradácie dreva hubami adhézia polyuretánovej povrchovej úpravy na beľovom dreve klesala. Adhézia olejovej povrchovej úpravy na povrchu hnilého ako aj na povrchu zdravého dreva je porovnateľná. Podľa analýzy porušenia po odtrhnutí terčika, najslabším miestom sú povrchové vrstvy dreva impregnované náterovými látkami. Adhézia oboch náterových látok je na povrchu dreva napadnutého drevosfarbujúcou hubou porovnateľná so zdravým drevom.

Kľúčové slová: *Coniophora puteana*, *Trametes versicolor*, *Aureobasidium pullulans*, hniloba, povrchová úprava, adhézia

ABSTRACT

This work deals with the adhesion of two surface treatments of pine wood intentionally attacked by wood decay fungi (*Coniophora puteana* and *Trametes versicolor*) and wood staining fungus *Aureobasidium pullulans*). The polyurethane surface treatment was formed as a system and the oil based surface treatment was made as a simple coating. The result of the pull-off test for adhesion of both surface treatments was significantly greater on the heartwood surfaces than on the sapwood surfaces of the sound wood. With the increasing time of wood degradation by fungi, the adhesion of the polyurethane surface treatment decreased on the sapwood. Adhesion of the oil surface treatment was comparable on the both sound and decayed wood. According to the disruption analysis following the pulling of the dolly, the weakest point was the surface layer of the wood impregnated with coatings. The adhesion of the both surface treatments is comparable to the sound and wood affected with the staining fungus.

Key words: *Coniophora puteana*, *Trametes versicolor*, *Aureobasidium pullulans*, decay, coating, adhesion

ÚVOD

Úprava dreva náterovými látkami do vonkajšieho prostredia zvyšuje trvanlivosť výrobkov z dreva a zlepšuje ich estetickú stránku. Adhézia náterových látok je dôležitá vlastnosť, na ktorú významne vplyvajú interakcie medzi podkladom a náterovou látkou v kvapalnom aj tuhom skupenstve. Po vytvrdnutí náterovej látky stabilita systému drevo – náterový film je podmieňujúcim faktorom vzniku rôznych defektov povrchovej úpravy v čase používania výrobku (BULIAN a GRAYSTONE 2009, SLABEJOVÁ 2016). Pevnosť adhezívneho spoja je daná zásadne fyzikálno-mechanickými a reologickými vlastnosťami materiálov, ktoré vytvárajú náterový systém. LIPTÁKOVÁ a KÚDELA (2002) uvádzajú, že systém drevo – náterový film, môže mať najslabšie miesto pri zaťažení na ťah v dreve, v impregnovanej vrstve dreva, na rozhraní dreva a náterového filmu alebo v náterovom filme.

V predchádzajúcej práci VIDHOLDOVÁ a kol. (2017) sme sledovali adhéziu náterových systémov na povrchu dreva po jeho predchádzajúcom prirodzenom starnutí. Adhézia vytvrdnutého náterového filmu polyuretánovej povrchovej úpravy na poveternostne starnutom dreve je lepšia ako adhézia olejovej povrchovej úpravy. Rozdiely boli pozorované aj v type zlomu. Systém polyuretánovej povrchovej úpravy na povrchu dreva po prirodzenom starnutí sa porušil adhezívnym zlomom na rozhraní drevo – náterový film alebo v impregnovanej povrchovej vrstve starnutého dreva. V prípade olejovej povrchovej úpravy dochádza ku kohéznemu zlomu, t.j. vo vytvrdnutom náterovom filme. Predpokladáme, že aj rôzne biologické ataky dreva môžu, ale aj nemusia, prispieť k zmene adhézie náterových filmov.

Cieľom príspevku je posúdenie vplyvu zámerného ataku borovicového dreva drevokaznými a drevosfarbujúcou hubou na adhéziu vybraných povrchových úprav.

METODIKA

Materiál

V experimentálnych skúškach boli použité jadrové a beľové skúšobné telesá z dreva borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.) o rozmeroch 70 ± 1 mm \times 70 ± 1 mm \times 10 ± 1 mm, s radiálno- tangenciálnymi plochami. Plochy skúšobných telies boli opracované frézovaním.

Príprava materiálu

Vzorky boli zámerne atakované v Petriho miskách hubou hnedej hniloby - *Coniophora puteana*, hubou bielej hniloby - *Trametes versicolor* a drevosfarbujúcou hubou - *Aureobasidium pullulans*. Doba pôsobenia drevokazných húb bola 50 a 100 dní a drevosfarbujúcej huby 50 dní. Následne boli vzorky voľne sušené najskôr pri izbovej teplote

a potom pri teplote 103 °C v sušiarni do absolútne suchého stavu. Z rozdielu hmotností vzoriek v absolútne suchom stave pred a po degradácií sme vypočítali ich percentuálny úbytok hmotnosti - Δm (%). Následne vzorky boli klimatizované (pri teplote 20 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 65 ± 5 %).

Povrchová úprava

Vzorky boli upravené nasledovnými povrchovými úpravami do exteriéru:

- I. polyuretánová tmavohnedá pigmentovaná povrchová úprava (základná impregnačná rozpúšťadlová náterová látka s obsahom biocídov – Pullex Impragnier – Grund a vrchná tenkovrstvá lazúra polyuretánová – Pullex Top Lasur)
- II. olejová svetlohnedá pigmentovaná povrchová úprava (základná aj vrchná - Pullex Bodenol).

Náterové látky boli nanášané štetcom podľa odporúčania v technických listoch. Každá vzorka bola upravená oboma povrchovými úpravami súčasne s obidvoch strán.

Meranie drsnosti povrchu

Drsnosť bola hodnotená na plochách v pozdĺžnom a v priečnom smere vzhľadom na drevné vlákna. Bola meraná stredná aritmetická odchýlka posudzovaného profilu R_a [μm]. Na každej vzorke bolo urobených 5 meraní v smere pozdĺž drevných vlákien a 5 v smere naprieč drevných vlákien v stanovených bodoch, na meracej dĺžke 0,8 mm. Drsnosť povrchu pred povrchovou úpravou sa merala pomocou kontaktného profilometra POCKET SURF[®] III s polomerom snímača nerovnosti $r = 0,005$ mm.

Meranie adhézie vytvrdnutého náterového filmu

Po vytvrdnutí povrchových úprav bola po 7 dňoch meraná adhézia náterového filmu podľa STN EN ISO 4624 (2016). Adhézia bola stanovená zariadením PosiTest AT-Pull-Off Adhesion Testers. Na každej vzorke boli urobené 3 merania.

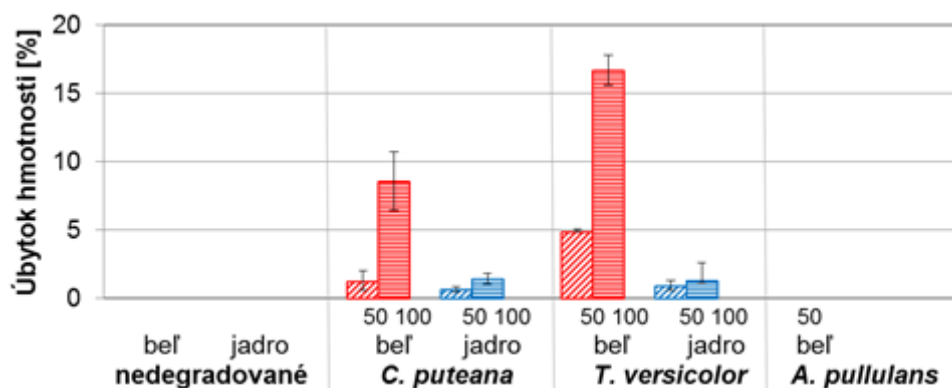
Mikroskopická analýza

Po odtrhnutí terčika sa analyzovalo miesto poškodenia systému drevo – náterový film – lepidlová škára – kovový terčik pomocou stereomikroskopu LEICA MZ 9.5 s rozsahom zväčšenia 6,3 – 60 x.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V grafoch (obr. 1 a 2) sú uvedené výsledky experimentu, a to úbytok hmotnosti borovicového dreva pri hnilobe hubami *C. puteana*, *T. versicolor* a *A. pollulans* a drsnosť povrchu dreva (v pozdĺžnom a priečnom smere). Hniloba dreva spôsobená oboma hubami môže mať vplyv na adhéziu zvolených povrchových úprav (obr. 3).

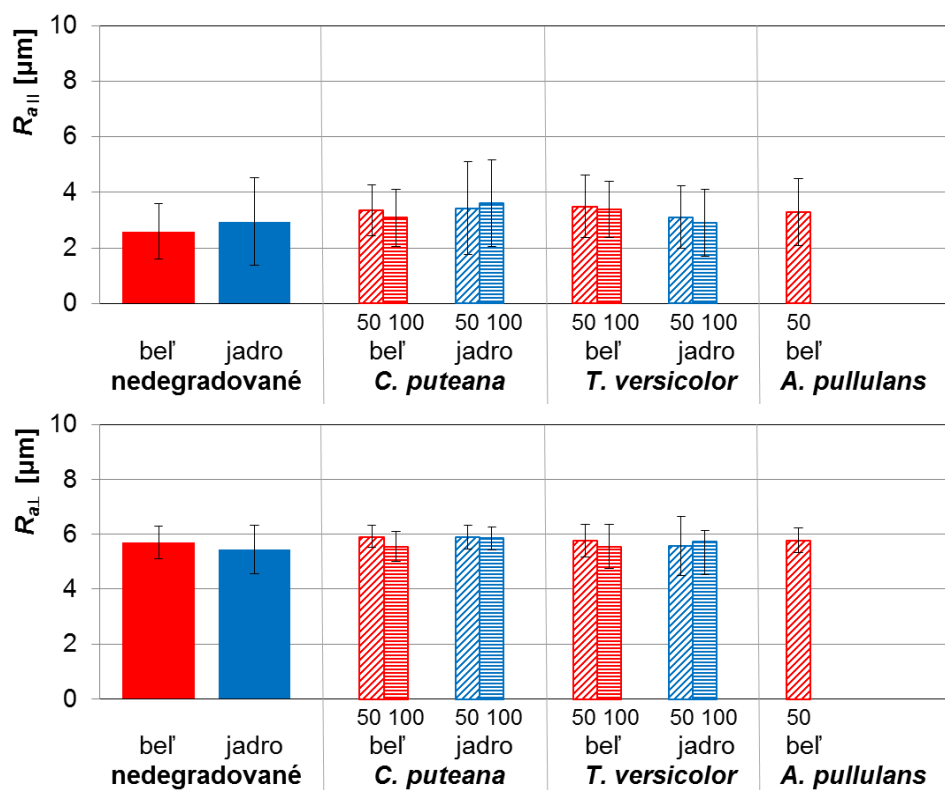
Beľ borovice je ľahko náchylná na hnilobný atak celulózoformnou hubou *C. puteana* ako aj lignínovoformnou hubou *T. versicolor*, na čo poukázali hodnoty úbytkov hmotnosti atakovaného dreva. Lignínovoformná huba atakovala drevo vyššou intenzitou (t.j. Δm po 100 dňoch pôsobenia bol 16,7 %). Oproti ataku celulózoformnou hubou, kde Δm po 100 dňoch pôsobenia bol 8,6 %, je to dvojnásobne viac. Jadrová zóna borovicového dreva bola slabšie atakovaná oboma drevokaznými hubami a zistené úbytky hmotnosti vo všetkých prípadoch boli nižšie ako 1,4 %. Na vyššej odolnosti jadrového dreva borovice sa hlavne podieľajú v borovici prítomné látky, ako sú monoterpény (ako je α -pinén a jeho isomér β -pinén), diterpény (t.j. živicové kyseliny ako je kyselina abietová a iné), stilbény (pinosilvín a iné) a iné extraktívne látky, ako aj možná blokácia lúmenov buniek živicami (HART 1989, VIDHOLDOVÁ a kol. 2017). Zistené hmotnostné úbytky sú podobné s predošlými výskumami (PANDEY a PITMAN 2003, REINPRECHT a kol. 2013), tu však musíme zobrať do úvahy aj možný vplyv iných faktorov, ktoré môžu ovplyvniť výsledný stupeň hniloby, ako sú expozičné faktory pri raste stromu, virulénna aktivita drevokaznej huby a rozmer vzoriek.



Obrázok 1 Úbytok hmotnosti dreva po pôsobení vybraných drevoznehodnocujúcich húb

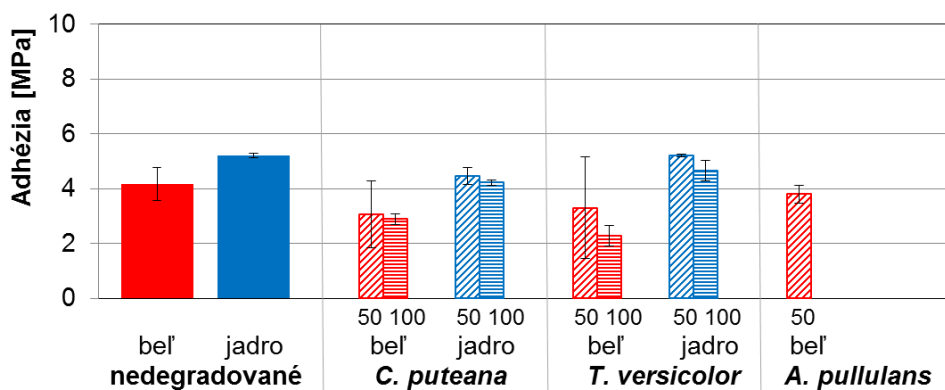
Hnilobný proces (v rozsahu úbytku hmotnosti 0 - 16,7 %) nemal výrazný vplyv na morfológiu povrchu borovicového dreva, ktorú sme vyhodnocovali pomocou zvoleného parametru drsnosti R_a . Drsnosť hnilého dreva zisťovaná v smere vlákien a kolmo na ich priebeh bola pri oboch druhoch hniloby mierne vyššia oproti drsnosti povrchu zdravého dreva (obr. 2). Avšak namerané hodnoty pre zdravé tak aj pre hnilé beľové a jadrové drevo sa líšili len náhodným vplyvom. Pôvodná drsnosť povrchu zdravých vzoriek, bola porovnateľná s drsnosťou smrekového dreva po jeho mechanickom opracovaní frézovaním, uvedená v práci KÚDELA a kol. (2018).

Adhézia polyuretánovej ako aj olejovej povrchovej úpravy bola na zdravom dreve väčšia na povrchu jadrového dreva ako na povrchu beľového dreva (obr. 3). Pri odtrhnutí terčika dochádzalo na beľovom dreve hlavne k vytrhnutiu drevných vlákien.

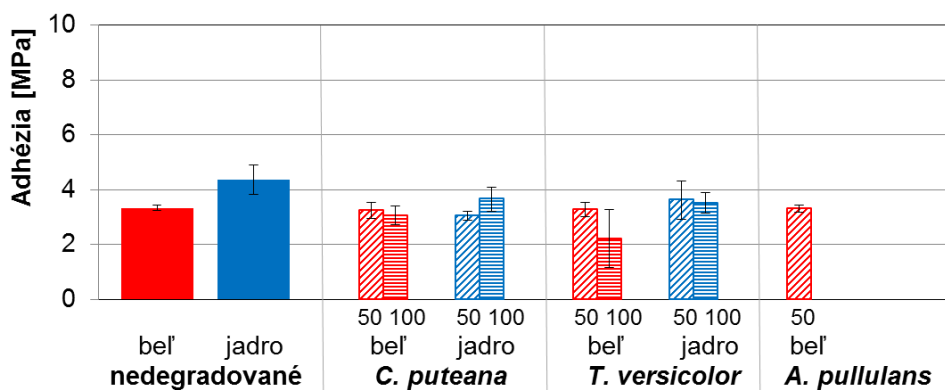


Obrázok 2 Drsnosť povrchu borovicového dreva v pozdĺžnom a priečnom smere pred a po pôsobení húb

POLYURETÁNOVÁ POVRCHOVÁ ÚPRAVA



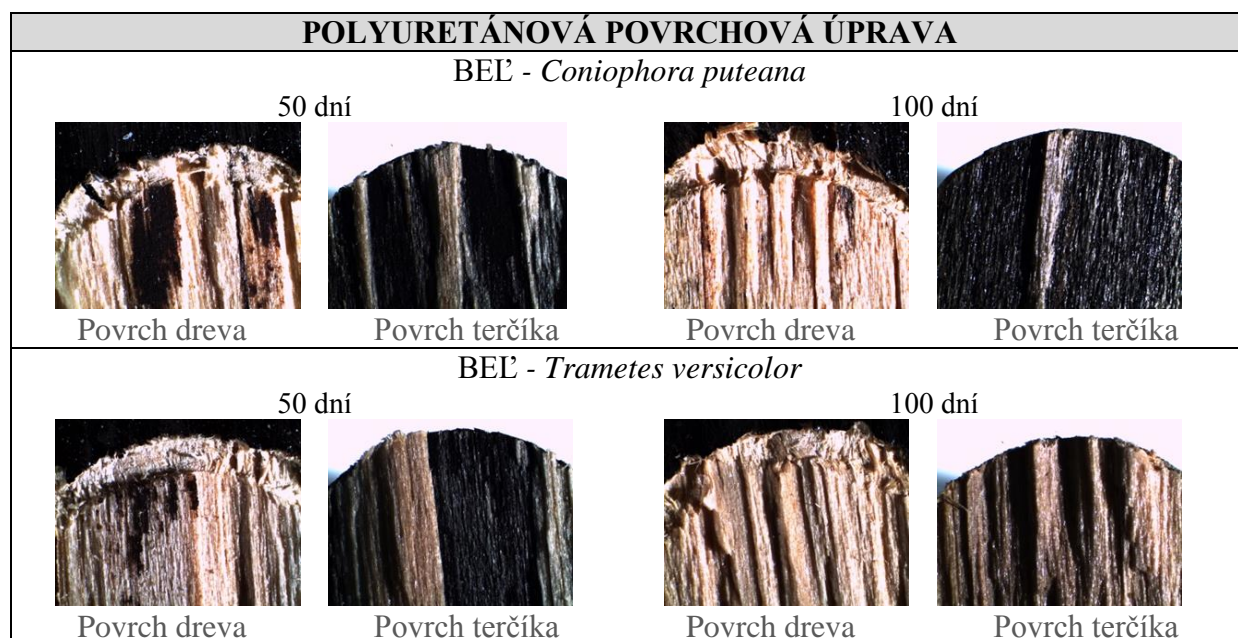
OLEJOVÁ POVRCHOVÁ ÚPRAVA



Obrázok 3 Adhézia náterových filmov na zdravom a hnilom dreve

Priemerná hodnota adhézie polyuretánovej povrchovej úpravy na hnilom beľovom dreve sa znižovala vzhľadom na zvyšujúci sa úbytok hmotnosti. Súčasne dochádzalo k jej veľkému rozptylu, a to pravdepodobne v dôsledku nerovnomernej intenzity hnilobného procesu na povrchu vzoriek.

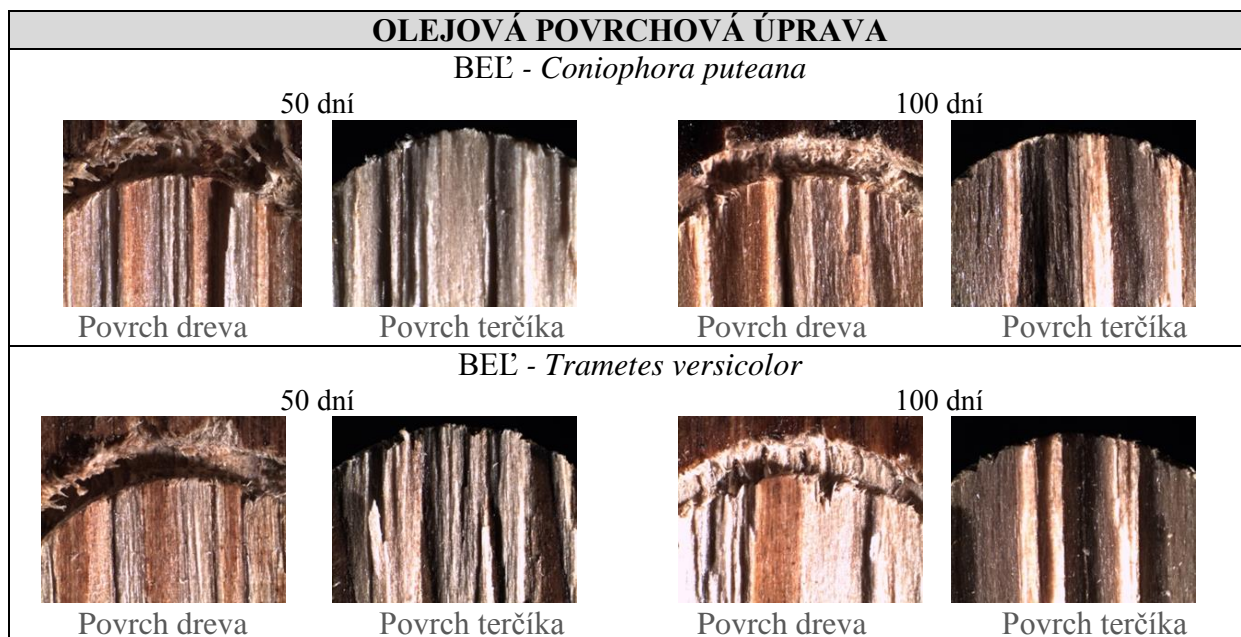
Pri polyuretánovej povrchovej úprave dochádzalo k porušeniu pri odtrhnutí v povrchových vrstvách dreva s výrazným hĺbkovým odtrhnutím drevných vlákien do 3 mm (obr. 5). Z toho vyplýva, že kohézia povrchových vrstiev dreva bola menšia ako adhézia polyuretánovej povrchovej úpravy. V niektorých prípadoch došlo k porušeniu vo vytvrdnutom náterovom filme na jadrovej, ale aj beľovej časti dreva. Porušenie v náterovom filme nebolo na celej ploche terčika, ale len do 40 % plochy a ostatná časť sa porušila v povrchových vrstvách dreva. Pri porušení v náterovom filme môžeme hovoriť, že adhézia bola väčšia, ako kohézia náterového filmu.



Obrázok 5 Povrchy dreva a terčikov po odtrhnutí polyuretánovej povrchovej úpravy

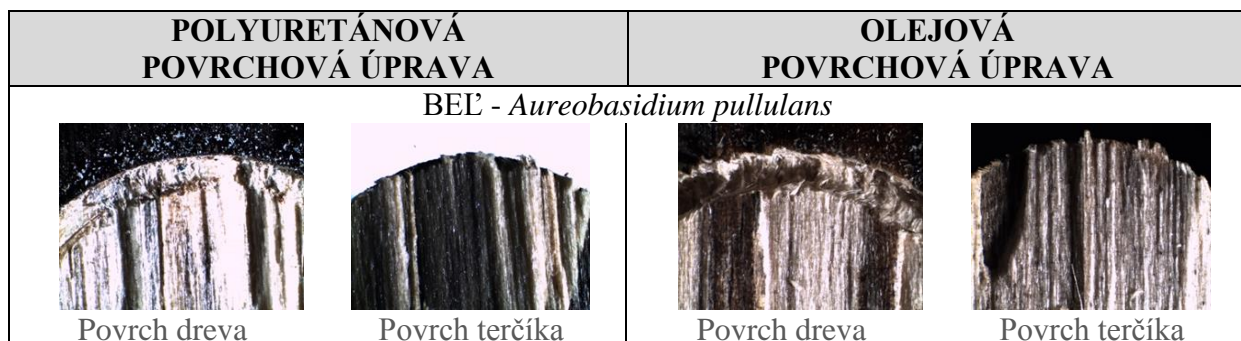
V prípade adhézie olejovej povrchovej úpravy sme zistili, že bola porovnateľná na povrchu zdravého ako aj na povrchu hnilého dreva (obr. 3). Pravdepodobne sa adhézia môže znížiť na povrchu hnilého dreva, avšak nami stanovené priemerné hodnoty sa líšili hlavne len náhodným vplyvom (t.j. väčší rozptyl hodnôt adhézie v prípade olejovej povrchovej úpravy na beľi degradovanej hubou *T. versicolor* po 100 dňoch).

Pri olejovej povrchovej úprave dochádzalo k porušeniu tiež v povrchových vrstvách dreva a hlavne v impregnovanej časti dreva náterovou látkou (obr. 6). Po odtrhnutí boli viditeľné stopy odtieňa farby povrchovej úpravy na povrchu dreva, pričom na terčiku zreteľné vytrhnuté drevné vlákna.



Obrázok 6 Povrchy dreva a terčikov po odtrhnutí olejovej povrchovej úpravy

Adhézia oboch povrchových úprav na povrchu dreva napadnutého drevosfarbujúcou hubou je porovnateľná s adhéziou na zdravom dreve (obr. 3). Drevosfarbujúca huba nespôsobila zmenšenie adhézie povrchových úprav. K porušeniu po odtrhnutí terčika dochádzalo aj v tomto prípade v povrchových vrstvách beľového dreva (obr. 7).



Obrázok 7 Povrchy dreva a terčikov po odtrhnutí povrchovej úpravy na dreve po pôsobení drevosfarbujúcej huby

ZÁVER

Morfológia povrchu borovicového dreva pri hnedej a bielej hnilobe (v rozsahu úbytku hmotnosti pre jadro 0,7 % až 1,4 % a pre beľ od 1,3 až 16,7 %) ako aj morfológia povrchu dreva napadnutého drevosfarbujúcou hubou sa výrazne nemení.

Oproti tomu adhézia povrchovej úpravy na hnilom podklade je menšia na beľovom povrchu ako na jadrovom povrchu, a to hlavne v dôsledku vyššej náchylnosti beľového dreva na rozklad hubami hnedej a bielej hniloby. Výrazne sa to prejavuje v prípade polyuretánovej povrchovej úpravy, ktorá bola vytvorená ako systém. V prípade olejovej povrchovej úpravy sme zistili, že adhézia na povrchu hnilého dreva je porovnateľná s adhéziou na povrchu

zdravého dreva. Po skúške odtrhnutia terčika dochádza na hnilom dreve s povrchovou úpravou k porušeniu prevažne v povrchových vrstvách dreva. Toto spôsobuje menšia kohézia povrchových vrstiev dreva ako je adhézia náterových filmov k povrchu.

Adhézia oboch náterových látok je na povrchu dreva napadnutého drevosfarbujúcou hubou porovnateľná so zdravým drevom.

LITERATÚRA

- HART, J.H. (1989). Role of Wood Exudates and Extractives in Protecting Wood from Decay
In. Rowe, J. W. (1989). Natural Products of Woody Plants Chemicals Extraneous to the Lignocellulosic Cell Wall. Springer-Verlag: Berlin, etc, 2: 861–879.
- KÚDELA, J., MRENICA, L., JAVOREK, Ľ. (2018). Influence of milling and sanding on wood surface morphology. Acta Facultatis Xylogiae Zvolen, 60(1): 71–83.
- LIPTÁKOVÁ, E., KÚDELA, J. (2002). Study of the system wood–coating material. Part 2. Wood–solid coating material. Holzforschung, 56(5): 547–557.
- MAŃKOWSKI, P., ANDRES, B. (2015). Compressive strength of wood pinus sylvestris decayed by *Coniophora puteana* fungi and reinforced with paraloid B-72. Wood Research 60(3): 409–416.
- PANDEY, K.K., PITMAN, A.J. (2003). FTIR studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. International Biodeterioration and Biodegradation, 52(3): 151–160.
- REINPRECHT, L., PÁNEK, M., DAŃKOVÁ, J., MURÍNOVÁ, T., MEC, P., PLEVOVÁ, L. BOHUMÍN, B. (2013). Performance of methyl-tripotassiumsilanol treated wood against swelling in water, decay fungi and moulds. Wood Research, 58(4): 511–520.
- BULIAN, F., GRAYSTONE, J. (2009). Wood coatings: Theory and practice. Elsevier.
- SLABEJOVÁ, G. (2016). Drsnosť a adhézia pri povrchovej úprave bukového dreva vodou riediteľnými náterovými látkami. Zvolen: TU, 64 s.
- STN EN ISO 4624 (2016). Náterové látky. Odtrhová skúška príľnavosti.
- VIDHOLDOVÁ, Z., SLABEJOVÁ, G., KALOČ, J. (2017a): Influence of wood pre-weathering on selected surface properties of the system wood - coating film. In Acta Facultatis Xylogiae Zvolen : vedecký časopis Drevárskej fakulty. 59(2): 67–77.
- VIDHOLDOVÁ, Z., REINPRECHT, L., IŽDINSKÝ, J. (2017b). Mikrobiálna odolnosť tropických drevín. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 67 s.

PodĎakovanie

Autori vyjadrujú podĎakovanie Agentúre pre podporu výskumu a vývoja SR, projekt APVV-17-0583 a súčasne Ministerstvu školstva SR, projekty VEGA 1/0626/16 a 1/0822/17.

Adresy autorov

Ing. Gabriela Slabejová, PhD. – slabejova@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra nábytku a drevárskych výrobkov, T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen



PROBLEMATIKA IMELOVCA EURÓPSKEHO (*Loranthus europaeus* Jacq.) V DUBOVÝCH PORASTOCH NA LS DUCHONKA, METODICKÝ PRÍSTUP A PRIEBEŽNÉ VÝSLEDKY

ISSUES OF YELLOW MISTLETOE ((*Loranthus europaeus* Jacq.) IN OAK STANDS ON LS DUCHONKA, METHODIC APPROACH AND ONGOING RESULTS

**JOZEF ROZKOŠNÝ – PETER FLEISCHER ST. – PETER FLEISCHER ML. – MARTIN KUBOV
– JURAJ GALKO – SLAVOMÍR RELI – MICHA LALÍK – JÁN PITTNER**

ABSTRAKT

Imelovec európsky (*Loranthus europaeus* jacq.) Je poloparazitická rastlina, ktorá parazituje na duboch. V dnešnej dobe sa stáva problémom, pretože expanduje do dubových porastov, kde odoberá napadnutým jedincom hlavne vodu a minerálne látky. Pri silnom napadnutí je jedinec natoľko oslabený, až hynie. Výskum prebieha na modelovom území LS Duchonka, kde je dlho dobejší problém s imelovcom. Naša hypotéza sa zakladá na negatívnom vplyve imelovca na napadnuté duby. Imelovec ako poloparazit dokáže znižovať fotosyntézu na dube, ale taktiež aj znížiť prírastok duba, pričom sa znižuje aj ekonomické zhodnotenie samotného jedinca. Na základe podnetu štátneho podniku lesy sr. Boli založené 2 plochy, kde na prvej ploche bolo založených 150 stromov. Na druhej ploche bolo vybraných 30 stromov. Na hodnotených stromoch sa merali obvody, výšky, pričom boli vykonané aj gazometrické merania na napadnutých a nenapadnutých stromoch. Tiež sa merali listové plochy na 30 zdravých a 30 napadnutých jedincoch. Imelovec dokázal znížiť výškový prírastok takmer o dva metre na napadnutých duboch ako na nenapadnutých. Tiež znížil fotosyntézu a prieduchovú vodivosť takmer dvojnásobne.

Kľúčové slová: imelovec európsky, *loranthus europaeus* jacq., dub, fotosyntéza, prírastok.

ABSTRACT

Yellow mistletoe (*Loranthus europaeus* jacq.) Is hemiparasitic plant, which parasiting on oaks. The current problem is expansion of mistletoe to oak forests, where mistletoe takes out the water and nutrition of infected leaves. During the severe infection, the individual trees are strongly weakened and consequently dies. Study is realized on model trial plot ls duchonka, where is long-term problem with yellow mistletoe. Our hypothesis is based on negative impact of yellow mistletoe to infected oaks. Yellow mistletoe, as hemiparasit, can decrease photosynthetic rate and increment of oaks, which decrease of economic value of individuals. The aim of our research is to find out impact of yellow mistletoe on growth and physiological processes of oak and to find out the importance of mechanic treatment of trees against this hemiparasit. There were established two trial plots based on suggestion of state enterprise

forests of the slovak republic; the first plot comprises from 150 trees. On the second plot without healthy trees, we choose 30 oak trees. Measurements of diameter, high and gasometric measurements were conducted on both infected and healthy trees. Also, leaf area for 30 infected and 30 healthy individuals was measured. Yellow mistletoes was able to decrease high increment of infected trees by almost two metres compare to healthy trees. Also it decreased photosynthetic rate and stomatal conductance by almost two times.

Key words: yellow mistletoe, *Loranthus europaeus* Jacq., oak, photosynthetic, increment

ÚVOD

Napriek tomu, že dub má najväčšie spektrum hmyzu, boli dubové poraste v minulosti považované za najodolnejšie. Už v 80-tych rokoch sa objavil jav označovaný ako HDD - hromadné hynutie duba. V dnešnej dobe ohrozuje lesné porasty klimatická zmena. Porasty s dubom sa tomuto javu nevyhli. Opakujúci sa zrážkový deficit, čoraz teplejšie vegetačné obdobia dávajú priestor podkôrnemu hmyzu, ako aj iným škodlivým činiteľom, ktoré oslabujú dubiny. Vážnym signálom je klesajúce zastúpenie duba na Slovensku. Ktoré kleslo z pôvodných 17,53 % na súčasných 11,02 %.

V dnešnej dobe uvádza MIKUŠ a kol. (2018), ako hlavné faktory vplývajúce na odolnosť potenciál a zhoršujúci sa stav dubových porastov. Ich poradie možno zoradiť nasledovne: Imelovec európsky (*Loranthus europaeus* Jacq.), podkôrník dubový (*Scolytus intricatus* Ratz.), zmena klímy, zlá fytotechnika pestovania, vysoká početnosť všetkých druhov raticovej zvery, zle popísaný tvar lesa, listožraví škodcovia.

PROBLEMATIKA PRÁCE

Charakteristika imelovca európskeho (*Loranthus europaeus* Jacq.)

Imelovec je poloparazitický krík rastúci najmä na duboch, na rozdiel od vždyzeleného imela bieleho (*Viscum album* L.) je opadavý krík. Severom Slovenska prechádza jeho horná hranica výskytu v strednej Európe (ELIÁŠ 2007). Má žlté lepkavé plody, ktorými sa živia vtáky, ktoré sú vektorom. Sú to najmä drozdy, ktoré ich semená prenášajú trusom, na vhodné miesta, kde vyklíčia. K hostiteľovi je chytený haustóriami. Haustória sú sacie korene, pomocou ktorých získava časť svojej výživy, najmä voda a minerálne látky (GARKOTI a kol. 2002). Uhl'ohydráty dokáže produkovať sám pomocou chlorofylu. Imelovcom osídlené konáre stromu reagujú abnormálnym rastom, hypertrofiou alebo usychaním vrcholu (DÉNES 2014). Napadnutý strom reaguje tvorbou spiacich púčikov tzv. vlkmi (MIKUŠ a kol. 2018). Pri nadmernom napadnutí jedinca, môže takýto poškodený jedinec aj uhynúť. V posledných rokoch bol zaznamenaný výrazný nárast poškodenia dubov týmto škodcom. Dlhšia perióda nepriaznivých podmienok môže spôsobiť oslabenie dubových porastov a tým poškodenie

hubovými ochoreniami a imelovcom. Toto napadnutie môže byť natoľko silné, že dokáže usmrtiť hostiteľa (MATULA a kol. 2015). Poškodené sú najmä staršie dubové porasty v oblastiach Považského Inovca, Myjavskej pahorkatiny, Vtáčnika a Tríbeča. Zo zahraničia podobné napadnutie pozorovali v Kosove, kde v posledných rokoch zaznamenali výrazné šírenie imelovca v dubových lesoch (MILLAKU a kol. 2011). Napadnutie imelovcom je zaznamenané približne od veku 60 rokov a viac, čo potvrdilo aj viacero autorov (GALKO a kol. 2018).

CIELE PRÁCE

Naša hypotéza sa zakladá na negatívnom vplyve imelovca na rastové ako aj fyziologické procesy na dube. V rámci rastových procesov to je výškový a hrúbkový prírastok a z fyziologických: fotosyntéza, prieduchová vodivosť, transpirácia. Mechanické ošetrovanie dubov považujeme ako možnosť revitalizácie napadnutých jedincov. Cieľom práce je zistiť vplyv imelovca na rastový (prírastok) a fyziologický proces (fotosyntéza, prieduchová vodivosť, transpirácia) a ich odozvu na mechanické ošetrovanie dubov od imelovcov.

METODIKA

Charakteristika územia

Výskum prebieha na LS Duchonka a to z toho dôvodu, že na tomto území je dlhodobý problém z imelovcom, no v dnešnej dobe je zaznamenaná výrazná expanzia tejto poloparazitickej rastliny v dubových porastoch, najmä zdravých. Územie LS Duchonka sa nachádza v pohorí Považský Inovec. Vybrané plochy sa nachádzajú v 2. až 3. LVS, kde je zastúpený 100 % dub. Na týchto plochách je pôvodný a preto je jeho ochrana veľmi dôležitá, tieto dubiny nie sú výmladkove. V okolí je vytvorená prírodná rezervácia Čepušky s prirodzenými porastami duba.

Dizajn pokusu a rozdelenie vybraných stromov na plochách

Výskum začal v roku 2017 výberom plôch, stromov. Plochy boli založené v porastoch so 100 % zastúpením duba a silným napadnutím imelovca. Následne sa orezávali imelovce zo stromov, čiže 50 stromov bolo orezaných na 1 ploche a 10 stromov na druhej ploche. V roku 2018 na jari, sme všetkým stromom zmerali obvody vo výške 1,30 m, pričom do 3 metrovej výšky sme inštalovali na 10 stromov prírastkomer. Na jeseň 2018 sme, taktiež zmerali obvody všetkých stromov a to preto aby sme zistili rozdiely prírastku za sledované obdobie. Tiež bolo pridaných 10 stromov na druhej ploche, ktoré sa orezávali od imelovca a následne sa na nich robili gazometrické merania na zistenie fotosyntézy atď. na listoch z orezaných dubov.

V rámci výskumu boli založené 2 plochy. Na prvej bolo vybraných 150 stromov. 50 stromov bolo zdravých, 50 stromov bolo napadnutých imelovcom a 50 stromov sa vybralo na orez od imelovca. Druhá plocha je experiment, pretože na tejto ploche sa nenachádzajú žiadne zdravé duby. Preto bolo vybraných 30 stromov, kde 10 bolo napadnutých na vonkajšom okraji porastu, 10 bolo napadnutých vo vnútornom okraji porastu a 10 bolo orezaných od imelovca a v roku 2018 na jeseň bolo pridaných 10 stromov do plochy, ktoré boli taktiež orezané od imelovca.

Ošetrovanie dubov a ich následné hodnotenie, meranie stromových charakteristík

Imelovce zo stromov boli odstránené stromolezcami. Po zrezaní sa každý imelovec zvážil a odmeral jeho priemer, pričom sme počítali orezané jedince na dube. Z každého imelovca bola odobraná vzorka na dendrochronologické analýzy. Imelovce sme vážili váhou s presnosťou 50 g a max váhou 50 kg. Imelovce sa vážili samostatne to znamená, že sa očistili od zvyškov dubového konára a zapisovala sa váha s presnosťou na 50 g. Olámané zvyšky imelovca sa pozbierali a vážili sa s imelovcom súčasne. Veľmi polámané imelovce sme nevážili.

Obvody stromov sme merali pásmom s presnosťou 1 mm. Výšky stromov a výšku nasadenia koruny sme merali pomocou výškomeru Vertex 4.

Sledovanie fyziologickej odozvy

Gazometrické merania sa týkali fotosyntézy, prieduchovej vodivosti a transpirácie. Vykonávali sme ich pomocou prístroja LICOR 6400 XT s listovou komorou. Teplota v komore bola nastavená na 20 °C. Tok vzduchu v komore bol nastavený na 500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, relatívna vlhkosť v rozmedzí od 65 po 75 %. Merania sme uskutočnili 17. 09. 2018 a 18. 09. 2018, kde sa merali striedavo napadnuté listy a nenapadnuté listy na 10 jedincoch. V rámci dňa sme merali od 7:30 do 18:00.

Merania listovej plochy

V rámci výskumu nás zaujímal aj vplyv imelovca na veľkosť listovej plochy ako aj priemery korún. Listovú plochu sme merali pomocou prístroja LICOR 2200 (Plant canopy analyzer). Stromy boli merané jednotlivo pričom sa použili 60 ° snímky. Vykonalo sa najmenej 6 meraní pre individuálny strom. Celkovo bolo zmeraných 30 zdravých a 30 poškodených stromov. Korunovú projekciu sme merali pomocou pásma, teda merali sme polomer a to od kmeňa až po okraj koruny.

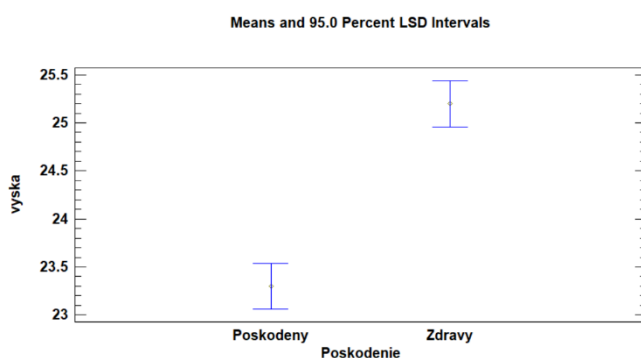
Štatistické spracovanie údajov

Spracovanie nameraných listových plôch a korunových projekcií sme vykonávali pomocou párového T-testu, kde sme zisťovali signifikantnosť rozdielu medzi napadnutými jedincami

a nenapadnutými. Hodnoty výšok sme tiež spracovávali pomocou párového T-testu. Fotosyntézu, prieduchovú vodivosť a transpiráciu sme spracovali jednofaktorovou analýzou.

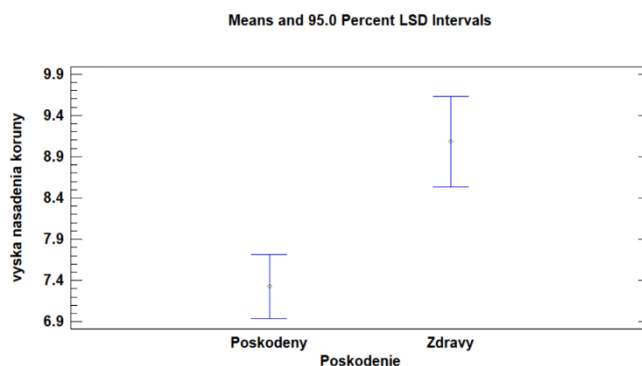
VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci prírastkov sme hodnotili výšku napadnutých a nenapadnutých dubov, pomocou párového T-testu. Imelovec svojím napadnutím spôsobil nižšie výšky stromov, oproti stromom nenapadnutým (obr. 1). Napadnuté jedince dosahovali priemernú výšku 23,3 m, pričom nenapadnuté jedince dosiahli priemernú výšku 25,2 m. To značí, že pôsobenie imelovca znížilo výškový prírastok takmer o 2 m.

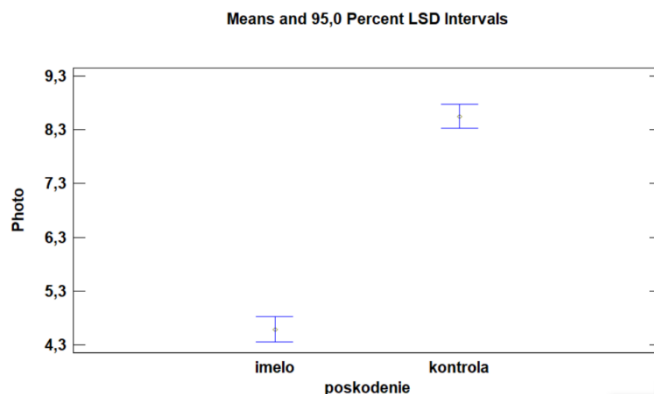


Obrázok 1 Výšky napadnutých a nenapadnutých dubov

Duby, ktoré boli napadnuté imelovcom, vytvárali nižšie nasadené koruny ako tie nenapadnuté. Z toho vyplýva, že imelovec napáda duby s dlhšou korunou (obr. 2). Napadnuté jedince mali priemerné nasadenie koruny vo výške 7,4 m, pričom nenapadnuté jedince mali priemerné nasadenie koruny vo výške 9,1 m. V rámci gazometrických meraní sme skúmali vplyv imelovca na fotosyntézu, prieduchovú vodivosť a transpiráciu. Listy nad imelovcom dokázali fotosyntetizovať $4,58 \mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, pričom listy pod imelovcom dokázali až $8,55 \text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (obr. 3).

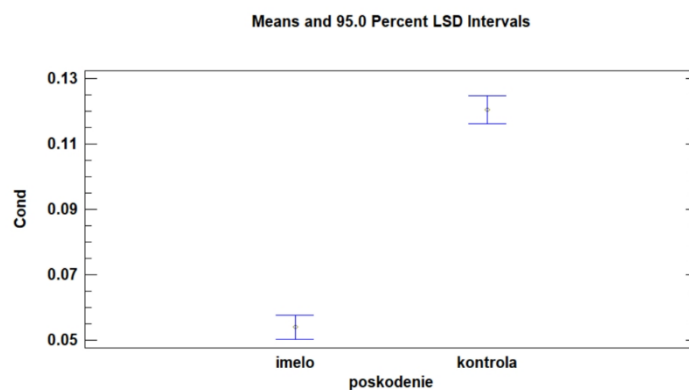


Obrázok 2 Výška nasadenia koruny napadnutých a nenapadnutých dubov



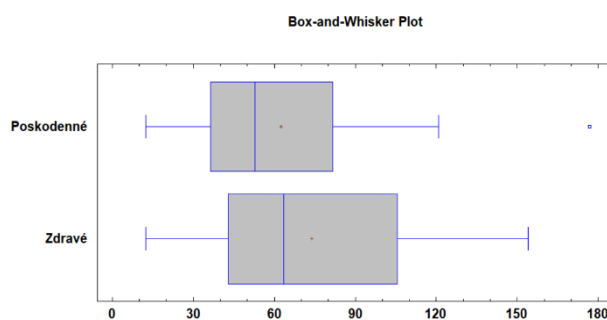
Obrázok 3 Vplyv imelovca na fotosyntézu

Rozdiel sme zaznamenali pri prieduchovej vodivosti (konduktancii), kde listy za imelovcom mali prieduchovú vodivosť $0,053 \text{ mol.CO}_2\text{.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$ a listy pred imelovcom $0,103 \text{ mol.CO}_2\text{.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$ (obr. 4). Taktiež pri transpirácii listy za imelovcom mali transpiráciu $0,587 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$ a listy pred imelovcom $1,132 \text{ mol.H}_2\text{O.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$.

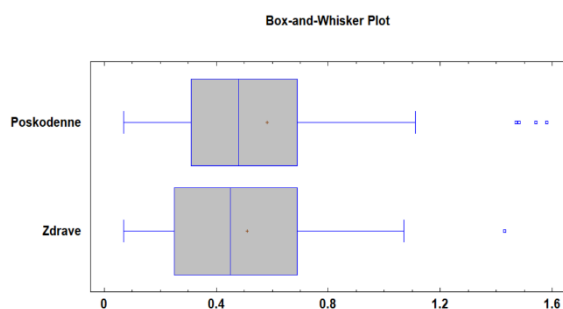


Obrázok 4 Vplyv imelovca na prieduchovú vodivosť

V rámci merania listovej plochy, ako aj korunovej projekcie rozdiel medzi korunových projekciách napadnutých a nenapadnutých dubov nebol signifikantný rozdiel, ktorý sme spracovali pomocou párového T-testu. (obr. 5). Taktiež ani pri listových plochách nebol zaznamenaný štatistický rozdiel (obr. 6).



Obrázok 5 Korunové projekcie napadnutých a nenapadnutých dubov



Obrázok 6 Listové plochy napadnutých a nenapadnutých dubov

ZÁVER

Imelovec sa na Slovensku vyskytuje celé desaťročia, avšak svojím pôsobením zrejme nespôsobil významnejšie škody na duboch. No dnes sa situácia zmenila a to zrejme aj vplyvom klimatickej zmeny, čoraz teplejších rokov, ktoré môžu podporovať imelovec v jeho parazitickom pôsobení na dube. To že to je vážny problém nám poukazuje aj jeho expanzia do zdravých porastov. Taktiež aj náš výskum preukázal, že imelovec zásadne vplýva na rastové funkcie duba. Výškový prírastok dokázal na napadnutých duboch znížiť takmer o 2 metre. Tiež fotosyntézu a priechodovú vodivosť dokázal znížiť takmer o dvojnásobok. Preto bude zaujímavé sledovať vplyv tejto poloparazitickej rastliny do budúcnosti. Tieto predbežné výsledky tak isto vynárajú viaceré otázky do budúcnosti napríklad či bude ekonomické cieľové duby mechanicky ošetrovať a či ošetrované duby dokážu natoľko prirásť, že zvýšia zisk z predaného dreva, prípadne aký počet imelovcov na jednom dube dokáže usmrtiť duba. Ďalej v našom výskume budeme sledovať rastovú odozvu na mechanické ošetrovanie dubov.

LITERATÚRA

- DÉNES, B. (2014). *Loranthus europaeus*. In: SCHÜTT, P., WEISGERBER, H., SCHUCK, H.J., LANG, U.M., ROLOFF, A., STIMM, B. (eds.). Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Band III/3/47.
- ELIÁŠ, P. (2007). Úhyn imelovca (*Loranthus europaeus* Jacq.) na severnej hranici rozšírenia v Európe: Slovensko. In: Dreviny v mestskom prostredí a v krajine. Aktuálne trendy dendrologického výskumu a praxe, zborník na CD nosiči.
- GALKO, J., PITTNER, J., PAROBEKOVÁ, Z., BOŠEĽA, M., LALÍK, M., RELL, S., NIKOLOV, CH., MIKUŠ, D. (2018). Výskum vplyvu imelovca európskeho na hrúbkový prírastok dubov a zhodnotenie predpokladaných ekonomických strát (Predstavene projektu). In. Aktuálne problémy v ochrane lesa, Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 46–51.

- GARKOTI, S.C., AKOIJAM, S.B., SINGH, S.P. (2002). Ecology of water relations between mistletoe (*Taxillus vestitus*) and its host oak (*Quercus floribunda*). *Tropical Ecology*, 43(2): 243–249.
- MATULA, R., SVÁTEK, M., PÁLKOVÁ, M., VOLAŘÍK, D., VRŠKA, T. (2015). Mistletoe Infection in an Oak Forest Is Influenced by Competition and Host Size. *PLoS ONE* 10(5): e0127055.doi: 10.1371/journal.pone.0127055.
- MIKUŠ, D., GALKO, J., JANČOK, T. (2018). Pestovanie a ochrana lesa v dubových porastoch na LS Duchonka: Problémy, otázky, možné riešenia. In. *Aktuálne problémy v ochrane lesa*, Národné lesnícke centrum vo Zvolene, s. 34–40.
- MILLAKU, F., MSC, G.S., ABDULLAHU, K., KRASNIQI, E. (2011). The spread and the infection frequency of the Gollak (Kosovo) forest with the species hemiparasitic mistletoe (*Loranthus europaeus* L.). *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2011, Forest Ecosystems*, 1035–1040.

Pod'akovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore z projektu poskytnutej od LESY SR, š.p., z projektu „Výskum a vývoj na podporu konkurencieschopnosti slovenského lesníctva - SLOV-LES“, projekt financovaný z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a z Agentúry na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-17-0644 a APVV-16-0031.

Adresa autorov

Ing. Jozef Rozkošný

doc. Ing. Peter Fleischer, PhD.

Ing. Peter Fleischer, PhD.

Ing. Martin Kubov, PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

Ing. Juraj Galko, PhD.

Ing. Slavomír Rell, PhD.

Ing. Michal Lalík

Lesnícka Ochránárska služba, Lesnícka 11, SK-969 01 Banská Štiavnica

Ing. Jan Pittner PhD.

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa

T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

ABSTRAKTY POSTEROV

**PESTOVANIE LIEČIVÝCH HÚB
(PRÍPRAVA MEDZINÁRODNÉHO PROJEKTU)****GROWING OF THE MEDICINAL MUSHROOMS
(PREPARATION OF THE INTERNATIONAL PROJECT)****MARTIN PAVLÍK****ABSTRAKT**

V rámci obrovskej ríše húb je množstvo druhov, ktoré svojim zložením a spôsobom života môžu byť pre človeka veľmi prospešné. A človek sa snaží ich čo najdôkladnejšie poznať, využiť ich pre svoje potreby v súlade s prírodnými zákonitostami. Vzhľadom na odborné zameranie nášho pracoviska – Katedry integrovanej ochrany lesa a krajiny - je záujem o huby, ktoré sú prirodzenou súčasťou lesných ekosystémov a môžu sa využiť v prospech ich posilnenia, no a zároveň ich využívanie môže mať aj výrazne pozitívny dopad na zdravotný stav človeka.

Problematika optimalizácie spôsobov kultivácie húb *Cordyceps* a taktiež vysoko cenenej huby *Ganoderma lucidum* je vzhľadom na produkciu vzácnych a vysokoúčinných biologicky látok predmetom záujmu mnohých výskumných tímov na svete. Mnohé z pozitívnych účinkov na zdravie človeka boli už dokázané a mnohé sa stále skúmajú. Sú to však aj organizmy, ktoré sú prirodzenou súčasťou prírody. Ich schopnosti parazitické a saprofytické je možné využiť aj cielene v prospech človeka aj prírody. Základom pre ich prírode blízke využitie je ich dôkladné poznanie. Navrhovaný projekt je zameraný práve na dôkladné spoznávanie týchto húb, ich spôsobu života, ich schopností a možnosti ich racionálneho využitia.

Dôležitým prínosom projektu bude možnosť vzájomnej úzkej spolupráce riešiteľov zo slovenských vedeckovýskumných pracovísk s vedcami šanghajskej akadémie poľnohospodárskych vied. Táto spolupráca má seriózný základ v podpísanej Dohode o vzájomnej spolupráci. Dlhá tradícia výskumu húb *Cordyceps* a *Ganoderma* spp. a významné výsledky čínskych vedcov tvoria kvalitný základ spoločného projektu zameraného na identifikáciu chemických zlúčenín prítomných v týchto hubách. Výskum obsahu biologicky

aktívnych látok v hubách *Cordyceps* a druhu *Ganoderma lucidum* možno považovať v podmienkach Slovenska za úplnú novinku.

Kľúčové slová: liečivé huby

ABSTRACT

The kingdom of mushroom consists of countless species that could be very useful for the humans, which is why they aim to know as much as there is about them to use them for human needs, according to the laws of nature. Considering the scientific focus of our organisation – the Department of integrated forest and landscape protection - a great emphasis is placed upon the funghi as a natural part of forest ecosystems and their positive effects of forest health, as well as using their medicinal aspects to fortify human health.

Optimization of the growing conditions of *Cordyceps* mushrooms as well as highly prized *Ganoderma lucidum* in order to produce rare and highly effective bioactive compounds is a research focus of numerous research teams all over the world. While they have been proven to have many positive effects on human health, additional effects are being researched on. However, the fungi are also irreplaceable organisms in the nature. Their parasitic and saprophytic abilities can be used in favour of humans and nature. In order to do that successfully, it is crucial to study them thoroughly. The proposed project is focused on exploring the fungi, their way of life, abilities, properties and means of their utilization.

An opportunity to establish a successful cooperation between research facilities in Slovakia and the scientists of Shanghai Academy of Agricultural Sciences (based on signed Cooperation Agreement) will be another important aspect. The long tradition of research of *Cordyceps* and *Ganoderma* spp., as well as ground-breaking results of the Chinese research scientists provide a substantial basis for a joint project focused on identification of chemical compounds present in *Cordyceps* and *Ganoderma* spp., which has never been done in Slovakia.

Key words: medicinal mushrooms

Pod'akovanie

Práca vznikla v súvislosti s prípravou projektu KEGA 013TU Z-4/2019.

Adresa autora

Ing. Martin Pavlík, PhD. – mrtnpavlik1@gmail.com

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, SK-960 53 Zvolen

**PERIODICKÁ SVETADIELOVÁ TABUĽKA TRVANLIVOSTI DREVÍN
PRI ATAKU DREVOKAZNÝMI HUBAMI****PERIODICAL WORLD REGION TABLE FOR DURABILITY OF WOODS
AT THEIR ATTACK WITH WOOD DECAYING FUNGI****MIROSLAV REPÁK – ZUZANA VIDHOLDOVÁ – LADISLAV REINPRECHT – ERIK NOSÁE****ABSTRAKT**

Periodická tabuľka trvanlivosti drevín (TD) poskytuje informácie o triedach trvanlivosti vybraných druhov dreva v podmienkach vhodných pre pôsobenie drevokazných húb. Klasifikácia tried trvanlivosti od 1 „veľmi trvanlivé“ až po 5 „netrvanlivé“ vychádza z normy EN 350 (2016), ako aj z práce SCHEFFERA a MORRELA (1998) – ktorí klasifikovali aj menej známe druhy dreva. V periodickej tabuľke trvanlivosti drevín je celkovo zaradených 118 druhov dreva, geograficky usporiadaných do siedmich svetových regiónov podľa MEIERA (2014). Najpočetnejšie zastúpenie má región Severná Amerika (27 druhov), následne Stredná Amerika (20), Južná Amerika (18) a Afrika (18), Ázia (16), Európa (13) a najmenej Austrália (6). Pomerne najtrvanlivejšie dreviny pochádzajú z regiónu Južná Amerika (priemerná trvanlivosť drevín TD = 1,5), kde z celkového počtu uvádzaných 18 druhov dreva je až 10 druhov veľmi trvanlivých s TD 1, a to konkrétne Katalox, Ziricote, Honduran Rosewood, Kingwood, Chechen, Chakte Viga, Lignum Vitae, Goncalo Alves, Santos Mahogany a Leopardwood. Naopak, pomerne najmenej trvanlivé dreviny pochádzajú z Európy (priemerná trvanlivosť drevín TD = 3,5), a to konkrétne Norway spruce, Wych elm, London plane a Masur birch s TD 4, ale najmä European ash, European beech a Sycamore maple s TD 5.

Kľúčové slová: dreviny, trvanlivosť, drevokazné huby

ABSTRACT

The periodic table of timber durability (TD) offers information about their durability class under conditions of attack with wood decaying fungi. It is based on the classification according to the standard EN 350 (2016), and also by the work of SCHEFFER and MORREL (1998) who classified durability of other less known wood species. In the periodic table is 118 wood species that are geographically arranged into seven world regions according to MEIER (2014). The most number of wood species is from region of North America (27 kinds), followed by Central America (20), South America (18) and Africa (18), Asia (16), Europe (13), and least from Australia (6). Relatively the most durable species are from South America (average timber durability TD = 1.5), where from the total 18 mentioned species are 10 species very durable with TD 1, it means Katalox, Ziricote, Honduran Rosewood, Kingwood, Chechen, Chakte Viga, Lignum Vitae, Goncalo Alves, Santos Mahogany and

Leopardwood. On the other hand, the least durable wood species are from Europe (average timber durability TD = 3.5), it means Norway spruce, Wych elm, London plane, Masur birch with TD 4, and mainly European ash, European beech and Sycamore maple with TD 5.

Key words: wood species, durability, wood decaying fungi

LITERATÚRA

EN 350 (2016). Durability of wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials.

MEIER, E. (2014). Periodic Table of Wood. www.poster.wood-database.com.

SCHEFFER, T.C., MORREL, J.J. (1998). Natural Durability of Wood: a Worldwide Checklist of Species. Oregon State University College of Forestry, Forest Research Laboratory, Research Contribution 22, p. 45.

Pod'akovanie

Práca vznikla za podpory Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky v rámci riešenia projektu VEGA 1/0729/18.

Adresy autorov

Ing. Miroslav Repák – xrepak@tuzvo.sk

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD. – zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc. – reinprecht@tuzvo.sk

Ing. Erik Nosál', PhD. – erik.nosal@email.cz

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva
T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen



**ZMENY V ANATÓMII A VLASTNOSTIACH PLETÍV LISTNATÝCH
DREVÍN SPÔSOBENÉ HUBAMI RODU *Nectria***

**ALTERATION OF ANATOMY AND PROPERTIES THE TISSUES
OF BROAD-LEAVED TREES CAUSED BY FUNGI OF GENUS *Nectria***

OĽGA MIŠÍKOVÁ – VLADIMÍR RAČKO – IVAN MIHÁL

ABSTRAKT

Nekrotické ochorenie kôry významne vplýva na kvalitu dreva. Podrobné pochopenie interakcie medzi patogénmi nekrózy a hositeľskými stromami na anatomickej úrovni pletív môže významne napomôcť predchádzať príčinám ochorenia alebo prinajmenšom znížiť škody spôsobené týmito chorobami. Cieľom pripravovaného projektu bude podrobne popísať krátkodobé a dlhodobé anatomické a histopatologické zmeny v postihnutých pletivách a ich vlastnostiach v závislosti od doby pôsobenia vybraných patogénov, porovnať dynamiku týchto zmien a popísať stratégie rozkladu dreva jednotlivými druhmi *Nectria*. Súčasne sa bude skúmať aj vplyv rozdielneho vyživovacieho komplexu v pôde a vplyv rôznych spôsobov infikovania kôry. Tieto zmeny sa budú skúmať na buku a aj na iných vybraných listnatých drevinách (jablň, javor a hrab) v súvislosti s rôznymi ekologickými podmienkami v lesných porastoch.

Kľúčové slová: *Nectria* spp., nekróza kôry, Buk lesný, listnaté dreviny, anatomia xylému, anatomia kôry

ABSTRACT

Necrotic bark disease significantly influences on the wood quality. A detailed understanding of the interaction between necrotic pathogens and hosts trees at the anatomical level of the tissues can significantly help to prevent the causes of the disease, or at least to reduce the damages caused by this disease. The goal of the prepared project will be to describe in detail the short-term and long-term anatomical and histopathological changes in affected tissues and their properties depending on the time of acting the selected pathogens, to compare the dynamics of these changes and to describe the strategies of decomposition of a wood by the individual *Nectria* species. Simultaneously, the effects of the different nutrient complex in the soil and the effect of various ways of bark infecting also will be investigated. These changes will be explored on a European beech wood and also other selected deciduous tree species (apple tree, maple and hornbeam) in relation to different ecological conditions in the forest stands.

Key words: *Nectria* spp., bark necrosis, European beech, broad-leaved species, xylem anatomy, bark anatomy

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. 1/0822/17.

Adresy autorov

Ing. Oľga Mišíková, PhD. – misikova@tuzvo.sk

Ing. Vladimír Račko, PhD. – racko@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra náuky o dreve

T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

RNDr. Ivan Mihál, PhD.

Ústav ekológie lesa SAV, L. Štúra 2, SK-960 53 Zvolen



DŘEVĚNÉ MOSTY A LÁVKY – PŘÍKLADY HNILOB

WOODEN BRIDGES AND LEAVES - EXAMPLES OF DECAY

ROMAN FOJTÍK – ANTONÍN LOKAJ – JIŘÍ GABRIEL

ABSTRAKT

Kniha „Dřevěné mosty a lávky“ (obr. 1), která vznikla na základě požadavků odborné veřejnosti, měla jako hlavní cíl přinést základní informace o navrhování, prohlídkách a údržbě dřevěných mostů a lávek, které v posledních letech jsou na vzestupu i na území ČR. Tyto stavby se vyznačují především rychlostí výstavby a dlouhověkostí, kterou dokládají historické mosty, jejichž životnost je v řádu stovek let. Aby tyto stavby plnily dlouhodobě svou funkci, je nutné dodržovat několik zásad při jejich výstavbě a správě.

Klíčové slová: dřevěné mosty, dřevěné lávky, hniloba

Poděkování

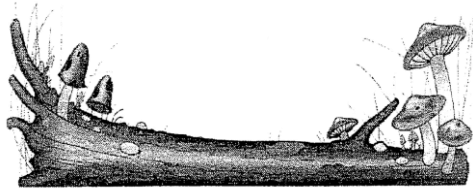
Kniha vznikla za podpory organizací ČKAIT, Lesy ČR a VŠB-TUO, FAST.

Adresy autorů

Ing. Roman Fojtík, Ph.D. – roman.fojtik@vsb.cz

VSB TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí

Ludvíka Poděště 1875, 708 00 Ostrava Poruba, Česká republika



VÝVOJ FASÁDNÍHO PRKNA SE ZVÝŠENOU ŽIVOTNOSTÍ A BAREVNOU STÁLOSTÍ

DEVELOPMENT OF FACADE PROFILE WITH ENHANCED SERVICE LIFE AND COLOUR STABILITY

ELIŠKA OBERHOFNEROVÁ – MILOŠ PAVELEK – IRENA ŠTĚRBOVÁ – MILAN PODLENA

ABSTRAKT

Projekt se zabývá problematikou zvýšení barevné stability a prodloužení celkové životnosti povrchové úpravy sibiřského a evropského modřínu v exteriéru při zachování jeho přírodního vzhledu. Modřínové dřevo obsahuje specifické extraktivní látky, které snižují celkovou životnost aplikovaných nátěrů. Inovativnost řešení spočívá v otestování běžně dostupných a nově navržených nátěrových systémů s využitím UV absorbérů, HALS stabilizátorů a nanotechnologie s UV stabilizačním a hydrofobním účinkem v kombinaci s konkrétní podkladovou dřevinou. Technologie byla otestována formou umělého stárnutí v komoře simulující venkovní podmínky za pravidelného hodnocení změny barvy, lesku a smáčivosti povrchu a vizuálního hodnocení. Výstupem projektu je online databáze s exaktními výsledky, vizuální podobou a doporučenými variantami nátěrů vhodných pro aplikaci na evropský nebo sibiřský modřín. Kromě zachování přirozeného vzhledu dřeva je výhodou projektu také zvýšení životnosti nátěru a podkladové dřeviny vedoucí k úspoře výdajů spojených s renovací a údržbou exteriérových prvků.

Klíčová slova: barevná stálost; databáze nátěrů; *Larix decidua*; *Larix sibirica*; životnost

ABSTRACT

The project deals with the issue of increasing a colour stability and extending an overall service life of Siberian and European larch surface treatment in exterior while maintaining its natural appearance. Larch wood contains specific extractives that reduce the service life of applied coatings. The innovative solution consists in testing commonly available and newly designed coating systems using UV absorbers, HALS stabilizers and nanotechnologies with UV stabilizing and hydrophobic effects combined with a specific underlying wood species. The technology has been tested by artificial weathering in a chamber simulating outdoor conditions, with regular evaluation of colour change, gloss, surface wettability and visual appearance. The output of the project is an online database with exact results, visual appearance and recommended coating systems suitable for application to European or Siberian larch. In addition to preserving the natural appearance of the wood, the advantage of

the project is also in the enhancement of the service life of the coating system and the underlying wood that save the costs associated with the renovation and maintenance of the wood elements in the exterior application.

Key words: colour stability; coatings database; *Larix decidua*; *Larix sibirica*; service life

Poděkování

Tento projekt je součástí projektu Rozšíření a podpora transferu technologií a znalostí na ČZU realizací aktivit „proof-of-concept“ reg.č. CZ.07.1.02/0.0/0.0/16_023/0000111.

Adresy autorů

Ing. Eliška Oberhofnerová – oberhofnerova@fld.czu.cz

Ing. Miloš Pavelek – pavelek@fld.czu.cz

Ing. Irena Štěrbová – irena.sterbova94@gmail.com

Ing. Milan Podlena – podlena@fld.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129
165 00 Praha, Česká republika

**VLIV PASIVNÍ CHEMICKÉ MODIFIKACE NA BÁZI KŘEMÍKU
NA VLASTNOSTI DŘEVA A NA RŮST PLÍSNÍ****EFFECT OF THE PASSIVE CHEMICAL MODIFICATION OF WOOD
WITH SILICON DIOXIDE (SILICA) ON ITS PROPERTIES AND
INHIBITION OF MOULDS****STANISLAV DOUBEK – VLASTIMIL BORŮVKA – ALEŠ ZEIDLER – LADISLAV REINPRECHT****ABSTRAKT**

V této práci se zkoumá, jak impregnace dřeva látkami na bázi křemíku ovlivňuje jeho fyzikální a mechanické vlastnosti a též odolnost proti působení plísní. Mineralizací křemíkem se mohou vylepšit některé technické vlastnosti dřeva a prodloužit i životnost dřevěných konstrukcí. Vzorky buku a jedle byly tlakově impregnovány koloidním roztokem oxidu křemičitého při různých koncentracích. Na těchto upravených vzorcích, spolu se vzorky jedle, která byla dlouhodobě uložena ve vodě, se zkoušely jejich fyzikální, mechanické a biologické vlastnosti.

Klíčové slová: buk, jedle, oxid křemičitý, mineralizace, plísně

ABSTRACT

This work investigates how wood modification with silicon dioxide affects its selected physical and mechanical properties and resistance to moulds. Silicon mineralization can improve some of the technical properties of wood and extend the service-life of wooden structures. The form of colloidal silicon dioxide and its various concentrations was used for pressure impregnation of beech and fir wood samples. Following, physical, mechanical and biological properties of such modified woods were tested together with waterlogged fir wood stored in water over a long period.

Key words: beech, fir, silicon-dioxide, mineralization, moulds.

ÚVOD

Tento poster pojednává o vlivu pasivní chemické modifikace na vlastnosti dřeva látkami na bázi křemíku ve formě oxidu křemičitého zejména na mírné zvýšení tvrdosti. Pod pasivní chemickou modifikací dřeva myslíme zavedení modifikační látky, v našem případě 1 %, 5 % a 10 % koncentraci koloidního roztoku látek na bázi křemíku, do lumenů anebo částečně i buněčných stěn dřeva, přičemž ty cíleně nevytváří chemické vazby s komponentami dřeva, případně se jedná o vazby s nízkou stabilitou ve formě vodíkových můstků. Vlastní impregnace máčením probíhala v tlakové nádobě a při standartních laboratorních podmínkách.

PROBLEMATIKA PRÁCE

Vylepšené technické vlastnosti dřeva mohou být dosaženy mineralizací, která je založena na principu chemické modifikace. Nejčastěji jsou k tomu účelu využívány látky na bázi oxidu křemičitého SiO_2 a kyseliny křemičité H_4SiO_4 . Z hlediska charakteru účinku se tak může jednat jak o ošetření (impregnaci), nebo i modifikaci. FURUNO a kol. (1986) vytvořili čtyřetapový model mineralizace dřeva, kde ve třetí etapě se jednotlivé složky buněčných stěn nahrazují minerály. To má již za následek změnu fyzikálních a mechanických vlastností dřeva.

METODIKA

Vzorky byly vyrobeny z fošen buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) a jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). Přirozeně mineralizované vzorky byly z jedlového trámu, který pocházel ze středních Čech. Na vzorcích o rozměrech 20x20x30 mm (tloušťka x šířka x délka) byly zkoumány fyzikální vlastnosti (bobtnání a nasákavost). Vzorky o rozměrech 20x20x300 mm (tloušťka x šířka x délka) byly použity pro mechanické zkoušky (statický a dynamický modul pružnosti, pevnost v ohybu, rázová houževnatost a tvrdost). Na vzorcích o rozměrech 5x10x50 mm (tloušťka x šířka x délka) byly provedeny testy na plísně rodu *Aspergillus niger* a *Penicillium purpurogenum*.

Z různých druhů křemičitanů byl vybrán právě oxid křemičitý (SiO_2) pro svoji inertnost. Vzorky dřeva byly impregnovány koloidním roztokem oxidu křemičitého v tlakovém impregnačním zařízení, při použití tlaku 0,8 MPa po dobu 1 hodiny a laboratorní teploty 20 °C. Pro impregnaci byl použit rozdrcený oxid křemičitý na prach, aby byly jednotlivé částice schopny prostoupit nejen do lumenů buněk.

Takto upravené vzorky byly následně přirozeně vysušeny a v konečné fázi klimatizovány na vlhkost cca 12 % za podmínek relativní vlhkosti vzduchu 65 % a teploty 20°C.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Ačkoliv byla použita tlaková impregnace pro urychlení procesu mineralizace, tak se oxid křemičitý nedostal v dostatečné míře do buněčných stěn, ale zůstal v lumenech a mezibuněčných prostorách. Nevytvořilo se zde ani dostatečné množství vodíkových můstků, kde by se křemík navázal na buněčnou stěnu (celulózu, hemicelulózu nebo lignin) přes -OH skupiny a tak výrazněji ovlivnil zkoušené vlastnosti dřeva. Snad lze jen pozorovat mírný nárůst u tvrdosti mineralizované jedle, kde dosáhl hodnoty až o 25,9 %. Při použití kvalitativního čísla, kde je poměr tvrdosti ku hustotě, je tento rozdíl méně znatelný. Literatura udává, že křemíkováním se může zvýšit tvrdost podle brinela až o 100 %. Dále je potřebné říci, že takto upravené dřevo je sice částečně tvrdší, ale zároveň se stává křehčí.

ZÁVĚR

V budoucnu plánujeme zaměřit výzkum na látky komerčně vyráběné na podobné bázi, u kterých je inhibitor zaručující vytvoření kovalentní vazby, která povede ke změně vlastností dřeva. Bude se však už sledovat množství a forma látky, která se úpravou dostala do dřeva a zároveň to, co se úpravou ze dřeva vyluhovalo, tak jako i posuzovat změny ve stavbě na mikro- a submikro-úrovni.

LITERATURA

FURUNO, T., WATANABE, T., SUZUKI, N., GOTO, T., YOKOYAMA, K. (1986). Microstructure and silica mineralization in the formation of silicified woods. 1. Species identification of silified woods and observations with a scanning electron microscope, Mokuzai Gakkaishi, 32: 387–400.

Poděkování

Autoři děkují za finanční podporu interní grantové agentuře FLD ČZU v Praze, kde byl tento článek podpořen z projektu A 04_16: Vliv impregnace látek na bázi křemíku na některé fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva, a také slovenský vývojový a výzkumný ústav a z jeho projektu No. APVV-0200-12.

Adresa autorov

Ing. Stanislav Doubek – doubeks@seznam.cz

Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D. – boruvkav@fld.czu.cz

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D. – zeidler@fld.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha, Česká republika

prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc. – reinprecht@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra mechanickej technológie dreva, T.G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen

**VÝSKYT DREVOKAZNÝCH HÚB NA MŔTVOM KALAMITNOM
DREVE VO VYSOKÝCH TATRÁCH****OCCURRENCE OF WOOD-DESTROYING FUNGI ON DEAD WOOD IN THE
CALAMITY IN HIGH TATRAS****PAVOL HLAVÁČ****ABSTRAKT**

Veľké vetrové a následne i podkôrnikové kalamity na území Vysokých Tatier významnou mierou prispeli k rozsiahlemu poškodeniu a zničeniu smrekových porastov. Nakoľko časť postihnutého územia sa nachádza v NP s vyššími stupňami ochrany, nebolo možné kalamitné drevo spracovať. Predmetom výskumu je zhodnotiť aké drevokazné huby sa podieľajú na rozklade ponechaného mŕtveho dreva a aká je ich frekvencia výskytu, nakoľko veľké množstvo suchého mŕtveho dreva významnou mierou zvyšuje požiarne riziko.

Výskum prebiehal v roku 2017 na voľne dostupných lokalitách s použitím nedeštrukčných metód. Zistené drevokazné huby sú uvedené v tab. 1. Na základe vykonaných pozorovaní je možné konštatovať, že dominantnou hubou na mŕtvom smrekovom dreve je huba *Fomitopsis pinicola*.

Kľúčové slová: kalamita, drevokazné huby, mŕtve drevo, Vysoké Tatry

Tabuľka 1 Výskyt drevokazných húb na mŕtvom smrekovom dreve

| Názov huby | Frekvencia výskytu |
|--|--------------------|
| <i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk | ojedinelá |
| <i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. Et Pouzar | ojedinelá |
| <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst | veľmi častá |
| <i>Gloephyllum sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst. | častá |
| <i>Gloephyllum trabeum</i> (Pers.) Murrill | ojedinelá |
| <i>Ischnoderma benzoinum</i> (Wahlenb.) P. Karst. | ojedinelá |
| <i>Panellus mitis</i> (Pers.) Singer | ojedinelá |
| <i>Phellinus nigrolimitatus</i> (Romell) Bourdot et Galzin | ojedinelá |
| <i>Trichaptum abietinum</i> (J. Dicks.) Ryvarden | ojedinelá |

Pod'akovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektov VEGA č. 1/0729/18 a APVV-17-0644.

Adresa autora

Ing. Pavol Hlaváč, PhD. – hlavac@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, SK-960 53 Zvolen

**DREVOKAZNÉ HUBY VYUŽÍVANÉ AKO VÝŽIVOVÉ
DOPLNKY VO FARMACII****WOOD-DESTROYING FUNGI USED AS NUTRITIONAL
SUPPLEMENTS IN PHARMACY****MARTA HLAVÁČOVÁ – PAVOL HLAVÁČ****ABSTRAKT**

V súčasnosti sa čoraz častejšie stretávame s požiadavkou na kvalitné prírodné produkty, ktoré priaznivo vplyvajú na ľudské zdravie. Medzi takéto prípravky patria aj výživové prípravky z húb. Ich pravidelné užívanie prispieva hlavne k zlepšeniu celkovej imunity organizmu, regulovaniu niektorých telesných hodnôt, znižovaniu cholesterolu, cukru v krvi, hojeniu rán a pod.

Príspevok sa venuje problematike využitia drevokazných húb ako súčasti výživových doplnkov v lekárenstve. Najčastejšie využívané drevokazné huby vo farmácii a ich priaznivé účinky sú uvedené v tab. 1.

Kľúčové slová: výživové doplnky, drevokazné huby, liečivé účinky, indikácie

Tabuľka 1 Drevokazné huby vyžívané vo výživových doplnkoch

| Názov huby | Účinok - indikácia | Výživový prípravok |
|----------------------------|---|---|
| <i>Pleurotus ostreatus</i> | zvýšenie imunity; zníženie cholesterolu a cukru v krvi; artérioskleróza | Hliva ustricová 100 % Hliva ustricová + lactobacily Hliva Forte s rakytníkom a echynaceou Probiotika + hliva ustricová s betaglukánmi Hliva ustricová s rakytníkovým olejom Imunoglukán P4H Imunoglukán P4H lotion Hliváček ovocný sirup Hliva ustricová + reishi |
| <i>Lentinula edodes</i> | znižovanie cholesterolu; posilnenie imunity; vysoká výživová hodnota | Shii-take + Rhodiola rosea |
| <i>Coprinus comatus</i> | vysoká výživová hodnota; zníženie cukru v krvi | Diaregul |

| | | |
|--|---|---|
| <i>Hericium erinceus</i> | posilnenie imunity; vysoký obsah vlákniny | Hericium erinceus s rakytníkovým olejom |
| <i>Cordyceps sinensis</i> | posilnenie organizmu; podporuje fyzický výkon a kondíciu; antioxidantné účinky | Cordyceps active |
| <i>Inonotus obliquus</i> | antioxidant; zlepšenie obranyschopnosti organizmu | Čaga + reishi |
| <i>Ganoderma lucidum</i> | priaznivo pôsobí na obehový systém a cievy; podpora obranyschopnosti organizmu; zníženie cholesterolu, tlaku krvi | Reishi BIO Reishi v káve |
| <i>Lentinula edodes</i> + <i>Hericium erinceus</i> + <i>Coprinus comatus</i> + <i>Ganoderma lucidum</i> | krvný obeh, potencia | Hubové quarteto |

Z ďalších drevokazných húb, ktoré sú prospešné pre zdravie človeka možno spomenúť druh *Fomes fomentaeius* (žalúdočné ťažkosti; zastavenie krvácania), *Laricifomes officinalis* (laxatívum), *Trametes versicolor* (imunita; antioxidant; infekcie močových ciest; kožné ochorenia), *Hirneola auricula-judae* (vysoký tlak; obehový systém a cievy, imunita, pamäť), *Flammulina velutipes* (imunita, stres), *Oudemansiela mucida* (kožné ochorenia – antibiotikum).

LITERATÚRA

Príbalové letáky uvádzaných výživových doplnkov.

VÁŇA, P. (2003). Léčivé houby podle bylináře Pavla. Praha: Eminent, 185 s.

Adresa autorov:

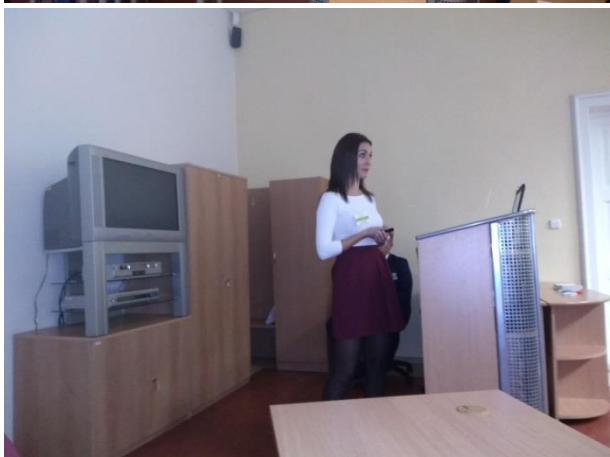
Mgr. Marta Hlaváčová

Dr. Max, Železničná lekáreň, J. Jiskru, SK-960 03 Zvolen

Ing. Pavol Hlaváč, PhD. – hlavac@tuzvo.sk

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G. Masaryka 20, SK-960 53 Zvolen

FOTODOKUMENTÁCIA









1762
1807
1952



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE