

# ÚBYTEK VLHKOSTI V DŘEVĚNÝCH PRVCÍCH MIKROVLNNÝM ZÁŘENÍM

## REDUCTION OF MOISTURE IN THE TIMBER ELEMENTS BY MICROWAVE RADIATION

Ing. Martin Procházka; Ing. Jindřich Sobotka, Ph.D.

### ABSTRAKT

Vysoušení stavebních konstrukcí pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického záření (EMW), neboli mikrovlnné technologie (MW), se začíná v praxi stále více uplatňovat. Jedná se o metodu, pomocí které lze nejrychlejším způsobem eliminovat nežádoucí obsah vody ve stavební konstrukci (stěna, stropní konstrukce, atd.). Mikrovlnami je nazývána část elektromagnetického záření o frekvenci 300 MHz až 300 GHz s vlnovou délkou 122 mm. Díky působení MW záření se zobrazí rozdílná homogenita teplotního pole u různých stavebních materiálů.

Článek pojednává o změnách fyzikálních faktorů v závislosti na objemu vody a tím i na velikosti hmotnostní vlhkosti daného materiálu (dřevěný hranol). Dalším z faktorů bude šíření teplotního pole. Šíření bude zobrazováno pomocí termokamery FLIER 7i. Měření probíhalo vždy po určitých časových cyklech ozařování.

**Klíčová slova:** Mikrovlnné záření, vysoušení, transport vlhkosti, vlhkost, teplotní pole.

### ABSTRACT

Building construction drying using high-frequency electromagnetic radiation (EMW), or microwave technology (MW), is gaining more usage in practise. It is the quickest way of eliminating water content in construction (wall, ceiling, etc.). Microwave is a term for a part of the electromagnetic radiation of 300 MHz to 300 GHz frequency with a wavelength from 1 mm to 1 m. The frequency of 2,45 GHz and 122 mm wavelength is used for technical practice. Due to the effect of MW radiation a different homogeneity of temperature field can be observed.

This article deals with physical factors changes depending on the water content as well as on mass humidity of the material (timber). Another factor is the spreading of the temperature field, which is monitored with thermal imaging FLIR i7. Measurement was carried out after a certain time cycles of irradiation.

**Key words:** Microwave radiation, microwave drying, moisture transport, humidity, temperature field.

## 1 ÚVOD

Při řešení sanacích stavebních konstrukcí je velmi často nutné snížení vlhkosti, která byla zvýšena vzhledem k vadě či poruše ve stavbě. Se zvýšenou vlhkostí na stavbě vzniká možnost výskytu biotických škůdců, kteří mohou následně ovlivňovat jednak životnost stavebních konstrukcí a objektu ale i kvalitu vnitřního prostředí budovy.

Po odeznění či odstranění příčin, tak zůstává ve zdivu nemalé množství vody, které je nutné odstranit. Tedy prostor rychle a efektivně vysušit, aby mohl být opět plnohodnotně využíván. [1]

Hodnocení vlhkosti	Vlhkost zdiva [% hm.]
Velmi nízká	<3
Nízká	3-5
Zvýšená	5-7,5
Vysoká	7,5-10
Velmi vysoká	>10

**Tab. 1 - Hodnocení vlhkosti zdiva dle ČSN 73 0610**

V současné době je spousta způsobů jak snížit zvýšený obsah vody v konstrukci rychlejším způsobem, než přirozenou cestou. Mezi možnosti urychleného vysoušení patří například kondenzační a absorpční vysoušení, teplo a horkovzdušné vysoušení, topné tyče a mikrovlnný ohřev.

Vysoušení pomocí mikrovlnného záření je v současnosti nejrychlejší, nejefektivnější a nejlevnější postup. To snižuje obsah vody v materiálu na základě zahřívání molekul vody. Tím se v konstrukci rozšiřuje teplotní pole, které napomáhá rychlejšímu vysušování konstrukce.

Vzorky budou ozařovány MW přístroji o výkonu 1100W určitou dobu, přičemž bude snímáno termokamerou FLIR i7 šíření teplotního pole. Vlhkost jednotlivých prvků bude měřena vlhkoměrem MOIST 210B.

## 2 MIKROVLNNÉ ZÁŘENÍ

Mikrovlny jsou klasickým elektromagnetickým vlněním o frekvenci nižší, než je sluneční záření a proto nezanechávají žádné zbytkové záření škodlivé pro zdraví. Práce se zařízením je zcela bezpečná, k poškození zdraví může dojít jen přímým ozářením z několika cm po dobu více minut a to buď záměrně, nebo neopatrným zacházením se stroji. Zařízení, které se používá i námi při mikrovlnném záření je určeno pro sušení nekovových materiálů a nejen to, také k likvidaci plísní, hub, mikroorganismů a hmyzu.

Sestava používaná k ozařování se skládá z napájecího zdroje, výkonového generátoru, trychtýřové antény a indikátoru intenzity mikrovlnného záření.

Většina nejčastěji používaných materiálů je pro mikrovlnné elektromagnetické záření transparentních. Jedná se především o keramiku, kámen, beton, dřevo a podobně. Některé materiály zabudované v konstrukcích mikrovlny odrážejí – kovy. A některé ji pohlcují. Zde se jedná především o vodu a některé další bipolární materiály. [1,2,3]

Rychlost vysoušení stavebních konstrukcí a materiálů, při využití mikrovlnné technologie, výrazně ovlivňují dva faktory:

- Zvýšení teploty vody na povrchu vysoušeného materiálu. Úměrně s tím se zvýší počet molekul, jejichž energie je dostatečná k překonání kohezních sil,
- Zvýšení teploty vody uvnitř vysoušeného materiálu působí nárůst jejího objemu. Ohřátím vody o 1°C se zvětší její objem o 0,18%. V běžných případech, kdy působením mikrovlnné energie dojde k nárůstu teploty vody v hloubce ohřívajícího tělesa o 50°C (z 15°C na 65°C) se zvětší její objem o 9%.

Nejvíce ze všeho, silné mikrovlnné záření představuje riziko pro lidské zdraví. Použití mikrovlnné zařízení s generátory emitující elektromagnetické záření způsobuje vysokou hustotu mikrovlnného záření, které je hrozbou pro lidi v prostoru s ním obsaženém. Přípustné hodnoty intenzity elektromagnetického záření a jeho pole v rozmezí 2,45 GHz se řídí pravidly EU směrnici 2004/40/ES

doporučení 1999/510/ES a dalších nařízení platné v jednotlivých státech. Obvyklé nařízení připouští sílu elektromagnetického pole od 7V/m do 61 V/m, nebo 0,1 W/m<sup>2</sup> až 10 W/m<sup>2</sup>.

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Ozařování mikrovlnnému záření byly vystaveny celkem 3 vzorky o různé vlhkosti. Materiálně se jednalo o dřevěné hranoly. První vysoušení bylo aplikováno na vzorky, které byly dlouhodobě uskladněny v místnosti o relativní vlhkosti vzduchu 51% a teplotě 20,5°C. Rozměr vzorků 220 x 160 mm.

Teplota měřena termokamerou FLIR i7, vlhkost měřena povrchovým hrotovým vlhkoměrem a přístrojem MOIST 210b

Popis experimentu:

- Vzorky byly před experimentem zváženy a byla změřena jejich vlhkost.
- Následně byly vzorky podrobeny ozařování a vysoušení

Vysoušení probíhalo následovně:

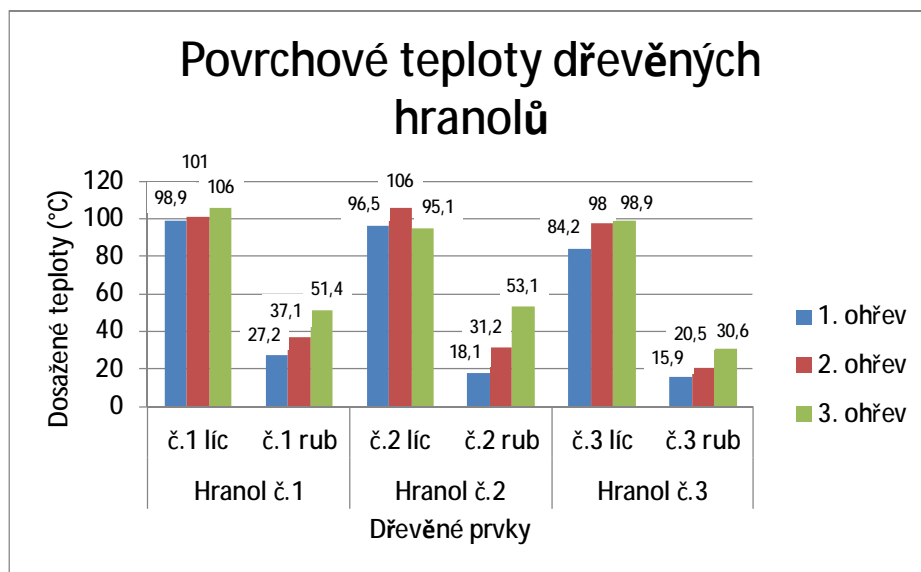
- 15 minut ohřev
- 120 minut přestávka
- 15 minut ohřev
- 120 minut přestávka
- 15 minut ohřev
- 18 hodin chladnutí



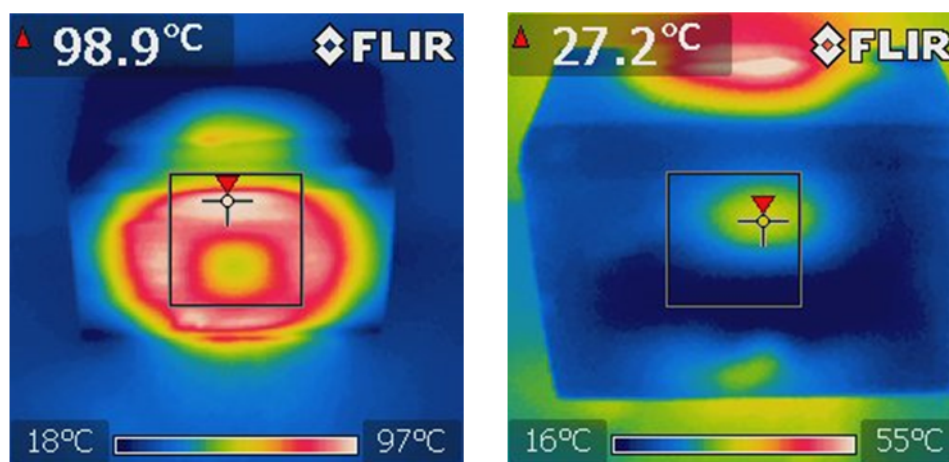
Obr 1. Příklad vysoušení vzorku

Dřevěné prvky	Hranol č.1		Hranol č.2		Hranol č.3	
	č.1 líc	č.1 rub	č.2 líc	č.2 rub	č.3 líc	č.3 rub
1. ohřev	98,9°C	27,2°C	96,5°C	18,1°C	84,2°C	15,9°C
2. ohřev	101,0°C	37,1°C	106,0°C	31,2°C	98,0°C	20,5°C
3. ohřev	106,0°C	51,4°C	95,1°C	53,1°C	98,9°C	30,6°C

Tab. 2. Povrchové teploty vzorků



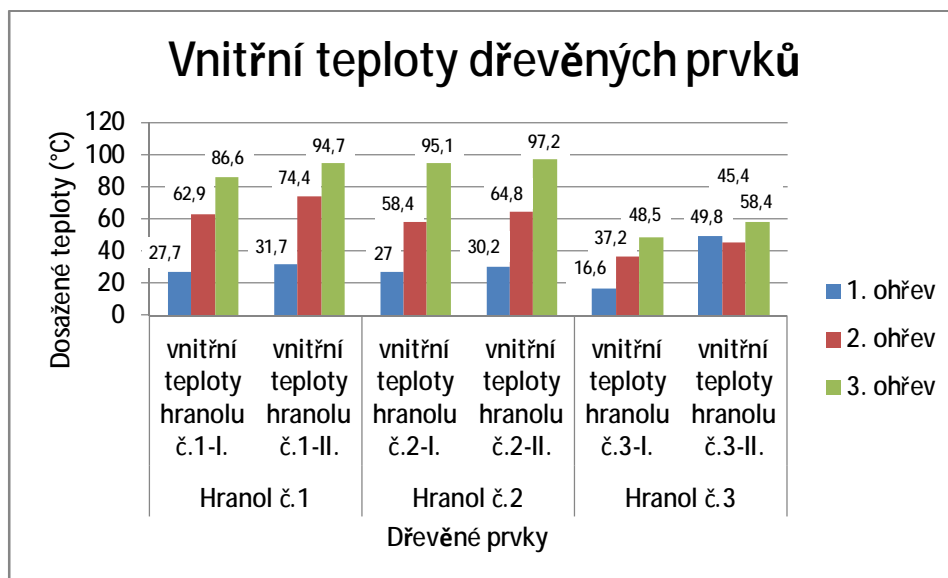
Graf 1. Grafické znázornění povrchových teplot při jednotlivých ohřevech



Obr 2. Příklad snímků termovize hranolu č.1 po prvním ohřevu z rubové a lícové strany

Dřevěné prvky	Hranol č.1		Hranol č.2		Hranol č.3	
	vnitřní teploty hranolu č.1-I.	vnitřní teploty hranolu č.1-II.	vnitřní teploty hranolu č.2-I.	vnitřní teploty hranolu č.2-II.	vnitřní teploty hranolu č.3-I.	vnitřní teploty hranolu č.3-II.
1. ohřev	27,7°C	31,7°C	27,0°C	30,2°C	16,6°C	49,8°C
2. ohřev	62,9°C	74,4°C	58,4°C	64,8°C	37,2°C	45,4°C
3. ohřev	86,6°C	94,7°C	95,1°C	97,2°C	48,5°C	58,4°C

Tab. 3. Teploty uvnitř vzorků



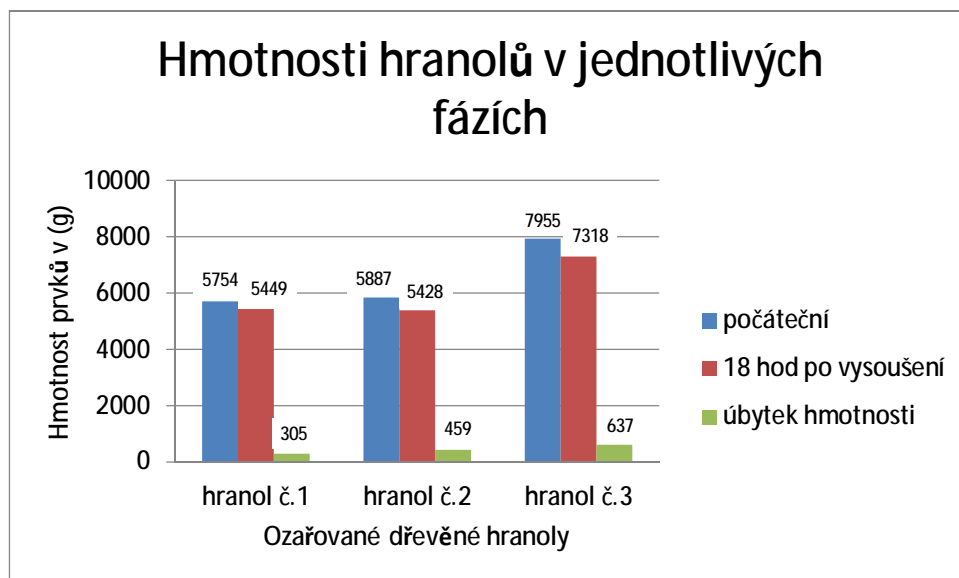
**Graf 2. Grafické znázornění vnitřních teplot při jednotlivých ohřevech**

Dřevěné prvky	Hranol č.1		Hranol č.2		Hranol č.3	
	č.1 líc	č.1 rub	č.2 líc	č.2 rub	č.3 líc	č.3 rub
počáteční	17,1%	18,1%	17,7%	18,5%	18,5%	22,0%
120 minut po ohřevu	11,2%	14,9%	19,0%	17,6%	16,9%	20,0%

**Tab. 4. Znázornění vlhkosti vzorků**

	hranol č.1	hranol č.2	hranol č.3
počáteční	5754g	5887g	7955g
18 hod po vysoušení	5449g	5428g	7318g
úbytek hmotnosti	305g	459g	637g

**Tab.5. Znázornění hmotnosti vzorků/úbytku hmotnosti po ozařování**



**Graf 2. Grafické znázornění hmotnosti vzorků/úbytku hmotnosti po ozařování**

#### 4 ZÁVĚR

Cílem bylo zjistit jaký vliv na průnik mikrovlnné energie a tím i rychlost ohřevu má vyšší počáteční vlhkost ozařovaného materiálu. Zkušební vzorky byly z řeziva v „syrovém“ stavu. Byly naměřeny velké rozdíly mezi teplotami na čelní a zadní straně experimentálních hranolů. Po závěrečném vychladnutí byly patrné tvarové deformace a tvorba dalších výsušných prasklin. Dále byl zpozorován velký úbytek vlhkosti v závislosti na čase, po který vysušování probíhalo.

##### Použitá literatura

- [1] SOBOTKA, J., FYZIKÁLNÍ HODNOTY PŘI TECHNOLOGII VYSOUŠENÍ ZDĚNÝCH STAVEB, příspěvek na konferenci Juniorstav 2015, ISBN 978-80-214-5091-2, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Brno, 2015
- [2] ŠUHAJDA, K.; NOVOTNÝ, M.; ŠKRAMLÍK, J.; TICHOMIROV, V., Sterilization of biotic pests by microwave radiation, článek v Procedia Engineering, ISSN 1877-7058, Vilnius Gediminas Tech Univ, Fac Civil Engn, Vilnius, LITHUANIA, 2013
- [3] 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