

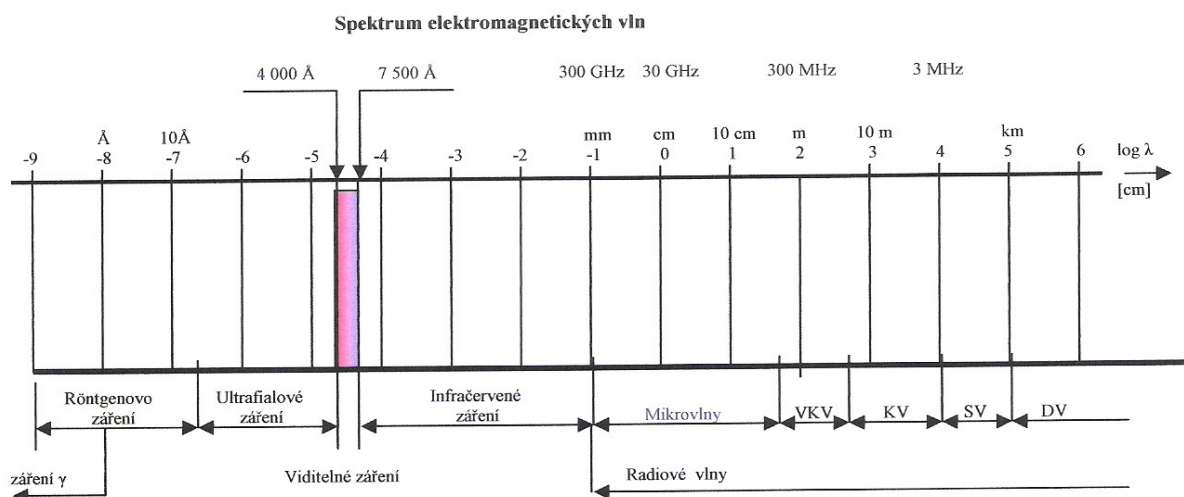
# 1. Mikrovlnná technologie teorie, technika, bezpečnost

## I. Mikrovlny, jejich vlastnosti a využití

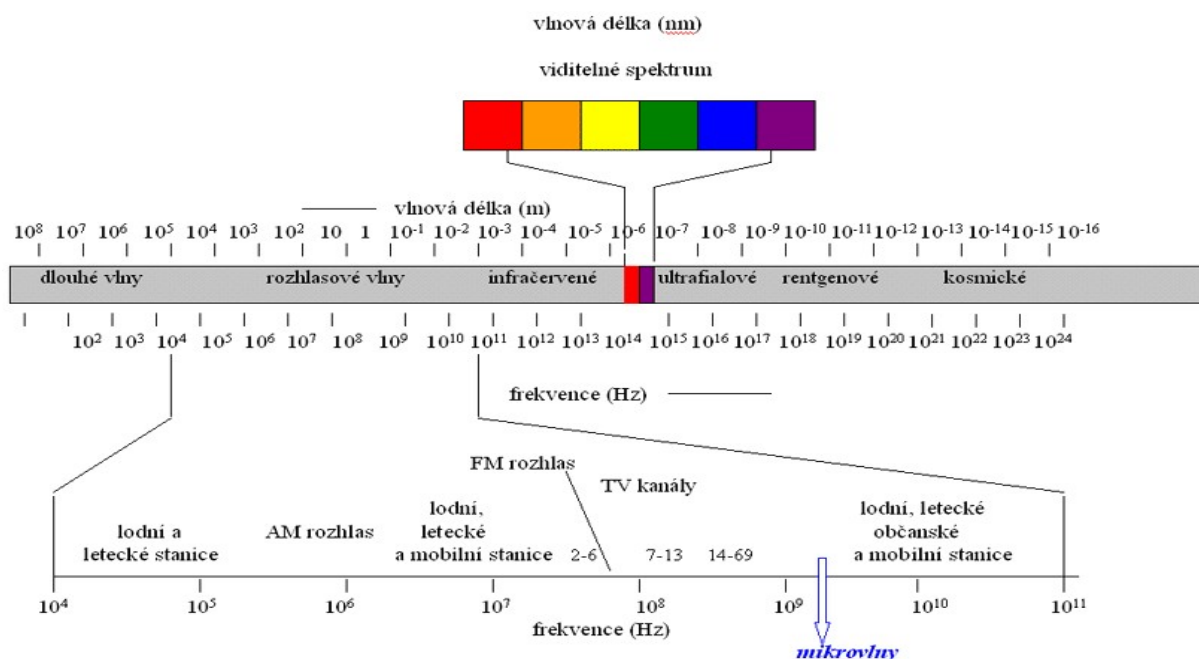
Mikrovlny byly objeveny na počátku 40.let 20.století na univerzitě v anglickém Birminghamu. Prvním využitím mikrovln byl radar za II. světové války.

V roce 1947 si všiml zaměstnanec výrobce radaru, americké firmy Raytheon, že se mu v blízkosti radaru roztavila čokoláda. To ho přivedlo k myšlence zkonstruovat mikrovlnou troubu. První patent byl podán v roce 1952. První trouba se objevila v roce 1961. Masového rozšíření se pak dočkala zásluhou japonské technologie sériové výroby magnetronů v 80. letech 20.století

**Mikrovlny jsou elektromagnetickým vlněním**, které zaujímá v elektromagnetickém spektru oblast na samém konci rádiových vln. To znamená, že jsou ohraničeny z jedné strany pásmem VKV a z druhé strany infračerveným zářením. Jedná se o frekvenci od 300 MHz do 300 GHz, což odpovídá vlnovým délkám  $\lambda$  od 1 m do 1mm. Pro průmyslovou aplikaci je povoleno více frekvencí, nás ale zajímá především frekvence 2 450 MHz o vlnové délce 12,2 cm, kterou využíváme v našich aplikacích ( modrá šipka v grafu ).



Pro někoho bude možná srozumitelnější spektrální graf elektromagnetického vlnění často používaný ve spojení s aplikaci mikrovln s praxi :



Mikrovlnné pásmo, protože leží mezi kmitočty klasické radiotechniky a optickými kmitočty, má ve spektru elektromagnetických vln zcela zvláštní postavení. Vzhledem ke své poloze se u nich projevují jak vlastnosti klasických rádiových vln, tak některé vlastnosti optické. Z teorie elektrických obvodů jsou to např. odpor, vodivost, impedance, z fyziky pak koeficient odrazu, přenosu, index lomu apod.

Nejrozšířenější využití mikrovln je při přenosu zpráv, obrazu a dalších informací v telekomunikacích (např. mobilní telefony), v navigaci (radary) apod. V průmyslu, službách a domácnostech se využívá hlavně jejich **další vlastnost a tou je ohřev**. V domácnostech, restauracích a v potravinářském průmyslu se využívají k ohřevu a rozmrazování potravin (mikrovlnné trouby), případně k sušení ovoce, zeleniny, těstovin, chipsů a pod. V průmyslu se mikrovlnami suší textil, kůže, bavlna, keramika, tabák, dřevo, léčiva, chemikálie, papír a pod.

**Vlastnosti mikrovlnného ohřevu jsou využívány také při vysoušení dřeva, odstraňování dřevokazných škůdců tj. hmyzu, hub nebo plísní.**

## II. Princip mikrovlnného ohřevu

Z hlediska materiálu a jeho interakce s mikrovlnami existují tři možnosti:

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/

Pro nás je **důležitý** především **případ B, tj. interakce mikrovln s vodou**. Voda je polární látka se záporným nábojem na atomu kyslíku a kladným nábojem na atomech vodíku. V normálním stavu jsou molekuly vody v neuspořádaném stavu. V elektrickém poli dochází k orientaci molekul podle polarity / kladná část k zápornému pólu, záporná část ke kladnému /. V našem případě se polarita vysokofrekvenčního elektromagnetického pole mění více než  $10^9$  krát za sekundu. To vyvolá oscilační vibrace, molekuly se rozkmitají a narážejí na sebe, což se projeví přeměnou mikrovlnné (elektromagnetické) energie na tepelnou a také kinetickou. /Laicky řečeno, voda je z materiálu po zahřátí odpařována a také vytlačována./

*Přeměna elektromagnetické (mikrovlnné) energie na teplo je dán vztahem:*

$$P = 21t f' t'' E^2$$

*P - energie absorbovaná v jednotce objemu (W/m)*

*f' :- frekvence mikrovlnného pole (2450 MHz)*

*t' - permitivita (F/m)*

*t'' - dielektrický ztrátový faktor materiálu*

*E - intenzita elektrického pole uvnitř materiálu (V/m)*

### Charakteristické vlastnosti mikrovln neexistujících u klasického ohřevu

A/ **objemový ohřev** / dochází k němu v celém objemu **zevnitř**, a nikoliv přestupem tepla z povrchu dovnitř, jak je tomu u klasického ohřevu. To může přispívat k rovnoměrnosti ohřevu, avšak záleží na tvaru, velikosti a složení materiálu. Záleží na teplotním profilu, který je opačný než u ohřevu klasického. Nejvyšší teplota je uvnitř a klesá směrem k povrchu./

B/ **selektivní ohřev** / u vícesložkového materiálu dochází k ohřevu jen u složky, která absorbuje mikrovlny (obsahuje bipolární molekuly). Neabsorbující složka se neohřívá, nebo jen vedením tepla od ohřáté složky. Např. voda-tuk, voda-olej, voda-papír, voda-dřevo, voda-dřevo a pod./ Např. při sušení se tak ohřívá selektivně jen vlhké místo a sušení je mnohem rovnoměrnější, rychlejší a úspornější než při užití klasických metod sušení. Může však dojít i k nerovnoměrnému ohřevu; to je třeba pak řešit (např. snížením výkonu na pulzní systém).

. **Lokální přehřátí** - k nerovnoměrnému ohřevu nemusí dojít jen v důsledku selektivního ohřevu, ale nejčastěji k němu dochází v důsledku nehomogenity mikrovlnného pole. Mikrovlnné pole rozptýlené v prostoru trouby není nikdy zcela homogenní, tj. existují místa s vyšší a nižší intenzitou (tzv. „hot spots“), která mohou způsobit až místní přepálení materiálů. V kuchyňských mikrovlnných troubách se tento jev potlačuje rotačním talířem, u průmyslových zařízení běžícím pásem.

. **Teplotní úlet** - dochází k němu jen ve výjimečných případech, kdy síla absorpce mikrovln prudce stoupá s teplotou (např. u práškových kovů). U vody tento případ nehrozí, neboť absorpce mikrovln s teplotou klesá - může však dojít k přehřátí vody nad 100°C.

Převzato z technické literatury a přednášky Milana Hájka z Ústavu chemických procesů AVČR.

### III. Technika využívaná při likvidaci biologických škůdců a vysušování

K sanaci se používají zařízení, která často nesou v názvu MASER ( je to *zkratka začátečních písmen Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což znamená v překladu kvantový generátor mikrovlnného záření*). Vlastní zařízení se skládá ze zdroje mikrovlnného záření – magnetronu (také se někdy užívá emitor mikrovln), odrazového zrcadla (paraboly) nebo směrové antény a řídicích prvků. Pro běžnou praxi se používají stroje, které obsahují jeden nebo dva magnetrony, každý o výkonu 750-850W. Používá se několika zařízení najednou. Závisí to na druhu a náročnosti sanace. Při likvidaci biologických škůdců je to 5 až 8 ks, při vysušování 20 i více. Množství používaných strojů je vždy závislé na přívodu el.proudu.

Parametry mikrovlnných strojů , které v současné době používáme:

Rozměry: cca 50 x 30 x 20 cm

Váha: cca 10 – 15 kg

Vyzařovaný výkon: cca 750 – 850 W

Příkon jednoho stroje: max. 1200 VA

Napětí: 230V

nebo Rozměry: cca 50 x 30 x 20 c

Váha: cca 15 – 20 kg

Vyzařovaný výkon: cca 1500 – 1700 W

Příkon jednoho stroje: max. 2400 VA

Napětí: 230V

Skupinové využití strojů při likvidaci dřevokazných škůdců:



### IV. Působení na materiály

Vliv mikrovlnného záření na stavební materiály byl laboratorně zkoušen na **Hornicko-hutnické akademie v Krakově** s tím, že nedochází k jejich destrukci ani poškození pokud jsou dodržovány všechny technologické postupy. Podrobnější výsledky jsou uvedeny v sekci „certifikáty“. K nemůže dojít, protože pracovníci jsou dobře proškolení, musí při práci dodržovat všechny stanovené technologické postupy, ve kterých je určeno, kromě jiného, pravidelné měření teplot materiálů uvnitř hmoty i zevně.

### V. Bezpečnost při využívání mikrovlnné technologie.

Jak již bylo řečeno mikrovlny jsou klasické elektromagnetické vlnění o frekvenci nižší než záření sluneční ( viz grafy). Nezanedbává žádné zbytkové záření škodlivé zdraví.

O bezpečnosti je nutno hovořit v tomto případě z důvodů použití dosti vysokých výkonů elektromagnetických vln a to v rozmezí 500 až 2000 W.

K poškození tkáně nebo citlivého orgánu může dojít pouze přímým ozářením z velmi krátkých vzdáleností (cm) po delší dobu. Tato doba je přímo úměrná vzdálenosti a velikosti vyzařovaného vysokofrekvenčního výkonu.

Z biologického hlediska je nutno dále rozlišovat mezi *ionizujícím* a *neionizujícím zářením*. Z hlediska živého organismu a tedy i lidského těla je důležitá energie, kterou sebou nese emitovaný foton elektromagnetického záření. Tato energie stoupá s klesající vlnovou délkou a při délce kratší než jeden mikrometr je tato energie dostatečná, aby ionizovala atomy vodíku, kyslíku a uhlíku. Protože tyto prvky tvoří základ živé hmoty, je na tuto vlnovou délku položena z biologického hlediska hranice mezi *ionizujícím* a *neionizujícím zářením*.

**Mikrovlny jako neionizující záření** ale přesto pronikají do tkání a předávají tam svou energii. Celkový účinek na člověka je kromě *vlnové délky* dán *intenzitou elektromagnetického pole*, které záleží na výkonu vysílacího zdroje. Pro vysoušení materiálů nebo odstraňování biologických škůdců jsou používány emitory elektromagnetického záření převážně o výkonu 850 W, výkonová hustota pole se pohybuje řádově v jednotkách  $W/cm^2$

Pro pohyb v elektromagnetickém poli ve vsokofrekvenčním pásmu jsou na základě zkušeností stanoveny přípustné hodnoty ozáření, které jsou rozdílné pro pracovníky a obyvatelstvo (pro obyvatelstvo 7x přísnější) a které jsou vyjádřeny závaznou normou. V ČR je to *vyhláška MZ ČR č.408/1990 Sb a 480/2004*.

Dle této vyhlášky je nejvyšší přípustná hodnota ozáření dána vzorcem:

- pro pracovníky obsluhy zařízení:  $W_{sp} = S (W) \cdot t (h) = 800 \mu W/cm^2$ , při dodržení podmínky, že maximální výkonová hustota pole nesmí být větší než  $2650 \mu W/cm^2$ ,
- pro obyvatelstvo:  $W_{so} = S(W) \cdot t (h) = 120 \mu W/cm^2$ , při dodržení podmínky, že maximální výkonová hustota pole nepřesáhne  $250 \mu W/cm^2$ .

Z toho vyplývá, že pro trvalý 24 hodinový pobyt v elektromagnetickém poli nesmí průměrná výkonová hustota přesáhnout 33 (pro pracovníky), resp. 5 (pro obyvatelstvo)  $\mu W/cm^2$ .

Při posuzování a dodržování těchto pravidel se můžeme opírat o vlastní zkušenost používání mikrovlnných zařízení při vysoušení dřeva a odstraňování biologických škůdců. Pro tyto práce jsou používány emitory o max. výkonu 850 W, ze kterých je záření usměrněno kovovým vlnovodem příslušným směrem a nasměrováno ke zdi nebo k předmětu. Prostory, ve kterých se pracuje, jsou odstíněny kovovými sítěmi, ze kterých žádné měřitelné záření neuniká. V průběhu prací se provádí měření intenzity pole při každém přenosu stroje nebo nastavení jiných úhlů ozařování, či jakékoliv změně okolností, které by mohly mít ovlivňující účinek.

Naměřené hodnoty v zásadě potvrdily teoretické předpoklady; pro zajímavost uvádíme některé typické hodnoty:

- přímý paprsek, za strusko betonovou zdí tloušťky 50 cm a vlhkosti 2,3 % hm.v.:  $S = 2,3 \text{ mW/cm}^2$
- z boční strany a zezadu zařízení, vzdálenost 4,5 m:  $S = 20 \mu W/cm^2$
- z boční strany a zezadu zařízení, vzdálenost 4,5 m:  $S = 20 \mu W/cm^2$
- ze všech úhlů, když je zařízení překryto mosaznou sítí, vzdálenost 4,5 m:  $S = 1,5 \mu W/cm^2$

Pro srovnání. U mobilního telefonu přiloženého k uchu, je při hledání v síti hustota cca  $500 \mu W/cm^2$ .

Hodnoty nepřesahují mezní úroveň výkonové hustoty (pro obyvatelstvo) vyjma při cíleném vyhledávání ve směru přímého paprsku. Naměřené hodnoty u cloněného zařízení jsou menší než je nejvyšší přípustná hladina ozáření pro obyvatelstvo pro 24 hodinový pobyt pro případ trvalé generace elektromagnetického pole.

**Při práci navíc pracovníci pro svou bezpečnost i bezpečnost okolí používají vodivé kovové sítě a pravidelně měří intenzitu vysokofrekvenčního pole.**

Pro praxi lze učinit závěr, že 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. K tomu by ale nemělo dojít, protože osoby pohybující se v bezpečné vzdálenosti několika metrů nejsou ohrožovány. Obsluha je pro práci s mikrovlnnou technologií speciálně proškolená a dodržuje všechna stanovená pravidla a předpisy.