



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

LIKVIDACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ PROSTŘEDNICTVÍM EMW ZÁŘENÍ

DISPOSAL OF BIOTIC PESTS EMW BY RADIATION

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. JINDŘICH SOBOTKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL ŠUHAJDA, Ph.D.

BRNO 2015

Klíčová slova

Mikrovlnné vysoušení, mikrovlny, elektromagnetické vlnění, vlnová délka, vlhkost, trychtýřový, postup vlhkosti, zdivo, likvidace plísní, ohřev, frekvence, salinita zdiva, solné výkvěty, Vysoušení, mikrovlnné vysoušení, odpařování, biotičtí škůdci, likvidace, elektromagnetické záření.

Key words

Microwave drying, microwaves, electromagnetic waves, wavelength, moisture, funnel, moisture propagation, masonry, disposal of mold, heating, frequency, salinity of masonry, efflorescence, Drying, microwave drying, evaporation, biotic pests, liquidation, electromagnetic radiation.

Disertační práce je k dispozici:

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
Ústav pozemního stavitelství
Veveří 95, 602 00 Brno

OBSAH

1.	ÚVOD	4
2.	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	5
3.	PRINCIP PŮSOBENÍ MIKROVLNNÉ ENERGIE NA MOLEKULY VODY VE STAVEBNÍCH MATERIÁLECH	9
4.	VYUŽITÍ MIKROVLNNÉ TECHNOLOGIE PŘI SANACI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ	10
5.	VYMEZENÍ A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	11
6.	OHŘEV A VYSOUŠENÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ MIKROVLNNOU ENERGIÍ	12
7.	STERILIZACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ STAVEB	22
8.	VYSOUŠENÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A LIKVIDACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ V TERÉNNÍCH PODMÍNKÁCH	25
9.	ZÁVĚR	31
	9.1. SHRNUÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ	31
	9.2. SHRNUÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ „IN SITU“	31
	9.3. SHRNUÍ POZNATKŮ	31
	9.4. ZAMĚŘENÍ DALŠÍ EXPERIMENTÁLNÍ ČINNOSTI	31
	9.5. VYHODNOCENÍ SPLNĚNÍ CÍLŮ	32
10.	POUŽITÁ LITERATURA	32
11.	ABSTRACT	33
12.	CURRICULUM VITAE	33

1. ÚVOD

Teoretická možnost sanace stavebních materiálů s využitím mikrovlnného záření je známa již řadu let. Ve stavební praxi je již tato technika využívána řadou realizačních firem. Ovšem získat dostatečně přesné informace o vhodných přístrojích, postupu jejich použití, technologii zásahu, kladech a záporech či možných rizicích při použití mikrovlnného záření, je velmi obtížné, protože poznatky získané praxí si jednotlivé realizační firmy chrání pro své potřeby. Lze to chápat, je to součást jejich „know-how“. V rámci výzkumu, který dlouhodobě provádí stavební fakulta VUT v Brně v úzké spolupráci s firmou S. P. UNI, se však snaží, aby bylo zpřístupněno dostatek informací o možnostech a vhodnosti využití mikrovlnné technologie v praxi, získaných na základě rozsáhlých laboratorních i terénních experimentů (mikrovlnné vysoušení lze provádět, jak u cihelného materiálu, tak i u dřevěných konstrukcí).

Velmi často se ve stavební praxi setkáváme se skutečností, že při rekonstrukci objektu, případně budování půdních vestaveb, je při stavebně technických průzkumech zjištěno napadení nejen dřevěných, ale i různých jiných konstrukčních prvků biotickými činiteli. Jedná se o plísně, dřevokazné houby a dřevokazný hmyz.

Pro vysušování zdiva a likvidaci všech dřevokazných škůdců je vysoce účinná mikrovlnná technologie. Mezi nejběžnější dřevokazné škůdce řadíme:

- dřevokazný hmyz (tesařík krovový),
- dřevokazné houby (dřevomorka domácí).

Dlouhodobý výzkum na VUT FAST byl zaměřen na ověření možností využití mikrovlnného záření ve stavební praxi.

Původním záměrem bylo rozdělení experimentální činnosti na dva okruhy:

- likvidace biotických škůdců,
- ohřev a vysoušení stavebních materiálů napadených a ohrožených biotickými škůdci.

V první fázi této práce jsou popsány základní teoretické poznatky o vlhkostním režimu stavebních látek a současný stav problematiky vysoušení stavebních látek a konstrukcí.

Ve druhé části jsou uvedeny výsledky provedených experimentů v laboratorních podmínkách a experimentů „in situ“. Experimenty jsou provedeny za účelem eliminace vlhkostí ve stavebních materiálech a likvidace biotických škůdců mikrovlnnou technologií. V kapitole č. 9 jsou v disertační práci u tab. 28, 31, 32 a 35 matematicky vypočítány statistické údaje a veličiny. [4] [5] [11].

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole jsou popsány rozdělení, druhy vlhkostí. Jak je popsáno dále v této práci, důležitým činitelem, který rozhoduje o vhodnosti stavebních látek a konstrukcí používaných ve stavebnictví je **vlhkost**. Z mechanických vlastností má vliv zejména na pevnost, mrazuvzdornost, zpracování a životnost stavebních látek. Jedno z nejdůležitějších vlastností a to fyzikálních, či tepelně-technických, které mají veliký vliv na životní prostředí. Vlhká stavební látka je velmi ohrožená k rozvoji mikroskopických hub (plísní), jak je popsáno dále [6].

Pro kvalifikaci poruch je nutno definovat jednotlivé druhy vlhkosti, které jsou předmětem jednotlivých průzkumů [1] [2].

Pohyb vlhkosti ve stavebních látkách

Pohyb vody, či vlhkosti ve stavebních materiálech je zprostředkován různými fyzikálními ději. Zejména se jedná o:

- kapilární vztlínavost,
- kondenzace vodní páry a kondenzace kapilární,
- sorpcí,
- difúzi vodní páry,
- jiný transport vody patřičnými mechanismy.

Ale všechny tyto děje jsou také ovlivňovány tlakem, který vzniká zvětšováním objemu vody v důsledku jejího ohřevu. V případě některých metod vysoušení [2].

Difúze vodní páry

K difúzi vodní páry dochází v důsledku rozdílu částečných (parciálních) tlaků vodní páry v konstrukcích, zeminách a ve vzduchu mezi vnějším exteriérovým prostředím a interiérem budovy.

Vodní páry obsažené ve vzduchu mají podobnou schopnost procházet stavebními materiály jako tepelný tok. Jestliže k objasnění toku tepla je potřebný gradient teploty, k toku vodních par je nevyhnutelný gradient částečných tlaků vodních par. Jev, při kterém mezi dvěma prostředím s různými parciálními tlaky vodních par oddělenými pórovitou látkou dojde k transportu vlhkosti, nazýváme difúzí. Difundující vodní páry se pohybují z míst s vyšším parciálním tlakem do míst, kde je parciální tlak vodních par nižší.

Ve stavebních látkách (materiálech) se vyskytují vazby vody jako mikrokapiláry a makrokapiláry.

V makrokapilárách, které mají rozměr $d \gg 10^{-7}$ m, nenastává kapilární kondenzace. Vodní páry se pohybují podle zákona difúze (samovolné pronikání z oblasti vyšší koncentrace do oblasti koncentrace nižší), neboť volná dráha jejich molekul je menší jak průměr pórů.

V mikrokapilárách s rozměry $d \ll 10^{-7}$ m nastává kapilární kondenzace. Podle zákona efuze (pohyb plynu malými otvory – vypouštění plynů pod určitým tlakem kapilárou) je střední volná dráha molekul vodní páry stejná nebo větší, než je průměr pórů látky.

Procento hodnocení vlhkostního stavu ve stavebních konstrukcích se pracuje s difúzními konstantami. V ČR se používají dva parametry [1] [2] [5][6]:

- součinitel difúze vodní páry δ_p , vyjadřuje schopnost materiálu propouštět vodní páru difúzí;
- faktor difúzního odporu μ , vyjadřuje relativní schopnost materiálu propouštět vodní páru difúzí.

Difundující vodní páry mohou být u rovinných konstrukcí charakterizovány Stefanovým zákonem podle Krischera za předpokladu, že se teploty pohybují pod 30°C.

$$Q_{md} = \frac{D}{\mu \cdot r_p \cdot T} \cdot \frac{S}{d} \cdot (p_{p1} - p_{p2}) \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (2.1)$$

kde:	Q_{md}	je difúzní tok vodní páry, v $[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$,
	D	součinitel difúze vodní páry ve vzduchu, $[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$,
	μ	faktor difúzního odporu,
	r_p	plynová konstanta vodní páry, v $[461,9$ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$,
	T	střední teplota vrstvy, v $[\text{K}]$,
	S	plocha stěny, v $[\text{m}^2]$,
	d	hloubka, v $[\text{m}]$,
	p_{p1}	částečný tlak vodní páry na vnitřním povrchu, v $[\text{Pa}]$,
	p_{p2}	částečný tlak vodní páry na vnějším povrchu, v $[\text{Pa}]$.

[6]

Relativní vlhkost vzduchu

Atmosférický vzduch je směsí suchého vzduchu a vodních par, případně vody (mlha, kondenzace vodní páry ve vzduchu). Obsah vlhkosti lze vyjádřit jako absolutní vlhkost vzduchu, parciální tlak vodních par ve vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a měrnou vlhkost vzduchu. S vlhkostí vzduchu také úzce souvisí teplota rosného bodu a teplota tzv. „mokrého teploměru“. [2].

Vlhkost ve stavebních materiálech

V praxi se stavební materiály v suchém stavu téměř nevyskytují. Vlhkost charakterizuje přítomnost chemicky nevázané látky v materiálu a to ve skupenství plynném, kapalném nebo tuhém.

Koncentraci vlhkosti ve stavebních konstrukcích lze stanovit:

- podle hmotnosti w_m [%]
- podle objemu w_v [%]

$$w_m = \frac{m_w - m_d}{m} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.2)$$

$$w_v = \frac{V_v}{V_d} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.3)$$

kde

w_m	je hmotnostní vlhkost, v [%],
m_w	hmotnost, v [kg],
m_d	hmotnost suché látky, v [kg],
w_v	objemová vlhkost, v [%],
V_v	objem vlhkosti v látce, v [m ³],
V_d	objem suché látky, v [m ³].

Ve stavební praxi se objemová vlhkost stanoví výpočtem ze vztahu:

$$wV = \frac{w_m \cdot \rho_d}{1000} \quad [\%] \quad (2.4)$$

kde

wV	je objemová vlhkost, v [%],
w_m	hmotnostní vlhkost, v [%],
ρ_d	objemová vlhkost suché látky, v [kg·m ⁻³].

Při užívání stavebního díla musí být respektována skutečnost, že vlhkost v konstrukcích dosahuje proměnlivých hodnot. Vlivem mokrých technologických procesů, uplatněných při výstavbě a expozici přírodně otevřeném prostředí, má stavba tzv. výrobní vlhkost.

Stavební materiály, podobně jako jiné látky, mají schopnost přijímat ze vzduchu vlhkost. Tento jev nazýváme sorpcí. Vlhkost přijatá působením vlhkého vzduchu se nazývá sorpční vlhkostí.

Pokud bude vlhkost ve vzduchu klesat a částečný tlak vodní páry v látce je vyšší, nastane opačný jev – uvolňování vlhkosti – nazývaný desorpce. Desorpční křivka má vždy vyšší hodnoty. Rozdíl mezi oběma průběhy se nazývá hystereze sorpce [1] [2] [6].

Kondenzace

Kondenzace znamená vysrážení vodní páry na vodu na povrchu nebo uvnitř patřičného tělesa.

Vzduch může pojmout vždy jen určité množství páry. Vystoupá-li částečný tlak vodní páry určité maximální hodnoty P_p'' , je vzduch vodní parou nasycen, tzn. „dosáhl teploty rosného bodu“. Přivádí-li se do nasyceného vzduchu další vodní pára, dochází ke kondenzaci, tzn. vysrážení vodní páry ve vodu, což se projevováno jako mlha, kapičky vody (rosa), jinovatka apod. Ve všech případech jde o tzv. povrchovou kondenzaci vodních par.

Teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %) se nazývá „rosný bod“. Avšak toto platí při ustáleném tlaku.

$$\varphi = \frac{P_p}{P_p''} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.5)$$

kde: φ je relativní vlhkost vzduchu, v [%],
 P_p částečný tlak vodní páry, v [Pa],
 P_p'' částečný tlak nasycené vodní páry, v [Pa].

Obsah vody ve vzduchu vyjadřujeme buď relativní vlhkostí (%), nebo absolutní vlhkostí ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

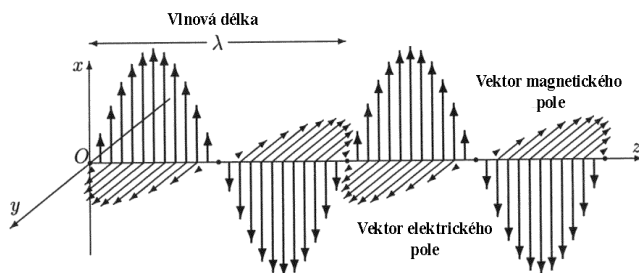
3. PRINCIP PŮSOBNÍ MIKROVLNNÉ ENERGIE NA MOLEKULY VODY VE STAVEBNÍCH MATERIÁLECH

Molekuly vody jsou elektricky neutrální, přičemž mají bipolární charakter. V elektrickém poli se proto orientují podle polarit (kladná část k zápornému pólu a záporná část ke kladnému pólu), pokud se polarita střídá. A to je případ právě mikrovlnného záření. Polarita elektromagnetického pole se mění v závislosti na frekvenci F i více než 10^9 krát za sekundu.

Voda je vysoce polární látka, která velmi dobře absorbuje mikrovlnnou energii. Dochází k přeměně elektromagnetické energie na energii tepelnou a tím i k ohřevu molekul vody.

Obecné poznatky o mikrovlnné technologii ohřevu

Mikrovlnami je nazývána část elektromagnetického záření o frekvenci od 300 MHz do 300 GHz, což odpovídá vlnovým délkám od 1 m do 1mm. Pro průmyslové účely je globálně určena frekvence 2,45 GHz s odpovídající vlnovou délkou 12,2 cm, kterou využíváme i v našich aplikacích.



Obr. 1: Schéma elektromagnetické vlny délky λ – elektrická (x) a magnetická složka (y) vlnění

Mechanismus přeměny mikrovlnné energie na teplo je dán vztahem:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \epsilon' \cdot \epsilon'' \cdot E^2 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-1}], \quad (3.1)$$

kde: P energie absorbovaná v jednotce objemu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1}]$,

f frekvence mikrovlnného pole $[2450 \text{ MHz}]$,

ϵ' permitivita $[\text{F} \cdot \text{m}^{-1}]$,

ϵ'' dielektrický ztrátový faktor materiálu,

E intenzita el. pole uvnitř materiálu $[\text{V} \cdot \text{m}^{-1}]$.

Z hlediska látky (stavebního materiálu) a jeho interakce s mikrovlnami existují tři možnosti prostupů:

- a) transparentní /např. sklo – vlny materiálem projdou bez reakce,
- b) absorpční /např. voda – energie vln je přeměněna na teplo,
- c) odrážející /např. kovy – vlny jsou odraženy zpět do prostředí. [4]

4. VYUŽITÍ MIKROVLNNÉ TECHNOLOGIE PŘI SANACI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Průběh vysoušení

Celý průběh vysoušení lze rozdělit na čtyři zásadní části:

- vlastní ohřev molekul vody, spojený se sekundárním ohřevem konstrukce,
- odpařování nejdříve ohřáté vody obsažené v povrchové vrstvě,
- zvětšení objemu vody v důsledku jejího ohřevu,
- „vydýchání“, v průběhu postupného chladnutí dochází k průběžnému odpařování vody, která je na povrchu materiálu. V důsledku rozdílu vlhkosti na povrchu a v hloubce, dochází k rozdílu tzv. parciálního tlaku, který zabezpečí transport vlhkosti na povrch.

Faktory ovlivňující rychlost vysoušení:

- gradient teploty,
- obsah vlhkosti v povrchové vrstvě,
- relativní vlhkost vzduchu, který je v bezprostředním kontaktu s vysoušeným materiálem,
- schopnost materiálu distribuovat vodu z vlhkého jádra k povrchu,
- tepelná vodivost vysoušeného materiálu,
- povrchová úprava vysoušeného materiálu.

Rychlost vysoušení

Na rychlost vysoušení mokré stavební konstrukce má vliv nejen souhrnná doba, po kterou jsou jednotlivá místa ozařována, ale i doba přestávek mezi nimi. Tedy doba „vydýchávání“.

V rámci experimenty byly porovnávány dva cykly, s různě dlouhými časovými intervaly pro ozařování a „vydýchání“. Přičemž celkový čas působení mikrovln na jednotku plochy a tím i energetické náklady byly v obou případech stejné (viz experiment 4).

5. VYMEZENÍ A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Možnost sterilizace stavebních materiálů napadených biotickými škůdci za pomoci mikrovlnné technologie bylo již mnohokrát prokázáno. Stále častěji se EMW (mikrovlnné) záření používá v různých typech stacionárních zařízení. Ať se jedná o vysoušení a sterilizaci dřeva, či o vysoušení předmětů, u kterých došlo k výraznému provlhčení vlivem vnějších podmínek. Vznikaly tak podmínky pro růst biotických činitelů.

Vymezení disertační práce

Využitím mikrovlnné technologie ve stavební praxi, tzn. při odstraňování závad a likvidaci nežádoucích biotických činitelů, se zabývá řada osob a společností. Většina z nich však poznatky a zkušenosti, které při své práci získali, považuje zcela pochopitelně za své „know-how“.

Motiv disertační práce

Motivem této práce bylo pomocí laboratorních experimentů a následných měření prováděných IN SITU získat dostatečné množství základních informací o možnostech využití EMW technologie a ty pak vzájemně porovnat.

Cíle disertační práce

Cílem této práce bylo získat a zdokumentovat co nejvíce přesných dat a na základě toho vymezit výhody a nevýhody použití EMW technologie. A to jednak při ohřevu a vysoušení stavebních materiálů, tak i možnosti sterilizace stavebních materiálů a konstrukcí v případech výskytu biotických škůdců.

Nejčastěji se jedná:

- vady projektu,
- závady vzniklé při realizaci stavby, či rekonstrukce,
- nevhodná volba použitých materiálů, nebo technologií,
- následky různých havárií,
- nevhodné využívání interiéru, případně celé stavby.

Veškeré experimenty i zkoušky prováděné IN SITU byly rozděleny do tří okruhů.:

- ověření možnosti likvidace biotických škůdců staveb a stavebních materiálů pomocí EMW technologie a vyhodnocení využití této metody ve stavební praxi,
- ověřit možnosti mikrovlnného hloubkového ohřevu různých druhů stavebních materiálů a konstrukcí,

- ověřit možnosti hloubkového vysoušení stavebních materiálů a konstrukcí a tím odstranit podmínky vhodné pro aktivitu biotických škůdců.

6. OHŘEV A VYSOUŠENÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ MIKROVLNNOU ENERGIÍ

Výzkum byl rozdělen do několika samostatných experimentů. Cílem bylo zjistit možnosti a účinnost použití mikrovlnné energie při ohřevu a vysoušení různých stavebních materiálů a eliminace růstu podmínek pro výskyt a likvidaci biotických škůdců staveb.

První část experimentů byl uskutečněn ve zkušebních prostorech Ústavu pozemního stavitelství VUT Brno,

Měření bylo zaměřeno především na:

- hloubku ohřevu ozařovaných vzorků při různých podmínkách,
- vliv vlhkosti ozařovaného vzorku na průnik MW záření,
- analýzu rychlosti prohřevu ozařovaného materiálu při různých délkách cyklu ohřev-chladnutí a s tím souvisejícího úbytku vlhkosti,
- rozložení vlhkostního pole v průřezu zkušebního vzorku v průběhu vysoušení.

K jednotlivým experimentům byly vybrány, jako zástupci stavebních materiálů tyto druhy:

- z pálených materiálů CPP (cihla plná pálená),
- pórobetonové tvárnice různé tloušťky,
- trámký ze smrkového hraněného řeziva.

Cílem těchto experimentů bylo ověřit:

- vliv obsažené vlhkosti ozařovaných materiálů na hloubku jejich prohřevu, průniku EMW záření,
- analýza rychlosti prohřevu, průniku EMW záření při různých intenzitách ohřevu,
- teplotní nárůsty zejména při sušení pomocí EMW záření,
- teploty chladnutí, při stejné souhrnné délce ozařování,
- porovnání hodnot dosažených teplot v různých hloubkách ozařovaného materiálu,
- zjišťování úbytku vlhkosti.

Důležité aspekty, kterými je ovlivňován průběh vysoušení stavebních materiálů:

- výchozí teplota vysoušeného vzorku,

- teplota okolního vzduchu a jeho relativní vlhkost,
- proudění vzduchu v bezprostřední blízkosti vysoušených ploch, ovlivňující rychlost odpařování povrchové vlhkosti,
- schopnost vysoušeného materiálu transportovat vlhkost z hlubších vrstev k povrchu.

Ohřev a vysoušení zdiva z CPP

Experiment č.1

Vlhký pilíř o rozměrech 600 x 300 x 290 mm vyžděný z cihel plných pálených byl 2x ozařován dvěma přístroji MB elektronik MG. Po každém ohřevu byla měřena povrchová teplota na přední a zadní straně.

Tab. 1: Teploty po prvním a druhém ohřevu

	Teplota před ohřevem	Po prvním ohřevu	Po druhém ohřevu
Přední strana	16,4°C	63,0°C	102,0°C
Zadní strana	16,4°C	17,1°C	27,6°C

Tab. 2: Naměřené vlhkostní hodnoty po ohřevech + vydýchání

Měřeno vlhkoměrem MOIST 210B	Po vyždění	Po prvním ohřevu + 120 minut vydýchání	Po druhém ohřevu + 120 minut vydýchání
Sonda 110 mm	9,3%	6,8%	4,1%

Vyhodnocení experimentu č.1

Vyžděný vzorek pilíře z plných pálených cihel (CPP-290 x 140 x 65 mm) byl ozařován dvěma přístroji MG elektronik o souhrnném vyzařovacím výkonu 1500W (2 x 750 W). Vysušování probíhalo ve dvou časových cyklech (30 a 90 minut).

Po prvním ozařování nedošlo k ohřevu masivu v celém průřezu. Změřený nárůst povrchové teploty na zadní straně byl pouhých 0,7°C a tudíž lze konstatovat, že u vyžděného pilíře nebyl prokázán dostatečný ohřev v celém průřezu.

Při postupném chladnutí bylo viditelné nejprve intenzivní odpařování a následně vysychání čelní plochy. Ke konci druhého ohřevu bylo viditelné unikání vodní páry z vysoušeného bloku.

Teprve po druhém ozařování, což je v souhrnu 120 minut byl naměřen nárůst teploty na zadní straně 11,2°C.

Podrobně je tento experiment rozepsán v bodě č. 7.1 disertační práce.

Ohřev a vysoušení pórobetonových tvárnic

Experimenty na ohřev a vysoušení pórobetonových dílců byly rozděleny do několika okruhů, ve kterých se ověřovala hloubka ohřevu v závislosti na časových intervalech ozařování. Vliv jednotlivých fází ohřevu na rozložení vlhkostního ozařovaného pole a porovnání rychlosti vysoušení při různých délkách cyklu „ohřev-chladnutí“.

Experiment č.2

Vysoušení pórobetonového bloku o rozměrech 600 x 300 x 250 mm probíhalo následovně.

Před experimentem byl zkušební vzorek dva měsíce (červenec, srpen 2013) uložen ve zkušebních prostorech VUT. Teplotně vlhkostní podmínky vnitřního prostředí byly ustálené. Teplota vzduchu 20 – 23°C, relativní vlhkost vzduchu 48 – 52%.

Hmotnost v „suchém“ stavu byla navýšena po namočení téměř o více než 11.200 g. Po jednotlivých fázích ohřevů a následném vydýchání hmotnost postupně klesala. Po konečném cyklu vysušování a vydýchávání se nechal v laboratorních podmínkách vzorek do druhého dne přirozeně vychladnout. Úbytek hmotnosti po 3 x 30 minutových ohřevů a vydýchání činil více jak 7.000 g. Průběh poklesu hmotností po jednotlivých fázích ohřevů je uveden v tab. č. 3.

Tab. 3: Úbytek hmotnosti po cyklech ohřevů

	Počáteční	Po namočení	Po ohřevu č.1	Po ohřevu č.2	Po ohřevu č.3	Po vychladnutí
Hmotnost v g	17.518,5	28.749	27.661	26.698	25.590,5	21.740
Hmotnost v %	100,00	164,10	157,90	152,40	146,08	124,10

Vyhodnocení experimentu č.2

Při experimentu byly vyhodnocovány pouze úbytky hmotnosti a hodnoty povrchové vlhkosti v jednotlivých fázích experimentu. Povrchové teploty, které byly dosaženy po jednotlivých cyklech ozařování, nebyly vyhodnocovány.

V průběhu prvního ohřevu a následného chladnutí došlo k výraznému vysušení povrchové vrstvy a tím i výraznému poklesu její vlhkosti. V dalších fázích byla ohřívána voda ve větší hloubce. Během části druhého a především třetího cyklu ohřevu byl průnik elektromagnetických vln stále hlubší. V průběhu následujících 18 hodin, kdy docházelo k chladnutí materiálu vzorku na teplotu okolního vzduchu, pokračovalo vysoušení, i když již nebyl vzorek ohříván.

Experiment č.3

V počtu 12 ks pórobetonových tvárnic o rozměrech 600 x 50 x 250 mm bylo navlhčeno a sestaveno do 3 bloků po 4 ks tvárnici. Vysoušení každého bloku probíhalo v jiných časových intervalech cyklu ohřev – chladnutí. Souhrnná doba ohřevu byla však u všech bloků stejná.

Časové intervaly ohřevu a chladnutí sestavených bloků:

Blok č. 1:

- 4 x 15 minut ohřev, přestávky mezi jednotlivými ohřevy 15 minut,

Blok č. 2

- 3 x 20 minut ohřev, přestávky mezi jednotlivými ohřevy 20 minut,

Blok č. 3

- 2 x 30 minut ohřev, přestávka mezi ohřevy 30 minut.

Kontrola hmotnosti jednotlivých prvků pórobetonových tvárnic byla provedena před vysoušením a 18 hodin po jeho ukončení.

Celý experiment byl zaměřen:

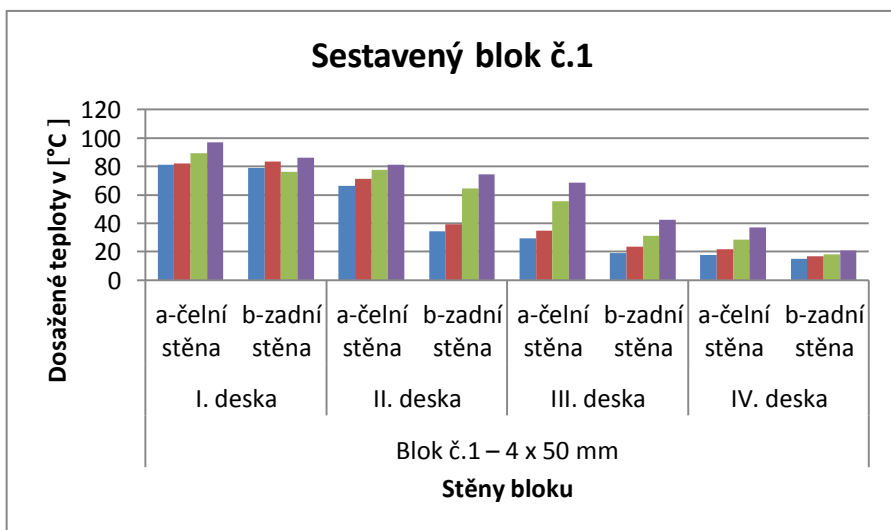
- měření teplot dosažených v různých hloubkách vlhkého bloku,
- vyhodnocení úbytku vlhkosti v jednotlivých vrstvách,
- na základě naměřených povrchových teplot desek a vyhodnocení průniku mikrovlnného záření celým ozařovaným blokem.

Blok č.1

Hodnoty uvedené v tab. č. 4 udávají ohřev pórobetonových tvárnic spojeného sestaveného bloku. Zároveň jsou uvedeny vždy hodnoty na předních a zadních stranách desek po jednotlivých fázích ohřevů. Vždy po ukončení fáze ohřevu byl vzorek rozebrán pro snadnější naměření hodnot teplot na předních a zadních stěnách. Po ukončení měření teplot jednotlivých stran desek bloku byly všechny tvárnice pevně spojeny pro následný další interval ohřevu. Jednalo se celkem o 4 intervaly ohřevu po 15-ti minutových cyklech.

Tab. 4: Povrchové teploty tvárnice po 15 min. cyklech ohřevů

Ohřev č.	Blok č.1 – 4 x 50 mm							
	I. pórobetonová deska		II. pórobetonová deska		III. pórobetonová deska		IV. pórobetonová deska	
	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna
1	81,3°C	79,1°C	66,3°C	34,2°C	29,3°C	19,0°C	17,6°C	15,1°C
2	82,3°C	83,4°C	71,5°C	39,4°C	34,7°C	23,6°C	21,7°C	16,9°C
3	89,4°C	76,1°C	77,7°C	64,6°C	55,5°C	31,0°C	28,4°C	17,9°C
4	96,9°C	86,1°C	81,2°C	74,5°C	68,7°C	42,4°C	37,0°C	21,0°C



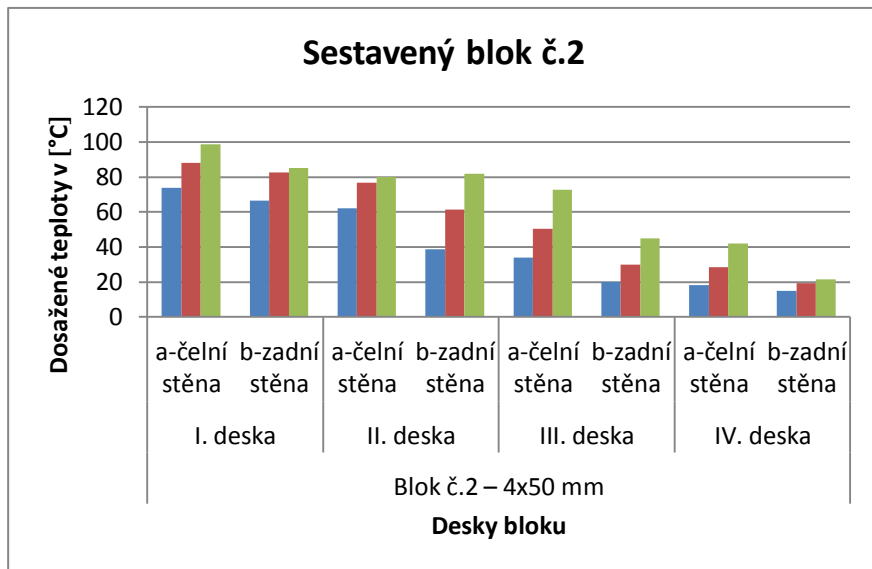
Graf 1: Pohyb teplot na čelních i zadních stranách po 15 min. cyklech ohřevů

Blok č.2

Hodnoty uvedené v tab. č. 5 udávají ohřev pórobetonových tvárnice spojeného sestaveného bloku. Zároveň jsou uvedeny vždy hodnoty na předních a zadních stranách desek po jednotlivých fázích ohřevů. Jednalo se celkem o 3 intervaly ohřevu po 20-ti minutových cyklech.

Tab. 5: Povrchové teploty tvárnice po 20 min. cyklech ohřevů

Ohřev č.	Blok č.2 – 4x50 mm							
	I. pórobetonová deska		II. pórobetonová deska		III. pórobetonová deska		IV. pórobetonová deska	
	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna
1	73,8°C	66,6°C	62,2°C	38,6°C	33,9°C	20,1°C	18,2°C	15,1°C
2	88,3°C	82,7°C	76,7°C	61,5°C	50,4°C	29,8°C	28,5°C	19,2°C
3	98,9°C	85,4°C	80,1°C	82,1°C	72,6°C	45,1°C	42,0°C	21,5°C



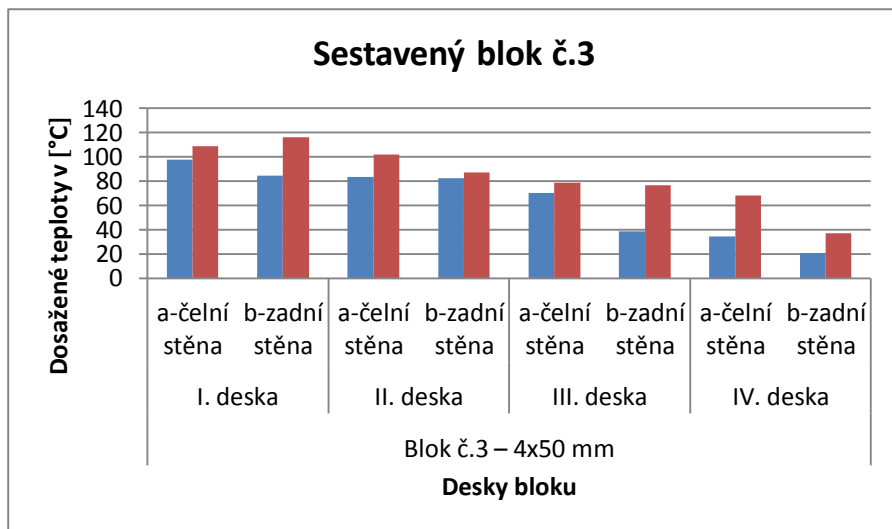
Graf 2: Pohyb teplot na čelních i zadních stranách po 20 min. cyklech ohřevů

Blok č.3

Hodnoty uvedené v tab. č. 6 udávají ohřev pórobetonových tvárnice spojeného sestaveného bloku. Zároveň jsou uvedeny vždy hodnoty na předních a zadních stranách desek po jednotlivých fázích ohřevů. Jednalo se celkem o 2 intervaly ohřevu po 30-ti minutových cyklech.

Tab. 6: Povrchové teploty tvárnice po 30 min. cyklech ohřevů

Ohřev č.	Blok č. 3 – 4x50 mm							
	I. pórobetonová deska		II. pórobetonová deska		III. pórobetonová deska		IV. pórobetonová deska	
	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna	a-čelní stěna	b- zadní stěna	a-čelní stěna	b-zadní stěna
1	98,0°C	84,3°C	83,5°C	82,6°C	70,3°C	38,4°C	34,4°C	20,8°C
2	109,0°C	116,0°C	102,0°C	87,0°C	78,7°C	76,6°C	68,3°C	36,8°C



Graf 3: Pohyb teplot na čelních i zadních stranách po 30 min. cyklech ohřevů

Vyhodnocení experimentu č.3

Cílem bylo zjistit průnik mikrovlnné energie a s tím související ohřev v průřezu vlhkého bloku při různě dlouhých cyklech ohřevu a chladnutí.

Celková doba ozařování byla ve všech případech v součtu časů stejná.

Experiment č.4

Byly použity dvě stejné tvárnice o rozměrech 600 x 150 x 250 mm.

Tvárnice č.V1

- ponořen na 60 minut do vody, 60 minut vyrovnání absorbované vody, ohřev 4 x 15 minut, mezi ohřevy přestávka 15 minut,

Tvárnice č.V2

- ponořen na 60 minut do vody, 60 minut vyrovnání absorbované vody, ohřev 2 x 30 minut, mezi ohřevy přestávka 15 minut.

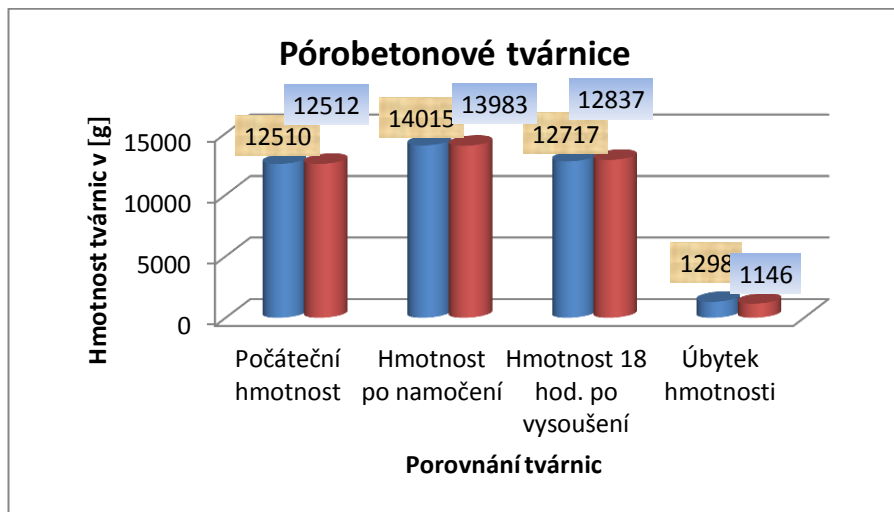
Tab. 7, 8: Teploty vzorků V1, V2 po intervalech ohřevů

Blok č.V1	Ohřev č. 1	č. 2	č. 3	č. 4
Přední strana	80,9°C	83,5°C	91,9°C	92,3°C
Zadní strana	32,1°C	50,5°C	59,4°C	71,4°C

Blok č.V2	Ohřev č. 1	Ohřev č. 2
Přední strana	83,1°C	88,8°C
Zadní strana	38,4°C	61,1°C

Tab. 9: Úbytek hmotnosti pórobetonových bloků po různých intervalech ohřevů

Blok č.	Počáteční hmotnost	Hmotnost po namočení	Hmotnost 18 hod. po vysoušení		Úbytek hmotnosti
V1	12.510,0g	14.015,0g	12.717,0g		1.298,0g
V2	12.512,0g	13.983,0g	12.837,0g		1.146,0g



Graf 3: Názorný úbytek hmotnosti tvárníc po různých intervalech ohřevu

Vyhodnocení experimentu č.4

Cílem experimentu bylo ověřit rychlost vysoušení vlhkých pórobetonových tvárníc ve dvou různých časových cyklech intervalů „ohřev-chladnutí“.

Souhrnný čas ohřevů byl u obou bloků stejný – 60 minut. V prvním případě se jednalo o rozdělení na 4x15 minut, ve druhém na 2x30 minut.

Měření povrchových teplot na přední a zadní straně, které bylo prováděno bezprostředně po ukončení každého ohřevu, prokázalo, že u vzorku V1 bylo dosaženo (za stejnou dobu aktivního ohřevu) vyšších teplot, jak u vzorku V2.

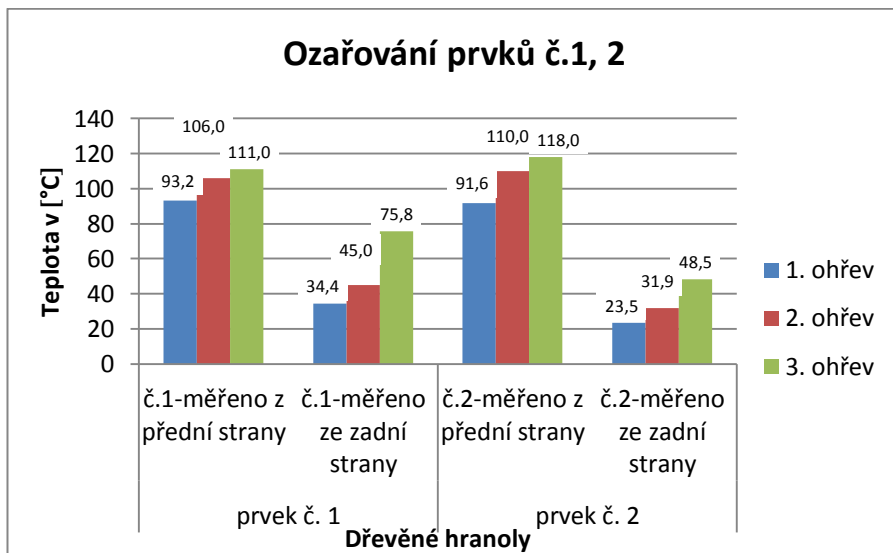
U hmotnosti byl jednoznačně zjištěn vyšší úbytek u vzorku V1. A to jak v absolutních hodnotách, tak i procentuálně.

Ohřev a vysoušení dřevěných prvků

Cílem experimentu bylo zjistit a vyhodnotit rychlost a intenzitu ohřevu a vysoušení dřevěného masivu za různých podmínek. Bylo použito smrkové řezivo různých průřezů a vlhkosti, aby byly co nejvíce simulovány podmínky ve stavební praxi. Ověření dosažených teplot na povrchu i uvnitř masivu se následně stalo podkladem pro experimenty likvidace biotických škůdců.

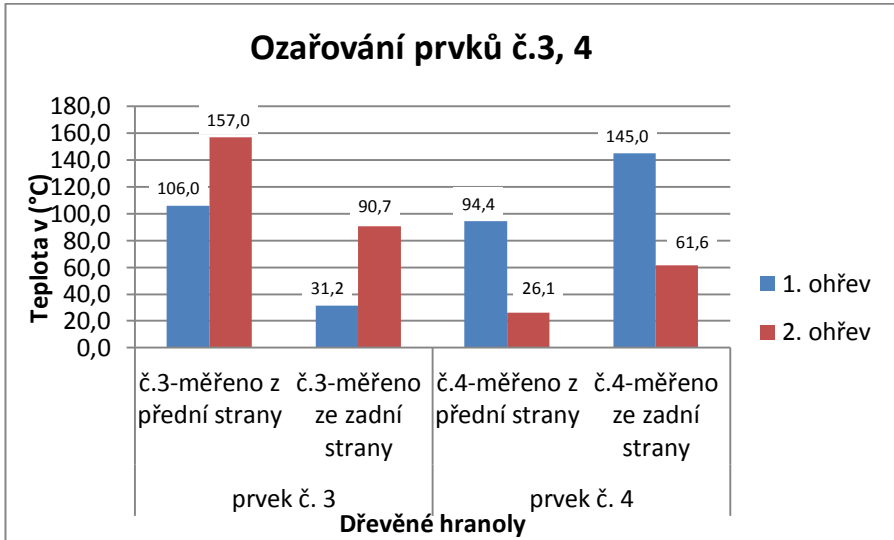
Experiment č.5

Ohřev a dosoušení smrkových hranolů o průřezu 200 x 220 mm. Vzorky č.1 a č.2 byly po dobu dvou měsíců uloženy pod přístřeškem v exteriéru se vzdušnou vlhkostí. Vzorky č.3 a č.4 byly před experimentem pomoheny na dva týdny do nádoby s vodou a průběžně otáčeny.



Graf 4: Nárůsty teplot při ozařování dřevěných hranolů č. 1 a 2

Je možné, že rozdíl dosažených teplot u prvku č.1 a 2 je způsobeno, větším obsahem pryskyřice, či většími trhlinami u prvku č.1.



Graf 5: Nárůsty teplot při ozařování dřevěných hranolů č. 3 a č. 4

Vyhodnocení experimentu č.5

Při ozařování dřevěných hranolů různých vlhkostí a při různých časových intervalech dob ohřevu a chladnutí bylo zjištěno:

- při ozařování masivu dřeva mikrovlonnou energií dochází k prohřevu obdobně, jako u ostatních materiálů,
- především v prvních fázích ohřevu je velký rozdíl mezi dosaženými povrchovými teplotami na přední a zadní straně,
- výsledkem nerovnoměrného ohřevu může docházet k tvarové deformaci ohřívaného materiálu,
- při porovnání teplotních parametrů bylo jednoznačně prokázáno, že výhodnějším postupem je vícenásobný, časově kratší ohřev. S dostatečně dlouhou přestávkou.
- i při jednostranném ozařování lze v celém průřezu docílit teplot, které stačí k likvidaci dřevokazného hmyzu.

7. STERILIZACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ STAVEB

Z uvedených podkladů je jednoznačně patrné:

- a) všude, kde se vyskytují biotičtí škůdci staveb je zvýšená vlhkost

(ovšem ne všude, kde je zvýšená vlhkost stavebních konstrukcí, musí být i biotičtí škůdci).

- b) motivem působení EMW záření na stavební prvky, či konstrukce napadené biotickými škůdci je možné dosáhnout dvou efektů:
- inaktivace – usmrcení vlivem vysoké teploty (teplota je pro každého škůdce jiná),
 - vysušením – snížením vlhkosti na hodnoty, které jsou pro pokračující aktivitu biotických škůdců nepříznivé.

Při experimentech působení mikrovlnné energie na stavební materiály rozličného původu bylo ověřeno, že působením EMW záření lze takových podmínek dosáhnout.

Likvidace plísní

Experiment č.6

Experiment byl zaměřen na ověření možnosti inaktivace plísní působením EMW při nastavení různých výkonů přístroje.

Experiment byl prováděn na směsi plísní, které byly získány z omítek, odebraných na několika různých místech staveb.

Vyhodnocení experimentu č.6

Z uvedených výsledků jednoznačně vyplývá:

- EMW záření je možno zařadit mezi fyzikální metody dezinfekce – likvidace plísní,
- na účinnost a úspěšnost dezinfekce pomocí EMW záření má vliv teplota dosažená na povrchu ozařované plochy. Nastavení výkonu použitého přístroje i doba ozařování jsou pouze informativními údaji, které hodnotu a rychlost ohřevu pouze ovlivňují.

Likvidace dřevokazného hmyzu

Pro ověřování možnosti EMW záření při likvidaci dřevokazného hmyzu byly vybrány dva, nejčastěji se vyskytující zástupci a to:

- Tesařík krovový - *Hylotrupes bajulus*,
- Červotoč úmrlčí - *Anobium pertinax*.

Likvidace tesaříka krovového

Experiment č.7

Do dvou kusů smrkových hranolů o průřezu 120 x 160 mm bylo z čelní strany navrtáno 11 otvorů průměru 6 mm. Hloubka otvoru 40 mm, vzdálenost od obvodových stěn 15 mm. Do každého otvoru byly vloženy larvy tesaříka krovového a otvory následně byly zaslepeny.

Vzorek č. 1 byl jednostranně ozařován po dobu 10 minut. Vzorek č. 2 byl ozařován po dobu 15 minut.

Vyhodnocení experimentu č.7

Ozařováním hranolů po dobu 10 minut i po dobu 15 minut bylo dosaženo prohrátí dřevěného prvku v celém průřezu vysoce nad hodnotu, která je kritická pro životní podmínky larev. Larvy i kukly hmyzu byly ve všech místech zahubeny.

Likvidace červotoče úmrlčího

Experiment č.8

Vzorek z půdního záklopového prkna tl. 32 mm napadeného Červotočem úmrlčím, bylo položeno vodorovně na dva hranoly a ve svislém směru ozařováno EMW zářením.

Vyhodnocení experimentu č.8

Ozařováním prken po dobu 3 minut i po dobu 5 minut bylo dosaženo teplot potřebných k likvidaci všech vývojových stádií Červotoče úmrlčího.

Likvidace dřevokazných hub

Při experimentech likvidace dřevokazných hub bylo vycházeno ze znalostí o minimálních teplotách, potřebných k jejich inaktivaci. Hlavním kritériem tedy byla kontrola teploty, dosažená na přední i zadní straně zkušebních vzorků. Vedlejší kritérium byla potom kontrola vlhkosti před ozařováním a následně vychladnutí.

Likvidace dřevomorky domácí

Dva vzorky vlysů napadených dřevokaznou houbou byly ozařovány 3 x 5 minut, s přestávkou na vychladnutí a odpar 10 minut. Hodnoty dosažených teplot jsou uvedeny v následující tabulce. Dosažené hodnoty teplot sestavených dřevěných podlahových vlysů, byly po jednotlivých dobách a cyklech ohřevů téměř totožné. Dosažení podobných hodnot teplot bylo u obou sestavených vzorků podlahových vlysů. Jednalo se o experimenty č. 9, 10.

Tab. 10: Teploty dosažené po ozařování parketových dřevěných vlysů

Vzorek č.	1. ohřev v °C		2. ohřev v °C		3. ohřev v °C	
	horní strana	spodní strana	horní strana	spodní strana	horní strana	spodní strana
1	78,9	69,9	91,5	78,8	106,1	94,6
2	74,3	66,8	92,4	77,5	112,1	97,3

8. VYSOUŠENÍ STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A LIKVIDACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ V TERÉNNÍCH PODMÍNKÁCH

Vysoušení sklepních prostor Filozofické fakulty v Brně

Popis objektu a zjištěná příčina

V rámci rekonstrukce některých objektů FF MU v Brně bylo nutné vyřešit i praktické využití rozsáhlých prostor v 1. PP.

Na základě provedených sond byla zjištěna nefunkčnost, či dokonce absence odizolování základů, či obvodových stěn budovy od okolního terénu.

Při předpokládané tabulkové hmotnosti cihelného zdiva (objemová hmotnost) $1900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ bylo tedy v uvedeném zdivu sklepních prostor 28.150 kg vody. Cílem bylo dosáhnout maximální vlhkosti po sanačních úkonech hodnoty do 6%.

Obecně můžeme konstatovat, že rychlost vysoušení jakéhokoliv předmětu je ovlivňována mnoha faktory a to:

- povrchovou vlhkostí vysoušeného materiálu,
- relativní vlhkostí vzduchu těsně u vysoušené plochy,
- povrchovou teplotou materiálu,
- schopností vysoušeného tělesa rychle transportovat vlhkost do sušších míst, to znamená z vlhkého,
- schopnost konstrukčních materiálů distribuovat vlhkost z vlhkých míst k vysoušeným povrchům.

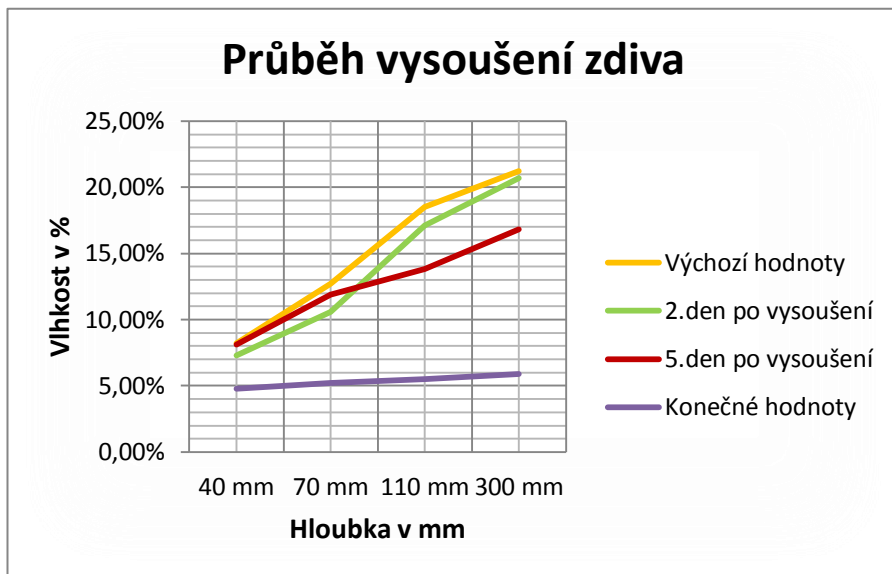
Cílem byla postupná sanace vysoušení stěn a zdiva. Vysoušení vlhkého zdiva bylo provedeno za pomoci MV technologií (mikrovlnnou technologií).

Výsledky měření

Tab. 11: Průběh vlhkosti v hloubce zdiva

	sonda	40 mm	70 mm	110 mm	300 mm
1 den, 10.10.2013, 9:00	Výchozí hodnoty	8,20%	12,70%	18,50%	21,20%
	30 minut po ozáření	7,10%	10,20%	18,30%	21,20%
2.den, 11.10.2013, 8:00	Před vysoušením	7,30%	10,60%	17,10%	20,70%
	30 minut po ozáření	6,90%	9,80%	14,30%	20,60%
3. až 4.den	Přerušení vysoušení – volný víkend				
5.den, 14.10.2013, 8:00	Před vysoušením	8,10%	11,90%	13,80%	16,80%
	30 minut po ozáření	6,60%	8,70%	12,20%	16,40%
6.den, 15.10.2013, 8:00	Před vysoušením	6,90%	9,30%	11,40%	14,20%
	30 minut po ozáření	5,80%	7,80%	10,60%	14,00%
7.den, 16.10.2013, 8:00	Před vysoušením	6,20%	7,90%	9,40%	12,50%
	30 minut po ozáření	5,40%	6,10%	8,90%	11,10%
8.den, 17.10.2013,8:00	Před vysoušením	5,20%	6,20%	7,10%	8,30%
	30 minut po ozáření	4,90%	5,30%	5,90%	6,10%
9.den, 18.10.2013, 10:00	Po vychladnutí a vydýchání	4,80%	5,20%	5,50%	5,90%
Min. hodnota		4,80%	5,20%	5,50%	5,90%
Max. hodnota		8,20%	12,70%	18,50%	21,20%
Rozpětí „R“		3,40%	7,50%	13,00%	15,30%
Medián „x“		6,60%	8,70%	11,40%	14,20%

Eliminace vlhkosti vyhraněných bodů v době vysoušení FF Brno je uvedeno v grafu č. 7. Zajímavostí a důležitým ukazatelem může být zobrazení křivky v 2. a 5. dnu vysoušení. Naměřené hodnoty jasně ukazují, že počáteční vlhkosti v 5. dnu vysoušení byly vyšší, než ve 2. dnu vysoušení. Příčina všeho je důsledek mikrovlnné energie a pohyb vody ve vysoušeném zdivu, kde vlhkost byla vytlačována k povrchu.



Graf 6: Postupný průběh eliminace vlhkosti ve zdivu

Vysoušení sklepních a bytových prostor a sterilizace dřevokazné houby v RD Choceň

Popis objektu a zjištěná příčina

Jedná se o částečně podsklepený jednopatrový rodinný dům, starý cca 80 roků. Zdivo základů a sklepů bylo ze smíšeného zdiva. Ostatní zdivo je tl. 450mm z CPP. Podlahy v 1.NP (stropy sklepů) jsou provedeny jako betonové. Nášlapnou vrstvu tvoří parketové vlasy, kladené do asfaltu.

V průběhu jara 2013 byly ve sklepních prostorech zjištěny nárůsty dřevokazné houby, která byla později identifikována jako „Dřevomorka domácí“ (SL). Při bližším mykologickém průzkumu bylo zjištěno, že rhyzomorfy kořenového systému prorůstají do podlahy a zdiva v 1.NP a zasažena je část prvků dřevěné podlahy v obývatelné místnosti.

Při bližším ohledání a po provedení potřebných měření bylo následně zjištěno:

- sklepní zdivo bylo výrazně provlhčené. Hodnoty vlhkosti zdiva v hloubce 110 a 300 mm byly v rozsahu 5,8 – 9,6 %,
- vlhkost zdiva v 1.NP, především příčky oddělující obývací pokoj a ložnici byla, těsně u podlahy v rozmezí 7,6% - 8,4 %,

- v příčce byly zazděny zárubně dveří (cca 50 roků a současný majitel o tom nevěděl),
- napadení parketových vlysů v obývacím pokoji je v rozsahu několika m². Jejich vlhkost v místě napadení byla až 28 %. (po následném odstranění vlysů byl makroskopicky viditelný nárůst rhyzomorf).

Popis prováděné sanace a měření

Postup měření č. 1 – vybourané zárubně

Tab. 12: Hodnoty dosažených teplot při sterilizaci dřevokazné houby

Vzorek č.	1. ohřev	2. ohřev	3. ohřev	4. ohřev
1	74°C	86°C	104°C	126°C
2	76°C	81°C	98°C	111°C

Postup měření č. 2 – obvodová stěna

Tab. 13: Nárůst teplot označených bodů při ozařování kořenového systému dřevokazných hub

	1. ohřev	2. ohřev	3. ohřev
č.1	81°C	94°C	119°C
č.2	79°C	98°C	136°C
č.3	80°C	96°C	126°C
č.4	75°C	92°C	117°C
č.5	68°C	90°C	115°C
č.6	74°C	88°C	112°C
Min. hodnota	68°C	88°C	112°C
Max. hodnota	81°C	98°C	136°C
Rozpětí „R“	13°C	10°C	14°C
Medián „X“	77°C	93°C	118°C

Postup měření č.3 – vnitřní příčka

Příčka tl. 300 mm, ve které bylo hlavní ložisko dřevokazné houby, byla ozařována do výšky 200 mm. První den byl ohřev proveden 1x 30 minut z každé strany. Druhý den 1x 15 minut.

Tab. 14: Teploty u interiérové příčky při ozařování

Ohřev	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	č.6
1. ohřev zprava, čelní strana	68,4°C	71,1°C	64,6°C	66,2°C	58,4°C	62,8°C
1. ohřev zprava, zadní strana	19,8°C	19,6°C	19,4°C	19,4°C	19,6°C	19,2°C
2. ohřev zleva, čelní strana	71,1°C	72,3°C	69,7°C	69,6°C	66,8°C	68,8°C
2. ohřev zleva, zadní strana	24,4°C	23,9°C	22,8°C	23,1°C	22,7°C	23,1°C
3. ohřev zprava, čelní strana	97,2°C	98,1°C	94,6°C	95,4°C	93,9°C	99,3°C
3. ohřev zprava, zadní strana	38,3°C	40,1°C	40,4°C	37,8°C	39,5°C	41,3°C
4. ohřev zleva, čelní strana	112,6° C	117,0° C	129,0° C	107,6° C	131,0° C	122,3° C
4. ohřev zleva, zadní strana	58,4°C	60,2°C	61,3°C	60,4°C	67,8°C	66,6°C

Postup měření č. 4 – podlaha z parketových vlysů

Z hlavního ložiska se Dřevomorka domácí svým kořenovým systémem rozšířila i pod podlahu z parketových vlysů v obývacím pokoji a ohrožovala i stejnou podlahu v sousední místnosti.

Tab. 15: Dosažené teploty ohřevu podlahy v ložnici

	1. ohřev	2. ohřev	3. ohřev	4. ohřev
č.1	68,3 °C	85,6°C	112,2°C	121,1°C
č.2	71,9°C	86,1°C	104,5°C	117,4°C
č.3	76,6°C	88,1°C	107,5°C	119,1°C
č.4	71,1°C	91,1°C	109,8°C	121,2°C
č.5	69,7°C	82,4°C	97,9°C	109,5°C
č.6	68,9°C	84,7°C	91,3°C	111,2°C
Min. hodnota	68,3 °C	82,4°C	91,3°C	109,5°C
Max. hodnota	76,6°C	91,1°C	112,2°C	121,2°C
Rozpětí „R“	8,3°C	8,7°C	20,9°C	11,7°C
Medián „x̃“	70,4°C	85,85°C	106°C	118,25°C

Likvidace dřevokazného hmyzu a sterilizace dřeva v rekreačním objektu v Ruprechticích

Popis objektu a zjištěná příčina

Jedná se o větší objekt, který je pronajímán k rekreačním účelům. Ve většině místností v 1.NP i ve 2.NP jsou stropní konstrukce dřevěné, s přiznanými stropními trámy. V jídelně bylo zjištěno, v jednom stropním trámu, napadení dřevokazným hmyzem. Podle velikosti a tvaru výletových otvorů a mikroskopického rozboru vypadávajících pozerků, byli jako škůdci identifikováni a to na „tesaříka krovového a červotoče.

Popis prováděné sanace a měření

Záměrem měření bylo potvrdit v terénních podmínkách možnost sterilizace dřevěných stavebních prvků napadených dřevokazným hmyzem. Při teplotě nad 52°C dochází k postupným a nevratným změnám bílkovin, obsažených ve všech vývojových stadiích dřevokazného hmyzu. Protože tyto jednotlivé vývojové formy obsahovaly výrazně vyšší obsah vody, než okolní dřevo, je jejich ohřev působením mikrovlnné energie, oproti dřevu, rychlejší.

Dezinfekce - likvidace plísni v bytech (Choceň, Třebíč)

Popis průběhu sanačního zásahu formou EMW záření

Oba experimenty byly provedeny na vytipovaných místech s masivním nárůstem plísni. Jejich průběh byl značně ovlivněn extrémními podmínkami a zvýšenou vlhkostí zdiva na povrchu i v hloubce. Pro každou délku ozařování byla určena jedna část zdiva. Kontrolní stěry byly stírány před zahájením experimentů a vždy 15 minut po ukončení jednotlivé fáze.

Na závěr bylo jedno kontaminované místo ošetřeno chemicky, pracovním roztokem přípravku MITHON NVA (výrobce VÚOS Pardubice. Rybitví). Odebraný kontrolní stěr byl použit pro porovnání účinnosti obou metod sanace.

Vyhodnocení výsledků inaktivace nárůstu plísni

Na výsledky účinnosti MW záření při likvidaci plísni nemá vliv množství vyslané elektromagnetické energie, ani doba ohřevu. Jedním z nejodolnějších je *Aspergillus* spp.. Tento druh plísně, který se velmi často vyskytuje, jako součást tzv. "terénním směsí plísni", je odolný velmi vysokým teplotám. I nad hranici 100°C. Likvidace plísni pomocí MW záření je v porovnání s dezinfekcí realizovanou chemickou cestou většinou výrazně časově náročnější a tím i finančně nákladnější. Využití mikrovlnné technologie bude v případech likvidace plísni okrajovou a specifickou záležitostí, s využitím spíše restaurátorství, než ve

stavebnictví. Jelikož mikrobiologickou laboratoří nebylo vyhodnoceno přesné určení druhů mikroskopických hub, je i přesto patrné, že tepelné ošetření v kombinaci s chemickým ošetřením lokálních míst mikroskopických hub (plísní) je více účinná, než jen tepelné (mikrovlnné) ošetření.

9. ZÁVĚR

9.1. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ EXPERIMENTŮ

Cílem této práce bylo blíže definovat možnosti využití mikrovlnné technologie ve stavební praxi.

Výsledky jednotlivých experimentů jednoznačně prokázaly široké možnosti využití mikrovlnné technologie při vysoušení stavebních konstrukcí.

Při experimentech zaměřených na likvidaci biotických škůdců staveb a stavebních materiálů (plísně, dřevokazné houby, dřevokazný hmyz), které probíhaly za laboratorních podmínek, byla prokázána vysoká účinnost EMW záření.

Při ozařování materiálů EMW zářením dochází nejen k jeho ohřevu, ale i k postupnému vysoušení a tím i k eliminaci podmínek potřebných pro aktivitu těchto škůdců.

9.2. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ „IN SITU“

Při měření prováděných „IN SITU“ se porovnávaly výsledky jednotlivých experimentů s výsledky naměřenými v terénních podmínkách.

9.3. SHRUTÍ POZNATKŮ

Jak je uvedeno v úvodu této disertační práce, o možnosti využití mikrovlnné technologie ve stavebnictví se ví již několik desetiletí. Většimu rozšíření použití této progresivní metody brání několik základních faktů:

- nedostatečná informovanost odborné veřejnosti o možnostech využití EMW,
- nutnost potřeby specifických přístrojů a měřidel,
- malá dostupnost odborné literatury zaměřené k tomuto tématu,
- nutnost odborné způsobilosti obsluhy zařízení.

9.4. ZAMĚŘENÍ DALŠÍ EXPERIMENTÁLNÍ ČINNOSTI

Jak je uvedeno v disertační práci v bodě 10.3.1., bude hlavním těžištěm využití mikrovlnné technologie v praxi oblast vysoušení různých materiálů. Proto bude vhodné zaměřit další výzkum především tímto směrem. Na rozšíření využívání tohoto postupu mezi koncovými odběrateli bude mít vliv nejen výrazně zkrácený

čas, potřebný k odstranění nežádoucí vlhkosti ze stavebních materiálů a konstrukcí, ale i výše nákladů, které budou potřebné vynaložit. To znamená, na základě laboratorních experimentů a následného ověření v terénních podmínkách vyhodnotit, klady a zápory různých postupů.

Zaměření dalších experimentů by mělo být především na:

- porovnání průběhů vysoušení různých stavebních materiálů a konstrukcí,
- vymezení rozsahu teplot ohřevu, při kterých je dosahováno nejvyšší účinnosti využití mikrovlnné energie,
- porovnání rychlosti a efektivity vysoušení dosažené při použití různé délky cyklů ohřevu a následného chladnutí,
- vyhodnocení průběhu posunu vlhkosti, probíhajícího v celém průřezu vysoušeného materiálu, při jednorázovém a cyklickém způsobu vysoušení.

9.5. VYHODNOCENÍ SPLNĚNÍ CÍLŮ

Cíle disertační práce uvedené v bodě 6 (6.3.) v disertační práci, byly v plném rozsahu naplněny. Na základě výsledků experimentů provedených v laboratořích a měření „IN SITU“ v terénních podmínkách byly vymezeny základní okruhy výhod a nevýhod použití EMW technologie ve stavební praxi.

Jednoznačně se prokázalo, že se jedná o technologii, která bude hojně využívána při sanačních pracích. Tato práce by mohla být základem informovanosti odborné veřejnosti o další progresivní metodě vysoušení stavebních materiálů a likvidaci biotických škůdců staveb.

10. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BALÍK, M. a kolektiv ODVLHČOVÁNÍ STAVEB, První vydání, Praha 2005, ISBN 80-247-0765-9
- [2] BALÍK, M. a kolektiv ODVLHČOVÁNÍ STAVEB, Druhé přepracované vydání, Praha 2008, ISBN 978-80-247-2693-9
- [3] WASSEBAUER, R. BIOLOGICKÉ ZNEHODNOCENÍ STAVEB, První vydání, Praha 2000, ISBN 80-86165-30-2
- [4] SOBOTKA, J. ÚČINNOST LIKVIDACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ PROSTŘEDNICTVÍM MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ. In Sborník anotací Juniorstav 2012. Brno, VUT v Brně, Fakulta stavební. ISBN 978-80-214-4393-8.
- [5] SOBOTKA, J; SUHAJDA, K. LIKVIDACE BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ PROSTŘEDNICTVÍM EMW ZÁŘENÍ. Junior Forensic Science Brno 2012 – JuFoS. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Údolní 244/53, 602 00 Brno. ISBN 978-80-214-4485-0.
- [6] Disertační práce SANACE VLHKÉHO ZDIVA STAVEB "Využití tyčové antény při mikrovlnném vysoušení, autor Karel Šuhajda, Brno 2006.

- [7] SOBOTKA, J.; JIROUŠEK, Z., SANACE DŘEVĚNÝCH PRVKŮ KITTELOVA DOMU, článek v Materiály pro stavbu, ISSN 1213-0311, Business Media CZ, s.r.o., Praha, 2014

11. ABSTRACT

The possibility of using high-frequency electromagnetic radiation in the construction sector is a common knowledge. Various experiments have been carried out to dry construction materials, or even to destroy biotic pests. However, the majority of these experiments have been executed in laboratory conditions. It means they have been carried out under exact limiting conditions, often very far off those conditions in real building practice.

Therefore, this dissertation aims at exploring the possibility of utilizing microwave technology in drying and heating of construction materials, in disposing of biotic pests and sterilizing building materials under real conditions in building practice.

12. CURRICULUM VITAE

Osobní informace

Příjmení a jméno	Sobotka, Jindřich
Datum narození	01. října 1984
Stav	svobodný
Adresa	Jar. Heyrovského 858/8, 674 01 Třebíč
Mobilní telefon	+420 724 719 187
e-mail	sobotka.j@fce.vutbr.cz

Pracovní zkušenosti

Období	04/2014 – nyní
Vykonávaná funkce	Asistent
Zaměstnavatel	Vysoké učení technické v Brně, Antonínská 548/1, 601 90 Brno

Dosažené vzdělání

2008 – 2010	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Navazující magisterský program Stavební inženýrství, obor Pozemní stavby, ukončeno ziskem titulu Ing.
2004 – 2008	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Bakalářský studijní program Stavební inženýrství, obor Pozemní stavby, ukončeno ziskem titulu Bc.
2000 – 2004	Střední průmyslová škola stavební, Václavské nám. 44/12, 674 01 Třebíč, Obor Pozemní stavitelství, studium ukončeno maturitní zkouškou.

Znalosti a dovednosti

Jazykové znalosti anglický jazyk - úroveň dle CEFR – A2
 německý jazyk - úroveň dle CEFR – B1

Odborné zaměření

Mikrovlonné vysoušení staveb
Mikrovlonná likvidace biotických škůdců
Projektování, pasportizace
Sanace a adaptace objektů

Další schopnosti, znalosti

řidičský průkaz skupiny A, B

Vědecko-výzkumná činnost

- [1] Praktický náhled studentů na předmět BH52-Pozemní stavitelství 2741/2010/F1/a, řešitel prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc., rok 2010-2011; projekt FRVŠ (spoluřešitel).
- [2] Inovace výuky pozemního stavitelství na ústavu pozemního stavitelství. Spoluřešitel úspěšného grantu FRVŠ 1812/2012. Tvorba přednášek, exkurzí pro studenty. Úspěšně financovaný grant FRVŠ typu F1/a. Řešitel: Doc. Ing. Ladislav Štěpánek, CSc., spoluřešitel: Ing. Radim Kolář, Ph.D., Ing. Jana Krupicová, Ph.D., Ing. Jindřich Sobotka, Ing. Josef Remeš, Ing. Petr Blažek – úspěšné FRVŠ
- [3] Projekt FRVŠ - 27 na rok 2011 (Ústav PST) s názvem: SANACE VLHKÉHO ZDIVA S VYUŽITÍM ASFALTOVÝCH PÁSŮ, Řešitel: Ing. Jindřich Sobotka, spoluřešitel: Ing. Karel Šuhajda, Ph.D., Ing. Pavel Fridrich
- [4] Projekt FRVŠ - 1963 na rok 2012 (Ústav PST) s názvem: PRAKTICKÝ NÁHLED STUDENTŮ NA PŘEDMĚT CH51-SANACE A ADAPTAČE BUDOV, Řešitel: Ing. Jindřich Sobotka, spoluřešitel: Ing. Karel Šuhajda, Ph.D., Ing. Petr Blažek

Výběr z publikací autora

- [1] NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J.; GINTAR, J.; ŠUHAJDOVÁ, E.; MÁTL, M., USE OF MICROWAVE RADIATION IN BUILDING INDUSTRY THROUGH APPLICATION OF WOOD ELEMENT DRYING, článek ve WOOD RESEARCH, ISSN 1336-4561, Výzkumný ústav papiera a celulózy, a.s., BRATISLAVA, 2014.

- [2] NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J.; GINTAR, J., USE OF EMW RADIATION IN THE BUILDING INDUSTRY, článek v *Advanced Materials Research*, ISSN 1022-6680, Scientific.NET, Advanced Materials Research, Switzerland, 2014.
- [3] NOVOTNÝ, M.; JIROUŠEK, Z.; SOBOTKA, J.; ŠUHAJDA, K., MIKROVLNNÁ STERILIZACE DŘEVĚNÝCH PRVKŮ NAPADENÝCH BIOTICKÝMI ŠKŮDCI Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-a-ocelove-konstrukce/11774-mikrovlnna-sterilizace-drevenych-prvku-napadenych-biotickymi-skudci>, článek v *TZB-info*, ISSN 1801-4399, TZB-INFO, Topinfo s.r.o., Křenova 438/3, 162 00 Praha 6, PRAHA, 2014.
- [4] SOBOTKA, J.; JIROUŠEK, Z., SANACE DŘEVĚNÝCH PRVKŮ KITTELOVA DOMU, článek v *Materiály pro stavbu*, ISSN 1213-0311, Business Media CZ, s.r.o., Praha, 2014.
- [5] SOBOTKA, J.; JIROUŠEK, Z.; NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K., VYUŽITÍ MIKROVLNNÉHO ZÁŘENÍ VE STAVEBNICTVÍ 2 - likvidace biotických škůdců (plísň), článek v *Materiály pro stavbu*, ISSN 1213-0311, Business Media CZ, s.r.o., Praha, 2014.
- [6] SOBOTKA, J.; NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K., Účinnost likvidace biotických škůdců plísní mikrovlnným zářením, článek v *Stavební obzor*, ISSN 1210-4027, Fakulta stavební ČVUT Praha, Praha, 2013.
- [7] SOBOTKA, J.; NOVOTNÝ, M.; ŠKRAMLÍK, J.; ŠUHAJDA, K., Efficiency of Liquidation of Biotic Pests Using Microwave Radiation, článek v *Advanced Materials Research*, ISSN 1022-6680, SCOPUS-TRANS TECH PUBLICATIONS, Switzerland, 2013.
- [8] GINTAR, J.; NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J.; BEČKOVSKÁ, T. Efficiency of Liquidation of Biotic Pests Using Microwave Radiation. *AMR - Advanced Materials Research*, 2013, č. 688, s. 27-36. ISSN: 1662- 8985.
- [9] NOVOTNÝ, M.; ŠKRAMLÍK, J.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J., Efficiency of Liquidation od Biotic Pests Using Microwave Radiation, příspěvek na konferenci *Proceedings of the Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings CRRB 2012*, ISBN 978-3-03785-679-6, TRANS TECH PUBLICATIONS, Switzerland, 2013.
- [10] NOVOTNÝ, M.; ŠUHAJDA, K.; SOBOTKA, J.; PETŘÍČEK, T.; GINTAR, J.; PLACHÝ, J., Analýza rekonstrukce ploché střechy na objektu RD v Brně, příspěvek na konferenci *XXII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství Brno 2013*, ISBN 978-80-214-4675-5, Brno, 2013.

