

# BIOLOGICKÉ PROBLEMY U DODATEČNĚ VYBUDOVANÉHO OBYTNÉHO PODKROVÍ

NOVĚ VZNIKAJÍCÍ OBYTNÁ PODKROVÍ, PŘEDEVŠÍM NA STARŠÍ BYTOVÉ ZÁSTAVBĚ, NEBÝVAJÍ Z HLEDISKA BIOTICKÉHO NAPADENÍ POVAŽOVÁNA ZA ZVLÁŠTĚ RIZIKOVÁ MÍSTA. PŘEDPOKLÁDÁ SE, ŽE PŘI DOBRĚ PROVEDENÉ TEPELNÉ IZOLACI AŤ JIŽ MEZI ČI NAD KROKVEMI NEMŮŽE DOJÍT K VÝSKYTU MIKROMYCET ČI DŘEVOKAZNÝCH HUB A DŘEVOKAZNÉHO HMYZU. POZNATKY Z POSLEDNÍ DOBY A REALIZOVANÉ VÝPOČTOVÉ MODELY VŠAK NAZNAČUJÍ, ŽE I ZDE SE MŮŽEME, ZA ZCELA SPECIFICKÝCH PODMÍNEK, SETKAT S CELOU ŠKÁLOU NEJRŮZNĚJŠÍCH ORGANIZMŮ.

01



Stupeň napadení dřeva dřevokaznými houbami je závislý na obsahu polysacharidů, ligninu a průvodních látek ve dřevu, podílu vody a vzduchu ve dřevě, teplotě okolního prostředí, záření v různých vlnových délkách a kyselosti dřevní hmoty. Dřeviny, které jsou vůči houbám relativně odolné (akát, dub, kaštan), obsahují větší podíl průvodních toxických látek typu tříslovin a živic. Naopak jiné průvodní složky na bázi dusíku, hořčíku, draslíku a vápníku růst hub stimulují. Dřevo se rovněž stává přístupnější pro houby po předúpravách chemickými látkami, zářením, případně po ataku bakteriemi, plísněmi a dřevozbarvujícími houbami.

Plísně a dřevozbarvující houby vyvolávají na dřevě především estetické škody, zvyšují permeabilitu dřeva a někdy mírně ovlivňují i pokles mechanických vlastností. Oproti dřevokazným houbám potřebují k růstu poměrně značnou vlhkost. Většina plísní a dřevozbarvujících hub roste při 80 - 125 % vlhkosti smrkového dřeva, na dřevě borovém vyžaduje minimálně 40 - 60 % vlhkosti a teplotu 20 až 30 °C. Jsou ovšem zaznamenány i extrémy. Nielsen et al 2003 uvádí že zástupci rodů *Aspergillus*, *Eurotium*, *Stachybotrys*, *Penicillium* rostli na dřevu a dřevěných kompozitech vystavených po dobu 4 až 7 měsíců RV 78%. To ovšem odpovídá pouze 18% hmotnostní vlhkosti dřeva, což je hodnota v dostupné literatuře dosud neuváděná!

Požadavky dřevokazných hub na vlhkost a teplotu jsou uvedeny v tabulce 01 (Reinprecht 1994).

Dřevo také výrazně znehodnocuje dřevokazný hmyz, zejména čeledě červotočovití (*Anobiidae*) a tesaříkovití (*Cerambycidae*). Všichni brouci jsou zvyklí na suché prostředí a živí se celulórou dřeva. Často napadají dřevo poškozené houbami, které je pro ně snadněji stravitelné. Na počátku životního cyklu jsou vajíčka, ze kterých se vylíhnou larvy požírající dřevo. Jejich život trvá různou dobu, podle druhu hmyzu. Po ukončení larválního stadia se larvy zakuklí. Před kuklením se larva přiblíží k povrchu

TABULKA 01 – Optimální teplotní a vlhkostní podmínky a pH pro růst některých dřevokazných hub

Druh houby	Životní podmínky ve dřevě		
	vlhkost % *	teplota °C **	pH
dřevomorka domácí	30 – 40 (18-20)	18 – 22 (3 - 26)	5-7
koniofora sklepní	46 – 90	23 (3 – 35)	5,7 – 6,3
pómatka Vaillantova	35 – 50	27 (3 – 37)	7
trámovka plotní	50 – 60	35 (5 – 44)	3,8 – 6
houževnatec šupinatý	30	27 (8 – 37)	6
outkova pestrá	30	29 (5 – 38)	6

\* v závorce hodnoty minimální vlhkosti

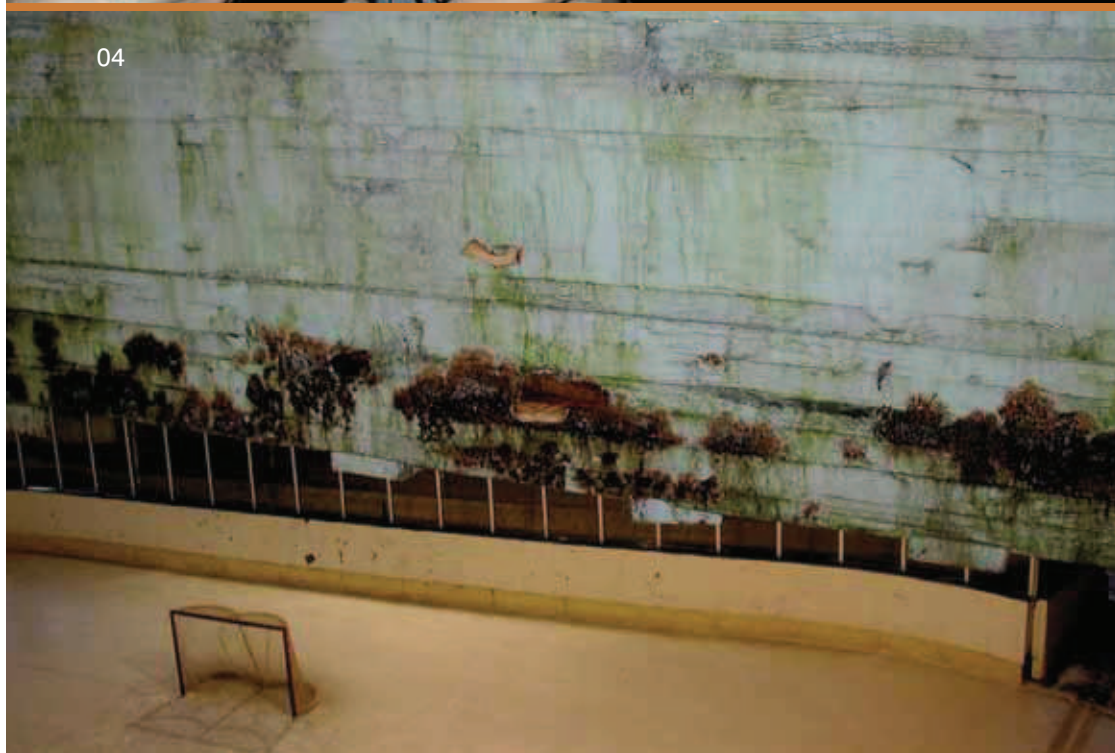
\*\* v závorce minimální a maximální teploty, při kterých dochází k růstu



02



03



04



05

- 03 | měření vlhkosti napadeného dřeva
- 04 | koexistence řas a dřevomorky na střešních vaznicích zimního stadionu
- 05 | dtto 02 – detail

dřeva a zachová jen tenkou neprokousanou blanku. Zde si vytvoří místo pro kuklení oddělením chodbičky od ostatních částí zátkou z pilin. Vylíhlý brouk potom vykusuje výletový otvor v tenké blance dřeva. Tesaříci se rozvíjejí při vlhkosti dřeva 9 až 65 % (optimum 20 až 35 %) a při teplotě 12 až 38 °C (optimum 29 °C). Červotočům vyhovuje vyšší vlhkost a pouze občasné či téměř žádné vytápění. Optimální teplota pro všechny červotoče je mezi 20 až 27 °C, ale pro zakuklení je nutný pokles. Optimální teplota pro *Dendrobium striatum* je 22 °C, optimální vlhkost dřeva 30 %.

Pro stanovení rizika při zabudování dřevěných prvků ve skladbách střech nad vytápěnými prostory, byly pro srovnání zvoleny dvě modelové lehké stavby střechy s nosným dřevěným prvkem (Zdeněk 2005). V první skladbě byla zvolena tepelná izolace mezi krokvemi s pojistnou hydroizolací a parotěsnou vrstvou z fólie lehkého typu /obr. 01/. Ve druhém případě byla tepelná izolace nad krokvemi a s parotěsnou

vrstvou a pojistnou hydroizolací z asfaltových pásů /obr. 02/. Jako varianta byl modelován netěsný spoj ve vzduchotěsné a parotěsné vrstvě. Průměrná venkovní teplota vzduchu byla ve výpočtu uvažována - 2,7 °C relativní vlhkost vzduchu 84,9 %. V interiéru byla uvažována teplota vzduchu obytné místnosti cca 21 °C a relativní vlhkost vzduchu 50 %. Výsledky převodu hodnot vypočtených relativních vlhkostí a teplot vzduchu v modelových konstrukcích střešních skladeb na hmotnostní vlhkost dřeva jsou uvedeny v tabulce 02.

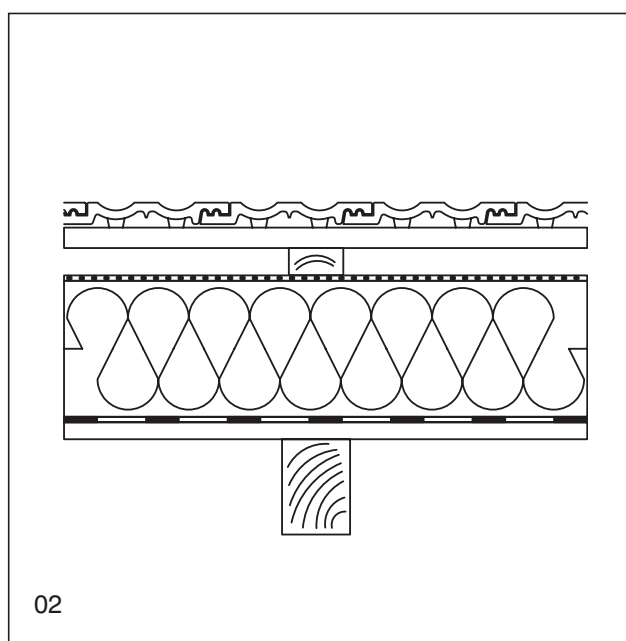
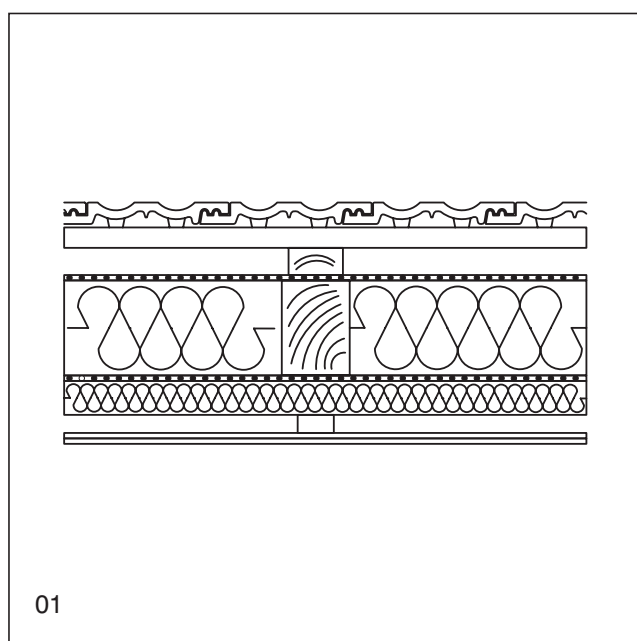
Z porovnání tabulky 01 a 02 a hodnot uvedených pro výskyt dřevokazného hmyzu okamžitě vyplývá, že RV ve variantě 3 neumožňuje ani dlouhodobě růst dřevokazných hub a je silně nepříznivá i pro výskyt dřevokazného hmyzu. Protože se vypočtená hmotnostní vlhkost pohybuje nad hranicí 9 %, varianta připouští výskyt tesaříka krovového, ovšem spíše přežívání zavlečených larev než masivní výskyt dospělců. To také souhlasí s výsledky

nahodilých průzkumů provedených v tomto směru.

Pozoruhodná je v tomto směru i varianta 1. Hraniční relativní vlhkost zde dosahuje 77 % a nachází se velmi blízko RV 78 % hmot. udávanou v nejnovější literatuře jako hraniční pro růst plísní (Nielsen et al 2003). Velmi nízká teplota pohybující se okolo 0 °C není pro růst plísní nepřekročitelnou překážkou. Je však zcela nevhodná pro růst dřevokazných hub a hmyzu. Z literatury i z praktických nálezů jsou známy psychrofilní formy plísní, které rostou (i když pomalu) i při záporných teplotách blízkých nule (Fassatiová 1979). Jsou to především zástupci rodů *Cladosporium* a *Alternaria*, kteří ale vyžadují daleko vyšší hladinu vlhkosti dřeva, než při které rostou rody *Aspergillus*, *Eurotium* a *Penicillium*. Růst plísní v této variantě proto zatím nehrozí, i když adaptace vlhkomilného rodu *Stachybotrys* na nižší hmotnostní vlhkost dřeva, kterou uvádí Nielsen et al 2003, je do jisté míry překvapující zjištění (viz tabulka 03).

TABULKA 02 – Maximální relativní vlhkost, teplota a odpovídající hmotnostní vlhkost dřeva ve vypočtených variantách skladeb střech

Varianta	RV %	Vlhkost (% hmot)	Teplota °C
1) Skladba s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi /obr. 01/, ideální stav	70 – 77	14 – 17	-2,2 až 0 °C
2) Skladba s tepelnou izolací mezi a pod krokvemi /obr. 01/, průběžná spára	91 – 99	24 – 31	8,8 až 11 °C
3) Skladba s tepelnou izolací nad krokvemi /obr. 02/	55 – 62	10,5 – 11,5	17,7 až 20 °C



TABULKA 03 – Souhrn dosavadních názorů na kolonizaci stavebních substrátů, včetně dřeva plísněmi v závislosti na úrovni součinitele hygroskopické rovnováhy ( $a_w$ ) (Wasserbauer 2000)

$a_w$ na stavebních substrátech	teplota prostředí	
	12 °C	25 °C
< 0,80	Aspergillus repens	Aspergillus versicolor
	Penicillium brevicompactum	Penicillium brevicompactum
0,80 – 0,90	Cladosporium sphaerospermum	Alternaria alternata
	Aureobasidium pullulans	Cladosporium cladosporioides
> 0,90	Fusarium moniliforme	Cladosporium herbarum
	Stachybotrys atra	Stachybotrys atra

TABULKA 04 – Vliv přítomnosti mikroskopických dřevokazných hub na úroveň pH konstrukčního dřeva

popis vzorku	dřevokazná houba	pH
náročná vaznice vz.č. 1	trámovka	4,5
náročná vaznice vz.č. 2	outkovka	5,-
náročná vaznice vz.č. 3	outkovka	5,-
náročná vaznice vz.č. 4	outkovka	5,-
vazný trám vz.č.5	nosatec	5,5
vazný trám vz.č 6	bez napadení	6,5
vazný trám vz.č 7	outkovka	5
vazný trám vz.č 8	červotoč	5,5
vazný trám vz.č 9	dřevomorka	6
vazný trám vz.č 10	bez napadení	6,5

TABULKA 05 – Některé přípravky k preventivní povrchové ochraně dřeva proti biotickým škůdcům.

Název přípravku	Doporučená koncentrace *	Minimální dávka přípravku g/m <sup>2</sup>	Způsob aplikace **	Výrobce dodavatel
Deksan Profi	5 - 10	20 – 50	nátěr, postřik 2x, ochrana máčením	Dektrade a.s.
Pragogor	10 - 12	25 – 30	nátěr, postřik 2x	Pragochema s.p.
Pragokor, Boronit Q	10 - 15	20 – 25	nátěr, postřik 2x, ochrana máčením	Pragochema s.p.
Bochemit QB	10 – 20	20 – 50	nátěr, postřik 2x	Bochemie s r.o.
Bochemit Basic	10 - 20	30	nátěr, postřik 2x	Bochemie s r.o.
Katrit BAQ	5 - 10	30	nátěr, postřik 2x	Katres s r.o.
Katrit Beta	10 - 20	30	ochrana máčením	Katres s r.o.
Lignofix E Profi	5 - 10	20	nátěr, postřik 2x	Qualichem Mělník
Lignofix Super	10 - 20	90	nátěr, postřik 2x	Qualichem Mělník
Konzeol B pasta	10	25	nátěr, postřik 2x	Konzea s.r.o.

\* doporučená koncentrace vodného roztoku (%)

\*\* minimální nátěr 2x, doporučuje se 3x i více.

Jako jednoznačně nejhorší vychází varianta 2. Hmotnostní vlhkost dřeva je dostačující pro růst prakticky všech dřevokazných hub, dřevokazný hmyz nevyjímaje. Nižší teploty znamenají pouze zpomalení růstu, nikoliv úplné zastavení (viz tabulka 02). Pokud je dřevo bohatě nasyceno vodou (kondenzát) je možné očekávat následující „scénář“ nástupu biotických činitelů na dřevěné prvky.

Atak velmi vlhkého dřeva (např. při zatékání deště) zahajují specifické bakterie (Bacillus asterosporus, Mycobacterium, Actinomyces spp.). Tyto bakterie v první fázi růstu výrazně omezují růst dřevokazných hub zejména dřevomorky (Serpula lacrymans), trámovky (Gloeophyllum sepiarium), pohnatky (Fibroporia Vaillantii), koniofory (Coniophora puteana) čechratky (Paxillus panuoides) a některých dřevozbarvujících plísní. Mimo to rozkládají i některé biocidy určené pro ochranu dřeva (např. kvarterní amoniové sloučeniny).

Další skupinou, která nastupuje paralelně či za bakteriemi, jsou dřevozbarvující plísně, které jsou schopny proniknout do dřeva až do hloubky 10 mm. (Aspergillus fumigatus, Fusarium solani). Teprve jako třetí vstupují na dřevo saprofytické houby, které vyžadují nejen odumřelé dřevo, ale především do něj vstupují sekundárně a dostávají se do styku s odumřelými nebo parazitickými druhy hub nebo skupinou plísní, které ze dřeva postupně vytlačují nebo jim konkurují.

Lze tedy říci, že při této variantě u staršího objektu s původním krovem a s nefunkční biocidní ochranou (což je v praxi častý případ), je možné dříve nebo později očekávat vznik biotického napadení velkého rozsahu. Protože dřevo vyrovnává výkyvy vlhkosti velmi rychle, proběhne „nastavení“ příznivé hmotnostní vlhkosti dřeva pro růst v závislosti na výši RV a tloušťce dřeva v průběhu několika hodin až dnů. Další atak biotickými vlivy se rozvíjí v závislosti na primárním osídlení dřeva ještě před realizací půdní vestavby. Jestliže se na dřevu původního krovu nachází trámovka nebo čechratka (tyto

houby a zvláště trámovka jsou po dlouhou dobu na dřevu obtížně viditelné), potom lze v průběhu času očekávat nástup dřevomorky, případně i v kombinaci s outkovkou (*Trametes serialis*). Pokud se na starším krovu nenachází žádný biotický činitel, potom lze v průběhu času očekávat vývoj biotických činitelů, který začíná v závislosti na přítomnosti kondenzátu sukcesí za spoluúčasti bakterií a plísní (viz vpředu) nebo přímo nástupem dřevokazných hub.

Velmi pozoruhodné a ve svých důsledcích zcela nové výsledky jsme získali při opakovaných (statistických) odběrech, při kterých jsme odebírali vzorky dřeva z různých stavebních objektů, které nebyly zdánlivě napadeny dřevokaznými houbami a hmyzem. Jako příklad uvádíme výsledky rozborů povrchu nárožních vaznic a souvisejících vazných trámů stavebního objektu z roku 1850 /tabulka 04/. I když na povrchu konstrukčních prvků nebyly vizuálně zaznamenány žádné stopy napadení a rovněž pokleповá metoda nesignalizovala přítomnost dřevokazných škůdců, na epifluorescenčním mikroskopu byly ve všech vzorcích nalezeny stopy (ojedinělé hyfy) outkovky, trámovky v jednom případě i ojedinělé hyfy pravděpodobně neaktivní dřevomorky. V jednom vzorku byly nalezeny i drobné požerky pilouse (čeleď nosatcovití) a červotoče. Hmotnostní vlhkost měřená elektrickým vlhkoměrem kolísala v době odběru v rozmezí 12,4 % až 14,6 %, ovšem pH vodného výluhu se pohybovalo v širokém rozmezí 4,5 až 6 a velmi dobře kopírovalo ojedinělý a mikroskopický výskyt hyf dřevokazných hub (viz tab. č. 4). Nasákavost mikroskopicky osídlených vzorků byla cca 150 % a nasákavost nenapadených vzorků 110 %. Uvedené nálezy tak potvrzují naše představy a kolonizaci starých půdních vestaveb biotickými činiteli, kteří se mohou při realizaci varianty 3 rychle rozvíjet.

*Pozn.: Dosavadní výsledky zároveň naznačují, že v budoucnu bude pravděpodobně nutné přikročit k zcela jiným způsobům hodnocení degradace dřevěných konstrukcí než dosud. Hodnocení by mělo být založeno na poslouposti analýz: benzen – etanolový extrakt → holocelulóza → α. celulóza. Metodika stanovení α. celulózy v napadeném dřevě indikuje kolik celulózy je ve sledovaném dřevě nezpolymerizováno a nakolik a z kolika procent je tedy studovaný prvek degradován (Reinprecht 1994).*

Prozatím je zřejmé, že pro konstrukce krovů je nezbytná chemická ochrana biocidy zejména fungicidy (povinnost aplikovat na krovu chemické přípravky je dána Nařízením vlády 163/2002 Sb. z 24.4.2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky). Vlhkost syrového dřeva se pohybuje v rozmezí 40 až 80 %. V průběhu přirozeného sušení poklesne vlhkost na 15 až 20 % hmotnostních, což je vlhkost, se kterou se na stavbách při aplikaci biocidů nejčastěji setkáváme. Při vyšších vlhkostech nad bod nasycení vláken, který je u našich dřevin cca 30 %, je již ochrana problematická. Zabudované dřevo na stavbách se chrání při rekonstrukcích nátěrem a postřikem, k ochraně mírně narušeného dřeva lze použít také injektáž nebo bandážování. Chemická ochrana dřeva se má realizovat při teplotách kolem 20 °C. Při nižších teplotách,

zejména pod 10 °C se snižuje penetrace ochranného přípravku do dřeva. Ochrana proti hmyzu se má provádět v době výletů dospělých jedinců, tedy od května do září.

Aby byla biocidní ochrana účinná, je před realizací nutné:

- Vyčistit povrch střešní konstrukce od rozvlákněného dřeva, prachu a dalších nečistot. To se týká především zhlaví, krokví, pozednic apod.
- Neutralizovat povrch dřeva, pokud je dřevo kyselé, nátěrem nebo postřikem 10 % vodným roztokem boraxu ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) nebo 10 % vodným roztokem sody ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ).
- K ochraně dřeva použít některý z přípravků uvedených např. v tabulce 05.

Doporučuje se dodržet minimální příjmy uvedené v tabulce. Dále se doporučuje alespoň 1x ročně provádět kontrolu těsnosti a celistvosti střešního pláště, nejlépe v deštivém období, a v případě závad ihned provést opravy, protože vlhkost dřevěných konstrukcí nesmí ani krátkodobě převýšit 20 % hmot., kritickou hodnotu pro napadení dřeva dřevokaznými houbami.

Ochrana krovů postřikem biocidy se provádí u rozměrných a špatně přístupných konstrukcích. Právě zde dochází nejčastěji k vědomým, či nevědomým chybám. Protože řada přípravků je barevná (nejčastěji zelený nebo hnědý odstín) převládá



názor, že pro krov nastříkaný do lehce zelené barvy již postačuje pro účinnou ochranu proti biotickým škůdcům. Příмым důsledkem je podrůstání a záhy i přerůstání takto provedené ochrany dřevokaznými houbami. Jako příklad podceňování minimálních příjmů biocidů na ochranu dřeva a ovšem také velká adaptabilita dřevokazných hub, je v současnosti zjištěná rezistence dřevomorky proti naftenátu mědnatému, citrátu mědnatému a dalším mědnatým solím (Green and Clausen 2005).

Účinnost preventivní či represivní ochrany proti škůdcům povrchovými metodami narušují výsušné trhliny, které se tvoří ponejvíce při použití vlhkého dřeva v místnostech vytápěných ústředním topením. Účinnost chemické ochrany také klesá u vodorozpustných přípravků použitých do prostředí, kde může docházet ke kondenzaci (přípravky na bázi kyseliny borité, tetraboritanu sodného a polyboritanů). Rovněž dřevo zcela nezbavené kůry je snadněji atakováno dřevokazným

hmyzem. Povrchové narušení dřeva kůrovcem usnadňuje jeho další narušení až destrukci tesaříkem, či červotočem. Je známo, že organické biocidy samy pozvolna stárnou a to oxidací vzdušným kyslíkem, zvláště při vyšší teplotě. Interakcí s dalšími nevhodně volenými sloučeninami (nátěry), jsou některé fungicidy, např. kvarterní amoniové sloučeniny, při vysoké vlhkosti dřeva a za přítomnosti kondenzátu rozkládány bakteriemi.

<Richard Wasserbauer>

#### LITERATURA:

- /1/ Fassatiová O., 1979: Plísňe a vláknité houby v technické mikrobiologii, SNTL Praha 1979.
- /2/ Green F., Clausen C.A., 2005. Cooper tolerance of brown-rot fungi: Oxalic acid production in southern pine treated with arsenic-free preservatives. International Biodeterioration & Biodegradation 56, pp. 75 – 79, 2005.
- /3/ Nielsen K.F., Holm G., Uttrup L.P., Nielsen P.A., 2004. Mould

growth on building materials under low water activities, Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. International Biodeterioration & Biodegradation 54, pp. 325 – 336, 2004.

- /4/ Reinprecht L., 1994. Ochrana dřeva a kompozitov. Vydavatel TU vo Zvolene, Dřevařská fakulta 1994.
- /5/ Wasserbauer R., 2000. Biologické znehodnocení staveb, Nakladatelství ARCH, 2000.
- /6/ Zdeněk L., 2005. Rizika zabudování dřevěných prvků ve skladbách střech nad vytápěnými prostory. Sborník přednášek Kongres Kutnar, Poruchy staveb 2005, str. 47 – 54, 2005

Příspěvek byl zpracován za podpory GAČR 103/06/1801 Analýza spolehlivosti vlastností stavebních materiálů a konstrukcí s přihlédnutím k jejich změnám v čase a časově proměnným vlivům.

