

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÉ PRÁCE

2016

Bc. Lukáš Brada, DiS.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE

INTERAKCE ČLOVĚKA A ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ V PROSTORÁCH OBYTNÝCH
STAVEB Z ANORGANICKÉHO ZDIVA

DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

Diplomant: Bc. Lukáš Brada, DiS.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Brada, DiS.

Ochrana přírody

Název práce

Interakce člověka a životního prostředí v prostorách obytných staveb z anorganického zdiva

Název anglicky

Interaction of humans and the environment in residential houses with walls from inorganic masonry

Cíle práce

Cílem této práce je stanovit příčiny vzniku plísní v anorganických obytných stavbách a stanovení postupů v jednotlivých fázích přípravy, realizace a využívání staveb k zabránění či snížení možnosti vzniku plísní a tím i dopadů na životní prostředí vlivem následné sanace. Stanovení interakce člověka a životního prostředí v obytných stavbách z anorganického zdiva, na základě vyhodnocení identifikovaných sbíraných vzorků v modelových obytných prostorách. Vyhodnocení modelových příkladů.

Metodika

Studium stávajících modelových konstrukcí s výskytem plísní a provedení modelových výpočtů v programu PROTECH dle:

Tepelná ochrana budov hodnocení stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540.

Tepelné ztráty podle ČSN EN 12831.

Studium interakce a dopadů biotických a abiotických vlivů na stavební konstrukce a ovlivnění kvality vnitřního prostředí obytných staveb z anorganického materiálu.

Doporučený rozsah práce

50-80 stran

Klíčová slova

Aspergillus, Cladosporium, mykotoxiny, Penicillium, plísně, tepelná technika

Doporučené zdroje informací

- Anonymous (2011): ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví, 53pp.
- Beksa M. (2014): Vlhkost stavebních konstrukcí, 1. díl, Stavební technologie.
<http://projektovani.top-design.cz/clanky/7-vlhkost-stavebnich-konstrukci-i-dil.html> (12.7.2014)
- Crous P. W., Verkley G. J.M., Groenewald J. Z & Samson R. A.: Fungal Biodiversity. CBS KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands, 269 pp.
- Dugan F. M.: The Identification of Fungi. The American Phytopathological Society, 176pp.
- Jokl V. M. (2000): Vlhkost vzduchu v interiéru budov. DOS T3.34. IC ČKAIT, Praha. 6 pp.
- Kalčík J. & Sýkora K. (1973): Technická termomechanika. Academia, Praha, 563 pp.
- Klánová K. (2000): Vliv mikroorganismů na kvalitu vnitřního prostředí. DOS T3.33, IC ČKAIT, Praha. 6 pp.
- Paříková J. & Kučerová I. (2001): Jak likvidovat plísně. Grada Publishing s. r. o., Praha, 104pp.
- Paříková J., Ostrý V., Váňová M., Orlita A & Zelenková J. (1999): Metodický postup dezinfekce mikroskopických hub v pracovním a životním prostředí člověka. AHEM, příloha č. 2, SZÚ, 13pp., Praha
- Paříková J.: Základní zásady při odstraňování plísní z objektů po záplavách [Ed.] A. Lajčková.
<http://www.tzb-info.cz/1366-zakladni-zasady-pri-odstranovani-plisni-z-objektu-po-zaplavach> (12.7.2014)
- Paříková J. (2002): Zásady při odstraňování plísní z objektů po záplavách. Zprávy Centra epidemiologie a mikrobiologie 11(8): 338 340.
- Ražnijič K. (1969): Tepelné tabulky a diagramy. ALFA, 339pp. Bratislava,
- Rieger M. & A Kubátová (1996): Alergologicky významné mikromycety v našem životním prostředí. Sborník Alergie Aeroplankton Zelená, MŽP ČR, 59. 69. Praha
- Seifert K., Morgan G., J. W. Gams & Bryce Kendrick: The Genera of Hyphomycetes. CBS KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands, 997 pp.
- Ulloa M. & Hanlin R. T.: Illustrated Dictionary of Mycology. The American Phytopathological Society, 762 pp.
- Wasserbauer R. (2001): Biologické znehodnocení staveb. ABF, a.s. Praha, 2000, 1. vydání, 280p.
- Webster J. & Weber R.: Introduction to Fungi. Cambridge University Press, 841 pp.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma

**„Interakce člověka a životního prostředí v prostorách obytných
staveb z anorganického zdiva“**

jsem zpracoval samostatně.

Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

.....

V Praze dne 17.3. 2016

Bc. Lukáš Brada, DiS.

Poděkování

Přestože je tato diplomová práce ve svém shrnutí dílem jednoho člověka, nebylo by ji možné zpracovat bez široké podpory dalších osob, které svojí radou a oponenturou pomáhaly k jejímu, v praxi úspěšnému dokončení.

Chtěl bych tedy touto cestou poděkovat všem, kteří svými radami a poskytnutím cenných podkladů, materiálů přispěli k zpracování absolventské práce a se kterými jsem měl tu čest na této práci spolupracovat, a to především pedagogům ČZU, vedoucímu absolventské práce doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc., firmě SEAP Rokycany s. r. o., Vysoké škole chemicko-technologické v Praze.

V Praze dne 17. 3. 2016

Bc. Lukáš Brada, DiS.

ABSTRAKT:

Interakce člověka a životního prostředí, je vázána na vznik plísní v obytných stavbách. Vznik plísní je již konečným důsledkem řady jevů, procesů a příčin, které vnikly v různých etapách přípravy, realizace a provozu stavby. Negativními dopady, kterými se plísně v obytných prostorách staveb projevují, je především snížení komfortu využívání obytných prostor v podobě zdravotních rizik, formou vzniku alergických reakcí a možným následkem chronických obtíží. Chronické obtíže mohou postupem času vést až k závažnému onemocnění. Velkou roli při výskytu plísní sehrává i snížení estetických hodnot bytových prostor s požadavkem na nápravu a odstranění nedostatků. Při odstraňování nežádoucích jevů dochází k zbytečné dodatečné ekologické zátěži životního prostředí.

Problematika plísní v pozemních stavbách je značně široká mezioborová problematika zahrnující stavební, termomechanické, chemické a biologické aspekty. V této diplomové práci jsem se zaměřil na vznik plísní v obytných pozemních stavbách z anorganických materiálů a s využitím specializované literatury popisují alespoň některé důležité příčiny a aspekty vzniku plísní v jednotlivých fázích vzniku a využívání stavby. Jsou provedeny modelové výpočty, měření, rozborů a příklady vzniku plísní. Samotný vznik plísní v obytných stavbách je již „havarijním stavem“, kterému lze předcházet, avšak zapříčinění podmínek pro vznik plísní se může odehrávat dávno před tímto havarijním stavem. Je zdůrazněn význam vlivu jednotlivých fází tzv. života stavby na možnou tvorbu plísní ve stavbách, od návrhu a projektu až po provozování.

ABSTRACT:

Interaction of humans and the environment, is subject to the occurrence of mold in residential buildings. Mold development has been the ultimate result of a variety of phenomena, processes and causes that have penetrated in various stages of preparation, implementation and operation of buildings. The negative effects which the mold in a residential area buildings exhibit is primarily a reduction in the use of comfort living space in the form of health risks in the form of allergic reactions and possibly causing

chronic problems. Chronic problems over time can lead to serious illness. A big role in the occurrence of mold also plays a reduction of aesthetic values of residential spaces requiring repair and remedy these deficiencies. When removing adverse events leads to an unnecessary additional environmental burden.

Problems of fungi in ground buildings are very expansive and interdisciplinary problems, which incorporates structural, thermomechanic, chemical and biologic aspects. In this undergraduate work I concentrated on the origin of fungi in ground buildings with inorganic materials and I am describing at least some important sources and aspects of fungi origin in each phases origin and exploitation building, with usage of specialised literature. Model computations and examples of origin fungi are performed. Autocephalous origin of fungi in residencial buildings is yet „fallback situation“, which can be possibly prevented. But due to conditions for origin fugi can begin long ago this fallback situation. Store of bias each phases living buildings is accentuated on possibly fugi production in buildings from project up to operation.

O B S A H :

1. ÚVOD	12
2. PŘEDMĚT DIPLOMOVÉ PRÁCE	12
3. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	13
4. METODIKA	13
5. ODBORNÁ ČÁST.....	14
5.1. Základní pojmy	14
5.1.1. Alergoplankton – základní pojmy	14
5.1.2. Podmínky existence mikromycet	15
5.2. Členění plísní	16
5.2.1. Plísně v organických materiálech.....	17
5.2.2. Plísně v anorganických materiálech	18
5.3. Toxické účinky mykotoxinů	18
5.4. Alergologicky významné mikromycety v životním prostředí	25
5.5. Přehled nejběžnějších mikromycetů v ovzduší a alergologický význam....	26
5.6. Rozbor příčin tvorby plísní v obytných budovách	31
5.6.1. Příčiny tvorby plísní	31
5.6.2. Podmínky pro existenci živin k tvorbě plísní	31
5.6.3. Příčiny zvýšené vlhkosti stavebních konstrukcí.....	32
5.6.4. Vzdušná vlhkost vnitřního obytného prostoru	33
5.6.5. Zemní vlhkost vzlínající do zdiva	37
5.6.6. Zatékající spodní tlaková voda porušenou hydroizolací,	38

5.6.7. Srážková voda zatékající do stavebních konstrukcí	39
5.6.8. Zatékání při poruchách sanitárních instalací	40
5.7. Vliv teploty stavebních konstrukcí na kondenzaci vodní páry	41
5.8. Měření růstu pokrývnosti plísní	42
5.8.1. Popis výchozího stavu stanovišť před odběrem vzorků	42
5.9. Měření prostorové teploty a vlhkosti	43
5.9.1. Měření vlhkosti.....	43
5.9.2. Měření prostorové teploty	44
5.9.3. Stanovení povrchové teploty stěny.....	45
5.9.4. Výsledky rozborů plísní	46
6. PŘÍNOSY PRÁCE.....	48
6.1.1. Výsledky měření rychlosti růstu plísní.....	48
6.2. Výsledky ověření kondenzace vlhkosti v konstrukci modelovým výpočtem.....	51
6.3. Vliv vlhkosti na tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí	54
7. DISKUSE – INTERAKCE ČLOVĚKA A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V OBYTNÝCH STAVBÁCH.....	55
7.1. Mechanismus interakce determinované biologickými projevy plísní a následnou odezvou obyvatelů životního prostředí uvnitř bytových staveb.....	55
7.2. Protiplísňové faktory při realizaci stavby	59
7.3. Protiplísňové faktory při uvedení stavby do provozu	61
7.4. Protiplísňové faktory při provozování a údržbě stavby	62
7.5. Vliv údržby na tvorbu plísní	63
7.6. Odstraňování plísní	64

8. SOUHRN POSTUPŮ PRO ZAMEZENÍ TVORBY PLÍSNÍ	66
9. ZÁVĚR	70
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
11. PŘÍLOHY	75

1. ÚVOD

Požadavky na úroveň bydlení v posledních letech se výrazně stoupají. Nové materiály a technologie umožňují zvýšit komfort bydlení u nových i rekonstruovaných pozemních staveb. Se stoupajícími cenami energií, přísnějšími požadavky na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a stavby se výrazně přizpůsobují požadavku na energeticky úsporný provoz. Jedním z jevů snižující komfort a kvalitu prostředí obytných staveb je výskyt plísní. V posledních několika letech se problém vzniku plísní ve stavbách rozšířil i do budov, kde dříve plísně nevznikaly. Problém vzniku tvorby nežádoucích projevů v obytných stavbách, příčiny a podmínky jejich vzniku řeší stále více vlastníků i firem, které se zabývají údržbou a rekonstrukcemi starých budov. Zvlášť problém plísní nabývá na významu při revitalizaci objektů postavených v době, kdy požadavky na bydlení a energetickou náročnost byly zcela jiné. V souvislosti s požadavky řady firem ve stavebnictví a správě nemovitostí na provedení analýzy vzniku plísní v bytových zděných a panelových stavbách, bylo zvoleno toto téma pro diplomovou práci.

2. PŘEDMĚT DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vznik plísní je již konečným důsledkem řady jevů, procesů a příčin, které vnikly v různých etapách přípravy, realizace a provozu stavby. Negativními dopady, kterými se plísně v obytných prostorách staveb projevují, je především snížení komfortu využívání obytných prostor v podobě zdravotních rizik, formou vzniku alergických reakcí a možným následkem chronických obtíží. Chronické obtíže mohou postupem času vést až k závažnému onemocnění. Velkou roli při jejich výskytu sehrává i snížení estetických hodnot bytových prostor s požadavkem na nápravu a odstranění nedostatků. Uživatele bytu, administrativního či jiného obytného prostoru pak nezajímá, kde vznikla chyba a požaduje příslušnou nápravu, která je však u hotové (nové či rekonstruované) stavby velmi obtížně a nákladně proveditelná. Mnohem jednodušší a levnější je

prevence vzniku plísní. Předcházení negativních dopadů lze zajistit formou dohledu ve všech fázích přípravy, realizace stavby a při provádění potřebných technických opatření. Tyto opatření zabraňují či minimalizují tvorbu plísní.

Předmětem této práce je rozbor příčin tvorby plísní v obytných budovách postavených z neorganických materiálů (keramické, betonové, sendvičové neorganické konstrukce). Je posouzen rozdíl mezi kvalitou obytného životního prostředí bez plísní a s těmi, které jsou vázány na anorganické zdivo.

Stavby z anorganického materiálu byly zvoleny záměrně, neboť se jedná o převážnou většinu současných zděných a panelových domů.

3. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem této práce je:

- popsání negativních dopadů výskytu plísní v prostorách obytných staveb z anorganického materiálu,
- popsání mechanismu interakce determinované biologickými projevy plísní a chováním člověka a stanovení příčin vzniku plísní v neorganických obytných stavbách,
- popsání mechanismu následných dopadů na životní prostředí,
- stanovení postupů v jednotlivých fázích přípravy, realizace a využívání staveb vedoucích k zabránění či snížení možnosti vzniku plísní a tím i dopadů na životní prostředí.

4. METODIKA

Nejčastější konstrukcí a anorganického zdiva je stěna z cihelných pálených bloků tl. 300mm. Proto byl výběr míst s výskytem plísní záměrně zvolen na cihelných konstrukcích tloušťky 300 mm. Byla vybrána stavba bytového domu v obci Břasy v okrese Rokycany a rodinného domu přímo v Rokycanech. Stavby byly zvoleny mimo

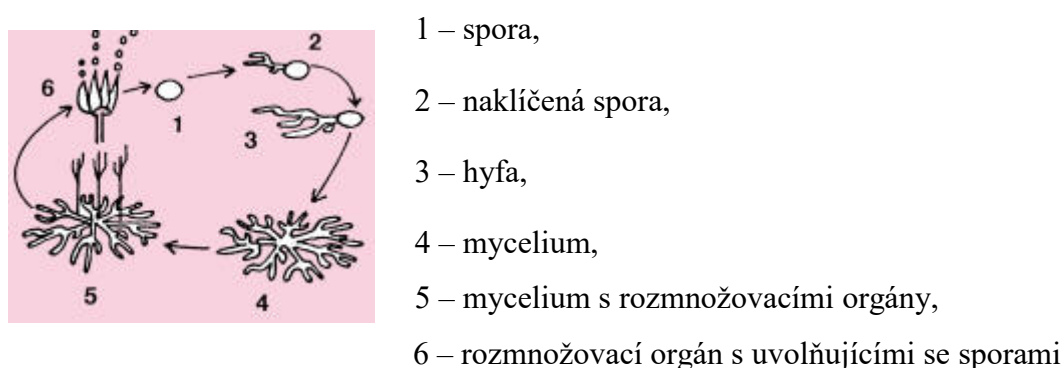
jiné i z hlediska ochoty uživatelů bytů umožnit přístup k sledovaným místům. Na zvolených kritických místech stavebních konstrukcí byly zjištěny vlhkostní poměry, proveden kontrolní výpočet tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí programem Protech verze 579 a proveden sěr na Mikrobiologický rozbor se zaměřením na zjištění přítomnosti plísni (mikromycet) a jejich následnou identifikaci. Provedení sěrů z postiženého místa bylo provedeno pomocí tamponu s transportním médiem AMIES, následně provedeny laboratorní rozborů hodnotící výskyt daného souboru plísni. Vzorky byly kultivovány na agaru (glukosa, kvasničný extrakt, cloram phenicol – GKCH), byly vytvořeny nativní preparáty (laktofenol – lepší smáčivost a probarvení oproti vodě) dle standardně organizační metody zkušební laboratoře Ústavu biochemie a mikrobiologie č. 1316.3 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025. Pro provedení mikroskopování byly použity mikroskopy Olympus zvětšení 400x. Na zvolených místech byla zkoumána rychlost zaplísnění na stavebních konstrukcích s vlivem chování uživatelů obytných prostor.

5. ODBORNÁ ČÁST

5.1. ZÁKLADNÍ POJMY

5.1.1. Alergoplankton – základní pojmy

Termín plísně představuje označení pro skupinu hub, které pokrývají povrch substrátu jemným bílým nebo barevným myceliem. Optimálně se přizpůsobily rozmanitým podmínkám v životním prostředí spolu s bakteriemi a houbami. Plísně jsou viditelné jako různobarevné nárosty – bílé, zelené, krémové, žluté, modré, černé nebo šedé – podle druhu. Zbarvení je způsobeno pigmenty, zbarvené jsou i spory. Základ těla plísni tvoří houbové vlákno (hyfa), které se složitě větví v podhoubí (mycelium). Z rozmnožovacích orgánů, které v bytech a stavbách z mycelia vyrůstají, se uvolňují výtrusy -**spory**. Spory jsou lehké a uvolňují se velice snadno. Kontaminují další předměty a prostory. Ze spory vyklíčí vlákno, které se za příhodných podmínek rozrůstá v hyfu. Plísně se šíří také rozrůstáním hyf a jejich úlomků.



Obr. 1: Znáznornění životního cyklu plísni (Wasserbauer, 2000)

5.1.2. Podmínky existence mikromycet

Plísně ke svému životu potřebují vlhkost a minimální zdroj organických živin – především složku uhlíku a dusíku. **Vlhkost** pro růst plísni mohou čerpat především ze vzduchu. Některé kmeny plísni se mohou vyvíjet již od 70% relativní vlhkosti vzduchu. Velká část mikroskopických vláknitých hub – plísni též označována jako mikromycety se vyskytuje v budovách s relativní vlhkostí 85 %. **Živiny** organického původu jsou plísně schopné čerpat z mikroskopických organických prachových částic, které ulpí na omítkách, dlaždicích a dalších konstrukcích. Jsou schopné využívat organické prachové částice potravin a textilií. Také využívají organické materiály z tapet, kobereců, dřevěných součástí apod. Plísně nepotřebují světlo. Nároky na **teplo** plísně nemají vysoké, rostou od mínus deseti do plus čtyřiceti stupňů Celsia. Teploty nad 15°C však urychlují jejich rozmnožování a šíření. Adaptabilita na kyselost či zásaditost prostředí je velmi široká, pH se může pohybovat v rozmezí 4 až 10.

Tři základní předpoklady pro vznik plísni tedy jsou:

- 1) vysoká vlhkost vzduchu >70%,
- 2) vhodná teplota -10 ~ +40°C
- 3) živiny, ze kterých porostou.

(Bukovský et Paříková, 2002, Crous et al., 2009, Jokl, 2000, Malíř et al., 2003, Rieger et Kubátová, 1996)

5.2. ČLENĚNÍ PLÍSNÍ

Plísně jsou v přírodě všeobecně rozšířené a mohou se vyskytovat v rozmanitých formách a velikostech. Plísně jsou organismy chemoheterotrofní, jejich metabolismus je přizpůsoben k získávání energie a stavebního materiálu z látek organického původu. Plísně získávají životně důležité látky ze svého okolí absorpcí celým povrchem. Z tohoto důvodu produkují řadu extracelulárních enzymů, které jim pomáhají k získávání živin. Vedle primárního metabolismu produkují plísně – houby řadu různorodých látek, jejichž funkce není vždy zřejmá a lze je shrnout pod pojmem sekundární metabolismus. Většina hub je striktně aerobní, popřípadě roste pouze v aerobním prostředí. Mnohé z plísni – hub se používají v potravinářství. Rovněž je také třeba počítat s houbami při výrobě potravin, např. chleba, piva nebo vína. Existuje přes 100 000 rozličných druhů plísni, které jsou pro člověka zcela neškodné. Biochemismus plísni je charakterizován produkcí škály enzymů, z nichž některé se mohou uplatňovat v biologickém boji a lze je považovat za virulentní faktory.

Existují druhy plísni, které jsou pro člověka potenciálně škodlivé:

1. Dermatofyty: mohou vyvolat onemocnění kůže, vlasů a nehtů.
2. Plísně: mohou mít škodlivý účinek prostřednictvím svých jedů, jako je například aflatoxin, mohou poškodit pacienty s těžkou poruchou imunitního systému.
3. Kvasinky: jednotlivé druhy se mohou v organismu sjednotit a rozšířit u pacienta, který má slabý imunitní systém, a pak spustí vážnou nemoc.

(Kalčík .et Sýkora, 1973, Klánová, 2000)

Plísně lze dělit z hlediska umístění v konstrukci na plísně:

- a) v anorganických materiálech,
- b) plísně v organických materiálech.

Pro přehlednost je uvedeno členění plísni i v organických materiálech. Tato práce se z důvodu požadavku praxe a převážné většiny obytných staveb

z anorganických konstrukcí soustřeďuje na plísně v anorganických materiálech a jejich interakci s uživateli. Problematika plísní v organických konstrukcích je natolik rozsáhlá a specifická, že vyžaduje posouzení v samostatné práci.

5.2.1. Plísně v organických materiálech

Plísně v organických materiálech mají zajištěny živiny přímo z materiálu, na kterém rostou. Bývají zpravidla umístěné v krovových konstrukcích, kam v důsledku poškození střešní krytiny povětrnostními a klimatickými vlivy zatéká. Dále se plísně vyskytují v hojné míře u dřevostaveb na vlhkých a špatně přístupných místech, kde jsou vytvořeny podmínky pro uchycení a rozvoj sporů plísní (dostatečná vlhkost, teplo).

Celulózovorní plísně (houby) vytvářejí destrukční hnilobu dřeva. Zdrojem výživy této houby je celulózová složka dřeva. Dřevo postupně tmavne a kostkovitě se rozpadá. V praxi tento proces označujeme jako červenou nebo hnědou hnilobu. Nejčastěji ji způsobují houby rodu *Serpula* a *Coniophora*. *Serpula lacrymans* (dřevomorka domácí) je nejnebezpečnější celulózovorní houbou. Rozkládá celulózu a hemicelulózu ve dřevě, textilu a i v papíru, tím způsobuje celkovou destrukci. Vyskytuje se ve vlhkých sklepích, suterénních bytech, chatách a chalupách. Dřevo napadené dřevomorkou se zpočátku zbarví světle okrově a jeho lom zůstává vláknitý. Druhá fáze rozkladu je zbarvení dřeva do hnědě žluté až hnědě oranžové barvy, začínají se tvořit podélné a příčné trhlinky. Poslední fáze rozkladu je dřevo tmavohnědé, hranolovitě se rozpadající, na lomu je hladké a úplně ztrácí pevnost. *Coniophora putina* (koniofora sklepní) napadá dřevo jehličnanů a listnáčů. Plodnice jsou rozlité a vytvářejí ploché, kornaté povlaky, které jsou žlutavě a okrově zbarveny. Koniofora napadá zdravé vlhké dřevo. Infekce proniká z povrchu do dřevní hmoty. Dřevo je po napadení hnědé až černé. Koniofora s menší vlhkostí omezuje růst, ale je velkou živnou půdou pro následné rozšíření dřevomorky.

Lignivorní plísně (houby) ničí všechny složky dřeva, tedy nejen celulózu, ale i lignin. Dřevo jejich vlivem zesvětlí, změkne, vytvoří se nápadné komůrky a nakonec se drobí. Zbarvení dřeva dalo lignivorním houbám název bílá hniloba dřeva. Dalšími vyskytujícími se druhy v organických materiálech především dřevu jsou *Gloeophyllum sepiarium* (trámovka plotní), *Gloeophyllum abietinum* (trámovka jedlová), *Gloeophyllum trabeum* (trámovka trámová), *Peziza cerea* (řasnatka zední), *Peniophora*

incarnata (kornatka masová). (Dugan, 2008, Kalčík et Sýkora, 1973, Klánová, 2000, Klánová, 2013)

5.2.2. Plísně v anorganických materiálech

Plísně se bez přítomnosti organických živin nemohou rozšířit. V anorganických materiálech (beton, keramické zdivo, sklo, apod.) proto plísně bez dalších podmínek nemohou vznikat a přežívat. Protože reálné užívání obytných staveb z anorganických materiálů se nikdy neobejde bez přítomnosti organických materiálů (textilie, tapety, koberce, dřevěné podlahy, nábytek, potraviny), téměř vždy na povrchu anorganických stavebních materiálů ulpívají mikroskopické organické částice, nebo dochází ke styku anorganického materiálu s organickým (např. beton+koberec, omítková malta+tapeta, složky lepidel a pojiv v nátěrových hmotách, apod.), je výskyt plísní reálný i na anorganických stavebních materiálech. Po delším setrvání na anorganickém materiálu mají plísně schopnost prorůst pod povrch do hloubky materiálu (omítka, keramické zdivo apod.).

Mezi plísně zahrnujeme fykomycety (pravé plísně) s rody *Absidia*, *Mucor* (plíseň hlavičková) a *Rhizopus*, vřečkaté houby (mj. s rody *Bysochlamys* a *Neurospora*) a *Fungi imperfecti* (houby nedokonalé) s rody *Alternaria*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Scopulariopsis*, *Sporotrichum*, *Stachobotrys* a *Trichothecium*. Plísně v obytných prostorách jsou nežádoucí prvek, který má škodlivé účinky působící mykózy lidí i zvířat. Tvoří škodlivé aflatoxiny, mykotoxiny, které rozkládají potraviny, dřevo, kůži, papír, textilie, aj. (Dugan, 2008, Kalina et Váňa, 2005, Klánová, 2000)

5.3. TOXICKÉ ÚČINKY MYKOTOXINŮ

Mykotoxiny patří celosvětově k významným toxinům přírodního původu, jejichž účinky mohou mít za následek chronické obtíže (opakované vystavení malým dávkám toxinů), ale i pozdní toxické účinky, například mutagenita vyvolávající chromozomální změny. Pozdní toxické účinky se vyskytují za delší dobu po vystavení účinkům mykotoxinů a jsou tedy zákeřnější. Mykotoxiny lze rozdělit podle míry toxicity do 3 základních skupin.

Dle testů na zvířatech bylo rozdělení vyhodnoceno takto.

Toxicita	Mykotoxin
Silně toxické (LD ₅₀ cca jednotky mg/kg t.hm.)	Aflatoxiny, citreoviridin, cyklochlorotin, diacetoxyscirpenol, luteoskyrin ochratoxin A, patulin, penitrem A, rubratoxiny, sporidesminy, T-2 toxin
Středně toxické (LD ₅₀ cca desítky mg/kg t.hm.)	Citrinin, kyselina cyklopiazonová, kyselin peniciliová, sterigmatocystin
Slabě toxické (LD ₅₀ cca desítky mg/kg t.hm.)	Griseofluvin, kyselina koji, trichoteceny, kyselina mykofenolová, chaetomin, zearalon

Tab. 1 : Dělení mykotoxinů dle jejich akutní toxicity (Malíř et al., 2003)

LD50 ... je test kdy uhynie 50% pokusných zvířat. Zmíněná míra toxicity se může lišit u stejného druhu, kdy je ovlivněna zdravotním stavem a stářím pokusného jedince zařazeného v testované skupině. (Malíř et al., 2003)

Toxický účinek	Mykotoxiny
Dermatotoxiny	Trichomteceny, psoraleny, verukariny, sporidesminy
Estrogeny	Zearalenon
Genotoxiny	Aflatoxiny, sterigmatocystin, ochratoxin A, citrin, zearalenon, patulin, trichoteceny, fumonisminy, fusarin C, griseofulvin
Hemototoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, zearalenon, trichoteceny,
Hepatotoxiny	Aflatoxiny, lutoskirin, sterigmatocystin
Imunotoxiny	Aflatoxiny, ochratoxin A, trichoteceny, patulin, gliotoxin, sporidesmin
Nefrotoxiny	Ochratoxin A, citrinin,
Neurotoxiny	Penitrem A, fumitremorgeny, verukulogeny, fumonisminy

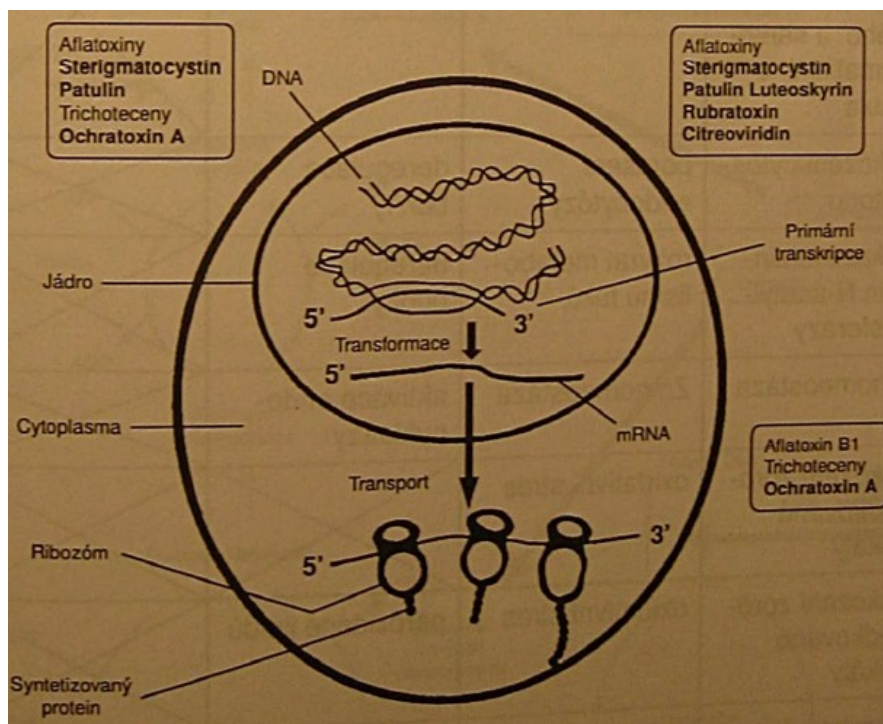
Tab. 2 : Členění mykotoxinů dle toxických účinku k cílovým orgánům (Malíř et al., 2003)

Úroveň	Příklady
Molekulární interakce s makromolekulami	Citrin – jednořetězcové zlomky na úrovni DNA, DNA dukty - aflatoxin, ochratoxin A, zearalenon atd.

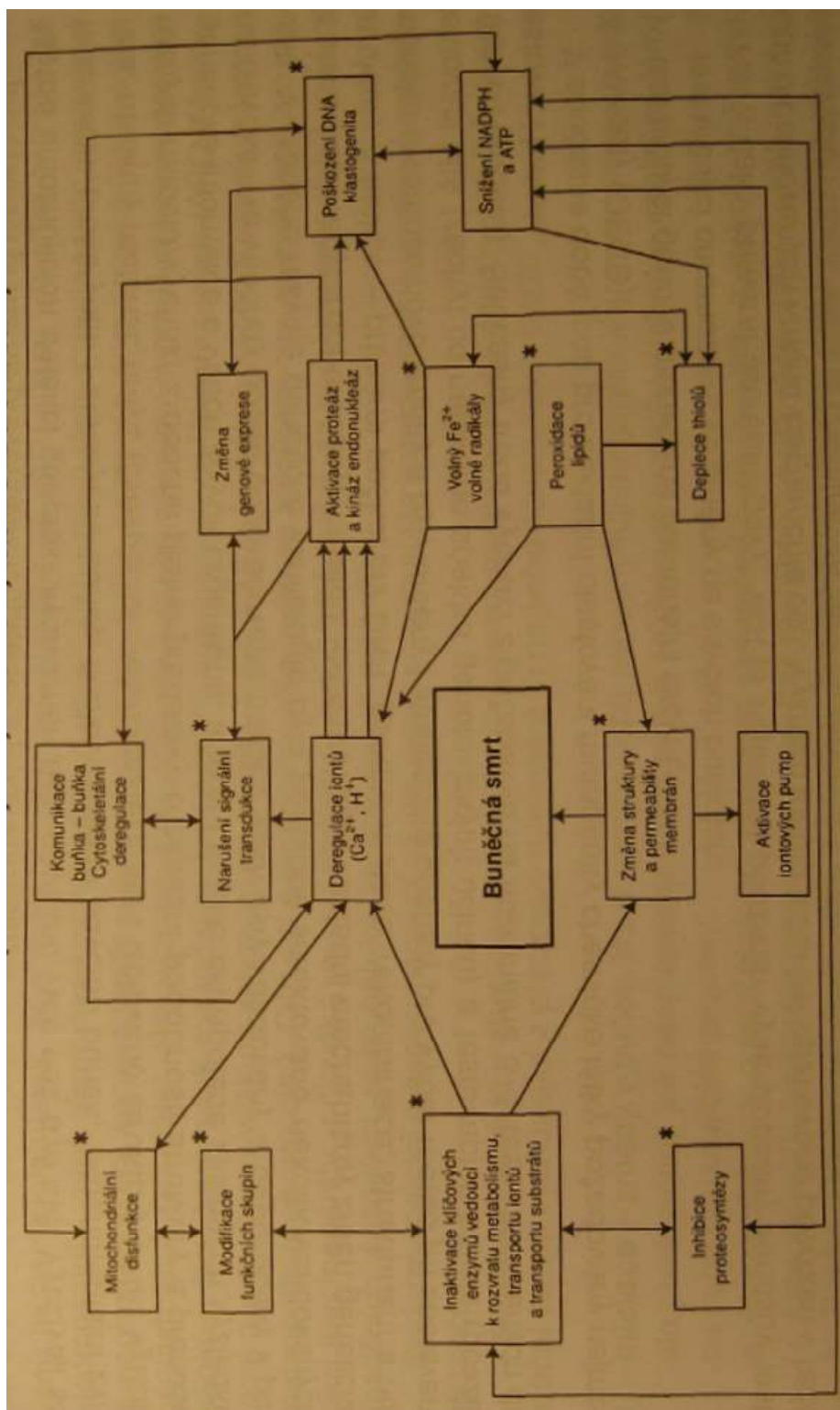
Subcelulární účinky na enzymatické reakce	Ochratoxin A – inhibice fosfoenolpyruvat karboxinázy, inhibice karboxyláz – moniliforminem, patulinem, inhibice peptidyl transferázy – trichoderminem atd.
Interakce s organelami	Rozpojení oxidativní fosforylace v mitochondriích – aflatoxiny, kyselina sekalonová, lutoskyrin atd.
Buněčné Účinky na buněčný metabolismus	Ochratoxin A, aflatoxin, citrinin – inhibice syntézy nukleových kyselin a proteinů
Celý organismus Poškození tkáňové, nebo orgánové	Aflatoxiny – hepatotoxicita, ochratoxin A – nefrotoxicita atd.
Patologicko – klinické známky onemocnění	Ochratoxin A – nefropatie atd.

Tab. 3 : Biologické účinky mykotoxinů (Malíř et al., 2003)

Vyskytuje-li se v přirozených podmínkách více mykotoxinů současně a působí-li spolu, může dojít k výraznému zesílení společných nežádoucích toxických účinků. Účinky toxinů mohou mít rovněž vliv na genetickou stavbu organismů, které zasahují. Mohou vyvolávat genetické změny, způsobovat vývojové vady, alergické reakce, oslabovat imunitní systém, vyvolávat změny stavby buněk – rakovinu



.Obr. 2: Molekulární místa účinku mykotoxinů - (Malíř et al., 2003)



Obr. 3: Vzájemné vztahy různých účinků mykotoxinů na úrovni buňky (Malíř et al., 2003)

Pozn.: Hvězdičkou jsou označeny buněčné funkce nejčastěji primárně ovlivněné mykotoxiny

Aflatoxiny jsou polycyklické, nenasycené, vysoce substituované kumariny. Postupně během výzkumů byly zjištěny čtyři přirozeně se vyskytující se formy. AFB₁, AFB₂, AFG₁ a AFG₂. Aflatoxiny skupiny B vykazují (dále AFB) vykazují v UV světle modrou fluorescenci.

Skupiny aflatoxinů

Aflatoxin B₁

CAS (Chemical Abstract Services Registry NO.): 1162-65-8

Název podle Chemical Abstract: Cyclopenta (c) furo (3'2' : 4,5) furo (2,3-h) (1) benzopyran – 1, 11diene, 2, 3, 6a, 9a-tetrahydro-4-methoxy-, (6aR-cis) -

Jiný název: 6-methoxydifurokumaron

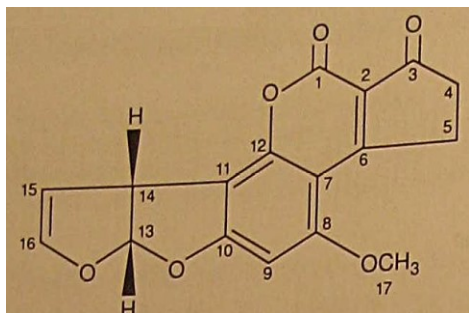
Sumární vzorec: C₁₇H₁₂O₆

Molekulová hmotnost: 312

Rozpustnost: Nerozpustný v nepolárních rozpouštědlech, málo rozpustný ve vodě (10 - 20 µg/ml), dobře rozpustný v polárních organických rozpouštědlech

Popis: Světle žluté krystaly, emituje v UV světle modrou fluorescenci

Strukturální vzorec:



Obr.4: Aflatoxin B₁ (Malíř et al., 2003)

Aflatoxin G₁

CAS (Chemical Abstract Services Registry NO.): 1165-39-5

Název podle Chemical Abstract: 1H, 12H-Furo (3'2' : 4,5) furo (2,3-h) pyrano (3,4-c) (1) benzopyran-1,12-dione, 3, 4, 7a, 10a-tetrahydro – 5 – methoxy -

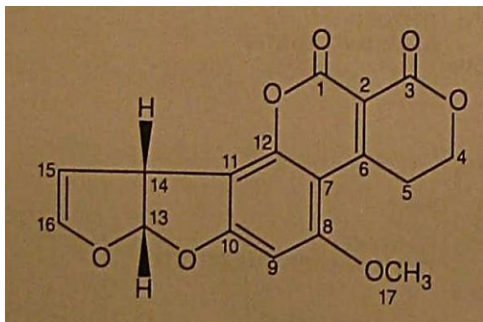
Sumární vzorec: $C_{17}H_{12}O_7$

Molekulová hmotnost: 328

Rozpustnost: Nerozpustný v nepolárních rozpouštědlech, málo rozpustný ve vodě, dobře rozpustný v polárních organických rozpouštědlech

Popis: Světle žluté krystaly, emituje v UV světle modrou fluorescenci

Strukturální vzorec:



Obr.5: Aflatoxin G_1 (Malíř et al., 2003)

Aflatoxin M_1

CAS (Chemical Abstract Services Registry NO.): 6795-23-9

Název podle Chemical Abstract: Cyclopenta (c) furo (3'2' : 4,5) furo (2,3 - h) (1) benzopyran - 1, 11 - dione, 2, 3, 6a, 9a – tetrahydro - 9a – hydroxy – 4 – methoxy

Jiný název: 4 – hydroxyaflatoxin B_1

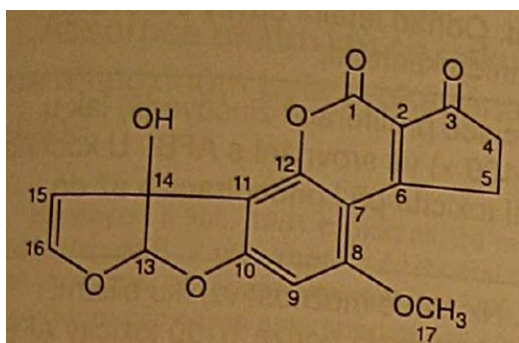
Sumární vzorec: $C_{17}H_{12}O_7$

Molekulová hmotnost: 328

Rozpustnost: nerozpustný v hexanu, málo rozpustný v benzenu, rozpustný v metanolu, etanolu, acetonitrilu, chloroformu, ve směsi metanol + ether (1:1)

Popis: Emituje v UV světle modro - fialovou fluorescenci

Strukturální vzorec:



Obr.6: Aflatoxin M₁ (Malíř et al., 2003)

Toxikologické hodnocení:

Z výše uvedených příkladů je nejpravděpodobnější poškození buňky aflatoxinem B₁, který iniciuje poškození metabolické aktivity a následně vyvolá kaskádu biochemického poškození buňky pomocí modifikace DNA, vedoucí k degradaci a zániku. Primárním cílovým orgánem aflatoxinů jsou játra, kde mohou vyvolávat změny tkáně. Aflatoxiny mohou vyvolávat genetické změny, způsobovat vývojové vady, alergické reakce, oslabovat imunitní systém, vyvolávat změny stavby buněk – rakovinu.

Ochratoxin A

CAS (Chemical Abstract Services Registry NO.): 303-47-9

Název podle Chemical Abstract: L-Phenylalanine, N- {[5-chloro-3, 4-dihydro-8-hydroxy-3methyl-1-oxo-1-H-2-benzopyran-7-yl] carbonyl} -, {R} -

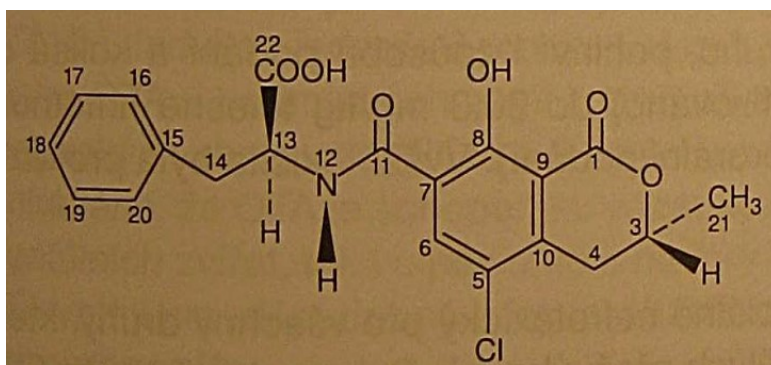
Jiný název: {-}-N- {[5-chloro-8-hydroxy-3-methyl-1-oxo-7-isochromanyl] carbonyl} -3-phenylalanine

Sumární vzorec: C₂₀H₁₈O₆ClN

Molekulová hmotnost: 403

Rozpustnost: rozpustný v organických rozpouštědlech (chloroformu, etanolu a metanolu)

Strukturální vzorec:



Obr.7: Ochratoxin A (Malíř et al., 2003)

Toxikologické hodnocení:

V organismu je Ochratoxin A vázán na plazmatické proteiny a metabolizuje se na hydroxylované deriváty. V organismu může být štěpen na fenylalanin a chlorovaný dihydroizokumarinový základ ($OT\alpha$), který se může vyznačovat genotoxickými účinky.

Ochratoxin A způsobuje rozvrat metabolismu fenylalaninu, jejímž důsledkem je redukce fosfoenolpyruvatkarboxykinazy v cytosolu, následkem které dochází k redukcí glukoneogeneze jejímž důsledkem je smrt buňky.

Při produkci ochratoxinu se uplatňují především dva rody plísní *Aspergillus* a *Penicillium*, které mohou vyvolávat genetické změny, způsobovat vývojové vady, alergické reakce, oslabovat imunitní systém a vyvolávat změny stavby buněk – rakovinu. (Malíř et al., 2003)

5.4. ALERGOLOGICKY VÝZNAMNÉ MIKROMYCETY V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Alergologicky významné toxiny hub, především těch mikroskopických nazýváme mikromycety. Jejich spory jsou běžně zjišťovány ve venkovním ovzduší městských aglomerací a v životním prostředí člověka.

Ve venkovním ovzduší se vyskytuje množství částic různého původu, jejichž vdechování může vyvolat u senzitivních osob (tj. alergiků) alergické reakce. Mezi

částicemi biologického původu označovanými jako alergoplankton, jsou z alergologického hlediska nejdůležitější pylová zrna. Významnou složkou alergoplanktonu jsou však také houby, které se v ovzduší vyskytují ve formě výtrusů (spor) či úlomků a vláken a v této formě jsou rovněž vdechovány. Ve srovnání s pylovými zrny jsou spory hub poněkud menší. Mohou tak, podobně jako jiné drobné částice, pronikat až do dolních cest dýchacích, tj. do distálních partií bronchiálního stromu, a pak vyvolávat astma. V alergoplanktonu lze nalézt různé skupiny hub (*Zygomycetes* - houby spájkivé, *Ascomycetes* – houby vřeckovýtrusé, *Deuteromycetes* – houby nedokonalé, Basidiomycotina – houby stopkovité). Alergologové považují za nejvýznamnější tzv. mikroskopické houby – mikromycety, nesprávně též nazývané plísně. Jsou to organizmy malých rozměrů, jejichž stavba je lépe patrná až při pozorování mikroskopem. Z uvedených skupin patří mezi mikromycety zástupci třídy *Zygomycetes* a někteří zástupci *Ascomycetes*, houby z umělé skupiny *Deuteromycetes* a parazitické rzi z pododdělení *Basidiomycotina*. (Kalina et Váňa, 2005, Klánová, 2013, Malíř et al., 2003, Rieger at Kubátová, 1996)

5.5. PŘEHLED NEJBĚŽNĚJŠÍCH MIKROMYCETŮ V OVZDUŠÍ A ALERGOLOGICKÝ VÝZNAM

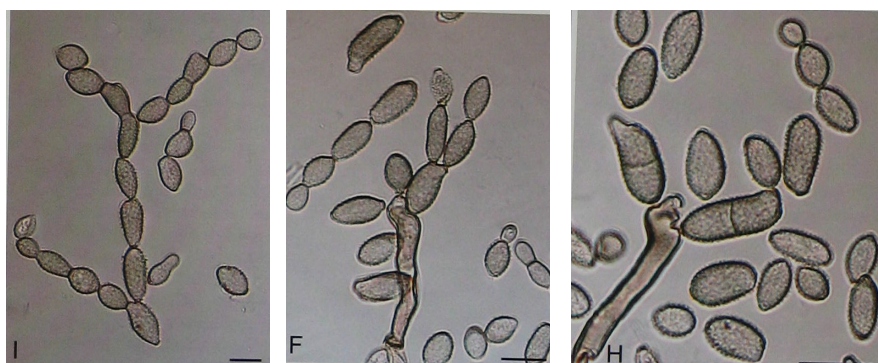
Cladosporium sp.

Výskyt: Běžný, téměř kosmopolitní rod. Zahrnuje většinou saprofytické, v mezi parazitické druhy. V přírodě se vyskytují nejčastěji na rostlinných zbytcích a často též na povrchu listů živých rostlin, kde vytvářejí tzv. černě. Ve vnějším ovzduší se konidie rodu *Cladosporium* vyskytují ve značném množství, ve srovnání s houbami v největším rozsahu. V ovzduší se kolonie objevují již od jara, maximum výskytu však v letních měsících. Ve značném množství jsou zjišťovány zejména za teplého počasí, ve vzorcích aeroplanktonu v době svého maxima *Cladosporium* zcela převládá. Zástupci rodu *Cladosporium* byly zjištěny rovněž v prachu domácností na stěnách vlhkých bytů, v různých zemědělských staveních a dále např.: v textilním závodu na zpracování lnu.

Alergologický význam: Značný alergologický význam v rodu *Cladosporium* je uváděn v lékařské literatuře. U nás je komerční alergen příbuzný z různých kmenů rodu

Cladosporium nejčastěji žádaným „plísňovým“ alergenem ve vakcínách vyráběných firmou SEVAC Praha. Je žádán přibližně ve stejném rozsahu jako komerční alternativa.

Alergeny, zkřížená reaktivita: V extraktu *Cladosporium herbarum* bylo zjištěno nejméně 60 antigenních komponent, z nichž více než 20 vykazovalo alergenní aktivitu. Tyto alergeny jsou nejspíše glykoproteiny, případně proteiny. Jednotlivé kmeny druhu *Cladosporium herbarum* se navíc vyznačují značnými rozdíly ve svém antigenním resp. alergenní složení.

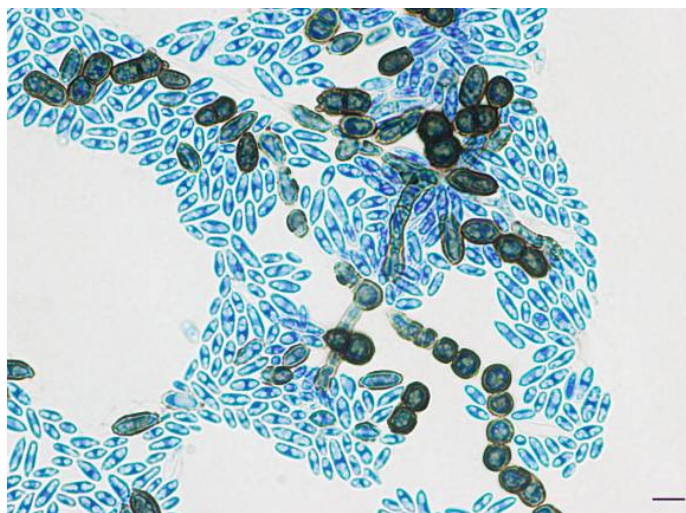


Obr. 8: Plíseň rodu *Cladosporium* (Crous et al., 2009)

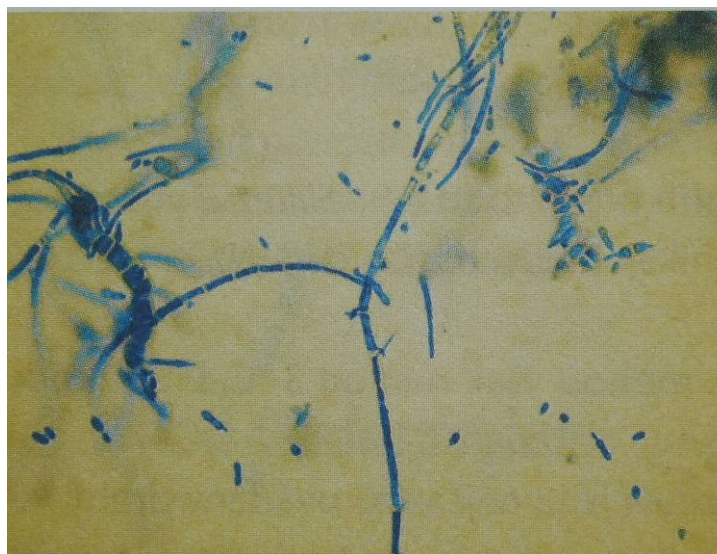
Aureobasidium pullulans

Výskyt: Saprophytická houba vytvářející černé povlaky (černě) na povrchu listů, větví i na kůře, vyskytuje se rovněž i na ovoci, v potravinách, v půdě a na dřevě. Zjišťována rovněž v provozech na zpracování dřeva, např.: na pilách. V menší míře se také objevuje v domácnostech např.: v prachu na stěnách.

Alergologický význam: menší až střední:



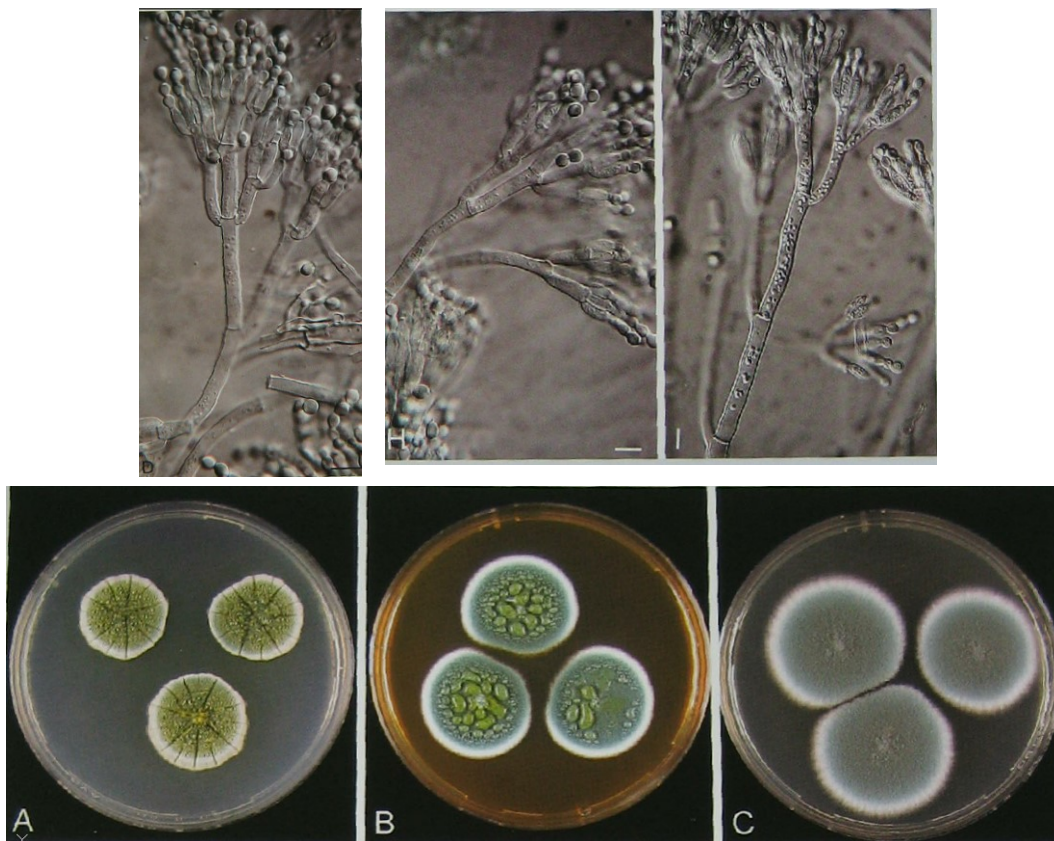
Obr. 9: *Aureobasidium pullulans* (Aureobasidium_pullulans_3.jpg, 2016.03.26) [29]



Obr. 10: plíseň rodu *Aureobasidium pullulans* (Klánová K., 2013) [15]

Penicillium sp.

Výskyt: rod *Penicillium* zahrnuje velké množství druhů vyskytujících se běžně v půdě, v potravinách a různých jiných organických substrátech. Často se také vyskytuje v domácnostech, jako např. v domácím prachu, na zvlhlých zdech, dále v různých průmyslových a zemědělských provozech. Konidie zástupců rodu *Penicillium* se poměrně často vyskytují ve venkovním ovzduší.



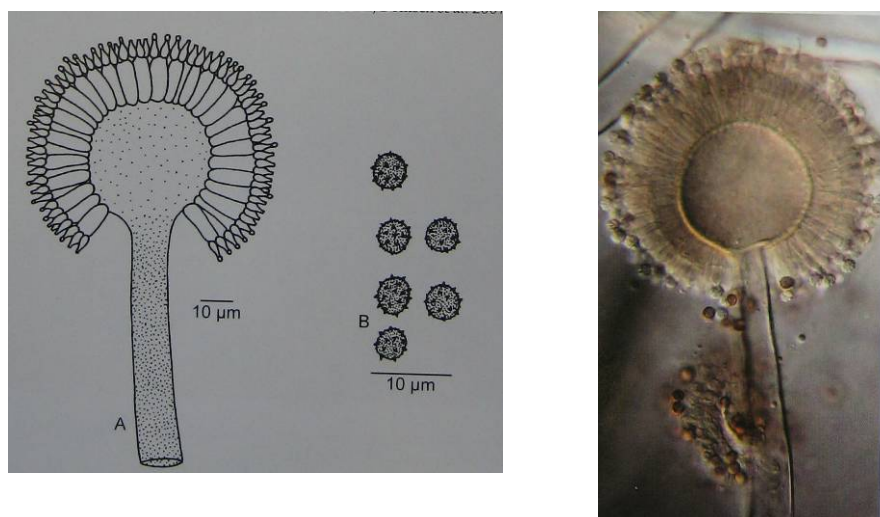
Obr. 11: plíseň rodu *Penicillium* (Crous et al., 2009)

Aspergillus sp.

Výskyt: rod *Aspergillus* je druhově úpočetný, mnohé druhy jsou termofilní. Druhy tohoto rodu se běžně vyskytují v půdě, na různých organických substrátech, jako např.: na rostlinných zbytcích, kompostech, zavlhlem obilí, v mouce, v krmivech atd. často se rovněž vyskytují v různém profesionálním prostředí člověka. V menší míře také v domácím prachu. Ve venkovním ovzduší se kolonie zástupců rodu *Aspergillus* vyskytují v menší míře.

Alergologický význam: středně až více významný rod. V rámci rodu *Aspergillus* je v ČR nejvíce považován alergenový extrakt z *Aspergillus fumigatus*. Výskyt zástupců tohoto rodu v prostředí obývaném člověkem je však třeba sledovat i z toho důvodu, že některé druhy jsou schopny se chovat jako oportunistické patogeny a vyvolávat mykózy.

Alergeny, zkřížená reaktivita: Mezi hlavní alergeny *Aspergillus fumigatus* náleží jak proteiny, glykoproteiny, tak i polysacharidy tvořící makromolekulární komplexy buněčné stěny. Druhy rodu *Aspergillus*, zřejmě s ohledem na přítomnost společných skupinových alergenů, vykazují v různé míře zkříženou reaktivitu. Na druhé straně je mezi jednotlivými kmeny *Aspergillus fumigatus* uváděná značná variabilita v jejich antigenním, respektive v alergenním složení.



Obr. 12: plíseň rodu *Aspergillus* (Crous et al., 2009)

Mucor sp.

Výskyt: Druhy rodu *Mucor* se vyskytují v půdě, jako saprofyty na tlejících zbytcích rostlin a živočichů, v hnoji, na potravinách, na ovoci atp.; vyhledávají zpravidla cukernaté substráty. Ve venkovním ovzduší se spory rodu *Mucor* objevují pouze v malé míře. S ohledem na riziko alergizace je však významný poměrně častý výskyt tohoto taxonu v našem domácím i profesionálním prostředí. Spory těchto hub jsou např.: běžnou součástí domácího prachu a to zejména spory druhů *Mucor racemosus* a *Mucor spinosus*.

Alergologický význam: Poměrně značný. Kromě toho mohou být zástupci rodu *Mucor* i původci mykóz. (Dugan, 2008)

Stemphylium sp.

Výskyt: V přírodě se druhy tohoto rodu často vyskytují jako saprofyti a paraziti rostlin; v domácnostech tvoří běžnou součást domácího prachu. Konidie zástupců rodu

Stemphylium se ve venkovním ovzduší objevují zpravidla v menším množství. Ze stanic PIS v ČR a SR uvádějí (Zdravotní medicína, online, 2004) maximum výskytu konidií na období července.

Alergologický význam: Středně až značně významný.

Zkřížená reaktivita: Prokázána zkřížená reaktivita s *Alternaria*.



Obr. 13: plíseň rodu *Stemphylium* (*Stemphylium*, 2016.03.26)

5.6. ROZBOR PŘÍČIN TVORBY PLÍSNÍ V OBYTNÝCH BUDOVÁCH

5.6.1. Příčiny tvorby plísní

Plísně v obytných budovách vznikají při splnění podmínek pro jejich existenci a rozmnožování. Tyto podmínky jsou:

- přítomnost živin obsahující uhlík a dusík,
- vlhkost povrchu, na kterém se plísně vytváří,
- přiměřená teplota – optimální jsou teploty 15°C a více.

(Rubinová .et Rubina , 2011, Wasserbauer , 2000)

5.6.2. Podmínky pro existenci živin k tvorbě plísní

V obytných budovách se organické živiny vhodné pro tvorbu plísní vyskytují vždy. Charakter živin pro plísně může být ve formě prachu a dále při styku organických a anorganických vrstev materiálů.

Prachové částice živin pro plísně vznikají z potravin, jako mikroskopické úlomky textilií, dřeva apod., částice ulpívají na povrchu vodorovných i svislých ploch. Tyto zdroje živin pro plísně nelze zcela eliminovat, neboť přítomnost potravin, nábytku, dřeva, textilií a dalších organických materiálů je nutnou součástí obytných prostor. Rozsah přítomnosti prachových částic je závislý na údržbě bytového prostoru, intenzitě čištění a intenzitě údržby ploch včetně svislých ploch a malby.

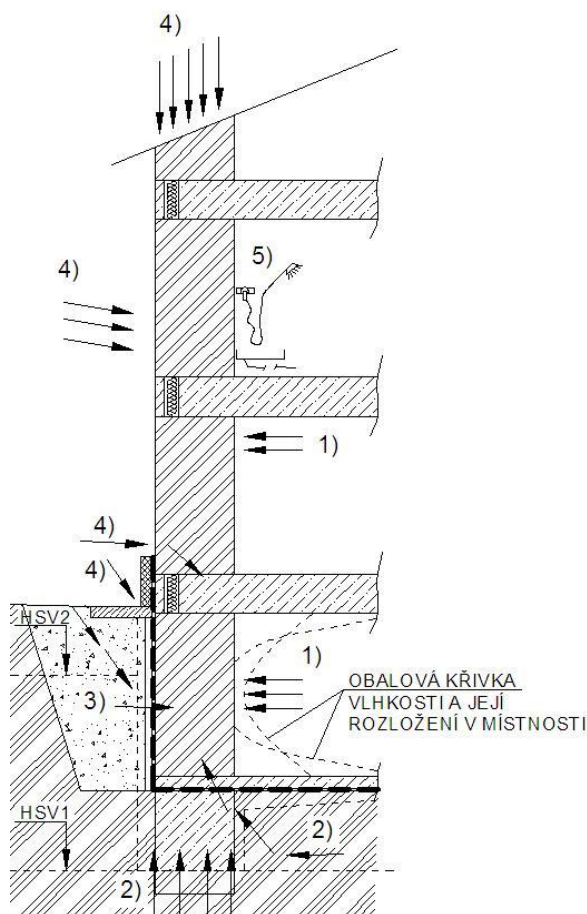
Těsný styk organických a anorganických vrstev materiálů může být zdrojem živin pro plísně na anorganických stavebních konstrukcích, neboť plísně berou živiny z organické vrstvy. K těmto případům patří položení koberců a dřevěných podlah na betonové podklady, lepení tapet, dřevěné obklady na zdivu. Důležitým případem je aplikace malby obsahující organická lepidla a pojiva (na bázi klišu), malba pak obsahuje potřebné živiny. (Rieger et Kubátová, 1996, Seifert et al., 2011, Wasserbauer, 2000, Webster et Weber, 2007)

5.6.3. Příčiny zvýšené vlhkosti stavebních konstrukcí

Dostatečná vlhkost je základní podmínkou pro vznik plísní, bez potřebné vlhkosti plísně nemohou existovat.

Zdroje potřebné vlhkosti pro život plísní jsou následující (viz obr. 14):

- 1) vzdušná vlhkost vnitřního obytného prostoru,
- 2) zemní vlhkost vztlínající do zdiva,
- 3) zatékající spodní tlaková voda porušenou hydroizolací,
- 4) srážková voda zatékající do konstrukcí,
- 5) zatékání při poruchách sanitárních instalací.



Obr. 14: Zdroje vlhkosti staveb (Brada 2016)

5.6.4. Vzdušná vlhkost vnitřního obytného prostoru

V prostoru obytných staveb se vždy vyskytuje vlhký vzduch. Vlhký vzduch je směs hmotnosti m_v [kg] suchého vzduchu a hmotnosti m_p [kg] přehřáté až syté vodní páry, případně m_k [kg] vody ve formě kapalně mlhy. Voda ve formě ledové mlhy je teoreticky možná, ale v obytných využívaných prostorách se nepředpokládá. (Jokl, 2000, Kalčík et Sýkora, 1973)

Suchý vzduch (index v) a vodní páru (index p) pokládáme za ideální plyny s parametry:

$$c_{pv} = 1,01 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}; \quad r_v = 0,287 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1};$$

$$c_{pp} = 1,84 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}; \quad r_p = 0,462 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1},$$

kde c_p ... je měrné teplo za stálého tlaku,

r ... je individuální plynová konstanta.

Hmotnost m [kg] vlhkého vzduchu pak lze vyjádřit: $m = m_v + m_p + m_k$. Tlak vlhkého vzduchu p je roven součtu parciálních tlaků suchého vzduchu p_v a vodní páry p_p :

$$p = p_v + p_p \text{ [Pa];}$$

Maximální parciální tlak páry $p_{p\max}$ při dané teplotě t opak určen mezi křivkou sytosti:

$$(p_{p\max})_t = p'' = p''(t),$$

kde p'' je tlak sytosti při dané teplotě t .

Absolutní vlhkost vzduchu Φ [kg.m⁻³] lze pak vyjádřit jako podíl celkové hmotnosti vodní páry a vody a celkového objemu V vlhkého vzduchu, neboť každý plyn ve směsi zaujímá též objem jako směr:

$$V = V_v = V_p.$$

$$\Phi = (m_v + m_p)/V \quad [\text{kg.m}^{-3}]$$

Pro nenasycený a nasycený vlhký vzduch, který obsahuje vodu jen ve formě páry platí

$$\Phi = (m_p)/V = (m_p)/V_p = \rho_p,$$

kde ρ_p je měrná hmotnost vodní páry.

Důležitou hodnotou pro posuzování vlhkosti v prostoru je rosný bod t_R . Rosný bod je teplota, které se dosáhne izobarickým ochlazením vzduchu o tlaku p a teplotě t na mez sytosti vodní páry. Mírou vyjádření vzdálenosti reálného stavu s teplotou t od stavu nasycení vodní páry ve vzduchu při teplotě t_R je veličina relativní vlhkost vyjádřená vztahem:

$$\phi = (\rho_p / \rho''_p)_t = (p_p / p''_p)_t.$$

Hodnota ϕ se udává v procentech a při teplotě rosného bodu dosahuje hodnoty 100%.

Pokud vzdušná vlhkost vnitřního obytného prostoru je natolik vysoká, že při styku se studenějšími plochami či předměty dojde k lokálnímu poklesu teploty vlhkého vzduchu pod rosný bod, přebytečná vzdušná vlhkost kondenzuje na těchto plochách tak, aby zbývající vlhkost odpovídala měrné hmotnosti vodní páry na mezi sytosti ρ''_p při teplotě rosného bodu.

Ke kondenzaci vzdušné vlhkosti dochází v zásadě ve dvou případech:

- a) relativní vlhkost je vysoká, tím i malé poklesy teploty vzduchu při styku s okolními předměty způsobí vysrážení vody ze vzdušné vodní páry. Tyto případy mohou nastat v koupelnách, kuchyních, prádelnách, bazénech, v zimních zahradách a dalších prostorách, kde jsou intenzivní zdroje vody a vodní páry. (Rubinová O.et Rubina A., 2011) [23]
- b) Na plochách se značně nižší teplotou, než je teplota prostředí. Pokud teplota povrchu je nižší než rosný bod, pak i při poměrně nízké relativní vlhkosti dojde k vysrážení vodní páry ve formě vodních kapiček. Mezi tyto případy patří srážení vzdušné vlhkosti na plochách ovlivněných tepelnými mosty s lokálním vyšším ochlazováním stavebních konstrukcí. (Jokl, 2000, Kalčík et Sýkora, 1973)

Pro stanovení správné hodnoty relativní vlhkosti v prostředí obytných staveb je legislativním základem v ČR je zákon 258/2000Sb. o ochraně veřejného zdraví a prováděcí vyhláška č.6/2003 Sb., která stanoví přijatelné mikroklimatické podmínky. Ty zahrnují teplotu, vlhkost, větrání a podmínky provozu ventilačních a klimatizačních zařízení. Hygienické limity vlhkosti v pobytových místnostech jsou stanoveny odchylně pro teplé a studené období roku:

teplé období roku	Relativní vlhkost nejvýše 65 %
chladné období roku	Relativní vlhkost nejméně 30 %

Tab. 4 : Úroveň vlhkosti dle období vyhl.6/2003 Sb. v příloze 1

Uvedené údaje se vztahují ke stavbám, nikoliv k jednotlivým stavebním výrobkům ve smyslu Nařízení vlády 163/2002 Sb. Jsou však pro posuzování stavebních výrobků velmi důležité, neboť z cílových parametrů stavby lze odvodit vlastnosti výrobků a omezení podmínek jejich užití ve stavbě (výkony otopných těles nebo klimatizace, objemové průtoky ventilačních zařízení, způsob regulace vytápění a chlazení, apod.).

Vlhkost se v obytných prostorách vytváří i vlivem užívání. Každý člověk je zdrojem vlhkosti (pocení, dýchání apod.). Mnoho činností a zařízení budov je zdrojem vlhkosti – viz tabulka 5.

Činnost člověka	Místo činnosti	Hodnoty metabolického tepla (W)	Produkce tepla lidí Q_1 , ve W pro teplotu vzduchu ve °C									
			21		24		25		26		28	
			teplo citelné W	vodní součinitel $g \cdot h^{-1}$	teplo citelné W	vodní součinitel $g \cdot h^{-1}$	teplo citelné W	vodní součinitel $g \cdot h^{-1}$	teplo citelné W	vodní součinitel $g \cdot h^{-1}$	teplo citelné W	vodní součinitel $g \cdot h^{-1}$
Sedící, odpočívající	divadlo, kino	115	93	33	74	60	68	70	62	79	50	97
Sedící, mírně aktivní	kancelář, byt	140	93	70	74	98	68	107	62	116	50	135
Stojící, lehká práce, vaření, mytí	obchody, sklady	150	90	89	72	116	66	125	60	134	48	152
Chodící, přecházející	obchodní domy, banky	160	96	95	77	124	70	134	64	143	51	162
Náročnější fyzická práce	dělny	240	99	203	79	226	73	234	66	244	53	262
Mírný tanec		260	116	215	92	250	85	261	77	273	62	296

Tab. 5: Produkce tepla a vlhkosti (ČSN 730548, 1985)

Vlhkost vznikající od osob a činností je potřebné regulovat větráním. Doporučené požadavky na výměnu vzduchu jsou uvedeny v tabulce č. 6. Pokud nelze řešit odvod nadměrné zátěže vodní páry jen větráním, je nutné zajistit udržení potřebné relativní vlhkosti dalším technickým zařízením, např. vzduchotechnikou, odlučovači vlhkosti, apod.

Prostor	Minimální průměrná výměna vzduchu nebo min. množství čerstvého vzduchu	Minimální množství odváděného vzduchu	Doplňující požadavky
Celý byt	0,5 h ⁻¹		
Ložnice	0,5 h ⁻¹ a ne méně než 15 m ³ h ⁻¹		musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem
Obytný pokoj	0,5 h ⁻¹		musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem
Kuchyně		40 m ³ h ⁻¹	musí být přímé větrání otvíravým oknem nebo větracím otvorem, odsavač par nad sporákem s výkonem >80 m ³ h ⁻¹
Koupelna		min. 40 m ³ h ⁻¹	podtlakové větrání
WC		min. 40 m ³ h ⁻¹	

Tab. 6: Požadavky na výměnu vzduchu obytných prostor (ČSN 730548, 1985)

5.6.5. Zemní vlhkost vzlínající do zdiva

Voda má tu schopnost, že většinu látek včetně stavebních materiálů smáčí. Díky přitažlivým silám (adhezním silám) mezi různými molekulami (např. voda a stavební látka) dochází ke kapilární nasákavosti. Stavební keramické, betonové a pórobetonové

materiály jsou porézní a vytváří kapilární strukturu umožňující při styku s vodou kapilární nasákavost.

Při špatném provedení hydroizolace spodní stavby stavebních objektů může docházet ke kapilární nasákavosti tj. vztlínání zemní vlhkosti a tím k tvorbě vhodných podmínek pro vznik plísní na vlhkém zdivu. V tomto případě je také možný výskyt opadávání omítky vlivem hromadění minerálních látek rozpuštěných ve vztlínající zemní vlhkosti. K vztlínání a vyšší vlhkosti ve zdivu přispívá i případná vzedmutá svahová voda. Dočasně vysoká spodní voda způsobuje vnikání vody do zdiva pod tlakem, což způsobuje částečně zvýšení tlaku v kapilárním systému.

U takto narušených objektů, je vlhkost zdiva vlivem vztlínání zemní vlhkosti v suterénních a přízemních prostorách. Zde vlivem vlhkosti a dále i snížené povrchové teploty, vlivem zvýšené teplotní vodivosti ve vlhkém zdivu, jsou vhodné podmínky pro tvorbu plísní. (Vlhkost stavebních konstrukcí, I. díl, 2016.03.26, Vlhkost stavebních konstrukcí, II. díl, 2016.03.26, Vlhkost stavebních konstrukcí, III. díl, 2016.03.26)



Obr. 15, 16: Příklady projevů nasákavosti zemní vlhkosti včetně opadávání omítky u nadzemního zdiva při špatné hydroizolaci. (Brada 2015)

5.6.6. Zatékající spodní tlaková voda porušenou hydroizolací,

Vlhkost konstrukcí může způsobit i tlaková podzemní voda při nedostatečně provedených hydroizolacích, které nevydrží potřebný hydrostatický tlak. V době jarního

tání sněhu a jarních déle trvajících dešťů může docházet k zvýšení hladiny podzemní vody nad úroveň podlahových konstrukcí suterénních místností. Vysoká spodní voda působí na spodní stavbu a hydroizolaci. Pronikání vody může být plošné nebo jen bodové. Tlaková voda však i bodovým porušením proniká ve značné míře a dochází k rozsáhlému navlhčení konstrukcí a tvorbě vhodných podmínek pro vznik plísní. Odpařování proniklé vody v prostoru stavby zvyšuje vnitřní vzdušnou relativní vlhkost s důsledky uvedenými v kap. 6.3.1.



Obr.17: Příklad pronikání spodní vody vadnou hydroizolací ve vytápěném suterénu (Brada 2015)

5.6.7. Srážková voda zatékající do stavebních konstrukcí

Vlhkost do stavebních konstrukcí se může dostávat vlivem zatékání přímé povětrnostní srážkové vody. Srážková voda hnaná větrem na obvodové zdivo je schopna v závislosti na nasákavosti stavebního materiálu a době trvání deště proniknout do zdiva do hloubky několika centimetrů nebo provlhčí zdivo i v celé tloušťce. O srážkové odstříkující vodě se hovoří nejčastěji v souvislosti s pásmem stavebního objektu nacházejícím se ve výšce 0 až 40cm nad terénem. Jde o spodní část soklového zdiva, kde dochází ke zvýšenému namáhání současným působením srážkové vody hnané větrem, vody odstříkující, na jaře a na podzim vody z tajícího sněhu včetně namáhání posypem chodníků solemi v zimním období. Při nesprávném vyspádování chodníků nebo terénu kolem obvodového zdiva spolupůsobí v této zóně srážková voda pronikající u líce zdiva spárami k základovému zdivu.

K zatékání srážkové vody může docházet i při správném provedení všech konstrukcí vlivem špatného návrhu stavby, kdy nejsou dostatečně ochráněny stavební otvory proti dešťové vodě zaháněné větrem. Příklad takového zatékání větracími otvory v panelovém domu je na obr. 17. Na těchto opakovaně vlhkých plochách jsou vhodné podmínky pro vznik plísní.



Obr. 18: Příklad zatékání srážkové vody větracími otvory v panelovém domu (Brada 2015)

5.6.8. Zatékání při poruchách sanitárních instalací

Dobře navržená a realizovaná stavba může mít vlhké zdivo vlivem poruch technických zařízení stavby (dále TZB), především rozvodů vody, teplovodního vytápění a kanalizace. Poruchy se zjišťují v mnoha případech obtížně, zvláště malé úniky vody jsou dlouhou dobu bez viditelných projevů, voda naplňuje dutiny a kapiláry stavebních materiálů. Dochází k negativním změnám tepelně technických vlastností konstrukcí. Poruchy rozvodů TZB lze minimalizovat již při návrhu, kdy trasy jsou navrženy mimo nebezpečí zamrzání, je řádně zajištěna teplotní dilatace potrubí a ošetřeny prostupy potrubí zděnými konstrukcemi.



Obr. 19: Pronikání vlhkosti vadným prostupem (Brada 2015)



Obr. 20: Příklady projevu prasklého vodovodu na fasádě objektu (Brada 2015)

Při delší zanedbané údržbě jsou takto vlhké vnitřní plochy stěn, podlah a stropů ovlivněné sníženou tepelnou izolační schopností a náchylné k tvorbě plísní.

5.7. VLIV TEPLoty STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ NA KONDENZACI VODNÍ PÁRY

Teplota prostředí obytných budov podmiňuje vnik plísní, i když plísně nemají velké nároky na teplo. Teplota vnitřního vzduchu je však určující pro jevy kondenzace vodní páry, která následně vytvoří potřebnou vlhkost na plochách konstrukcí a tím umožní vnik vhodných podmínek pro tvorbu plísní. Teplota vzduchu při určité vlhkosti určuje tzv. vzdálenost od rosného bodu.

Stavební konstrukce jsou zpravidla rovinné stěny. Teplo ve stěně se přenáší vedením a dle Fourierova zákona vedení tepla v rovinné stěně a při stacionárním stavu platí:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot S \cdot \frac{dT}{dx} = \lambda \cdot S \cdot \frac{(t_{st1} - t_{st2})}{\delta}$$

kde t_{st1} , t_{st2} jsou teploty povrchu stěn ve ($^{\circ}\text{C}$) a δ (m) je tloušťka stěny, λ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) je teplotní vodivost materiálu stěny, S (m) je plocha stěny.

Ve složené rovinné stěně z „n“ vrstev bude tepelný tok dán vztahem:

$$\dot{Q} = \frac{(t_{st1} - t_{st2})}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \cdot S$$

Rovinná stěna je z vnější a vnitřní strany omývána vzduchem s teplotou t_i na vnitřní straně a teplotou t_e na vnější straně. Kombinací sdílení tepla prouděním ze vzduchu do stěny a sdílení tepla vedením uvnitř stěny pak pro tepelný tok Q platí:

$$Q = k \cdot S \cdot (t_i - t_e),$$

přičemž pro součinitel prostupu tepla k ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) platí:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

kde α_1 a α_2 ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) jsou součinitele přestupu tepla konvekcí na obou stranách rovinné stěny.

Teplota vnitřního vzduchu, teplota vnitřního povrchu stěny a teplota venkovního prostoru jsou pevně svázány fyzikálními zákony sdílení tepla. Proto teplota vnitřního prostředí při daných materiálech stěny určuje i povrchovou teplotu stěny. Pokud tato teplota je pod rosným bodem, dochází ke kondenzaci vodní páry na povrchu stěny.

(Kalčík et Sýkora, 1973, Ražnivevič, 1969)

5.8. MĚŘENÍ RŮSTU POKRYVNOSTI PLÍSNÍ

5.8.1. Popis výchozího stavu stanovišť před odběrem vzorků

Na vybraných stanovištích (1x rodinný dům, 1x byt v bytovém domu) byl na zjištěn výskyt plísní v různých teplotních režimech. Zejména se jednalo o byt 1+1 obývaný důchodci ve kterém byla vyměněna okna za nová plastová s celoobvodovým těsněním. V druhém případě se jedna rodinný dům obývaný lidmi v produktivním věku a i při dodržování správných teplotních režimů ve spojení s větráním byla nalezena plíseň na stěně za nábytkem, jenž byl přistaven v blízkosti obvodové konstrukce. Obvodové konstrukce o obou sledovaných objektů byly z pálených cihelných bloků tl.

300mm. Byly stanoveny vzorové referenční plochy 50 x 50mm a označeny č. 110 až 118. Počáteční stav plochy plísni byl stanoven 4.9.2015. Plocha pokryvu plísni byla stanovena fotograficky s přenesením fotografie ve formátu .jpg do programu AutoCAD, kde v měřítku 1:1 byla hranice plochy s plísní označena uzavřenou křivkou s následným výpočtem plochy v mm².

Označení vzorků, jejich rozmístění a počáteční plochy plísni jsou u vedené v tabulce 7:

	chodba	obýv.pokoj	kuchyně	koupelna	pokoj 1	pokoj 2	kuchyně 2	kuchyně 3	kuchyně 4	
č. vzorku	č. 110	č. 111	č.112	č.113	č. 114	č. 115	č. 116	č. 117	č. 118	jednotka
počáteční plocha	24,0	16,0	26,0	36,0	28,0	29,0	10,0	31,0	12,0	mm ²

Tab. 7: Označení vzorků a jejich počáteční stavy plochy plísni



Obr. 21: Příklad kondenzace vlhkosti ve studeném rohu místnosti (Brada 2016)



Obr. 22: Příklad nedostatečného větrání u stěny za nábytkem (Brada 2016)

5.9. MĚŘENÍ PROSTOROVÉ TEPLoty A VLHKOSTI

5.9.1. Měření vlhkosti

Růst plísni ovlivňuje úroveň relativní vlhkosti. Relativní vlhkost byla měřena vždy při kontrole pokrývnosti vzorků vlhkoměrem Comet D3631, výrobní číslo 2910440. Přesnost měření byla 2%. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.

datum / č. vzorku	chodba č. 110	obýv.pokoj č. 111	kuchyně č.112	koupelna č.113	pokoj 1 č. 114	pokoj 2 č. 115	kuchyně 2 č. 116	kuchyně 3 č. 117	kuchyně 4 č. 118
4.9.2015	54	68	66	78	54	54	66	66	66
10.9.2015	57	67	70	80	56	57	70	70	70
17.9.2015	52	66	68	78	52	53	68	68	68
24.9.2015	56	63	74	79	56	55	74	74	74
1.10.2015	55	69	75	77	55	54	75	75	75
8.10.2015	53	71	69	68	54	53	69	69	69
15.10.2015	51	71	75	75	52	52	75	75	75
22.10.2015	58	70	68	77	57	58	68	68	68
29.10.2015	56	68	74	76	55	56	74	74	74
5.11.2015	55	74	73	81	55	54	73	73	73
12.11.2015	53	77	72	68	52	53	72	72	72
19.11.2015	61	70	72	76	61	62	72	72	72
26.11.2015	58	70	73	77	58	58	73	73	73
3.12.2015	52	72	75	75	53	53	75	75	75
10.12.2015	53	69	78	69	52	54	78	78	78
17.12.2015	58	73	73	81	58	58	73	73	73
24.12.2015	61	76	78	80	60	61	78	78	78
31.12.2015	59	73	77	78	58	58	77	77	77
průměr	56	70	73	76	55	56	73	73	73

Tab. 8: Naměřené hodnoty relativní vlhkosti v %:

5.9.2. Měření prostorové teploty

V prostorách sledovaných vzorků byla měřena prostorová teplota teploměrem BEHA-K typ 93403, výrobní číslo 90311942, se sodou prostorového teploměru s přesností 2,5%. Teplota byla snímána jednorázově vždy v době kontroly vzorků. Teplota všech prostor se pohybovala v době měření v rozmezí 20,4°C až 22,6°C (včetně prostoru chodby). Jedná se o malý rozptyl teplot, kdy lze považovat teplotu za konstantní. Teplotní výkyvy způsobené např. větráním či vlivem vnitřních teplotních zisků nebylo možné měřit. Vliv teploty prostoru lze proto při sledování rychlosti pokryvnosti plísní zhodnotit jako velmi malý a lze jej zanedbat. Eliminací parametru

prostorové teploty se snížil počet parametrů úlohy na vliv vlhkosti a vliv povrchové teploty stěny.

5.9.3. Stanovení povrchové teploty stěny

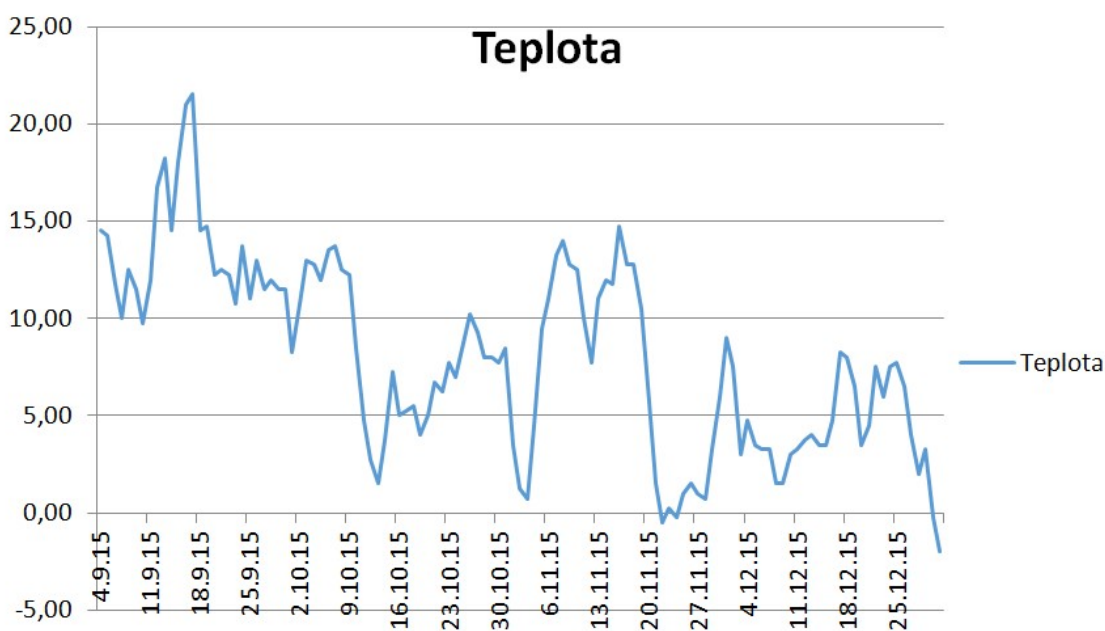
Teplota povrchu stěny je ovlivněna venkovní teplotou a stacionárním sdílením tepla v rovinné stěně. Průměrná venkovní teplota je stanovena z hodnot venkovní teploty v 7 hod, 14 hod a 21 hod s tím, že hodnota v 21 hod se započítává dvakrát z důvodů vlivu nočního poklesu. Průměrná denní teplota t_D se proto stanoví ze vztahu:

$$t_D = (t_7 + t_{14} + t_{21} * 2) / 4 \quad (^\circ\text{C}),$$

kde indexy vyjadřují denní hodinu.

Hodnoty denní venkovní teploty byly získány z měření firmy SEAP, která toto měření provádí v lokalitě okresu Rokycany, kde se nacházely stavby s prostory sledovaných vzorků plísni.

Průběh venkovní teploty v sledovaném období je znázorněn na grafu 1.



Graf G1: Průběh venkovní teploty v okresu Rokycany od 4.9.2015 do 31.12.2015 dle měření firmy SEAP

Číselné hodnoty jsou uvedeny v příloze P1-2.

Z grafu je patrné cyklování teploty a tedy ohřívání a ochlazování stěny budovy. Protože průběh teploty v rovinné stěně je lineární, je rovněž přímá lineární závislost mezi venkovní teplotou a teplotou vnitřního povrchu stěny. Proto lze odvodit vnitřní povrchovou teplotu z venkovní teploty (při konstantní vnitřní prostorové teplotě – viz kap. 7.2.2). Tím může docházet k pravidelnému srážení vlhkosti na vnitřním povrchu při absenci většího větrání, kterým se vlhkost vnitřního vzduchu odvede.

5.9.4. Výsledky rozborů plísní

Z kultivace vzorových referenčních vzorků, bylo pozitivních 8 z 9 odebraných.

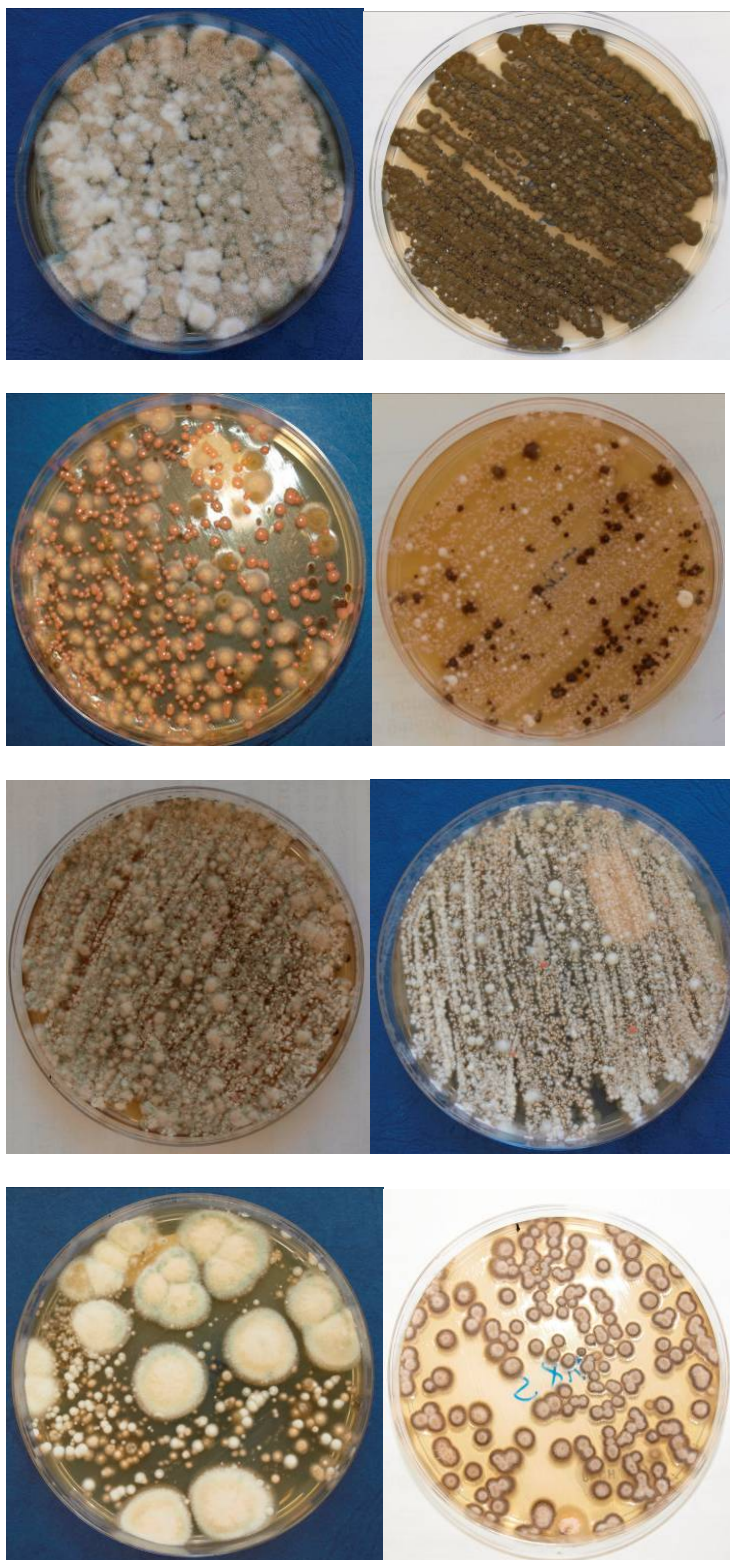
Výsledky stanovení:			
Č.vz.	Místo odběru - popis odběrového místa	Datum odběru	Nález
			mikromycety
110	Chodba nad dveřmi	16.11.2015	pozitivní
111	Obývací pokoj	16.11.2015	pozitivní
112	Kuchyň - strop 212	4.9.2015	pozitivní
113	Koupelna	7.10.2015	pozitivní
114	Dětský pokoj 1	21.10.2015	pozitivní
115	Dětský pokoj 2	21.10.2015	pozitivní
116	Kuchyň - nad dveřmi 219	4.11.2015	pozitivní
117	Kuchyň 219	4.11.2015	negativní
118	Kuchyň 219	20.11.2015	pozitivní

Obr. 23: Výřez z protokolu o analýze

Narostlé kultury byly mikroskopicky identifikovány a byly zařazeny převážně do rodů:

- Vz.č.110 - r. *Penicillium*
- Vz.č.111 - r. *Cladosporium*
- Vz.č.112 - r. *Cladosporium*, bílé a růžové plísně - sterilní mycelium
- Vz.č.113 - r. *Cladosporium*, kvasinky - r. *Rhodotorula*, r. *Aureobasidium*
- Vz.č.114 - sterilní mycelium
- Vz.č.115 - r. *Penicillium*, r. *Cladosporium*
- Vz.č.116 - r. *Penicillium*, r. *Cladosporium*, růžové plísně - sterilní mycelium
- Vz.č.118 - r. *Cladosporium*

Následuje chronologické vyobrazení referenčních vzorků 110 – 118 viz obr. 24.

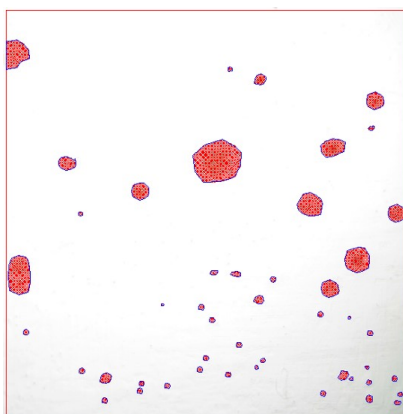


Obr. 24: Petriho misky referenčních vzorků 110 - 118 (foto vzorků z výzkumu)

6. PŘÍNOSY PRÁCE

6.1.1. Výsledky měření rychlosti růstu plísní

Bylo provedeno měření rychlosti růstu plísní u odměrových míst č. 110 až 116 a 118 (vzorek 117 byl negativní). Každý vzorek byl sledován jedenkrát za 7 dní (týdně), hodnoty pro dny mezi snímkováním byly stanoveny lineární interpolací. Plocha pokryvu plísní byla jako u počátečního vzorku stanovena fotograficky s přenesením fotografie ve formátu .jpg do programu AutoCAD, kde v měřítku 1:1 byla hranice plochy s plísní označena uzavřenou křivkou s následným výpočtem plochy v mm². Hodnoty plochy vzorku dne 4. 9. 2015 jsou vstupními hodnotami.



Obr. 25: Příklad zjišťování pokryvnosti v referenčním vzorku ze dne 1.10.2015 – na stanovišti Koupelna č. 113, plocha plísní 94,5 mm² – plochy křivek znázorněny červeně, výpočet proveden programem AutoCAD

Celkové konečné hodnoty pokryvnosti vzorků na ploše stěny 50 x 50mm jsou uvedeny v tabulce 9.

	chodba	obýv.pokoj	kuchyně	koupelna	pokoj 1	pokoj 2	kuchyně 2	kuchyně 4	jednotka
č. vzorku	č. 110	č. 111	č.112	č.113	č. 114	č. 115	č. 116	č. 118	
počáteční plocha	24,0	16,0	26,0	36,0	28,0	29,0	10,0	12,0	mm ²
konečná plocha	114,0	646,0	1208,0	1110,0	267,0	201,0	1780,0	294,0	mm ²

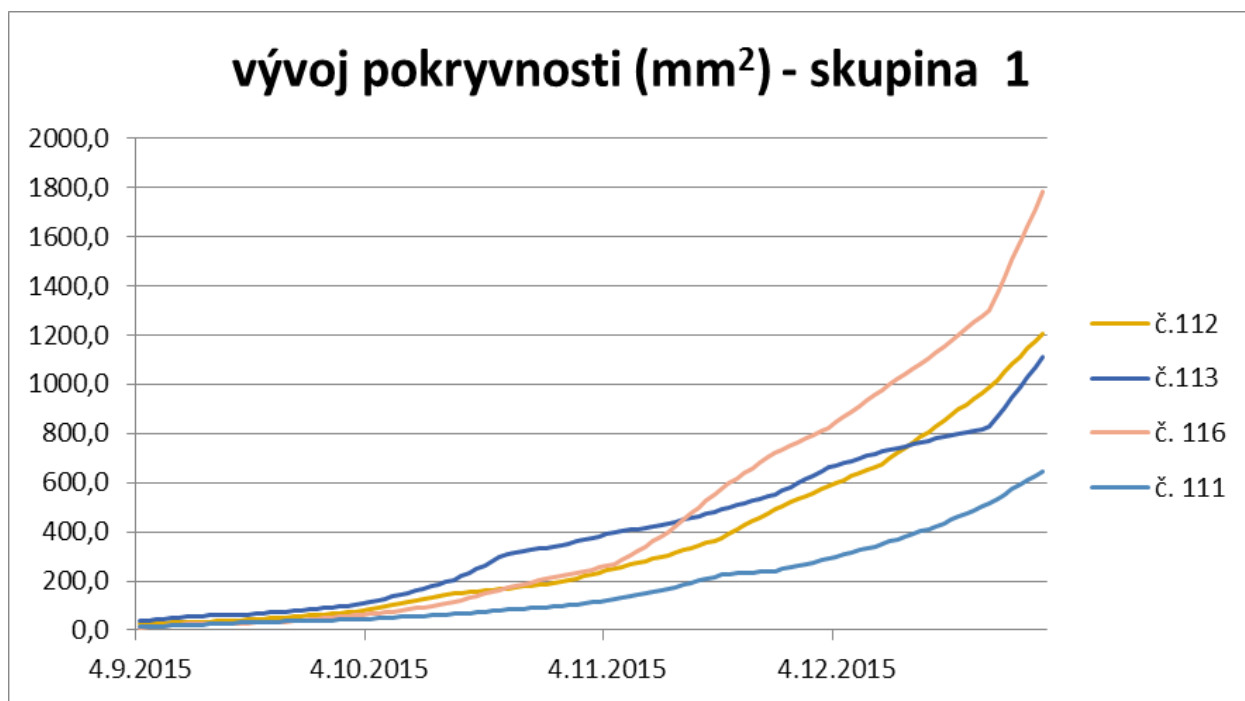
Tab. 9: Počáteční a koncové stavy ploch plísní jednotlivých vzorků

Kompletní číselné hodnoty pokrývnosti pozitivních vzorků jsou uvedeny v příloze P1-1.

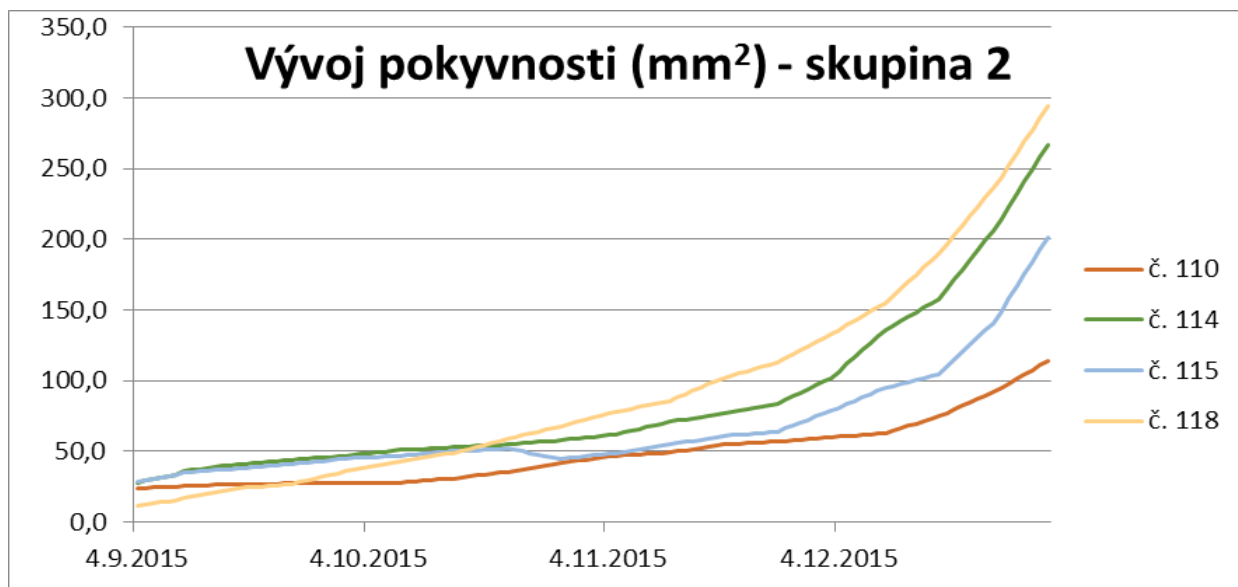
Průběh narůstání pokrývnosti nebyl u vzorků stejný a lze je rozdělit do dvou skupin:

- a) Skupina č.1 s velkou pokrývností zahrnovala vzorky č. 111, č. 112, č. 113, č. 116. Jednalo se především o vzorky z koupelny a kuchyně.
- b) Skupina č. 2 s menší pokrývností zahrnovala vzorky č. 110, č. 114, č. 115, č. 118 představující především chodbu a pokoje.

Vývoj pokrývnosti s průběhem času znázorněný na grafech G2 a G3.



Graf G2: Vývoj nárůstu plochy pokrývnosti plísni skupiny 1



Graf G3: Vývoj nárůstu plochy pokryvnosti plísní skupiny 2

Plocha pokryvnosti narůstá exponenciální řadou vlivem množení spor a hyf. Ideální průběh křivky nárůstu plochy je ovlivněn kolísáním venkovní teploty, která ovlivňuje povrchovou teplotu stěny, nárůst venkovní teploty zpomaluje růst. U vzorků s rychlým nárůstem pokryvnosti byla prostorová relativní vlhkost vyšší než 70%.

Dále byla sledována rychlost růstu pokryvnosti u jednotlivých vzorků.

	chodba	obýv. pokoj	kuchyně	koupelna	pokoj 1	pokoj 2	kuchyně 2	kuchyně 4	jednotka
č. vzorku	č. 110	č. 111	č.112	č.113	č. 114	č. 115	č. 116	č. 118	
počáteční plocha	24,0	16,0	26,0	36,0	28,0	29,0	10,0	12,0	mm ²
konečná plocha	114,0	646,0	1208,0	1110,0	267,0	201,0	1780,0	294,0	mm ²
nárůst plochy	90,0	630,0	1182,0	1074,0	239,0	172,0	1770,0	282,0	mm ²
doba růstu	2856	2856	2856	2856	2856	2856	2856	2856	hod
rychlost růstu	0,032	0,221	0,414	0,376	0,084	0,060	0,620	0,099	mm ² /hod
rychlost růstu	0,756	5,294	9,933	9,025	2,008	1,445	14,874	2,370	mm ² /den

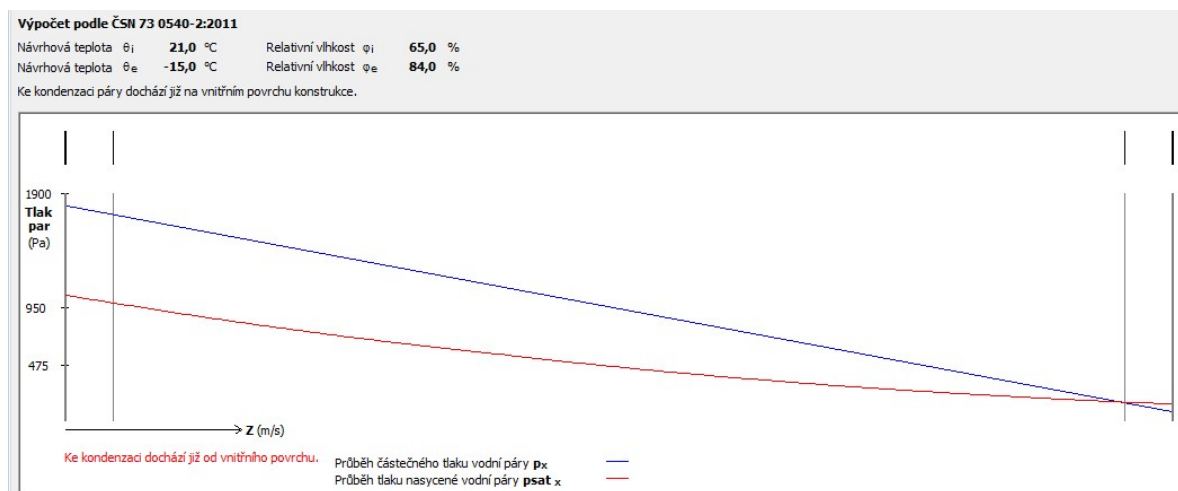
Tab. 10: Rychlost růstu pokryvnosti u jednotlivých vzorků

Nejrychlejší nárůst plísní byl v prostorách kuchyně a koupelny. Podstatným faktorem k růstu plísní byla vysoká vlhkost a teplota povrchu stěny pod rosným bodem.

Vzhledem k tomu, že vliv vnitřní teploty byl eliminován, lze konstatovat, že zvýšení relativní vlhkosti z 56% na 73 % a vysoká pravděpodobnost výskytu organických látek v prostoru vytvoří podmínky pro vyšší rychlost růstu pokrývnosti plísní až 20x – viz vzorek č. 110 a č. 116.

6.2. VÝSLEDKY OVĚŘENÍ KONDENZACE VLHKOSTI V KONSTRUKCI MODELOVÝM VÝPOČTEM

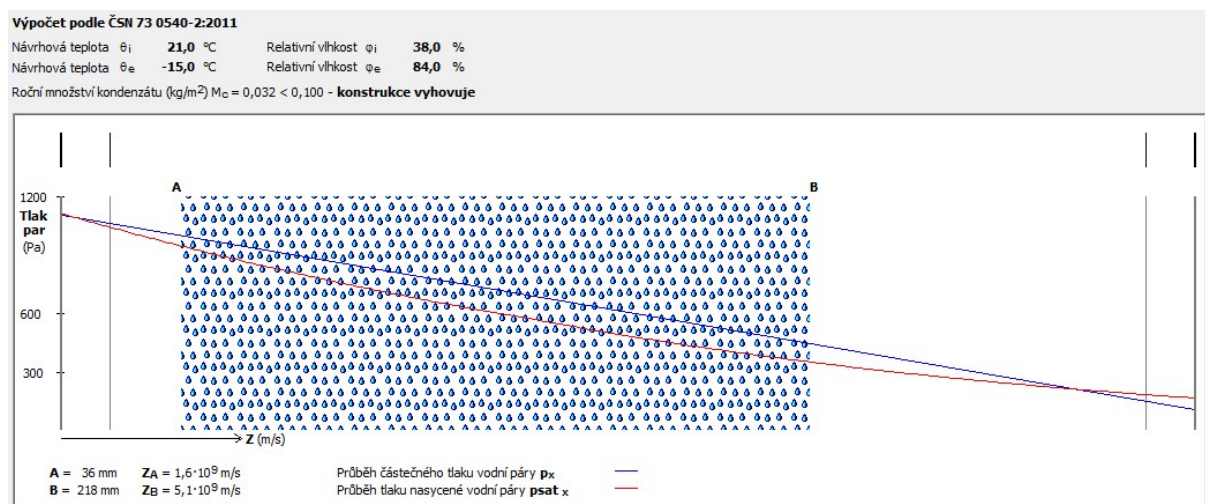
S pomocí výpočtového programu Protech verze 579 byla modelována kondenzace vodní páry na povrchu stěny z pálených cihelných bloků tloušťky 300mm z obou stran omítnuté vápennou omítkou 15mm. U konstrukce SO1 byla zvolena vnitřní relativní vlhkost 65%, vnitřní teplota 21°C a venkovní teplota -15°C. V tomto případě je povrchová teplota stěny 12,4°C, rosný bod 16,3°C, dochází na povrchu i uvnitř stěny ke kondenzaci vodní páry (obr. 26). Tím jsou vytvořené podmínky pro vznik plísní.



Obr.26: Konstrukce SO1 - Graf průběhu teploty tlaku vodní páry v cihelné stěně tl. 300mm při vnitřní relativní vlhkosti 65% (Brada 2016)

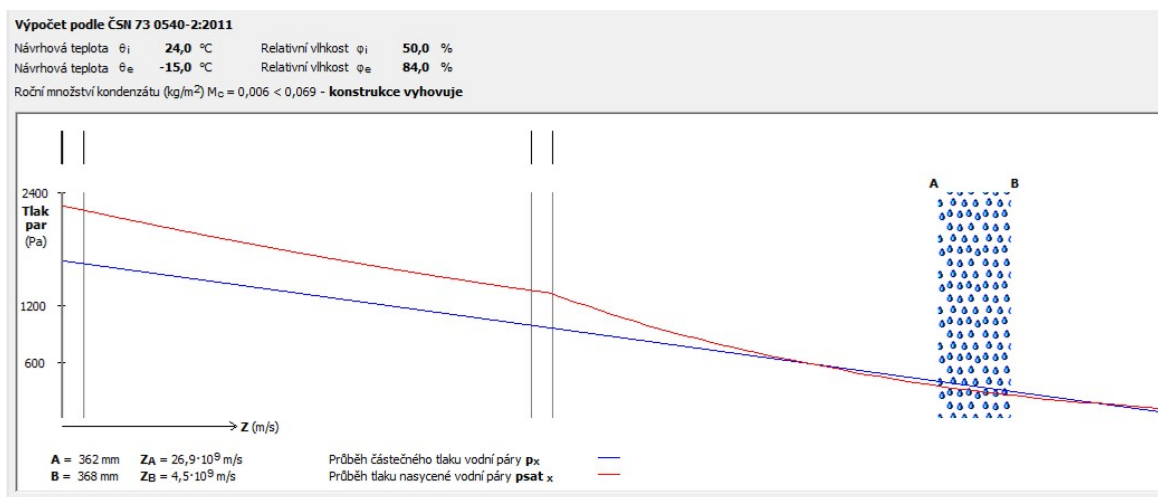
U konstrukce SO2 stejného složení byla zvolena vnitřní vlhkost jen 38% při stejné vnitřní i vnější teplotě (obr. 25). V tomto případě je povrchová teplota stěny 12,8°C, teplota rosného bodu 8,9°C, nedochází ke kondenzaci na povrchu stěny, ale kondenzace se posunula dovnitř stěny, kde jsou teploty pod rosným bodem. Na povrchu

stěny není přímá vlhkost a tím jsou omezené možnosti vniku plísní. Snížení relativní vlhkosti vnitřního prostoru je jedním z možných opatření k zamezení tvorby plísní. Toto snížení lze zajistit zvýšením vnitřní teploty prostředí, kdy nastává při zachování hmotnostního podílu x (kg/kg) vodní páry ve vlhkém vzduchu vzdálení teploty od rosného bodu dle Molierova diagramu pro vlhký vzduch.

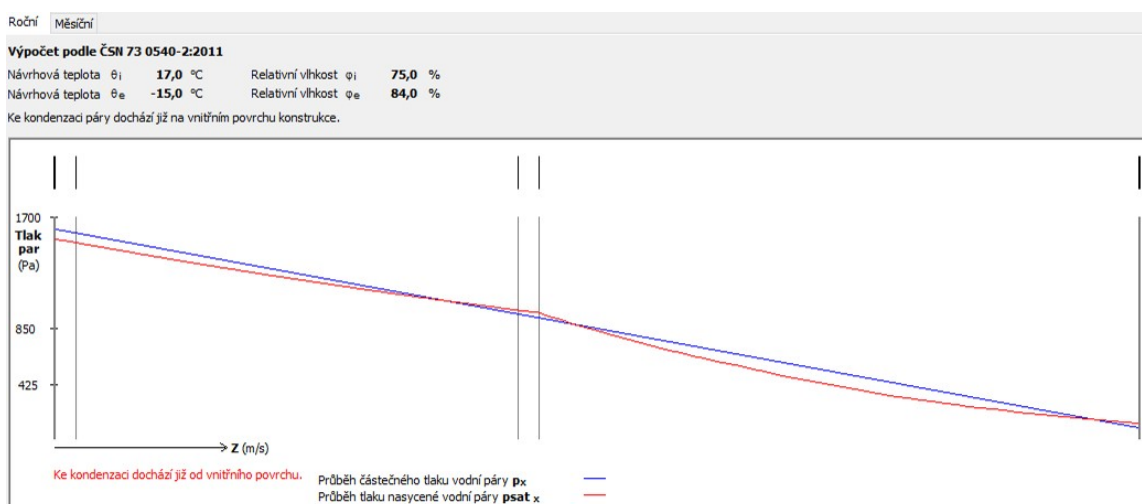


Obr. 27: Konstrukce SO2 Průběh tlaku vodní páry v cihelné stěně tl. 300mm při vnitřní relativní vlhkosti 38% (Brada 2016)

U konstrukce SO3 a SO4 s dodatečným zateplením tl. 50mm polystyrénem (EPS) byl modelován (obr. 28 - 29) průběh teplot a kondenzace vodní páry při zachování hmotnostního podílu na vnitřní straně stěny. Při zvýšení teploty vnitřního prostoru na 24°C se odstraní kondenzace na vnitřním povrchu, povrchová teplota stěny stoupne na 21,9°C a relativní vlhkost klesne na 50%, rosný bod je 15,3°C. Kondenzační vlhkost však postoupila dovnitř izolační vrstvy, kde je nenasákavá vrstva. Opačný stav může nastat při velkých nočních teplotních útlumech, znázorněno na modelové konstrukci SO4. Vlivem poklesu teploty v místnosti, dojde k snížení povrchové teploty konstrukce na vnitřním líci a kondenzaci vodní páry na chladné konstrukci. Cyklickým opakováním může nastat hromadění vlhkosti v konstrukci a tím vytvoření vhodného prostředí pro tvorbu plísní. Příklad změny relativní vlhkosti při snížení teploty z 24°C na 17°C je uveden v příloze P 3.



Obr.28: Konstrukce SO3 s dodatečným zateplením tl. 50mm graf průběhu tlaku vodní páry v cihelné stěně tl. 300mm při vnitřní relativní vlhkosti 50% (Brada 2016)



Obr.29: Konstrukce SO4 s dodatečným zateplením tl. 50mm graf průběhu tlaku vodní páry v cihelné stěně tl. 300mm při vnitřní relativní vlhkosti 75% (Brada 2016)

Zvýšením teploty vnitřního prostředí dojde k snížení relativní vlhkosti prostředí, zvýší se tzv. vzdálenost od rosného bodu. Tento způsob „vysoušení“ se prováděl v minulosti ve většině bytových a panelových domů, kdy v dobách levné tepelné energie se prostory vytápěly na podstatně vyšší teploty, než stanovuje ČSN 730540 a ČSN EN 12831. Při současných cenách energie nelze takto systematicky eliminovat

špatné tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí. Zvýšení vytápění spojené se zvýšeným větráním je nouzovým řešením při různých haváriích (např. vytopení bytů prasklým potrubím, stavy po povodních, apod.), vyvolává však větší spotřebu primárních energií s následnou vyšší produkcí emisí škodlivin (SO_2 , NO_x , CO) do ovzduší a vyšší produkcí CO_2 . (ČSN 730540-2, 2011), ČSN 730540-3, 2005, ČSN 730540-4, 2005, ČSN 730548, 1985).

6.3. VLIV VLHKOSTI NA TEPELNĚ IZOLAČNÍ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

K negativním účinkům vlhkosti ve zdivu patří zvýšení tepelné vodivosti zdiva, tj. zhoršení jeho tepelně izolační funkce. Cihelné bloky s objemovou hmotností $1\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ mají v suchém stavu součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,83\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a při hmotnostní vlhkosti 10% se součinitel teplotní vodivosti λ zvyšuje na $1,3\text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Cihelné zdivo s vlhkostí nad 10% vykazuje asi padesátiprocentní tepelně izolační vlastnosti. (Beksa, 2016)

Pokud kondenzace uvnitř materiálu (viz obr. 27. konstrukce SO4 v kap. 8.1.) je dlouhodobá, pak dojde k navlhnutí zdiva, zvýšení součinitele prostupu tepla a neplatí průběh teplot a kondenzace dle obr. 26 vypočtené pro suché zdivo. Stejný případ jako u konstrukce SO4 s započtením 10% vlhkosti cihelného zdiva a tím zhoršení teplotní vodivosti λ na úroveň $1,3\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Ve vlhké cihelné stěně tl. 300mm s 50% vlhkostí zdiva při teplotě prostředí na 21°C , dochází ke kondenzaci již na hranici omítky. Stejný efekt zhoršení tepelně izolačních vlastností jako kondenzace vodní páry ve zdivu způsobí vztlínající vlhkost, srážková voda zatékající do zdiva a další příčiny vlhkosti ve zdivu.

Z hlediska vlhkosti stavebních konstrukcí se rozlišuje **vlhkost nízká do 5%** vlhkosti, **zvýšená do 7,5%** vlhkosti, **vysoká do 10%** vlhkosti a velmi vysoká s vlhkostí nad 10% Technologická vlhkost zabudovaná při výstavbě postupně klesá, ale k úplné stabilizaci, například u betonů, dochází až po letech. **Dočasná vlhkost by měla být maximálně na hranici zvýšené, to je do 7,5% u zděných konstrukcí a následně při běžném provozu do hranice nízké (5%).** Reálné stavební konstrukce vždy obsahují

vlhkost, **nelze předpokládat absolutní suchý stav**, pro který jsou uváděny hodnoty tepelné vodivosti **v katalogových materiálech** jednotlivých výrobců. U běžných keramických a betonových konstrukcí se vlhkost pohybuje na úrovni 2%. S tímto faktem je nutné počítat již při návrhu stavby, do výpočtů tepelně izolačních vlastností zahrnou vliv běžné vlhkosti a tím předcházet možnosti vzniku plísní.

7. DISKUSE – INTERAKCE ČLOVĚKA A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V OBYTNÝCH STAVBÁCH

Předcházení a zabránění vzniku plísní v obytných budovách lze zajistit v mnoha fázích vzniku a provozování stavby. Ovlivnění budoucího možného výskytu plísní probíhá v těchto fázích:

- a) návrh stavby a projektové řešení
- b) realizace stavby
- c) způsob uvedení do provozu stavby
- d) provozování stavby

Jednotlivé fáze se navzájem ovlivňují. Procesy v nich probíhající byly znázorněny ve vývojovém diagramu uvedeném pro svoji rozsáhlost v příloze P4. Dílčí procesy v komplexu vazeb byly označeny čísly pro jednoznačnost popisu procesů. Tento popis je dále uveden v rámci diskuse problematiky tvorby plísní v obytných stavebách z anorganického zdiva, jednotlivé popisované vazby z diagramu přílohy P4 jsou dále v textu zvýrazněny.

7.1. MECHANISMUS INTERAKCE DETERMINOVANÉ BIOLOGICKÝMI PROJEVY PLÍSNÍ A NÁSLEDNOU ODEZVOU OBYVATELŮ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ UVNITŘ BYTOVÝCH STAVEB

Při návrhu stavby je potřebné správně navrhnout všechny potřebné užité plochy, aby budoucí užívání nezpůsobovalo z důvodů absence potřebné místnosti či plochy nadměrnou vlhkost či jinou příčinu vzniku plísní. Příloha č. 4 **bod 1. – 10.** Negativním příkladem jsou současné bytové domy včetně panelových, které zahrnovaly

ve svém původním návrhu prádelny a sušárny ve společných prostorách domu. Takový návrh odpovídal zvyklostem bydlení v době návrhu stavby. Nový moderní způsob bydlení s využíváním automatických praček a přechod na průběžné praní v každém bytě způsobil, že se v bytech sociální zařízení využívá jako prádelna a sušárna s následným vznikem vysoké vlhkosti. Příloha č. 4 **bod 11.1. – 16.** V návrhu těchto staveb nebylo počítáno s odvodem takto vzniklé vlhkosti v bytech, proto následně mimo jiné i z této příčiny dochází k vzniku plísní. Při návrhu stavby je proto potřebné navrhnout všechny potřebné prostory s dostatečnou dlouhodobou perspektivou pro požadovaný účel stavby a zajistit odpovídající zabezpečení odvodu přebytečné vlhkosti mimo objekt. Příloha č.4 **bod 16. – 22.**

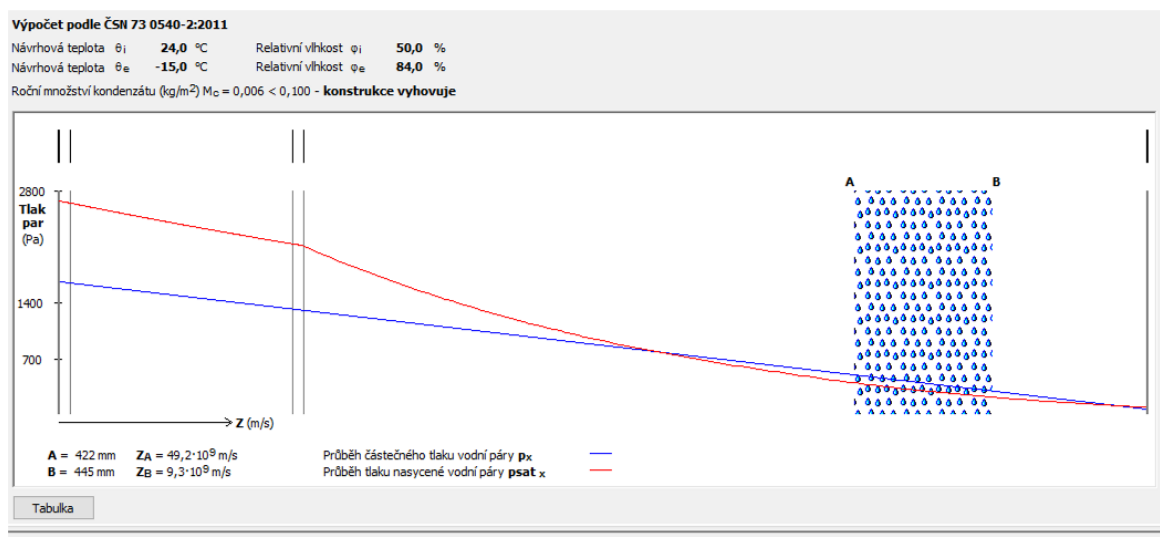
Při projektování stavby je nutné vždy dodržet legislativních podmínek včetně ČSN (je podmínkou pro vydání stavebního povolení). Současné požadavky stanovené ČSN 73 0540 na tepelně technické vlastnosti jsou poměrně přísné. Hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé druhy konstrukcí stavby jsou následující:

součinitel prostupu tepla U	požadovaná hodnota [W/(m².K)]	doporučená hodnota [W/(m².K)]
venkovní stěny lehké	0,30	0,20
venkovní stěny těžké (zděné)	0,30	0,25
ploché střechy	0,24	0,16
podlahy na terénu	0,45	0,30
strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,20
Okna ve vnější stěně	1,50	1,20
Dveře vnější	1,70	1,20

Tab. 11: Součinitele prostupu tepla dle (ČSN 730540-2, 2011)

Tyto přísné hodnoty zajišťují tepelnou ochranu jen za určitých podmínek, vyšší jistotu dávají doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla. Při jejich splnění je povrchová teplota zpravidla vysoko nad rosným bodem. Budeme – li se dále držet

modelového příkladu z kap. 8.1 cihelné stěny 300mm, pak její zateplení na současné požadavky ČSN 73 0540 představuje zateplovací vnější vrstvu polystyrénu 140mm (obr. 30). Při vnitřní teplotě 24°C a běžné relativní vlhkosti 50% je teplota povrchu stěny 23,6°C, rosný bod 15,3°C. Rozdíl teploty povrchu stěny a prostředí zamezí podmínkám pro vnik plísní.



Obr.30: Graf průběhu teploty a tlaku vodní páry v zateplené cihelné stěně tl. 300mm na požadovanou hodnotu ČSN 73 0540 při teplotě prostředí na 24°C a relativní vlhkosti 50%, kondenzace je mimo zdivo na vnější straně nenasákavého polystyrénu (Brada 2016)

Pokud se ale stejná zateplená stěna splňující požadavek normy použije pro místnost či prostor s relativní vlhkostí nad 90%, tj. např. pro bazény, koupelny, kuchyně, pak na povrchu stěny dojde ke kondenzaci v důsledku vyšší teploty rosného bodu 24,1°C než je povrch konstrukce 23,6°C. V těchto případech, kdy jsou zvýšené vnitřní zdroje vlhkosti (viz tab. 5) je nutné v projektu řešit odvod vlhkosti a udržování relativní vlhkosti v potřebné předepsané míře. Negativní případy nastanou, pokud se v projektu nevěnuje dostatečná pozornost technickému zařízení odvádějící nadměrnou vlhkost ve všech provozních stavech projektované stavby - Příloha č. 4 **bod 12.1**. Zde není rozdíl mezi novou či rekonstruovanou stavbou, pouze se v projektu musí zajistit odpovídající řešení formou vzduchotechniky, odlučovačů vlhkosti, řízeného větrání apod. Příloha č. 4 bod 16.-22. (Beksa, 2016)

V projektu se musí provést výpočty součinitelů prostupu tepla provádět pro reálné materiály s obsahem běžné vlhkosti do 5%, výrobci materiálů uvádí hodnoty většinou pro suchý stav - Příloha č. 4 **bod 8**.

Dále je v projektu nutné zkontrolovat chování konstrukcí při různých teplotních režimech, které mohou nastat v běžném provozu stavby při využívání regulace vytápění a větrání. Pro úsporu energií i tepelnou pohodu se běžně realizují ve vytápění regulované noční útlumy. Pokud se provede obvyklý útlum v budově z průměrných 20°C na 17°C, pak v koupelnách, ordinacích a dalších prostorách v budově vytápěných místnostech na vyšší než průměrné teploty dochází k nočnímu poklesu teploty $\Delta t = 7\text{K}$, popř. i více. V místnostech se ale zachovává absolutní hmotnost vodní páry ve vzduchu a při poklesu teploty se zvyšuje relativní vlhkost. Při uvedené regulaci z 24°C na 17°C se zvyšuje relativní vlhkost z 50% na 75%. Podrobněji je tento posuv relativní vlhkosti znázorněn v příloze č. 3 Mollierův diagram - rosný bod. Toto zvýšení vlhkosti probíhá cyklicky zpravidla každý den. V místech tepelných mostů může docházet ke kondenzaci, která se cyklicky opakuje, a po delší době se v těchto místech mohou začít vyskytovat plísně. V projektu je potřeba provést ověření vlivu teplotní regulace na možnou kondenzaci vodní páry v místech s nejmenším součinitelem prostupu tepla.

V projektu jsou navrhovány různé uzavřené prostory, vestavěné skříně, apod. U vestavěných skříní může vlivem uložených vlhkých věcí dojít k místní zvýšené vlhkosti a následné kondenzaci na povrchu ploch. Častější opakování těchto stavů způsobí výskyt plísní, zvláště, jsou-li v prostoru přechovávány či skladovány organické látky včetně textilií. Příklad důsledku takového řešení je na obr. 31. V projektu je proto potřeba dbát důsledně na odvětrání všech obytných prostor.

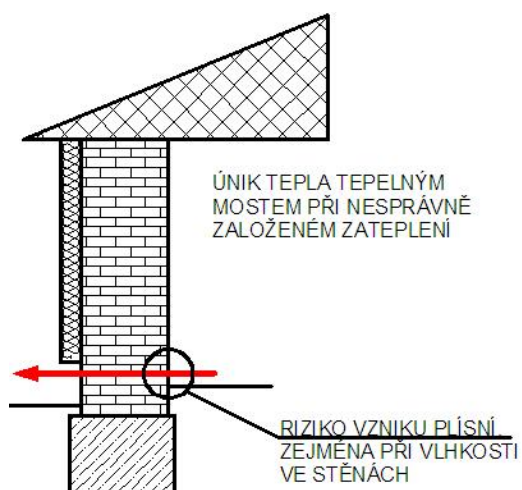


Obr. 31 Příklad plísní v důsledku nevětraného prostoru ve spojení se skladováním vlhkých organických materiálů (Brada 2016)

7.2. PROTIPLÍŠŇOVÉ FAKTORY PŘI REALIZACI STAVBY

Správná realizace stavby výrazně ovlivňuje pozdější možnost vzniku plísní. S ohledem na možnou tvorbu pozdějších plísní je potřeba dbát dodržení technologických postupů předepsaných výrobcí především při hydroizolacích, eliminaci tepelných mostů při aplikaci tepelné izolace střeš, zabudovávání technických instalací apod. Nedodržení projektovaných parametrů zařízení stavby a případné tzv. ekonomické úspory při stavbě šetřením na materiálech, vzduchotechnice, vytápění apod. se investorovi či majiteli může nevyplatit v podobě pozdějšího vzniku plísní.

Protože popisu technologických postupů provádění staveb se věnují mnohem podrobněji jiné práce, včetně dokumentů výrobců stavebních materiálů, uvádím dále několik příkladů vad při realizaci stavby, s kterými jsem se setkal při svých praxích a které mohou mít vliv na pozdější vznik plísní.



Obr. 32: Znázornění vady založení tepelné izolace při realizaci (Brada 2016)



Obr 33, 34: Vadný způsob napojení stěny z Porotherm cihelných bloků a překlady, místo není vyplněné zdivem v plné tloušťce, při doplnění jen maltou vzniká tepelný most (Brada 2015)



Obr 35, 36: Špatně provedené hydroizolace způsobují vlhkost stěn, promáčení zánovní palubovky, popř. betonové podlahy, plísně se již začínají tvořit (Brada 2015)

7.3. PROTIPLÍŠŇOVÉ FAKTORY PŘI UVEDENÍ STAVBY DO PROVOZU

Uvedení nové či rekonstruované stavby do provozu je s ohledem na tvorbu plísní zdánlivě bezvýznamné. Současný trend stavebních firem realizovat stavby co nejrychleji, může u klasických mokrých technologií způsobit, že při předání stavby je technologická vlhkost stavebních konstrukcí poměrně velká. Používání moderních výplní s velmi dobrou těsností snižuje výměnu vzduchu a tím i odvod odpařené vlhkosti ze zdiva. V případech předání stavby před zimním obdobím, kdy nový uživatel s cílem minimalizovat náklady na vytápění neaplikuje zvýšené větrání včetně mikroventilace, dochází k zvýšené vlhkosti prostředí i nad požadovanou hodnotu. Stavební konstrukce ovlivněné ještě zvýšenou technologickou vlhkostí mají snížené tepelně izolační vlastnosti a může docházet ke kondenzaci vodní páry na povrchu stěn a podlah. Příloha č. 4 **bod 10.**

Dalším faktorem předání stavby je tzv. zaškolení či poučení nového uživatele o správném používání obytných prostor. Dle údajů správců nemovitostí se předávají informace o užívání stavby jen asi v 5% případech. V praxi pak nastávají situace, že uživatelé obytných prostor neznají možnosti nastavení mikroventilace u oken, neznají

požadované teploty pro vytápění prostor, způsoby správného využívání (používání odsávání v kuchyních, apod.). Příloha č. 4 **bod 11. a 11.1.**

Při spojení více negativních faktorů pak velmi brzy, cca za 1 až 2 roky po zahájení provozu nové stavby, mohou vznikat plísně. Tato lhůta spadá zpravidla ještě do záručního období pro stavby a dochází k sporům, kdo zavinil vznik plísní u nové stavby.



Obr. 37, 38, 39: Nově rekonstruovaný obytný dům, použita kvalitní tepelně izolační okna s těsněním, není dodržena potřebná hygienická výměna vzduchu, sražená vlhkost způsobila vymývání malby až na podlahu (viz šipka), v koutě se sníženým větráním již plísně. (Brada 2015)

7.4. PROTIPLÍŠŇOVÉ FAKTORY PŘI PROVOZOVÁNÍ A ÚDRŽBĚ STAVBY

Kvalitní údržba a provozování stavby v souladu s projektovým určením je nutnou podmínkou pro zamezení vzniku plísní. Pokud ale z jakýchkoliv příčin dojde k tvorbě plísní v provozované stavbě, je nutné přistoupit k sanaci konstrukcí a odstranění plísní. Příloha č. 4 **bod 23.1.**

Stavby je potřebné provozovat v souladu s projektem. Obytné prostory jsou navrženy na určité užívání, k tomu je realizováno odpovídající technické zařízení. Uživatel obytných prostor svým chováním a využíváním technických zařízení silně ovlivňuje možnosti vzniku plísní.

Dle datových údajů (Jokl V. M., 2000) [11], jsou příklady provozních příčin tvorby plísní následující: Příloha č. 4 bod 11.1.

- pěstování tropických rostlin v obývacích místnostech, místnosti nejsou vybaveny větráním,
- využívání ložnice jako sušárny prádla,
- změna dětského pokoje na dílnu s pěstováním akvarijních ryb,
- vytápění bytu v bytovém domu jen do 15°C, v sousedním bytu vytápěném na 22°C dochází na příčkách sousedící s chladným bytem ke kondenzaci, neboť příčky nejsou tepelně izolační a jsou projektovány na stav dodržování vnitřních teplot dle ČSN 730540,
- nevyužívání větracích mechanismů včetně mikroventilace oken a dveří.

Následkem těchto příkladů se spustí celá kaskáda dějů. Příloha č. 4 bod 11.1.-25.1.

Čistota a zvýšená hygiena osobní, objektů i okolí je důležitou prevencí při provozování stavby. Potravinu jako možné zárodky plísní je třeba nenechávat odkryté, plesnivě ihned likvidovat, neboť spory jsou zárodek pro rozšíření i na stavební konstrukce. Předměty z přirozených materiálů – vlna, hedvábí, bavlna, dřevo, kůže – přijímají i zvýšenou vlhkost z prostředí a při nevhodném, nevětraném uskladnění ve skříních dochází nejen k zplsnivění těchto materiálů ale i k rozšíření na stavební konstrukce – viz obr.27.

Větrání a proudění vzduchu vysušuje a odstraňuje spory plísní z vnitřního prostředí objektů. Správné větrání a dodržování hygienické výměny vzduchu je proto nezbytnou podmínkou provozu. Tento požadavek často uživatelé nerespektují s odvoláváním se na úspory energie. Úspory energie však nelze realizovat na úkor hygieny obytného prostředí. (Beksa M. 2016) [7]

7.5. VLIV ÚDRŽBY NA TVORBU PLÍSNÍ

Údržba stavby má zásadní vliv na kvalitu využívání, na prevenci proti plísním a na udržení hodnoty stavby. Zanedbaná či nevhodně prováděná údržba výrazně přispívá i

k tvorbě plísní. Údržba stavby, která má zamezit vzniku plísní, koresponduje s příčinami vzniku plísní. Údržba musí zajistit např.:

- včasné odstraňování zatékání srážkové vody do konstrukcí,
- odstraňování netěsností potrubních vodovodních rozvodů, popř. preventivní výměna stárnoucích rozvodů,
- pravidelné malování, tím se odstraňuje s povrchů mikroskopický prach s organickými látkami (živinami pro plísně), v místech se zvýšeným nebezpečím tvorby plísní aplikace desinfekčních látek do malby, nebo na povrch před nátěrem.
- čištění filtrů vzduchotechniky a odsávání kuchyní,
- údržba nátěrů a těsnění oken a dveří, čištění rámu oken,
- pravidelnou kontrolu a údržbu střešních krytin.

7.6. ODSTRAŇOVÁNÍ PLÍSNÍ

Odstraňování plísní je vždy odstraňování důsledků některých vad dle rozboru příčin v předchozích kapitolách. Odstranění plísní je samozřejmě nutné, pokud se neodstraní příčina vzniku, je pravděpodobné opakování výskytu plísní s nutností jejich odstranění.

Nárůsty plísní na povrchu se likvidují vždy dezinfekčními přípravky - mokrou cestou (Paříková J. et Kučerová I., 2001) [20], nikdy ne smetáním, vysáváním (možnost dalšího šíření spor vzduchem). Při používání dezinfekčních přípravků je nutné respektovat návod k použití a bezpečnostní upozornění. Konečnou úpravu místností, tj. opravy, malování za použití preventivních přísad proti plísním, nátěry, nátěry provádíme až po vysušení, po odstranění plísní dezinfekcí a eventuálně až po celkové sanaci objektu.

Dezinfekční přípravky se používají indikovaně, tzn. když vznikne nebezpečí přenosu nákazy, v případě plísní nejen na jejich nárůsty na předmětech, stěnách, ale i při zvýšeném výskytu jejich spor ve vnitřním ovzduší objektů. Velikost znečištění vnitřního ovzduší spory plísní lze určit standardními mikrobiologickými metodami i za použití

přístrojů, které provádí hygienická služba. Dezinfekční přípravek na plísně musí obsahovat jednu z těchto chemických látek: (Paříková et Kučerová, 2001)

- aktivní chlor ve formě chlornanu či chloraminu, peroxosloučeniny (např. peroxid vodíku, peroxyoctová kyselina),
- alkoholy (nejlépe ethanol, butanol),
- kvarterní amoniové sloučeniny, aldehydy (formaldehyd, glutaraldehyd).

Pro zajištění účinnosti dezinfekčního zásahu, je nutno zvolit správný dezinfekční přípravek nejen podle obsahu chemické látky, ale i podle účinku na materiály: (Paříková et Kučerová, 2001) např. chlorové přípravky bělí, vytvářejí soli, které zvyšují vlhkost. Mokré materiály snižují doporučené účinné ředění. Peroxidy jsou silná oxidační činidla, rychle reagují, mohou poškozovat materiály. Kvarterní amoniové sloučeniny snižují povrchové napětí, umožňují snadný průnik i jiných účinných látek, jsou nesnadno biologicky odbouratelné. Alkoholy jsou hořlavé látky a používají se pouze na malé plochy. Aldehydy jsou dráždivé, toxické, nedoporučuje se je používat na plošnou dezinfekci, jediné v případě, že ostatní přípravky nejsou účinné.

V praxi se doporučuje kombinovat různé přípravky i různé aplikační metody. Dezinfekce citlivých materiálů, ale i kovů, vyžaduje zvýšenou opatrnost při výběru dezinfekčních přípravků. V případě dezinfekce většího rozsahu nebo cenných objektů je vhodné si vyžádat od výrobce či distributora ověření neškodnosti přípravku na materiály a celou záležitost konzultovat s příslušnými odborníky. Pokud se jedná o dezinfekční zásah většího rozměru, je vhodné přivolat výkonnou firmu, která má osvědčení o odborné způsobilosti tyto práce provádět (dezinfekce a likvidace plísní). Příloha č. 4 **bod 23.1.**

Kritériem aplikační metody k použití dezinfekčního přípravku je rozsah a velikost nárůstu plísní a velikost kontaminace (znečištění) prostředí plísněmi. Na vyrostlé mycelium (nárůst) plísní na plochách a površích je vhodné otření nebo postřik (u malých předmětů i ponoření). (Paříková et Kučerová, 2001)

Otření se provádí tkaninou namočenou do dezinfekčního přípravku nebo štětkou. Tkaniny po použití vložíme do igelitového sáčku a vyhodíme do odpadu. Štětky se propláchnou v novém roztoku dezinfekčního přípravku a po konečném oplachu vodou usušíme. Postřik se provádí ručními mechanickými rozprašovači či strojním zařízením vždy v bezprostřední blízkosti nárůstu (cca 5cm nad nárůstem). Rozsáhlé nárůsty je možné překrýt jemnou tkaninou (přípevnit gázu, mul) namočenou v dezinfekčním přípravku a přes tyto tkaniny provádět postřik (zabránění šíření spor plísní do ovzduší).

Vzhledem k složitosti a široké škále přípravků proti plísním, není toto téma zpracováno. Toto téma je třeba řešit v samostatné práci.

Po odstranění plísní desinfekcí je potřeba obnovit malby a omítky. V případech silného poškození a prorůstání plísní do hloubky omítky a zdiva je nutné odstranit napadenou omítku a nahradit novou. U malby je možné jako náhrada protiplísňových látek použít vápno, které má rovněž desinfekční účinky. Při rekonstrukčních pracích vzniká stavební odpad a odpad po chemických prostředcích určených k dezinfekci. Nakládání s odpady se řídí zákonem č.185/2001 Sb. Dále během rekonstrukčních prací a následujícím vysoušení staveb vznikají požadavky zvýšeného větrání a tím i vyšší dodávky tepelné energie. Zvýšený požadavek na energie dle zákona 383/2012 Sb. se promítne do životního prostředí vyšší spotřebou paliv a následně dodatečným znečištěním ovzduší.

8. SOUHRN POSTUPŮ PRO ZAMEZENÍ TVORBY PLÍSNÍ

Možná tvorba plísní v pozemních obytných stavbách z keramických a betonových konstrukcí je ovlivněna v řadě fází přípravy, realizace a provozování staveb. Dle provedeného rozboru příčin lze shrnout, co je potřebné v jednotlivých uvedených fázích provést, neopomenout, zajistit a tím zamezit vzniku plísní popř. minimalizovat riziko jejich vzniku a tím i druhotné zátěže na životní prostředí.

- dodržení projektovaných parametrů Příloha č. 4 bod 2.

D. Předání stavby do provozu

- zaučení a informovanost uživatele o správném užívání stavby
Příloha č. 4 bod 11.
- předání suché stavby s minimální technologickou vlhkostí
Příloha č. 4 bod 10.

E. Provozování stavby

- užívání stavby v souladu s návrhem a projektem
- dodržení teplotních režimů stavby Příloha č. 4 bod 1. a 11.
- pravidelné opravy malby stěn Příloha č. 4 bod 12. a 5.
- pravidelné čištění obkladů, podlah, vzduchotechniky
- dodržování čistoty prostředí staveb Příloha č. 4 bod 12.
- dodržování hygienického větrání a další ventilace dle projektu
Příloha č. 4 bod 11. a 12.
- pravidelná preventivní údržba hydroizolací a dalších konstrukcí proti zatékání srážkové vody Příloha č. 4 bod 5.
- pravidelná údržba potrubních rozvodů k zamezení nežádoucích výtoků vody do stavebních konstrukcí Příloha č. 4 bod 5. a 12.
- včasná rychlá likvidace zárodků plísní na potravinách a dalších organických materiálech. Příloha č. 4 bod 18.

F. Při nedostatku, pochybení ve fázích A. – E. vzniká interakce která vyvolá dopady na životní prostředí.

- rozvoj plísní (mikromycet) vyvoláno kombinací dostupného tepla, živin a vlhka Příloha č. 4 bod 16. a 17.1.
- dopad na lidské zdraví působením metabolitů plísní
Příloha č. 4 bod 20. a 21.

- zvýšený požadavek na vytápění a výměnu vzduchu (větrání, vysoušení postižených konstrukcí) Příloha č. 4 bod 22. a 23.
- vyšší spotřeba paliv Příloha č. 4 bod 24.
- produkce odpadů vyvolaných opravami a léčbou
 - stavební odpad
 - obalové materiály po stavebních hmotách a chemickém ošetření Příloha č. 4 bod 23.2.
 - obalové materiály po léčivech Příloha č. 4 bod 20.1.
- dodatečné a zbytečné znečištění ovzduší
 - zvýšená produkce Nox, COx Příloha č. 4 bod 25.
- ekonomické dopady vyvolané poškozením životního prostředí Příloha č. 4 bod 20. a 20.1.
- ekonomické dopady Příloha č. 4 bod 20.1. a 23.1. a 24.1. a 25.1.

9. ZÁVĚR

Interakce člověka a životního prostředí v prostorách obytných staveb z anorganického zdiva je značně široká mezioborová problematika zahrnující stavební, termomechanické, chemické, biologické a ekologické aspekty. Popsat uceleně a kompletně celou šíři tématu v jedné práci není možné, problematikou plísni se zabývají týmy vědeckých pracovníků, o čemž svědčí početná literatura k tomuto tématu. V této diplomové práci jsem se zaměřil na vznik plísni v obytných pozemních stavbách z anorganických materiálů vlivem interakce člověka a životního prostředí. S využitím specializované literatury popisují alespoň některé důležité hlavní příčiny a aspekty vzniku plísni v jednotlivých fázích v obytných budovách z anorganických materiálů. Vznik stavby, její využívání a následná interakce způsobená stavebními vadami, nesprávným užíváním stavby s ohledem na navrhovaný stav a skutečný režim provozu má značný dopad na životní prostředí, aniž je to patrné v jednotlivých fázích vzniku a provozu budovu. Provedl jsem modelové měření rychlostí šíření plísni v konkrétních podmínkách budovy, kdy bylo zjištěno, že u rodu *Penicillium* dojde při zvýšení relativní vlhkosti z 56% na 73% k zvýšení rychlosti růstu pokrývnosti 20krát. Pomocí ověřovacích modelových výpočtů, rozborů referenčních stěrů z postižených míst na konstrukcích jsem uvedl příklady vzniku a šíření plísni. Samotný vznik plísni v obytných stavbách, který vyvolá interakční řetězec, je již „havarijním stavem“ pro životní prostředí, kterému lze předcházet. Protože zapříčinění vhodných podmínek pro vznik plísni se může odehrávat dávno před tímto havarijním stavem pro životní prostředí, bylo vytvořeno celkové schéma interakcí jednotlivých fází tzv. života stavby na možnou tvorbu plísni v nich. Při komplexní znalosti nebezpečí vzniku plísni ve všech oborech podílející se na vzniku a provozování obytné stavby se v konečném důsledku zajistí ochrana životního prostředí, jehož kvalita zpětně významně ovlivňuje kvalitu života člověka v obytných stavbách. Tuto vzájemnou interakci člověka a životního prostředí je potřeba zahrnout do všech činností od návrhu a projektu obytné stavby až po provozování, kde je potřeba změnit myšlení jednotlivých profesí i uživatelů stavby s cílem ochrany životního prostředí a zachování jeho vysoké kvality.

V práci jsem popsal problémové situace, které vedou ke vzniku plísní, a zpracoval celkové schéma interakčních vazeb člověka a životního prostředí, při jejichž znalosti možných situací lze předcházet vzniku nežádoucích plísní a tím plísně eliminovat. Eliminací nežádoucích projevů plísní lze dosáhnout značné úspory finančních prostředků a životního prostředí, které není zbytečně zatěžováno především druhotnými odpady lidské činnosti, zvýšenými emisemi při spotřebě energie, apod.

Samotná diplomová práce nezajistí zamezení vzniku plísní v obytných stavbách. Pokud však při návrhu, projektování, realizaci či provozování stavby bude souhrn informací o příčinách a podmínkách vzniku plísní napomáhat všem zúčastněným osobám uvědomit si úskalí, rizika, možnosti zapříčinění podmínek nežádoucího vzniku plísní, pak práce přispěje k ochraně životního prostředí a splnila svůj cíl přispět k zlepšení interakce člověka a životního prostředí v obytných budovách z anorganických materiálů.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Crous P. W., Verkley G. J.M., Groenewald J. Z & Samson R. A.(2009): Fungal Biodiversity. – CBS – KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands, 269 pp.
- Český normalizační institut (2005): ČSN 73 0540-1 - Tepelná ochrana budov. – Část 1: Terminologie.
- Český normalizační institut (2011): ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov. – Část 2: Požadavky.
- Český normalizační institut (2005): ČSN 73 0540-3 - Tepelná ochrana budov. – Část 3: Návrhové hodnoty veličin.
- Český normalizační institut (2005): ČSN 73 0540-4 - Tepelná ochrana budov. – Část 4: Výpočtové metody.
- Československá státní norma (1985): ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů
- Beksa M. (2016): Vlhkost stavebních konstrukcí, 1.díl, <http://projektovani.top-design.cz/clanky/7-vlhkost-stavebnich-konstrukci-i-dil.html> (26.3.2016)
- Bukovský L.et Paříková J. (2002): Plísně ve stavbách a jejich sanace. – DOS T 5.01. Informační centrum ČKAIT, Praha, 12 s.
- Crous P.W., Verkley G.J.M., Groenewald J.Z.et Samson R.A. (2009) – Fungal Biodiversity . – CBS- KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands, 249pp.
- Dugan F. M. (2008): The Identification of Fungi.–The American Phytopathological Society, 176pp.
- Jokl V. M. (2000): Vlhkost vzduchu v interiéru budov. – DOS T3.34. IC ČKAIT, Praha. 6 s.
- Kalčík J., Sýkora K. (1973): Technická termomechanika, Academia, Praha, 563pp.

- Kalina T. et Váňa J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii – Univerzita Karlova, Praha, 606pp.
- Klánová K. (2000): Vliv mikroorganismů na kvalitu vnitřního prostředí. – DOS T3.33, IC ČKAIT, Praha. 6 pp.
- Klánová K. (2013): Plísň v domě a bytě: Odstraňování a prevence. - Grada Publishing s. r. o., Praha, 104pp.
- Malíř F., Ostrý V., Bárta I., Buchta V., Dvořáková I., Paříková J., Severa J. et Škarková J., (2003): Vlákňité mikromycety (Plísň), mykotoxiny a zdraví člověka, Mikada, Kolonie 448, 679 04 Adamov, 349 pp.
- Paříková J. (2002): Zásady při odstraňování plísni z objektů po záplavách. – Zprávy Centra epidemiologie a mikrobiologie 11(8): 338–340.
- Paříková J., Lajčíková A.: Základní zásady při odstraňování plísni z objektů po záplavách – <http://www.tzb-info.cz/1366-zakladni-zasady-pri-odstranovani-plisni-z-objektu-po-zaplavach> (2014.07.12)
- Paříková J., Ostrý V., Váňová M., Orlita A, Zelenková J.(1999):.Metodický postup dezinfekce mikroskopických hub v pracovním a životním prostředí člověka. – AHEM, příloha č. 2, SZÚ, Praha, 13pp.
- Paříková J. et Kučerová I.(2001): Jak likvidovat plísň. – Grada Publishing s. r. o., Praha, 104s.
- Ražnjičević K. (1969): Tepelné tabulky a diagramy. – ALFA, Bratislava, 339s.
- Rieger M. et A Kubátová (1996): Alergologicky významné mikromycety v našem životním prostředí. – Sborník Alergie – Aeroplankon – Zelen, MŽP ČR, Praha, 59. – 69.
- Rubinová O.et Rubina A.(2011): 100+1 Příklad z techniky prostředí, spec. publikace, Tribun EU, Brno, 167s.
- Seifert K. A., Morgan G., Gams J. W. et Kendrick B. (2011): The Genera of Hyphomycetes.–CBS–KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands, 997 pp.

- Wasserbauer R.(2000): Biologické znehodnocení staveb – Nakladatelství ARCH, 280 pp.
- Webster J. et Weber R.(2007): Introduction to Fungi.– Cambridge University Press, 841 pp.
- Ulloa M.et Hanlin R. T.(2000): Illustrated Dictionary of Mycology.–The American Phytopathological Society, 762 pp.
- Zkušební laboratoř Ústavu biochemie a mikrobiologie č. 1316.3 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025 (2016)
- https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/images/moisissures/Aureobasidium_pullulans_3.jpg (2016.03.26)
- <http://www.bing.com/images/search?q=Stemphylium&view=detailv2&id=BE3F7DF025381C5FC8B11145FB559F896602B81E&selectedindex=48&ccid=aVXJ2iqi&simid=608028951848616827&thid=OIP.M6955c9da2aa2ddadac24351d6a452776o0&mode=overlay&first=1> (2016.03.26)
- Zdravotní medicína - Postgraduální medicína – zdraví Euro - Archiv - Postgraduální medicína – PM5/2004 – Aero alergeny a alergie, online: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/aero-alergeny-a-alergie-163574> (2016.03.26)
- <http://projektovani.top-design.cz/clanky/7-vlhkost-stavebnich-konstrukci-i-dil.html> (2016.03.26)
- <http://projektovani.top-design.cz/clanky/8-vlhkost-stavebnich-konstrukci-ii-dil.html> (2016.03.26)
- <http://projektovani.top-design.cz/clanky/9-vlhkost-stavebnich-konstrukci-iii-dil.html> (2016.03.26)

11. PŘÍLOHY

P1-1 Plochy pokryvnosti plísní - data.

P1-2 Denní venkovní teplota v sledovaném období

P1-3 Protokol o analýze č. 110 – 118

P2 – Výsledky modelových výpočtů SO1-SO6

P3- Mollierův diagram - i - x pro vlhký vzduch – příklad posunu relativní vlhkosti 50% ($\varphi=0.5$) při teplotním útlumu z 24°C na 17°C

P4 - Schéma vlhkosti ve stavebách a jejich dopad na životní prostředí