



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

## ANALÝZA EMW ZÁŘENÍ PRO STERILIZACI BIOTICKÝCH ŠKŮDCŮ

ANALYSIS OF EMW RADIATION FOR STERILIZATION OF BIOTIC PESTS

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marie Danielová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Holešovský, Ph.D.

BRNO 2024



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav pozemního stavitelství
Studentka:	Bc. Marie Danielová
Vedoucí práce:	Ing. Jan Holešovský, Ph.D.
Akademický rok:	2023/24
Studijní program:	N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.1111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Analýza EMW záření pro sterilizaci biotických škůdců** **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Zpracování teoretické diplomové práce, jejímž předmětem je analýza působení mikrovlnného záření za účelem sterilizace biotických škůdců. Diplomová práce bude povinně obsahovat tři části. Část teoretickou, kde budou shrnuty známé poznatky. Část experimentální, kde bude provedeno reálné měření, reálné ozáření prvků napadených biotickými škůdci. Dále bude obsahovat část shrnutí problematiky a z něj vyplývající závěry a doporučení.

### **Cíle a výstupy diplomové práce:**

Práce shrnuje teoretické poznatky z oblasti mikrovlnného záření, jeho využití při vysoušení a inaktivaci biotických škůdců, vlhkost ve stavebních materiálech a metody vysušování a také charakteristiku biotických škůdců. Kromě teoretické části bude řešena také experimentální část, při které bude využita mikrovlnná technologie.

Diplomová práce se bude zabývat využitím EMW záření k likvidaci biotických škůdců. Téma práce je velmi široké. Proto bude blíže zaměřena konkrétně na omezení nebo úplnou eliminaci podmínek, které potřebují biotičtí škůdci, omezení pouze na plísň, ke svému přežití.

Vlastní diplomová práce si pak klade tyto cíle:

- Stanovení potřebných teplot pro inaktivaci plísní - počty a délky jednotlivých cyklů ohřevů a chladnutí k dosažení teplot v průřezu, ale i na povrchích ozařovaných stavebních materiálů a s tím související úbytek vlhkosti, který způsobí zpomalení nebo úplné zastavení rozvoje plísní.
- Stanovení potřebné doby ozařování - ověřit konkrétní zvolený postup ohřevu a jeho zhodnocení z pohledu dosažené teploty, která bude porovnána s potřebnými teplotami pro inaktivaci plísní.
- Stanovení počtu cyklů, které jsou potřeba k dosažení potřebné teploty pro inaktivaci
- Vyhodnocení experimentu z pohledu zvolené doby ozařování a chladnutí a doporučení pro další vývoj metody (úprava doby ozařování, chladnutí, využití výkonnějších generátorů, výběr vlnovodu).

Všechny zdroje použité při zpracování diplomové práce musí být řádně citovány podle ČSN ISO 690 (např. pomocí [www.citace.com](http://www.citace.com)).

#### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

- (1) Směrnice děkana č. 19/2011 s dodatky a přílohami;
- (2) Platné právní předpisy a další předpisy související s tématem práce
- (3) Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO
- (4) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;
- (5) Odborná literatura.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2023

L. S.

---

prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Jan Holešovský, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Biotičtí škůdci jako jsou dřevokazné houby, plísně a dřevokazný hmyz nejsou problémem pouze starých objektů, ale i novějších staveb. Jejich výskyt má negativní vliv na fyzické i mechanické vlastnosti stavebních materiálů. Jednou z hlavních příčin výskytu biotických škůdců ve stavbách je vlhkost. Sanace objektů z hlediska vlhkosti a biotických škůdců je ve stavební praxi častým předmětem řešení. Metod používaných k odstranění vlhkosti a inaktivaci biotických škůdců je mnoho a jejich použití závisí na individuálních požadavcích jednotlivých objektů. V praxi se tímto problémem zabývají specializované firmy využívající známé technologie nebo se dále podílejí na jejich výzkumu.

Jednou z metod, která se pro sanaci vlhkosti a inaktivaci biotických škůdců používá je ozařování stavebních konstrukcí za použití EMW záření. Mikrovlnný ohřev využívaný k vysoušení vlhkosti ze stavebních materiálů je jednou z nejintenzivnějších metod při sterilizaci biotických škůdců a vzhledem k jeho intenzitě se jedná o časově i cenově dostupnější metodu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Mikrovlnný ohřev, plísně, dřevokazný hmyz, dřevokazné houby, vlhkost, elektromagnetické vlnění, mikrovlny, dřevostavby, biotičtí škůdci

## **ABSTRACT**

Biotic pests such as wood-destroying fungi, molds and wood-destroying insects are not only a problem for old buildings, but also for newer buildings. Their occurrence has a negative effect on the physical and mechanical characteristic of building materials. One of the main causes of biotic pests in buildings is moisture. Remediation of objects in terms of moisture and biotic pests is a frequent subject of solution in construction practice. There are many methods used to remove moisture and inactivate biotic pests, and their use depends on the individual requirements of individual objects. In practice, this problem is dealt with by specialized companies using well-known technologies or further participate in their research.

One of the methods used for moisture remediation and inactivation of biotic pests is the irradiation of building structures using EMW radiation. Microwave heating used to dry moisture from building materials is one of the most intensive methods for sterilizing biotic pests, and due to its intensity, it is a time and cost-effective method.

## **KEYWORDS**

Microwave heating, moulds, wood-destroying insects, wood-destroying fungi, moisture, electromagnetic waves, microwaves, wooden buildings, biotic pests

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DANIELOVÁ, Marie. *Analýza EMW záření pro sterilizaci biotických škůdců*. Brno, 2023. 102 s., 16 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí Ing. Jan Holešovský, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Analýza EMW záření pro sterilizaci biotických škůdců* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 08.01.2024

---

Bc. Marie Danielová  
autor

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Analýza EMW záření pro sterilizaci biotických škůdců* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 08.01.2024

---

Bc. Marie Danielová  
autor

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych poděkovat Ing. Janovi Holešovskému, Ph.D., za vedení diplomové práce a za pomoc se zpracováním statistických dat a doc. Ing. Karlovi Šuhajdovi, Ph.D., za odborné rady při konzultacích teoretické části práce a detailů.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za velkou podporu při zpracování této diplomové práce.



# Obsah

1. Úvod .....	11
2. Teorie EMW záření a využití ve stavebnictví .....	12
2.1. Mikrovlnné záření .....	12
2.2. Základní teorie elektromagnetického pole .....	12
2.3. Elektromagnetické vlnění a rychlost elektromagnetické vlny .....	13
2.4. Elektromagnetické spektrum .....	14
2.5. Maxwellovy rovnice .....	14
2.6. BOZP .....	16
2.7. Mikrovlnný ohřev .....	17
2.8. Působení EMW záření na stavební látky .....	17
2.9. Ohřev a vysoušení stavebních látek EMW zářením .....	18
2.10. Biologické účinky mikrovln .....	19
2.11. Výhody a nevýhody EMW záření při ohřevu stavebních látek .....	19
3. Biotičtí škůdci .....	20
3.1. Dřevozbarvující houby .....	20
3.1.1. Plísně .....	20
3.1.2. Modrací houby .....	22
3.2. Dřevokazné houby .....	24
3.2.1. Vliv vlhkosti na rozvoj dřevokazných hub .....	25
3.2.2. Vliv teploty prostředí na rozvoj dřevokazných hub .....	26
3.3. Dřevokazný hmyz .....	28
4. Sterilizace biotických škůdců EMW zářením .....	30
4.1. Odběr vzorků .....	30
4.1.1. Složení použitých agarů .....	33
4.2. Vývoj plísní po 2 týdnech od stěru .....	33
4.3. Ozařování směsných kultur .....	36
4.3.1. Průběh teplot .....	39
4.4. Vyhodnocení směsných kultur plísní .....	40
4.5. Ozařování čistých kultur .....	47
4.5.1. Průběhy teplot .....	51
4.5.2. Identifikace vzorků .....	57
4.6. Vyhodnocení čistých kultur .....	57

4.6.1.	Logistická regrese .....	73
4.6.2.	Modely výpočtů .....	73
4.6.2.1.	Model č.1 .....	74
4.6.2.2.	Model č.2 .....	76
4.6.3.	Další uvažované modely .....	78
4.6.4.	Porovnání modelů .....	78
5.	Detaily .....	79
5.1.	Detail crawl-space a posouzení ve 2D .....	79
5.2.	Detail založení na desce a posouzení ve 2D .....	85
6.	Závěr .....	90
6.1.	Shrnutí výsledků a vyhodnocení experimentů.....	90

# 1. Úvod

Biotičtí škůdci jako jsou dřevokazné houby, plísně a dřevokazný hmyz nejsou problémem pouze starých objektů, ale i novějších staveb. Jejich výskyt má negativní vliv na fyzické i mechanické vlastnosti stavebních materiálů. Jednou z hlavních příčin výskytu biotických škůdců ve stavbách je vlhkost. Sanace objektů z hlediska vlhkosti a biotických škůdců je ve stavební praxi častým předmětem řešení. Metod používaných k odstranění vlhkosti a inaktivaci biotických škůdců je mnoho a jejich použití závisí na individuálních požadavcích jednotlivých objektů. V praxi se tímto problémem zabývají specializované firmy využívající známé technologie nebo se dále podílejí na jejich výzkumu.

Jednou z metod, která se pro sanace vlhkosti a inaktivaci biotických škůdců používá je ozařování stavebních konstrukcí za použití EMW záření. Mikrovlnný ohřev využívaný k vysoušení vlhkosti ze stavebních materiálů je jednou z nejintenzivnějších metod při sterilizaci biotických škůdců a vzhledem k jeho intenzitě se jedná o časově i cenově dostupnější metodu.

Účelem této práce je shrnutí dosavadních teoretických poznatků z oblasti mikrovlnného záření, jeho využití při vysoušení vlhkých stavebních prvků a konstrukcí a inaktivaci biotických škůdců ve stavebních materiálech. Další částí práce je experimentální část, při které je využita mikrovlnná technologie. Jelikož je téma využití EMW záření k likvidaci biotických škůdců velice obsáhlé, samotná práce je zaměřena konkrétně na sterilizaci (inaktivaci) nebo úplnou likvidaci plísní. Vlastní diplomová práce si pak klade tyto cíle:

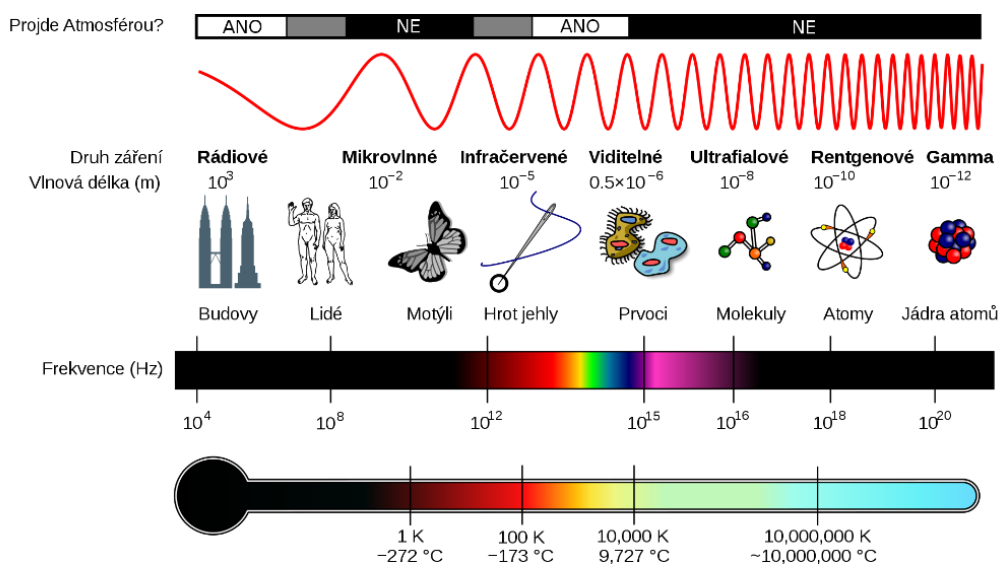
- Stanovení potřebných teplot pro inaktivaci konkrétních druhů plísní.
- Stanovení potřebné doby EMW ozařování pro inaktivaci plísní.
- Stanovení počtu cyklů EMW záření, které jsou nutné k dosažení potřebné teploty pro inaktivaci plísní.
- Vyhodnocení experimentů a doporučení pro další experimentální činnost.

## 2. Teorie EMW záření a využití ve stavebnictví

### 2.1. Mikrovlnné záření

Jedná se o elektromagnetické záření o vlnové délce od 1 mm do 1 m, čemuž odpovídá frekvence 300 MHz až 300 GHz. Mikrovlnné záření se využívá v mnoha odvětvích lidské činnosti, ať už ve zdravotnictví, stavebnictví, restaurování uměleckých děl, či přenosu informací a mnoha dalších. Jako nejznámější využití mikrovlnného záření je použití mikrovln pro ohřev potravin, kde se využívají mikrovlny s frekvencí 2,45 GHz, tj. o vlnové délce 12,2 cm [1,2].

Mikrovlnné záření je generováno pomocí speciální elektronky, tzv. magnetronu, která je konstruována s důrazem na výkon a účinnost. Základ dnešního magnetronu je tvořen velmi silným permanentním magnetem ve tvaru prstence, který obklopuje vakuovou trubici s rezonančními komorami. Uvnitř této trubice je na jedné straně žhavicí katoda a z druhé vlnovod, který určuje směr, do kterého se mikrovlnné záření přenáší [3,4].



Obr. 2.1 - Mikrovlnné záření a rádiové vlny [5].

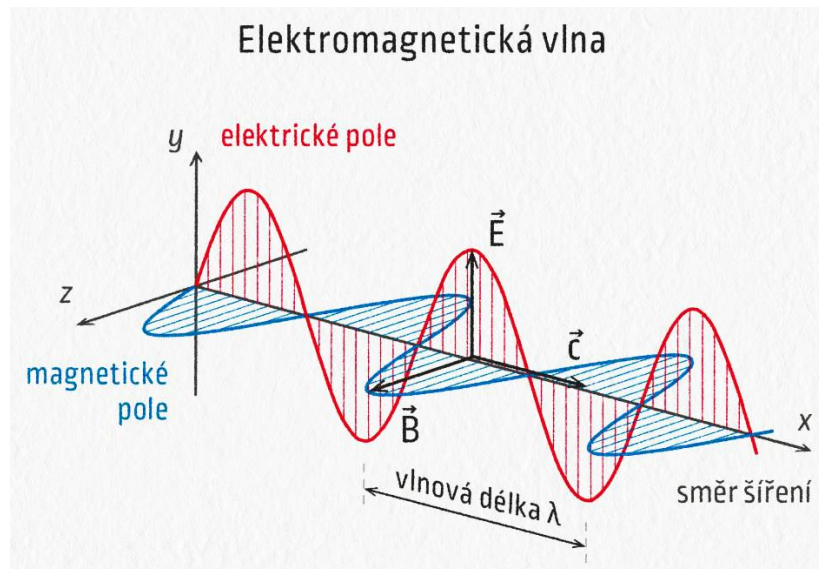
### 2.2. Základní teorie elektromagnetického pole

Základní teorii elektromagnetického pole a podstatu elektromagnetického vlnění vyložil ve 2. polovině 19. století James Clarc Maxwell. Je založena na mnoha zákonitostech, které vycházejí z různých experimentů a objevů. Mezi rozhodující hypotézu patří elektromagnetická indukce, kterou objevil a experimentálně potvrdil Michael Faraday. J. C. Maxwell pak tento jev v roce 1865 zařadil mezi čtyři zákony elektromagnetického pole, které nazýváme Maxwellovy rovnice [6].

Jedná se o fyzikální pole, které vyjadřuje působení elektrické a magnetické síly v prostoru. Skládá se z elektrického a magnetického pole, které jsou vzájemně fyzikálně propojeny. Samo o sobě je elektromagnetické pole vlastním přenašečem elektrické energie, elektrický proud a elektrické napětí jsou pouze vnějšími projevy, nikoliv přenašeči [7].

### 2.3. Elektromagnetické vlnění a rychlost elektromagnetické vlny

Elektromagnetické vlnění představuje děj, při kterém se v prostoru šíří příčné vlnění elektrického a magnetického pole. Elektrická složka, která je tvořena vektorem intenzity elektrického pole  $E$  a magnetická složka, kterou představuje vektor magnetické indukce  $B$ , jsou navzájem neoddělitelně spjaty a společně vytvářejí jediné elektromagnetické pole. Obě tyto složky jsou na sebe navzájem kolmé i na směr šíření vlnění, jak je znázorněno na obrázku 2.2. Z toho vyplývá, že každé elektromagnetické vlnění je vlnění příčné [8,9].



Obr. 2.2 – Elektromagnetická vlna, složky a vlnová délka [10].

Rychlost  $v$ , kterou se šíří elektromagnetická vlna závisí na prostředí, ve kterém se vlnění šíří. Pro látkové prostředí platí vztah:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}} \quad (2.1)$$

kde:

- $\varepsilon$  je permitivita prostředí,
- $\mu$  je permeabilita prostředí.

Ve vakuu se elektromagnetické vlnění šíří rychlostí  $c$ :

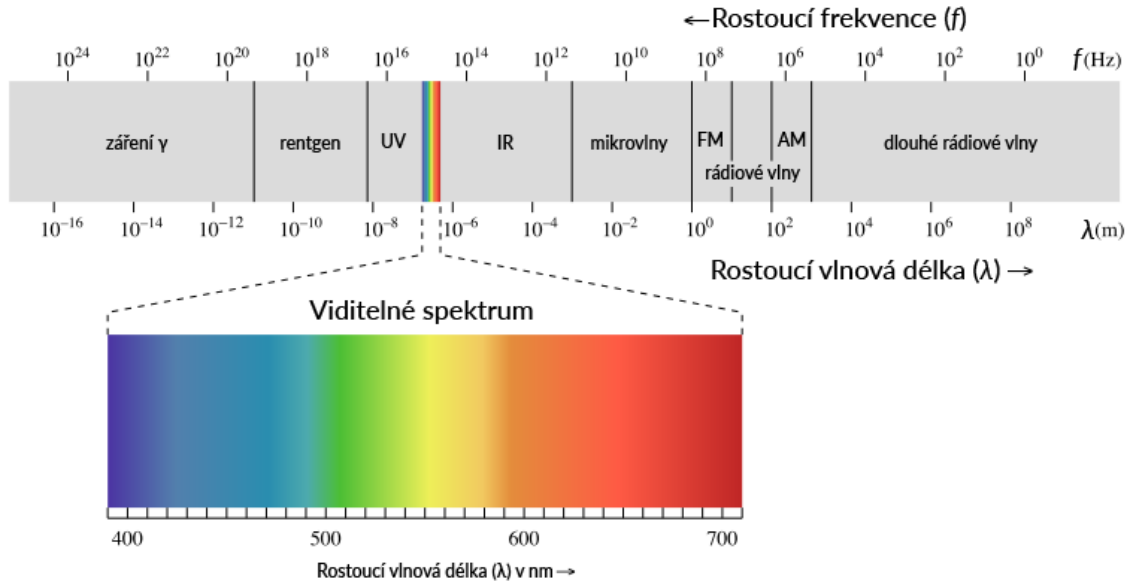
$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2.2)$$

kde:

- $\varepsilon_0$  je permitivita vakua,
- $\mu_0$  je permeabilita vakua [11,12].

## 2.4. Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum je stupnice, která rozděluje elektromagnetické záření podle vlnové délky a odpovídající frekvence na jednotlivá záření specifických vlastností. Na obrázku 2.3 je znázorněné spektrum se všemi typy elektromagnetického záření, které se ve vesmíru vyskytuje.



Obr. 2.3 - Elektromagnetické spektrum [13].

Elektromagnetické záření o vlnové délce  $\lambda$  má frekvenci  $f$  a jemu připisovaný foton má energii  $E$ . Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (2.3)$$

$$E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}, \quad (2.4)$$

kde:

- $\lambda$  je vlnová délka [m],
- $c$  je rychlost světla (přibližně  $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),
- $f$  je frekvence [Hz],
- $h$  je Planckova konstanta ( $h = 6,6252 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ) [14,15].

## 2.5. Maxwellovy rovnice

J. C. Maxwell tyto rovnice publikoval v roce 1865 a staly se základními zákony elektromagnetického pole. Mohou být zapsány v integrálním nebo diferenciálním tvaru. První Maxwellova rovnice (zákon celkového proudu, zobecněný Ampérův zákon) je v následujícím tvaru:

<p>Integrální tvar</p> $\oint H \cdot dl = I + \int \frac{dD}{dt} \cdot dS,$	<p>Diferenciální tvar</p> $\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t}.$	(2.5)
--	--	-------

Druhá Maxwellova rovnice (zákon elektromagnetické indukce, Faradayův indukční zákon) je v následujícím vztahu:

Integrální tvar	Diferenciální tvar	
$\oint E \cdot dl = - \int \frac{dB}{dt} \cdot dS,$	$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t}.$	(2.6)

Třetí Maxwellova rovnice (Gaussův zákon elektrostatiky) je v následujícím vztahu:

Integrální tvar	Diferenciální tvar	
$\oint D \cdot dS = Q,$	$\nabla \cdot D = \rho.$	(2.7)

Čtvrtá Maxwellova rovnice (zákon spjitosti indukčního toku) je v následujícím vztahu [16,17]:

Integrální tvar	Diferenciální tvar	
$\oint B \cdot dS = 0,$	$\nabla \cdot B = 0.$	(2.8)

## 2.6. BOZP

Při užívání elektromagnetického záření je nutné dbát na ochranu před vlivem tohoto záření. Podmínky bezpečnosti a ochrana zdraví je dána Nařízením vlády č. 291/2015 Sb., Nařízení vlády o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Toto nařízení nám udává nejvyšší přípustné hodnoty neionizujícího záření ve frekvenční oblasti od 0 Hz do  $1,7 \cdot 10^{15}$  Hz pro zaměstnance a fyzické osoby v komunálním prostředí. Při hodnocení expozice zaměstnance a fyzické osoby v komunálním prostředí neionizujícímu záření ve frekvenční oblasti od 0 Hz do  $1,7 \cdot 10^{15}$  Hz se mimo nejvyšších přípustných hodnot a referenčních hodnot zohledňují dále zejména přímé biofyzikální účinky, intenzita záření, frekvenční spektrum, trvání a typ expozice a další.

Pokud z hodnocení expozice vyplývá, že člověk je nebo může být exponován neionizujícímu záření překračujícímu nejvyšší přípustné hodnoty, je nutné přijmout k ochraně jeho zdraví alespoň jedno z následujících opatření a to jsou, buďto zajistit organizaci práce, pracovní postup a uspořádání pracoviště tak, aby bylo dosaženo snížení expozice elektromagnetickému poli pod nejvyšší přípustné hodnoty, nebo zajistit osobní ochranné pracovní prostředky, pokud jsou pro daný druh neionizujícího záření dostupné, které sníží expozici elektromagnetickému poli pod nejvyšší přípustné hodnoty.

Nejvyšší přípustná hodnota pro účinky způsobené elektrickou stimulací tkáně polem ve frekvenčním pásmu od 0 Hz do 10 MHz je dána modifikovanou intenzitou elektrického pole  $E_{mod}(t)$  indukovaného v tkáni, což je intenzita elektrického pole indukovaného v tkáni modifikovaná lineárním filtrem s frekvenční charakteristikou  $G(f)$ . Pro nepřekročení nejvyšší přípustné hodnoty nesmí v žádném časovém okamžiku velikost modifikované intenzity elektrického pole  $E_{mod}(t)$  překročit hodnotu  $1 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$  pro zaměstnance a  $0,2 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$  pro fyzické osoby v komunálním prostředí [18].

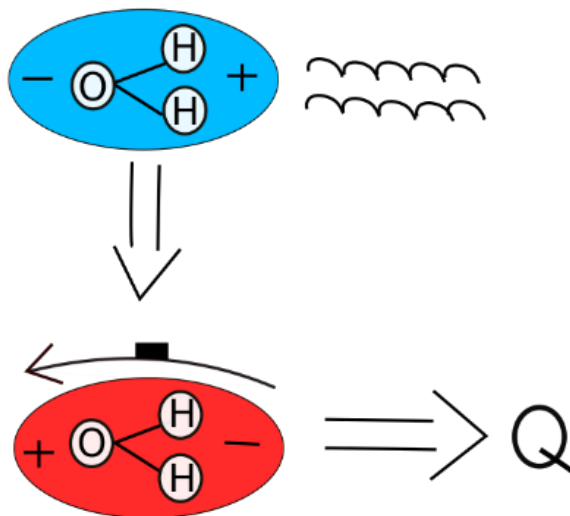
Zásady pro bezpečnost lze shrnout do těchto bodů:

- vyloučení nechtěné expozice neionizujícímu záření,

- zdroje záření, pokud jejich chod nelze kontrolovat zrakem, vybavit optickou signalizací chodu,
- zakrytí či zastínění zdrojů záření,
- zkrácení doby expozice. Pokud není omezení expozice technickými prostředky možné (např. při svařování), je nutné použít OOPP na ochranu očí a obličeje (celoobličejové štítky), brýle nepropouštějící UV záření, speciální brýle pro práci s lasery, ochranné rukavice, popřípadě ochranný oděv,
- preventivní lékařské prohlídky vstupní, periodické a výstupní u zaměstnanců vykonávajících práce určené jako práce rizikové [19].

## 2.7. Mikrovlnný ohřev

Mikrovlnný ohřev, který je založen na elektromagnetické indukci, je oproti klasickým ohřevům, které k přenosu tepla potřebují nějaké teplotněsoudné médium jako například vodu, páru nebo vzduch, mnohem účinnější a rychlejší. Rychleji se zahřívají látky či materiály s vyšším obsahem vody. Působení mikrovln na dipóly vody, jak je tomu na obrázku 2.4, má za následek, že molekuly se rozkmitají a je jim dodána energie. Tato energie se projeví například rozrušováním chemických vazeb v řetězcích molekul navázaných k sobě a zvyšováním pohybové energie molekul. Na povrchu ohřívaného materiálu potom tento zvýšený pohyb molekul můžeme pozorovat jako nárůst teploty [20,21].



Obr. 2.4 – Působení mikrovln na molekulu vody [22].

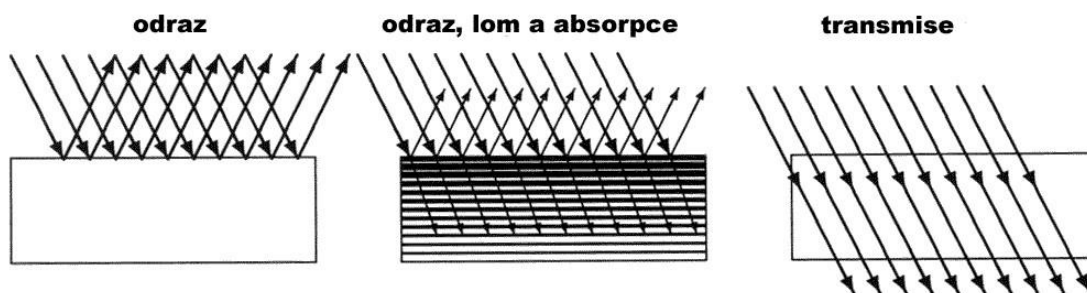
## 2.8. Působení EMW záření na stavební látky

Mikrovlnné záření působí na materiály třemi způsoby:

- je odraženo – většina nemagnetických kovů,
- prochází – izolanty jako například dřevo, keramika, sklo, většina plastu a další,
- je pohlcováno a přeměněno na teplo – voda, magnetické materiály apod. [23].

Toto je znázorněno na obr. 2.5.

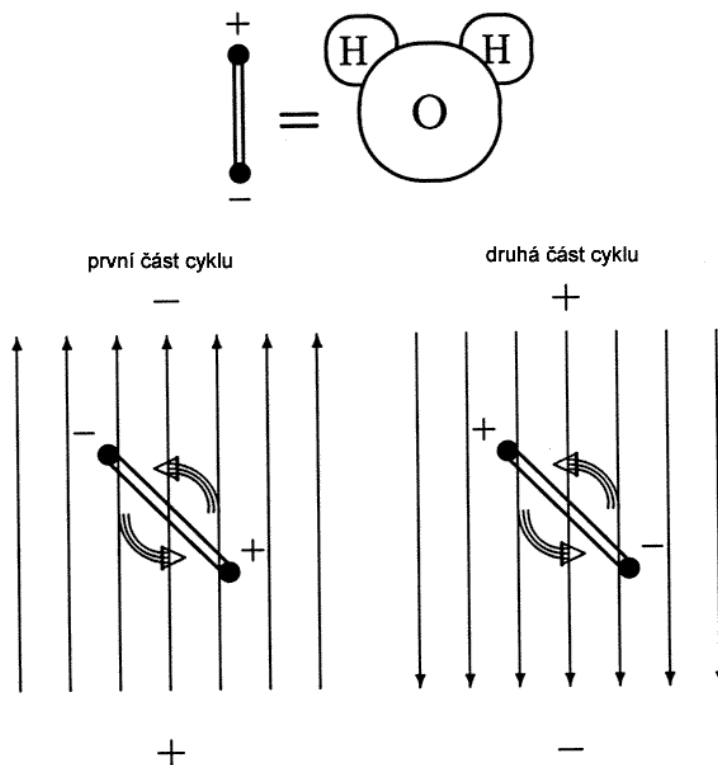




Obr. 2.5 – Působení EMW záření na různé typy materiálů [24].

## 2.9. Ohřev a vysoušení stavebních látek EMW zářením

Elektromagnetické záření můžeme využívat ke snižování vlhkosti stavebních látek a tím zabránit vzniku plísní v budovách. Vedle vysoušení se mikrovlny mohou používat také k ohřevu stavebních látek k likvidaci biotických škůdců jako jsou plísně, houby a dřevokazný hmyz. Voda je základní složkou buněk těla organismů a díky mikrovlnnému záření jsme schopni tyto škůdce sterilizovat. Jak již bylo popsáno v kapitole 3, působením mikrovln na molekuly vody se rozkmitáním molekul dodává energie, která se přeměňuje na teplo. Princip Mikrovlnného ohřevu je znázorněn na obr. 2.6. Při zvýšené teplotě v buňkách živých organismů dochází ke srážení bílkovin a během krátké doby uhynou veškerá vývojová stadia těchto organismů. Potřebná teplota a doba působení mikrovln závisí na různých druzích biotických škůdců. Avšak doba, po kterou bude materiál ozařován musí být dostatečně dlouhý na to, aby došlo k prohřátí celého objemu materiálu [25].



Obr. 2.6 – Princip mikrovlnného ohřevu [26].

## 2.10. Biologické účinky mikrovln

Biologické účinky se dají rozdělit na dva typy, a to netepelné a tepelné. Netepelné účinky jsou typické pro nízké frekvence a projevují se vznikem elektrických proudů v těle. Proudů, které mají velikost něco nad jednoty mA, nebo proudovou hustotu  $10^{-1} \text{ A.m}^{-2}$  a intenzitu elektrického pole uvnitř těla nad  $10 \text{ V.m}^{-1}$  se považují za hraniční hodnotu. Při vysokých frekvencích nad 100 kHz dochází k tepelným účinkům záření. Dochází k zahřívání tkáně těla a může vést k těžkým popáleninám a poraněním. Nejvíce je potřeba si dávat pozor na oči, které jsou zvláště citlivé na účinky elektromagnetického záření. Biologické účinky jsou závislé na intenzitě, délce expozice a také na vlnové délce. Centimetrové a decimetrové vlny o frekvenci do 500 Hz mohou pronikat hlouběji do tkání, milimetrové vlny, které mají frekvence nad 3000 MHz, jsou plně absorbovány kůží a magnetické pole o pulsech totožných s  $\alpha$  vlnami člověka (frekvence mezi 8–14 Hz) vyvolává rezonanční jevy působící změny toku iontů vápníku  $\text{Ca}^{2+}$  v mozku a krvi [27,28].

## 2.11. Výhody a nevýhody EMW záření při ohřevu stavebních látek

### Výhody EMW záření

Mezi hlavní výhody ohřevu mikrovlnným zářením patří:

- Jeho rychlost, a tím rychlejší sterilizace biotických škůdců a vysoušení materiálů.
- Ohřev materiálu v celém objemu, hloubkové prohřátí, a ne pouze povrchový ohřev.
- Nedochozí ke změnám struktury stavebního materiálu.
- Lokální ohřev, ozařování konkrétního místa stavebního materiálu.
- Mikrovlny díky vysoké efektivitě technologie výrazně snižují celkové náklady na energie.

### Nevýhody EMW záření

Mezi nevýhody řadíme:

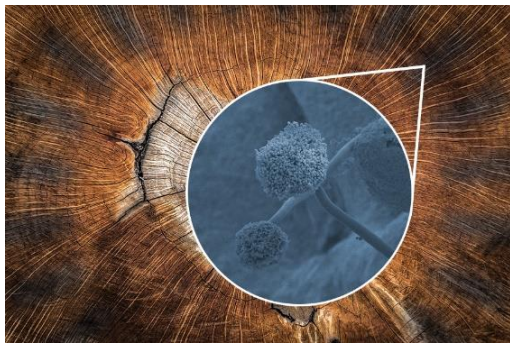
- Negativní vliv na lidský organismus. Při dlouhodobé expozici hrozí vznik různých nemocí, zvláště citlivé jsou oči.
- Může docházet k lokálnímu přehřátí v nehomogenních materiálech.
- Nedá se použít pro ohřev jakéhokoliv materiálu, důvodem je odrazivost záření od kovových prvků.

### 3. Biotičtí škůdci

Biotické škůdce dřeva můžeme rozdělit do třech základních skupin, a to:

- dřevozbarvující houby,
- dřevokazné houby,
- dřevokazný hmyz.

#### 3.1. Dřevozbarvující houby



Obr. 3.1 - Dřevozbarvující houby [30]

Tato skupina se dále dělí na plísňe a modrací houby. Dřevozbarvující houby jsou méně nebezpečné než dřevokazné houby a dřevokazný hmyz, protože na rozdíl od těchto skupin nezpůsobují rozklad dřevní hmoty, ale mají pouze negativní vliv na jeho vzhled. Toto je nežádoucí u prvků, které mají plnit pohledovou, dekorativní funkci.

Pokud se na tuto skupinu podíváme z hygienického a zdravotního hlediska a jejich vliv na lidský organismus, jsou

dřevozbarvující houby srovnatelné s dřevokaznými houbami. Z tohoto hlediska představují větší nebezpečí než dřevokazný hmyz. Jedná se především o spory plísní, které negativně působí na lidský organismus a často způsobují respirační potíže, bolesti hlavy apod. [29,31].

##### 3.1.1. Plísňe

Plísňe můžeme dále dělit na zástupce tříd, kde se část těch nejdůležitějších zástupců se řadí do třídy Zygomycetes (houby spájivé) a část do třídy Fungi imperfecti (houby nedokonalé). Právě zástupci třídy Fungi imperfecti napadají dřevo nejčastěji, a to především rody *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, ale i další.

Vysoká relativní vlhkost vzduchu a tím pádem i vysoká vlhkost dřeva jsou základními předpoklady pro výskyt a růst plísní. K výskytu na dřevě stačí plísním vlhkost vyšší než 20 %, avšak ve větším měřítku se plísňe vyskytují až při vlhkosti dřeva okolo 35 – 40 % a vyšší. Plísňe patří do skupiny škůdců dřeva, kteří nezpůsobují rozklad dřevní hmoty, protože mycelium plísní prorůstá pouze povrch dřeva a neproniká do jeho vnitřních partií [29,31]. Dále jsou uvedeny významné rody.

##### Rod *Penicillium*

Rod *Penicillium* je skupina hub, která zahrnuje více než 300 druhů. Tyto houby jsou rozšířeny po celém světě a jsou známy svou schopností produkovat různé druhy antibiotik, jako je penicilin.

Charakteristickým znakem *Penicillium* jsou jejich kolonie, které mají zelenou, modrou nebo bílou barvu a mají plstnatou nebo sametovou strukturu. Tvar kolonií se může lišit od druhu k druhu. Hlavní způsob šíření těchto hub je přes spory, které jsou velmi odolné vůči nepříznivým podmínkám.

*Penicillium* se často vyskytuje ve vlhkých a chladných prostředích, jako jsou například zemědělské produkty, potraviny, zdivo budov, staré knihy a papírové

materiály. Některé druhy rodu *Penicillium* mohou být původci nemocí u rostlin, zvířat i lidí. Na stavbách se běžně mohou vyskytovat různé druhy plísní rodu *Penicillium*. Mezi nejběžnější patří: *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium expansum* a další [32].

### **Rod *Aspergillus***

Rod *Aspergillus* je skupinou mikroskopických hub, které jsou široce rozšířené ve vnějším prostředí, zejména v půdě a organickém materiálu. Tento rod zahrnuje více než 200 druhů. *Aspergillus* je saprofytický a rozkládá různé organické látky.

*Aspergillus* má charakteristickou stélku, která se skládá z vláknitých hyf. Na konci hyf jsou vytvořeny větvenovité výrůstky, nazývané konidiofory. Na konidioforech se tvoří mikroskopické struktury zvané konidie, které slouží k reprodukci. Druhy tohoto rodu jsou obvykle zbarveny bíle nebo světle zeleně, ale existují také druhy s odstíny žluté, oranžové nebo hnědé.

*Aspergillus* je rod, který se snadno šíří ve vlhkém prostředí, zejména při teplotách mezi 15-45 °C. Mnoho druhů je schopno růst na různých organických substrátech, včetně potravin, půdy a rostlinného materiálu. Na stavbách se mohou vyskytovat různé druhy plísní rodu *Aspergillus*. Některé z nejčastějších druhů zahrnují: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus* a další [33].

### **Rod *Trichoderma***

*Trichoderma* je rod saprofytických hub, který se vyskytuje ve velkém množství různých prostředí, včetně půdy, vodních zdrojů, rostlinných tkanin a kompostů. Je známý svými příznivými bio-kontrolními vlastnostmi, což znamená, že se aktivně podílí na potlačování patogenních organismů a stimuluje růst rostlin.

Rod *Trichoderma* zahrnuje více než 200 druhů, které se liší svým morfologickým, fyziologickým a genetickým profilem. *Trichoderma* má obvykle světle zbarvenou kolonii s charakteristickým zeleným odstínem. To je důsledek jeho schopnosti syntetizovat zelené pigmenty. Tento rod vykazuje rychlý růst a může překonat mnoho jiných mikroorganismů, což mu umožňuje rychle kolonizovat nová prostředí. Je známý svou schopností přizpůsobit se různým podmínkám prostředí. Má schopnost růst na různých typech substrátů a přežívat v různých teplotních rozmezech.

Na stavbách se vyskytuje několik druhů plísní rodu *Trichoderma*. Mezi nejčastěji se vyskytující patří *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride* a *Trichoderma atroviride*. Vzhledem k jejich schopnosti rozkládat organický materiál se mohou vyskytovat na dřevěných konstrukcích, omítkách, izolacích a jiných materiálech ve vlhkých a zatížených prostorech [34].

### **Rod *Paecilomyces***

Rod *Paecilomyces* je rod hub z čeledi trichomonaceae. Tyto houby jsou saprofytické, což znamená, že žijí na mrtvém organickém materiálu. Jsou to také houby průvodcové, které mají schopnost parazitovat na hmyzu.

Charakteristickým rysem je, že mají vláknitou morfologii, což znamená, že jejich mycelium tvoří tenká vlákna. Tyto vlákna mohou být bílá, hnědá nebo černá v závislosti na druhu. Většinou mají kulovité až oválné konidie, které jsou produkovány na koncích vláken. Další charakteristikou je schopnost těchto hub

vytvářet plodnice, které slouží k rozšiřování jejich spór. Plodnice jsou obvykle tvořeny shlukem vláken a obsahují vnitřní strukturu, ve které jsou uloženy spory. Rod *Paecilomyces* zahrnuje mnoho druhů, které se vyskytují po celém světě. Některé druhy jsou považovány za zemědělské škůdce, protože parazitují na plodinách a způsobují jejich hnití a hnilobu. Jiné druhy však mohou mít pozitivní vliv na zemědělství, protože jsou schopny likvidovat škůdce. Některé druhy *Paecilomyces*, které se často vyskytují na stavbách, zahrnují: *Paecilomyces chartarum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Paecilomyces variotii* a další [35].

### **Rod Alternaria**

*Alternaria* rod je rod hub, který obsahuje více než 300 druhů a je rozšířený po celém světě. Charakteristickým znakem tohoto rodu je produkce tzv. konidií, tedy pohlavních buněk, které se šíří vzduchem a mohou způsobovat různé typy onemocnění rostlin, zvířat i člověka. *Alternaria* se často nachází na rostlinách jako parazit nebo saprofyt, což znamená, že žije na mrtvém organickém materiálu. Je schopná přežít v různých typech půdy, včetně půdy s vysokou salinitou, a má také schopnost přežívání v suchých podmínkách.

Plísňe rodu *Alternaria* se nejčastěji projevují jako hnědé nebo černé skvrny na listech rostlin nebo jako skvrny na rohlících a ovoci. Tyto infekce mohou vést ke ztrátě úrody a poškození plodin. Na stavbách se mohou vyskytovat různé druhy plísni rodu *Alternaria*. Některé z nejčastěji se vyskytujících druhů jsou: *Alternaria alternata*, *Alternaria brassicicola*, *Alternaria infectoria*, *Alternaria tenuissima*, *Alternaria arborescens* a další [36].

### **Rod Stemphylium**

Rod *Stemphylium* je rod hub, který zahrnuje aerobiální saprofytické druhy. Jsou to fakultativní parazité, které mohou napadat širokou škálu hostitelských rostlin, včetně zemědělských plodin, jako jsou obilniny, rajčata, kukuřice a fazole. Charakteristickým znakem rodů *Stemphylium* jsou konidiální stélky, což jsou specifické útvary na koncích hyf, na kterých se tvoří konidie. Konidie jsou jednobuněčné, vejčité a mají hladký povrch. Mají také charakteristickou hnědou nebo zelenou barvu.

*Stemphylium* druhy mohou způsobovat různé typy onemocnění rostlin, včetně pochůzek na listech, skvrn na listech, hnilob a černého plísně. Tyto choroby mohou mít za následek snížení výnosů a kvality sklizně. Dnes je známo více než 100 druhů tohoto rodu. Různé druhy mají specifické hostitelské preference a jejich výskyt je ovlivňován různými faktory, včetně klimatických podmínek a výživy rostlin.

Plísňe rodu *Stemphylium* se často vyskytují na různých druzích rostlin, zejména na zelenině a obilninách. Na stavbách se mohou vyskytovat některé druhy plísni rodu *Stemphylium*, které napadají dřevo a jiné materiály používané v konstrukcích, jako například: *Stemphylium vesicarium*, *Stemphylium botryosum*, *Stemphylium herbarum* a další [37].

## **3.1.2. Modrací houby**

Modrací houby stejně jako plísňe vyžadují vysokou vlhkost dřeva. Jejich výskyt je možný již od vlhkosti vyšší než 20 %, i když běžně se ve větším měřítku objevují až

od vlhkosti 40 – 50 % a vyšších. Tyto houby napadají nejčastěji čerstvé řezivo, kterému není umožněno přirozené vysychání.

Jejich mycelium, na rozdíl od plísní, proniká částečně do dřeva, ale pouze do hloubky několika milimetrů. Tímto způsobují větší negativní změny dřeva oproti plísním, kde se v napadeném dřevě objevují různobarevné pásy až celé plochy, které jsou nejčastěji zbarvené do modrošeda, šeda až černá.

Část nejznámějších zástupců řadíme do třídy Fungi imperfecti (houby nedokonalé) a část do třídy Ascomycetes (houby vřeckovýtusné). Dřevo napadají nejčastěji rody *Aureobasidium*, *Ceratocystis*, *Sclerophoma*, *Graphium* a další [29,31].

#### **Rod *Aureobasidium* (Fungi imperfecti)**

*Aureobasidium* je rod hub zahrnující mnoho druhů, z nichž nejznámější je *Aureobasidium pullulans*. Tento rod je rozšířen po celém světě a je obvykle přítomen ve vodním prostředí. *Aureobasidia* jsou saprofytické houby, které žijí na organickém materiálu, jako jsou listy nebo kůra stromů.

Charakteristická vlastností *Aureobasidia* je jejich schopnost tvořit slizké kolonie. Mají vláknitou strukturu a vytvářejí pigmentovaná vřetenovitá nebo klubkovitá tělíska, která jsou často oranžová, hnědá nebo růžová. *Aureobasidium pullulans* je známý svými tmavě hnědými vrstvami, které se často vyvíjejí na povrchu různých materiálů, jako jsou dřevo, kovy nebo plast.

Plísně rodu *Aureobasidium* si oblíbily podmínky vnitřních prostor, zejména ve vlhkých a tmavých oblastech s nedostatečnou ventilací. To je důvod, proč jsou často nalézány na povrchu stěn, nábytku, dekorativních předmětech a potravinách, jako je ovoce a zelenina [31].

#### **Rod *Ceratocystis* (Ascomycetes)**

*Ceratocystis* je rod houbových patogenů, který zahrnuje mnoho druhů, z nichž některé jsou závažnými patogeny pro různé druhy rostlin. Mezi nejznámější patogeny tohoto rodu patří *Ceratocystis pilifera*, který způsobuje modrošedé zbarvení dřeva borovice, méně často smrku.

Charakteristickým znakem rodů *Ceratocystis* je tvorba charakteristických cylindrických výtrusnic, které mají tvar rohovitých kelímků. Tyto výtrusnice jsou obvykle ukryty ve dřevě napadené rostliny a uvolňují výtrusy pro šíření infekce. Infekce *Ceratocystis* může způsobit odumírání rostliny, což je často spojeno se žloutnutím, vadnutím a odumíráním listů a větví [31].

#### **Rod *Sclerophoma* (Fungi imperfecti)**

Rod *Sclerophoma* je rod hub patřící do třídy Fungi. Je známý pro své schopnosti infikovat rostliny a způsobovat různé patologie. Patří mezi fytopatogenní houby, které napadají rostliny a způsobují poškození listů, stonků nebo plodů.

Většina druhů *Sclerophoma* má membránovité plodnice, obsahující asci a askospory. Vytváří šedočerné porosty podobné rodu *Aureobasidium*. Nejčastěji se vyskytují druhy *Sclerophoma entoxylina* a *Sclerophoma pithyophila*, které způsobují povrchové šedé zbarvení dřeva borovice i smrku [31].

#### **Rod *Graphium* (Ascomycetes)**

Rod *Graphium* je rod hub z čeledi Ascomycetes. Tento rod zahrnuje mnoho druhů hub, které mají společné charakteristiky. Základní charakteristikou rodu *Graphium*

je, že jeho plodnice jsou typického vzhledu a tvaru. Mají tvar krátkých poduškovitých apothecií, které jsou často soustředěny v menších skupinkách. Vytváří černé porosty. Další charakteristika rodu *Graphium* je přítomnost askospor. Askospory jsou spory, které se tvoří uvnitř aska a jsou uvolněny při dozrání plodnice. Tyto spory jsou obvykle jednobuněčné a mají elipsoidní nebo válcovitý tvar.

Nejčastěji se vyskytující druh je *Graphium ulmi*. Tento druh způsobuje tzv. grafiozu jilmů, což má za důsledek usychání a odumírání těchto stromů. Další druhy tohoto rodu způsobují například nechtěné tmavé zbarvení dřeva borovice a smrku [31].

### 3.2. Dřevokazné houby



Obr. 3.2 – Dřevomorka domácí [38]

Dřevokazné houby se řadí mezi nejvýznamnější škůdce dřeva, kteří rozkládají dřevní hmotu. Tyto škůdci napadají jak živé dřevo (stojící stromy), čerstvé řezivo, tak i mrtvé dřevo (dřevo zabudované ve stavebních konstrukcích).

Ukázka typického zástupce dřevokazných hub je na obr. 3.2.

Dřevokazné houby řadíme většinou mezi houby stopkovýtrusné (Basidiomycetes), ale také i vřeckovýtrusné (Ascomycetes). Na rozdíl od jiných rostlin neobsahují chlorofyl (zeleň listovou), tudíž nemají schopnost asimilovat, tak jako vyšší rostliny a jsou odkázáni se živit látkami, které jsou vytvořeny vyššími rostlinami.

Tělo dřevokazných hub se nazývá stélka, ta je tvořen vlákny, které nazýváme hyfy. Hyfy jsou mnohobuněčná vlákna, která rostou do značné délky a silně se větví. Stélku dělíme na dvě části, a to:

- a) **vegetativní (mycelium)** – mycelium dřevokazných hub je síť vláken houby, která roste a rozkládá dřevní hmotu. Tyto houby jsou schopny rozkládat celulózu a lignin ve dřevě pomocí enzymů, které produkuje jejich mycelium.
- b) **fruktifikační (plodnice)** – jsou tvořeny hyfy, což jsou vláknité struktury, které pronikají do dřeva a rozkládají ho. Plodnice dřevokazných hub jsou vrchní částí jejich těla, kterou produkují za účelem rozmnožování. Plodnice jsou obvykle viditelné na povrchu dřeva a mají různé tvary, velikosti a charakteristickou barvu. Plodnice se objevují, když houba dosáhne určité vyspělosti a vyprodukuje spory, které slouží k šíření na další místa.

Produkce spor u dřevokazných hub je vysoká, v době své plné aktivity dokáže jedna plodnice vytvořit až řádově stovku spór za hodinu. Ty jsou následně roznášeny větrem, hmyzem nebo vodou a po dopadnutí na vhodný substrát mohou za příznivých podmínek vyklíčit.

Nejprve vznikne tzv. primární mycelium, které je tvořeno pouze z tenkostěnných buněk. Při spojování těchto buněk a jeho dalším růstem vzniká tzv. sekundární mycelium. Charakteristické pro něj jsou přezky, které jsou tvořeny spojením sousedních buněk a jejich překlenutím příčnou přehrádkou.

Při dalším růstu houby se mycelium dělí na:

- a) **substrátové** – toto mycelium se rozšiřuje uvnitř dřeva, zajišťuje výživu houby tím, že rozkládá obsah dřevních buněk.
- b) **povrchové** - rozrůstá se po povrchu dřeva a při dalším vývoji vytváří nové plodnice.

Některé houby jako například dřevomorka domácí jsou schopné vytvářet z povrchového mycelia provazce, které nazýváme rhizomorfy. Tyto provazce mohou být různě silné a dlouhé. Rhizomorfy dřevomorky domácí mohou prorůst i zdivem a různými materiály. Jejich typickou vlastností je, že nejsou vázány na výživnou hodnotu substrátu [29,31].

Rozdělení dřevokazných hub můžeme provést z několika hledisek:

**A) Podle způsobu tvorby výtrusů na:**

- 1. **houby stopkovýtrusné** (Basidiomycetes) - výtrusy se vytvářejí na zvláštních buňkách nazývaných basidie. Mezi ně patří většina našich dřevokazných hub.
- 2. **houby vřeckovýtrusné** (Ascomycetes) - výtrusy se vytvářejí uvnitř kulovitých útvarů nazývaných vřečka.

**B) Podle schopnosti napadat „živé“ nebo „mrtvé“ dřevo na:**

- 1. **houby parazitické** - napadají pouze rostoucí stromy nebo keře,
- 2. **houby saprofytické** - napadají pouze řezivo nebo zabudované dřevěné konstrukce,
- 3. **houby saproparazitické** - jsou schopny vegetovat na „živém“ i „mrtvém“ dřevě, řadí se sem většina druhů dřevokazných hub.

**C) Podle zdrojů výživy na:**

- 1. **houby celulozovorní** - stravují pouze celulózu a příbuzné látky (hemicelulózy ap.).
- 2. **houby ligninovorní** - stravují pouze lignin.

V praxi je dělení na houby celulozovorní a ligninovorní velmi důležité, neboť rozklad dřeva, který způsobují, se od sebe výrazně liší. Houby celulozovorní způsobují takový rozklad dřeva, který se nazývá hnědá hniloba, naopak tomu houby ligninovorní způsobují rozklad dřeva, který nazýváme bílá hniloba [29,31].

### 3.2.1. Vliv vlhkosti na rozvoj dřevokazných hub

Pro dřevokazné houby je dostatečné množství vody nutné ve všech jejich životních pochodech. Dostatečná vlhkost prostředí je nezbytná pro vyklíčení spór, pro správnou činnost enzymů, rozkládání dřevní hmoty a veškerých biochemických pochodů.

Každý druh dřevokazných hub má však své specifické požadavky na množství vlhkosti dřeva, při které mohou fungovat a danou dřevní hmotu rozkládat. Je tedy možné stanovit minimální vlhkost dřeva pro jednotlivé druhy dřevokazných hub, při kterých jsou schopné svého růstu a rozvoje. Jejich rozvoj a růst je nejrychlejší při optimální vlhkosti dřeva, naopak při maximální vlhkosti dřeva je jejich růst a vývoj zastaven.

Zástupce hub, které mají nízké nároky na množství vlhkosti ve dřevě, je například dřevomorka domácí (viz obr. 3.2), pro tu je optimální vlhkost dřeva již okolo 25 – 30 %. Houba se středními nároky na vlhkost dřeva je například pórnatka



zprohýbaná, pro ni je optimální vlhkost dřeva 35 – 40 %. Vysoké nároky na vlhkost dřeva má například koniofora sklepní, pro tu je optimální vlhkost dřeva 50 – 60 %. Minimální vlhkost dřeva je 20 %, pokud se dostane vlhkost pod tuto hodnotu, veškeré známé druhy dřevokazných hub zastavují své životní pochody a houba se dostane do tzv. latentního stádia. V tomto stádiu nejsou schopny jejich dalšího růstu, rozvoje a destrukční činnosti. Toto platí také při příliš vysoké vlhkosti dřeva, kdy houby nemají dostatek vzduchu a dojde také k zastavení jejich růstu. Tento stav nastane, nachází-li se ve dřevě objem vzduchu pod zhruba 20 %. Toto je důvod proč dřevo ponořené ve vodě nehnije [29,31].

### **3.2.2. Vliv teploty prostředí na rozvoj dřevokazných hub**

Vliv teploty je stejně jako vlhkost rozdílný pro různé druhy dřevokazných hub. Můžeme tedy zase určit minimální, optimální či maximální hodnoty teplot pro každý druh dřevokazných hub.

Při minimální teplotě je houba ještě schopna napadnout dřevo a začít s růstem jejího mycelia. Při optimální teplotě dosahuje houba maximálního růstu a destrukční činnosti. Maximální teplota, je taková, kterou je houba ještě schopna snést. Pro většinu dřevokazných hub nacházejících se na našem území, se optimální teplota pohybuje mezi 20 – 30 °C.

Rychlost růstu je závislá především na vlhkosti a teplotě prostředí, ve kterém se houbou nacházejí. Intenzita růstu dřevokazných hub u dřevěných konstrukcí, které jsou vystaveny venkovním teplotám, se liší podle teplotních změn a ročních období. V zimním období se růst a destrukční činnost zpomaluje nebo úplně zastavuje. V letním období je v důsledku vysokých teplot růst také pomalejší. Největší růst a destrukční činnost nastává v jarním a podzimním období [29,31].

#### **Dřevomorka domácí (Serpula lacrymans)**

Houba patří do třídy dřevomorkovitých. Je to jedna z nejrozšířenějších a nejzávažnějších dřevokazných hub v domácnostech a budovách. Název "lacrymans" je odvozen od schopnosti této houby vytvářet slzy na povrchu dřeva. Je velmi agresivní a rychle se šíří. Je schopná prosakovat se dřevem a způsobuje jeho rozklad. Tato houba se často vyskytuje v podzemních částech budov, jako jsou sklepy, přízemí a podlahy. Patří mezi tzv. hnilobné dřevokazné houby, které se živí ligninem obsaženým v dřevě.

Charakteristickým znakem dřevomorky domácí jsou její vláknité plodnice, které se objevují na povrchu dřeva. Tyto plodnice jsou bílé a ve stáří se mění na šedou až hnědou barvu. Vytvářejí se nápadné bělavé povlaky na dřevě, které připomínají pavučinu. Dřevomorka domácí také produkuje vzdušně rozptýlené výtrusy, které napomáhají šíření této houby.

Dřevomorka domácí je poměrně odolná vůči vysušování a může přežít i v suchém dřevě. Šíří se pomocí mycelia, které se může napojit na jiné dřevo a pokračovat tak ve svém rozkladu. Proti dřevomorce domácí je důležité přijímat preventivní opatření, jako pravidelná kontrola dřeva a udržování správné vlhkosti v prostoru. Pokud dojde k napadení dřevokaznou houbou, je nutné provést odbornou sanaci a odstranění postižených dřevěných materiálů [39].

### **Koniofora sklepní (*Coniophora puteana*)**

Dřevokazná houba z čeledi Coniophoraceae. Má několik charakteristických znaků, které ji odlišují od jiných druhů hub. Koniofora sklepní má výraznou plodnici ve tvaru širokých a tenkých plotének. Ty jsou přirostlé k podkladu a mají světle hnědou až žlutohnědou barvu. Plodnice dosahuje obvykle průměru 3 – 8 mm a může být až 8 cm dlouhá.

Tato houba se vyskytuje hlavně v západní a střední Evropě, ale lze ji najít i ve východní Asii a Severní Americe. Je oblíbená na setinách dřeva, podlahách, paletách a v jiných vlhkých prostředích.

Koniofora sklepní je saprofytická houba, která se živí rozkládajícím se dřevem. Vytváří povrchový mycelium, který způsobuje hnisaní a rozklad dřeva. Je jedním z hlavních druhů hub způsobujících hnědou kostkovitě drolivou hnilobu dřeva. Napadá zejména měkké dřevo, jako je smrk, borovice nebo jedle, ale může také postihnout tvrdé dřevo, například dub. Jedná se o značně destruktivní houbu, která může způsobit vážné škody na dřevěných konstrukcích, nábytku a dalších materiálech. Je důležité ji identifikovat a řádně likvidovat, aby se minimalizovalo její škodlivé působení [40].

### **Pórnatka Vaillantova (*Poria vaillantii*)**

Dřevokazný houbařský druh, který napadá dřevo a způsobuje rozklad dřevní hmoty. Má vláknitou strukturu, která jí umožňuje pronikat do dřeva a rozrušovat jeho buněčnou strukturu. Tímto způsobem dokáže proniknout hluboko do dřeva a způsobit jeho rozpad. Obvykle má bílou až nažloutlou barvu. Může se objevit ve formě plodnic, které jsou typicky kulovitého nebo polokulovitého tvaru a mají vláknitý povrch.

Tento druh houby se často vyskytuje v místech s vysokou vlhkostí, například ve vlhkých zeminách nebo podél vodních toků. Vysoká vlhkost je klíčová pro růst a šíření této houby. Optimální vlhkost dřeva pro růst této houby se pohybuje v rozmezí 35 – 40 %, optimální teplota je okolo 27°C. Pórnatka Vaillantova je saprofytický druh, což znamená, že se živí rozkládající se organickou hmotou. V případě dřeva houba napadá jeho buněčnou strukturu a pomalu ho rozkládá [29,31].

### **Pórnatka zprohýbaná (*Poria vaporaria*)**

Na rozdíl od pórnatky vaillantovy se špatně odděluje od dřeva, ale jinak je vzhled plodnic podobný. Požadavky na vlhkost a teplotu jsou taktéž podobné. Rozklad dřeva probíhá podobně jako u pórnatky vaillantovy, houba působí hnědou hnilobu, dřevo bývá většinou suché. V pokročilé fázi rozkladu se dřevo lupénkovitě třepí [29,31].

### **Trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*)**

Trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*) je druh houby z čeledi trámovkovitých (*Gloeophyllaceae*). Je známá také pod názvy plotvina, trámovec, nebo plotník. Tato houba je významným dřevokazem, což znamená, že napadá a odbourává dřevo. Napadlá dřeva jsou pak vystavena mechanickému rozkladu, což může mít za následek ztrátu jejich pevnosti a stabilitu. Trámovka plotní se často vyskytuje ve venkovním prostředí, kde napadá stromy, dřevěné konstrukce budov nebo ploty. Při napadení dřeva trámovkou plotní se objevují některé charakteristické znaky. Patří

sem především změna barvy napadeného dřeva na hnědý až černošedý odstín. Dřevo se mění na měkkou a s pomalým rozkladem. Trámovka plotní produkuje také enzymy, které pomáhají rozkládat celulózová vlákna v dřevě. Touto aktivitou může vzniknout typický „mávnutý“ povrch dřeva.

Další znaky napadeného dřeva trámovkou plotní zahrnují tvorbu plodnic. Ty mají třapinovitý tvar, jsou světle hnědé a mají na spodní straně trámovité žlábký, které slouží k výtrusnému rozmnožování. Plodnice jsou tvrdé a odolné a mohou se objevit na napadeném dřevě i po mnoho let. Trámovka plotní je schopna napadat různé druhy dřeva, včetně tvrdého dřeva jako dub, buk, nebo jedle. Je také dobře přizpůsobená různým podmínkám, včetně vlhkého prostředí. Proto je důležité pravidelně kontrolovat dřevěné konstrukce a případně provádět preventivní opatření proti napadení trámovkou plotní, jako je například impregnace dřeva ochrannými prostředky [41].

### **Trámovka jedlová (*Gloeophyllum abietinum*)**

Trámovka jedlová (*Gloeophyllum abietinum*) je dřevokazný druh houby, který se vyskytuje ve Střední Evropě a na severu Ameriky. Napadené dřevo získává na povrchu žlutohnědou až olivově hnědou barvu. Trámovka jedlová vytváří na povrchu dřeva charakteristické trhliny, které se větví a tvoří nepravidelné vzory. Houba rozkládá dřevo a dělá ho měkkým a snadno rozpadavým. Napadené dřevo ztrácí svou pevnost a může se snadno lámat.

Trámovka jedlová během svého životního cyklu vytváří plodnice ve formě rourkoců. Tyto plodnice mají okrovou až hnědou barvu a jsou charakteristické svým trubičkovitým uspořádáním. Napadené dřevo může mít typickou vůni houby, která je často popsána jako zatuchlá nebo cedrová [42].

### **Trámovka trámová (*Gloeophyllum trabeum*)**

Trámovka trámová způsobuje změnu barvy dřeva na hnědou až černou. Dochází k chemickým reakcím, které odbarvují a rozkládají dřevo. Vytváří trámkovité struktury, které pronikají do dřeva a rozkládají jej. Tyto vrstvy jsou charakteristické pro tento druh houby a jsou viditelné při rozřezání napadeného dřeva. Produkuje enzymy, které rozkládají celulózu a lignin, hlavní složky dřeva. To vede ke změně struktury dřeva, které se stává měkkým, lámavým a snadno se rozpadá. Při rozkladu dřeva trámovkou trámovou se uvolňují plyny a látky, které vytvářejí specifický zápach. Tento zápach je často označován jako "hnilobný" a může být silný a nepříjemný [43].

## **3.3. Dřevokazný hmyz**

Stejně tak jako dřevokazné houby se řadí mezi nejvýznamnější škůdce dřeva. Napadá dřevěné stavební konstrukce jako jsou krovy, podlahy, ale i nábytek a jiné dřevěné předměty.

Největším škůdcem jsou především larvy tohoto hmyzu, kdy vyhledávají spleť chodeb v dřevěné hmotě. Na jejich přítomnost upozorňují otvory ve dřevě, piliny a dospělý hmyz. Některé larvy se také prozradí svým typickým hlasitým chroustáním. Při značném napadení, kdy se chodbičky spojují, do tzv. kavern, které jsou vyplněny odpadovou drtí a z kterých se sypou piliny. Napadené dřevo následně ztrácí svoji pevnost, a nakonec se rozpadne [44].

### **Červotoč proužkovaný (*Anobium striatum* Olivier)**

Jedná se o 3 až 4 mm dlouhého, světlehnědého až tmavohnědého brouka, který má na krovkách 10 řad rovných a zřetelně tečkovaných rýžek. rýžek. Je známý svou schopností způsobit vážné poškození dřevěných konstrukcí, nábytku, rámu obrazů a dalších dřevěných předmětů. Larvy jsou bílé, 4 mm dlouhé, vytvářejí chodbičky kolem 2 a 2,5 mm a jejich vývoj trvá 1 až 3 roky, kdy záleží na okolní teplotě, vlhkosti a výživnosti dřeva. Optimální teplota se pohybuje mezi 14 – 16 °C, při vlhkosti dřeva okolo 15 – 18 % a relativní vlhkosti 70 – 80 % [44].

### **Červotoč umrlčí (*Anobium pertinax* Linnaeus)**

Je o něco větší než červotoč proužkovaný, dosahuje délky 4 – 5 mm, má černohnědé až černé tělo a u obou zadních rohů má zlatožluté skvrny. Dospělá larva dosahuje délky až 9 mm a vytváří chodby okolo 3 mm. Ke svému vývoji potřebuje poměrně vysokou vlhkost dřeva okolo 18 – 19 % a v zimně dočasné snížení teploty pod bod mrazu. Vývojový cyklus tohoto druhu trvá 2 až 3 roky [44].

### **Tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus* L.)**

Díky své velikosti, samičky jsou až 25 mm dlouhé, samečci o něco méně, a žravosti larev se jedná o nejnebezpečnějšího škůdce dřeva. Samičky kladou 80 až 200 vajíček do spár a larvy následně vytvářejí chodby, nejprve pod povrchem a postupně se dostávají hlouběji. Vyvíjejí se 3 až 10 let. Optimální teplota pro vývoj larev je 28 – 30 °C [44].

### **Dřevokaz čárkovaný (*Xyloterus lineatus* Olivier)**

Dospělý brouk je dlouhý 3 až 4 mm. Do dřeva se dostává ve formě buďto přezimujících brouků a nebo ve stádiu larev. Samička vrtá do dřeva až 5 cm dlouhou tzv. mateční chodbu, která je kolmá na osu kmene. Kolmo na mateční chodbu jsou následně chodby larev. Vývoj tohoto druhu je 9 až 10 týdnů [44].

### **Hrbohlav parketový (*Lyctus linearis* Goeze)**

Oproti předešlým zástupcům je drobný měří od 2,5 do 5 mm, obvykle má červenohnědou barvu. Vývoj závisí především na teplotě, kdy optimální teplota se pohybuje okolo 30 °C, na vlhkosti dřeva už tolik nezávisí, larvy přežívají při vlhkosti od 5 do 25 %, kdy optimální vlhkost je 11 – 13 % [44].

## 4. Sterilizace biotických škůdců EMW zářením

### 4.1. Odběr vzorků

Odběr vzorků proběhl ke konci května na dvou rodinných domech, které se nacházejí v Jihomoravském kraji v okrese Blansko. Na odběru vzorků jsem spolupracovala s Ing. Slávkou Pobuckou, která se zabývá teplotně vlhkostní analýzou a výskytem mikroorganismů v konstrukci crawl space.

První objekt, kde proběhl odběr vzorků, je dřevostavba založena na pásech z tvárnice ztraceného bednění, které vytvářejí větráný prostor pod objektem. Na obrázku 4.1 je vidět příklad takového založení dřevostavby.



Obr. 4.1 – Příklad základu crawl space vytvořeného pomocí základových pásů [45]

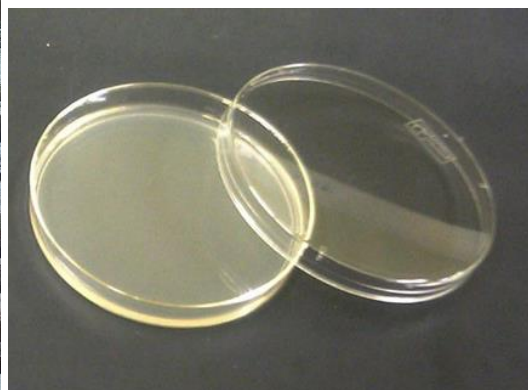
Zde se vzorky odebíraly na záklopu podlahové konstrukce, a to v rohu objektu a ve středu záklopu. Další stěr byl proveden ze základového pásu, a ještě byly provedeny odběry vzorků ze vzduchu, a to jak uvnitř prostoru crawl space, tak i venku před objektem.

Stěry byly provedeny pomocí houbičky (viz obr. 4.2), která je určena pro odběr vzorků z povrchu. Na záklop byla nalepena šablona (viz obr. 4.6), která vymezila prostor stěru plísní. Poté se houbička uzavřela do sterilního sáčku a vzorek se uzavřel do termotašky, kde byly uloženy chladící vložky.

Odběr vzorků ze vzduchu probíhal tak, že se položily na krabici Petriho misky s agarem (viz obr. 4.3) a nechaly se 30 minut na vzduchu, aby se jednotlivé plísně nachytaly na agar. Na obrázcích 4.4, 4.5 a 4.7 je zachycen samotný odběr vzorků.



Obr. 4.2 – Sterilní sáček s houbičkou



Obr. 4.3 – Petriho miska s agarem [46]



Obr. 4.4 – Stěr uprostřed záklopu



Obr. 4.5 – Stěr v rohu záklopu



Obr. 4.6 – Šablona pro odběr vzorků



Obr. 4.7 – Odběr vzorků ze vzduchu venku před objektem

Druhý objekt, na kterém byly provedeny stěry, je založen na patkách (viz obr. 4.8), a tím je vytvořen otevřený prostor.



Obr. 4.8 – Příklad otevřeného crawl space se základy tvořenými patkami [47]

Na tomto objektu jsme odebraly vzorky z patek a ze záklopu podlahové konstrukce. Zde také byly provedeny odběry vzorků ze vzduchu. Postup odběru byl stejný jako u předchozího objektu. Na obrázcích níže je zachycen odběr vzorků.



Obr. 4.9 – Stěr vzorků ze základové patky



Obr. 4.10 – Odběr vzorků ze vzduchu

#### 4.1.1. Složení použitých agarů

Agar je přírodní polysacharid, který se v laboratořích používá jako kultivační půda. Jedná se o živé médium, které slouží jako podklad pro kultivaci mikroorganismů. Pro odběr vzorků byly použity dva agary, a to Plate Count Agar, kdy jeho složení je uvedeno v tabulce 1 a druhý Chloramphenicol Glucose Agar, jehož složení je uvedeno v tabulce 2.

##### Plate Count Agar (PCA)

Tab. 1: Složení Plate Count Agar [48]

Pro 1 litr média:

<i>Pepton z kaseinu</i>	5,0 g
<i>Kvasničný extrakt</i>	2,5 g
<i>Glukóza</i>	1,0 g
<i>Bakteriologický agar</i>	15,0 g

*pH média při 25 °C: 7,0 ± 0,2*

##### Chloramphenicol Glucose Agar

Tab. 2: Složení Chloramphenicol Glucose Agar [49]

Pro 1 litr média:

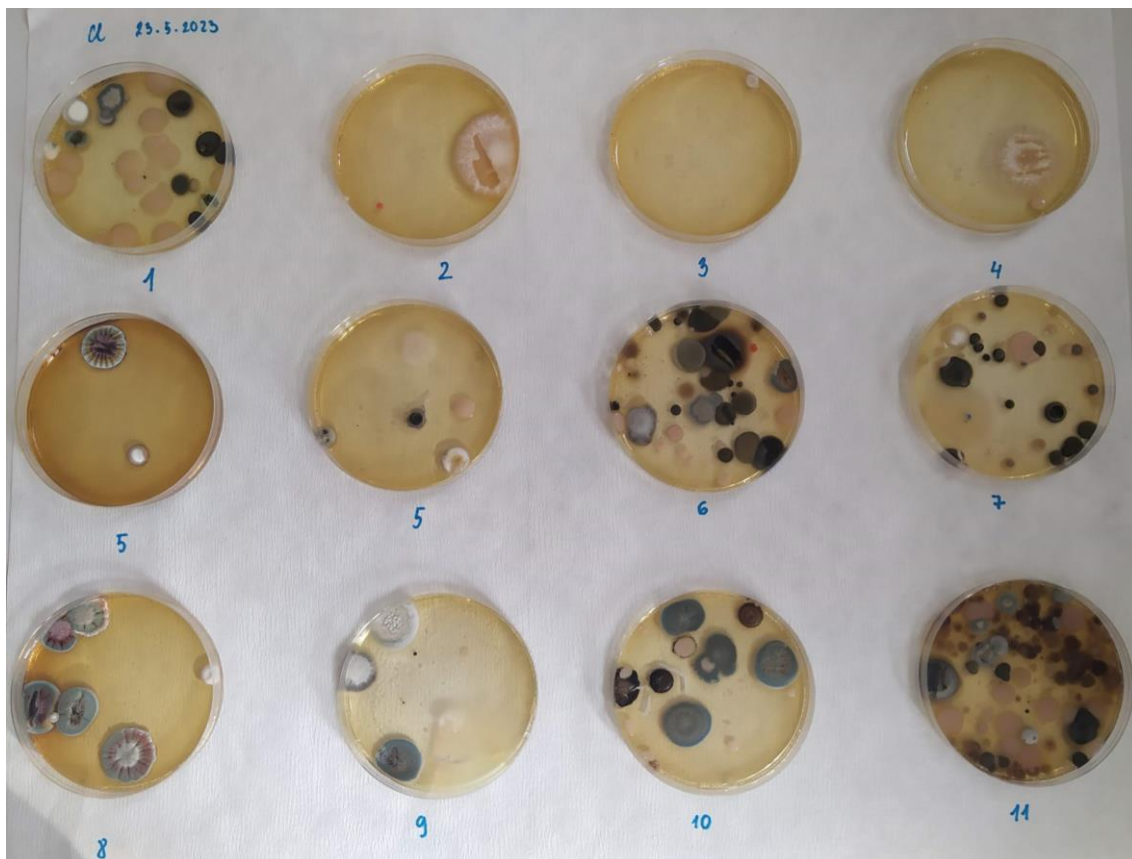
<i>Kvasničný extrakt</i>	5,0 g
<i>Glukóza</i>	20,0 g
<i>Chloramfenikol</i>	0,1 g
<i>Bakteriologický agar</i>	15,0 g

*pH média při 25 °C: 6,6 ± 0,2*

#### 4.2. Vývoj plísní po 2 týdnech od stěru

Odběry vzorků byly provedeny za použití speciálních houbiček, které jsou k tomuto určeny. Následně se v laboratoři připravily Petriho misky s agary, které jsou zmíněny výše a houbičky se setřenými mikroorganismy se na tyto misky otřely. Misky se vzorky byly inkubovány při laboratorní teplotě (20-25 °C). První kontrola nárůstu proběhla po 7 dnech a další po 14 dnech. Kontrola po 14 dnech je zdokumentována na obrázcích níže.

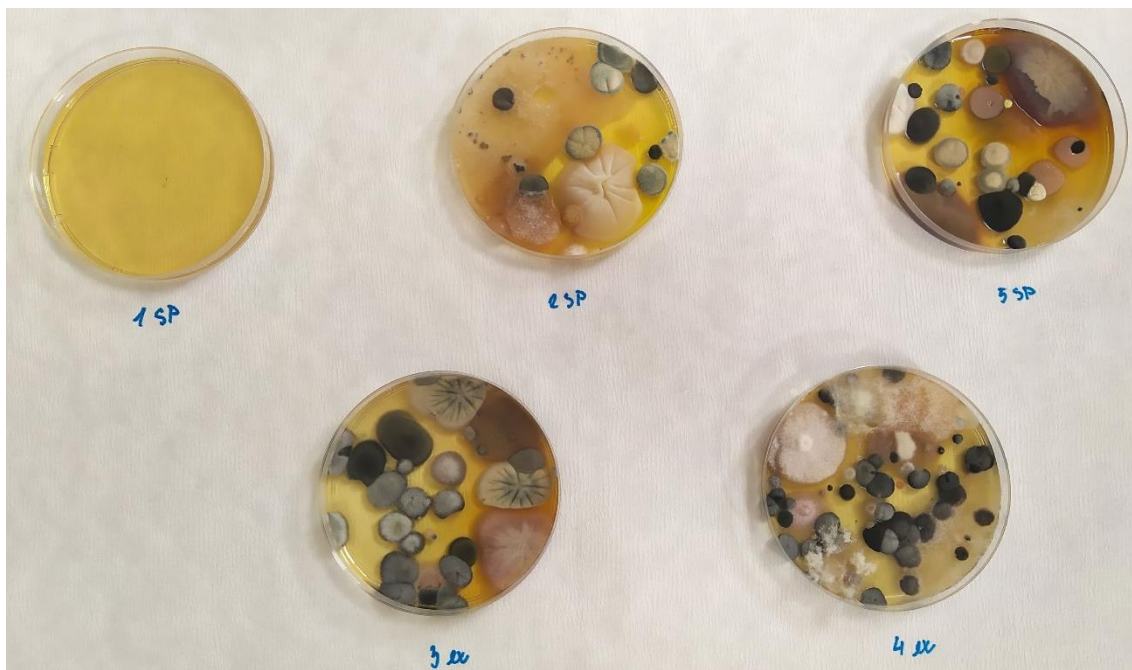




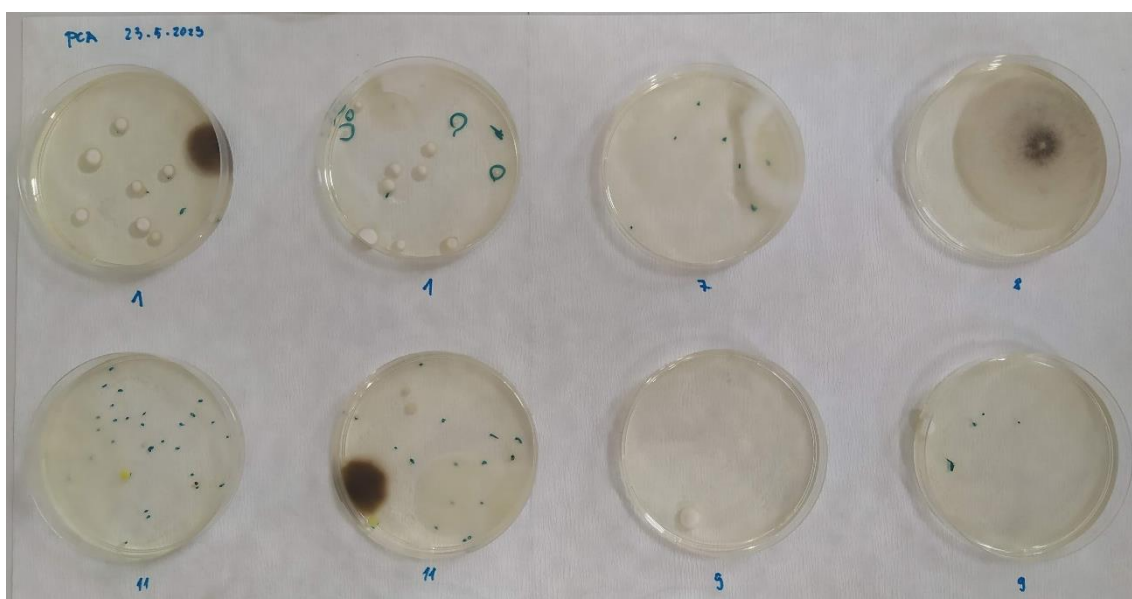
Obr. 4.11 – Vzorok č. 1-11 po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar



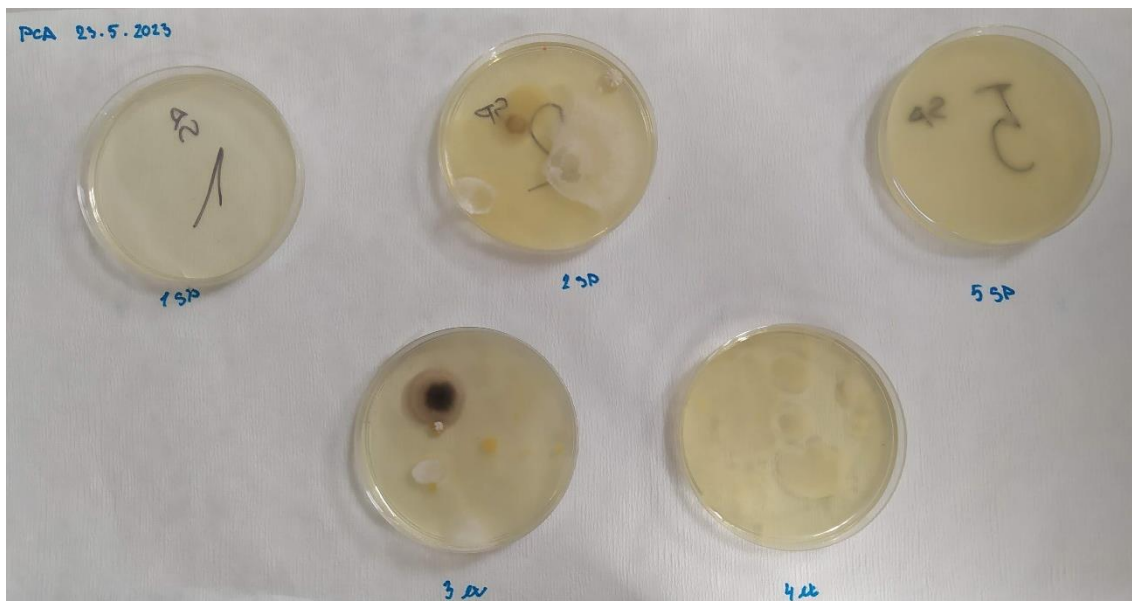
Obr. 4.12 – Vzorok č. 12 po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar



Obr. 4.13 – Vzorky ze vzduchu po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar  
 Obrázky 4.11 až 4.13 ukazují vývoj plísní, které jsou na Chloramphenicol Glucose Agar.



Obr. 4.14 – Vzorky po 2 týdnech, Plate Count Agar



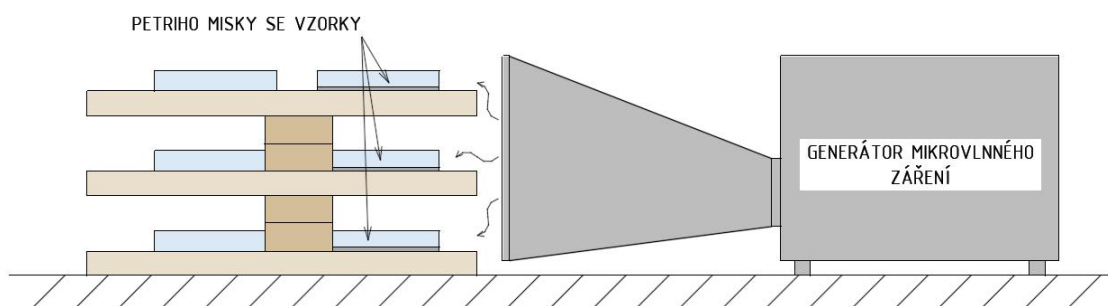
Obr. 4.15 – Vzorky ze vzduchu po 2 týdnech, Plate Count Agar

Obrázky 4.14 a 4.15 ukazují nárůst plísní za použití Plate Count Agar.

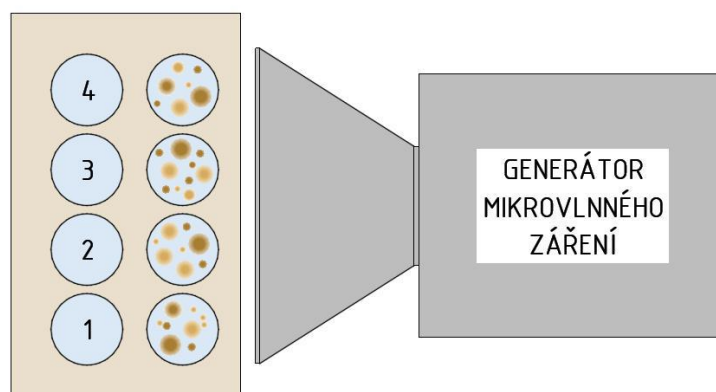
### 4.3. Ozařování směsných kultur

Vzorky směsných kultur byly po třech týdnech od odběru dostatečně narostlé, že je bylo možné ozářit. Pro ozáření bylo vybráno 12 vzorků, které byly na chloramfenikol-glukózovém agaru, jelikož tyto vzorky byly nejvíce narostlé.

Vzorky byly umístěny před generátor mikrovlnného záření ve třech úrovních, vždy 4 vzorky na jedné výškové úrovni, tak jak je znázorněno na obrázcích 4.16 a 4.17.

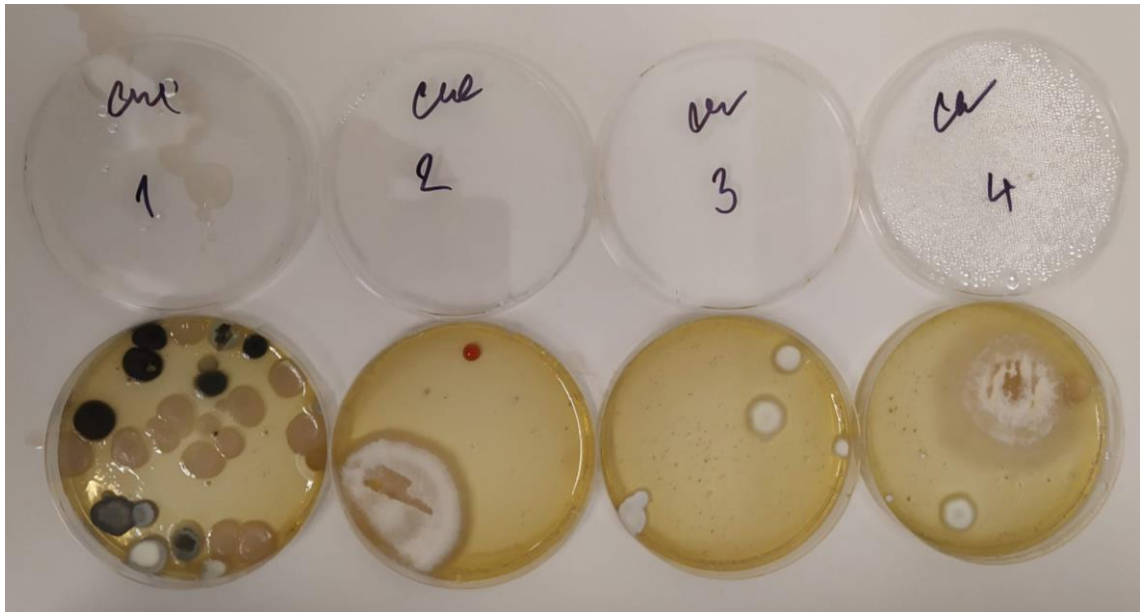


Obr. 4.16 – Schéma rozmístění vzorků před generátorem mikrovlnného záření

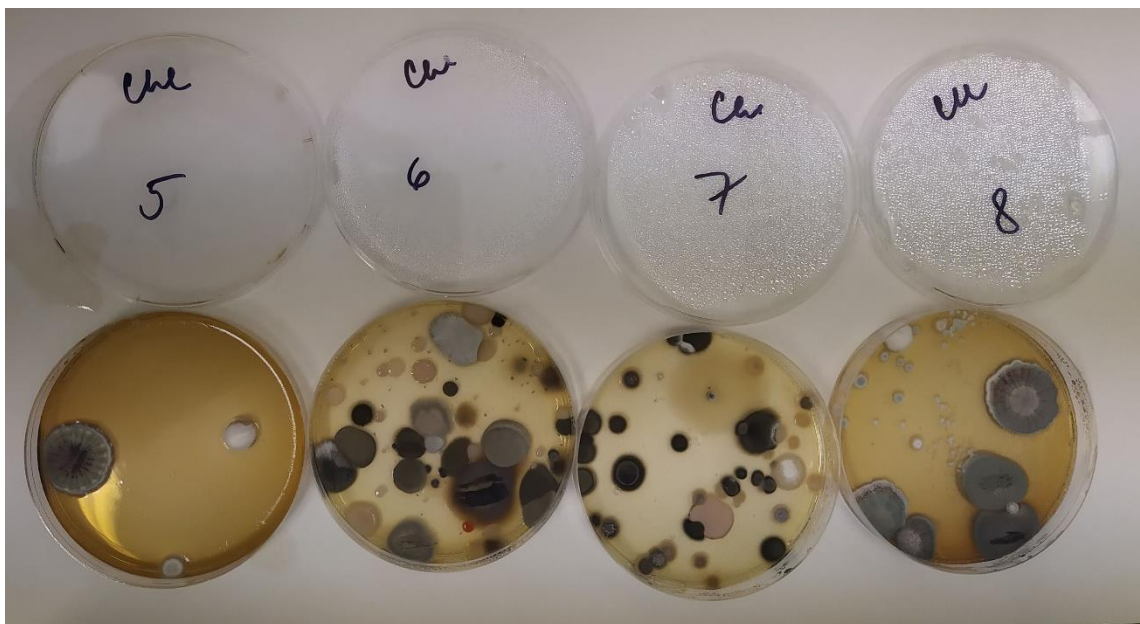


Obr. 4.17 – Schéma rozmístění vzorků na desce

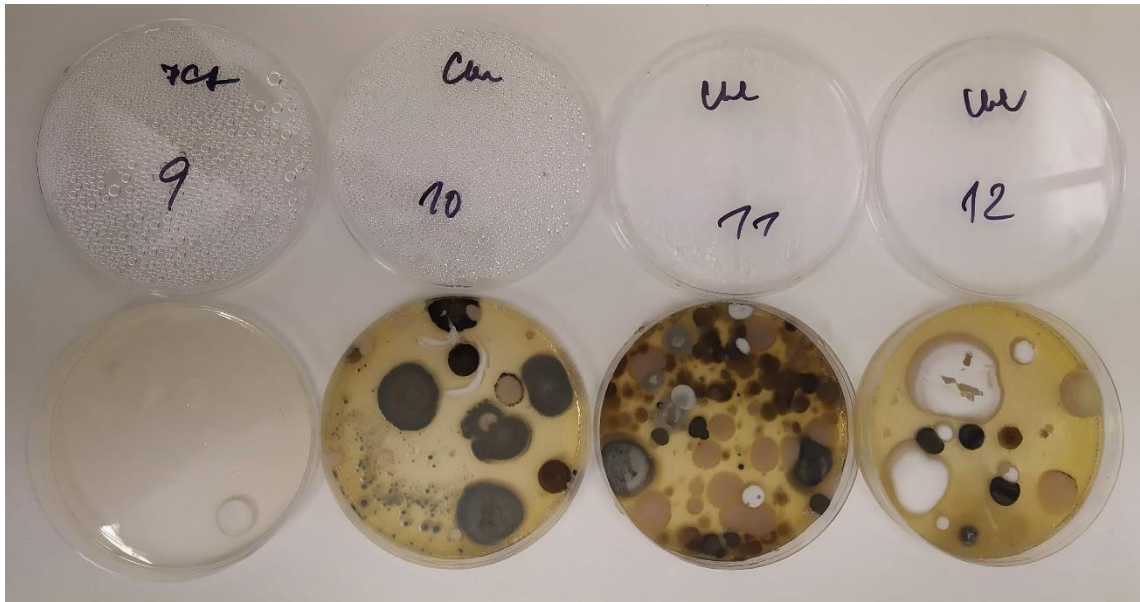
Vzorky byly ozařovány po dobu 180 minut, kdy se střídal doba ozařování a doba chladnutí. Vždy po intervalu ozařování jsem za pomoci termokamery zapisovala teploty na jednotlivých vzorcích. Na obrázcích níže jsou vidět vzorky v průběhu ozařování.



Obr. 4.18 – Vzorky č. 1-4 v průběhu ozařování

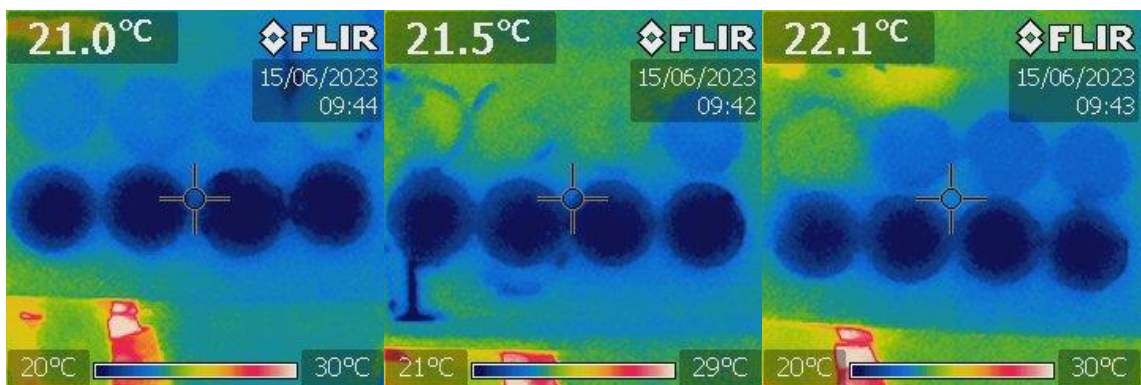


Obr. 4.19 – Vzorky č. 5-8 v průběhu ozařování



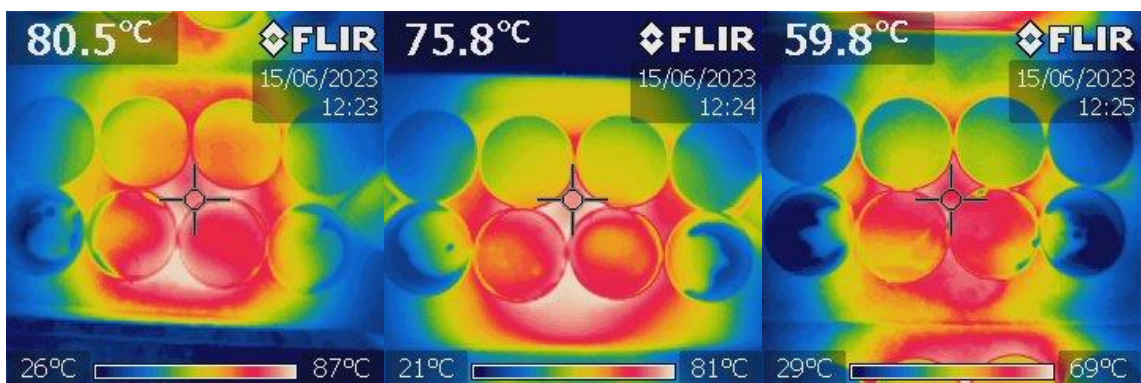
Obr. 4.20 – Vzorky č. 9-12 v průběhu ozařování

Na začátku ozařování měly všechny vzorky podobnou teplotu, která se pohybovala okolo 21 °C, tak jak je vidět na obrázku 4.21.



Obr. 4.21 – Snímky z termokamery, vzorky na začátku ozařování

V průběhu ozařování se teplota zvětšovala především u prostředních vzorků, které byly umístěny přímo před přístrojem a u krajních vzorků bylo zvýšení teploty podstatně nižší. Z obrázku 4.22 je vidět, že prohřátá plocha se také nachází okolo prostředních vzorků. Je tedy vidět, že doba ozařování by byla potřeba prodloužit, aby se dostatečně prohřály i krajní vzorky.



Obr. 4.22 – Snímky z termokamery, vzorky na konci ozařování



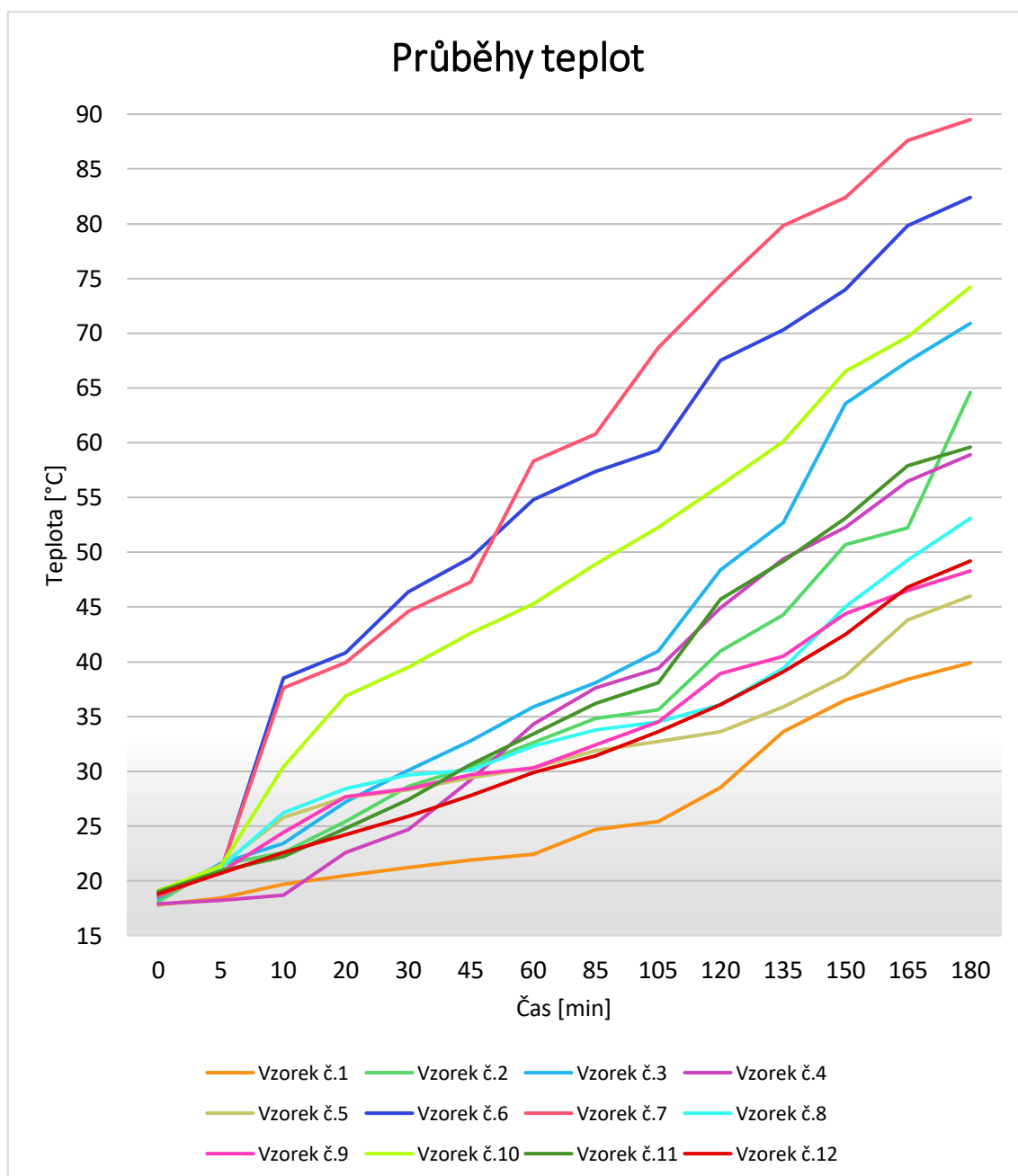
Obr. 4.23 – Vzorky č. 5-8, umístění Petriho misek před generátorem

#### 4.3.1. Průběh teplot

V tabulce níže jsou vypsány teploty jednotlivých vzorků v průběhu celého času experimentálního EMW ozařování. Nejvyšší teploty bylo dosaženo na vzorku číslo 7, který byl umístěný skoro v centru ozařování, teplota zde dosáhla 89,5 °C. Naopak nejnižší teplota byla na vzorku číslo 1, který byl umístěn na kraji police, jež se nacházela ve spodní řadě. Teplota na tomto vzorku dosáhla pouze 39,9 °C. Tento fakt ukazuje na nerovnoměrné šíření mikrovln z antény. Nejedná se však o fatální problém, je potřeba prodloužit časy ozařování, jak již bylo zmíněno výše. Pro představu změn teplot z tabulky 3 je níže uveden graf 4.24 s vyznačeným průběhem teplot.

Tab. 3: Tabulka teplot při ozařování směsných kultur, vyznačen vzorek s nejvyšší dosaženou teplotou

Vzorek	Čas [min] / Teplota [°C]													
	0	5	10	20	30	45	60	85	105	120	135	150	165	180
1	17,8	18,4	19,7	20,5	21,2	21,9	22,4	24,7	25,4	28,5	33,6	36,5	38,4	39,9
2	18,1	21,5	22,6	25,4	28,6	30,4	32,6	34,8	35,6	41,0	44,3	50,7	52,2	64,6
3	18,4	21,6	23,4	27,2	30,1	32,8	35,9	38,1	41,0	48,4	52,7	63,6	67,4	70,9
4	17,9	18,2	18,7	22,6	24,7	29,2	34,3	37,6	39,4	44,9	49,4	52,3	56,5	58,9
5	18,9	21,4	25,8	27,6	28,3	29,4	30,3	31,9	32,7	33,6	35,9	38,7	43,8	46,0
6	19,1	20,8	38,5	40,8	46,4	49,5	54,8	57,4	59,3	67,5	70,3	74,0	79,8	82,4
7	18,6	20,9	37,6	39,9	44,6	47,3	58,3	60,8	68,7	74,4	79,8	82,4	87,6	89,5
8	18,8	21,2	26,2	28,4	29,7	30,1	32,3	33,8	34,5	36,1	39,4	45,0	49,3	53,1
9	18,9	20,8	24,4	27,7	28,4	29,7	30,3	32,4	34,5	38,9	40,5	44,4	46,5	48,3
10	19,1	21,3	30,4	36,9	39,5	42,6	45,3	48,9	52,3	56,1	60,1	66,5	69,7	74,2
11	19,0	20,9	22,2	24,8	27,4	30,6	33,4	36,2	38,1	45,7	49,2	53,1	57,9	59,6
12	18,8	20,7	22,6	24,2	25,9	27,8	29,9	31,4	33,6	36,1	39,1	42,5	46,8	49,2

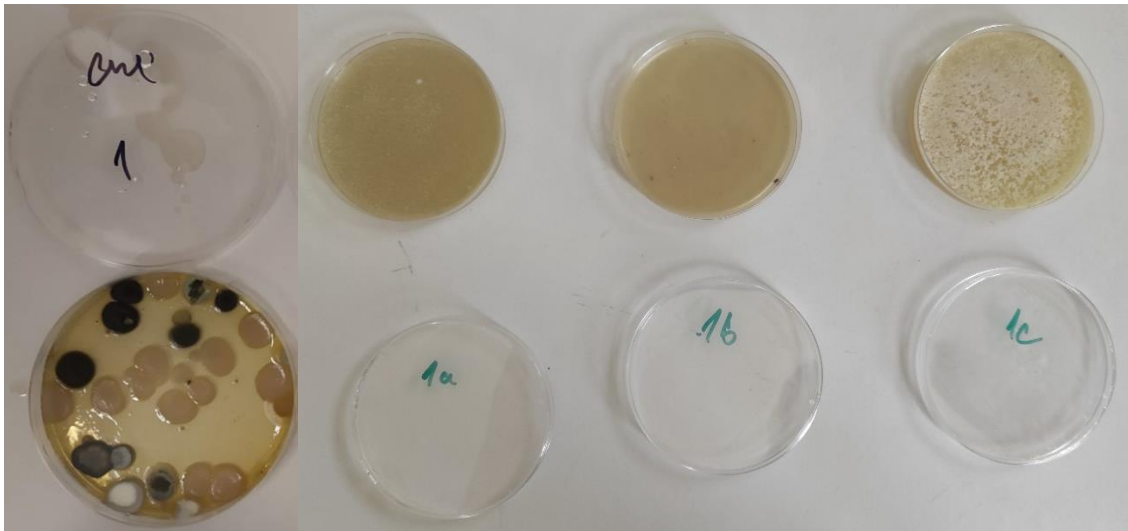


Obr. 4.24 – Graf průběhu teplot

#### 4.4. Vyhodnocení směsných kultur plísní

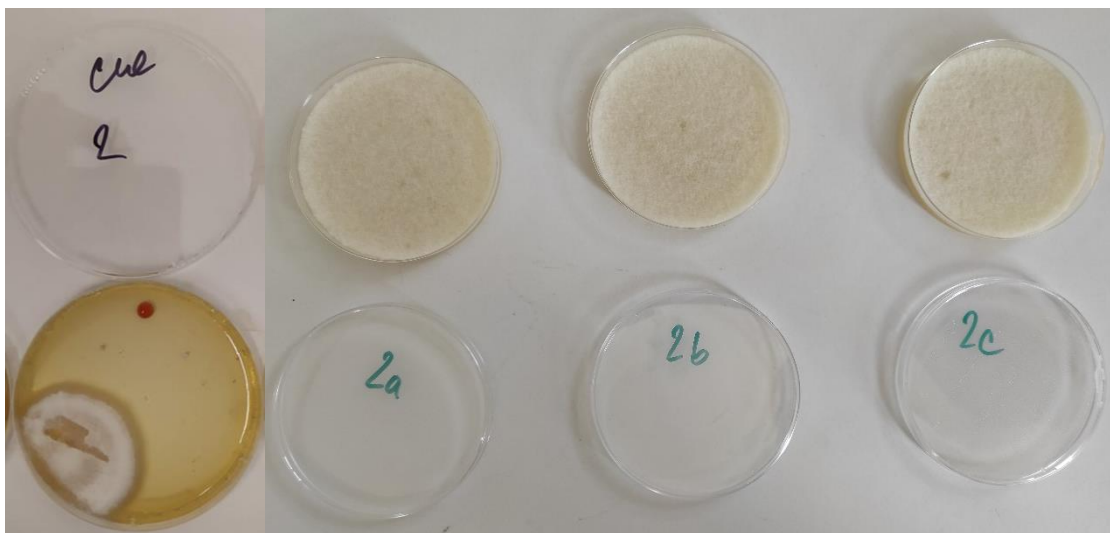
Jelikož by zjištění konkrétních jednotlivých rodů, či druhů plísní (tak jako tomu bude u čistých kultur) na jednotlivých vzorcích bylo komplikované a poměrně nákladné, ale především časově náročné, tak vyhodnocení je pouze vizuální.

Z ozářených vzorků byly v laboratoři znovu provedeny stěry a zjišťovalo se, zda plísně narostly nebo ne. Protože ozařování neprobíhalo ve sterilním prostředí, je zde pravděpodobnost kontaminace vzorků z ovzduší a tím pádem se na výsledných vzorcích mohou nacházet i jiné plísně, než které byly odebrány.



Obr. 4.25 – Porovnání vzorku č. 1

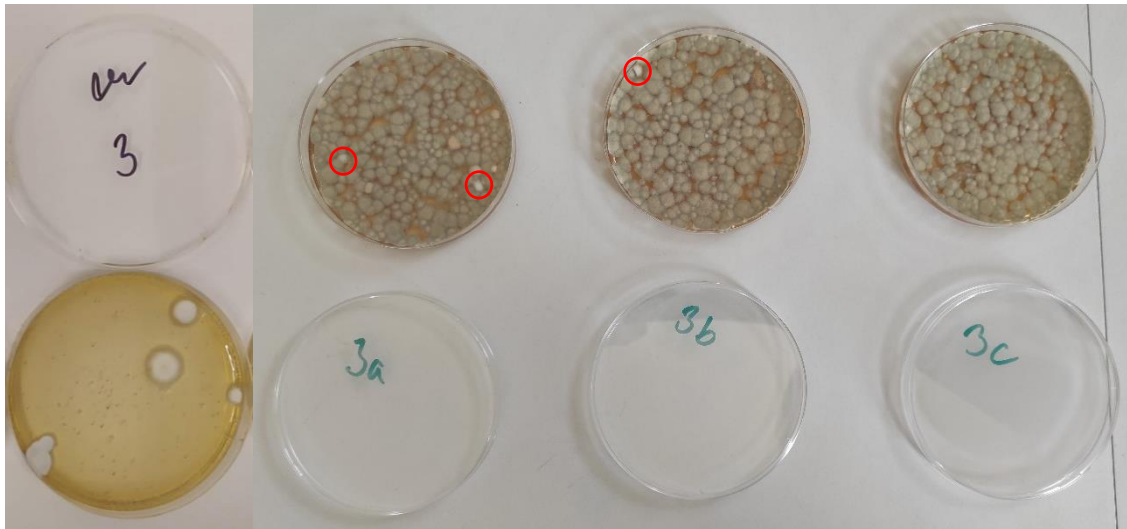
I přes to, že na vzorku č. 1 (viz obr. 4.25) byla nejmenší dosažená teplota, a to 39,9 °C, podařilo se většinu plísní zlikvidovat. Vypadá to, že se zde vyskytovaly plísně, které nepotřebují ke své eliminaci velmi vysoké teploty.



Obr. 4.26 – Porovnání vzorku č. 2

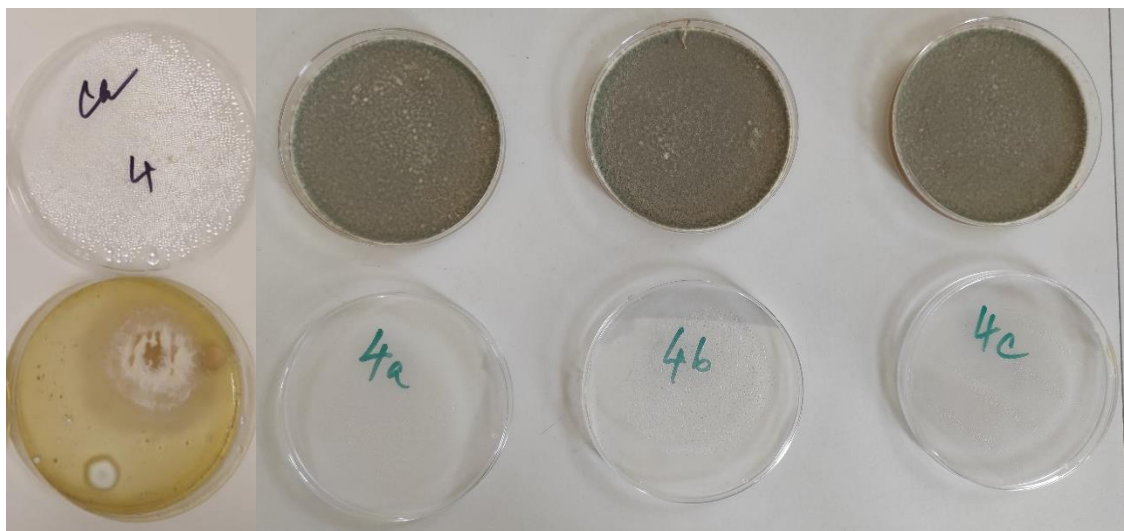
Teplota na vzorku č. 2 (viz obr. 4.26) dosáhla nejvýše teploty 64,6 °C. Je vidět, že tato plíseň bude ke své eliminaci potřebovat větší teplotu, tudíž delší čas ozařování.





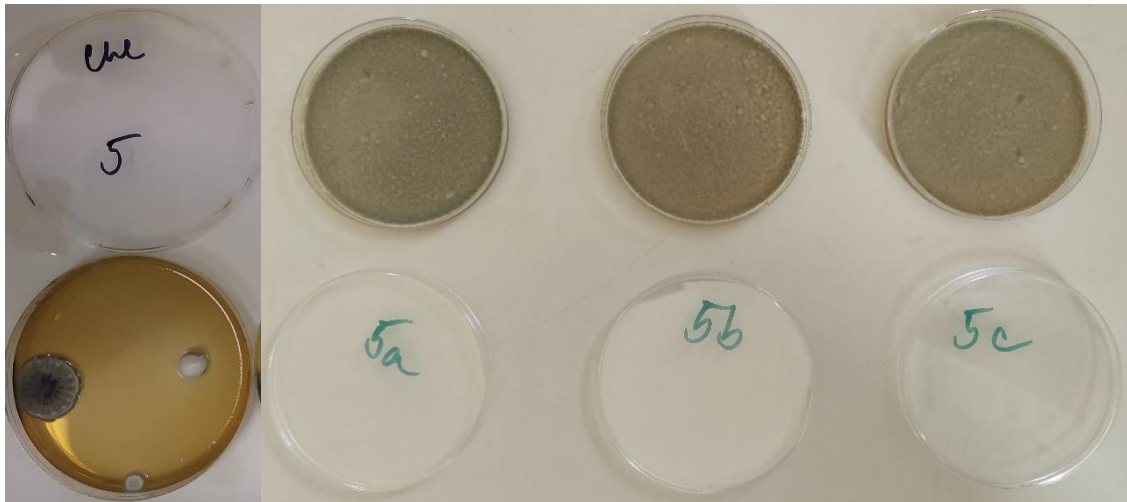
Obr. 4.27 – Porovnání vzorku č. 3

Vzorek č. 3 (viz obr. 4.27) měl na konci ozařování teplotu 70,9 °C. Vypadá to, že tento vzorek byl kontaminován plísněmi ze vzduchu. Původní plíseň byla bílá, vzhledově jemnější, kdežto na ozářených vzorcích se vyskytly plísně spíše šedé barvy a hustější, ale i zde můžeme vidět malé kolonie původního druhu.



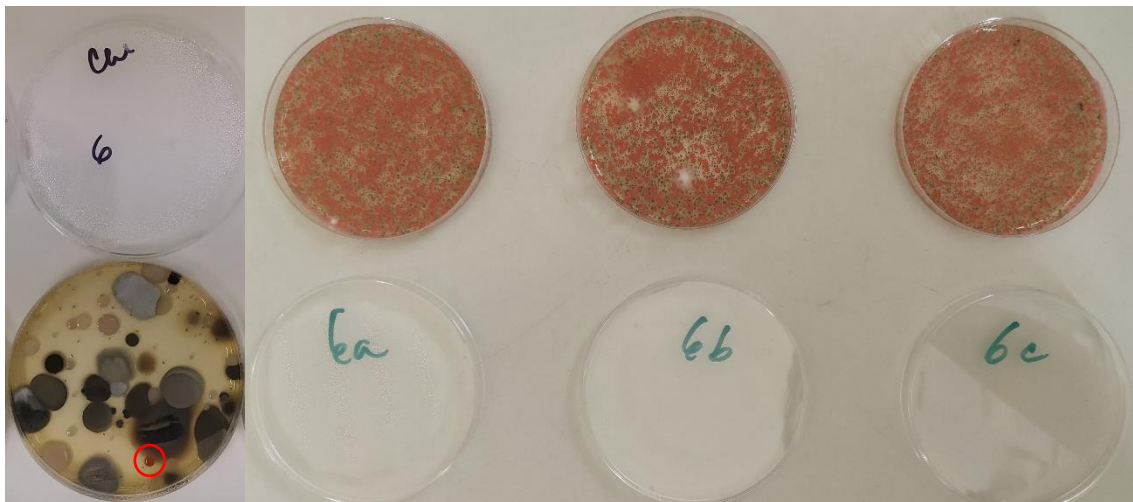
Obr. 4.28 – Porovnání vzorku č. 4

Nejvyšší dosažená teplota na vzorku č. 4 (viz obr. 4.28) byla 58,9 °C. Původní vzorek před ozářením tvořily spíše ojedinělí jedinci plísní. Po ozáření a provedení nových stěrů se objevily plísně, které narostly po celé misce a vytvořily celistvý povlak. Je možné, že i zde došlo ke kontaminaci v průběhu manipulace se vzorky.



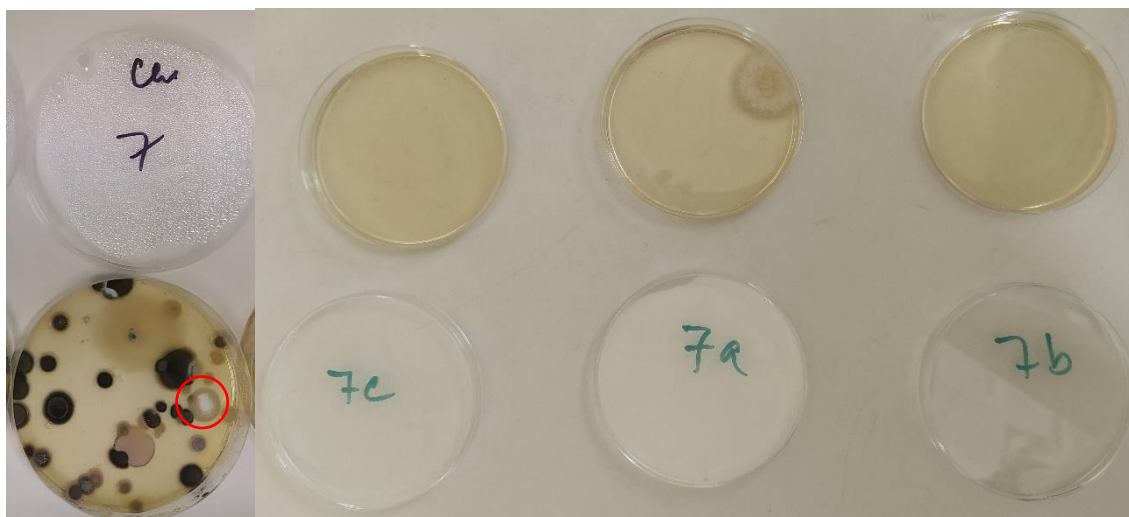
Obr. 4.29 – Porovnání vzorku č. 5

Na vzorku č. 5 (viz obr. 4.29) byla nejvýše naměřená teplota 46,0 °C. Na neozářeném vzorku se objevily dva druhy plísní, které tvořily malé kolonie. Po ozáření a stěru, zde vyrostly pravděpodobně další plísně, které se uchytily při manipulaci se vzorky. Tyto nové druhy pokryly celou plochu Petriho misky.



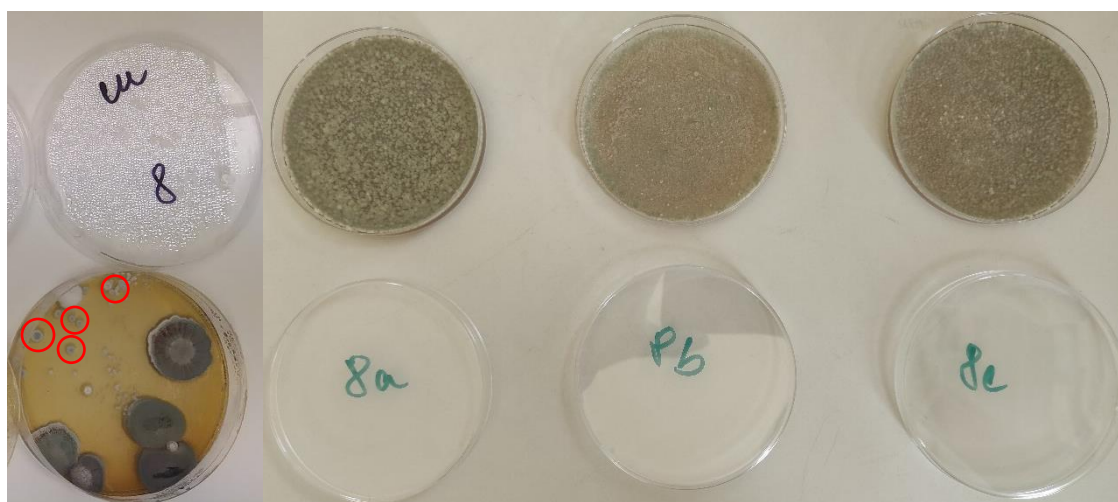
Obr. 4.30 – Porovnání vzorku č. 6

Teplota na vzorku č. 6 (viz obr. 4.30) dosáhla až 82,4 °C a je vidět, že většina druhů plísní byla zničena. Nejvíce odolná plíseň, která se na původním vzorku objevila jen jako malý jedinec (vyznačena na obrázku), se nyní rozrostla po celé ploše misky.



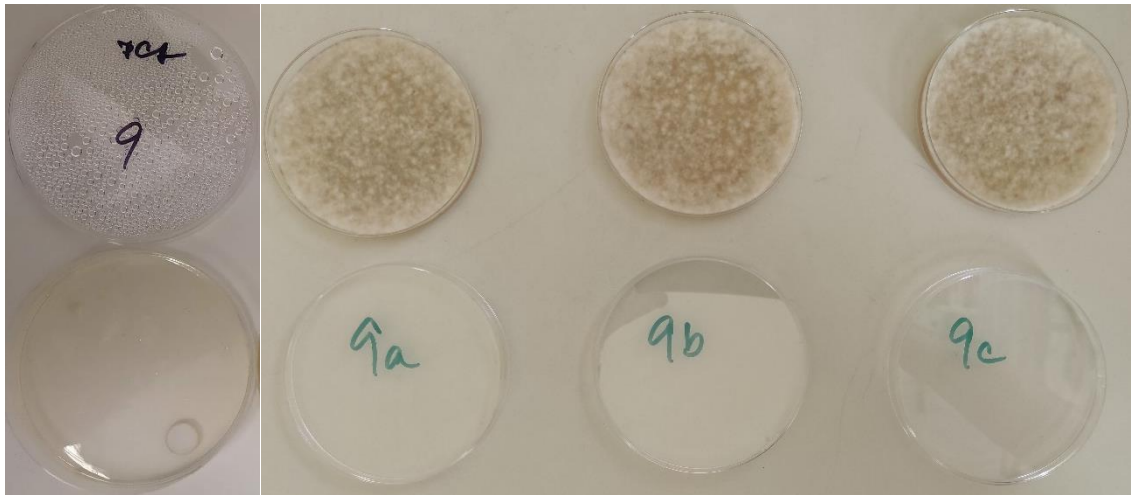
Obr. 4.31 – Porovnání vzorku č. 7

Na vzorku č. 7 (viz obr. 4.31) byla naměřena nejvyšší teplota ze všech měřených vzorků, a to 89,5 °C. Nejdolnější druh plísně z původního vzorku se objevil i na nových stěrech, ale jinak se ostatní plísně podařilo eliminovat.



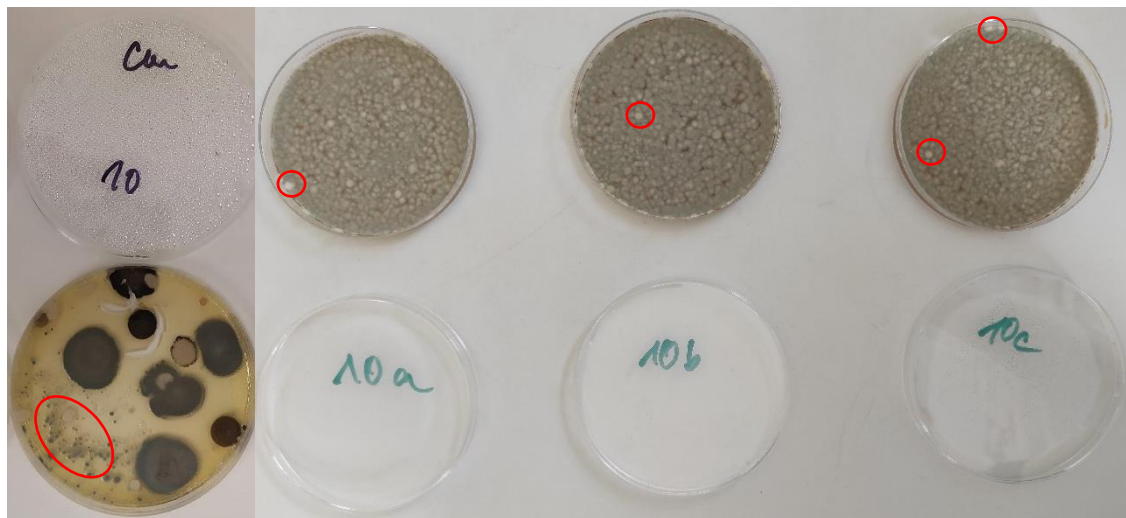
Obr. 4.32 – Porovnání vzorku č. 8

Plísně, které byly nejrozšířenější se podařilo eliminovat, avšak malé kolonie plísní z původního vzorku č. 8 (viz obr. 4.32) se nyní rozrostly po celé misce. Pravděpodobně je to druh, který ke svému zničení potřebuje větší teplotu. Ta se na tomto vzorku dostala až na 53,1 °C.



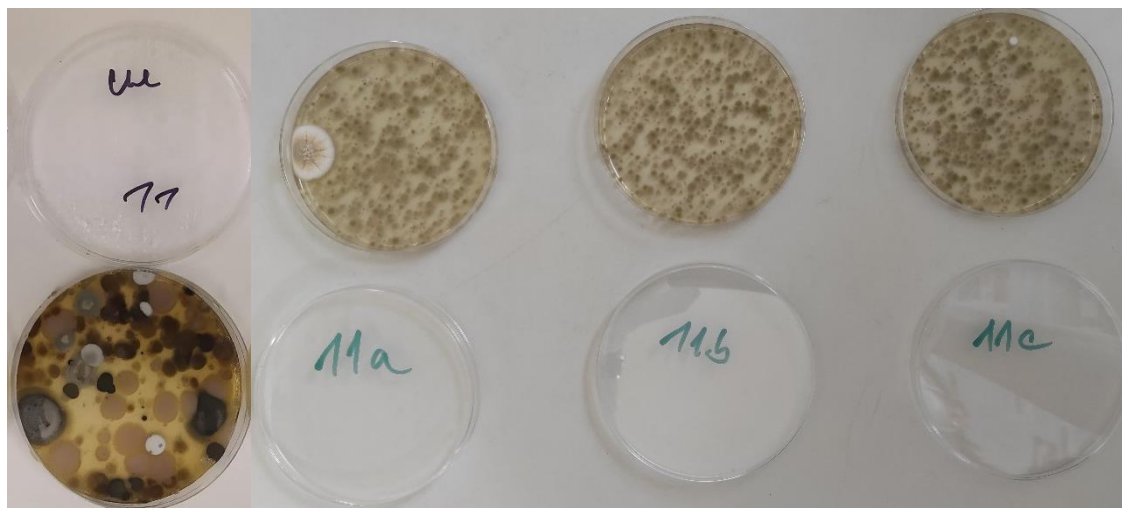
Obr. 4.33 – Porovnání vzorku č. 9

Vzorek č. 9 (viz obr. 4.33) nebyl natolik rozrostlý před samotným ozařováním. Teplota zde byla 48,3 °C. Podle vzhledu nově narostlé plísně se pravděpodobně jedná o jiný druh než ten z původního vzorku. Může se jednat o kontaminaci z ovzduší při manipulaci se vzorky při ozařování.



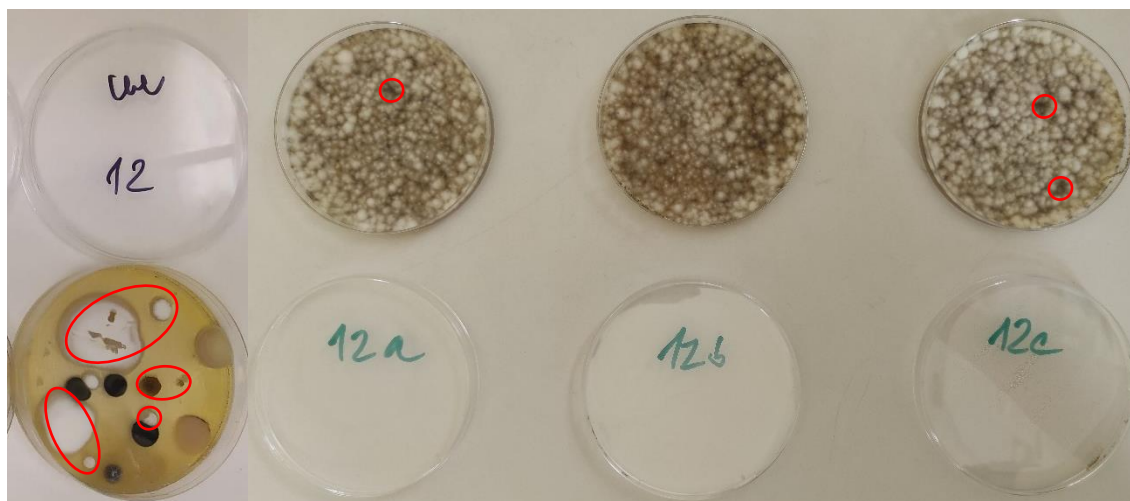
Obr. 4.34 – Porovnání vzorku č. 10

Označené kolonie plísni z neozářeného vzorku č. 10 (viz obr. 4.34) se nyní rozrostly po celé misce a vytvořily celistvý povlak. Objevují se mezi nimi i další druhy plísni, které nejsou na původním vzorku patrné. Teplota na tomto vzorku dosáhla 74,2 °C.



Obr. 4.35 – Porovnání vzorku č. 11

I zde jsou na ozářených vzorcích patrné jiné druhy plísní, které jsou patrně více odolné než jiné. Avšak, zde je také možná kontaminace z ovzduší. Vzorek č. 11 (viz obr. 4.35) měl na konci ozařování teplotu 59,6 °C.

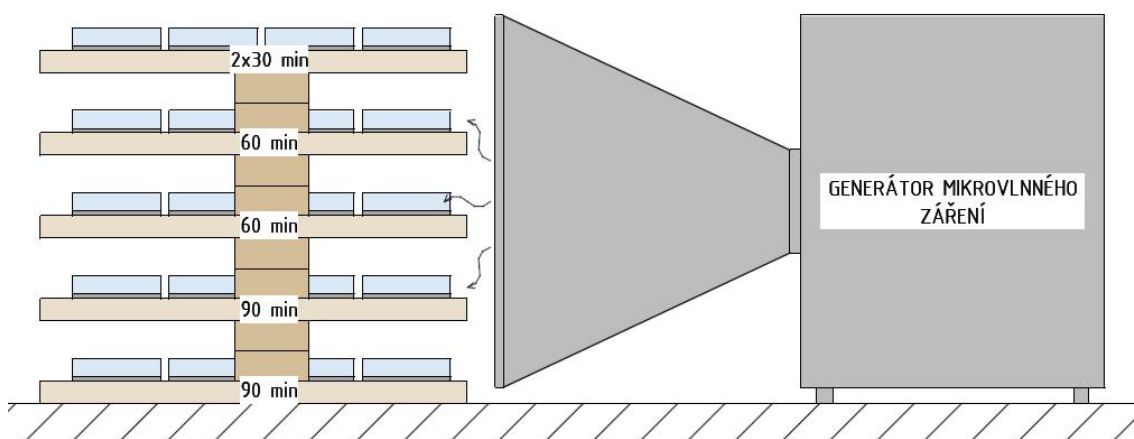


Obr. 4.36 – Porovnání vzorku č. 12

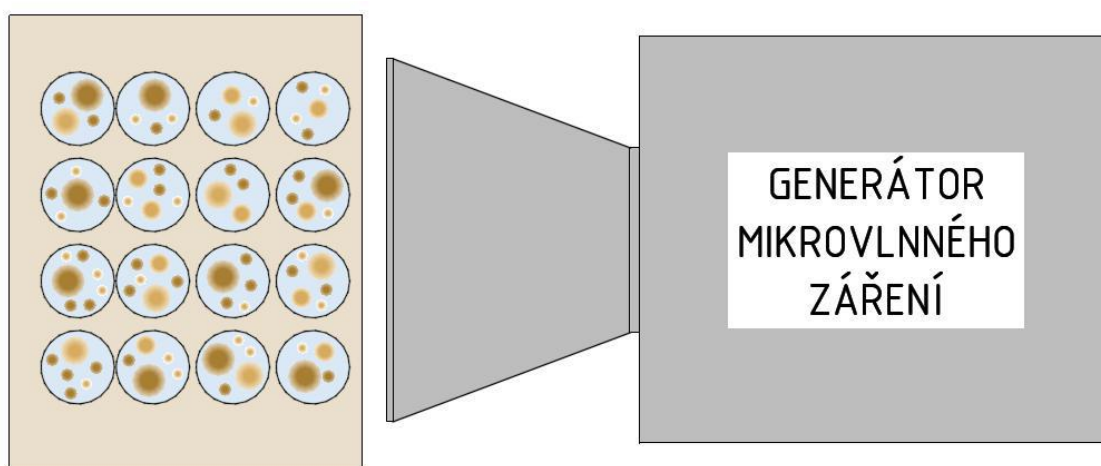
Na vzorku č. 12 (viz obr. 4.36) byla naměřená teplota 49,2 °C. Jsou zde vidět dva dominantní druhy plísní, kterým se podařilo přežít a rozrůst se. Další druhy byly z velké míry eliminovány, i přesto se ale objevují drobné kolonie na ozářených vzorcích.

#### 4.5. Ozařování čistých kultur

Ze směsných kultur bylo získáno celkem 30 izolovaných a separovaných jednodruhových plísňových kultur. Od každého izolátu byly vytvořeny 3 vzorky, které se následně ozařovaly určitou dobu. Jeden ze tří vzorků byl ozařován 30 minut, druhý 60 minut a třetí vzorek 90 minut. Cyklus ozařování se skládal z 10 minut ozařování a 10 minut chladnutí, tzn. že vzorek ozařovaný 30 minut byl ozářen dvakrát, vzorek ozařovaný 60 minut čtyřikrát a vzorek ozařovaný 90 minut pětkrát. Petriho misky s izoláty byly umístěny na policích, které byly umísťovány před generátor mikrovlnného záření v pěti výškových úrovních. V první a druhé úrovni byly umístěny vzorky, které se ozařovaly 90 minut, ve třetí a čtvrté byly vzorky ozařované 60 minut a v páté úrovni byly vzorky, které byly ozařovány pouze 30 minut. Po uplynutí prvních 30 minut byla police se vzorky odebrána a nahrazena druhou polici se vzorky určenými k ozařování po dobu 30 minut. Umístění izolátů je znázorněno na obrázcích 4.37 a 4.38.



Obr. 4.37 – Vertikální rozmístění vzorků



Obr. 4.38 – Horizontální rozmístění vzorků

Níže, na obrázcích 4.39 až 4.44, jsou vyfoceny izoláty na jednotlivých policích v průběhu ozařování. Na těchto obrázcích je vidět, že vzorky umístěné na pravé straně (na straně u přístroje) mají vyšší teplotu, což se projevuje deformací Petriho misek.



Obr. 4.39 - Vzorke ozařované 90 minut, položeny nejniže



Obr. 4.40 - Vzorke ozařované 90 minut, položeny ve druhé řadě



Obr. 4.41 - Vzorok ozařované 60 minut, položeny ve třetí řadě



Obr. 4.42 - Vzorok ozařované 60 minut, položeny ve čtvrté řadě





Obr. 4.43 – Vzorčky ozařované 30 minut, položeny v páté řadě



Obr. 4.44 – Vzorčky ozařované 30 minut, položeny v páté řadě

Na obrázku 4.45 je vidět umístění první police se vzorky, které byly ozařovány po dobu 90 minut a další police, které byly umístěny v dalších úrovních.



Obr. 4.45 – Ozařování vzorků a jejich umístění

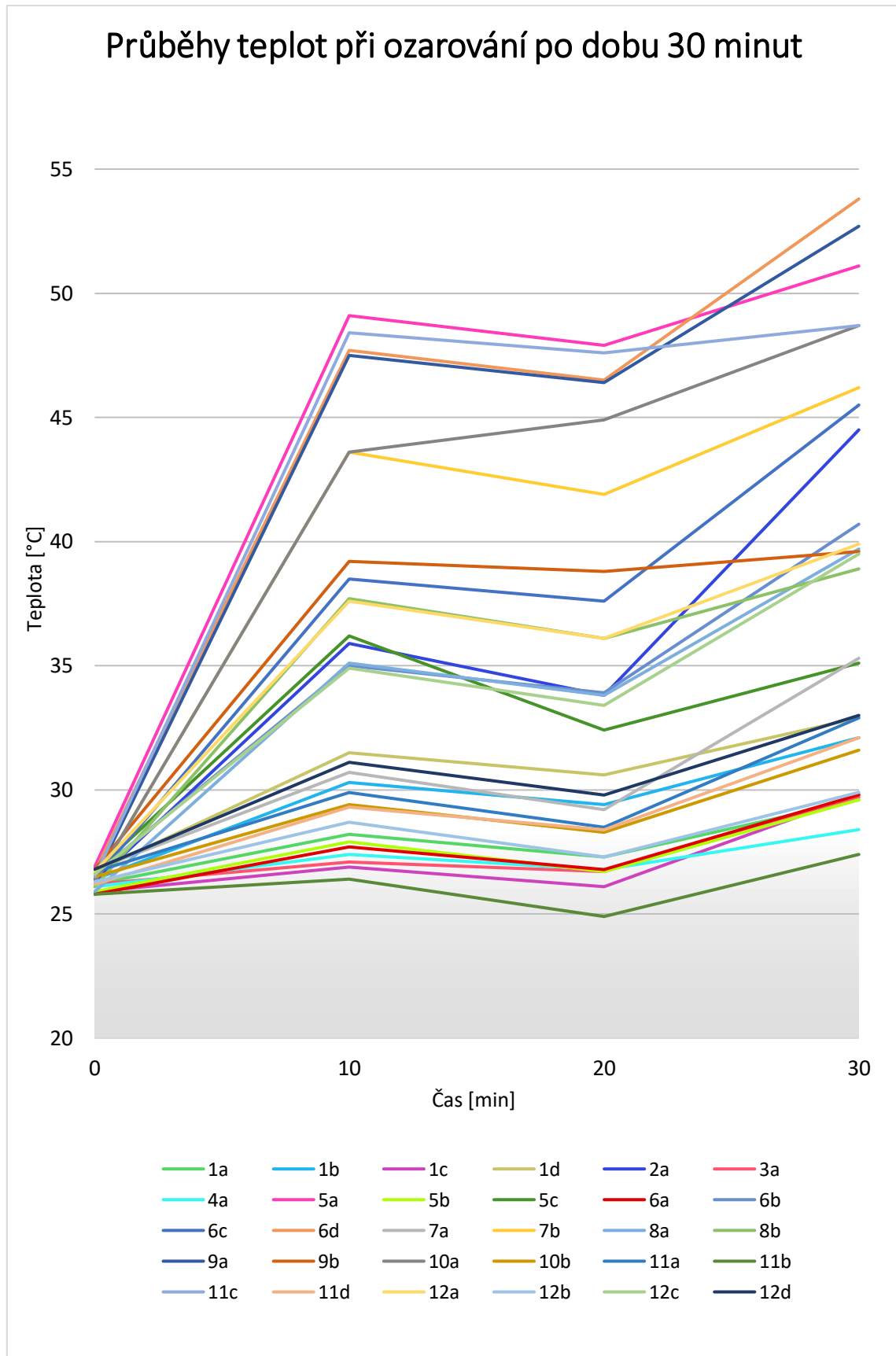
#### 4.5.1. Průběhy teplot

V tabulce 4 jsou vypsané teploty pro jednotlivé izoláty, které byly ozařované po dobu 30 minut v intervalech 10 minut ozařování a 10 minut chladnutí. Počáteční teplota izolátů se pohybovala okolo 26 °C. Nejvyšší teploty bylo dosaženo na vzorku 6d, který je v tabulce vyznačen. Teplota na tomto vzorku dosáhla hodnoty 53,8 °C.

Tab. 4: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 30 minut

Vzorek	Čas [min] / Teplota [°C]				Vzorek	Čas [min] / Teplota [°C]			
	0	10	20	30		0	10	20	30
1a	26,2	28,2	27,3	29,6	7b	26,3	43,6	41,9	46,2
1b	26,4	30,3	29,4	32,1	8a	25,9	35,1	33,8	39,7
1c	25,9	26,9	26,1	29,8	8b	26,1	37,7	36,1	38,9
1d	26,7	31,5	30,6	32,9	9a	26,4	47,5	46,4	52,7
2a	26,3	35,9	33,8	44,5	9b	26,8	39,2	38,8	39,6
3a	26,2	27,1	26,7	29,7	10a	26,3	43,6	44,9	48,7
4a	26,1	27,4	26,8	28,4	10b	26,5	29,4	28,3	31,6
5a	26,9	49,1	47,9	51,1	11a	26,7	29,9	28,5	32,9
5b	25,9	27,9	26,7	29,6	11b	25,8	26,4	24,9	27,4
5c	26,7	36,2	32,4	35,1	11c	26,5	48,4	47,6	48,7
6a	25,8	27,7	26,8	29,8	11d	26,2	29,3	28,4	32,1
6b	26,6	35,0	33,9	40,7	12a	26,7	37,6	36,1	39,9
6c	26,4	38,5	37,6	45,5	12b	26,3	28,7	27,3	29,9
6d	26,7	47,7	46,5	53,8	12c	26,6	34,9	33,4	39,5
7a	26,8	30,7	29,2	35,3	12d	26,8	31,1	29,8	33,0

Pro lepší znázornění průběhu teplot je doplněn graf 4.46, kde je změna teplot znázorněna.



Obr. 4.46 – Graf průběhu teplot při ozarování po dobu 30 minut

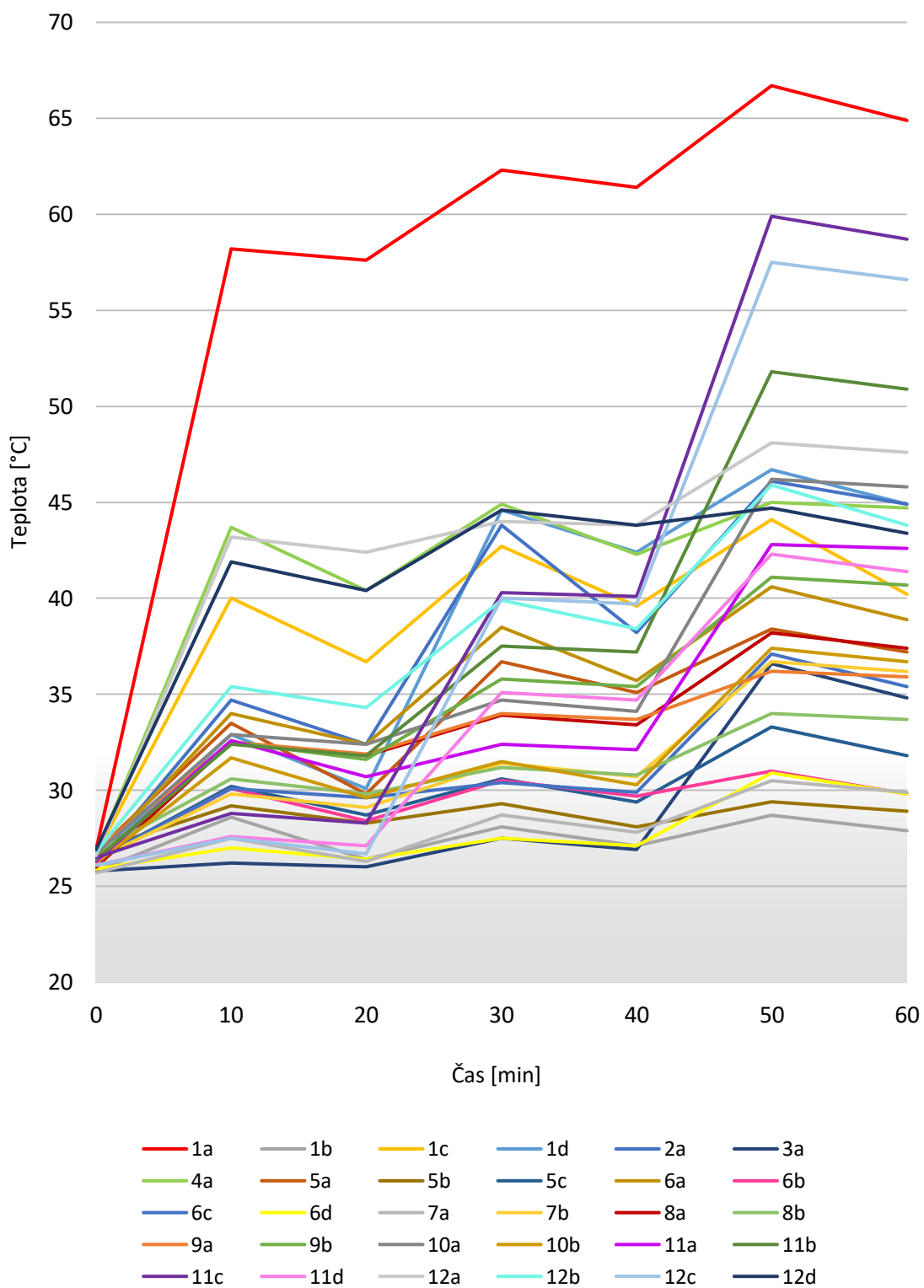
Tabulka 5 uvádí teploty izolátů, které byly ozařovány po dobu 60 minut. Zde byla nejvyšší naměřená teplota na izolátu 1a, a to 64,9 °C. Počáteční teplota byla obdobná jako u vzorků při ozařování 30 minut, tato teplota se také pohybovala kolem 26 °C. Vzorek 1a je v tabulce vyznačen zeleně.

Tab. 5: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 60 minut

Vzorek	Čas [min] / Teplota [°C]						
	0	10	20	30	40	50	60
1a	26,9	58,2	57,6	62,3	61,4	66,7	64,9
1b	25,8	28,6	26,4	28,1	27,1	28,7	27,9
1c	26,7	40,0	36,7	42,7	39,6	44,1	40,2
1d	26,4	32,9	30,1	44,6	42,4	46,7	44,9
2a	26,3	34,7	32,4	43,8	38,2	46,1	44,9
3a	25,8	26,2	26,0	27,5	26,9	36,6	34,8
4a	26,7	43,7	40,4	44,9	42,3	45,0	44,7
5a	26,8	33,5	29,8	36,7	35,1	38,4	37,2
5b	26,9	29,2	28,3	29,3	28,1	29,4	28,9
5c	26,4	30,2	28,7	30,6	29,4	33,3	31,8
6a	26,5	34,0	32,4	38,5	35,7	40,6	38,9
6b	26,3	30,1	28,4	30,5	29,7	31,0	29,8
6c	26,4	30,1	29,6	30,4	29,9	37,1	35,4
6d	25,9	27,0	26,4	27,5	27,1	30,9	29,8
7a	25,7	27,5	26,3	28,7	27,8	30,5	29,9
7b	26,4	29,8	29,1	31,4	30,7	36,7	36,2
8a	26,0	32,5	31,8	33,9	33,4	38,2	37,4
8b	26,8	30,6	29,8	31,2	30,8	34,0	33,7
9a	26,9	32,5	31,9	34,0	33,7	36,2	35,9
9b	26,4	32,5	31,6	35,8	35,4	41,1	40,7
10a	26,7	32,9	32,4	34,7	34,1	46,2	45,8
10b	26,2	31,7	29,6	31,5	30,3	37,4	36,7
11a	26,3	32,6	30,7	32,4	32,1	42,8	42,6
11b	26,4	32,4	31,8	37,5	37,2	51,8	50,9
11c	26,5	28,8	28,3	40,3	40,1	59,9	58,7
11d	26,1	27,6	27,1	35,1	34,7	42,3	41,4
12a	26,6	43,2	42,4	44,0	43,8	48,1	47,6
12b	26,8	35,4	34,3	39,9	38,4	45,9	43,8
12c	26,1	27,5	26,7	40,0	39,7	57,5	56,6
12d	26,9	41,9	40,4	44,6	43,8	44,7	43,4

Opět pro lepší znázornění průběhu teplot je doplněn graf 4.47.

## Průběhy teplot při ozarování po dobu 60 minut



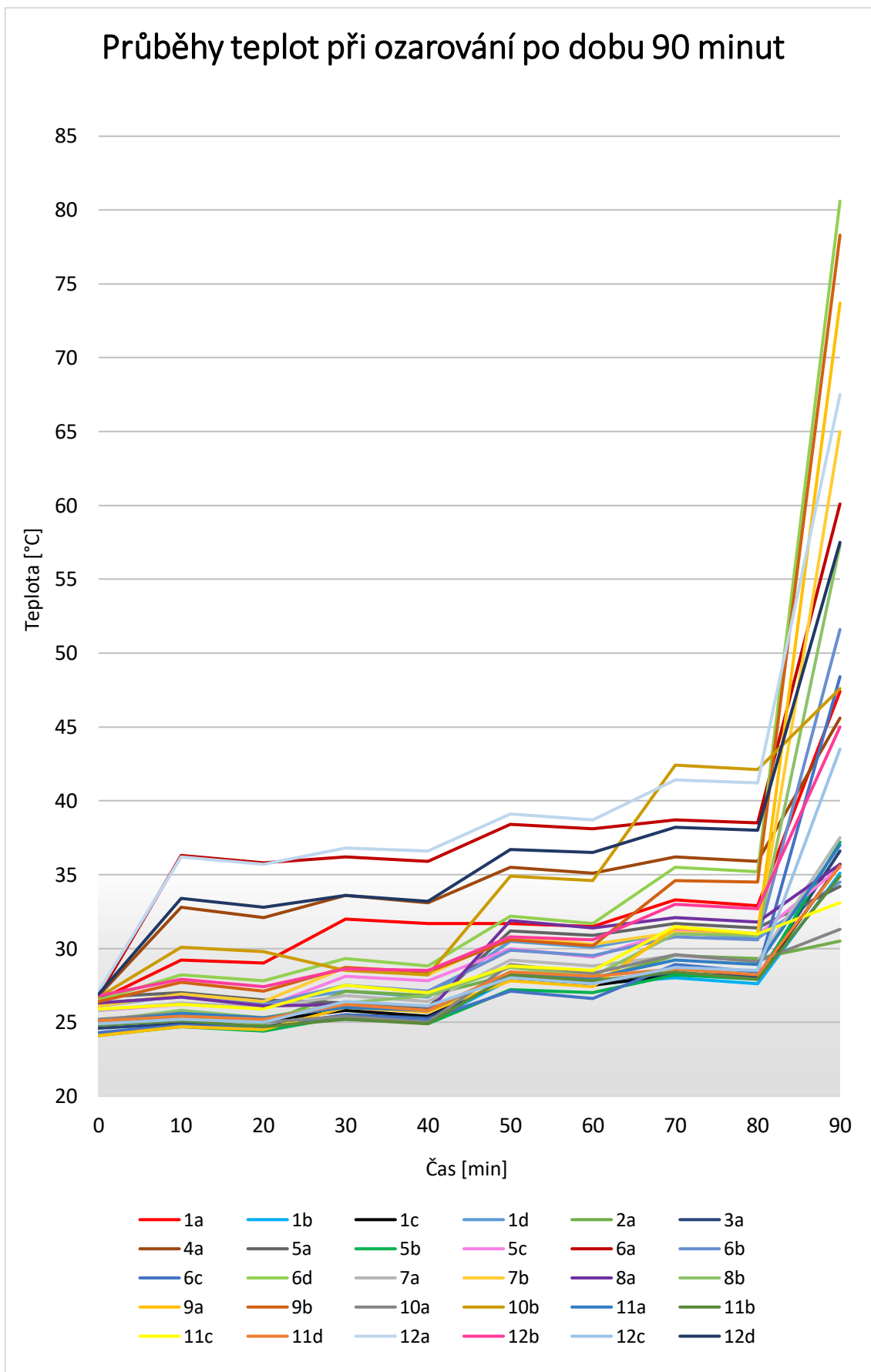
Obr. 4.47 - Graf průběhu teplot při ozarování po dobu 60 minut

Tabulka 6 uvádí teploty vzorků ozařovaných po dobu 90 minut. U těchto vzorků byla nejvyšší naměřená teplota 80,6 °C, která byla na vzorku 6d. V tabulce je vzorek zeleně vyznačen.

Tab. 6: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 90 minut

Vzorek	Čas [min] / Teplota [°C]									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1a	26,5	29,2	29,0	32,0	31,7	31,7	31,5	33,3	32,9	47,4
1b	24,9	25,4	25,1	25,2	25,0	27,9	27,6	28,0	27,6	35,1
1c	24,9	25,5	25,1	25,8	25,4	27,9	27,5	28,2	28,0	35,7
1d	26,1	26,8	26,3	27,1	26,7	30,5	30,1	31,1	30,7	34,5
2a	25,1	25,4	24,9	27,1	26,8	28,2	27,9	29,5	29,3	30,5
3a	24,6	24,9	24,7	25,5	25,3	28,0	27,8	28,3	28,1	36,6
4a	26,8	32,8	32,1	33,6	33,1	35,5	35,1	36,2	35,9	45,6
5a	26,7	27,0	26,5	26,3	26,0	31,2	30,9	31,7	31,4	34,2
5b	24,1	24,7	24,4	25,4	24,9	27,2	27,0	28,2	27,9	37,2
5c	25,8	26,2	26,0	28,1	27,8	30,0	29,4	31,2	30,9	35,5
6a	26,8	36,3	35,8	36,2	35,9	38,4	38,1	38,7	38,5	60,1
6b	26,3	26,7	26,2	27,5	27,1	29,9	29,5	30,8	30,6	51,6
6c	24,3	24,8	24,6	25,5	25,2	27,1	26,6	28,9	28,4	48,4
6d	26,5	28,2	27,8	29,3	28,8	32,2	31,7	35,5	35,2	80,6
7a	25,8	26,3	26,0	26,8	26,4	29,2	28,8	29,5	29,1	37,5
7b	26,1	26,9	26,4	28,7	28,2	30,8	30,3	31,1	30,9	65,0
8a	26,3	26,7	26,1	26,2	25,7	31,9	31,4	32,1	31,8	35,7
8b	25,1	25,8	25,3	26,3	26,8	28,7	28,1	31,0	30,9	57,3
9a	24,1	24,7	24,5	26,0	25,7	27,8	27,4	31,4	31,0	73,7
9b	26,4	27,7	27,1	28,7	28,4	30,6	30,2	34,6	34,5	78,3
10a	25,2	25,6	25,0	25,4	25,0	28,9	28,3	29,6	29,1	31,3
10b	26,7	30,1	29,8	28,5	28,2	34,9	34,6	42,4	42,1	47,6
11a	25,0	25,6	25,3	26,0	25,8	28,3	28,0	29,2	28,9	37,0
11b	24,8	25,1	24,7	25,2	24,9	28,2	27,8	28,4	27,9	34,9
11c	25,9	26,2	25,9	27,5	27,0	28,8	28,5	31,5	31,0	33,1
11d	25,1	25,4	25,2	26,2	25,8	28,4	28,1	28,6	28,2	35,6
12a	27,1	36,2	35,7	36,8	36,6	39,1	38,7	41,4	41,2	67,5
12b	26,8	27,9	27,4	28,6	28,5	30,8	30,6	33,0	32,7	45,0
12c	24,9	25,2	25,0	26,4	26,1	28,0	27,6	28,7	28,5	43,5
12d	26,9	33,4	32,8	33,6	33,2	36,7	36,5	38,2	38,0	57,5

Graf 4.48 znázorňuje průběh teplot z tabulky 6. Můžeme si zde povšimnout prudkého nárůstu teploty po odebrání ostatních polic, kdy se tyto zbývající dvě úrovně odkryly.



Obr. 4.48 – Graf průběhu teplot při ozarování po dobu 90 minut

#### 4.5.2. Identifikace vzorků

V tabulce 7 jsou jednotlivé izoláty zařazeny do rodů. Nejčastěji se vyskytující rody byly rod *Penicillium* a rod *Cladosporium*.

Tab. 7: Zařazení izolátů do rodů

Označení izolátu	Identifikace	Označení izolátu	Identifikace
1a	<i>Penicillium</i> sp.	7b	<i>Cladosporium</i> sp.
1b	<i>Penicillium</i> sp.	8a	<i>Penicillium</i> sp.
1c	<i>Cladosporium</i> sp.	8b	<i>Penicillium</i> sp.
1d	<i>Cladosporium</i> sp.	9a	<i>Penicillium</i> sp.
2a	<i>Fusarium</i> sp.	9b	<i>Penicillium</i> sp.
3a	<i>Ramularia</i> sp.	10a	<i>Penicillium</i> sp.
4a	<i>Stereum</i> sp.	10b	<i>Aureobasidium</i> sp.
5a	<i>Penicillium</i> sp.	11a	<i>Cladosporium</i> sp.
5b	<i>Aspergillus</i> sp.	11b	<i>Penicillium</i> sp.
5c	<i>Cladosporium</i> sp.	11c	<i>Cladosporium</i> sp.
6a	<i>Penicillium</i> sp.	11d	<i>Aureobasidium</i> sp.
6b	<i>Cladosporium</i> sp.	12a	<i>Penicillium</i> sp.
6c	<i>Cladosporium</i> sp.	12b	<i>Cladosporium</i> sp.
6d	<i>Didymellaceae</i> sp.	12c	<i>Nectria</i> sp.
7a	<i>Cladosporium</i> sp.	12d	<i>Nectria</i> sp.

#### 4.6. Vyhodnocení čistých kultur

Z ozářených izolátů se znova provedly stěry a životaschopnost izolátů se hodnotila po 7 a 14 dnech. V tabulce 8 jsou uvedeny výsledky pro jednotlivé doby ozařování. Vždy je zde uvedeno označení izolátu, jeho zařazení do rodu, a poté, zda izolát i po ozáření roste nebo neroste. U některých izolátů se v průběhu ozařování objevily sekundární kontaminace, ty jsou v tabulce označeny velkým K. Políčka tabulky, která jsou ohraničena tlustou modrou čarou, jsou izoláty, které se nacházely na deformovaných Petriho miskách, tyto misky byly plastové a vlivem vysoké teploty se zdeformovaly.

Tab. 8: Záznam růstu izolátů po expozici mikrovlnným zářením

Označení izolátu	Identifikace	Doba expozice mikrovlnným zářením		
		0,5 hod	1,0 hod	1,5 hod
1a	<i>Penicillium</i> sp.	roste	neroste + k	roste
1b	<i>Penicillium</i> sp.	roste	roste	roste
1c	<i>Cladosporium</i> sp.	roste	roste	roste
1d	<i>Cladosporium</i> sp.	roste	roste	roste
2a	<i>Fusarium</i> sp.	roste	roste	roste
3a	<i>Ramularia</i> sp.	roste	nelze zjistit, K	roste + K
4a	<i>Stereum</i> sp.	roste + K	roste	roste
5a	<i>Penicillium</i> sp.	neroste	roste	roste
5b	<i>Aspergillus</i> sp.	roste	neroste + k	roste
5c	<i>Cladosporium</i> sp.	roste	neroste	roste



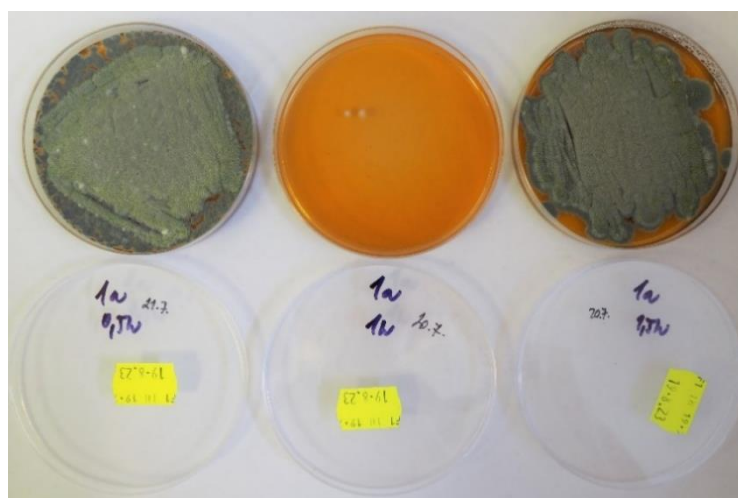
6a	Penicillium sp.	roste	neroste	neroste + k
6b	Cladosporium sp.	roste + K	roste	roste
6c	Cladosporium sp.	neroste	roste	roste
6d	Didymellaceae sp.	neroste	roste	neroste
7a	Cladosporium sp.	roste	neroste	roste
7b	Cladosporium sp.	neroste	neroste	neroste
8a	Penicillium sp.	roste	roste	roste
8b	Penicillium sp.	roste	roste	roste
9a	Penicillium sp.	jednotlivé kolonie + K	roste	neroste
9b	Penicillium sp.	jednotlivé kolonie	roste	jednotlivé kolonie
10a	Penicillium sp.	neroste	neroste + k	roste
10b	Aureobasidium sp.	roste	roste	roste
11a	Cladosporium sp.	roste	roste	roste
11b	Penicillium sp.	roste	roste	roste
11c	Cladosporium sp.	neroste	roste	roste
11d	Aureobasidium sp.	roste	roste	roste
12a	Penicillium sp.	roste	jednotlivé kolonie + K	jednotlivé kolonie
12b	Cladosporium sp.	roste	roste	roste
12c	Nectria sp.	roste	neroste	roste
12d	Nectria sp.	roste	neroste + k	neroste

Legenda

K Sekundární kontaminace

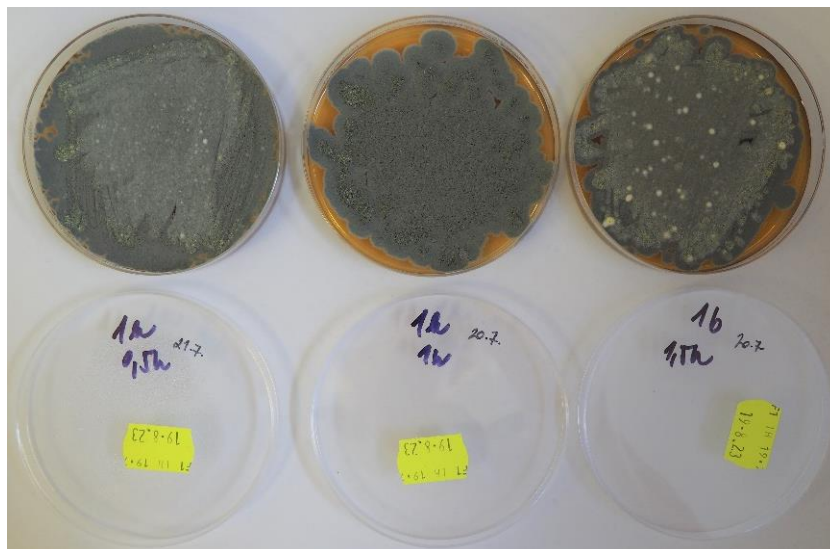
Většina izolátů nerostla z vysušených, deformovaných PM.

Pro doplnění vyhodnocení jsou níže uvedeny fotografie jednotlivých izolátů, kdy je vždy uveden na levé straně izolát ozařovaný 30 minut, uprostřed izolát ozařovaný 60 minut a na pravé straně izolát ozařovaný 90 minut.



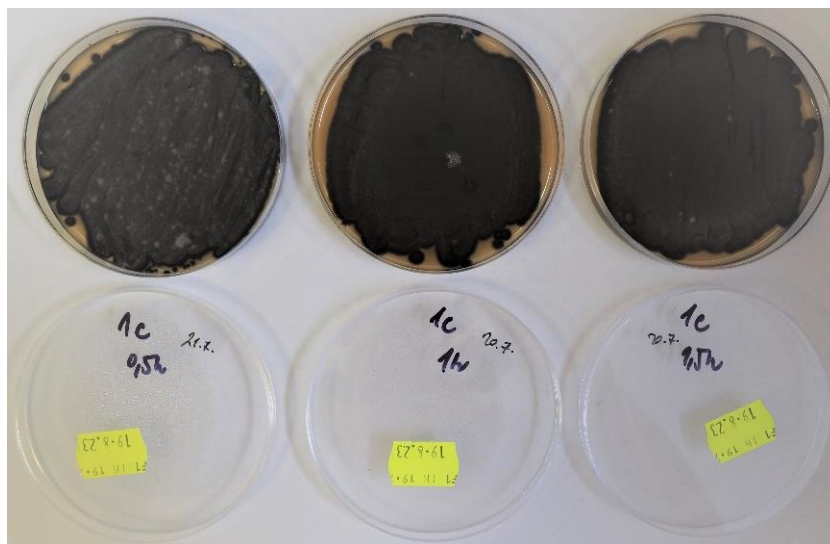
Obr. 4.49 – Ozářené čisté kultury, izolát 1a

Izolát 1a (viz obr. 4.49) se podařilo eliminovat pouze při ozařování po dobu 60 minut, kde se objevuje pouze sekundární kontaminace, která je v důsledku manipulace s izolátem v průběhu ozařování. Petriho miska s izolátem byla při ozařování po dobu 60 minut umístěna přímo před přístrojem, tudíž zde byla nejvyšší teplota a prohřátá plocha, na rozdíl od izolátů ozařovaných po dobu 30 a 90 minut, kdy misky byly umístěny dále od přístroje.



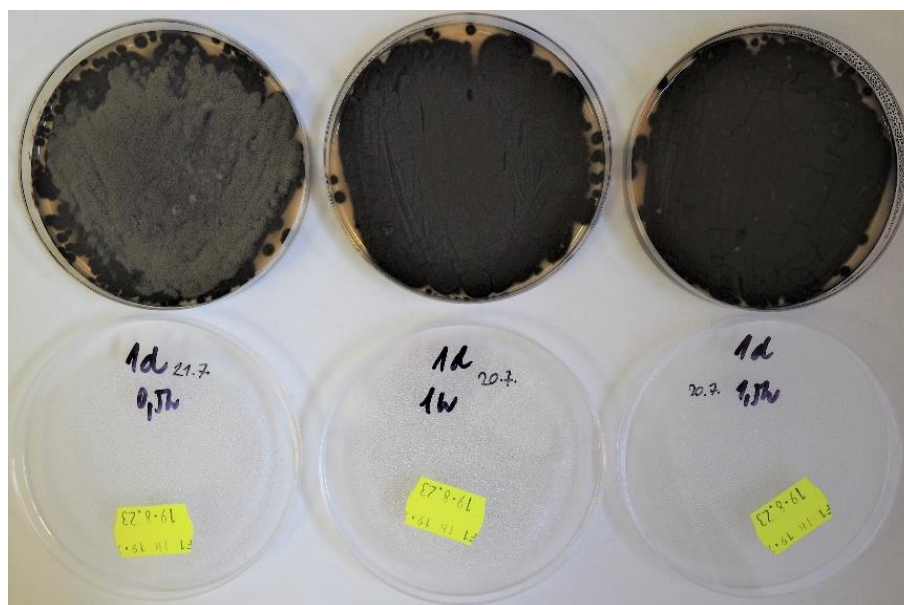
Obr. 4.50 – Ozářené čisté kultury, izolát 1b

Izolát 1b (viz obr. 4.50) se nepodařilo eliminovat ani při jedné ze zkoušených dob ozařování. Ani u jedné nebyl umístěn v blízkosti přístroje, ale dále od čela generátoru, a tudíž by bylo zapotřebí prodloužit dobu ozařování tak, aby se prohřátá plocha dokázala dostat dále. Oba izoláty 1a (obr. 4.49) i 1b (obr. 4.50) patří do rodu *Penicillium*.



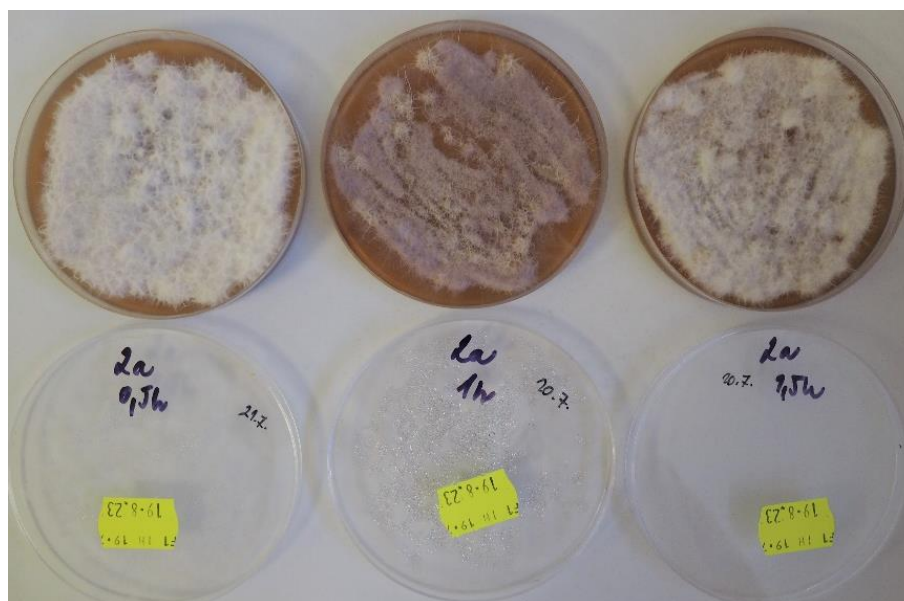
Obr. 4.51 – Ozářené čisté kultury, izolát 1c

Stejně jako tomu bylo u izolátu 1b (obr. 4.50), tak i zde se izolát 1c (viz obr. 4.51) nepodařilo eliminovat v žádné ze zkoušených dob ozařování. Opět byl umístěn v takové vzdálenosti, kdy je zapotřebí prodloužit dobu ozařování.



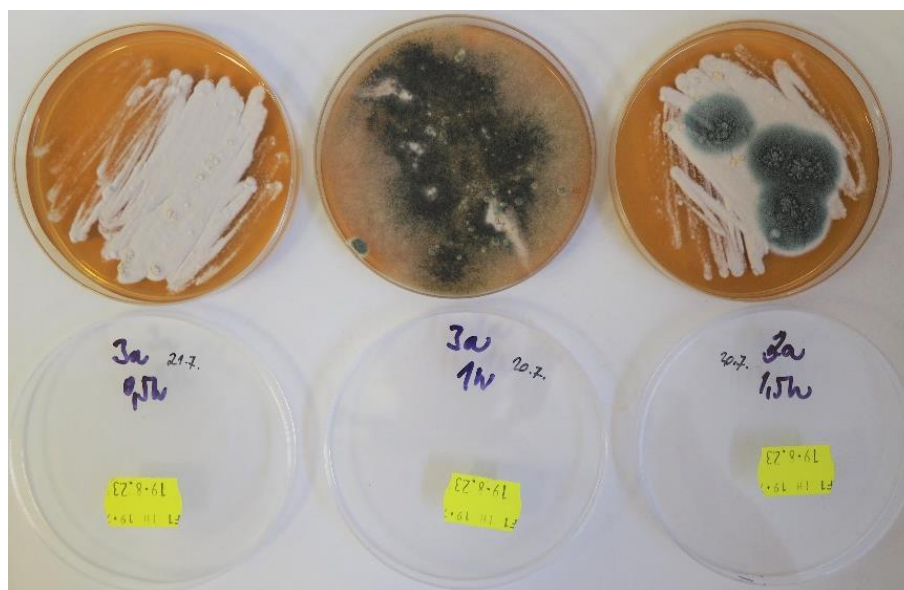
Obr. 4.52 – Ozářené čisté kultury, izolát 1d

Izolát 1d (viz obr. 4.52) je rodu *Cladosporium* stejně jako izolát 1c (obr. 4.51). Tento vzorek byl umístěn v podobné vzdálenosti jako předchozí vzorek, a i zde se inaktivace nepodařila a je zapotřebí delší doba ozařování, popřípadě kratší vzdálenost od přístroje.



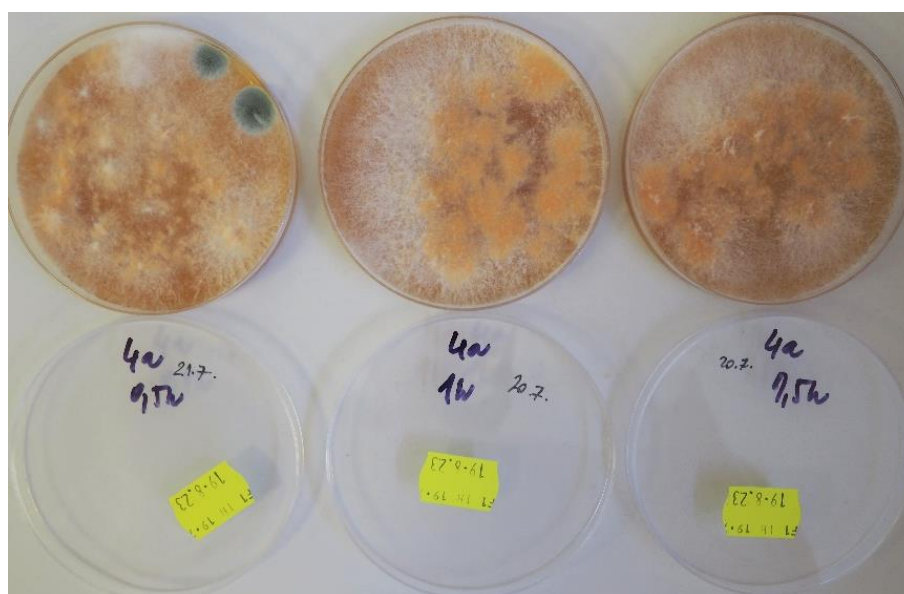
Obr. 4.53 – Ozářené čisté kultury, izolát 2a

Izolát 2a (viz obr. 4.53) nebyl eliminován v žádnou dobu ozařování, ale můžeme si povšimnout, že Petriho miska s izolátem, která byla ozařována po dobu 60 minut je oproti ostatním méně narostlá. Tato miska byla umístěna v druhé řadě od čela přístroje, kdy naproti tomu misky ozařované po dobu 30 a 90 minut byly na úplném konci police. Je možné, že pokud by miska u ozařování 90 minut byla umístěna na stejném místě jako miska z 60 minut, eliminace tohoto izolátu by mohla být úspěšná.



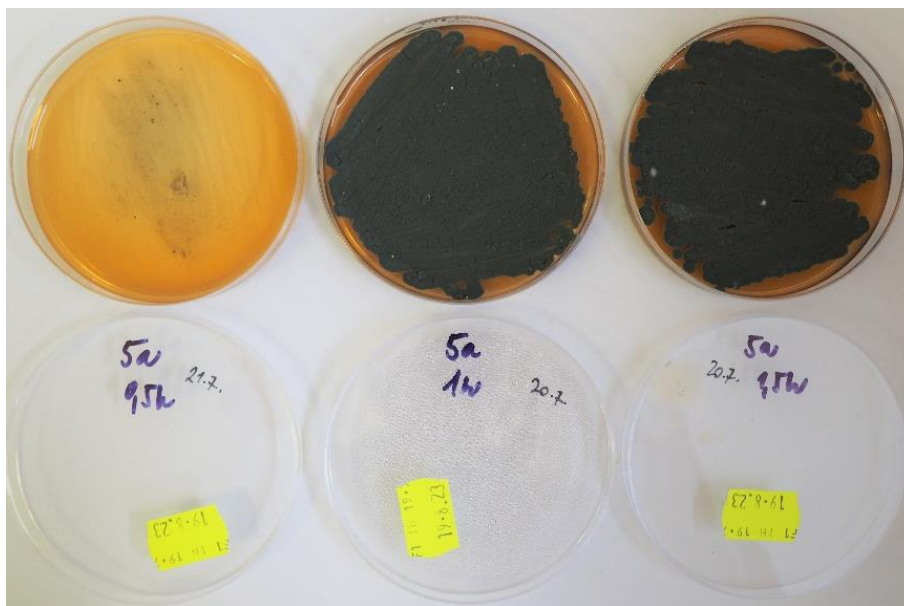
Obr. 4.54 – Ozářené čisté kultury, izolát 3a

Izolát 3a (viz obr. 4.54) se také nepodařilo eliminovat. U vzorku ozařovaném po dobu 60 minut se životaschopnost nepodařila zjistit, pravděpodobně velkou sekundární kontaminací, která je skoro po celé misce. Sekundární kontaminace se objevila i na misce, která byla ozařována po dobu 90 minut.



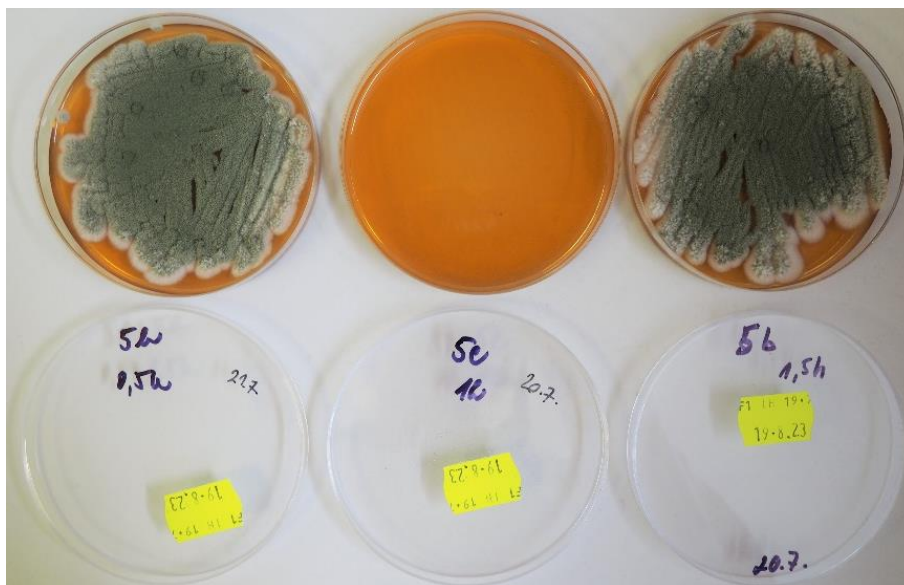
Obr. 4.55 – Ozářené čisté kultury, izolát 4a

Izolát 4a (viz obr. 4.55), který je jediným zástupcem z rodu *Stereum* ze všech 30 zkoušených izolátů, se také nepodařilo eliminovat. U první misky (ozařované po dobu 30 minut) se vyskytly sekundární kontaminace. I přes to, že byly misky u dob ozařování 30 a 90 minut umístěny v první řadě od čela přístroje, tak ani zde se sterilizace izolátů nepodařila. Obě misky byly na okrajích polic, a tudíž by bylo zapotřebí prodloužit dobu ozařování tak, aby se prohřátá plocha rozšířila až na krajní vzorky.



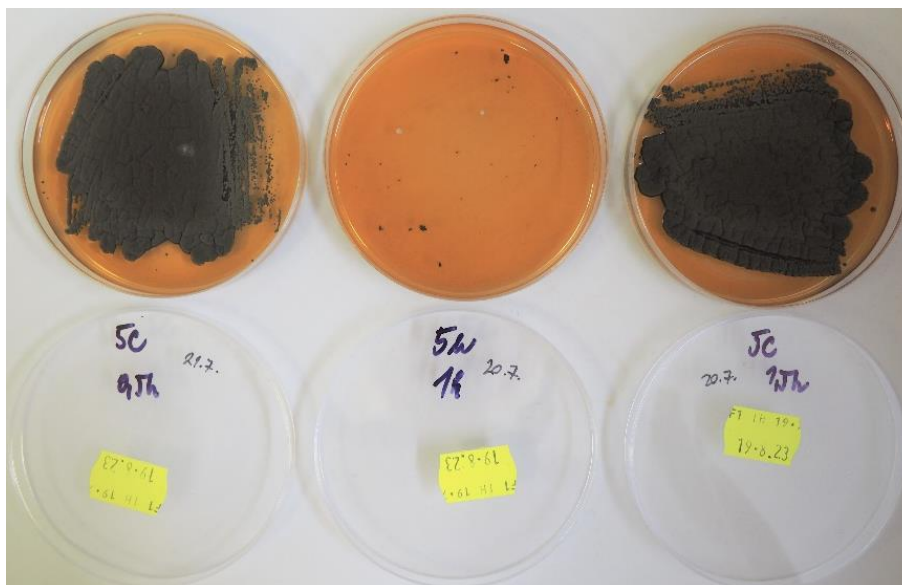
Obr. 4.56 – Ozářené čisté kultury, izolát 5a

Izolát 5a (viz obr. 4.56) se podařilo eliminovat při ozařování po dobu 30 minut, ale po dobu 60 a 90 minut ne. Izolát 5a patří do rodu *Penicillium*, který společně s rodem *Cladosporium* byly nejčastěji se vyskytující rody ze všech 30 vzorků.



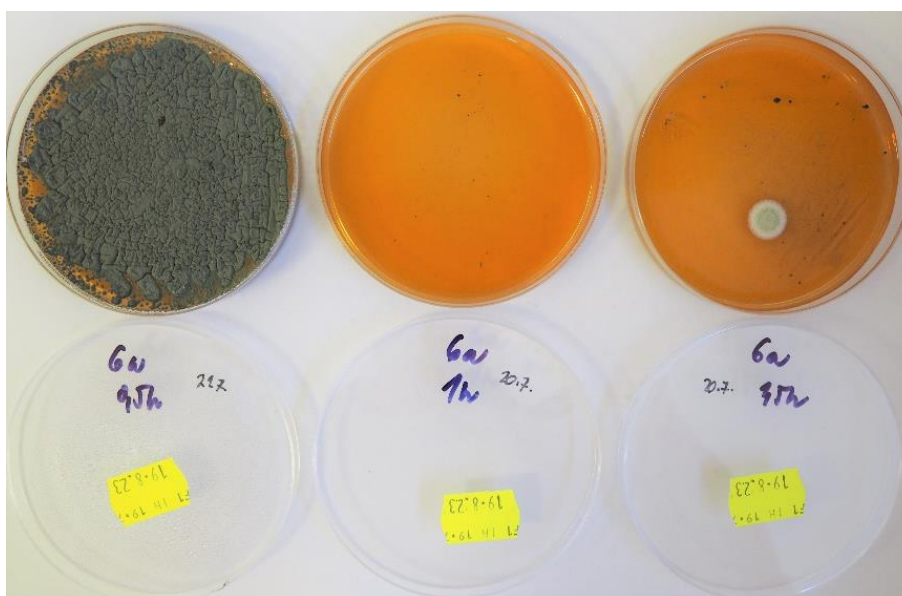
Obr. 4.57 – Ozářené čisté kultury, izolát 5b a 5c

Obrázek 4.57 znázorňuje životaschopnost izolátu 5b, kdy se ale omylem místo izolátu 5b, izolát ozařovaný po dobu 60 minut, umístil izolát 5c, který se také podařilo eliminovat, stejně jako izolát 5b. Tato miska bude následně na obrázku 4.58.



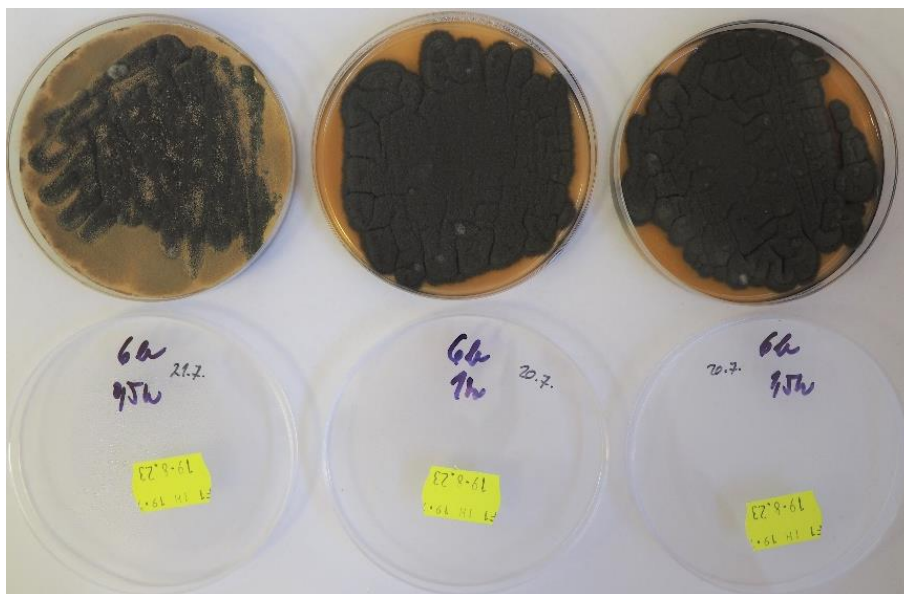
Obr. 4.58 – Ozářené čisté kultury, izolát 5c a 5b

Jak již bylo zmíněno v předchozím, prostřední miska na obrázku 4.48 je zaměněný izolát 5b, kde můžeme vidět, že eliminace se zde podařila a objevuje se pouze sekundární kontaminace. Izoláty ozařované po dobu 30 a 90 minut se inaktivovat nepodařilo.



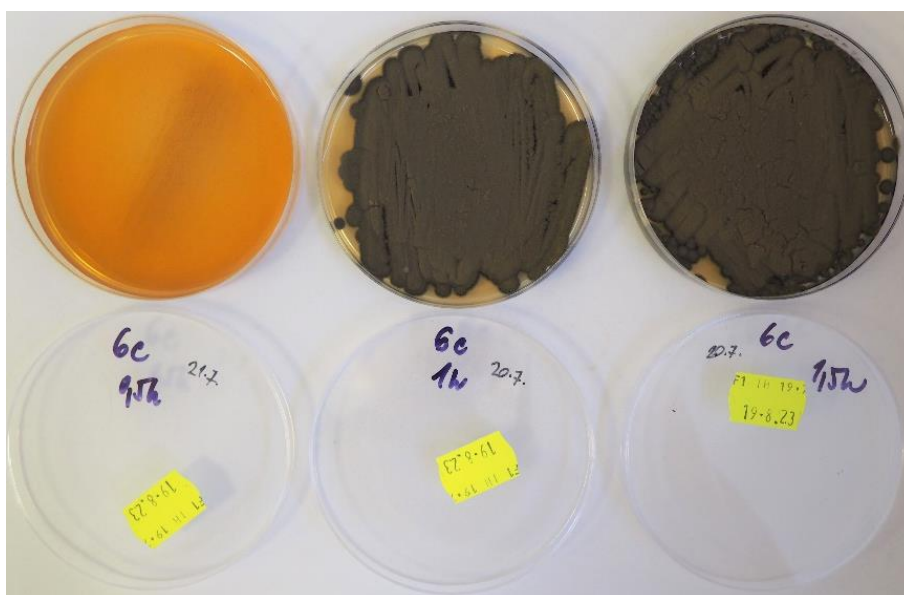
Obr. 4.59 – Ozářené čisté kultury, izolát 6a

Izolát 6a (viz obr. 4.59) z rodu *Penicillium* se podařilo eliminovat při době ozařování 60 i 90 minut. U vzorku ozařovaném po dobu 90 minut se opět vyskytla sekundární kontaminace, způsobená manipulací izolátů při ozařování.



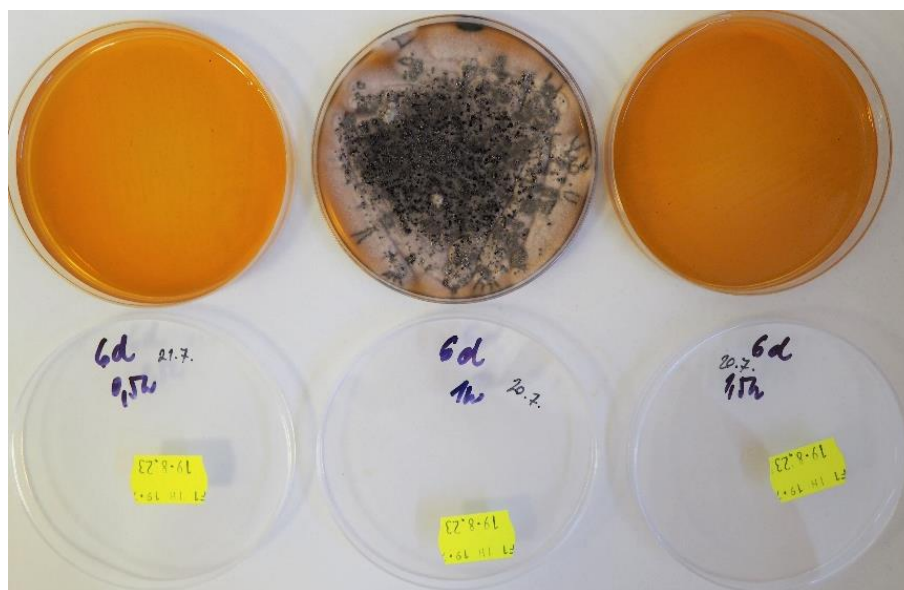
Obr. 4.60 – Ozářené čisté kultury, izolát 6b

Obrázek 4.60 znázorňuje izolát 6b z rodu *Cladosporium*. Ani tento izolát se nepodařilo inaktivovat. Na vzorku ozařovaném 30 minut se dále vyskytla sekundární kontaminace, která zaplnila celou plochu agarů okolo izolátu.



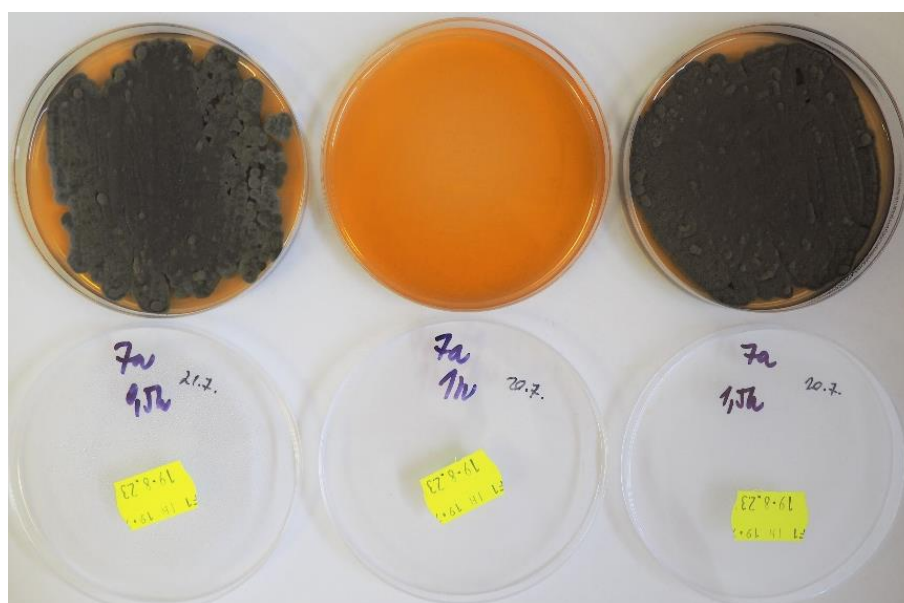
Obr. 4.61 – Ozářené čisté kultury, izolát 6c

Izolát 6c (viz obr. 4.61) z rodu *Cladosporium* se podařilo eliminovat pouze při ozařování po dobu 30 minut, kdy byl umístěn před přístrojem. Ostatní doby ozařování, tj. 60 a 90 minut se eliminovat nepodařilo, tyto misky byly umístěny dále od přístroje a bylo by zapotřebí prodloužit dobu ozařování.



Obr. 4.62 – Ozářené čisté kultury, izolát 6d

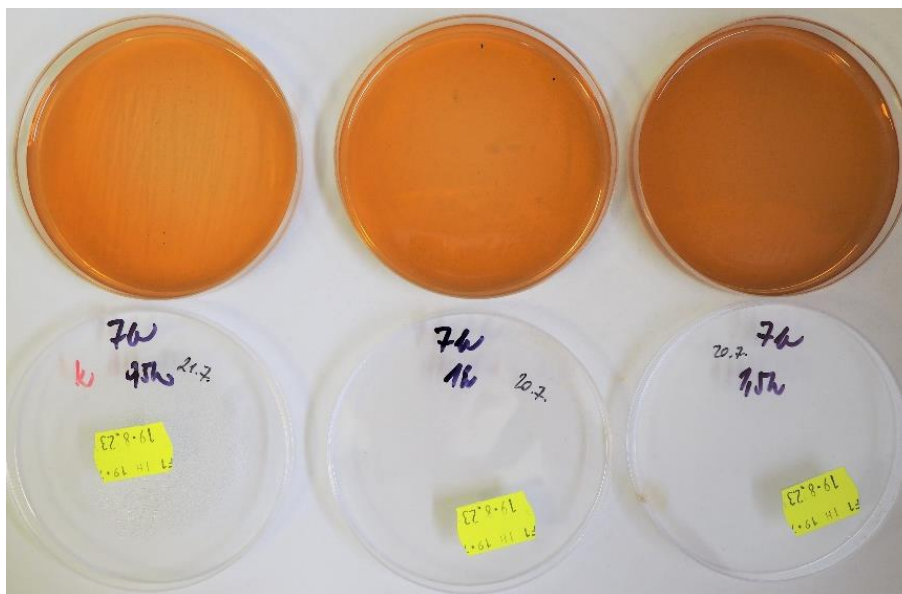
Izolát 6d (viz obr. 4.62), na kterém byly naměřeny nejvyšší teploty při ozařování po dobu 30 a 90 minut se podařilo v tyto doby ozařování eliminovat. Vzorek ozařovaný po dobu 60 minut i nadále po ozáření roste.



Obr. 4.63 – Ozářené čisté kultury, izolát 7a

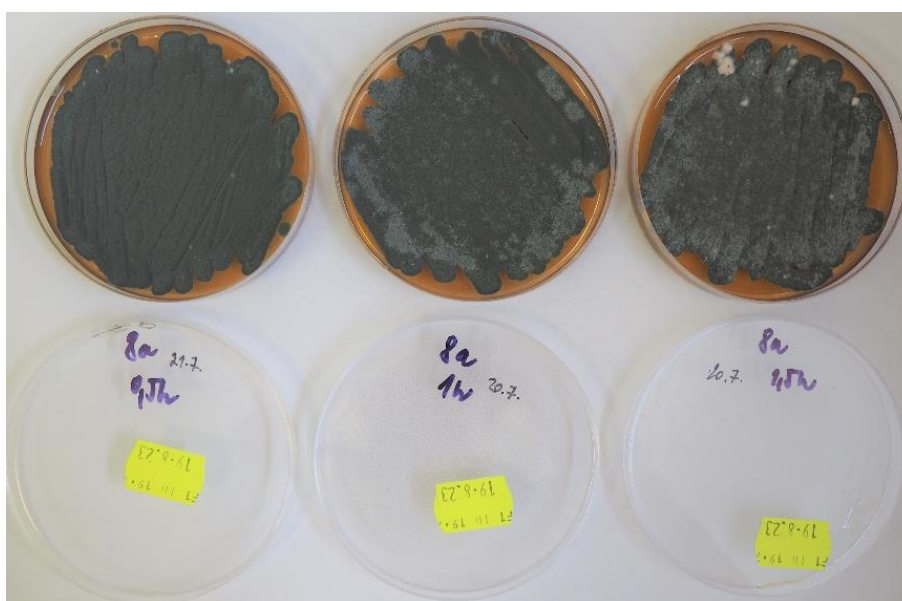
Na obrázku 4.63 je vyhodnocení izolátu 7a. Tato plíseň patří do rodu *Cladosporium*. Izolát se podařilo eliminovat pouze při ozařování po dobu 60 minut. U dalších, by vzhledem ke vzdálenosti od přístroje, bylo zapotřebí prodloužit dobu ozařování, aby se prohřátá plocha dostala až k těmto vzorkům.





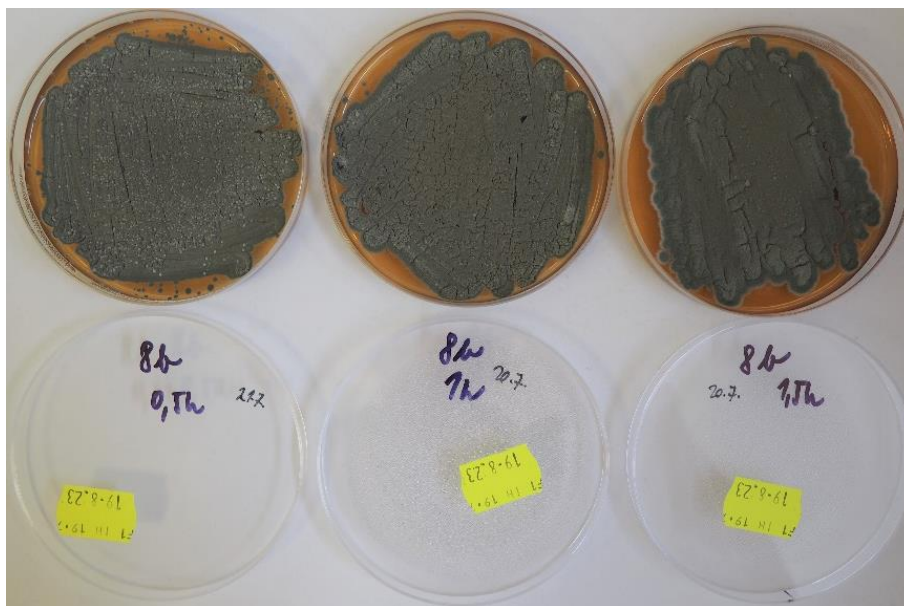
Obr. 4.64 – Ozářené čisté kultury, izolát 7b

Izolát 7b je jediný izolát ze 30 vzorků, který se podařilo eliminovat při všech zkoušených dobách ozařování, jak je vidět na obrázku 4.64. Patří do rodu *Cladosporium*, který byl spolu s rodem *Penicillium* nejvíce rozšířeným rodem ze zkoušených vzorků. V tomto případě byly misky se vzorky umístěny v první řadě od přístroje na kraji polic u ozařování po dobu 30 a 90 minut. U ozařování po dobu 60 minut byla miska umístěna v poslední řadě od přístroje.



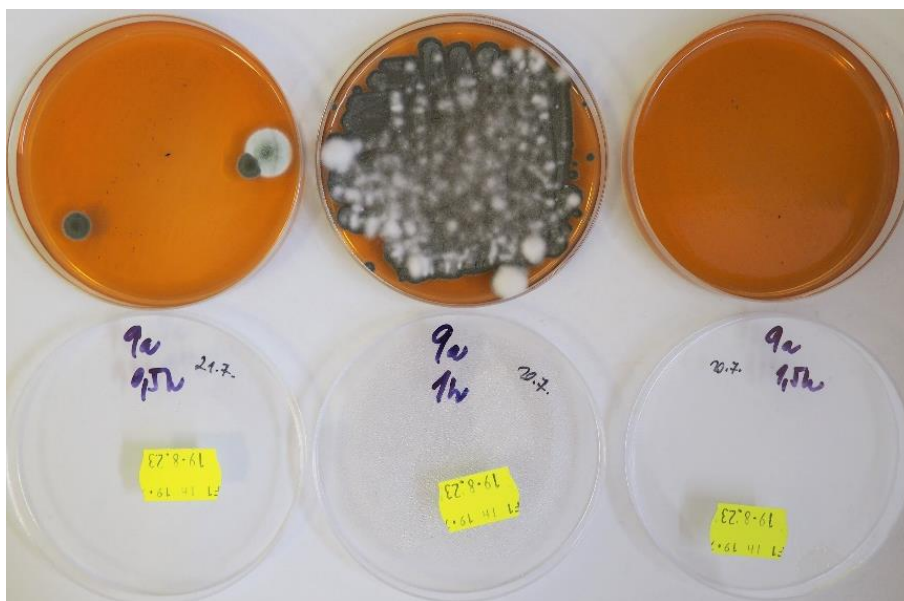
Obr. 4.65 – Ozářené čisté kultury, izolát 8a

Izolát 8a, jak můžeme vidět na obrázku 4.65, se také nepodařilo eliminovat. Jedná se o plíseň z rodu *Penicillium*. Můžeme si všimnout i sekundární kontaminace u vzorku ozařovaného po dobu 90 minut.



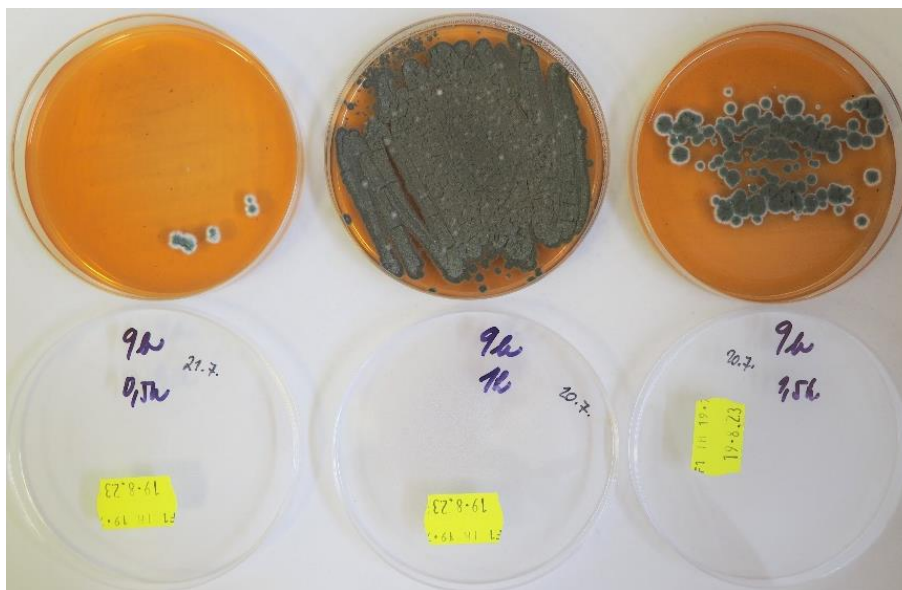
Obr. 4.66 – Ozářené čisté kultury, izolát 8b

Další ze zástupců rodu *Penicillium* je izolát 8b, který je na obrázku 4.66. Ani tyto vzorky se nepodařilo sterilizovat. Je však vidět, že vzorek ozařovaný po dobu 90 minut je méně narostlý než ostatní.



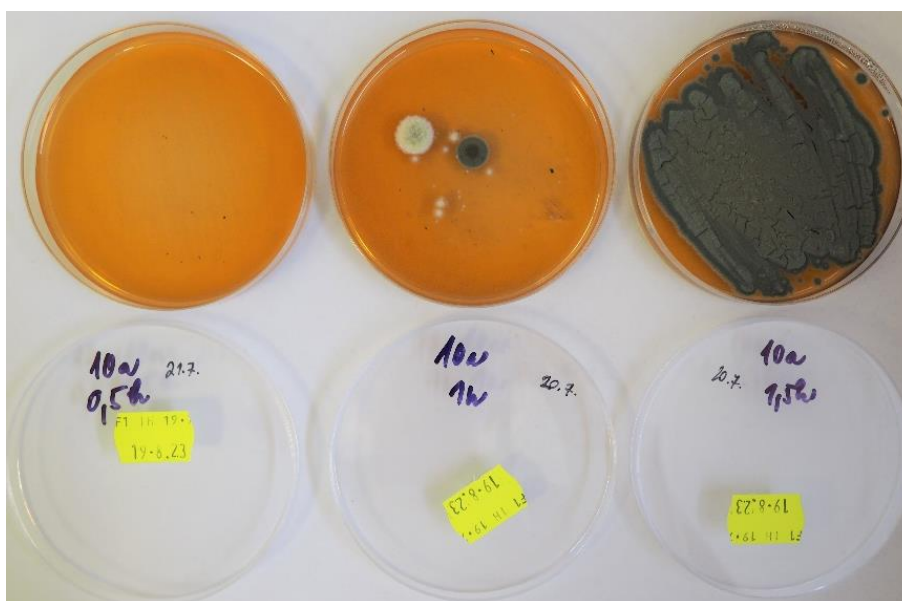
Obr. 4.67 – Ozářené čisté kultury, izolát 9a

Obrázek 4.67 ukazuje izolát 9a z rodu *Penicillium*, který se podařilo úplně eliminovat při ozařování po dobu 90 minut. Při 60 minutách ozařování se sterilizace izolátu nepodařila. Ozařování izolátu 9a po dobu 30 minut byla částečně úspěšná. Při hodnocení životaschopnosti izolátů se na tomto vzorku objevily pouze jednotlivé kolonie a také sekundární kontaminace, která je vidět na vzorku ozařovaném po dobu 60 minut.



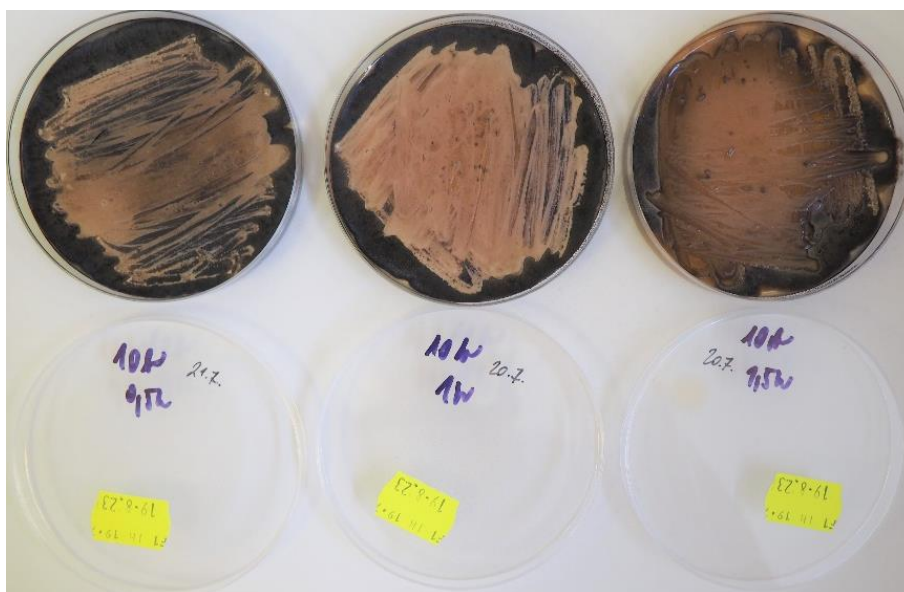
Obr. 4.68 – Ozářené čisté kultury, izolát 9b

U izolátu 9b (viz obr. 4.68) se podařila eliminace pouze částečně, a to u vzorků ozařovaných po dobu 30 a 90 minut. Zde se při hodnocení životaschopnosti objevily pouze jednotlivé kolonie. U ozařování po dobu 60 minut izolát i nadále roste.



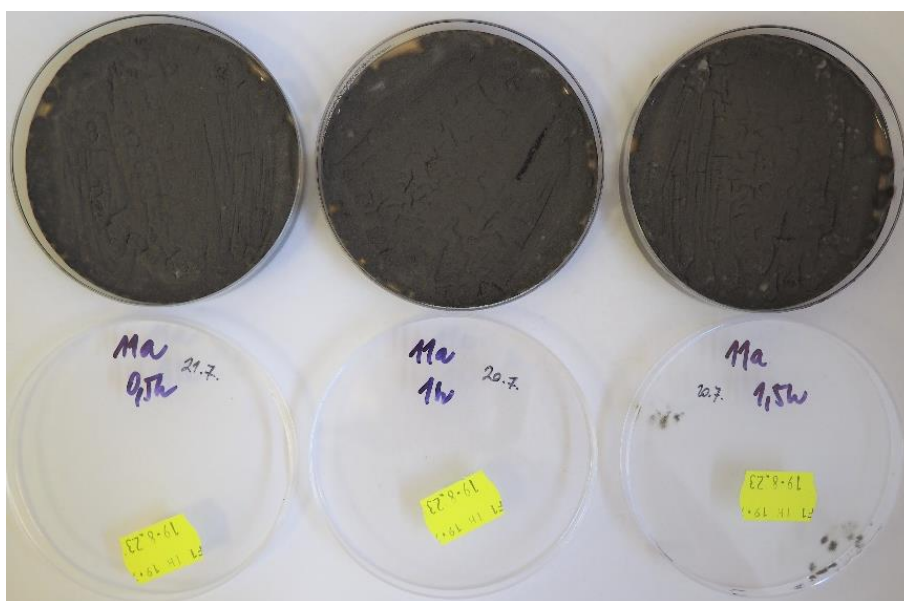
Obr. 4.69 – Ozářené čisté kultury, izolát 10a

Obrázek 4.69 ukazuje izolát 10a z rodu *Penicillium*. Eliminace se podařila u vzorku ozařovaném 30 minut zcela a u vzorku ozařovaném po dobu 60 minut pouze částečně, kdy se zde objevily jednotlivé kolonie a sekundární kontaminace. U vzorku ozařovaném po dobu 90 minut se eliminace vzorku nepodařila.



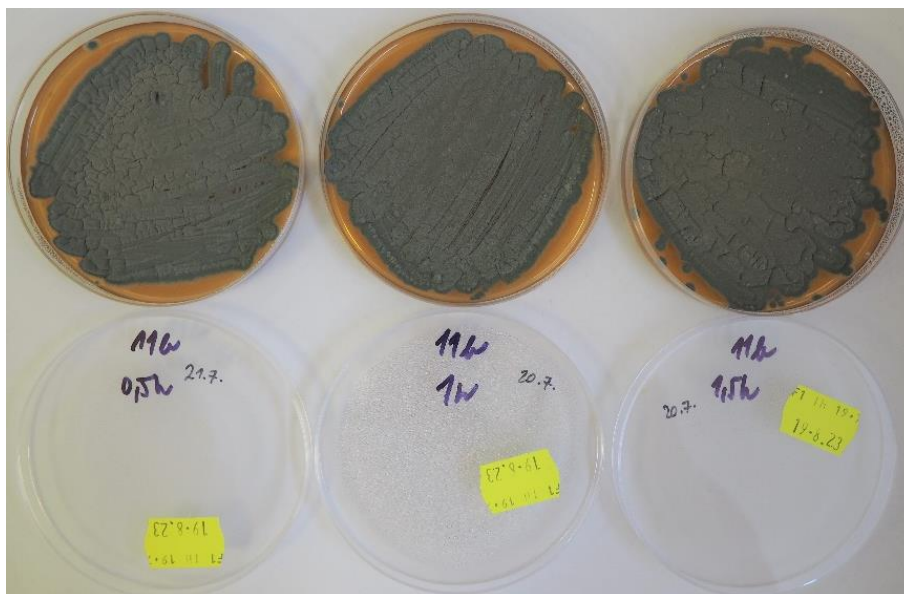
Obr. 4.70 – Ozářené čisté kultury, izolát 10b

Izolát 10b (viz obr. 4.70) patřící do rodu *Aureobasidium* se také nepodařilo eliminovat. I zde je zapotřebí prodloužení doby ozařování.



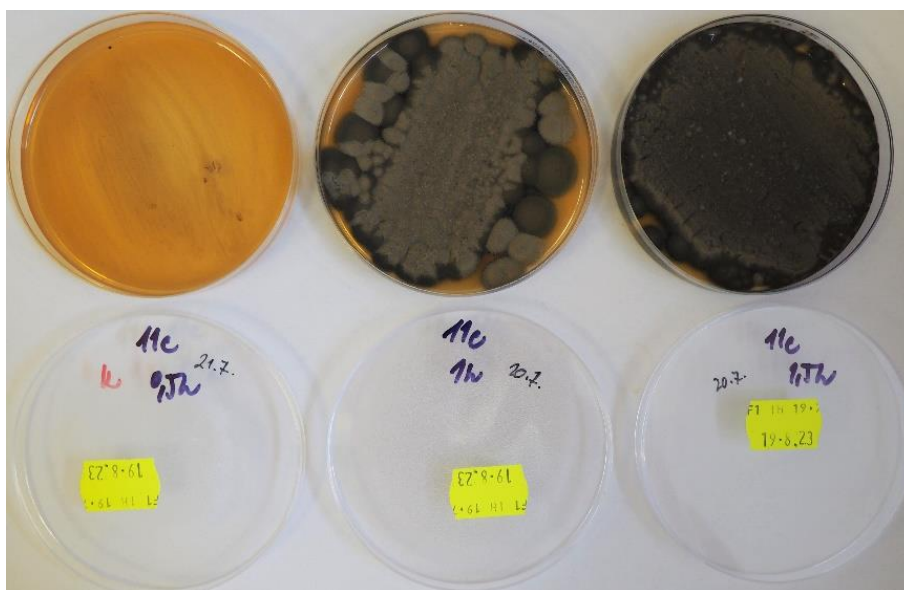
Obr. 4.71 – Ozářené čisté kultury, izolát 11a

Vzorky z obrázku 4.71, které patří izolátu 11a z rodu *Cladosporium*, také nebyly úspěšně eliminovány, a i nadále po vystavení EMW záření tyto vzorky rostou. I zde je nutná delší doba vystavení EMW záření, aby byly vzorky inaktivovány.



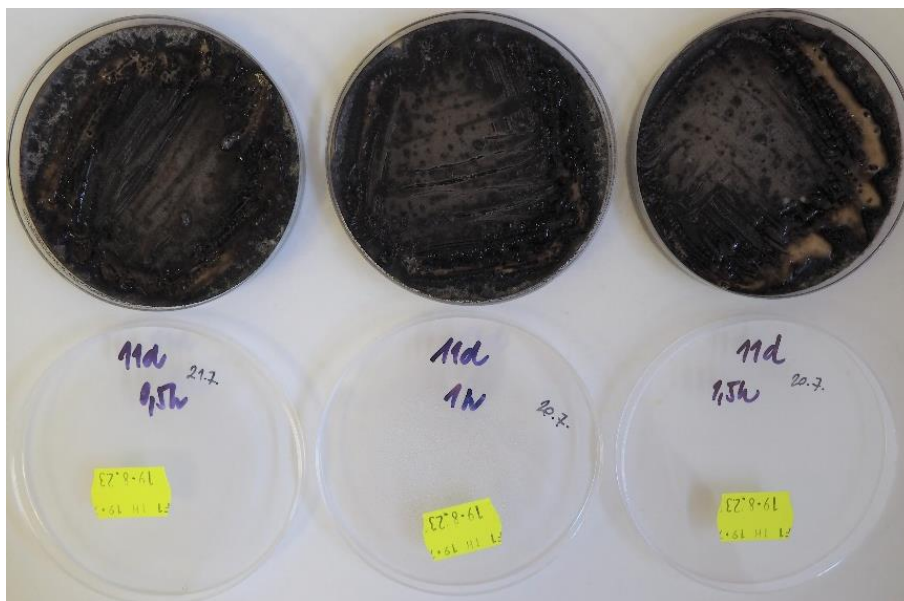
Obr. 4.72 – Ozářené čisté kultury, izolát 11b

Izolát 11b se nepodařilo eliminovat při žádné ze zkoušených dob ozařování, jak je vidět na obrázku 4.72. Tento izolát patří do rodu *Penicillium*. Petriho misky se vzorky byly umístěny v takové vzdálenosti, kdy nedošlo k dostatečnému prohřátí a následné eliminaci vzorků.



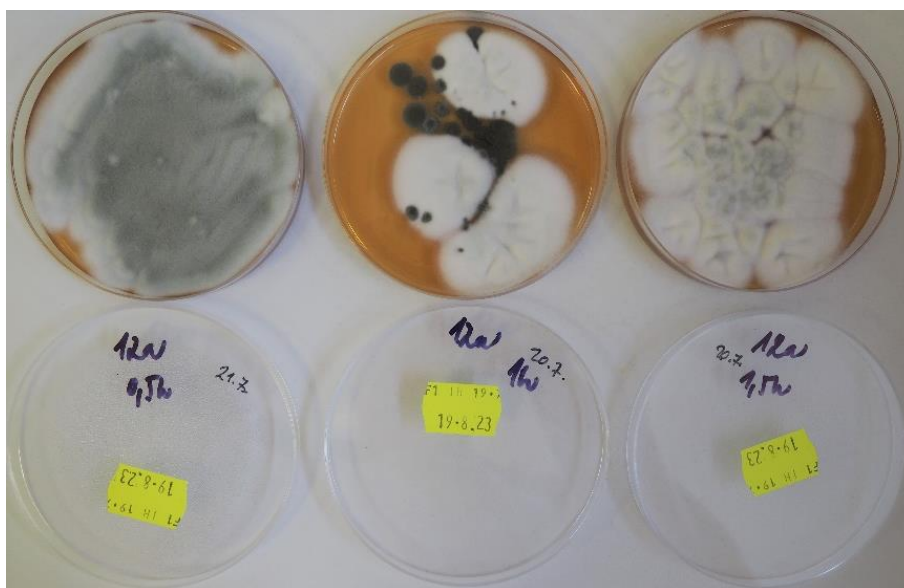
Obr. 4.73 – Ozářené čisté kultury, izolát 11c

Izolát 11c se podařilo sterilizovat při ozařování po dobu 30 minut, jak je vidět z obrázku 4.73. U dob ozařování 60 a 90 minut se inaktivace vzorků nepodařila a je zapotřebí vzhledem ke vzdálenosti misek od čela přístroje prodloužit dobu ozařování.



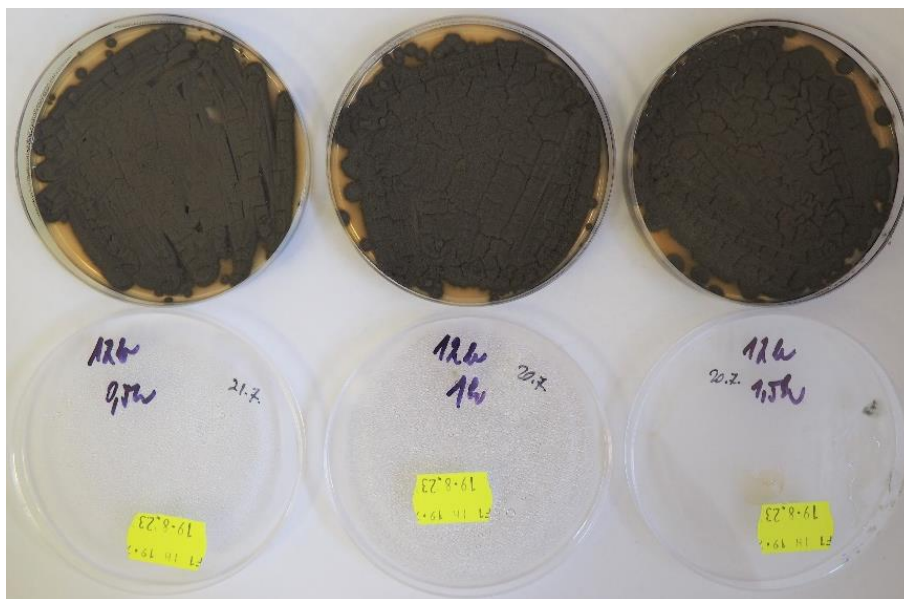
Obr. 4.74 – Ozářené čisté kultury, izolát 11d

Izolát 11d (viz obr. 4.74) je druhý zástupce z rodu *Aureobasidium*, který se ovšem také nepodařilo sterilizovat, a i po vystavení EMW záření nadále roste. Zde je také zapotřebí prodloužení doby ozařování.



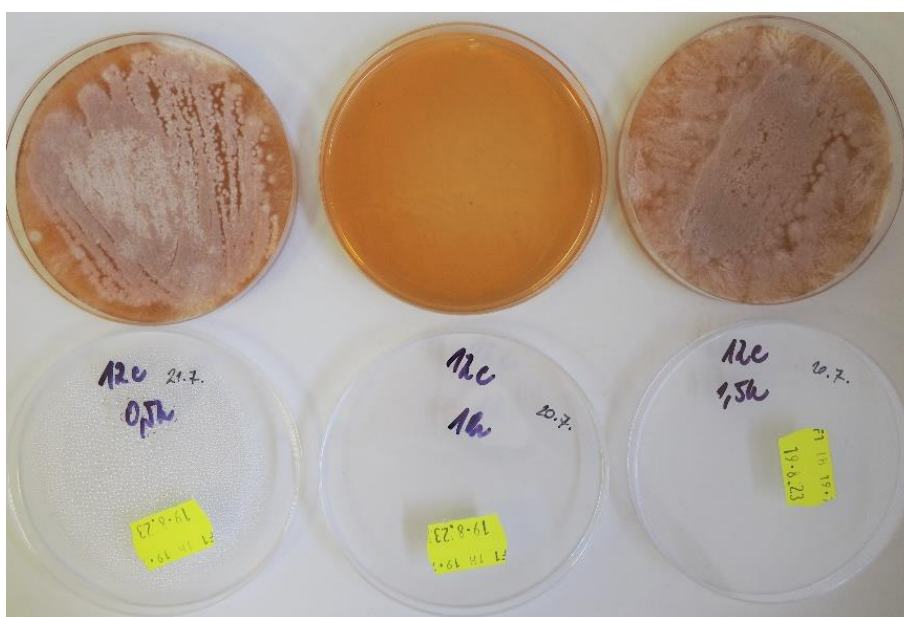
Obr. 4.75 – Ozářené čisté kultury, izolát 12a

Izolát 12a (viz obr. 4.75) se při ozařování po dobu 30 minut nepodařilo eliminovat, ale po dobu 60 a 90 minut z části ano. U těchto vzorků se při hodnocení životaschopnosti objevily jednotlivé kolonie spolu se sekundární kontaminací. Bylo by zapotřebí prodloužit dobu ozařování tak, aby došlo ke prohrátí větší části vzorků.



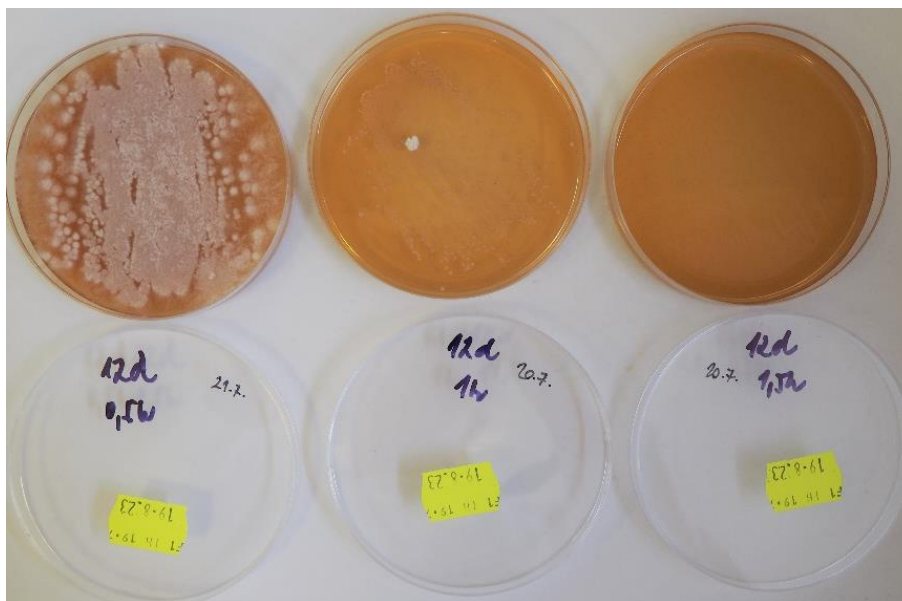
Obr. 4.76 – Ozářené čisté kultury, izolát 12b

Z obrázku 4.76 je patrné, že eliminace izolátu 12b nebyla úspěšná, a i po vystavení EMW záření tyto vzorky stále rostou. Petriho misky se vzorky byly umístěny na krajích polic ve druhé řadě od čela přístroje, ale vzhledem k nerovnoměrnému šíření vln, tyto části nebyly dostatečně prohřáté, a tudíž se sterilizace izolátu nepodařila.



Obr. 4.77 – Ozářené čisté kultury, izolát 12c

Obrázek 4.77 ukazuje izolát 12c, prvního zástupce z rodu *Nectria*, který se ovšem také nepodařilo eliminovat ve všech zkoušených dobách ozařování. K eliminaci došlo pouze u vzorku ozařovaného po dobu 60 minut.



Obr. 4.78 – Ozářené čisté kultury, izolát 12d

Obrázek 4.78, na kterém je poslední ze zkoušených izolátů a druhý zástupce z rodu *Nectria*. Izolát 12d se podařilo eliminovat při ozařování po dobu 60 a 90 minut. U 60 minut se zde po ozáření objevila pouze sekundární kontaminace.

#### 4.6.1. Logistická regrese

K dalšímu vyhodnocení ozařovaných kultur byly použity metody matematické statistiky. Pozornost byla zaměřena na posouzení závislosti. Vzhledem k povaze sledovaných proměnných byla pro tyto účely zvolena logistická regrese.

Logistická regrese je statistická metoda používaná k predikci binárních (dvoustavových) nebo kategorických dat. Jedná se o variantu regresní analýzy, která se zaměřuje na vztah mezi spojitými nezávisle proměnnými a v našem kontextu binární závislou proměnnou.

Cílem logistické regrese je určení vazby mezi závislou proměnnou a vysvětlujícími proměnnými a pomocí této závislosti případně odhadnout pravděpodobnosti výskytu určitého jevu nebo události závislé proměnné. Základem logistické regrese je logistická funkce, která transformuje lineární kombinaci hodnot nezávisle proměnných na rozsah od 0 do 1. Tato hodnota poté vyjadřuje pravděpodobnost výskytu daného jevu.

Jednoduše řečeno logistická regrese predikuje  $P$  výskytu určité události. V kontextu experimentu popsaného v odst. 4.5 se budeme zajímat o pravděpodobnost eliminace ozářených izolátů [50].

#### 4.6.2. Modely výpočtů

Vzhledem k experimentu popsaném v odst. 4.5 je možné sledovat závislost eliminace izolátu na celé řadě doprovodných veličin: vzdálenost od čela přístroje ve směru osy  $x$ , vzdálenost od čela přístroje ve směru osy  $y$ , vzdálenost ve směru osy  $z$ , čase a dále.

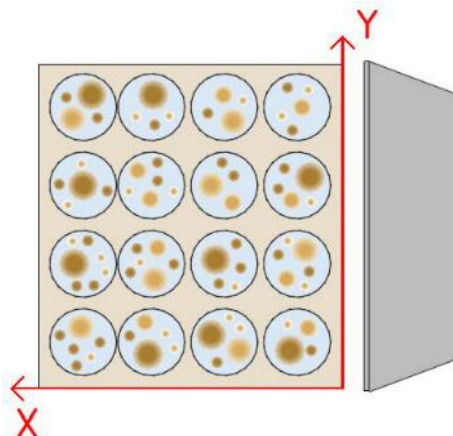
Bylo uvažováno několik modelů, pro které byly vždy odhadnuty regresní parametry a určeny  $p$ -hodnoty jejich testů významnosti, tj. testů hypotéz tvaru  $H_0: \beta_i = 0$  proti alternativě  $H: \beta_i \neq 0$ .



Pokud je p-hodnota větší než zvolená hladina významnosti (obvykle 0,05), pak je parametr nevýznamný (statisticky srovnatelný s nulou). V tomto případě je možné parametr, resp. Příslušný člen, z uvažovaného modelu vypustit a model tak zredukovat na nějaký submodel. Pro významnost modelu (jako celku) se testuje hypotéza, zda lze model zredukovat pouze na konstantní člen, tj. zda závisí na zakomponovaných regresorech či nikoliv. Byly vybrány dva modely, které se ukázaly jako významné.

#### 4.6.2.1. Model č.1

První model, který byl vybrán je takový, kde se ukázala významná závislost na vzdálenosti x, což je vzdálenost ozařovaného vzorku od generátoru mikrovlnného záření.



Obr. 4.79 – Schéma rozložení os x a y

Zápis prvního modelu vypadá takto:

$$\text{logit}(p) = \log \frac{P(Y_i = 1)}{P(Y_i = 0)} = \log \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + e_i \quad (4.1)$$

kde:

$\beta_0, \beta_1$  ... hledané regresní parametry,

$X_i$  ... souřadnice ve směru osy x,

$e_i$  ... nezávislé náhodné chyby s normálním rozdělením s nulovou střední hodnotou,

$Y_i$  ... závisle proměnné, výsledek eliminace izolátu (0/1),

$p$  ... pravděpodobnost eliminace i-tého izolátu, tj.  $Y_i \sim A(p)$ .

Odhady parametru  $\underline{\beta} = (\beta_0, \beta_1)$  se dostanou pomocí metody maximální věrohodnosti – označíme tyto odhady jako  $\underline{b} = (b_0, b_1)$ . Pro maximálně věrohodné odhady platí, že mají za určitých podmínek (viz [C & β]) asymptoticky normální rozdělení a jsou asymptoticky nestranné, tj.  $\underline{b} = (b_0, b_1) \sim N(\underline{\beta}; \text{var}\underline{\beta})$ , kde  $\text{var}\underline{\beta}$  je

$$\text{var}\underline{\beta} = \begin{bmatrix} D\beta_0 & C(\beta_0, \beta_1) \\ C(\beta_0, \beta_1) & D\beta_1 \end{bmatrix}$$

Tab. 9: Odhad parametrů a p-hodnoty pro model č.1

parametr	odhady parametrů	p-hodnoty
$\beta_0$	1,3776	0,020973
$\beta_1$	-0,17521	0,000123

Významnost modelu: p-hodnota je 7,95E-06

$$\text{Variační matice odhadů pro model č.1: } \text{var}\underline{\beta} = \begin{bmatrix} 0,35612 & -0,024401 \\ -0,024401 & 0,002082 \end{bmatrix}$$

Z tab. 9 je vidět, že oba parametry  $\beta_0, \beta_1$  jsou významné.

### Odhady $X_p$ hodnoty X pro danou úroveň pravděpodobnosti p

Nyní, když známe hodnoty parametrů  $\beta_0$  a  $\beta_1$ , můžeme získat odhady hodnot X pro jednotlivé úrovně pravděpodobnosti p.

Odhad hodnoty  $X_p$  veličiny X pro danou úroveň p se dostane řešením rovnice 4.2:

$$\underbrace{\log \frac{p}{1-p}}_{\text{logit}(p)} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_p \rightarrow X_p = \frac{\text{logit}(p) - \beta_0}{\beta_1} \rightarrow \hat{X}_p = \frac{\text{logit}(p) - b_0}{b_1} \quad (4.2)$$

Na základě asymptotické normality odhadů parametrů  $b_0, b_1$  lze určit interval spolehlivosti pro  $X_p$  jako:

$$\hat{X}_p \pm u_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\widehat{DX}_p} \quad (4.3)$$

kde:

$u_{1-\alpha/2}$  ...  $(1 - \alpha/2)$  - kvantil rozdělení  $N(0,1)$

$\widehat{DX}_p$  ... odhad rozptylu  $X_p$

Odhad  $\widehat{DX}_p$  se dostane pomocí delta metody [51] dosazením odhadů  $b_0, b_1$  místo  $\beta_0, \beta_1$  do přibližného vztahu (viz 4.4) pro rozptyl  $DX_p$ :

$$DX_p \approx \nabla X_p^T \cdot \text{var}\underline{\beta} \cdot \nabla X_p, \text{ kde } \nabla X_p = \left( \frac{\partial X_p}{\partial \beta_0}, \frac{\partial X_p}{\partial \beta_1} \right)^T \quad (4.4)$$

Konkrétně pro model č.1 a obecné  $X_p$  se dostane:

$$\nabla X_p = \left( \frac{-1}{\beta_1}, \frac{\beta_0 - \text{logit}(p)}{\beta_1^2} \right)^T \quad (4.5)$$

Tab. 10: Odhady  $X_p$  hodnoty X pro danou úroveň pravděpodobnosti p, model č.1

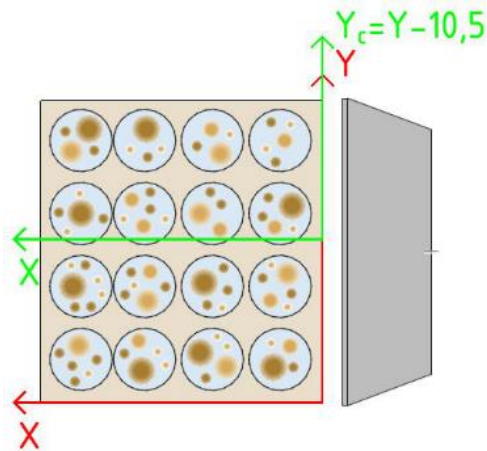
p	0,5	0,6	0,7	0,8
<b>Xp</b>	7,86	5,55	3,03	-0,05
<b>Xp 95% int.</b>	0	0	0	0
<b>spoleh.</b>	13,5	11,2	8,6	5,6

Nakonec se jako vhodnější, než oboustranné intervaly spolehlivosti ukázalo spočítání pravostranných, protože v důsledku asymptotické normality se dostaly často záporné hodnoty. Pravostranné intervaly byly spočítány hlavně z důvodu praktického využití, aby se pro dané p určila horní mez vzdálenosti X. Záporné hodnoty  $X_p$  lze interpretovat jako nuly, neboť tyto se dostaly důsledkem aproximace pomocí normálního rozdělení.

Pravostranný interval lze interpretovat tak, že např. pro první sloupec je (s pravděpodobností 0,95) pravděpodobnost zničení plísně 0,5, jestliže bude vzorek umístěn nejdále 13,5 cm ve směru osy x od zdroje záření.

#### 4.6.2.2. Model č.2

Druhý model je takový, který vyjadřuje závislost na vzdálenosti  $x$  a centrované vzdálenosti  $y_c$  v absolutní hodnotě (tj. vzdálenost od osy přístroje).



Obr. 4.80 – Schéma rozložení os  $x$  a  $y$  a centrovaných os

Zápis druhého modelu vypadá takto:

$$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + \beta_2 \cdot |Y_{ci}| + e_i \quad (4.6)$$

kde:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  ... hledané parametry

$X_i$  ... souřadnice ve směru osy  $x$

$Y_{ci}$  ... centrovaná souřadnice ve směru osy  $y$

$e_i$  ... nezávislé náhodné chyby s normálním rozdělením

$p$  ... pravděpodobnost eliminace  $i$ -tého izolátu, tj.  $Y_i \sim A(p)$

Odhady parametrů  $\underline{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \beta_2)$  označíme  $\underline{b} = (b_0, b_1, b_2)$ .

$$\text{Variační matice je matice } 3 \times 3 \text{ ve tvaru } \text{var} \underline{\beta} = \begin{bmatrix} D\beta_0 & C(\beta_0, \beta_1) & C(\beta_0, \beta_2) \\ C(\beta_0, \beta_1) & D\beta_1 & C(\beta_1, \beta_2) \\ C(\beta_0, \beta_2) & C(\beta_1, \beta_2) & D\beta_2 \end{bmatrix}$$

Tab. 11: Odhad parametrů a  $p$ -hodnoty pro model č.2

parametr	odhady parametrů	p-hodnoty
$\beta_0$	2,4299	0,0059123
$\beta_1$	-0,18539	9,53E-05
$\beta_2$	-0,13899	0,082164

Významnost modelu:  $p$ -hodnota 9,49E-06

$$\text{Variační matice odhadů pro model č.2: } \text{var} \underline{\beta} = \begin{bmatrix} 0,77927 & -0,03179 & -0,05091 \\ -0,03179 & 0,002257 & 0,000793 \\ -0,05091 & 0,000793 & 0,006393 \end{bmatrix}$$

U tohoto modelu je hraniční významnost parametru  $\beta_2$ , který na hladině významnosti 0,05 významný není, ale na hladině 0,1 významný je. Vzhledem k praktickému významu členu  $Y_{ci}$  tak model nebyl redukován.

### Odhady hodnot $X_p$ a $(Y_c)_p$ veličin $X$ a $Y_c$ pro danou úroveň pravděpodobnosti $p$

$\text{logit}(p) = \beta_0 + \beta_1 \cdot X + \beta_2 \cdot |Y_c| \rightarrow X_p \text{ a } |Y_c|_p$  se dostane řešením této rovnice.

Pro praktické použití můžeme předpokládat, že jedna souřadnice bude vždy dána pevně ( $X_p$  nebo  $(Y_c)_p$ ). Pak se druhá souřadnice získá takto:

- Při daném  $(Y_c)_p$ :

$$X_p = \frac{1}{\beta_1} \cdot (\text{logit}(p) - \beta_0 - \beta_2 \cdot |Y_c|_p). \quad (4.7)$$

- Při daném  $X_p$ :

$$(Y_c)_p = \pm \frac{1}{\beta_2} \cdot (\text{logit}(p) - \beta_0 - \beta_1 \cdot X_p). \quad (4.8)$$

Intervaly spolehlivosti pak vypadají takto:

pro  $X_p$  při daném  $(Y_c)_p$ :

$$\hat{X}_p \pm u_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\widehat{D}X_p}, \quad (4.9)$$

pro  $(Y_c)_p$  při daném  $X_p$ :

$$(\widehat{Y}_c)_p \pm u_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\widehat{D}(Y_c)_p}, \quad (4.10)$$

kde

$$DX_p \approx \nabla X_p^T \cdot \text{var} \underline{\beta} \cdot \nabla X_p, \quad \nabla X_p = \left( \frac{\partial X_p}{\partial \beta_0}, \frac{\partial X_p}{\partial \beta_1}, \frac{\partial X_p}{\partial \beta_2} \right)^T, \quad (4.11)$$

$$D(Y_c)_p \approx \nabla (Y_c)_p^T \cdot \text{var} \underline{\beta} \cdot \nabla (Y_c)_p, \quad \nabla (Y_c)_p = \left( \frac{\partial (Y_c)_p}{\partial \beta_0}, \frac{\partial (Y_c)_p}{\partial \beta_1}, \frac{\partial (Y_c)_p}{\partial \beta_2} \right)^T. \quad (4.12)$$

Odhady rozptylů  $\widehat{D}X_p$  a  $\widehat{D}(Y_c)_p$  se opět získají nahrazením  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  jejich odhady  $b_0, b_1, b_2$ .

Tab. 12: Odhady  $X_p$  hodnoty  $X$  pro danou úroveň  $p$  při daném  $(Y_c)_p$  pro model č.2

$(Y_c)_p$ dané	$p$	0,5	0,6	0,7	0,8
0	$X_p$	13,11	10,92	8,54	5,63
	$X_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		18,2	16,2	14,2	11,9
3	$X_p$	10,86	8,67	6,29	3,38
	$X_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		16,1	14,3	12,4	10,2
10	$X_p$	5,61	3,42	1,04	-1,87
	$X_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		11,8	10,2	8,5	6,6

Tab. 13: Odhady  $(Y_c)_p$  hodnoty  $Y_c$  pro danou úroveň  $p$  při daném  $X_p$  pro model č.2

$X_p$ dané	$p$	0,5	0,6	0,7	0,8
6	$(Y_c)_p$	9,48	6,56	3,38	-0,49
	$(Y_c)_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		14,5	11,1	9,2	8,1
10	$(Y_c)_p$	4,14	1,23	-1,95	-5,83
	$(Y_c)_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		8,3	7,4	6,9	6,5
20	$(Y_c)_p$	-9,19	-12,11	-15,29	-19,17
	$(Y_c)_p$ 95% int. spoleh.	0	0	0	0
		5,8	5,4	5,1	4,8

### 4.6.3. Další uvažované modely

Celkem bylo vytvořeno asi 13 modelů, z kterých byly nakonec vybrány předchozí dva, u kterých se ukázala významná závislost na daných veličinách.

U ostatních zkoušených modelů se parametry prokázaly jako nevýznamné.

Například u modelu, který zkoušel závislost na vzdálenosti  $x$  v kombinaci s časem se ukázalo, že čas zde není významný, ale naopak vzdálenost  $x$  ano. Došlo by tak k redukci na submodel identický s modelem č.1. Stejně tak, při ověření závislosti na vzdálenostech ve směru os  $x$ ,  $y_c$  a  $z$  v kombinaci s druhem plísně, se závislost  $p$  na  $z$  či druhu plísně neukázala jako významná, a to ani při zahrnutí všech možných interakcí.

### 4.6.4. Porovnání modelů

Model č.1 a č.2 můžeme mezi sebou porovnat díky některým ukazatelům kvality proložení, které nám ukáží, který z modelů je lepší.

Byly použity tyto ukazatele kvality proložení: reduální součet čtverců SSE, korigované Akaikeho informační kritérium AICc a hodnota logaritmické věrohodnostní funkce logL.

Pro lepší model má platit, že:

- by SSE měl být menší,
- by AICc mělo být menší,
- by logL měla být větší.

Tab. 14: Porovnání modelů pomocí ukazatelů kvality proložení

	reduální součet čtverců SSE	korigované Akaikeho informační kritérium AICc	hodnota logaritmické věrohodnostní funkce logL
Model č.1	12,5894	90,539	-43,2005
Model č.2	11,8521	89,5003	-41,6106

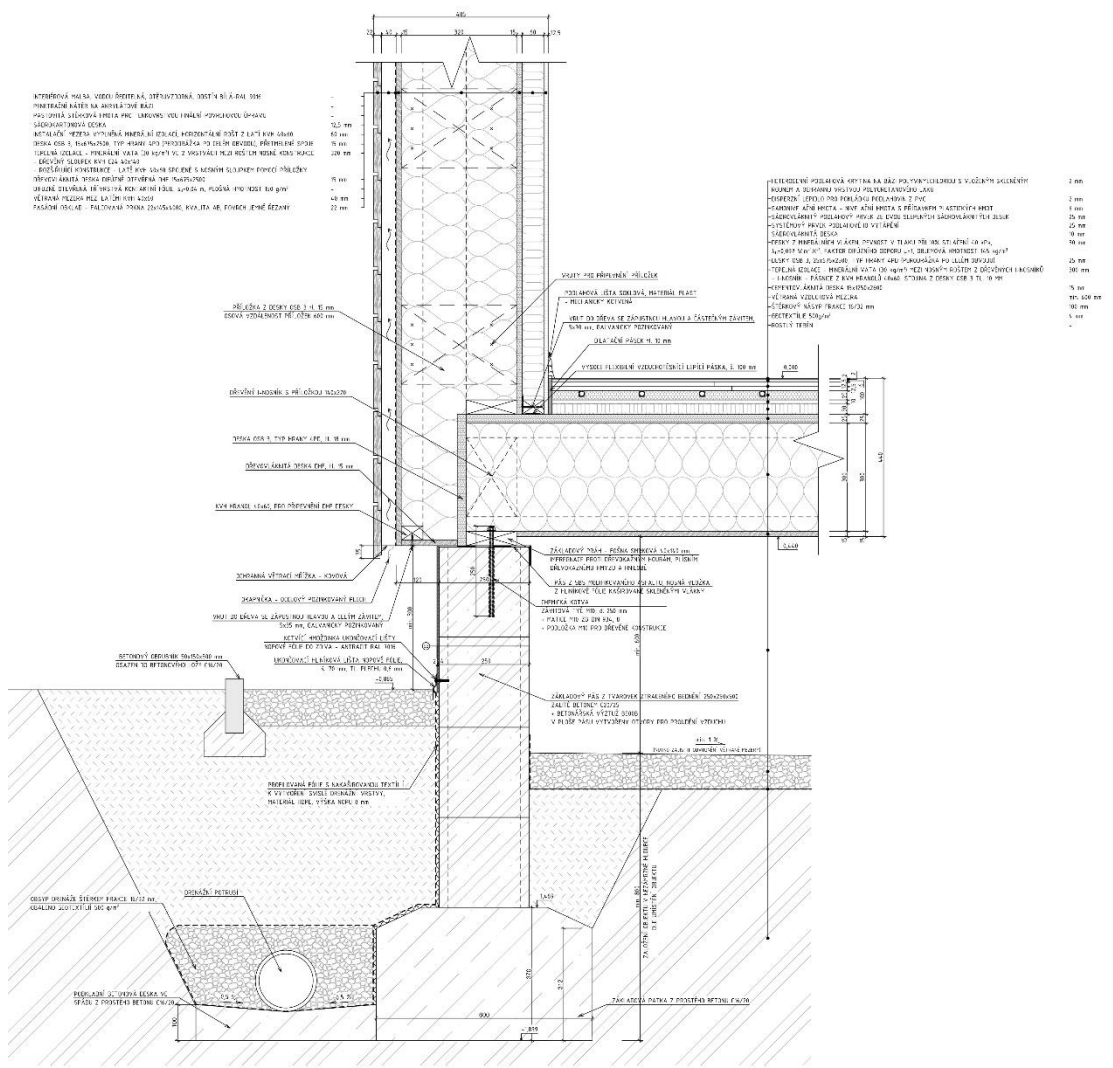
Z tabulky můžeme vidět, že model č. 2 se jeví jako o něco lepší, ale ne nějak výrazně. Je zde právě ta hraniční významnost parametru  $\beta_2$ , který na hladině významnosti 0,05 významný není, ale na hladině 0,1 významný je.

## 5. Details

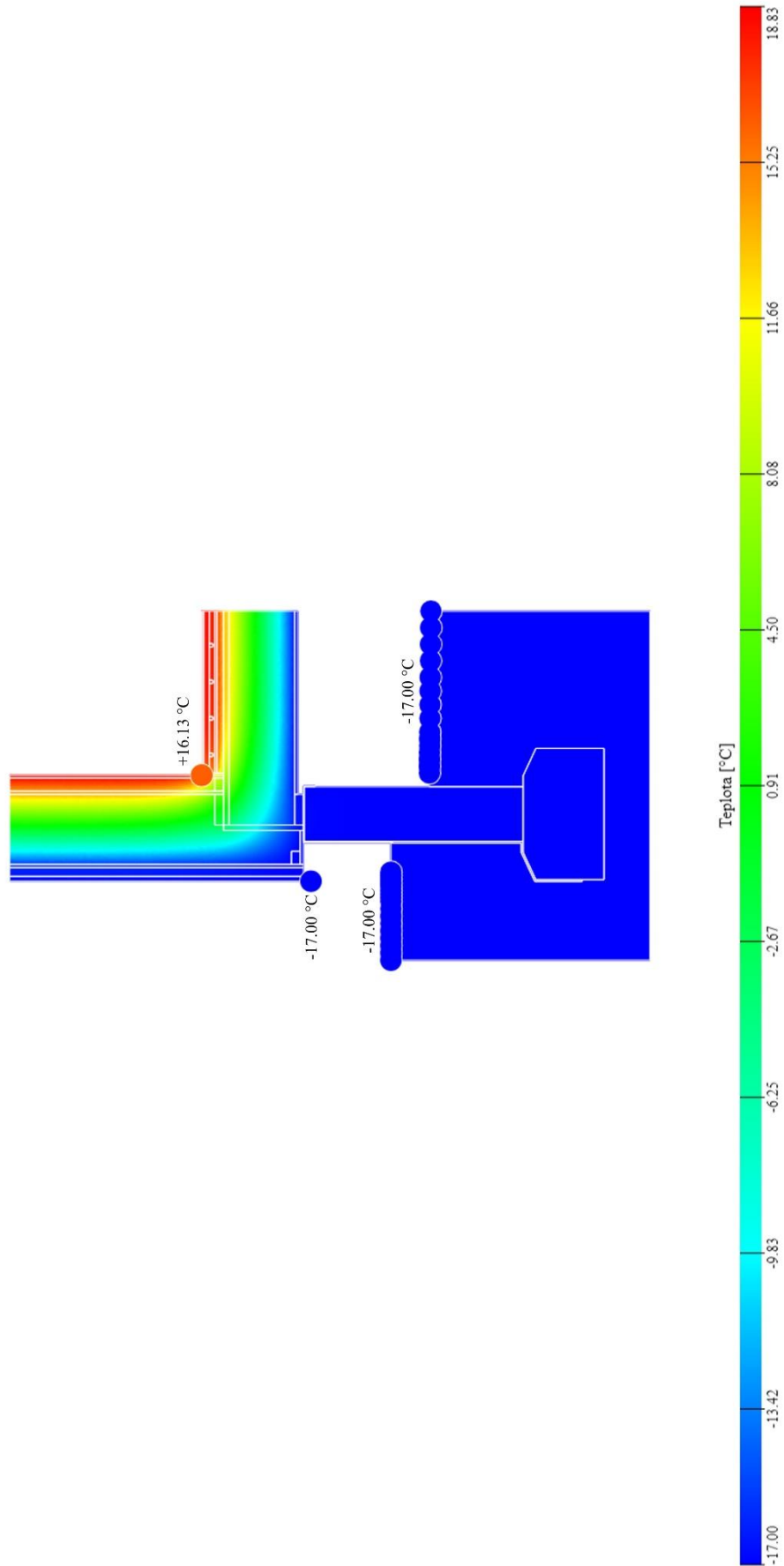
Jako doplnění práce byly vytvořeny dva detaily pro založení dřevostavby. První detail zobrazuje založení dřevostavby způsobem crawl-space a druhý detail znázorňuje založení dřevostavby na základové desce. Pro porovnání těchto dvou detailů bylo následně provedeno posouzení ve 2D, a to porovnání průběhu teplot a relativní vlhkosti v navržených detailech.

### 5.1. Detail crawl-space a posouzení ve 2D

Detail na obr. 5.1 znázorňuje založení dřevostavby způsobem crawl-space neboli založení nad terénem s provětrávanou vzduchovou mezerou. Základ objektu je tvořen ve formě pásů ze ztraceného bednění, ve kterých jsou po určitých vzdálenostech vytvořeny otvory tak, aby byl zajištěn větraný prostor. Samotná konstrukce dřevostavby je s tímto základem spojena pomocí základového prahu, který je tvořen smrkovou fošnou a k základu je připevněn chemickými kotvami. Hlavní nosná vrstva podlahové konstrukce je tvořena dřevěnými I-nosníky v osově vzdálenosti 625 mm, které jsou tvořeny z KVH hranolů a OSB desek. Prostor mezi nosníky je vyplněn tepelnou izolací z minerálních vláken s objemovou hmotností 30 kg/m<sup>3</sup>. Záklop nosníků je tvořen cementovláknitými deskami. Na podlahu byl zvolen suchý podlahový systém s podlahovým vytápěním. Obvodové stěny jsou tvořeny sloupkovou konstrukcí z KVH hranolů, která je pomocí příložek z OSB desek rozšířena na požadovanou tloušťku a vyplněna tepelnou izolací z minerálních vláken s objemovou hmotností 30 kg/m<sup>3</sup>. Ze strany interiéru je sloupková konstrukce obložena OSB deskami s přetmelenými spoji. Je zde za pomoci roštu z KVH hranolů vytvořena instalační mezera vyplněná minerální izolací, která je zakryta sádkokartonovými deskami. Ze strany exteriéru je nosná konstrukce obvodových zdí zaklopena difúzně otevřenými dřevovláknitými deskami. Na deskách je difúzně otevřená kontaktní fólie, dále je proveden rošt, který tvoří provětrávanou vzduchovou mezeru. Na rošt je proveden fasádní obklad z falcovaných prken.



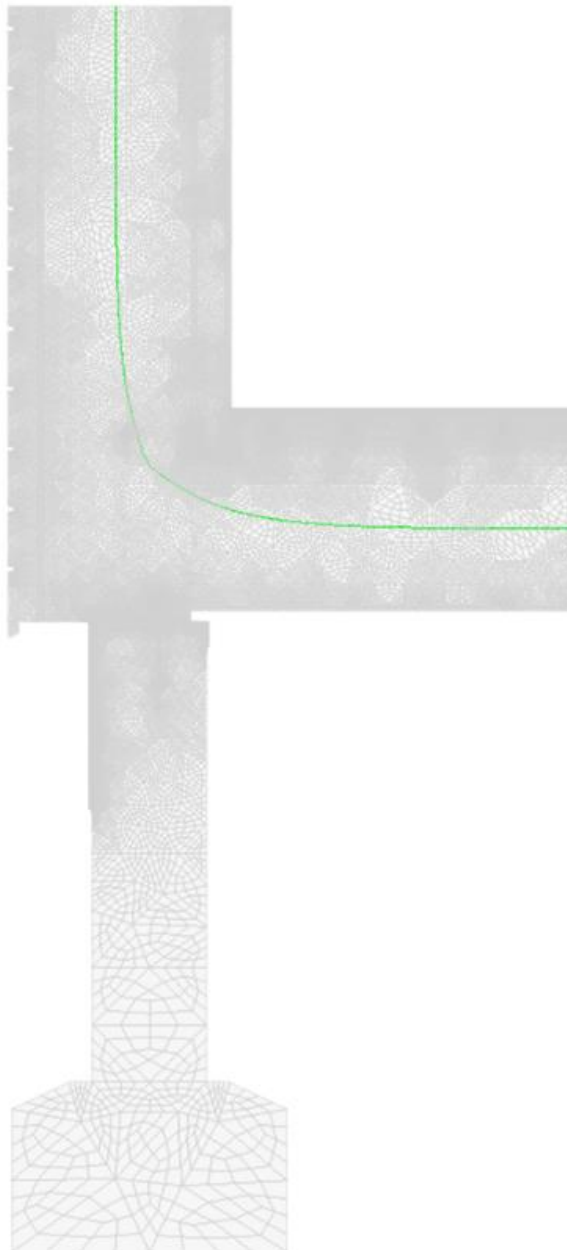
Obr. 5.1 – Detail založení dřevostavby - crawl space



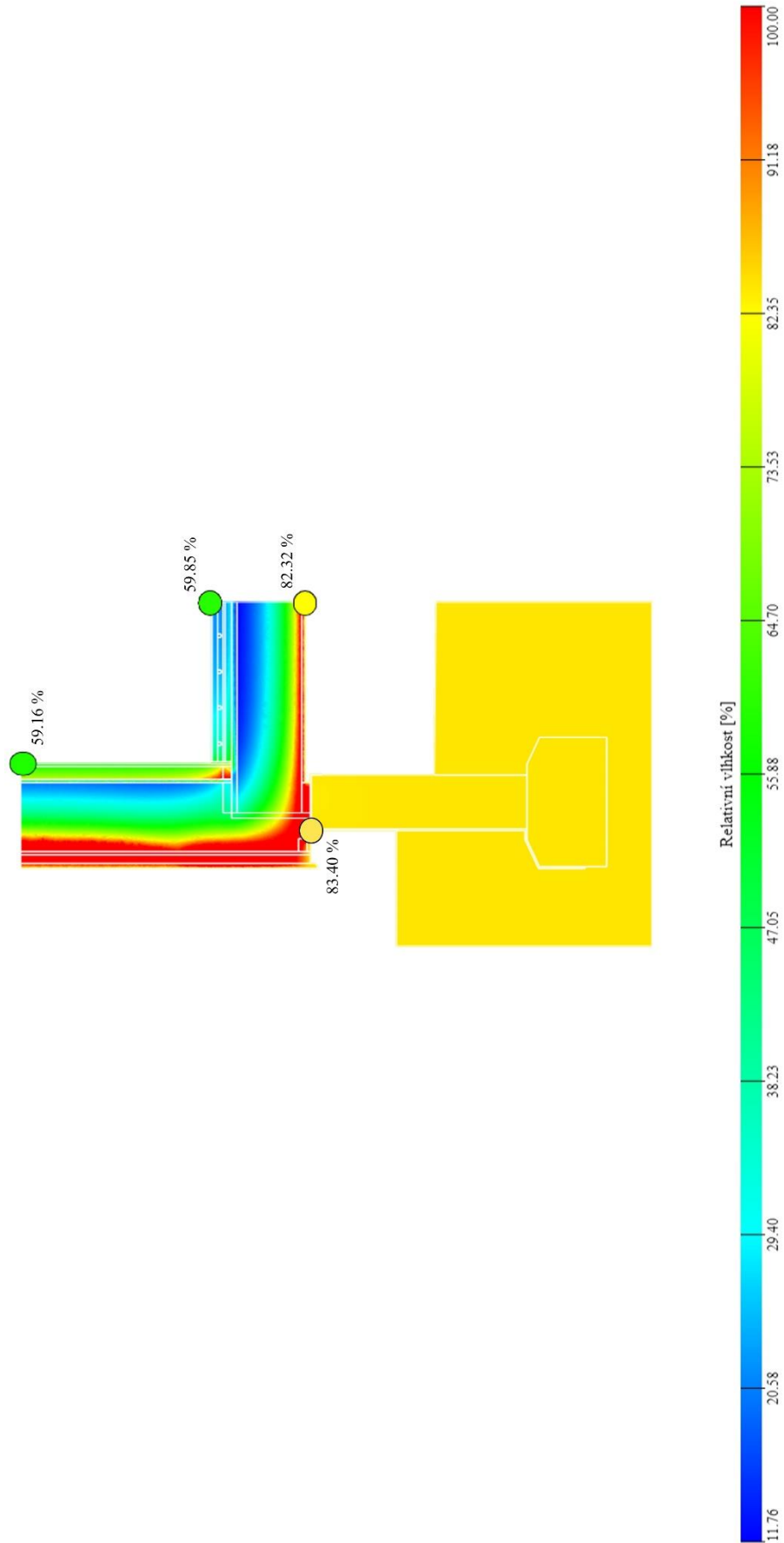
Obr. 5.2 – Posouzení detailu crawl space ve 2D, průběh teplot



Z obr. 5.2 je vidět průběh teplot na detailu z obr. 5.1. Uvnitř objektu mají konstrukce povrchovou teplotu, která dosahuje až +18 °C. Nejnižší povrchová teplota uvnitř objektu, se nachází v rohu místnosti, na přechodu mezi podlahou a svislou nosnou stěnou, kdy hodnota této teploty dosáhla +16,13 °C. Venkovní teplota a povrchová teplota na straně exteriéru je -17 °C, která je návrhová pro oblast Havlíčkova Brodu. Tím, že je založení dřevostavby řešeno pomocí provětrávané vzduchové mezery, nachází se tato teplota i na spodní straně podlahové konstrukce, kdy zde následně vzniká vlhkost až 80 % viz obr. 5.4. Avšak díky provětrávané mezeře nám toto nevadí, protože se vlivem proudícího vzduchu vzniklá vlhkost odpařuje. Na obr. 5.3 je vyznačena kudy probíhá izoterma 0 °C.



Obr. 5.3 – Průběh izotermy 0 °C



Obr. 5.4 – Posouzení detailu crawl space ve 2D, relativní vlhkost

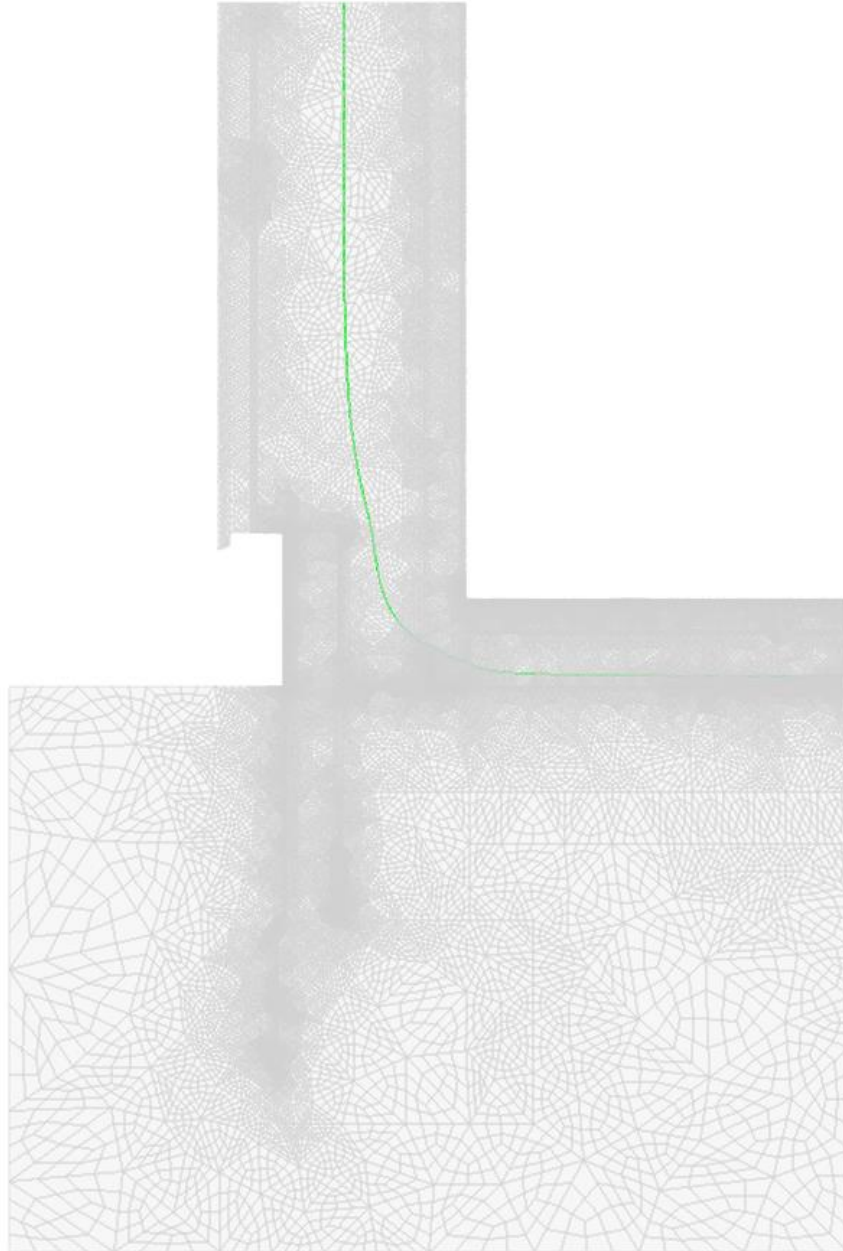
Další posouzení bylo na posouzení vzniku vlhkosti viz obr. 5.4. Jak již bylo zmíněno výše, na spodní straně podlahové konstrukce vzniká vlhkost, která ale díky větrané mezeře se v průběhu času odpaří a nedostává se dále do konstrukce. Další kritické místo se nachází na přechodu svislé obvodové stěny a konstrukce podlahy, v místě těsnící pásky, kdy i zde vzniká vlhkost, ale množství odpařované vodní páry je větší než množství zkondenzované. Samotná skladba konstrukce podlahy byla posouzena v programu tepelná technika. Součinitel prostupu tepla této sklady, který vyšel 0,146 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>, vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla. Teplotní faktor vnitřního povrchu, který vyšel 0,964, také vyhovuje požadované hodnotě, a to 0,757. Šíření vodní páry v konstrukci také vyhovělo požadovaným hodnotám. Celkově hodnocený detail splňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu. Výsledky posouzení v programu tepelná technika jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 15: Výsledky posouzení v programu tepelná technika

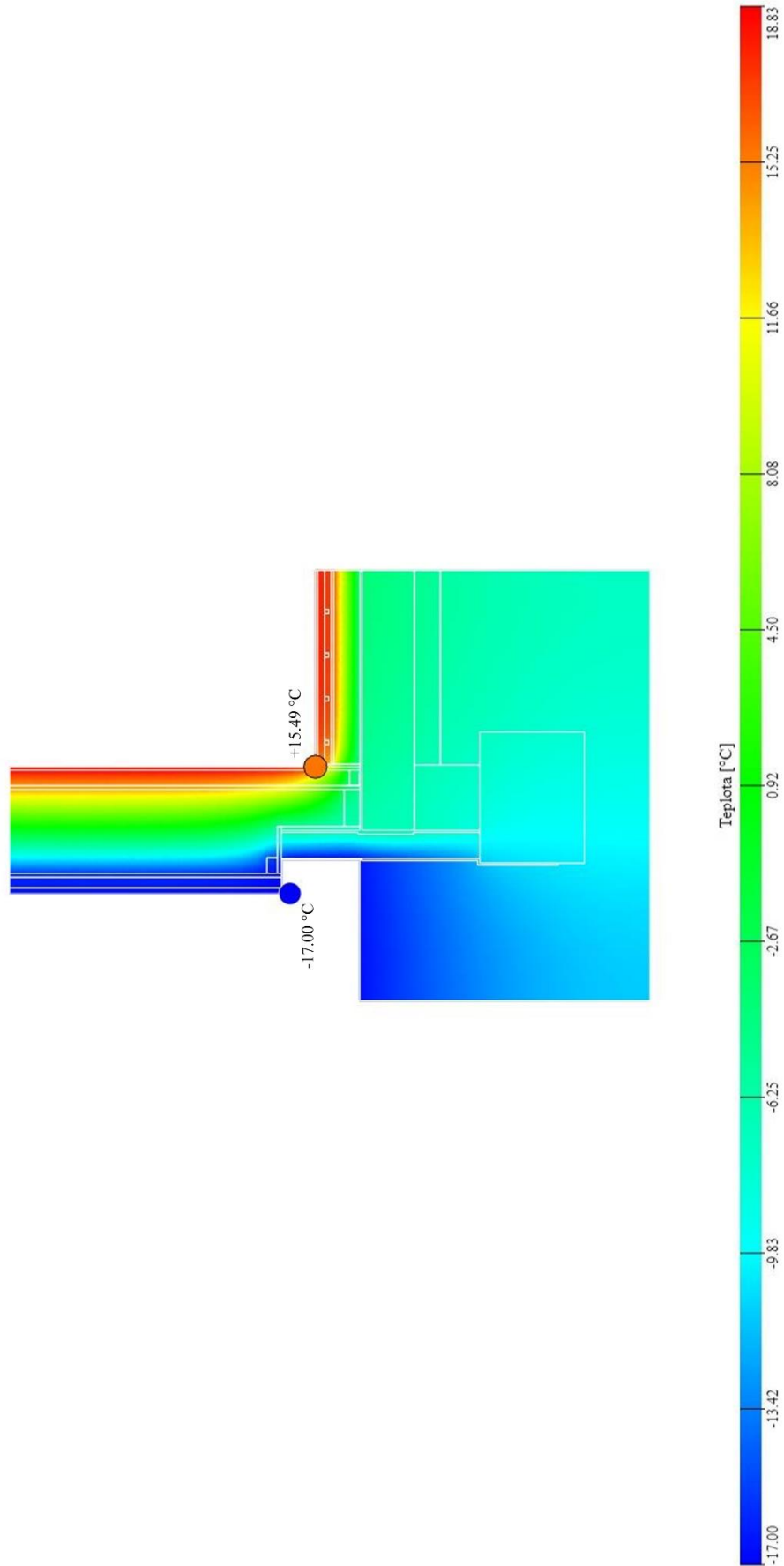
<b>Součinitel prostupu tepla</b>			
$U_N$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U_{rec}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Posouzení
0,24	0,16	0,146	✓
<b>Teplotní faktor vnitřního povrchu</b>			
$f_{Rsi,N}$ [-]	$f_{Rsi}$ [-]	Posouzení	
0,757	0,964	✓	
<b>Šíření vodní páry v konstrukci</b>			
$M_{c,N}$ [kg.m <sup>-2</sup> .a <sup>-1</sup> ]	$M_c$ [kg.m <sup>-2</sup> .a <sup>-1</sup> ]	Posouzení	
0,100	0,000	✓	



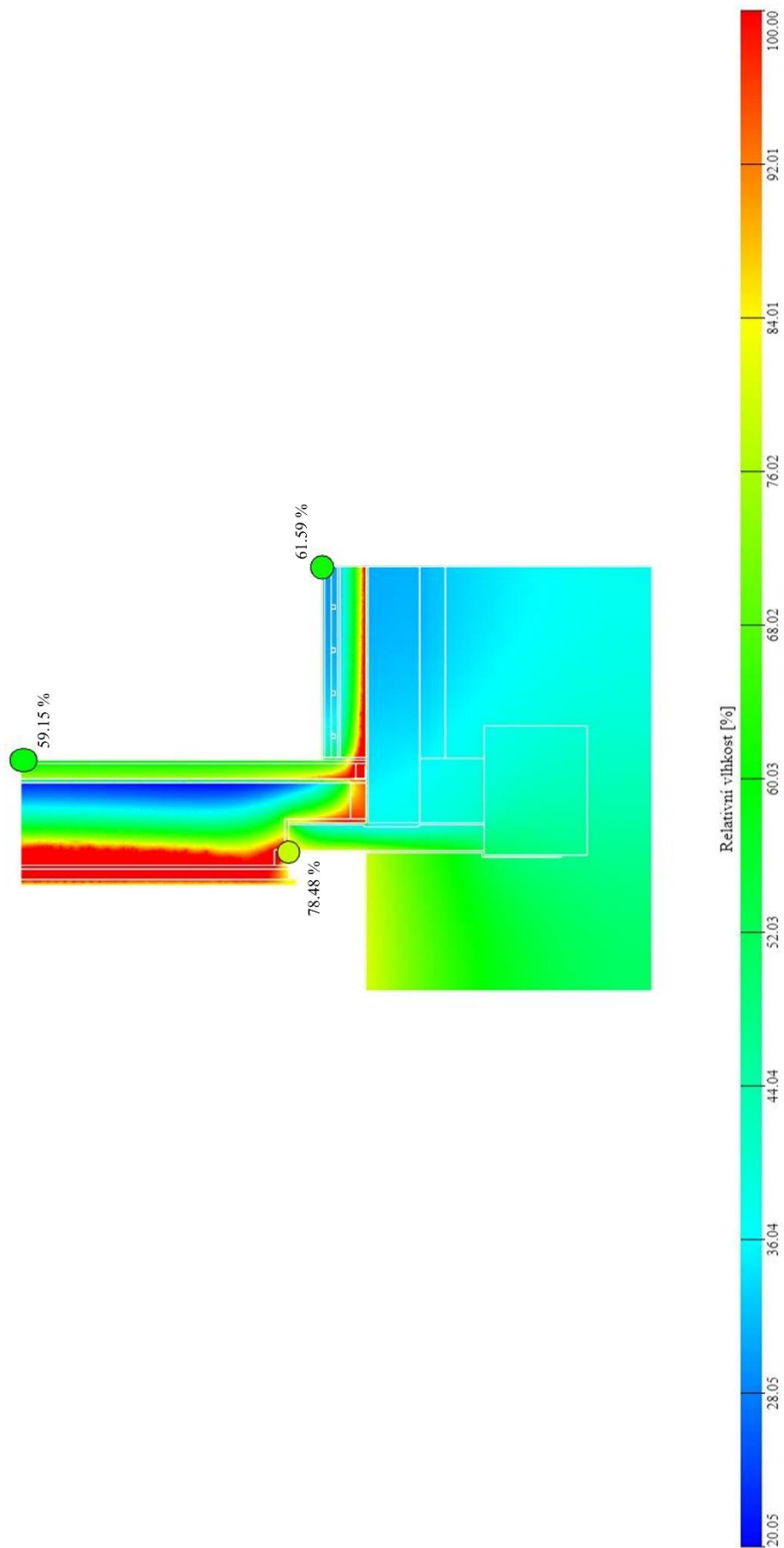
I zde bylo provedeno posouzení detailu v programu tepelná technika 2D, kdy se opět posuzovala teplota viz obr. 5.7 a relativní vlhkost viz obr. 5.8. U tohoto detailu byla nejnižší povrchová teplota interiéru opět naměřena v rohu, na přechodu svislé stěny a podlahy, a to +15,49 °C. Obr. 5.6 znázorňuje průběh izotermy 0 °C na druhém detailu.



Obr. 5.6 – Průběh izotermy 0 °C



Obr. 5.7 – Posouzení detailu založení na desce ve 2D, průběh teplot



Obr. 5.8 – Posouzení detailu založení na desce ve 2D, relativní vlhkost

Stejně jako u předchozího detailu, tak i zde v místě přechodu svislé obvodové stěny a konstrukce podlahy, vzniká vlhkost viz obr. 5.8, i zde je množství odpařované vodní páry větší než množství zkondenzované. Nejnižší vlhkost v interiéru na povrchu konstrukcí dosáhla hodnot 61,59 % u podlahy a 59,15 % u svislých stěn. Vlhkost, která vzniká v podlaze, ale také u svislých stěn v kontaktu se zateplením soklu je v místech, kde jsou asfaltové pásy, které slouží jako ochrana proti zemní vlhkosti. Hodnocení šíření vlhkosti v konstrukci skladby podlahy zde nebylo řešeno z důvodu umístění podlahy na terénu. Hodnocený detail také splňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu. Níže v tabulce 16 jsou uvedeny výsledky posouzení skladby podlahy z druhého detailu.

Tab. 16: Výsledky posouzení v programu tepelná technika

<b>Součinitel prostupu tepla</b>			
$U_N$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U_{rec}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Posouzení
0,45	0,30	0,314	✓
<b>Teplotní faktor vnitřního povrchu</b>			
$f_{Rsi,N}$ [-]	$f_{Rsi}$ [-]	Posouzení	
0,402	0,923	✓	



## 6. Závěr

Při analýze dat ozařovaných čistých kultur, kde díky identifikaci izolátů do jednotlivých rodů a následně prozkoumání jejich životaschopnosti, vyšlo najevo, že největší vliv na jejich sterilizaci má především vzdálenost od čela přístroje, a tedy intenzita EMW záření. Tento jev vysvětluje, proč některé vzorky, které byly zničeny už při 30 minutách ozařování, přežily při delší době ozařování nebo naopak. Vzorky byly umístěny na police náhodně, tudíž se tento jev projevil. Z toho vyplývá, že pokud bude přístroj dostatečně blízko ozařovanému místu, dá se čas ozařování zkrátit, neboť vzrůst teploty bude vyšší než u míst, která budou od přístroje více vzdálená. Při analýze dat pomocí statistiky se ukázalo, že u modelu kombinace vzdálenosti a času, byla velice významná vzdálenost, naopak čas byl nevýznamný. Toto, ale platí pouze z matematického hlediska. Naopak v praxi by se tento problém řešil prodloužením doby ozařování tak, aby se prohřátá plocha dostala i do vzdálenějších míst.

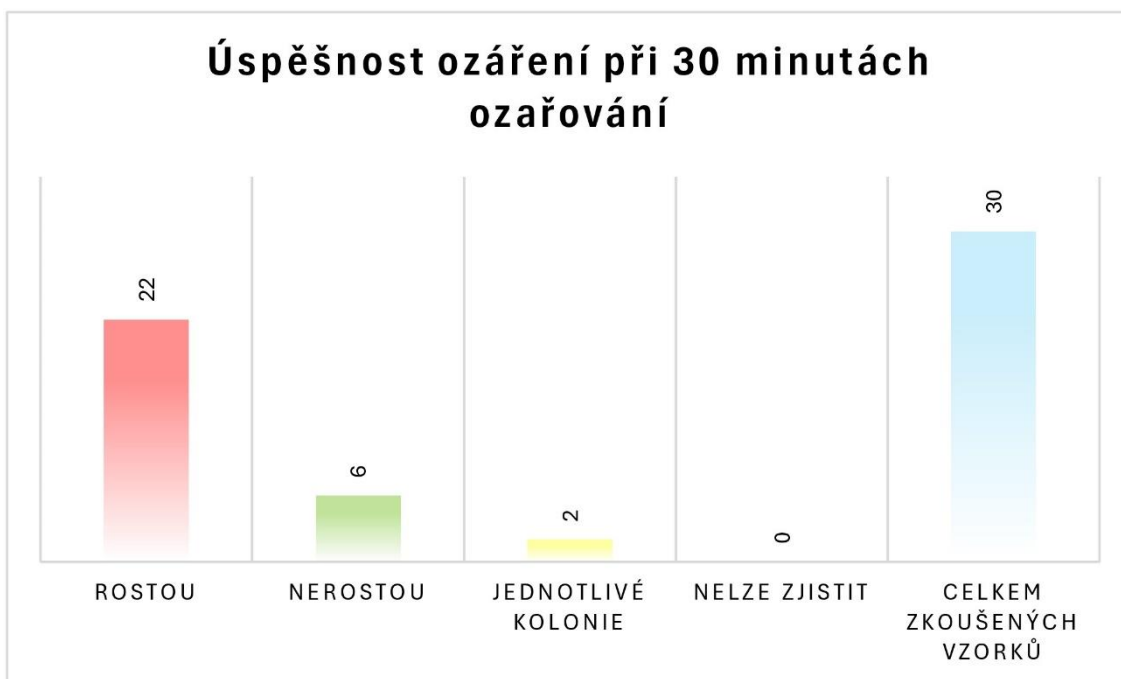
Intervaly ozařování byly u těchto experimentů nastaveny na 10 minut ozařování a 10 minut chladnutí. Cykly bych takto nastavené nechala, už z důvodu toho, že za dobu 10 minut, kdy vzorek není ozařován, teplota nijak výrazně nepoklesne.

### 6.1. Shrnutí výsledků a vyhodnocení experimentů

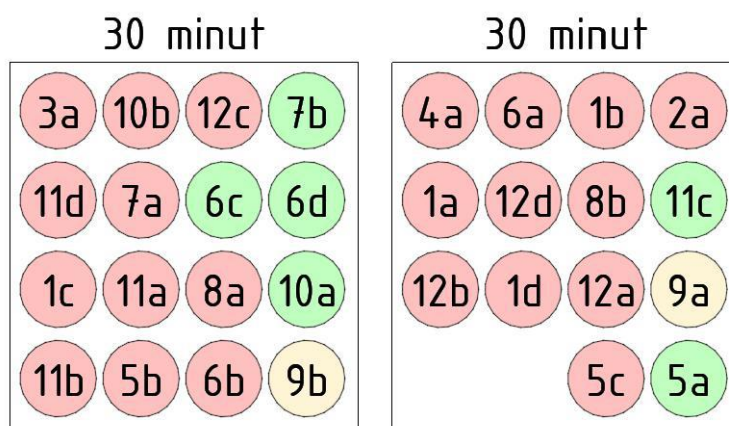
Na obr. 6.1 je graf, který znázorňuje kolik vzorků z celkového počtu ozařovaných izolátů se podařilo eliminovat a kolik přežilo.



Obr. 6.1 – Graf úspěšnosti ozáření všech vzorků



Obr. 6.2 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 30 minutách ozařování

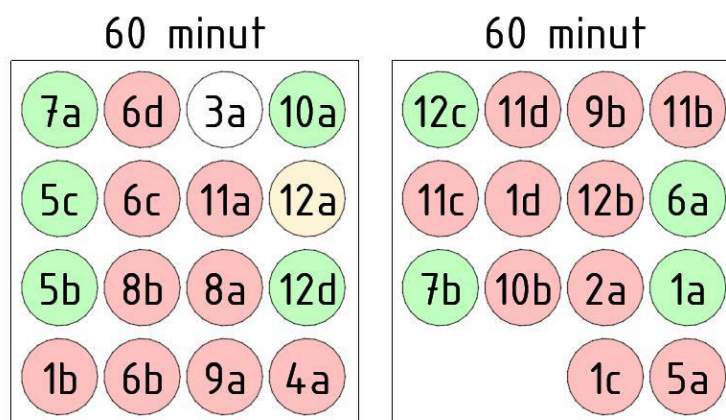


Obr. 6.3 – Schéma inaktivace vzorků při 30 minutách ozařování

Graf na obr. 6.2 ukazuje kolik izolátů se podařilo sterilizovat a kolik jich i nadále roste. Pro představu umístění vzorků na polici jsou na obr. 6.3 vyznačeny vzorky, které se podařilo eliminovat, zeleně, vzorky, které i nadále rostou jsou červené a žluté jsou izoláty, na kterých se po ozáření objevily jednotlivé kolonie. Police se vzorky, které byly ozařovány po dobu 30 minut, byly umístěny v poslední řadě ve výšce 23,8 cm a byly u horní hrany generátoru EMW záření. Vzhledem k tomuto faktu, že byly umístěny takto vysoko je zapotřebí prodloužit dobu vystavení EMW záření natolik, aby se prohřátá plocha dostala i do vzdálenějších vzorků.



Obr. 6.4 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 60 minutách ozařování

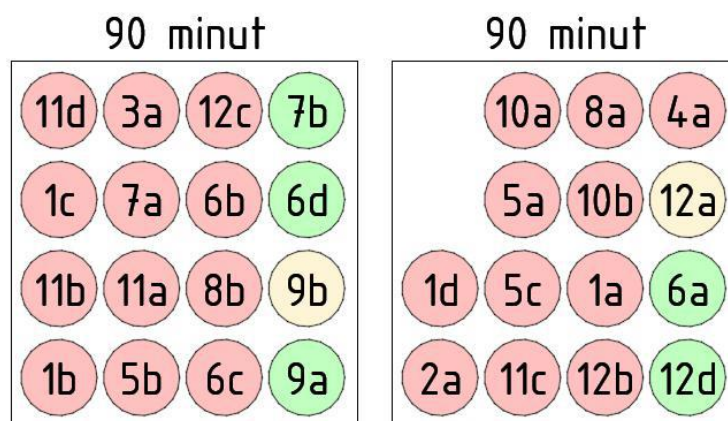


Obr. 6.5 – Schéma inaktivace vzorků při 60 minutách ozařování

Při ozařování po dobu 60 minut se podařilo eliminovat nejvíce izolátů viz obr. 6.4. Tyto dvě police s izoláty byly umístěny ve výškách 12,6 cm a 18,2 cm, což je skoro uprostřed plochy čela generátoru. Zajímavé je, že při ozařování po dobu 60 minut došlo k eliminaci vzorků jak v první řadě, tak i v řadě poslední, ale vzorky umístěné uprostřed i nadále po ozáření přežily. Níže je uvedena tabulka 17, ve které jsou zapsané rody izolátů, u kterých bylo možné zjistit přesnější vyhodnocení a jejich úspěšnost eliminace. Je pravděpodobné, že vzorky umístěné uprostřed mají vyšší odolnost než vzorky, které se nacházely na okrajích polic. U vzorku 3a, který je na obr. 6.5 označen bílou barvou, nebylo možné zhodnotit jeho životaschopnost.



Obr. 6.6 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 90 minutách ozařování



Obr. 6.7 – Schéma inaktivace vzorků při 90 minutách ozařování

Poslední zvolená doba ozařování byla 90 minut, kdy se podařilo eliminovat pouze 5 izolátů úplně a 2 částečně viz obr. 6.6. Jak je znázorněno na obr. 6.7 jednalo se o vzorky umístěné v první řadě před čelem generátoru EMW záření. Tyto dvě police byly umístěny ve spodních řadách a je možné, že díky nerovnoměrnému šíření EMW záření nedošlo k dostatečnému ozáření, a tudíž k dostatečně vysoké teplotě tak, aby byly vzorky sterilizovány.

V tabulce 17 jsou uvedeny všechny rody plísní, které byly předmětem těchto experimentů a jejich vyhodnocení pro eliminaci jejich výskytu. Hodnoty nejsou stoprocentní, jedná se pouze o předběžné doporučení, pro přesnější hodnoty by bylo zapotřebí provést další experimenty, kdy se jednotlivé izoláty budou umísťovat na stejné místo a zkusit, zda se jejich inaktivace podaří a nebo je zapotřebí změnit například vzdálenost nebo dobu ozařování. Některé rody z tab. 17 se podařilo sterilizovat i při větší vzdálenosti od přístroje, jedná se o vzorky z obr. 6.5, ale pro větší pravděpodobnost inaktivace byla zvolena vzdálenost kratší. Stejně tomu je

i u doby ozařování, kdy například plísně rodu *Penicillium* se podařilo sterilizovat už po 30 minutách vystavení EMW záření, ale opět po dobu 60 minut byla úspěšnost vyšší. Tyto poznatky by bylo dobré podrobit dalšímu zkoumání a zkoušení dalších experimentů.

Tab. 17: hodnoty potřebné k eliminaci různých druhů plísní

<b>Plísně - rody</b>	<b>Vzdálenost od přístroje [cm]</b>	<b>Doba ozáření [min]</b>	<b>Teplota [°C]</b>
Penicillium sp.	±6	60	40-45
Cladosporium sp.	±6	30	45-50
Fusarium sp.	nedostatek dat		
Ramularia sp.	nedostatek dat		
Stereum sp.	nedostatek dat		
Aspergillus sp.	±6	60	30-35
Didymellaceae sp.	±6	30	50-55
Aureobasidium sp.	nedostatek dat		
Nectria sp.	±6	60	45-50

## Citované zdroje

- [1] Mikrovlnné záření. PACOVSKÝ, Jan. *Červoděs: Likvidace dřevokazného hmyzu mikrovlnným zářením* [online]. © 2023 [cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.cervodes.eu/inpage/mikrovlnne-zareni/>
- [2] Mikrovlny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovlny>
- [3] Mikrovlnná trouba. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovln%C3%A1\\_trouba](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovln%C3%A1_trouba)
- [4] Magnetron. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetron>
- [5] Spektrum elektromagnetického záření. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001- [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_spektrum#/media/Soubor:EM\\_Spectrum\\_Properties\\_cz.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum#/media/Soubor:EM_Spectrum_Properties_cz.svg)
- [6] Mikrovlnná chemie. In: *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. 1999 [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/77987/prif\\_m/mikrovlny.pdf](https://is.muni.cz/th/77987/prif_m/mikrovlny.pdf)
- [7] Elektromagnetické pole. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_pole](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_pole)
- [8] Elektromagnetické vlny. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_vlny](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_vlny)
- [9] Základní vlastnosti vlnovodu. In: *Fyzikální sekce, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: [https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/vf-elektronika/03\\_1.html](https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/vf-elektronika/03_1.html)
- [10] Znázornění elektromagnetické vlny šířící se v prostoru. In: *E-MANUEL - online učebnice fyziky pro gymnázia* [online]. 2022 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/elektromagneticke-vlny/vyklad/vznik-elektromagneticke-vlny/>
- [11] KRÁLOVÁ, Magda. Elektromagnetické vlnění. In: *Techmania Science Center* [online]. 2007 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/elektromagneticke-vlneni>
- [12] NOŽKA, Marek. *Šíření elektromagnetických vln* [online]. Dostupné také z: [https://mamut.spseol.cz/nozka/psk/068-sireni\\_vln.pdf](https://mamut.spseol.cz/nozka/psk/068-sireni_vln.pdf)
- [13] Světlo: Elektromagnetické vlnění, spektrum a fotony. In: *Khan Academy* [online]. © 2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://cs.khanacademy.org/science/obecna-chemie/xefd2aace53b0e2de:atomy-a-jejich-vlastnosti/xefd2aace53b0e2de:fotoelektronova-spektroskopie/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>

- [14] Elektromagnetické spektrum. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_spektrum](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_spektrum)
- [15] Jak vzniká vlnění. In: *Ministerstvo obrany a Armáda České republiky* [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [https://www.army.cz/images/id\\_8001\\_9000/8753/radar/k11.htm#z](https://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k11.htm#z)
- [16] MYSLÍK, Jiří. Elektromagnetické pole: základy teorie. Praha: BEN - technická literatura, 1998. ISBN 80-860-5643-0.
- [17] Maxwellovy rovnice. In: *Fyzikální sekce, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova* [online]. [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: [https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz\\_fyziky\\_pro\\_DS/display.php/elmag/5\\_1](https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/elmag/5_1)
- [18] ČESKO. Nařízení vlády č. 291/2015 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 2023-06-23]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-291>
- [19] Ochrana před neionizujícím zářením. In: *BOZPinfo.cz, Oborový portál pro BOZP* [online]. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, © 2002 - 2023 [cit. 2023-04-20]. ISSN 1801-0334. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ochrana-pred-neionizujicim-zarenim>
- [20] Jaké účinky má mikrovlnný ohřev na potraviny? In: *Společnost pro výživu* [online]. © 2023 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.vyzivapol.cz/jake-ucinky-ma-mikrovlenny-ohrev-na-potraviny/>
- [21] Jak funguje mikrovlnná trouba. In: *FyzWeb* [online]. Praha: Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova [cit. 2023-04-22]. ISSN 1803-4179. Dostupné z: <https://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=44>
- [22] OSINKOVÁ, Veronika. Náčrtek působení mikrovln na molekulu vody. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001- [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovlny#/media/Soubor:N%C3%A1%C4%8Drtek\\_p%C5%AFsoben%C3%AD\\_mikrovln\\_na\\_molekulu\\_vody.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrovlny#/media/Soubor:N%C3%A1%C4%8Drtek_p%C5%AFsoben%C3%AD_mikrovln_na_molekulu_vody.svg)
- [23] NOVOTNÝ, Miloslav, Zdeněk JIROUŠEK, Jindřich SOBOTKA a Karel ŠUHAJDA. Mikrovlnná sterilizace dřevěných prvků napadených biotickými škůdci. In: *TZB-info* [online]. © 2001-2023 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11774-mikrovlenna-sterilizace-drevenych-prvku-napadenych-biotickymi-skudci>
- [24] Mikrovlny a jejich interakce s různými typy materiálu. In: NEBESÁŘOVÁ, Jana. *Elektronová mikroskopie pro biology* [online]. © 2001 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <http://lembook.paru.cas.cz/Podkap/Pic/5.2/2.gif>
- [25] PTÁČEK, Petr a Monika TEREBESYOVÁ. Použití mikrovlnného záření na likvidaci biotického napadení a vysoušení dřevostaveb. In: *TZB-info* [online]. © 2001-2023 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/11741-pouziti-mikrovlneho-zareni-na-likvidaci-biotickeho-napadeni-a-vysouseni-drevostaveb>
- [26] Princip mikrovlnného ohřevu. In: NEBESÁŘOVÁ, Jana. *Elektronová mikroskopie pro biology* [online]. © 2001 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <http://lembook.paru.cas.cz/Podkap/Pic/5.2/4.gif>

- [27] NOVÁK, Ivo. Účinky elektromagnetického pole na lidský organismus. In: *TZB-info* [online]. © 2001-2023 [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/13319-ucinky-elektromagnetickeho-pole-na-lidsky-organismus>
- [28] Co jsou mikrovlny? WHO o vlivu mikrovln na lidský organismus. In: *Britské listy* [online]. Praha: Občanské sdružení Britské listy, © 1996-2023 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1213-1792. Dostupné z: <https://legacy.blisty.cz/art/35536.html>
- [29] PAŘÍKOVÁ, Jelena. Jak likvidovat plísně. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-247-9029-7.
- [30] Dřevozbarvující houby: je třeba se jich bát? In: *SANAKO* [online]. © 2023 [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://www.sanako.cz/clanky/drevozbarvujici-houby-je-treba-se-jich-bat>
- [31] Plísně a dřevokazné houby. In: HOLINKA, Miloš. *Chemická ochrana dřeva* [online]. [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <http://chemickaochranadrevasweb.webmium.com/plisne-a-drevokazne-houby>
- [32] Penicillium. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Penicillium>
- [33] SCHINDLER, Jiří. *Mikrobiologie: pro studenty zdravotnických oborů. 2., dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Grada, 2014. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4771-2.
- [34] Trichoderma. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Trichoderma>
- [35] ŠILHÁNKOVÁ, Ludmila. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Vyd. 3., opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd.* Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-1024-6.
- [36] KOLÁŘOVÁ, Libuše. *Obecná a klinická mikrobiologie.* Praha: Galén, [2020]. ISBN 978-80-7492-477-4.
- [37] *Stemphylium spp.* In: *Syngenta Seedcare* [online]. [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://www.syngentaseedcare.com/stemphylium-spp>
- [38] *Serpula lacrymans.* In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evomorka\\_dom%C3%A1c%C3%AD#/media/Soubor:Majavamm.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evomorka_dom%C3%A1c%C3%AD#/media/Soubor:Majavamm.jpg)
- [39] *Dřevomorka domácí.* In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evomorka\\_dom%C3%A1c%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evomorka_dom%C3%A1c%C3%AD)
- [40] *Koniofora sklepní.* In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Koniofora\\_sklepn%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Koniofora_sklepn%C3%AD)
- [41] *Gloeophyllum sepiarium.* In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gloeophyllum\\_sepiarium](https://en.wikipedia.org/wiki/Gloeophyllum_sepiarium)



- [42] *Gloeophyllum abietinum*. In: *Česká mykologická společnost* [online]. [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://www.myko.cz/myko-atlas/Gloeophyllum-abietinum/>
- [43] *Gloeophyllum trabeum* (Trámovka trámová). In: *Mykologie.net* [online]. [cit. 2023-09-10]. Dostupné z: <https://www.mykologie.net/index.php/houby/podle-morfologie/chorose/item/3380-gloeophyllum-trabeum>
- [44] ŠVESTKA, Milan, Richard HOCHMUT a Vlastislav JANČAŘÍK. *Nové metody v ochraně lesa*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. ISBN 80-209-0091-8.
- [45] Crawl space foundation constructed with split-face concrete blocks. In: *HomeGuide* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://homeguide.com/costs/split-face-block-prices>
- [46] Agar Plates. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Agar#/media/Soubor:Agar\\_Plate.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Agar#/media/Soubor:Agar_Plate.jpg)
- [47] Figure 1. Example of an Open Crawl Space with a Pier Foundation. In: *ResearchGate* [online]. © 2008-2023 [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Example-of-an-Open-Crawl-Space-with-a-Pier-Foundation\\_fig2\\_273458708](https://www.researchgate.net/figure/Example-of-an-Open-Crawl-Space-with-a-Pier-Foundation_fig2_273458708)
- [48] Plate Count Agar (PCA) Složení, princip, příprava, výsledky, použití. In: *Mikrobiologické poznámky* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: [https://microbiologynote.com/cs/plate-count-agar-pca-slo%C5%BEen%C3%AD/#Composition\\_of\\_Plate\\_Count\\_Agar\\_PCA](https://microbiologynote.com/cs/plate-count-agar-pca-slo%C5%BEen%C3%AD/#Composition_of_Plate_Count_Agar_PCA)
- [49] Agar s kvasničným extraktem, glukózou a chloramfenikolem. In: *P-LAB* [online]. © 2023 [cit. 2023-12-06]. Dostupné z: <https://www.p-lab.cz/agar-s-kvasnicnym-extraktem,-glukozou-a-chloramfenikolem>
- [50] MELOUN, Milan. *NCSS2007 ve vícerozměrné statistické analýze: Logistická regrese LR* [PDF].
- [51] CASELLA, George, BERGER, Roger L. *Statistical Inference*. Brooks/Cole, second edition, 2008. ISBN: 978-0-495-39187-6.

## Seznam tabulek

Tab. 1: Složení Plate Count Agar	32
Tab. 2: Složení Chloramphenicol Glucose Agar	32
Tab. 3: Tabulka teplot při ozařování směsných kultur, vyznačen vzorek s nejvyšší dosaženou teplotou	38
Tab. 4: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 30 minut	50
Tab. 5: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 60 minut	52
Tab. 6: Tabulka teplot při ozařování čistých kultur po dobu 90 minut	54
Tab. 7: Zařazení izolátů do rodů	56
Tab. 8: Záznam růstu izolátů po expozici mikrovlnným zářením	56-57
Tab. 9: Odhad parametrů a p-hodnoty pro model č.1	73
Tab. 10: Odhady $X_p$ hodnoty $X$ pro danou úroveň pravděpodobnosti $p$ , model č.1	74
Tab. 11: Odhad parametrů a p-hodnoty pro model č.2	75
Tab. 12: Odhady $X_p$ hodnoty $X$ pro danou úroveň $p$ při daném $(Y_c)_p$ pro model č.2	76
Tab. 13: Odhady $(Y_c)_p$ hodnoty $Y_c$ pro danou úroveň $p$ při daném $X_p$ pro model č.2	76
Tab. 14: Porovnání modelů pomocí ukazatelů kvality proložení	77
Tab. 15: Výsledky posouzení v programu tepelná technika	83
Tab. 16: Výsledky posouzení v programu tepelná technika	88
Tab. 17: hodnoty potřebné k eliminaci různých druhů plísní	93

## Seznam obrázků

Obr. 2.1 - Mikrovlnné záření a rádiové vlny	12
Obr. 2.2 - Elektromagnetická vlna, složky a vlnová délka	13
Obr. 2.3 - Elektromagnetické spektrum	14
Obr. 2.4 - Působení mikrovln na molekulu vody	16
Obr. 2.5 - Působení EMW záření na různé typy materiálů	17
Obr. 2.6 - Princip mikrovlnného ohřevu	17
Obr. 3.1 - Dřevozbarvující houby	19
Obr. 3.2 - Dřevomorka domácí	23
Obr. 4.1 - Příklad základu crawl space vytvořeného pomocí základových pásů	29
Obr. 4.2 - Sterilní sáček s houbičkou	30
Obr. 4.3 - Petriho miska s agarem	30
Obr. 4.4 - Stěr uprostřed záklopu	30
Obr. 4.5 - Stěr v rohu záklopu	30
Obr. 4.6 - Šablona pro odběr vzorků	30
Obr. 4.7 - Odběr vzorků ze vzduchu venku před objektem	30
Obr. 4.8 - Příklad otevřeného crawl space se základy tvořenými patkami	31
Obr. 4.9 - Stěr vzorků ze základové patky	31
Obr. 4.10 - Odběr vzorků ze vzduchu	32
Obr. 4.11 - Vzorky č. 1-11 po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar	33
Obr. 4.12 - Vzorek č. 12 po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar	33
Obr. 4.13 - Vzorky ze vzduchu po 2 týdnech, Chloramphenicol Glucose Agar	34
Obr. 4.14 - Vzorky po 2 týdnech, Plate Count Agar	34
Obr. 4.15 - Vzorky ze vzduchu po 2 týdnech, Plate Count Agar	35
Obr. 4.16 - Schéma rozmístění vzorků před generátorem mikrovlnného záření	35
Obr. 4.17 - Schéma rozmístění vzorků na desce	35
Obr. 4.18 - Vzorky č. 1-4 v průběhu ozařování	36
Obr. 4.19 - Vzorky č. 5-8 v průběhu ozařování	36
Obr. 4.20 - Vzorky č. 9-12 v průběhu ozařování	37

Obr. 4.21 – Snímky z termokamery, vzorky na začátku ozařování	37
Obr. 4.22 – Snímky z termokamery, vzorky na konci ozařování	37
Obr. 4.23 – Vzorky č. 5-8, umístění Petriho misek před generátorem	38
Obr. 4.24 – Graf průběhu teplot	39
Obr. 4.25 – Porovnání vzorku č. 1	40
Obr. 4.26 – Porovnání vzorku č. 2	40
Obr. 4.27 – Porovnání vzorku č. 3	41
Obr. 4.28 – Porovnání vzorku č. 4	41
Obr. 4.29 – Porovnání vzorku č. 5	42
Obr. 4.30 – Porovnání vzorku č. 6	42
Obr. 4.31 – Porovnání vzorku č. 7	43
Obr. 4.32 – Porovnání vzorku č. 8	43
Obr. 4.33 – Porovnání vzorku č. 9	44
Obr. 4.34 – Porovnání vzorku č. 10	44
Obr. 4.35 – Porovnání vzorku č. 11	45
Obr. 4.36 – Porovnání vzorku č. 12	45
Obr. 4.37 – Vertikální rozmístění vzorků	46
Obr. 4.38 – Horizontální rozmístění vzorků	46
Obr. 4.39 – Vzorky ozařované 90 minut, položeny nejnižše	47
Obr. 4.40 – Vzorky ozařované 90 minut, položeny ve druhé řadě	47
Obr. 4.41 – Vzorky ozařované 60 minut, položeny ve třetí řadě	48
Obr. 4.42 – Vzorky ozařované 60 minut, položeny ve čtvrté řadě	48
Obr. 4.43 – Vzorky ozařované 30 minut, položeny v páté řadě	49
Obr. 4.44 – Vzorky ozařované 30 minut, položeny v páté řadě	49
Obr. 4.45 – Ozařování vzorků a jejich umístění	50
Obr. 4.46 – Graf průběhu teplot při ozařování po dobu 30 minut	51
Obr. 4.47 – Graf průběhu teplot při ozařování po dobu 60 minut	53
Obr. 4.48 – Graf průběhu teplot při ozařování po dobu 90 minut	54
Obr. 4.49 – Ozářené čisté kultury, izolát 1a	57
Obr. 4.50 – Ozářené čisté kultury, izolát 1b	58
Obr. 4.51 – Ozářené čisté kultury, izolát 1c	58

Obr. 4.52 – Ozářené čisté kultury, izolát 1d	59
Obr. 4.53 – Ozářené čisté kultury, izolát 2a	59
Obr. 4.54 – Ozářené čisté kultury, izolát 3a	60
Obr. 4.55 – Ozářené čisté kultury, izolát 4a	60
Obr. 4.56 – Ozářené čisté kultury, izolát 5a	61
Obr. 4.57 – Ozářené čisté kultury, izolát 5b a 5c	61
Obr. 4.58 – Ozářené čisté kultury, izolát 5c a 5b	62
Obr. 4.59 – Ozářené čisté kultury, izolát 6a	62
Obr. 4.60 – Ozářené čisté kultury, izolát 6b	63
Obr. 4.61 – Ozářené čisté kultury, izolát 6c	63
Obr. 4.62 – Ozářené čisté kultury, izolát 6d	64
Obr. 4.63 – Ozářené čisté kultury, izolát 7a	64
Obr. 4.64 – Ozářené čisté kultury, izolát 7b	65
Obr. 4.65 – Ozářené čisté kultury, izolát 8a	65
Obr. 4.66 – Ozářené čisté kultury, izolát 8b	66
Obr. 4.67 – Ozářené čisté kultury, izolát 9a	66
Obr. 4.68 – Ozářené čisté kultury, izolát 9b	67
Obr. 4.69 – Ozářené čisté kultury, izolát 10a	67
Obr. 4.70 – Ozářené čisté kultury, izolát 10b	68
Obr. 4.71 – Ozářené čisté kultury, izolát 11a	68
Obr. 4.72 – Ozářené čisté kultury, izolát 11b	69
Obr. 4.73 – Ozářené čisté kultury, izolát 11c	69
Obr. 4.74 – Ozářené čisté kultury, izolát 11d	70
Obr. 4.75 – Ozářené čisté kultury, izolát 12a	70
Obr. 4.76 – Ozářené čisté kultury, izolát 12b	71
Obr. 4.77 – Ozářené čisté kultury, izolát 12c	71
Obr. 4.78 – Ozářené čisté kultury, izolát 12d	72
Obr. 4.79 – Schéma rozložení os x a y	73
Obr. 4.80 – Schéma rozložení os x a y a centrovaných os	75
Obr. 5.1 – Detail založení dřevostavby - crawl space	79
Obr. 5.2 – Posouzení detailu crawl space ve 2D, průběh teplot	80

Obr. 5.3 – Průběh izotermy 0 °C	81
Obr. 5.4 – Posouzení detailu crawl space ve 2D, relativní vlhkost	82
Obr. 5.5 – Detail založení dřevostavby na desce	84
Obr. 5.6 – Průběh izotermy 0 °C	85
Obr. 5.7 – Posouzení detailu založení na desce ve 2D, průběh teplot	86
Obr. 5.8 – Posouzení detailu založení na desce ve 2D, relativní vlhkost	87
Obr. 6.1 – Graf úspěšnosti ozáření všech vzorků	89
Obr. 6.2 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 30 minutách ozařování	90
Obr. 6.3 – Schéma inaktivace vzorků při 30 minutách ozařování	90
Obr. 6.4 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 60 minutách ozařování	91
Obr. 6.5 – Schéma inaktivace vzorků při 60 minutách ozařování	91
Obr. 6.6 – Graf úspěšnosti ozáření vzorků při 90 minutách ozařování	92
Obr. 6.7 – Schéma inaktivace vzorků při 90 minutách ozařování	92