



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

# PROBLEMATIKA BIOTICKÉHO NAPADNUTÍ ETICS

THE ISSUE OF BIOTIC ATTACK OF ETICS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Adéla Těžká

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. NIKOL ŽIŽKOVÁ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Adéla Těžká
<b>Název</b>	Problematika biotického napadnutí ETICS
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Barberousse, H. et al. An assessment of facade coatings against colonisation by aerial algae and cyanobacteria, *Building and Environment*, Vol. 42, 2007, p. 2555–2561.

Wasserbauer, R. Biologické znehodnocení staveb, 1. vydání. Praha: Nakladatelství ARCH, 2000, ISBN 80-86165-30-2.

Ryparová, P., Wasserbauer, R., Rácová, Z. The cause of occurrence of microorganisms in Civil Engineering and the dangers associated with their growth, *Procedia Engineering*, Vol. 151, 2016, p. 300–305.

ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS), 2017.

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, 2011.

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005.

Další příslušné technické normy a odborná literatura.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Zateplování budov kontaktním zateplovacím systémem ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) se stalo díky zvyšujícím se požadavkům na tepelnou ochranu budov běžně používanou technologií, která je mimo jiné podporována také dotačními programy MŽP ČR. Přestože se jedná o hojně využívanou technologii, stále se chybuje při návrhu i samotném provádění ETICS. Jedním z aktuálně řešených problémů ve stavební praxi je biotické napadení fasád zateplených objektů, které bude předmětem této BP. Tato práce bude zpracována ve spolupráci s firmou STAVEBNINY DEK.

V práci proveďte:

1. Charakterizujte jednotlivé složky ETICS.
2. Za použití tuzemské a zahraniční odborné literatury zpracujte rešerši zaměřenou na biotické napadení fasád, pozornost zaměřte na objekty zateplené pomocí ETICS.
3. Popište podmínky a faktory umožňující biotické napadení fasád.
4. Zpracujte přehled možností testování odolnosti povrchové úpravy ETICS vůči biotickému napadení.
5. Navrhněte metodiku zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení, a to jak v laboratorních podmínkách, tak v exteriéru.

Rozsah práce cca 50 stran včetně příloh.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou biotického napadení kontaktních zateplovacích systému ETICS. Teoretická část je zaměřena na jednotlivé složky ETICS a to jak z pohledu materiálů, tak i z pohledu provedení jednotlivých kroků. Dále jsou zde uvedeny organismy, které způsobují biotické napadení fasád. Praktická část zpracovává přehled možností testování odolnosti povrchové úpravy ETICS vůči biotickému napadení, a to jak v laboratorních podmínkách, tak v exteriéru.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Fasáda, zateplení, biotické napadení, ETICS, odolnost ETICS, plíseň, řasy, mechy, lišejníky, napadení fasád

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the issue of biotic attack of ETICS contact insulation systems. The theoretical part is focused on the individual components of ETICS, both from the point of view of materials and from the point of view of individual steps. In addition, there are organisms that cause biotic attack on facades. The practical part deals with the possibilities of testing the resistance of the surface treatment of ETICS against biotic attack, both in laboratory conditions and in the exterior.

## **KEYWORDS**

Facade, thermal insulation, biotic attack, ETICS, ETICS resistance, mold, algae, moss, lichen, facade attack

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Adéla Těžká *Problematika biotického napadnutí ETICS*. Brno, 2018. 83 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Nikol Žižková, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 05. 2018

.....

podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Nikol Žižkové, Ph.D. za odborné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Dále mé poděkování patří Ing. Antonínu Žákovi, Ph.D. za spolupráci při získávání údajů a podkladů k vypracování této práce. V neposlední řadě bych ráda poděkovala RNDr. Antonínu Těžkému, CSc. za korekci této bakalářské práce a čas strávený nad mým dosavadním vzděláním.

# Obsah

<b>I. Teoretická část</b> .....	11
1 Úvod .....	11
Cíl práce.....	12
2 Kontaktní zateplovací systém ETICS .....	12
2.1 Vývoj ETICS .....	12
2.2 Jak postupovat při volbě zateplovacího systému a výběru dodavatele .....	12
2.3 Jednotlivé složky ETICS .....	13
2.3.1 Lepicí a stěrková hmota.....	14
2.3.2 Mechanické kotvící prvky .....	14
2.3.3 Tepelně izolační materiál.....	16
2.3.3.1 Desky a rohože z minerální vlny .....	17
2.3.3.2 Pěnové polystyreny .....	18
2.3.3.4 Fenolická pěna .....	20
2.3.4 Základní výztužná vrstva.....	21
2.3.5 Konečná povrchová vrstva .....	22
2.4 Postup provádění systému ETICS .....	26
2.4.1 Provádění.....	26
2.4.2 Kompletní projektová i stavební dokumentace .....	27
2.4.3 Důkladná příprava podkladního materiálu .....	27
2.4.4 Lepení jednotlivých desek tepelné izolace .....	28
2.4.5 Kotvení izolantu .....	31
2.4.6 Příprava podkladu pod základní vrstvu .....	33
2.4.7 Provedení základní vrstvy .....	34
2.4.8 Příprava podkladu pro povrchovou úpravu .....	35
2.4.9 Provedení konečné povrchové úpravy.....	35
2.5 Požární bezpečnost při zateplování .....	36
2.6 Výhody zateplování stavebních konstrukcí systémem ETICS.....	37
2.6.1 Snižování tepelných ztrát .....	37
2.6.2 Zabránění teplotních změn .....	37
2.6.3 Životnost fasády a nosné konstrukce.....	37
2.6.4 Zlepšení mechanických vlastností .....	38
2.6.5 Zlepšení estetických vlastností, ochranná funkce povětrnostním vlivům .....	38
2.7 Nevýhody zateplování stavebních konstrukcí systémem ETICS .....	38
3 Biotické napadení staveb .....	39
3.1 Biologická koroze staveb.....	40



4 Biotické napadení systém ETICS .....	44
4.1 Houby .....	45
4.1.1 Plísně .....	46
4.1.1.1 Plísně na fasádách.....	47
4.1.1.2 Možná příčina vzniku plísní na fasádě .....	48
4.3 Řasy .....	51
4.3.1 Řasy na fasádách .....	52
4.4 Mechy .....	53
4.4.1 Mechy na fasádách .....	54
4.5 Lišejníky .....	55
4.5.1 Lišejníky na fasádách .....	56
5 Ochrana a správný výběr vhodných přípravků.....	57
5.1 Biocidní přípravky .....	57
6 Údržba a sanace ETICS .....	60
6.1 Údržba ETICS .....	60
6.2 Sanace ETICS.....	61
<b>II. Praktická část .....</b>	<b>63</b>
8 Zkušební vzorky .....	63
8.1 Rozměry zkušebních vzorků .....	63
8.2 Použité materiály jednotlivých vrstev .....	64
8.3 Počet vzorků .....	65
9 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci .....	65
10 Optimální podmínky pro růst mikroorganismů .....	66
10.1 Přítomnost klíčivých mikroorganismů .....	66
10.2 Klimatické podmínky .....	66
10.3 Výživa.....	66
11 Metodika zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení .....	68
11.1 Přehled možností testování povrchové úpravy ETICS vůči biotickému napadení	69
12 Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení houbami, řasami a mechy ....	71
12.1 Testování za laboratorních podmínek umělou kontaminací.....	71
12.1.1 Zkušební prostředí .....	71
12.1.2 Potřebné pomůcky .....	71
12.1.3 Kontaminace vzorků.....	72
12.1.4 Uložení vzorků .....	72
12.1.5 Doba trvání zkoušky .....	72
12.1.6 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice.....	72
12.2 Testování v exteriéru umělou kontaminací .....	73

12.2.1 Zkušební prostředí .....	73
12.2.2 Kontaminace vzorků.....	73
12.2.3 Uložení vzorků .....	73
12.2.4 Doba trvání zkoušky.....	74
12.2.5 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice.....	74
13 Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení v exteriéru.....	74
13.1 Zkušební prostředí .....	75
13.2 Uložení vzorků .....	75
13.3 Doba trvání zkoušky .....	75
13.4 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice.....	75
14 Závěr.....	76
15 Seznam podkladů.....	78
15.1 Seznam použitých zdrojů.....	78
15.2 Seznam norem .....	81
15.3 Seznam zkratk.....	82
15.4 Seznam tabulek.....	82
15.5 Seznam obrázků.....	83

# I. Teoretická část

## 1 Úvod

Od roku 2000 se kontaktní zateplovací systém stal běžnou součástí staveb, a to jak novostaveb, tak zejména revitalizací obvodových plášťů starších budov. Vnější kontaktní zateplovací systém, který je mezinárodně označován pod zkratkou ETICS (External Thermal Insulation Composite System), je nejen v České republice jednou z nejrozšířenějších technologií zlepšující tepelně technické vlastnosti budov. Jedná se o stavební výrobek, složený z přesně definovaných jednotlivých komponentů, tloušťky tepelné izolace, lepicí hmoty, správně zvolené povrchové úpravy, kotevních prvků, počet i umístění hmoždinek či samotné řešení detailů dle definice a technického listu. Skladba zateplení sestává z více vrstev bez uplatnění vzduchové dutiny, přičemž všechny vrstvy jsou ve vzájemném kontaktu.

Se zvyšující se produkcí systémů ETICS nejen u nás v České republice, ale i ve světě, roste počet zateplovacích systémů napadených biotickým vlivem. Na fasádách se vyskytují plísňe, řasy, mechy, nebo kombinace těchto organismů v podobě lišejníků. K biotickému napadení dochází již po pár letech od provedení zateplení, řádově to bývá mezi 5 až 10 lety užívání, ovšem jsou známy i případy vzniku napadení již po 3 letech od realizace.

Samotné zkoumání a vyhodnocení příčin biotickým napadením je velice složitou záležitostí. Předchází tomu hned několik faktorů, kdy primární podmínkou vzniku a následného usazení všech organismů na kontaktních zateplovacích systémech je zvýšená vlhkost. Proto se nejdříve musí vyřešit příčina vzniku vlhkosti, poté následuje eliminace dalších faktorů zapříčiňujících biotické napadení.

Problém napadení ETICS není jen estetickou záležitostí. Zapříčiňuje také snížení funkčnosti fasády a ohrožení lidského zdraví, zejména ve chvíli vzniku sporů plísní do interiéru zateplených domů ve formě alergenů. Nejvíce ohroženy jsou strany fasády orientované na sever, vyskytující se v blízkosti stromů a keřů, které obsahují spóry a zárodky organismů.

## **Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je charakterizovat jednotlivé složky zateplovacího systému ETICS. Následně vypracovat rešerši zaměřenou na biotické napadení fasád, konkrétně na vnější kontaktní zateplovací systém ETICS, popsat podmínky a faktory umožňující napadení a dále zpracovat přehled možností testování odolnosti povrchové úpravy ETICS vůči biotickému napadení a navrhnout metodiku zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení, a to jak v laboratorních podmínkách umělou kontaminací materiálu, tak v exteriéru přirozenou kontaminací materiálu.

## **2 Kontaktní zateplovací systém ETICS**

### **2.1 Vývoj ETICS**

Historie ETICS sahá do 60. let, kdy se Německo začalo zabývat problematikou dodatečného zateplení budov, postavených koncem druhé světové války. ETICS je od roku 1988 zahrnut v evropské směrnici ETAG 004, pro schvalování vnějších tepelně izolačních kontaktních systémů. V roce 2010 se vyprodukovalo 150 000 000 m<sup>2</sup> kontaktně zateplených vnějších zdí systémem ETICS, z tohoto čísla šlo zhruba 10 % k provedení do České republiky. [1]

V České republice se za pomoci kontaktních zateplovacích systémů izoluje od roku 1993. Následně se ETICS rozšířil po celé České i Slovenské republice a je běžnou součástí stavebního průmyslu. Současná produkce tepelných izolantů činí za rok přibližně 16 milionů m<sup>2</sup>, čímž se Česká republika dostala do popředí produkce na obyvatele v Evropě. Slovenská republika spotřebuje přibližně 2,5 milionu m<sup>2</sup> izolačních materiálů ročně.

### **2.2 Jak postupovat při volbě zateplovacího systému a výběru dodavatele**

V první řadě si musíme uvědomit, zda se jedná o novostavbu nebo starší stavbu, kterou budeme dodatečně zateplovat. U novostavby je volena zateplovací konstrukce v rámci projekční dokumentace ETICS jako jedna z etap výstavby a je tedy mnohem jednodušší, než u stávajících objektů, kde je nutné přizpůsobovat zateplení budovy dané situaci a prostoru, které nám stavba umožňuje. U novostaveb se počítá se zateplením už od stádia, kdy je projektantem vyhotoven projekt dané stavby. Výběr izolantu je dán koncepcí

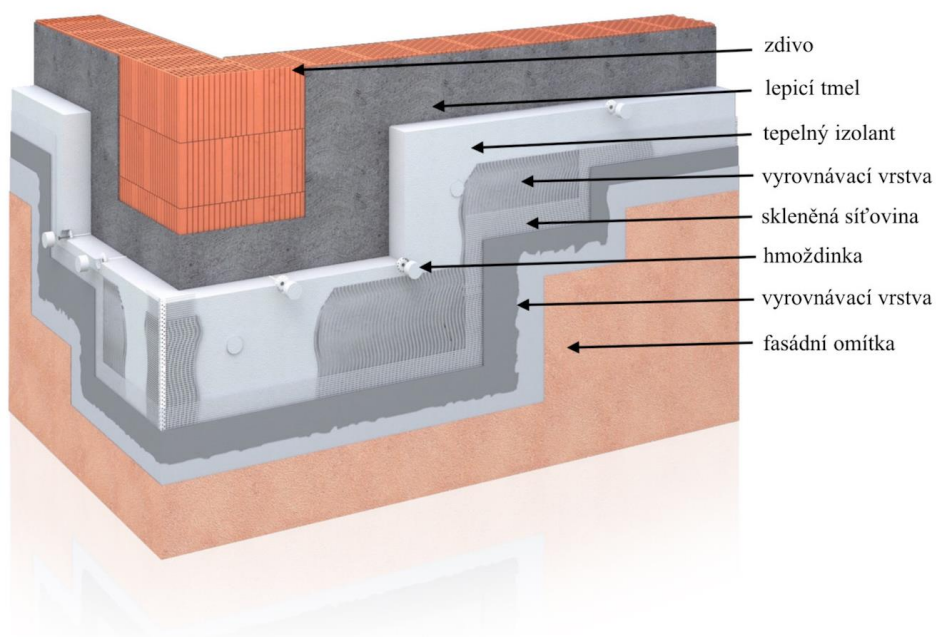
stavby, musí vyhovovat jejím kritériím a předpisům. U dodatečného zateplování je volba ztížena faktem, že konstrukční prvky a dispozice jsou již dány. Při výběru dodavatele je dobré se v první fázi seznámit s referenčními stavbami, které byly provedeny námi vybraným dodavatelem, zjistit informace o dalších stavbách, účel případných reklamací, existenci samotné firmy na trhu a hodnocení zákazníků. V dnešní době je na trhu celá řada dodavatelů a je demokratickou vymožeností a právem každého, vybrat si z nabídky toho nejlepšího dodavatele. Nejspolehlivějším kritériem pro správný výběr jsou reference a výsledky práce, ne vždy platí, že čím dražší, tím lepší. Na zateplování pomocí kontaktního systému ETICS jsou zavedeny specializované firmy, které mají oprávnění pro provádění, zaškolené pracovníky s licenci, znají technologii a mají potřebné zařízení. Zateplování budov obecně je velmi nákladnou investicí, proto v případě méně zkušeného investora v této oblasti, je lepší obrátit se na odborníka, který nejen vybere vhodný zateplovací systém, ale může ušetřit i značný finanční obnos. Nabídka dodavatele by měla obsahovat kromě ceny i skladbu a parametry systému.

### **2.3 Jednotlivé složky ETICS**

Vnější tepelně izolační kompozitní systém ETICS je složený z jednotlivých průmyslově předem zhotovených výrobků, které jsou prodávány výrobcem jako ucelený certifikovaný zateplovací systém. ETICS se kupuje v rámci jedné obchodní transakce u jednoho dodavatele, proto je chybou si nechat montovat zateplení složené z komponentů nakoupených zvlášť u různých dodavatelů. Jednotlivé zateplovací systémy jsou z většiny případů navrženy a schváleny tak, aby umožňovaly určitou variabilitu skladby jednotlivých součástí na dané požadavky konkrétní stavby. Úlohou projektanta je navrhnout takovou sestavu, aby splňovala všechny specifika obvodového pláště budovy, pro kterou se daný projekt zateplovacího systému navrhuje.

Jednotlivými vrstvami systému ETICS jsou:

- Lepicí hmota případně mechanické kotvící prvky
- Tepelně izolační materiál
- Základní vrstva, která se může skládat z několika dílčích vrstev, kdy alespoň jedna z nich musí obsahovat skleněnou síťovinu
- Finální povrchová úprava



**Obrázek 1- Skladba zateplovacího systému ETICS [2]**

### **2.3.1 Lepicí a stěrková hmota**

Mezi nejčastěji používané lepicí a stěrkové hmoty pro kontaktní zateplovací systémy se řadí polymercementové stěrky. Základem polymercementové lepicí a stěrkové hmoty je cement (cementový slínek), jemnozrnná plniva a polymerní přísada, která zvyšuje přídržnost malty k podkladu. Do lepicí hmoty nesmí být přidávány přísady, pokud je dokumentace ETICS nepovoluje.

### **2.3.2 Mechanické kotvící prvky**

Nejčastěji používané mechanicky upevňovací prostředky pro zateplovací systémy ETICS jsou hmoždinky. Dokonce jsou používány i v místech, kde by bylo možné bez problému použít pouze lepený zateplovací systém. Při výběru vhodného mechanického kotvení musí být vždy zohledněna povětrnostní situace, poloha, výška a tvar budovy. Fungování mechanicky kotvících prvků je rozděleno podle působícího zatížení.

Zatížení působící na ETICS:

- Zatížení vlastní hmotností
- Zatížení účinky sání větru
- Teplotní zatížení

Zatížení vlastní hmotností je přenášeno z izolace a lepicího tmelu na podklad. Kotevní prvky se na přenášení hmotnosti nepodílejí, vytváří však přítlak, který působí trvale i při selhání podkladu pro lepení a je zajištěna trvalá stabilita zateplovacího systému.

Povětrnostní zatížení vyvolává v zateplovacím systému axiální síly, které působí na podklad. Důležitým aspektem mechanické odolnosti proti větru je přílnavost lepicí hmoty k podkladu. Talířové hmoždinky mechanicky propojují povrch izolačních desek se zdicím materiálem a přebírají zatížení vyvolané povětrnostním zatížením. Hmoždinky nám umožňují aplikaci kontaktních systémů ETICS i na povrchy s nástříky, nátěry, starou omítkou, tedy všude, kde by bylo použití samotného lepeného systému nevhodné nebo nespolehlivé.

K teplotnímu zatížení dochází vlivem kolísání teplot. Materiál se při nízkých teplotách smršťuje a při dosáhnutí opakovaných vysokých teplot dochází k jeho rozpínání. Vydouvání středů nebo zvedání okrajů izolačních desek je také běžným jevem způsobeným kolísáním teplot. Pokud nejsou izolační desky správně přilepeny, nebo nedrží-li dostatečně lepicí tmel k podkladu, mohou desky vlivem změny teplot pracovat, což se projeví na fasádě např. polštářovým efektem. Hmoždinky tvoří trvalý přítlak na lepicí tmel a dokáží i při selhání podkladu pro lepení zabránit zvedání okrajů nebo vydouvání středů izolačních desek.



**Obrázek 2 – Polštářový efekt vlivem kolísání teplot [3]**

Druh hmoždinky, jejich počet, poloha vůči výztuži a rozmístění v ploše ETICS jsou určeny v projektové dokumentaci a/nebo v dokumentaci k provádění ETICS v souladu s ČSN 73 2902 a dokumentací ETICS. Vychází z podmínek a výsledků zkoušek uváděných v dokumentaci ETICS, případně z výsledků zkoušek souvisejících se stabilitou systému a je určeno v projektové dokumentaci a/nebo v dokumentaci k provádění ETICS. Hmoždinky se obvykle osazují jak v místě styků rohů desek, tak v ploše těchto desek. V případě desek MW s převážně kolmou orientací vláken (lamel) se hmoždinky obvykle osazují v jejich ploše a v místě jejich svislých styků.

### **2.3.3 Tepelně izolační materiál**

Z hlediska zateplování budov jsou tepelně izolační materiály nejdůležitějším konstrukčním prvkem. Jejich výběru při návrhu je nutné věnovat náležitou pozornost, protože i zde může platit, že ne vždy je nejlepší ten nejdražší a naopak. Je nutné si uvědomit, že tepelná izolace je vždy zabudovaná do konstrukce, čili nepřístupná a jakékoliv dodatečné opravy si vynutí částečné nebo úplné rozebrání konstrukce.

Tepelné izolace zamezují nežádoucím tepelným ztrátám a přispívají k zajištění požadované úrovně vnitřní pohody. Hlavními kritérii při výběru vhodného tepelného izolantu je tepelná vodivost a nasákavost. Jejich vzájemný vztah je ovlivňuje v nepřímé závislosti – čím vlhčí izolant, tím horší tepelně izolační vlastnosti a naopak. Přirozená vlhkost 2-5 % se do tepelné izolace dostane z vnějšího ovzduší a je ovlivněna relativní vlhkostí vzduchu. Dalším druhem vlhkosti, která se vyskytuje v izolantu, je vlhkost kondenzační, která může vzniknout uvnitř zabudované konstrukce v důsledku špatného konstrukčního návrhu. Posledním zdrojem vlhkosti je nasycení izolační látky vodou např. špatným skladováním, nasycením deštěm. Tento poslední případ vzniká často na stavbách v důsledku nepříznivého počasí a špatné ochrany položené izolace. Za těchto podmínek by se měla práce přerušit a počkat až tepelný izolant dobře vyschne.

Druh tepelně izolačního materiálu pro konkrétní vnější zateplovací systém ETICS udává projektová dokumentace a/nebo dokumentace k provádění ETICS v souladu s ČSN 73 2902 a normami:

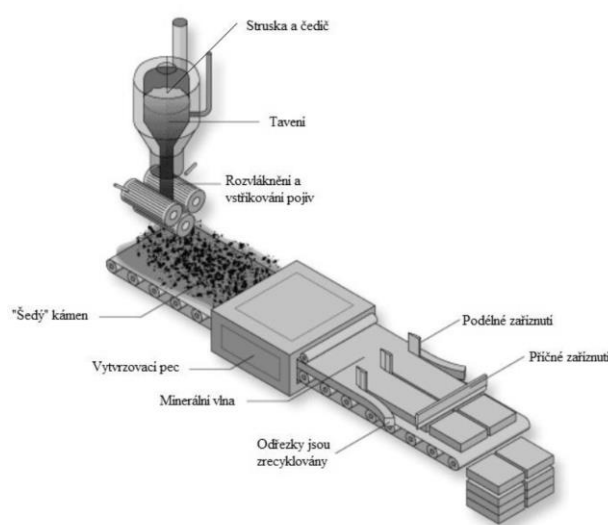


- ČSN EN 13 162 - Udávající jako izolant minerální vlnu
- ČSN EN 13 163 - Udávající jako izolant expandovaný polystyren
- ČSN EN 13 164 - Udávající jako izolant extrudovaný polystyren
- ČSN EN 13 165 - Udávající jako izolant polyuretanovou pěnu
- ČSN EN 13 166 - Udávající jako izolant fenolickou pěnu

### 2.3.3.1 Desky a rohože z minerální vlny

Izolace z minerální vlny patří mezi nejpoužívanější tepelně izolační materiál. Důvodem jsou dobré tepelněizolační vlastnosti, nehořlavost, velmi dobrá paropropustnost a akustický útlum. Nevýhodou minerální vlny je vysoká objemová hmotnost, náročnost na montáž fasády i vyšší cena oproti EPS izolacím. Díky vyšší ceně je minerální vlna používána výhradně na zateplení požárních pásů fasád a u celoplošného zateplení budov s výškou nad 30 m. [4]

Vyrábějí se roztavením vhodných hornin (čedič, sklářský písek, struska), taví v tzv. kupolové peci při teplotách 1 350 až 1 450 °C. Tavenina následně vytéká na rotující válece – rozvláknovací kotouče. Vlivem odstředivé síly se kapky taveniny v proudu ofukovacího vzduchu změny v jemné vlákno. Tato vlákna se posléze lisují, tuží a hydrofobizují. Hydrofobizace se provádí proto, aby materiál odpuzoval vodu (vodní kapky sklouzávají po vláknech, aniž by izolační hmotu smáčely a rychle odcházejí ven). [5]



Obrázek 3 – Schéma výroby minerální vlny [1]

Minerální vata pro technické izolace se vyrábí ve formě desek, desek s povrchovou úpravou hliníkovou folií nebo textilií, rohoží s hliníkovým polepem nebo našitých na nosičích z pletiva, jako lamelové rohože na hliníkové folii nebo jako volná vata. [6]



Obrázek 4 – Minerální vlna [2]

### 2.3.3.2 Pěnové polystyreny

Pěnové polystyreny jsou hlavním představitelem pěnových polymerů. Jsou to lehké, zdravotně naprosto nezávadné, na stavbě snadno opracovatelné hmoty. Poškozují je však organická rozpouštědla, obsažená v některých lepidlech, hydroizolace na bázi PVC, a proto nesmí být v přímém styku s těmito látkami. Jsou jedny z nejlehčích izolantů, avšak nesmí být trvale vystavovány teplotám vyšším než 80 °C. Lze je recyklovat, jsou biologicky neutrální, nepoškozují ani zdraví, ani životní prostředí. Pěnové polystyreny se dělí do dvou skupin:

- Expandovaný polystyren (EPS)
- Extrudovaný polystyren (XPS)

Expandovaný polystyren (EPS) je tuhý lehčený izolační materiál s pěnovou sktrukturou, která obsahuje 98 % vzduchu uzavřeného v drobných buňkách hmoty. Je dodáván nejčastěji v deskách o různých tloušťkách, nebo svinovatelných páslech (po jedné straně kašírován hmotou, která přidržuje jednotlivé díly pásu pohromadě a může vytvářet zároveň parozábranu nebo jednu z hydroizolačních vrstev). Upevňuje se lepením,

kotvením pomocí hmoždinek nebo vkládáním do ráků s přichycením. Ve stavebních konstrukcích je třeba jej chránit před všeobecným dlouhodobým přístupem vody.



**Obrázek 5 – Expandovaný polystyren [2]**

Extrudovaný polystyren (XPS) se vyrábí procesem, kdy je vypěňování prováděno extrudováním (protlačováním) suroviny ve speciálním tunelu (extrudéru). Proto se také někdy nazývá vytlačovaný. Extrudovaný polystyren je někdy nazývaný také jako soklový polystyren. Má využití všude tam, kde EPS svými vlastnosti nestačí vzhledem k náročnějším požadavkům. Hlavní jeho předností před EPS je uzavřená buněčná struktura. Tím se podstatně vylepšuje (snižuje) jeho tepelná vodivost a rovněž klesá nasákavost. Díky uzavřené buněčné struktuře má XPS nulovou kapilaritu. Výhody jsou vyváženy vyšší cenou. Vyrábí se v deskách, jejichž okraje bývají tvarované (polodrážka, pero a drážka), čímž se zamezuje vzniku tepelných mostů ve spárách. Není nutné sledovat vystřídání spár při vícevrstevném kladení. Desky mohou být již z výroby opatřeny ochrannou vrstvou z plastbetonu, který je chrání proti mechanickému poškození (izolace stěn pod terénem, obrácené střechy). [4]



**Obrázek 6 – Extrudovaný polystyren [2]**

### 2.3.3.3 Polyuretanová pěna

Dalším tepelně izolačním materiálem používající se do zateplovacích systémů je polyuretanová pěna, která existuje ve dvou provedeních – tvrdá a měkká. Měkká pěna je známá jako molitan, ve stavebnictví se využívá polyuretanová pěna tvrdá – zkratkou označovaná jako PUR pěna. Široké uplatnění má v detailech konstrukcí jako výplň a izolace spár apod. Lze ji využít i pro zateplení plošných konstrukcí, stropů, střech. Aplikuje se nástřikem nebo litím. Jelikož pěna na povrchu ulpívá, přizpůsobí se i složitě tvarovaným povrchům. [5]

Polyuretanová pěna je zdravotně nezávadná a zároveň má stabilní izolační vlastnosti, proto se jako tepelný izolant přednostně používá v potravinářském průmyslu (v pivovarech, mlékárnách, mrazárnách, atd.). Izolační parametry si zachovává bez patrných změn v obrovském rozsahu provozních teplot, od  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , důvodem je, že tvrdá PUR pěna neobsahuje vzduch a změna teplot a obsah vlhkosti vzduchu tak neovlivňuje izolační parametry. [6]



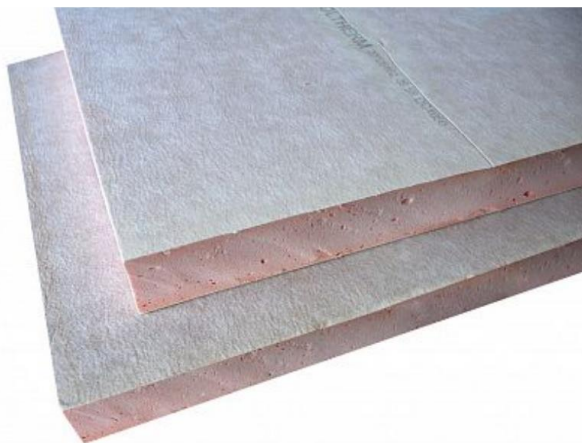
Obrázek 7 – Polyuretanová pěna [7]

### 2.3.3.4 Fenolická pěna

Mezi tepelně izolační materiály vhodné pro ETICS se řadí také fenolická pěna, která má největší uplatnění v místech doplňkových ploch jako jsou ostění oken, dveří či oblast lodžii, kde je potřeba použití menší tloušťky izolantu. Fenolická pěna se skládá z tuhého fenolového jádra získaného napěněním fenolformaldehydových pryskyřic, které se napěňují do bloků a následně seřezávají podle potřeb. Desky se opatří aluminiovou

vrstvou pro zlepšení tepelně technických vlastností a povrchovými textiliemi, které se nachází po obou stranách izolantu.

Fenolická pěna je vysoce účinný izolant s deklarovaným součinitelem tepelné vodivosti 0,002-0,021 W/m.K. Výhodou izolantu z fenolické pěny je jejich reakce na oheň třídy C oproti tepelným izolantům z polystyrenových desek, které mají méně vyhovující reakci na oheň třídy E.



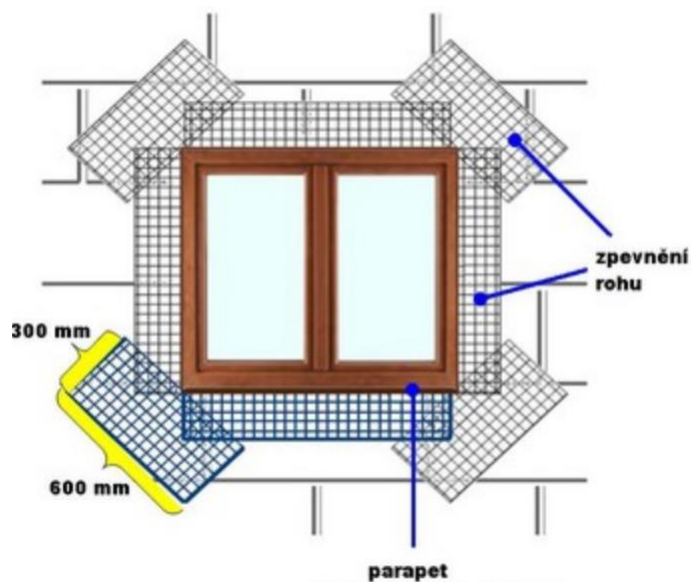
Obrázek 8 – Fenolická pěna [2]

### 2.3.4 Základní výztužná vrstva

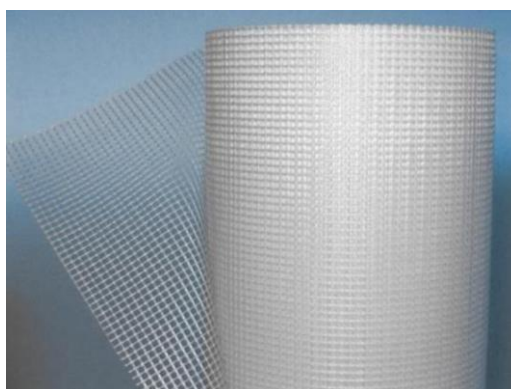
Základní výztužná vrstva je vrstva, která se aplikuje na desky tepelné izolace po vyzrání lepicí hmoty (1-3 dny) a dokončení kotvení hmoždinkami. Základní vrstva je tvořena stěrkovou hmotou, do které je vtlačena skleněná síťovina. Celková tloušťka základní vrstvy je zpravidla 2-6 mm. Před prováděním základní vrstvy se na desky tepelné izolace připevní na předem nanesenou stěrkovou hmotou určené ukončovací, nárožní i dilatační lišty, zesilující vyztužení, v čase určeném v dokumentaci ETICS. Skleněná síťovina se do stěrkové hmoty vtlačí plošně a to na desky tepelné izolace. Pásky síťoviny se obvykle vtlačí od shora dolů, se vzájemným přesahem nejméně 100 mm. Stěrková hmota prostupující oky síťoviny se vyrovná a uhladí do požadované rovinnosti, dle druhu následné povrchové úpravy. Obecně platí, že odchylka od rovinnosti na jeden metr, by neměla být větší než hodnota získaná z velikosti maximálního zrna omítky zvětšené o půl milimetru. Skleněná síťovina musí být z vnější strany kryta stěrkovou hmotou minimálně 1 mm. V místě přesahů síťoviny musí být síťovina kryta minimálně 0,5 mm.

Pokud se v úrovni základní vrstvy provádí těsnění tmelem nebo těsnícím profilem, tmel či profil se aplikuje do předem vytvořené spáry skrz základní vrstvu. Šířka a tloušťka

spáry je dána dle druhu těsnícího tmele nebo těsnícím profilem. Osazení dekorativních prvků se provádí lepením po dokončení a vyžrání základní vrstvy. Spára po obvodu dekorativních prvků se těsní pružným tmelem. [8]



Obrázek 9 – Provádění zesilujícího vyztužení rohů oken a dveří [9]



Obrázek 10 – Skleněná síťovina [2]

### 2.3.5 Konečná povrchová vrstva

Povrchová úprava se provádí minerálními nebo disperzními omítkovinami, případně lze použít i keramický obklad. Ztužení se provádí vložení keramického pletiva nebo síťoviny ze skelných vláken do omítky. Tím se dosáhne celistvosti a soudržnosti celého systému a zabezpečení souvrství před vlivem sání větru.

Omítky jsou v případě systémů ETICS nejčastěji používanou povrchovou úpravou. Omítky plní dvě základní funkce – estetickou a dále ochrannou ke zmírnění působení povětrnostních podmínek. Složení omítek je z většiny případů tvořeno pojivem a plnivem, dále jsou používány speciální přísady a příměsi.

Mezi nejčastěji používané omítky pro ETICS patří:

- Tenkovrstvé omítky s polymerním pojivem na bázi vodných disperzí makromolekulárních látek
- Tenkovrstvé silikonové omítky na bázi silikonů a vodných disperzí makromolekulárních látek
- Tenkovrstvé silikátové omítky na bázi vodního skla a vodných disperzí makromolekulárních látek
- Tenkovrstvé minerální modifikované omítky na bázi cementu a vápna
- Silnovrstvé minerální modifikované omítky na bázi cementu a vápna (tloušťka vrstvy větší než 5 mm)
- Tenkovrstvá povrchová úprava na bázi akrylátových kopolymerů a anorganickými pigmentů, mramorových a křemičitých písků

Z pohledu produkce omítek v České republice jsou nejvíce prodávány omítky na bázi silikonu. Tvoří 70 % trhu, silikátové omítky zaujímají 15 % a akrylátové omítky také 15 % z produkce v ČR.

Mezi běžně používaná pojiva pastovitých omítek patří polymerní disperze na bázi kopolymerů akrylátových, styren-akrylátových a vinyl-acetátových, silikonových emulzí a koloidních roztoků alkalických křemičitanů. Nejčastějším pojivem v minerálních omítkách je portlandský cement, objevují se i cementy směsné. Pro omítkové směsi se používají především bílé cementy, které umožňují použití pigmentů.

Nejčastěji používaným plnivem jsou křemenné písky a vápence ať už ve formě vápence drceného, nebo mletého. V případě specifických požadavků se používají některé další typy plniv. Plnivo tvoří nosnou kostru hmoty a výrazně ovlivňuje výsledný vzhled. Pomocí správně zvolených přísad a příměsí je možné upravovat vlastnosti omítkových hmot jak v čerstvém, tak vyzrálém stavu. Přísady a příměsi lze rozdělit do těchto skupin:

- Redispergovatelné polymerní prášky, které zlepšují zpracovatelnost, zvyšují hodnoty přídržnosti a pevnosti v tahu za ohybu, zvyšují vodotěsnost, snižují nasákavost a celkově zlepšují utěsnění v rámci mikrostruktury hmoty
- Přísady stabilizující a upravující konzistenci, např. ethery celulózy, které kombinují možnost úpravy reologických vlastností a retence vody, dále také přispívají ke zvýšení přídržnosti omítky k podkladu
- Provzdušňující a odvzdušňující přísady
- Přísady urychlující nebo zpomalující tvrdnutí/tuhnutí
- Hydrofobizační přísady
- Přísady biocidní
- Latentní hydraulické příměsi a pigmenty
- Další speciální přísady – např. disperzní přísady a filmotvorná činidla u polymerních pojiv

Omítky lze dle způsobu strukturování rozdělit na:

- roztírané (škrabané) omítky
- rýhované (drásané) omítky
- vyhlazené omítky
- mozaikové omítky

Roztíraná (škrabaná) struktura je tvořena pravidelně rozvrstvenými vystupujícími zrny, která byla ihned po aplikaci omítky zatřeny pravidelnými, nejčastěji krouživými pohyby plastového hladítka.



**Obrázek 11 – Roztíraná struktura omítky [10]**

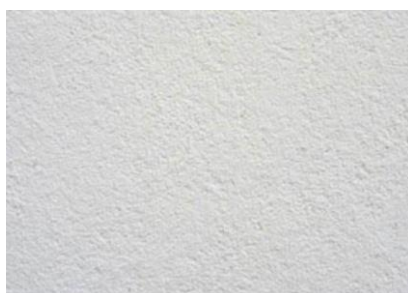


Reliéf rýhované (drásané) omítky se vytváří po krátkém zaschnutí krouživými nebo přímočarými tahy plastovým hladítkem, přičemž reliéf omítky se vytváří trasami uvolněných zrn.



**Obrázek 12 – Reliéf rýhované omítky [11]**

Vyhlazené struktury se docílí nanášením ve dvou krocích. Nejprve se provede první vrstva, která je shodná s prováděním škrabané struktury s použitím omítkoviny s velikostí zrna 1 mm. Na ní se nanese vyhlazovací omítka (cca po 48 hodinách) s maximální velikostí zrna 0,5 mm. Povrch se zahladí krouživými pohyby plastového hladítka.



**Obrázek 13 – Vyhlazená struktura omítky [12]**

Mozaiková omítka je složená ze zrn až 2 mm velkých, které se nanášejí vzduchovým stříkáním. Po nanesení se omítka již nijak neupravuje hlazením. [8]



**Obrázek 14 – Mozaiková omítka [13]**

## 2.4 Postup provádění systému ETICS

### 2.4.1 Provádění

Samotné provádění systému je možné pouze za určitých definovaných klimatických podmínek, které jsou podmíněné teplotou okolního vzduchu. Teplota vzduchu i samotného pokladového materiálu by se měla pohybovat v rozmezí +5°C až +30°C, z důvodů zajištění podmínek technologických operací i soudržnosti materiálu. Při provádění jednotlivých kroků by se měl systém ETICS chránit proti povětrnostním vlivům, přímému slunečnímu záření, které způsobuje předčasné vysychání materiálu, i dešti, který zpomaluje či zamezuje zrání materiálu.

Správným provedením i postupem napojování jednotlivých složek se snažíme o zamezení vzniku trhlin, které způsobuje pronikání srážkové vlhkosti či vody do systému. Napojování jednotlivých vrstev se proto provádí pružným napojením pomocí těsnících pásků, dilatačních lišt a tmelů. Prvky musí být opatřeny vhodným oplechováním tak, aby bylo zajištěno napojení prvků s povrchovými vrstvami ETICS. Osazení prvků oplechování musí být v souladu s ČSN 73 6310. Materiály pro oplechování je nutné volit tak, aby nedocházelo ke vzniku koroze.

Jednotlivé kroky provádění operace:

- Projektová dokumentace
- Důkladná příprava podkladního materiálu
- Lepení jednotlivých desek tepelné izolace
- Mechanické přikotvení hmoždinkami
- Příprava podkladu pod výztužnou vrstvu
- Provádění základní výztužné vrstvy
- Příprava podkladu pod povrchovou úpravu
- Konečná povrchová úprava

## **2.4.2 Kompletní projektová i stavební dokumentace**

Prvním krokem provádění je proces, realizovaný před zahájením jednotlivých technologických postupů, tím je vypracování kvalitní projektové dokumentace, která předchází hned několika problémům, kterými jsou např. zvýšení konečné ceny a prodloužení doby realizace. Dokumentace nám udává přesné podmínky a postupy k dosažení funkčních vlastností ETICS, na skladování a manipulaci jednotlivých složek ETICS, nakládání s odpady, dbá na detaily samotného provedení a návazností operací. Projektová dokumentace obsahuje dále souhrnnou technickou a stavební zprávu, požární technické řešení, vyjádření statika, výkresovou dokumentaci, tepelně technické vlastnosti konstrukce, energetické vlastnosti budovy, identifikační údaje, popis technického řešení, situace, půdorysy, řezy, pohledy, materiálovou bázi konečné povrchové úpravy, určení přesné skladby ETICS, certifikát, údaje o provedených kontaktních měřeních, podmínky a postupy pro provádění.

## **2.4.3 Důkladná příprava podkladního materiálu**

Po získání potřebných podkladů je nezbytný první technologický krok, kterým je samotná příprava podkladního materiálu. Podklad musí být celistvý, vyzrálý, zbaven mastnot, prachu, puchýřů, výkvětu, odlupujících míst, odbedňovacích přípravků i biotického napadení. Pokud jsou v podkladu aktivní trhliny, je nutné jejich odstranění, případné vytvoření dilatačních spár, které zamezí vzniku trhlin v systému ETICS. Podklad nesmí vykazovat známky zvýšené vlhkosti, která by setrvala v konstrukci, v případě pravidelného vystavení vlhkosti jsou provedena sanační opatření na její odstranění. Nedodržení těchto složek může vést k nesoudržnosti celého systému či špatné přídržnosti lepicí hmoty k podkladu. Na soudržný, očištěný podklad je možné použít penetrační nátěr, který umožňuje sjednocení vlastností. Penetrace se nanáší válečkováním nebo nátěrem.

**Tabulka 1 – Příprava podkladního materiálu podle stavu podkladu**

<b>Výchozí stav podkladu</b>	<b>Doporučená opatření</b>
Zvýšená vlhkost podkladu	Nejdříve se provede analýza příčinou, podle zjištěné příčiny se buď provede sanační opatření, nebo se materiál nechá jen řádně vyschnout
Mastný podklad	Odstranění mastnoty čistou tlakovou vodou, nebo s přidavkem čisticího prostředku a následné zajištění vyschnutí
Odbedňovací přípravky na podkladu	Odstranění za pomoci vodní páry s použitím čisticích prostředků, omytí čistou tlakovou vodou, zajištění vyschnutí
Zaprášený podklad	Odstranění prachu čistou tlakovou vodou, zajištění vyschnutí
Výkvěty	Mechanické odstranění
Puchýře	Mechanické odstranění, ometení
Odlupující se místa podkladu	Mechanické odstranění, ometení, v případě potřeby vyrovnání podkladu vhodnou hmotou
Aktivní trhliny	Odstranění příčin, případně řešení za pomoci dilatačních spár
Nedostatečně soudržný podklad	Částečné, nebo úplné vyrovnávání vhodnou hmotou
Podklad je nedostatečně soudržný	Mechanické odstranění nesoudržných vrstev
Podklad vykazuje zvýšenou savost	Úprava vhodným penetračním nátěrem v závislosti na druhu a typu podkladu
Podklad vykazuje biotické napadení (např. řasami, mechy)	Odstranění postupem dle dokumentace k provádění ETICS

#### **2.4.4 Lepení jednotlivých desek tepelné izolace**

Lepení jednotlivých desek tepelné izolace je definováno v normě ČSN 73 2901. Před nalepením tepelně izolačních desek je nutné osadit zakládací lišty, nebo montážní

latě. Desky tepelné izolace se potom osazují přímo na zakládací lištu, nebo montážní latě tak, aby vznikla těsná spára, proto je šířka zakládací lišty stejná jako tloušťka tepelné izolace. V místech konstrukcí připevněných k podkladu a oplechování je nutné před započítím lepení desek tepelné izolace provedení těsnících pásek dle daných detailů.

Při provádění první řady tepelné izolace pomocí montážní latě je postup následující. Nejprve se k podkladu pomocí lepicí hmoty vodorovně připevní skleněná síťovina minimálně v šířce 200 mm nad budoucí spodní hrany zateplovacího systému. Pod budoucí spodní hranu se upevní montážní lat' a síťovina se na ni volně položí. Následně dojde k usazení první řady tepelně izolačních desek na montážní lat'. Volný konec síťoviny musí být minimálně 150 mm široký a je zahlazen do stěrkové hmoty na tepelné izolaci. Síťovina je následně přeložena síťovinou při vytváření základní vrstvy. Po vyzrání stěrkové hmoty je možné odstranit montážní lat', na spodní vnější hraně je nutné zajistit okapní nos.

Nanášení lepicí hmoty se provádí ručním nebo strojovým způsobem. Jedná-li se o systém spojený s podkladem pouze lepicí hmotou, je nutné v případě izolace z expandovaného polystyrenu nanést lepicí hmotu minimálně na 40 % desky. Při nanášení lepicí hmoty na expandovaný polystyren je nutné nanést lepicí hmotu v pásu po celém obvodu a uprostřed, v případě ručního nanášení půjde minimálně o tři terče a v případě strojového nanášení o nepravidelný pás. V případě minerální vlny s příčnou orientací vláken je nutné vždy celoplošné lepení, bez ohledu na využití kotvení hmoždinkami. Při nanášení je nutné dbát na to, aby se lepicí hmota nedostala na boční plochy tepelné izolace a to ani vytlačení při osazování.

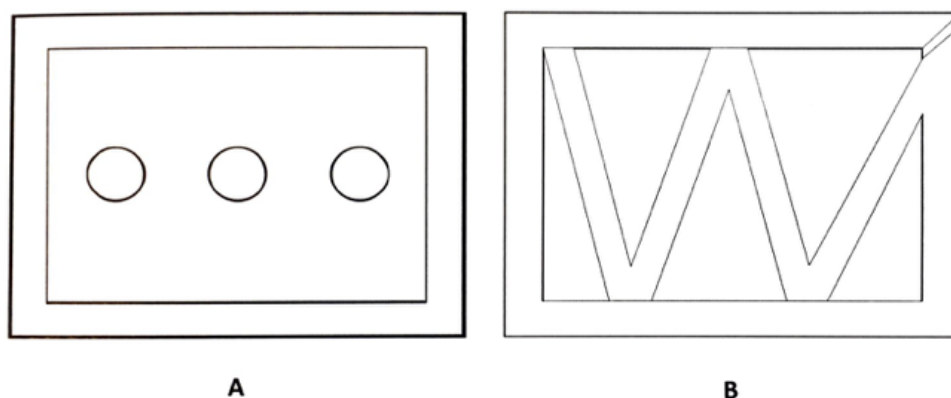
Lepení tepelné izolace se vždy provádí od spodu směrem nahoru (v případě lepení desek pod základovou lištou, např. pod terénem, je možné desky lepit od shora dolů). Desky se lepí vždy na vazbu na sraz delší stranou vodorovně. Mezery mezi deskami větší jak 2 mm je nutné vyplnit materiálem, ze kterého je použita tepelná izolace. V případě extrudovaného polystyrenu je možné spáry do 4 mm vyplnit v celé tloušťce desky pěnovou hmotou a následně zarovnat povrch.

Při vytváření nároží se tepelná izolace lepí po řadách na vazbu. Ideální způsob provádění je lepení desek s přesahem přes budoucí hranu nároží. Po vytvrnutí lepicí hmoty se desky zarovnají do požadovaného tvaru a následně přebrousí. Lepením tímto způsobem je možné se vyvarovat nepřijatelným nerovnostem v oblasti rohu.

Při lepení desek se doporučuje použití celých desek tepelné izolace, v případě využití zbytků je možné použití desek minimálně 150 mm širokých a vysokých vždy na celou výšku desek. Zbytky není dovoleno používat v místě rohů, koutů ani ukončení.

Desky tepelné izolace je nutné lepit takovým způsobem, aby jakékoliv spáry mezi deskami byly vzdálené minimálně 100 mm od rohů otvorů, upravených neaktivních spár nebo trhlin v podkladu, změn materiálu podkladu a změn tloušťky konstrukce projevujících se na povrchu podkladu. Dilatační spáry je nutné provést dle daného detailu. V případě lepení desek tepelné izolace u ostění otvoru se doporučuje přesah tak, aby bylo vytvořeno překrytí izolace ostění otvorů. Izolace ostění je prováděna vždy, pokud není prokazatelně doloženo splnění tepelně technických požadavků v oblasti ostění.

V případě nerovností při použití tepelné izolace z desek extrudovaného polystyrenu je možné po vytvrdnutí lepicí hmoty upravit rovinnost povrchu přebroušením. V případě, že je doba mezi osazením tepelně izolačních desek z extrudovaného polystyrenu a provedením základní vrstvy delší než 14 dní, je přebroušení povrchu nutné. Přebroušením se zajistí odstranění degradované povrchové vrstvy polystyrenu vzniklé vlivem klimatických vlivů. V případě broušení se musí dbát na to, aby nedošlo k výraznému snížení tloušťky tepelné izolace a tím ke snížení tepelně izolačních vlastností celého systému. Před následující technologickou operací, provedením základní vrstvy, se povrch očistí od případných nečistot vzniklých broušením. [8]



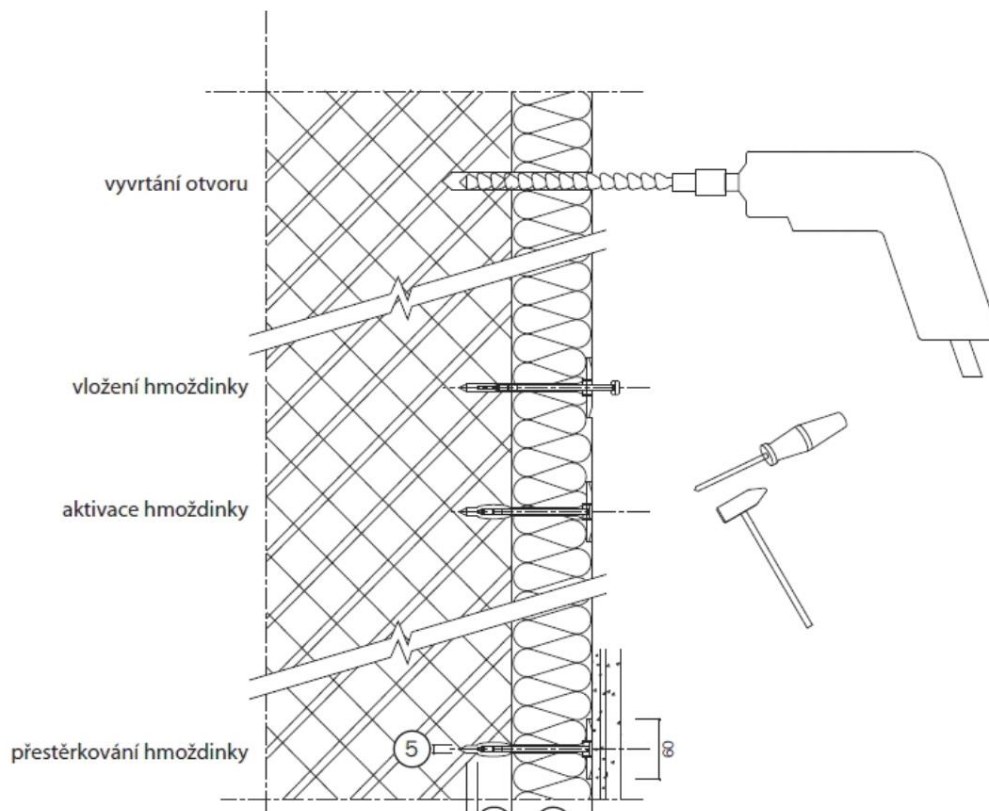
Obrázek 15 – Způsob nanášení lepicí hmoty na desky izolace, A – ručně, B-strojově [8]

## 2.4.5 Kotvení izolantu

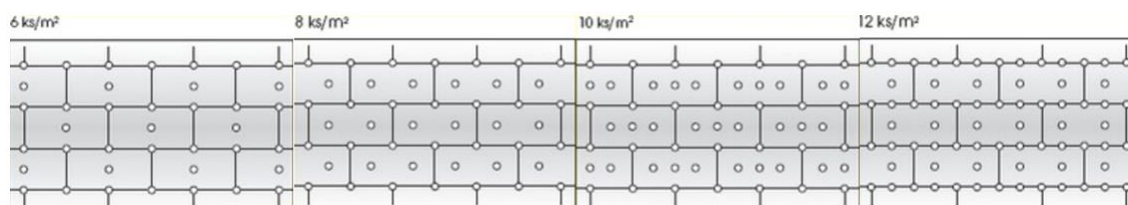
Druh použitých kotev, jejich počet, přesnou polohu k výztuži a rozmístění v ploše desek tepelné izolace, v místě styku i celé ploše systému ETICS je přesně dáno v projektové dokumentaci. Pro potřebný počet kotev v okrajové části je rozhodující určení šířky okrajové části přiřazené k rohu budovy. Pokud není v projektové dokumentaci uvedeno jinak, šířka okrajové části se určuje jako 1/8 užší strany budovy, ale nejméně 1,0 m a nejvíce 2,0 m. Délka kotvy v podkladu musí být alespoň 40 mm. Pro ETICS s tepelně izolačními deskami z minerální vlny se vždy požaduje používání rozpěrných kotev. Minimální hloubka vrstvy, do které se mají rozpěrné kotvy ukotvit, je 100 mm. Rozpěrné kotvy se většinou odsazují 1 až 3 dny po nalepení desek tepelné izolace a před zhotovením výztužné vrstvy. Nesmí se překročit maximálně možný čas vystavení rozpěrných kotev UV zářením, tzn. čas, za který nebudou rozpěrné kotvy kryté dalšími vrstvami systému. Maximálně možný čas vystavení kotev UV záření určuje dokumentace ETICS.

Na rozdíl od nanášení lepicí hmoty je možné uskutečnění montáže rozpěrných kotev i při záporných teplotách (a to do  $-5^{\circ}\text{C}$ ).

Vrt na osazení rozpěrné kotvy musí být kolmý na podklad. Průměr vrtu musí zodpovídat průměru požadovanému v dokumentaci ETICS. Do vysoko pórovitých hmot a hmot s dutinami se otvory vrtají bez přiklepu. Hloubka zhotoveného vrtu musí být o 10 mm delší, než je předepsaná kotvicí délka používané rozpěrné kotvy. Nejmenší vzdálenost osazení rozpěrné kotvy od okraje stěny, podhledu, nebo dilatační spáry je 100 mm. Na osazení rozpěrných kotev se použije gumové kladivo a při zatloukávání trnu rozpěrné kotvy je potřeba postupovat tak, aby se trn nepoškodil. Poškozená, zdeformovaná, nezakotvená pevně, vyčnívající nad venkovní plochu vrstvy, nebo špatně osazená rozpěrná kotva, se musí nahradit novou rozpěrnou kotvou v její blízkosti.



**Obrázek 16 – Postup montáže hmoždinek [14]**



**Obrázek 17 – Schéma rozmístění hmoždinek [15]**

Součinitel bezpečnosti upevnění při montáži hmoždinky vyjadřuje vliv druhu materiálu nosné vrstvy podkladu ve vztahu ke konstrukci hmoždinky a způsobu její montáže. Jeho hodnota nesmí být při návrhu mechanického upevnění hmoždinkami menší než 1,5. Uvažuje se s hodnotami Tabulka 2. podle konstrukce a způsobu montáže hmoždinek uvedených v tabulky č 3.



**Tabulka 2 – Způsob montáže podle druhu materiálu nosné vrstvy podkladu**

Druh materiálu nosné vrstvy podkladu	Způsob montáže	
	a	b
Obyčejný beton prostý nebo vyztužený třídy nejméně C12/15 tloušťky nejméně 100 mm	1,5	2,1
Pohledová betonová vrstva sendvičových stěnových panelů tloušťky nejméně 50 mm	1,6	2,3
Zdivo z plných cihel nebo kamene	2,1	2,9
Zdivo z dílce z dutinových prvků	1,8	2,5
Zdivo z dílce z lehkého betonu z pórovitého kameniva	2,4	3,2
Zdivo nebo dílce z autoklávovaného pórobetonu	1,8	2,5
Deskové materiály	1,8	2,5
Jiný druh materiálu nosné vrstvy podkladu	2,4	3,2

<sup>1)</sup> Při stanovení součinitele bezpečnosti upevnění byly zohledněny vlastnosti materiálu a u zdiva i četnost spár a jejich vlastnosti. U smíšeného zdiva se použije součinitel odpovídající tomu druhu materiálu, který byl zjištěn průzkumem a u nějž je v tabulce č 2. uvedena nejvyšší hodnota

**Tabulka 3 – Způsob montáže podle druhu zvoleného materiálu**

Způsob montáže	
<b>a</b>	Hmoždinky se šroubem, aktivované jeho zašroubováním
<b>b</b>	Hmoždinky s trnem, aktivované jeho zatlučením a jiné typy hmoždinek

#### 2.4.6 Příprava podkladu pod základní vrstvu

Při zhotovování zateplovacího systému ETICS pomocí polystyrenových desek je potřeba dorovnat rovinnost povrchu přebroušením. Pokud trvá přestávka mezi osazením polystyrenových desek a vytvořením výztužné vrstvy déle než 14 dní, venkovní povrch se musí přebrousit s cílem odstranit zvětralou povrchovou vrstvu. Prach z přebroušení je třeba odstranit z povrchu desek.

## 2.4.7 Provedení základní vrstvy

Základní vrstva musí vždy obsahovat výztuž, kterou bývá skleněná síťovina. Přesný druh skleněné síťoviny a stěrkové hmoty, přípravu stěrkové hmoty, práci s ní a přídavné přísady jsou přesně určené v dokumentaci ETICS. Před zahájením zhotovení výztužné vrstvy se zabezpečí ochrana před znečištěním přilehlých konstrukcí. Před zhotovením základní vrstvy se, v časovém předstihu určeném dokumentací ETICS, na desky tepelné izolace připevní na předem nanesenou stěrkovou hmotu určené ukončovací, nárožní a dilatační lišty a zesilující vyztužení. Zesilující vyztužení je tvořeno pásy skleněné síťoviny. Lišty jsou tvořeny z plastů a nekorodujících kovů. [8] Nanášení stěrkové hmoty výztužné vrstvy, nebo zesilujícího vyztužení se provádí ručně na suché a čisté desky tepelné izolace a nejdříve se začíná realizovat 1 až 3 dny po dokončení lepení desek a po jejich ukotvení rozpěrnými kotvami. Výztužná vrstva se musí realizovat 14 dní po ukončení nalepování tepelně izolačních desek. Pokud se tato lhůta nedodrží, musí přijít osobní opatření vedoucí k ochraně desek tepelné izolace proti negativnímu působení venkovního prostředí. Zesílení výztuže se provádí vtlačení určitého druhu sklo-vláknité mřížky do nanášené vrstvy stěrkové hmotě na deskách tepelné izolace před zhotovením výztužné vrstvy. Druh výztužné mřížky a časový odstup před nanášením základní vrstvy určuje dokumentace ETICS. Stěrková hmota, která vystoupí přes okna mřížky, se musí zahladit. Při plošném zesilujícím vyztužování na zvýšení odolnosti ETICS proti mechanickému poškození se jednotlivé pásy určené mřížky odkládají těsně na sebe bez přesahu. V rozích otvorů se před zhotovením výztužné vrstvy musí vždy zhotovit diagonálně zesilující vyztužení pásu skleněnou síťovinou s rozměry alespoň 200 x 300 mm. Na styku dvou ETICS, lišících se mezi sebou pouze v tepelně izolačním materiálu, se musí zhotovit pás zesilujícího vyztužení do vzdálenosti nejméně 150 mm na každou stranu od styku, nebo zabezpečit překrývání pásů výztužné mřížky alespoň šířky 200 mm (100 mm na každou stranu od styku tepelněizolačních desek), pokud řešení styku nepředepisuje dokumentace ETICS jinak.

Výztužná vrstva se zhotovuje v tloušťce 3 až 6 mm podle požadavků dokumentace ETICS, která se musí dodržet. Pokud původně nanášená stěrková hmota s uloženou skleněnou síťovinou nemá požadovanou celkovou tloušťku výztužné vrstvy a pokud to dokumentace ETICS dovoluje, požadovaná tloušťka výztužné vrstvy se zabezpečí nanášením stěrkové hmoty na vyrovnanou neztuhlou a nevyschlou původně nanesenou

stěrkovou hmotu se skleněnou síťovinou. Vyztužení výztužné vrstvy se provádí ručně plošným zatlačením skleněné síťoviny vždy do napřed nanesené stěrkové hmoty na vrstvy tepelné izolace. Stěrková hmota, která pronikala okny síťoviny, se následně po případném doplnění jejího množství vyrovná a uhladí. Celoplošné uložení síťoviny se uskuteční zatlačením pásu ve směru shora dolů. Vzájemný přesah pásů musí být ve vodorovném i svislém směru alespoň 100 mm.

Skleněná síťovina zvolená jako výztuž ve výztužné vrstvě musí být uložena bez záhybů a musí být na obou stranách krytá stěrkovou hmotou. Z venkovní strany musí zabezpečit její krytí stěrkovou hmotou nejméně 1 mm, v místě přesahů mřížky nejméně 0,5 mm. Pokud to celková tloušťka vyztužené vrstvy umožňuje, skleněná síťovina se ukládá od venkovního povrchu v třetině, ale nejvíce v polovině tloušťky vrstvy. Požadavek na rovinnost výztužné vrstvy je určena zejména v závislosti od druhu omítky. Doporučuje se, aby hodnota odchylky rovinnosti na délku jednoho metru nepřevyšovala hodnotu zodpovídající velikosti maximálního zrna plniva v omítce se zvýšením o 0,5 mm.

Pokud se těsnění vyhotovuje tmelem v úrovni základní vrstvy, je potřebné při zhotovování základní vrstvy vytvořit spáru s šířkou a hloubkou potřebnou na určený tmel podle předpisu jeho výrobků. Dekorativní prvky se většinou lepí na dokončenou základní vrstvu s časovým odstupem určeným dokumentací ETICS. Spára na jejich obvodu se obvykle utěšňuje pružným tmelem.

#### **2.4.8 Příprava podkladu pro povrchovou úpravu**

V některých případech vyžaduje dokumentace ETICS před nanášením omítky zhotovení základního (penetračního) nátěru. Ten se nanese válečkem, případně nátěrem penetrační látky. Barevný odstín penetračního nátěru musí odpovídat odstínu omítky.

#### **2.4.9 Provedení konečné povrchové úpravy**

Druh, struktura a barevný tón konečné povrchové úpravy vytvořený omítkou, nebo omítkou s nátěrem se určuje v dokumentaci ETICS. Nejnižší požadovaná světelná odrazivost použitých barevných odstínů konečné povrchové úpravy je určena v dokumentaci ETICS. Součinitel světelnosti má být větší než 25 %. Při provádění omítky, nebo omítky s nátěrem se zabezpečí ochrana před znečištěním přilehlých stavebních konstrukcí a osazených vrtaných prvků. Příprava omítky, případně nátěrové látky a práci

s ní určuje dokumentace ETICS. Do výrobků se nesmí přidávat přísady, pokud to dokumentace ETICS nepředepisuje.

Omítka se na suchou a neznečištěnou výztužnou vrstvu, případně na suchý a neznečištěný penetrační nátěr, nanáší ručně, nebo strojem s časovým odstupem, určeným dokumentací ETICS. Struktura se obvykle zhotovuje ručně. Omítka, případně její nátěr se nanáší směrem dolů. Hladké ucelené plochy se mají provádět v jednom pracovním záběru. Přerušování práce se připouští na hranici plochy stejné barvy na rozích a na jiných vodorovných a svislých hranách. Případná nátěrová vrstva se na omítku nanáší válečkem, a to s časovým odstupem podle dokumentace ETICS.

## **2.5 Požární bezpečnost při zateplování**

Zateplování objektů s sebou přináší i dodatečnou montáž nových materiálů a tím i jejich vliv na stavbu. Tuto okolnost si musíme dobře uvědomit při konstrukčním návrhu a zohlednění požadavků požární bezpečnosti staveb. Kromě vlastností samotného materiálu sehraává zde důležitou roli druh objektu (bytový, obchodní atd.), počet podlaží, typ obvodové stěny (plná, stěna s otvory) a umístění objektu (bodový, řadový, skupinový). Základním aspektem při hodnocení konstrukce z hlediska požární bezpečnosti při zateplování je požární odolnost, druh konstrukce, stupeň hořlavosti použitých materiálů a předpoklad šíření plamene po povrchu. Zásadně se vychází z ČSN 73 0802 a ČSN 73 0804. U prací týkajících se interiéru stavby musíme zajistit bezpečný únik osob, který může být novými stavebními úpravami ohrožen nebo ztížen.

Z hlediska požární bezpečnosti je důležité, aby u konstrukcí dodatečného zateplení obvodových stěn, a to včetně požárních pásů a částí obvodových stěn zasahujících do požárně nebezpečného prostoru, bylo splněno několik kritérií. Tepelně izolační vrstvy z umělých hmot je možné použít jen u budov do výšky 22,5 m a navíc osoby unikající z těchto budov nesmí být ohroženy případným odkapáváním těchto hmot při jejich hoření. Tepelně izolační vrstvy musí být vyrobeny z těžce hořlavých hmot u objektů s výškou 9-22,5 m, přičemž u objektů s výškou do 9 m nejsou na tepelně izolační vrstvy kladeny žádné požadavky. Tepelně izolační vrstva musí být provedena z nesyňlavých hmot u objektů s výškou větší než 22,5 m. Proto k jednotlivým typům zateplovacích obalových konstrukcí budov je nutné přistupovat individuálně a prokázat jejich použitelnost

z hlediska požární bezpečnosti. Při realizaci stavby si musíme dát pozor, aby byl použit materiál s požadovaným a schváleným stupněm hořlavosti. Při používání zahraničních materiálů je nezbytné ověření stupně hořlavosti dle ČSN, protože zkoušky provedené podle zahraničních standardů nejsou u nás uznávány. Posouzení dodatečných tepelných izolací z hlediska požární bezpečnosti se provádí při certifikaci nebo schvalování výrobku. [4]

## **2.6 Výhody zateplování stavebních konstrukcí systémem ETICS**

### **2.6.1 Snižování tepelných ztrát**

Díky zateplovacímu systému ETICS pocítujeme okamžité finanční úspory na vytápění, ale také celou řadu dalších výhod z oblasti techniky i ekonomiky. Hlavním důvodem zateplování obvodových plášťů je snižování tepelných ztrát budov prostupem tepla. Možnosti úspor na nákladech za vytápění u zrekonstruovaných budov jsou mezi 30 – 60 %. Zhotovením zateplovacího systému dojde ke zvýšení tepelného odporu konstrukce oproti tepelnému odporu původní nezateplené konstrukce. Snížením provozu topné soustavy bude prodloužena její životnost. U novostaveb použitím zateplovacího systému snížíme nejen dlouhodobé náklady za vytápění, ale také počáteční náklady na topnou soustavu s nižším výkonem.

### **2.6.2 Zabránění teplotních změn**

Další výhodou zateplování budov je částečné zabránění vzniku teplotních změn v konstrukci. V zimním období dochází ke zvýšení povrchové teploty konstrukce, což má příznivý vliv na snížení rizik kondenzace vzdušné vlhkosti na povrchu konstrukce a zvyšování tepelné pohody. V letním období naopak dochází ke snižování povrchové teploty, která má příznivý vliv na ovlivnění nejvyšší denní teploty vzduchu uvnitř místností.

### **2.6.3 Životnost fasády a nosné konstrukce**

Zateplovacím systémem je ovlivněna i životnost fasády a nosné konstrukce. Obvodový plášť je namáhán klimatickými vlivy, které značně snižují jeho celkovou životnost. Hlavní vliv na životnost má teplotní namáhání střídáním vysokých a nízkých teplot venkovního vzduchu. V zimním období je konstrukce namáhána mrazem, naopak v letním období je konstrukce vystavena účinkům slunečního záření. Aplikací vnějšího

zateplovacího systému dochází k potřebnému snížení teplotního namáhání nosné konstrukce obvodového pláště. Systém funguje jako tzv. termoštít, který chrání konstrukci.

#### **2.6.4 Zlepšení mechanických vlastností**

Mezi další výhody zateplovacího systému patří zlepšení mechanických vlastností nosné konstrukce. V případě, že je ve stádiu přípravy povrchu zjištěna špatná kvalita povrchu, je nutné před realizací zateplovacího systému provést sanaci. Sanace je nutná také v případě nevyhovujícího styku panelů ve styčných spárách mezi panely u panelových objektů. Oba případy sanace mají za následek zlepšení mechanických vlastností nosné konstrukce podkladu, na který je realizován zateplovací systém.

#### **2.6.5 Zlepšení estetických vlastností, ochranná funkce povětrnostním vlivům**

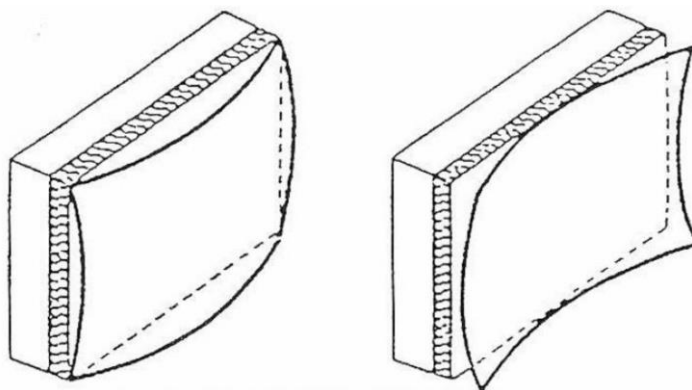
Při šetrném a správně provedeném zateplení je možné docílit výrazného zlepšení estetických vlastností celé konstrukce realizací nové povrchové úpravy a dále souvisejících doprovodných stavebních prací. Nová povrchová úprava také, při správném provedení, plně funkci ochrannou proti povětrnostním vlivům. [8]

Mezi další technické výhody zateplovacího systému patří například možnost nainstalování tepelných čerpadel a solárních panelů. Obvodová konstrukce také lépe akumuluje, což vede k menšímu kondenzačnímu riziku, nebo omezení vzniku plísní. Zamezí také vzniku tepelných mostů. Správně zvolený zateplovací systém u novostaveb může způsobit zmenšení tloušťky konstrukce a získat tak prostor navíc.

### **2.7 Nevýhody zateplování stavebních konstrukcí systémem ETICS**

Kontaktní zateplovací systém je stále poměrně nová technologie, proto nejen samotným prováděcími firmám, ale i projektantům a investorům chybí dostatek zkušeností a dlouhodobých informací s realizací systému. Při výstavbách nízkoenergetických a pasivních domů je velice důležité samotné udržení kvality detailů v provádění, které vyžaduje zvýšený stavební dozor v oboru stavební fyziky. Čím více dochází k používání kontaktního zateplovacího materiálu, tím více dochází k vadám, poruchám a haváriím materiálu. Jednou z hlavních příčin je snaha o co nejlevnější provedení ETICS, což vede k nákupu neoriginálních a necertifikovaných dílů, které nejsou přesně uvedené

v dokumentaci ETICS. Častým problémem je tzv. polštářový efekt, který se projevuje ihned po provedení, nebo v krátké době po montáži a má vliv především na životnost systém. Polštářový efekt signalizuje děje ve fasádě a je dobré se jimi včas zabývat a informovat prováděcí firmu, která má osvědčení a je členem profesního sdružení. Toto bývá zárukou toho, že firma používá systém dodávaný výrobcem a má k dispozici příslušné technické zázemí. Příčinou je dále nekvalitní montáž, která vede k teplotnímu namáhání. Důležité je zejména správné přilepení desky po obvodu, aby nedocházelo k rozpínání povrchové vrstvy desky směrem ven a při mrazech naopak ke smršťování desky směrem dovnitř. Není-li deska přilepena pevně po svém obvodu, pak se začnou pohybovat kraje desky, které způsobí velmi rychle prokreslení desky armovací vrstvou na povrch. U polštářového efektu se většinou jedná o 0,1-0,3 mm velké změny, výrazné zejména při bočním světle.



Obrázek 18 – Rozpínání a smršťování desek při nízkých teplotách [14]

### 3 Biotické napadení staveb

Biotické napadení neboli biologická degradace zahrnuje degradační procesy indukované nebo podmíněné působením života organismů, které se projevuje fyzikální degradací (například zvětšení kořenů nebo houbových vláken do substrátu) nebo chemickou korozí (rozpuštění substrátů, například „lichenových“ kyselin). To znamená, že působící tlaky vedou k materiálové nebo chemické přeměně některých složek.

Biologická degradace znamená jakoukoli změnu vlastností technických materiálů způsobenou životními aktivitami organismů, jako jsou mikrobi, hmyz, hlodavci, ptáci,

ale i lidé. Existuje spojení aktivních látek – biodetergentů a pasivních látek – materiálu v procesu koroze, který může být substrátem pro mikroorganismy. Se systémem biodetergentů je materiál otevřený a neživý materiál není schopen tento útok sám bránit. Interakce biodeteriogenů a materiálu jsou typické pro různé formy biologického poškození. Praktické účinky této interakce jsou změny materiálů: funkční (mechanické, elektrické, optické, chemické) a morfologické (barevné skvrny).

Stavební materiály, jako např. pískovec, mramor, vápenec, metamorfní horniny, ale také karbonovaný beton, mohou být velmi dobrým podkladem pro různé druhy mikroorganismů, které v tomto případě mohou velmi dobře růst. Jsou mikrobi, které odolávají nízkým teplotám (psychrofilní) a některé mikrobi dokáží tolerovat i vysoké pH ve stavební konstrukci (alkaliphile). Salinický výkvět na stěnách také není výjimečný a je na něm celá řada speciálních bakterií (halofilní). Organismy, které mohou žít s nízkým koncentrátem živin a vody ve velkém množství ve stavebních materiálech jsou oligotrofy a osmofily.

Stavební budovy jsou obecně vhodným místem pro vývoj mikrobů, mezi hmyzem ničící dřevo a hlodavci, zde najdeme také útočiště pro ptáky a členovce. Nejčastěji vyskytující se mikroorganismy v budovách jsou mikromycety – houby, plísňe, řasy, drobnější hmyz, zejména pak roztoče. Problém mikromycetů spočívá v tom, že vyrábějí kyseliny, toxiny a produkují organické kyseliny, jako je kyselina mravenčí, octová, propionová, citronová, šťavelová a další. To může snížit pH stavebních materiálů, zejména v zemědělském a potravinářském průmyslu, ale i na jiných místech, kde mají dostatečnou zásobu živin, vápníku a především vlhkosti.

Metody používané k rozpoznávání toxinů jsou zejména nespecifické metody chromatografie na tenké vrstvě, kapalinové chromatografie, plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrie. [16]

### **3.1 Biologická koroze staveb**

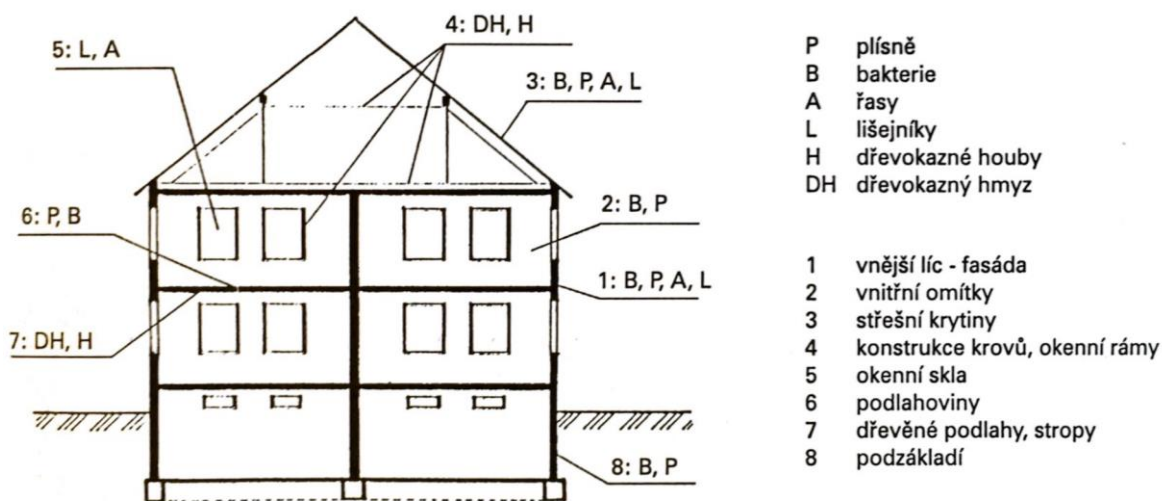
Obor biokoroze technických materiálů bývá rozdělován následovně:

- Podle prostředí – atmosférická biokoroze:
  - Půdní
  - Ve vodě
- Podle materiálů – biokoroze silikátů:
  - Plastů



- Pryží
- Kovů
- Nátěrů
- Podle oboru – biokoroze staveb:
  - Elektrotechnických zařízení
  - Dopravní a letecké techniky
  - Archivních materiálů

Problematika biokoroze ve stavebnictví je v současné praxi zúžena ponejvíce na dvě základní otázky – na diagnostiku a likvidaci dřevokazných hub a likvidaci plísní v bytových prostorách. Další skupiny organismů – bakterie, řasy, lišejníky, synantropní členovci, hlodavci, případně vyšší rostliny, se nejeví pro praxi tak zajímavé, ovšem škody na stavebním díle jimi způsobené nebývají o nic menší. Navíc jen u mikrobů je jejich destrukční činnost často přičítána pouze vlivu vlhkosti, případně vlivu výkvětovných solí a biologická podstata pozorované destrukce uniká.



**Obrázek 19 - Místa největší aktivity biologických degradačních činitelů [17]**

Je všeobecně známo, že působení přírodních činitelů na stavební díla je vždy komplexní a stavební dílo má být také proti působení těchto činitelů komplexně chráněno. Protože biokoroze patří rovněž mezi přírodní činitele, je nutné i u nich znát všechny jejich projevy a hlavně počítat s fenoménem biokoroze již v projektové dokumentaci.

Příznaky biokoroze usvědčují totiž stavebníka buď z technologické nekázně nebo z přílišné úspory materiálu, z podceňování biokoroze či dokonce z neznalosti celého jevu.

Níže je uvedený přehled významných závad stavebního díla vzniklých spolupůsobením mikroorganismů tak, jak se nejčastěji projevují.

**Tabulka 4 – Závady na stavbách způsobené mikroorganismy [17]**

<b>Mikrobi ovlivňují</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Korozi pískovců, vápenců, mramoru, cementového kamene, opuky a cihel</li><li>▪ Deskovou korozi omítek</li><li>▪ Tvorbu krusty a práškové zóny na stavebním kameni</li><li>▪ Rozpad malty ve spárách zdiva</li><li>▪ Zvyšování vlhkosti zdiva</li></ul>
<b>Mikrobi způsobují</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ztrátu pevnosti dřevěných konstrukcí</li><li>▪ Ztrátu elasticity asfaltových krytin a hydroizolačních fólií</li><li>▪ Ztrátu průhlednosti historických skel</li><li>▪ Plesnivění malířských hlinek</li><li>▪ Estetické závady</li></ul>

Veškerým shora uvedeným závadám je možno předejít úpravou vlhkostních podmínek objektů nebo zdokonalením stavební technologie. Na stavebním díle však existují místa, vyžadující zvláštní pozornost. Je to oblast těsně pod horizontální izolací objektů (vytvořenou ponejvíce asfaltovými izolačními pásy) nebo oblast vlhkého zdiva, kde jsou aplikovány infuzní clony. [17]

Většina stavebních objektů není pro život mikroorganismů příliš příznivá. Přesto se často na stavebním díle objevují desítky rodů mikroorganismů, které podle nyní přijaté definice můžeme plným právem počítat mezi tzv. extrémofily. Jsou to organizmy, které vyžadují ke svému životu výjimečné podmínky, které bývají naopak pro jiné organizmy nepřijatelné.

**Tabulka 5 – Typy extrémofilů (mikrobů) vyskytující se podle prostředí [17]**

<b>Extrémofily</b>	<b>Charakteristika prostředí</b>
Termofily	Vysoká teplota 50 – 110 °C
Psychrofilny	Nízká teplota 5 – 20 °C
Acidofily	Kyselé pH < 2
Alkalofily	Alkalické pH > 9
Halofily	Velká koncentrace solí 3 - 20 %
Barofily	Velký tlak (až 750 MPa)
Oligofily	Malé koncentrace organického substrátu
Osmofily	Nedostupnost vody

Je zřejmé, že na stavbách musí mikrobi žít většinou v nízkých teplotách (psychrofilny) a mnohdy snášet i vysoké pH (alkalofily). Výjimkou nejsou ani solné výkvěty na zdivu, na kterých žije řada specializovaných bakterií (halofily), ani nízké koncentrace živin a vody, která je vázána značnými silami ve stavebních materiálech (oligofily, osmofily). V některých případech jsou naopak stavební objekty vhodným místem pro rozvoj dřevokazného a synantropního hmyzu a hlodavců. Poskytují také úkryt členovcům a ptákům. Z hlediska četnosti výskytu se ve stavebních objektech nejčastěji setkáváme s mikromycetami, s různými formami synantropního hmyzu, zvláště s roztoči, kteří jsou metlou zejména ve velkoměstech.

Aby bylo možné blíže se věnovat otázkám, které souvisejí s výskytem biologických činitelů na stavbách, je nutné uvést jejich základní charakteristiky, jak mikroorganizmů, tak hmyzu i vyšších živočichů. Bez těchto kapitol by byl další výklad pro nespecialisty málo srozumitelný. [17]

## 4 Biotické napadení systém ETICS

V dnešní době existuje již mnoho studií, které poukazují i některé podrobně popisují mechanismy, které zapříčiňují jednotlivé vady a poruchy vnějších zateplovacích systémů ETICS. Tyto důvody souvisejí s výskytem tepelných mostů, nevhodně navržených kotvení, nebo špatné provedení ETICS ze strany zhotovitele. Takové příčiny vad a poruch můžeme odhalit zpravidla pomocí infračervené termografie.

K biotickému napadení může docházet již v prvních letech (nejčastěji okolo 5 let) od provedení realizace zateplení. Biotické napadení nezhoršuje pouze estetické vlastnosti nové fasády, ale může mít i negativní vlivy na ochrannou funkci budovy. Bohužel ani kvalitní návrh účinného zateplení domu od projektanta nemusí znamenat, že budovu nikdy biotické napadení nepostihne.

Za posledních pár let přibylo domů s hnědými, zelenými, šedými nebo černými útvary, které jsou výrazněji viditelné i na novějších fasádách světlejšího odstínu. Tyto barevně znehodnocující útvary jsou způsobeny vzniklými a rostoucími plísněmi, organismy a mikroorganismy, které mají vliv na degradaci omítky. Základní podmínkou pro růst a následné množení organismů a mikroorganismů na fasádách venkovního prostředí je vlhkost vznikající uvnitř kontaktního zateplovacího systému. Čím je silnější vrstva izolace (pěnového polystyrenu), tím se zvyšuje pravděpodobnost vzniku a růstu různých organismů na fasádách. Bývá to z důvodu nedostatečného zahřívání povrchové vrstvy budovy v jarních, podzimních a převážně zimních měsících unikajícím teplem z budovy.

Z hlediska biotického napadení fasád se můžeme setkat s následujícími organismy:

- Houby
  - Plísně
  - Tmavě pigmentované houby
  - Kvasinky
  - Asexuálně tvořené spóry
  - Sexuální fruktifikace
- Řasy
- Mechy
- Lišejníky

Rozšíření řas a hub v přírodě odpovídá také výskytu na stavbách. Růst mikroorganismů na fasádách vždy umožňují tři rozhodující kritéria: současná přítomnost klíčivých mikroorganismů, příhodné klimatické podmínky a vhodná výživa v místě jejich rozmnožování. Okolní prostředí vždy obsahuje početné výtrusy hub a buněk vodních řas, které jsou často vázány na částice prachu a roznášeny vzduchem. Snadno se usadí na nová místa a za příznivých životních podmínek (klíma a dostatečná výživa) dorůstají z neviditelných mikroskopických malých „zárodků“ do viditelných kolonií. Při posuzování výskytu řas a hub na budovách stojí vždy v popředí pátrání po zdroji výživy a vlhkosti. [18]

## 4.1 Houby

Houby stejně jako řasy procházely různými vývojovými liniemi, proto jsou velmi mnohotvárné a různě vyvinuté. Ve stavebnictví a na fasádách nalézáme některé typické houby. Řadíme k nim všechny dřevokazné houby (příbuzné s těmi tradičními z lesa), ale i černé houby na fasádách a mnoho tzv. plísní.

Houby jsou odkázány na organický materiál, který jim dodává energii a uhlík. Tak jako člověk (dýcháním) zpracovávají a získávají tyto pro ně vhodné organické látky a tak získávají energii a uhlík. U mikroorganismů jsou jejich spóry odkázány na vlhkost prostředí, kterou potřebují ke klíčení a růstu. Spóry jsou životní vývojové stupně pro přetrvání periody sucha, ale také k hromadnému rozšíření.

Jak jsme uvedli výše, houby se dělí do několika kategorií:

- Plísně
- Tmavě pigmentované houby
- Kvasinky
- Asexuálně tvořené spóry
- Sexuální fruktifikace

Plísně jsou kolonií, která roste na podkladu, ale také se projevuje jako vzdušné mycelium nebo spórotvorný povlak (jeho od podkladu odstupující části vytvářejí zplesnivělý vzhled). Mohou to být houby jak tmavé anebo i houby nebarevné.

Tmavě pigmentované houby se vyznačují tím, že v buněčných stěnách mají uložen tmavý pigment, často je to melaninové barvivo. Růst houby je proto patrný díky barvě houbových buněk. Do této skupiny patří všechny kolonie na fasádách, měnící barvu nátěru, ale patří sem také modré houby popisované v ochraně dřeva.

Kvasinky se rozmnožují asexuálně tzv. pučením tak, že se vytvoří na jedné mateřské buňce vychlípenina (dceřiná buňka) a jako pupenec se uvolní.

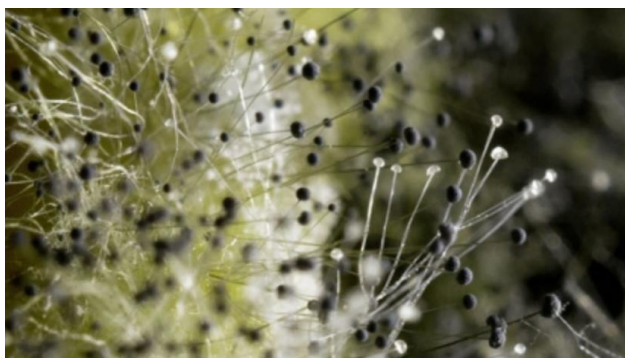
Asexuálně tvořené spóry – u typické plísně se spóry vyvíjejí dělením buněk na jednom speciálním houbovém vlákně – výtrusnici. U jiných skupin se mohou houbová vlákna sama dělit a z každé buňky pak vznikne jeden výtrus, který se nazývá spóra.

Sexuální fruktifikace nevznikne jako jednoduché oddělení nebo vychlípení z jednoho výtrusu, ale je to výsledek splynutí dvou buněčných jader a následného redukčního dělení souboru chromozomů. Příkladem jsou všechny kloboukaté lesní houby, ale také nepatrné plodnice nižších hub (plísně apod.)

#### **4.1.1 Plísně**

Plísně jsou mikroskopické houby, vyskytující se na místech se zvýšenou vlhkostí. V přírodě se nejčastěji vyskytují na rostlinném odpadu a v půdě. Nejvhodnější podmínkou pro růst plísni je teplota okolo 25 °C, proto se plísním nejvíce daří v domech s vlhkými zdmi a v přírodě od jara do podzimu. Ovšem jsou i druhy plísni, které rostou i při teplotách pod 10 °C. Proto se plísně vyskytují i na zdech domů, ve kterých se delší dobu nevytápí. Z okolního ovzduší jsou zanechány na zdech mikročástice organických hmot, které slouží jako živiny pro růst plísně.

Plísně se rozrůstají pomocí rozmnožovacích útvarů zvané spóry. Při styku spóry na vlhkém místě s živinami začne spóra klíčit, následně roste a vytvoří reprodukční orgán. Tyto orgány uvolňují zralé spóry do okolí, které jsou ve velké míře i nebezpečné pro člověka, protože vyvolávají alergie včetně astmatického onemocnění. Produkce organické látky, známá jako plísněvý zápach, může poškozovat sliznici dýchacích cest, dráždí oči, pokožku, způsobuje bolest hlavy, ale i další zdravotní komplikace.



Obrázek 20 – Mikroskopicky zvětšená plíseň [19]

#### 4.1.1.1 Plísně na fasádách

V prvních momentech, kdy si všimneme znehodnocení fasád plísní, je estetická stránka. Ihned po takovém zjištění bychom se měli začít zabývat příčinou vzniku plísní. Pokud se problém odkládá, případně neřeší, dochází k rostoucímu působení odpadních látek metabolických přeměn na povrch ETICS. Plísně postupně začínají zarůstat do štěrbin mezi materiály, převážně do spár desek izolačních materiálů, kde způsobují objemové změny materiálu a tím i degradaci vrchní vrstvy kontaktního systému ETICS. Zateplovací systém se dále začne stále více otevírat a umožňuje tak přístup dalším mikroorganismům do materiálu.

Z povrchu fasád, kde probíhá k postupnému rozmnožování plísní, se volně uvolňují spóry, které se dostávají ve velkém množství dál do ovzduší. Spóry se při větrání nemovitosti mohou dostat i do vnitřního prostředí bytových jednotek a domů. Proto výskyt osob, které jsou citlivé k alergiím na spóry, je pobyt v tomto prostředí nepřijatelný.



Obrázek 21 – Mikroorganismy na omítkách ETICS [3]

#### 4.1.1.2 Možná příčina vzniku plísní na fasádě

Plísně jsou organismy závislé na chladném a vlhkém prostředí a dokáží rozsáhlými koloniemi zastínit i celou plochu fasády v relativně velmi krátkém časovém intervalu. Rozhodující vliv má aplikace větší vrstvy tepelné izolace. Pro dosažení minimálních U-hodnot se doporučovala na stěnu tloušťky 18 cm z pálených cihel s omítkou minimálně stejná tloušťka izolantu. Což bylo přepočítáno na omítnuté polystyrenové desky:

**Tabulka 6 – Tloušťka tepelné izolace podle roku provedení [18]**

Rok provedení zateplení	Tloušťka tepelné izolace [cm]
1977	2
1980	4
1988	5
1999	8
2015	16

Ve skutečnosti však byla tato minimální izolační tloušťka z různých důvodů (zákony a vyhlášky, vyšší komfort, solární domy atd.) většinou značně překročena. V osmdesátých letech byla používána tloušťka izolace mezi 5 až 10 cm, v devadesátých letech byla většina objektů zateplena izolací s tloušťkou mezi 8 a 14 cm. V dnešní době se obvykle aplikují izolační vrstvy tloušťky 14 až 20 cm. Příznivým efektem sice je, že přes mohutnější vrstvu izolace uniká v zimě z budovy méně tepla, avšak venkovnímu povrchu stěny je z tohoto důvodu přiváděno tepla méně, a to znamená, že je chladnější. Omítnutá stěna z pálených cihel o tloušťce 18 cm s venkovní omítnutou tepelnou izolací tloušťky 5 cm má v zimě vyšší venkovní povrchovou teplotu než stejná nosná konstrukce s 15 cm tepelné izolace. Následkem chladnějšího povrchu se na něm vytváří častěji a v delším časovém úseku kondenzát, což zřejmě dodává mikroorganismům potřebnou vlhkost pro jejich růst. [18]





**Obrázek 22 – Plísně na fasádách domů zateplených systémem ETICS**

#### **4.1.1.3 Kdy zvládneme odstranění plísně sami a kdy je potřeba vyhledat odbornou pomoc**

Nárůst plísní malého rozsahu, například velikosti špendlíkové hlavičky, je možné odstranit jen aplikací dezinfekčního přípravku. U všech větších poškození je však provedení dezinfekce i prevence nutností. Při velkém poškození je odborná konzultace nutná, nejlépe je svěřit práci specializovaným odborným firmám. Špatně provedený zásah se po nějaké době může projevit opětovným růstem plísní. V těchto případech pak plísně rostou i pod malbou nebo tapetou. [20]

#### **4.1.1.4 Výběr vhodného přípravku**

Výběr vhodného přípravku je velmi důležitý. Některé z přípravků mají pouze dezinfekční účinek – zabijí stávající plísně. Výjimečné jsou přípravky, které mají dezinfekční i preventivní účinek, to znamená, že po jejich užití plísně i na dosud zcela nevysušených zdech po nějakou dobu neporostou.

Přípravky s účinkem proti plísním lze v zásadě rozdělit do čtyř skupin:

- Přípravky s obsahem chloru
- Přípravky s obsahem jiných vhodných chemických látek
- Biologické přípravky
- Nové typy přípravků, nová generace nátěrových hmot

Většina přípravků s obsahem chloru (chlornanů) má jen dezinfekční účinek. Zahubí plísně rychle, ale ty velmi brzy rostou na ošetřených místech znovu. Tyto přípravky nemají prakticky žádné preventivní působení. Při jejich užívání je velmi nutné větrání. Používání těchto přípravků pak poškozuje i zdivo. Do zdiva se dostanou chloridy (hygroskopické soli), které přijímají vodní páru ze vzduchu a zadržují ji v kapalně formě, čímž se zvyšuje vlhkost zdiva, někdy i velmi výrazně. Chloridy vytvářejí bílé neestetické výkvěty na omítkách. Není ojedinělé, že jsou tyto krystaly solí považovány za „nový druh plísně“ a opětovně likvidovány stejným přípravkem. Rozdíl mezi chloridy a „novým druhem plísně“ se pozná snadno – chloridy jdou ze zdiva lehce odstranit zametením nebo vysátím.

Přípravků s obsahem jiných chemických látek je na trhu celá řada. Vybírat dezinfekční i preventivní přípravek je vhodné tak, aby byly navzájem kombinovatelné, nejlépe od jednoho výrobce.

Biologické přípravky proti plísním využívají mezidruhový parazitismus. Mají jednu velkou nevýhodu. Nejsou to přípravky dezinfekční, ale preventivní a bohužel s chemickými dezinfekčními přípravky nejdou kombinovat. Plísně s nimi nelze zahubit. Na trhu je v současné době mnoho nových přípravků. Velkou nadějí jsou prostředky s nanosloučeninami (sloučeninami s částicemi velikosti nanometrů, tj.  $10^{-9}$  m).

Prodává se i nová generace nátěrových hmot, které fungují na základě modifikace nátěrové hmoty. Tyto nátěry mají schopnost aktivně bránit přežívání a rozmnožování plísní. Výhodou je jejich relativně dlouhodobá funkčnost a schopnost odolávat rozkladu vlivem podmínek prostředí (vlhkost, teplota). Tyto nové nátěrové hmoty neobsahují a nepředstavují žádné riziko ohrožení zdraví lidí.

Většina těchto přípravků má preventivní účinky. Jejich dlouhodobé působení však zatím není dostatečně ověřeno v praxi. Jejich výhodou je možnost použít jakýkoli chemický dezinfekční přípravek před jejich aplikací.

Všechny dezinfekční i preventivní přípravky ztrácejí časem účinnost. Vhodnějším opatřením než jejich opakované užívání je odstranění příčiny růstu plísní. [20]

### 4.3 Řasy

Řasy využívají sluneční světlo jako zdroj energie a fotosyntézou produkují živou hmotu – biomasu. K fotosyntéze potřebují, stejně jako vyšší zelené rostliny, tzv. chromatofor s asimilačními pigmenty (např. chlorophyl). Asimilační pigmenty slouží řasám k fotosyntéze a biologům k rozdělení řas do systémových skupin. Rozeznáváme řasy zelené, žlutozelené, červené, hnědé, modrozelené (označované také jako modré) a další.

Systematicky hodnoceno, nejsou modré řasy skutečné řasy, jedná se totiž o zeleně pigmentované bakterie. Pro praktické posouzení obrůstání je však můžeme k řasám počítat, neboť se na budovách fyziologicky projevují jako „opravdové“ řasy.

Na stavebních objektech mimo dosah mořské vody přicházejí ze stávajících skupin v úvahu jen zelené, modré a žlutozelené řasy. Na objektech se z počátku vyskytují jen jako mikroskopické řasy, které se teprve hromadným rozmnožováním projeví jako viditelné kolonie. Tyto v převážné většině zeleně zbarvené organizmy žijí na povrchu materiálu samostatně, vytvářejí nitky nebo kolonie. U porézního materiálu se vyskytují také těsně pod povrchem, tam kde ještě mají dostatek světla k fotosyntéze. Závislost na světlo u všech řas je dobře zřetelná např. ve zpřístupněných jeskyních: tam, kde je instalováno osvětlení, se často zem, stěny a vybavení zbarví do zelena. Při nedostatku světla řasy růst nemohou.

V laboratoři pro pěstování řasových kultur je doporučeno osvětlení o intenzitě nejméně 1000 luxů. Čím je den delší anebo umělé osvětlení déle svítí, tím déle je možný růst. V laboratoři je výhodné umístit stanoviště pěstování řas blíže severně orientovaného okna, to znamená bez přímého slunečního záření a tedy bez prudkých změn teplot.

Mikrořasy tvoří často spolu s ostatními mikroorganismy živý povlak – biofilm, který je ochrannou proti chemikáliím a vysoušení. Aby měly zajištěnou látkovou výměnu a fotosyntézu, potřebují pro svůj růst také dostatek vody. Na fasádě je proto patrný porost řasami zejména v závislosti na počasí. Na konci vlhkého období se často na povrchu budovy zobrazují jako jasný zelený potah. Zelené řasy druhu *Trentepohlia* mohou vytvořit až zářivě červené povlaky. Po vyschnutí fasády se může tento biofilm úplně změnit, někdy se jeví jen lehce našedlý anebo je dokonce prakticky neviditelný. Zvlhčením porost řasami znovu zazelená. Zmiňovaný příjem vody se děje osmózou. Pro zachování životního procesu musí být uvnitř buněk udrženo vodní prostředí. Je-li v okolí více vody než uvnitř buňky, pak následuje vyrovnání následkem osmotického tlaku. Vlivem vyššího příjmu vody přestoupí řasa z klidového režimu do aktivní fáze růstu a fotosyntézy.

Podle jiného se řasy řadí k tajnosnubným rostlinám (těm, které ve skrytu vzkvétají). Při nárůstu se vytvoří z mikroskopicky malých buněk celý biofilm řas, který je často již viditelný z dálky (barevné mapy na fasádě či tzv. inkoustová kresba na skalních stěnách, což jsou stopy po stékání vody, apod.) [18]

### 4.3.1 Řasy na fasádách

Řasy se nejčastěji vyskytují na povrchu vnějšího líce zděných konstrukcí. Potřebují pro svůj život vzdušnou vlhkost, dostatek světla a minerálních látek. To vše jim je poskytováno hlavně na místech, které pro určitý čas zadržují vodu. Proto je u kontaktních zateplovacích systémů zvláště náchylná oblast nadokenních překladů, říms, balkóny, lodžie, parapety oken, odtud se pak šíří na další místa. Na těchto místech je také často viděna čern.

Příčinou růstu řas nad okenními překlady je zpravidla proudění vnitřního vlhkého a teplého vzduchu při větrání a jeho následná kondenzace na chladném povrchu. Zvýšené riziko představují také netěsnící kazety předokenních rolet anebo okna ponechaná často ve větrací poloze. Předejít potenciální nákaze řasou na fasádě je téměř nemožné, protože výtrusy řas se přenáší vzduchem a jsou proto prakticky všudypřítomné.

Stejně jako u výskytu plísně na fasádách, tak i výskyt řas je v současnosti větším problémem, než tomu bylo dříve. Důvod je stejný: přidávání tloušťky tepelné izolace umožňuje zastínění kondenzace vody, jehož výsledkem je snížení teploty vnějšího pláště. Případně i špatně zvolený druh použité omítky může zvyšovat pravděpodobnost výskytu řas na fasádách.

Dalšími činiteli ovlivňující množení řas jsou:

- Rostliny a stromy vyskytující se v bezprostřední blízkosti fasády
- Vodní plochy vyskytující se v blízkosti fasády
- Častá inverze
- Vlhčí mikroklima
- Poloha ve vyšších nadmořských výškách
- Špatné nebo žádné oplechování parapetů

Ideálním řešením je eliminovat všechny výše zmíněné faktory, případně upozornit včas stavební firmu na některý z faktorů, podporující výskyt řas. Zkušená stavební firma pak vybere kvalitní silikonový nátěr, který omezí výskyt řas.

#### 4.4 Mechy

Mechy jsou zelené výtrusné organismy rostlin, u nichž soustava vodivých pletiv dosáhla jen omezeného stupně vývoje, nebo byla druhotně potlačena. Vývojově původnější zástupci mají lupenitovou stélku, vývojově mladší mají stélku rozlišenou na přichytná vlákna, lodyžku a lístky. Některé druhy mají vodivé pletivo – provazce protáhlých buněk, zprostředkujících rozvádění vody a živin. Podle systému se společně s hlevíky a játrovkami řadí do oddělení mechorostů. Je známo asi 10 000 druhů mechů v 700 rodech. V současné době je zaznamenáno v České republice 652 druhů mechů.

Mechy rostou zpravidla pospolitě a pokrývají celé relativně velké plochy. Naším nejběžnějším mechem je ploník, na nevápnitých zamokřených půdách roste rašelíník. Rostliny na bázi odumírají, na vrcholu stále dorůstají. Z odumřelých částí se postupně vytvářejí vrstvy nové. Lístky obsahují úzké buňky s chloroplasty, obklopené velkými odumřelými buňkami s otvory ve stěnách, které jsou za sucha vyplněny vzduchem, za deště vodou, kterou dlouho zadržují. [21]



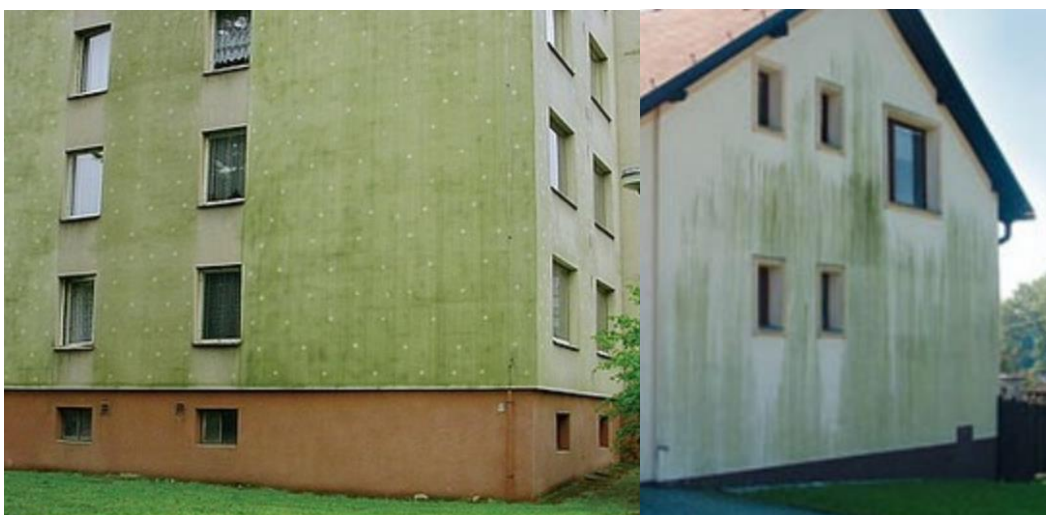
Obrázek 23 – Mechy (Bryopsida) [22]

#### 4.4.1 Mechy na fasádách

Lze konstatovat, že mechy a plísně se objevují již přibližně po 5 letech po realizaci nového zateplovacího systému a to především na severních stranách domů s omítkami na akrylátové bázi. K jejich výskytu, následnému růstu a rozmnožování, bezprostředně potřebují určitý obsah vody. Více náchylná na napadení jsou místa zastíněná stromy nebo vedlejší stavbou, a to z důvodu omezeného přístupu slunečního záření na nakažené místo – slunce povrchy nevysuší, a proto se nemohou projevit ani dezinfekční účinky záření.

#### Základní návod postupu na odstranění mechtů z fasád:

1. Odebrat vzorky a nechat provést rozbor.
2. Podle výsledků rozboru je potřeba určit postup likvidace.
3. Odstranění prachu a nečistot z fasády (např. za použití WAP přístroje).
4. Nechat řádně vyschnout omítku.
5. Provést nátěr likvidačním nebo neutralizačním prostředkem dle pokynů výrobce.
6. Odebrat vzorek omítky a nechat znovu provést rozbor.
7. V případě negativního výsledku rozboru, pokud jde o další existenci mikroorganismů, provést ošetření nátěrem fasády.
8. Provézt druhý nátěr fasády nejlépe barvou na bázi silikonů. [23]



Obrázek 24 – Mechy na fasádách zateplených budov [24]

## 4.5 Lišejníky

Lišejník žije v symbiotickém společenství houby, řas a sinic. Stélky lišejníků tvoří houbová vlákna a v nich jsou rozptýleny buňky sinic nebo zelených řas. K podkladu je lišejník přirostlý přichytnými vlákny. Lišejníky jsou ekologicky vyhraněnou skupinou, schopnou růst na biotopech, na kterých by samotná řasa ani houby nemohly existovat. Vylučovanými kyselinami naleptávají skalnatý podklad. Odumřelé stélky vytvářejí základ humusové vrstvičky, umožňující život vyšším rostlinám. V arktických krajích jsou často potravou býložravců. Jsou vysoce citlivé na znečištění ovzduší. [21]

Lišejníky snášejí extrémní klimatické podmínky – teplota v rozmezí -268 až +100 °C, dlouhá období sucha. Minimální objem vody kolísá mezi 2 až 14 %, pH 5–6 (hraniční 2-9). V řadě případů je u lišejníků pozorována akumulace šťavelanů, která se zvyšuje se stoupajícím stářím organismu. [17]

Rozmnožují se nepohlavně buď odlamováním stélky, nebo vytvářením droboukých tělísek – spletenců podhoubí s buňkami řas či sinic. V současnosti je známo přibližně 17 000 druhů lišejníků, každý rok jsou připisovány nové druhy. Lišejníky jsou považovány za nejpomaleji rostoucí organismy, přestože u nás žijí téměř celoročně. Nejpomaleji na tom jsou druhy s korovitou stélkou, např. lišejník zeměpisný, který roste rychlostí 0,06 - 1 mm za rok. Na druhou stranu se dožívají lišejníky velmi vysoké věku, např. stáří lišejníku zeměpisného se v nejvyšším českém pohoří odhaduje na 200 - 400 let.



Obrázek 25 – Lišejník zeměpisný [25]

### 4.5.1 Lišejníky na fasádách

Tvorba lišejníků na fasádách zateplovacích budov má stejný důvod jako u hub, řas a mechů – vhodné klimatické podmínky, vlhké prostředí, nedostatek světla, případně v přímé blízkosti vyskytující se budova, vysoký porost či stromy. Nejvíce tento problém vzniká na severní a západní straně fasády.

Ze zdravotního hlediska i lišejníky způsobují alergická onemocnění, a proto je dobré se jich co nejdříve zbavit. Dochází také k postupnému znehodnocování fasády: lišejník narušuje strukturu fasádního líce. Začnou vznikat mikropraskliny, které se postupem času (přibližně 12 až 14 let) zvětšují. Proto není prakticky možné odstranění lišejníků z fasády po přibližně 12 až 14 letech bez nutnosti nátěru.



Obrázek 26 – Lišejník na fasádách zateplených budov [26]



## 5 Ochrana a správný výběr vhodných přípravků

### 5.1 Biocidní přípravky

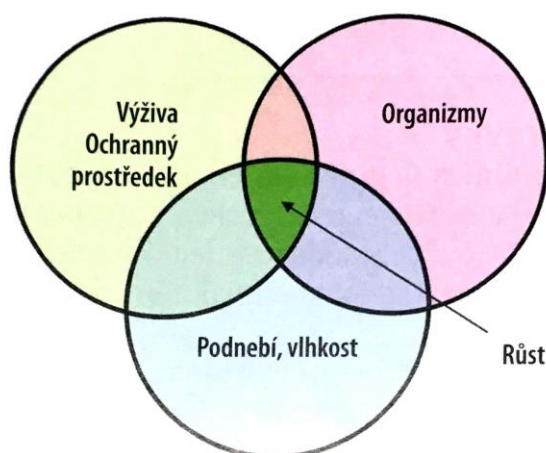
Přídavkem antimikrobiálních účinných látek, tzv. biocidů, je možné porost řasami, houbami a bakteriemi kontrolovat, to znamená jejich růst nejdříve tlumit a postupně omezovat. Takové ochranné prostředky s účinky proti růstu řas a hub jsou dnes jednou z možností, jak nárůstu škodlivých jevů na fasádách zabránit.

Směrnice Evropské unie z února 1998 nově upravuje uvádění biocidních výrobků do oběhu. Za účinné látky jsou pokládány jak chemické látky, tak i mikroorganismy s všeobecným nebo specifickým působením proti škodlivým organismům. Jako škodlivé organismy jsou rozuměny všechny organismy, které jsou mimo jiné nežádoucí nebo škodlivé pro člověka a pro produkty, jež používá nebo pro životní prostředí. Tyto biocidní přípravky vyžadují povolení. Na obalu musí být vždy uvedeny obsažené účinné látky a jejich koncentrace.

U biocidních druhů výrobků náleží podskupina „ochranných prostředků“, ve které se objevují zpravidla následující druhy výrobků: konzervační prostředek obalový, nátěrové ochranné prostředky a ochranné prostředky na dřevo. Další podskupina se týká „prostředků na potírání škůdců“, které jsou podle směrnic určeny jen pro zvířata. Ochranné prostředky jsou naproti tomu ty biocidní výrobky, které se používají k ochraně fasád proti řasám a plísním. Dnešní a budoucí biocidní produkty, jejichž účelem je zabránit nárůstu na fasádách, jsou obchodní produkty s povinností úředního povolení a k jejich složení patří jen omezený počet účinných chemických látek.

Účinné látky a biocidní produkty sledují u barev a omítek více cílů. Hlavním předpokladem mikrobiálního růstu je voda, která je dnes také dominujícím rozpouštědlem těchto výrobků. Dále je zde nutné použití konzervačního prostředku, sloužícího k ochraně výrobku před zkažením ještě dříve, než byl vůbec použit. Používané takzvané obalové konzervační prostředky jsou dobře rozpustné ve vodě a mají za úkol konzervovat produkt jako vodní vzorek v nádobě nebo obalu před mikrobiálním rozkladem. Tuto skutečnost známe také u potravin – jen když jsou potraviny obsahující vodu „konzervovány“ nebo před zabalením sterilizovány, mohou být skladovány při pokojové teplotě. Obalový

konzervační prostředek musí chránit před bakteriemi a plísněmi, které jinak rozkládají zahušťovadla a ostatní aditiva a tím produkt mění ještě dřív, než je nanesen na stěnu.



**Obrázek 27 – Podmínky pro růst řas a hub [18]**

S pomocí ochranného prostředku lze zabránit nárůstu, i když jsou přítomny komponenty pro výživu hub nebo nosiče růstu řas, organizmy vždy v okolním vzduchu, jak již dobře víme, existují. Pomocí ochranného prostředku se mění výživa v protiklad a i přes nepříznivé podnebí k růstu a výživě je zabráněno porostu. Ochranné prostředky jsou však vždy účinné jen po omezený čas, protože se „vyčerpají“. Od obalového konzervačního prostředku se očekává, že přinejmenším znemožní mikrobiální zkázu balení do doby, než je nátěr nebo omítka zpracována. Konzervační prostředky vytvářející ochranný film se liší dobou účinků.

Jako konzervace ochranným filmem nazýváme chemické konzervace hotových nátěrů nebo omítek na fasádě proti mikrobiálnímu porostu, především řasami a houbami. Od nátěru konzervačním filmem se očekává, že zabráni růstu řas a hub na fasádě, protože řasy a houby žijí ve vodní fázi, musí být také vodou likvidovány. Každý mikrobiocid (biocid proti mikroorganismům), algicid (biocid proti řasám) nebo fungicid (biocid proti houbám) musí být do určité míry rozpustný ve vodě, aby mohla být splněna úloha vodní fáze. Nesmí být však zase tak rozpustný, aby byl při prvním dešti vyplaven a z fasády úplně zmizel. Je třeba využít odborných znalostí na to, aby bylo zvoleno vhodné složení produktu pro zajištění dlouhodobé účinnosti konzervace povlakem. V dnešní době není možné tolerovat z důvodu zachování kvality životního prostředí, použití celého širokého spektra chemických látek pro ochranu. Nutnou ochranu je třeba přizpůsobit povolenému

stupni ohrožení, jak okolí, tak složení materiálu a druhu stavby. Některé účinné látky a biocidní přípravky, které byly dříve běžně tolerovány, nejsou dnes již povoleny a musíme počítat s tím, že z důvodu zachování životního prostředí zmizí v budoucnu i další chemické látky.

Cílem biocidních přípravků k ochraně nátěrů a omítek proti porostu je specifický antimikrobiální účinek. Ke konzervaci nátěru proti porostu hub stačí fungistatický účinek. Naproti tomu fungicidní účinek má mít přípravek, který má zničit již existující porost. Antimikrobiální účinky obsahují všechny přípravky a pro každý možný případ je označení zvlášť upřesněno.

**Tabulka 7 – Druhy biocidních přípravků [18]**

<b>Druh biocidních přípravků</b>	<b>Působení</b>
Antimikrobiální	Působí proti mikroorganismům
Antibakteriální	Působí proti bakteriím
Antimykotický	Působí proti houbám
Biocidní	Usmrcuje živé organizmy
Mikrobiocidní	Usmrcuje mikroorganismy
Baktericidní	Usmrcuje bakterie
Algicidní	Usmrcuje řasy
Fungicidní	Usmrcuje houby
Biostatický	Potlačuje růst živočichů
Bakteriostatický	Potlačuje růst bakterií
Algistatický	Potlačuje růst řas
Fungistatický	Potlačuje růst hub

Od té doby, co problémy s kulturami řas a hub na fasádách s tepelnou izolací velmi narostly, musí být stavebníci, např. dle švýcarské stavební normy, informováni o problémech s řasami a houbami a také o tom, jak mohou být úspěšně likvidovány. To je ovšem možné, pokud existují k tomuto účelu schválené biocidní produkty. Antimikrobiálně koncipované nátěry jsou různého druhu – účinné látky jsou obsaženy v potřebné koncentraci jako přísada v nátěru nebo omítce. Vlivem povětrnosti a postupným vyluhováním se obsah účinných látek pozvolna redukuje, až nakonec mikrobiální účinek zmizí. Jednou z úloh dnešního výzkumu a vývoje je prodloužit dobu antimikrobiálního účinku. Jednou z dalších možností vytvoření antimikrobiálně působícího povlaku je formulace bioaktivního povrchu za pomoci imobilních účinných látek. Imobilní účinné látky jsou vázány na vlastní materiál a nemohou být vyplaveny, lze tedy očekávat jejich „permanentní účinek“. Tento druh a způsob ochrany je však ještě ve fázi výzkumu. [18]

## **6 Údržba a sanace ETICS**

Fasáda napadená řasami a houbou se uvedenými postupy očistí a ochrání. Předpokladem je, že omítka je jinak v dobrém stavu. To znamená, že je prakticky bez trhlin a nemá dutá místa.

Jak již víme, účinky opatření mají jen omezenou dobu účinnosti. Ochranné prostředky musí být rozpustné ve vodě. To je hlavní důvod, proč se postupně časem vymývají. Doba účinku je velmi silně závislá na povětrnostních podmínkách působících na fasádu, na množství přidaných aditiv a jejich vlastností a nemůže být předem s potřebnou přesností odhadnuta. Všechna opatření tudíž musí zabránit nárůstu za těch nejnepríznivějších podmínek a to po dobu nejméně 8-10 let. Při obnoveném porostu musí být všechna opatření opakována.

### **6.1 Údržba ETICS**

U moderních kancelářských budov s fasádami ze skla a kovu jsou montována celá fasádní čistící zařízení, aby zůstala zachována stále jasná viditelnost. U transparentních stavebních prvků je na první pohled patrné, jak se na jejich povrchu usazují nečistoty. Nánosy na vnější straně skleněných tabulí se usazují nejen na okenním skle, nýbrž také na neprůhledných omítnutých plochách. Jelikož mají hrubší strukturu, zadržují se na tomto povrchu dokonce ještě více materiálu. Polétavý prach pochází z přírody a z techniky. Vítr

víří prach ze země a roznáší jej po krajině. Na druhé straně díky tomuto procesu přežije spousta rostlin, protože jejich semena a pyl jsou roznášeny větrem. Jemný prach z techniky pochází např. mimo jiné z obrusu povrchu vozovky a brzd vozidel.

Také různé komíny a výfukové systémy produkují částice prachu, které se také usazují. Nevhodný způsob smývání znečištění z povrchu fasád velmi škodí celkovému vzhledu. Současně je vytvořený nános základem výživy pro usazené výtrusy hub. Ve městě střední velikosti je v prachu, který je větrem roznášen a usazuje se na fasádách, podíl organického materiálu kolem 50 %. Vlivem nečistot se také mění hospodaření povrchu s vodou. Původní čistý hydrofobní vnější povrch se stává po zanesení vrstvou prachu hydrofilním. Tímto faktem se také pomalu mění podmínky růstu mikroorganismů ve prospěch přírody. Z tohoto důvodu by bylo vhodné fasády, které jsou náchylné pro nárůst, pravidelně čistit. K tomu nejsou zapotřebí žádné nákladné instalace a až do výšky tří poschodí lze fasádu čistit bez lešení přímo z terénu. Jde spíše o preventivní opatření, které nárůst na jinak intaktní konstrukci časově zdrží, ale pravděpodobně mu nemůže úplně zabránit. Toto ochranné čištění se má provádět především na podzim, po pylovém náletu a ještě před obdobím kondenzace.

## **6.2 Sanace ETICS**

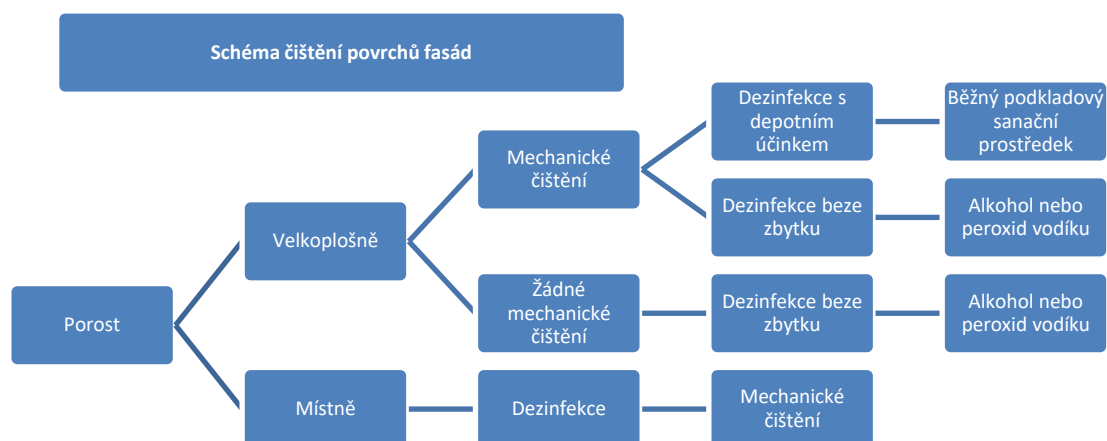
V lékařství a biologii platí zásada, vždy nejdříve dezinfikovat a potom čistit. Důvod je následující – při tomto postupu jsou nejdříve usmrceny zárodky a pak jsou teprve smyty. Toto pořadí správné v laboratoři však v praxi stavební činnosti znamená, že při očistě fasády je zbytek dezinfekčního prostředku smyt a může vniknout do okolního prostředí.

Proto se dnes nedoporučuje u velkoplošného nárůstu sanační činnosti používat obtížně rozložitelné dezinfekční prostředky. Je lepší nárůst nejprve mechanicky odstranit, například vysokotlakým čištěním. Poněvadž toto čištění obvykle nedostačuje k eliminaci porostu, je třeba současně s podkladovým sanačním prostředkem zbývající porost nebo ještě existující buňky a mikroorganismy usmrtit, aby se nový ochranný nátěr aplikoval již na čistý základ.

Z hlediska posouzení antimikrobiálních účinků jsou k sanaci podkladu vhodné různé ochranné prostředky. Rozlišují se podle způsobu působení. Zatímco některé produkty svou účinnost jen zvolna rozvíjejí a potom určitý čas působí na místě nasazení, vyznačují se např. Per-sloučeniny (s peroxidem vodíku) tím, že se jako silné oxidační

prostředky během svého působení odbourávají k neúčinnosti. Jako produkt rozkladu zůstává voda a kyslík.

Důvodem, proč je dezinfekce s peroxidem vodíku obzvláště vhodná, je potřebná ohleduplnost k životnímu prostředí. Nelze, však od ní očekávat trvalý účinek při zabraňování růstu. Další předností dezinfekce peroxidem vodíku pak je, že při použití na lokálních porostech s následným mechanickým čištěním nejsou uvolňovány žádné mikrobiocidy, které by mohly mít vedlejší zdravotní účinky. Kde však lze předpokládat určitý depotní účinek při použití dezinfekce s peroxidem vodíku, pak je nutné zvolit jiný prostředek. Při jeho aplikaci je však třeba dbát na to, aby přípravek nevníkl do okolního prostředí. Dodavatelé jednotlivých ochranných prostředků musí proto poskytnout návody pro nutná bezpečnostní opatření při jejich aplikaci. To se týká jak bezpečnosti samotného uživatele, tak také ochrany životního prostředí. [18]



**Obrázek 28 – Kritéria k volbě sanace podkladu [18]**

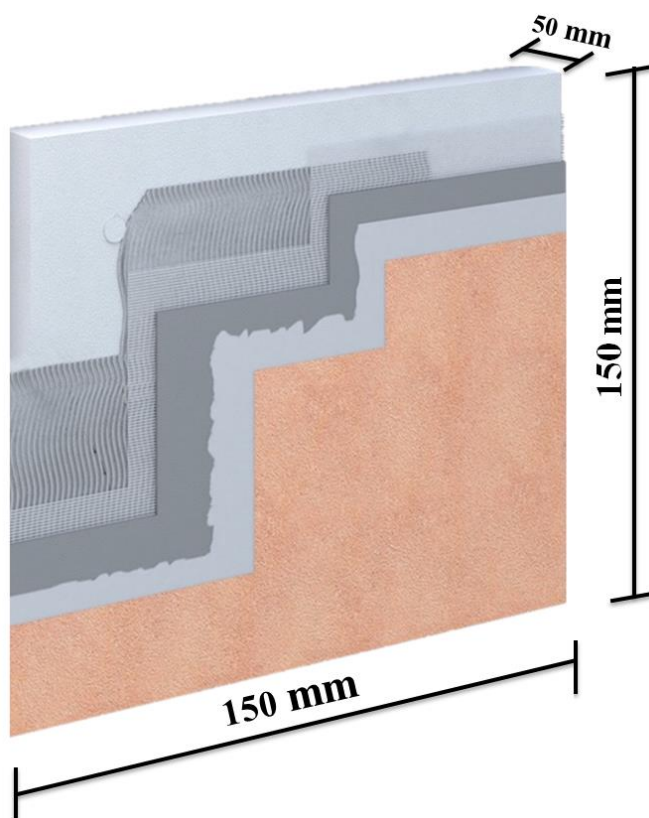
## II. Praktická část

### 8 Zkušební vzorky

#### 8.1 Rozměry zkušebních vzorků

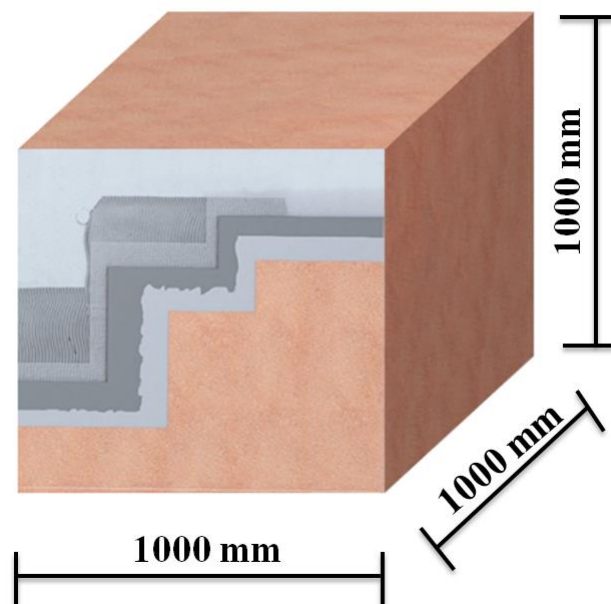
Rozměry zkušebních vzorků byly navrženy tak, aby splňovaly požadavky normy ČSN 72 4310 na zkoušení odolnosti stavebních materiálů. Zároveň muselo být zohledněno převezení, manipulování a následný pobyt vzorků v očkovacím boxu a termostatu.

Pro testování umělou kontaminací materiálu za laboratorních podmínek, byly zvoleny rozměry  $150 \times 150 \times 50$  mm, viz Obrázek 29.



Obrázek 29 – Rozměry vzorků pro laboratorní zkoušení

Pro testování přirozenou i umělou kontaminací materiálu v exteriéru, byly zvoleny rozměry vzorků  $1000 \times 1000 \times 1000$  mm, viz Obrázek 30 ve tvaru krychle, z důvodu možnosti testování odolnosti zateplovacího systému na všech světových stranách.



Obrázek 30 – Rozměry vzorků pro zkoušení v exteriéru

## 8.2 Použité materiály jednotlivých vrstev

Pro testování odolnosti zateplovacích systémů vůči biotickému napadení bylo zvoleno složení vzorků, které se skládá z nejčastěji používaných materiálů:

1. Tepelně izolační materiál - expandovaný polystyren v tloušťce 50 mm
2. Vyrovnávací vrstva - na bázi polymercementové stěrky
3. Základní výztužná vrstva – skleněná vrstva s velikostí ok  $3,5 \times 3,5$  mm
4. Vyrovnávací vrstva - na bázi polymercementové stěrky
5. Povrchová úprava – fasádní omítka



### 8.3 Počet vzorků

Počet vzorků se liší podle způsobu kontaminace biotického napadení na zkoušejících vzorcích. Umělá kontaminace za laboratorních podmínek bude zkoušena na 5 vzorcích. Vzorek ve tvaru krychle bude určen pro přirozenou kontaminaci v exteriéru. Testování přirozenou kontaminací bude probíhat pro všechny druhy biotického napadení na jednom kusu vzorku ve tvaru krychle.

**Tabulka 8 – Počet testovaných vzorků pro jednotlivé druhy napadení**

Druh biotického napadení	Počet vzorků		
	kontaminace umělá (laboratoř)	kontaminace přirozená (exteriér)	kontaminace umělá (exteriér)
Plísně	5	1	1
Řasy	5		1
Mechy	5		1

## 9 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Podmínky ochrany zdraví při provádění laboratorních zkoušek se stanovují podle technické normy ČSN 01 8003 - Bezpečnostní předpisy při práci v chemických laboratořích. Dále je potřeba se řídit následujícími pokyny:

Mikrobiologické pracoviště musí být pod uzavřením a s označením rizikové pracoviště, přístup mají jen povolání pracovníci. Platí zde zákaz jídla, pití a kouření. Důležité je použití ochranných oděvů (pláště, kalhoty, košile) a ochranných pomůcek (roušky, rukavice). Celé mikrobiologické pracoviště je nutno denně uklízet běžnými desinfekčními prostředky. Očkování a hodnocení vzorků musí být prováděno v očkovacím boxu, ve kterém musí být udržována sterilní čistota, místnost by neměla být prašná a neměl by zde být průvan. Prašnost a průvan jsou základními faktory pro kontaminaci spór. Sterilizace nástrojů se provádí v autoklávu 30 minut při tlaku 0,098 MPa. Po ukončení zkoušky musí být biotický porost na vzorcích a živných půdách zneškodněn v autoklávu.

## 10 Optimální podmínky pro růst mikroorganismů

Vznik a následné rozšíření mikroorganismů na fasádách tři přítomné faktory – přítomnost klíčivých mikroorganismů, dobré klimatické podmínky podporující jejich růst a vhodná výživa.

### 10.1 Přítomnost klíčivých mikroorganismů

Klíčivé mikroorganismy, které jsou primární podmínkou pro výskyt napadení stavebních objektů, v našem případě fasád, jako jsou například spóry plísní, výtrusy hub či zárodky řas, se nacházejí a volně šíří vzduchem podobně jako pyl, případně prach. Se zvýšenou vlhkostí se klíčivé mikroorganismy začnou uvolňovat do ovzduší – v přírodě po dešti nebo za mlhy. [27]

### 10.2 Klimatické podmínky

Na fasádách se můžeme setkat s mikroorganismy, které mají aerobní metabolismus (stejně jako člověk), proto ke své existenci potřebují výskyt kyslíku, v našem případě na povrchu fasád. Dalším neméně důležitým kritériem pro existenci mikroorganismů je vlhkost. Ideální vlhkost je více než 80 %, avšak existuje spousta organismů, které umí růst a rozmnožovat se i při vlhkostech okolo 65 %. Fasáda vyskytující se v místě nedostatku slunečního záření má delší interval doby, po kterou je povrch fasády vlhký. Rozmezí teploty pro vhodný růst mikroorganismů je široké, pohybuje se mezi 0–60 °C, některé mikroorganismy rostou i při teplotách pod 0 °C. Optimální teplota pro jejich růst je však stejná jako optimální teplota pro člověka, okolo 25 °C. [28]

### 10.3 Výživa

Mikroorganismy vyskytující se na povrchu fasád jsou poměrně nenáročné na živiny podporující jejich růst. Mohou se vyskytovat i na místech obsahující prach, pyl a organické nánosy. Některé druhy mikroorganismů dokonce vystačí pouze s dusíkem a uhlíkem z atmosféry, proto se vyskytují i na inertních místech, jako je například sklo. [28]

Prostředí, ve kterém mikroorganismy rostou a množí se, musí tedy obsahovat:

- Zdroj uhlíku - pro syntézu malých organických molekul, sloužící především jako skelet makromolekul (např. metylotrofní bakterie)
- Zdroj dusíku - tvorba aminoskupin a iminoskupin jako součást organických látek (např. anorganické soli, amoniak, močovina, dusičnany)
- Zdroj energie – pro biosyntézu nízkomolekulárních látek a biologických makromolekul tvořících strukturu buňky (např. sluneční záření, anorganické a organické látky)
- Minerální prvky – pro optimální růst (např. Mg, Mn, Zn, Cu, Co, B a další)
- Růstové faktory – vyžadované organizmy, které se ji nedokáží syntetizovat (např. vitamíny B1, B2, B3, B6, C) [29]

Živiny podporující růst a následné množení mikroorganismů na zateplovacích systémech se nejčastěji vyskytují ve formě prachů a pylů. To je důvod, proč se biotické napadení daleko více vyskytuje u fasád v lesních porostech, ležících vedle stromů, případně keřů, proto ideální vzdálenost od fasády je alespoň 2 metry. Pokud je fasáda zároveň orientovaná na sever, nebo je zastíněná stromy, je zde pravděpodobnost biotického napadení opravdu vysoká.

Na Obrázek 31 můžeme vidět nejznámější druhy stromů a bylin, podle období jejich produkce pylu, který nejvíce ohrožuje okolní stavby a poskytuje tak výživu pro vznik biotického napadení.

## PYLOVÝ KALENDÁŘ

Období (měsíc) květu  
 Hraniční období

Druh - česky (latinsky)	měsíc									
<b>DŘEVINY</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Líska (Corylus)										
Olše (Alnus)										
Topol (Populus)										
Tis (Taxus)										
Jalovec (Juniperus)										
Bříza (Betula)										
Jasan (Fraxinus)										
Habr (Carpinus)										
Vrba (Salix)										
Javor (Acer)										
Dub (Quercus)										
Platan (Platanus)										
Ořešák (Juglans)										
Jírovec (Aesculus)										
Borovice (Pinus)										
Černý bez (Sambucus n.)										
Pajasan (Ailanthus)										
Lípa (Tilia)										
<b>BYLINY</b>										
Trávy (Poaceae)										
Jitrocel (Plantago)										
Šťovík (Rumex)										
Kopřivovité (Urticaceae)										
Merlíkovité (Chenopodiaceae)										
Pelyněk (Artemisia)										
Chmel (Humulus)										
Ambrózie (Ambrosia)										

Obrázek 31 – Kalendář pylových alergenů podle období květu jednotlivých rostlin [30]

## 11 Metodika zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení

Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení bude prováděno na vzorcích, o předem určeném složení a rozměrech, v laboratorních podmínkách umělou kontaminací materiálu a v exteriéru přirozenou kontaminací materiálu vzdušným náletem. Ke kontaminaci materiálu se používají spóry plísní a zárodky řas vyskytující se nejčastěji na kontaktních zateplovacích systémech ETICS. Samotné zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení bylo navrženo v souladu s normou ČSN 72 4310 Přílohou 1, která definuje zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů.

## 11.1 Přehled možností testování povrchové úpravy ETICS vůči biotickému napadení

Povrchová úprava ETICS vůči biotickému napadení bude testována třemi způsoby:

- Prvním způsobem je umělá kontaminace materiálu probíhající za laboratorních podmínek
- Druhým způsobem testování odolnosti povrchové úpravy je přirozená kontaminace materiálu probíhající v exteriéru
- Třetím způsobem testování je umělá kontaminace materiálu, probíhající za přirozených klimatických podmínek v exteriéru

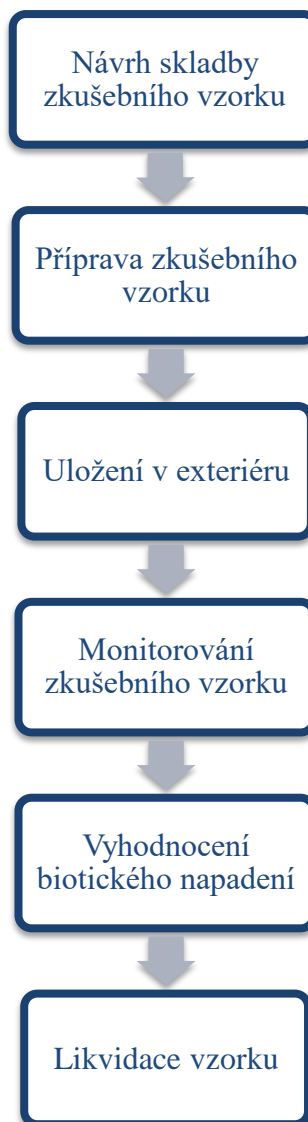
### Umělá kontaminace probíhající za laboratorních podmínek



### Umělá kontaminace probíhající v exteriéru



### Přirozená kontaminace v exteriéru



## 12 Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení houbami, řasami a mechy

- a) Nejčastěji vyskytující se houby na kontaktních zateplovacích systémech jsou plísně. Proto testování odolnosti nebo stupně intenzity napadení ETICS houbami bude prováděno pomocí sporů plísňí kmenů *Alternaria tenuis* a *Cladosporium cladosporioides*, které jsou nejčastěji viditelné na fasádách.
- b) Řasa, která se již ve více případech objevila na zdech z pálených cihel a také především na zateplovacích systémech, je řasou z rodu *Desmococcus vulgaris* (z řádu Chaetophorales). Z tohoto důvodu bude zkoušení odolnosti vůči biotickému napadení řasami probíhat za pomoci očkování řas rodu *Desmococcus*.
- c) Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení mechy, bude probíhat na zkušebních vzorcích kontaminovaných spórovou suspenzí nejčastěji vyskytujících druhů mechů rodu *Grimmia* a *Tortula*, které se často vyskytují na betonu obecně, dále na domech, střeších i zateplovacích systémech.

### 12.1 Testování za laboratorních podmínek umělou kontaminací

#### 12.1.1 Zkušební prostředí

- a) Po celou dobu trvání zkoušek u testování napadení plísněmi musí být zachována konstantní teplota prostředí  $28 \pm 2$  °C a relativní vlhkost  $96 \pm 2$  %.
- b) Po celou dobu trvání zkoušek u testování napadení řasami musí být zachována konstantní teplota prostředí  $20 \pm 2$  °C o relativní vlhkosti  $80 \pm 5$  %.
- c) Po celou dobu trvání zkoušek u testování napadení mechy musí být zachována konstantní teplota prostředí  $28 \pm 2$  °C o relativní vlhkosti  $80 \pm 5$  %.

#### 12.1.2 Potřebné pomůcky

- Zkušební vzorky
- Připravený biologický materiál
- Uzavíratelné boxy
- Termostat
- Lupa

### **12.1.3 Kontaminace vzorků**

Kontaminace vzorků bude probíhat ve specializovaných laboratořích, kde nejdříve připraví spórovou suspenzi s čistých kmenů plísní/řas/mechů. Následně pak uskuteční kontaminaci zkoušených vzorků spórovou suspenzí. Jednotlivé kapky suspenze na vzorku nesmějí splývat. Na každých 100 cm<sup>2</sup> se použije maximálně 0,5 ml suspenze. Celý tento úkon musí být prováděn v očkovacím boxu.

### **12.1.4 Uložení vzorků**

Zkušební vzorky kontaminované vodní suspenzí spór plísní/řas/mechů se exponují na podložce uzavřených boxů, na jejichž dně se musí udržovat hladina vody ve výši cca 3 mm. Po kontaminaci se všechny vzorky s boxem uloží do termostatu.

### **12.1.5 Doba trvání zkoušky**

Zkušební období pro vyhodnocení biotického napadení plísněmi/řasami/mechy je stanoveno na tři měsíce.

### **12.1.6 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice**

Průběžné hodnocení intenzity růstu plísní/řas/mechů, popř. odolnosti vzorků, se provádí během zkoušky během zkoušky. Je to orientační hodnocení prováděné prostým okem. Po ukončení celé zkoušky se vyhodnotí povrch dle stupnice hodnocení 1 až 5, viz tabulka č. 9. Jelikož je zateplovací systém složen z několika materiálů, musí být každý materiál vyhodnocen samostatně. U materiálů a výrobků, kde je možné, se provádí řez vzorkem a to v nejdelší symetrické ose vzorku nebo středem největšího nárůstu povrchové kolonie plísní/řas/mechů. Intenzita růstu na ploše řezu se hodnotí dle stupnice 1 až 5, viz tabulka č. 9.



**Tabulka 9 – Stupnice hodnocení kontaminací plísní**

<b>Stupeň</b>	<b>Popis</b>
<b>0</b>	Plíseň/řasy/mechy neroste
<b>1</b>	růst je nepatrný (roztrošené kolonie plísní/řas/mechů)
<b>2</b>	růst je pozvolný (četné malé kolonie plísní/řas/mechů nebo souvislý lehký porost, který zaujímá méně než 25 % povrchu vzorku)
<b>3</b>	růst je intenzivní (porost zaujímá do 50 % povrchu vzorku)
<b>4</b>	růst je velmi intenzivní (porost zaujímá 75 % povrchu vzorku)
<b>5</b>	porost plísněmi/řasami/mechy je úplný (porost zaujímá 100 % povrchu vzorku)

Odolnost zkoušeného stavebního materiálu se vyhodnotí následovně:

- a) Stavební výrobek a materiál je proti napadení odolný (plíseň/řasy/mechy se na vzorku nevyvíjí)
- b) Stavební výrobek a materiál je proti napadení neodolný (stupeň intenzity růstu plísní/řas/mechů podle stupnice 1 až 5)

## **12.2 Testování v exteriéru umělou kontaminací**

### **12.2.1 Zkušební prostředí**

Po celou dobu zkoušek budou zkušební vzorky vystaveny veškerým klimatickým podmínkám o běžných venkovních teplotách a relativních vlhkostech.

### **12.2.2 Kontaminace vzorků**

Kontaminace vzorků bude probíhat ve specializovaných laboratořích, kde nejdříve připraví spórovou suspenzi z čistých kmenů plísní/řas/mechů a následně zkušební vzorky kontaminují biologickým materiálem. Celý tento úkon musí být prováděn v očkovacím boxu v laboratořích.

### **12.2.3 Uložení vzorků**

Zkušební vzorky se uloží na předem určené místo v exteriéru ve vzdálenosti nejméně 2 metry od nejbližšího stromu.

#### **12.2.4 Doba trvání zkoušky**

Zkušební období pro posouzení biotického napadení v exteriéru umělou kontaminací je stanoveno na 12 měsíců, z důvodů rozdílů probíhajících vlivů všech vegetačních období v průběhu roku.

#### **12.2.5 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice**

Průběžné hodnocení intenzity růstu biotického napadení bude prováděno vždy jednou měsíčně po celou dobu trvání zkoušky orientačním posouzením prostým okem.

Po ukončení celé zkoušky se vyhodnotí povrch dle stupnice hodnocení 1 až 5 viz Tabulka 9. Jelikož je zateplovací systém složen z několika materiálů, musí být každý vyhodnocen samostatně. U materiálů a výrobků, kde je možné, se provádí řez vzorkem a to v nejdelší symetrické ose vzorku nebo středem největšího nárůstu povrchové kolonie plísní/řas/mechů. Intenzita růstu na ploše řezu se hodnotí dle stupnice 1 až 5 viz Tabulka 9.

Odolnost zkoušeného stavebního materiálu se vyhodnotí následovně:

- a) Stavební výrobek a materiál je proti biotickému napadení odolný (biotické napadení se na vzorku nevyvíjí)
- b) Stavební výrobek a materiál je proti biotickému napadení neodolný (stupeň intenzity růstu napadení 1 až 5)

### **13 Zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení v exteriéru**

Testování odolnosti ETICS vůči biotickým napadením přirozenou kontaminací bude probíhat v exteriéru za přirozených podmínek, aby se co nejvíce přiblížilo reálným podmínkám vnějších kontaktních zateplovacích systémů v praxi. Z důvodů vyhodnocení vlivů jednotlivých světových stran na biotické napadení, byl navržen zkušební vzorek ve tvaru krychle. Po uplynutí potřebné doby zkoušení se provede kompletní rozbor vzorků a vyhodnotí se jednotlivé druhy biotického napadení. Následně se odolnost ETICS vyhodnotí zvlášť pro každý druh napadení – plísně, řasy, mechy a lišejníky.

### **13.1 Zkušební prostředí**

Po celou dobu zkoušek bude zkušební vzorek vystaven veškerým klimatickým podmínkám o běžných venkovních teplotách a relativních vlhkostech.

### **13.2 Uložení vzorků**

Zkušební vzorek se uloží na předem určené místo do exteriéru ve vzdálenosti 2 metrů od nejbližšího stromu.

### **13.3 Doba trvání zkoušky**

Zkušební období pro posouzení biotického napadení v exteriéru přirozenou kontaminací je 12 měsíců, z důvodů změn probíhajících vlivů za různých vegetačních období po celý rok.

### **13.4 Vyhodnocení zkoušky, hodnotící stupnice**

Průběžné hodnocení intenzity růstu biotického napadení bude prováděno vždy jednou měsíčně po celou dobu trvání zkoušky orientačním posouzením prostým okem.

Po ukončení celé zkoušky se vyhodnotí povrch zateplovacího systému podle jednotlivých druhů biotického napadení. Jelikož je zateplovací systém složen z několika materiálů, musí být každý materiál vyhodnocen samostatně. Následně se provede řez vzorkem a to v nejdelší symetrické ose vzorku nebo středem největšího nárůstu povrchové kolonie napadení.

Odolnost zkoušeného stavebního materiálu se vyhodnotí jednotlivě pro každý druh biotického napadení i každou světovou stranu:

- a) Stavební výrobek a materiál je proti konkrétnímu zkoumanému biotickému napadení odolný (biotické napadení se na vzorku nevyvíjí)
- b) Stavební výrobek a materiál je proti biotickému napadení neodolný (biotické napadení se na vzorku vyvíjí v různé intenzitě)

## 14 Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na problematiku biotického napadení vnějších kontaktních zateplovacích systémů ETICS. V úvodu práce je stručně popsána historie vývoje ETICS. Díky zde uvedené produkci můžeme vidět, že ETICS je stále častěji využívaným způsobem zateplení, proto se jeho biotické napadení nazývá tzv. moderní nemocí fasád. Dále jsou v práci popsány jednotlivé složky ETICS, a to jak z pohledu materiálu, tak z pohledu postupu provádění jednotlivých kroků.

Dalším cílem této bakalářské práce bylo vypracovat rešerši zaměřenou na biotické napadení fasád zateplených pomocí ETICS. Na základě poznatků a informací při vypracování rešerše se tato práce nejvíce zaměřuje na napadení zateplovacích systémů plísněmi, řasami, mechy a jejich vzájemnou symbiózou – lišejníky.

Výstupem zkoumání biotického napadení povrchové úpravy ETICS jsou důvody zapříčiňující výskyt mikroorganismů na fasádách, kterými jsou zvýšená vlhkost v konstrukci, která společně s výživou, ve formě prachů či pylů, tvoří ideální podmínky pro jejich růst a následné rozmnožování. Dalšími faktory podporujícími růst mikroorganismů jsou nedostatek slunečního záření, zvětšování tloušťky tepelné izolace, která způsobuje nedostatečné prohřátí povrchu fasády v jarních, podzimních a hlavně zimních měsících a udržuje tak vlhkost déle v konstrukci. Důležitým aspektem bránícím zateplovací systém proti biotickému napadení je vhodně zvolený typ omítky, kdy nejmenší odolnost mají akrylátové omítky.

Vlivem poměrně krátkého působení ETICS na trhu a době trvání prvních známek výskytu mikroorganismů na fasádách, je celá problematika týkající se biotického napadení, stále velice aktuální téma. Samotní výrobci jednotlivých materiálů zateplovacího systému ETICS deklarují odolnost vůči biotickým napadením. Zatím nejsou k dispozici dostatečné důkazy potvrzující skutečnost, že materiály umí dlouhodobě odolávat napadení a proto je žádoucí se touto problematikou i nadále zabývat.

Stále více moderními se stávají tzv. zelená města, kdy se velká města snaží o přidávání zeleně, především stromů a hustých keřů. S přibývajícím počtem stromů v blízkosti domů roste také počet případů biotických napadení fasád. Příčinám vzniku napadení se stále nevěnuje taková pozornost, jaká by měla. Biotické napadení není jen problémem estetiky, daleko vážnější problém nastává ve chvíli, kdy konstrukce přestává plnit svoji funkci zateplovacího systému, mikroorganismy na fasádě pronikají hlouběji

do konstrukce, rostou, rozmnožují se a vypouští škodlivé spóry do ovzduší, které jsou velkým problémem hlavně po zdravotní stránce.

V praktické části této bakalářské práce byl zpracován přehled možností testování odolnosti povrchové úpravy a vypracována metodika zkoušení ETICS vůči biotickému napadení, a to jak v laboratorních podmínkách, tak v exteriéru.

Pro testování odolnosti ETICS vůči biotickému napadení byly zvoleny zkušební vzorky z nejběžněji používaných materiálů – expandovaného polystyrenu v tloušťce 50 mm, vyrovnávací polymercementové stěrky, skleněné síťoviny a finální omítky. V laboratorních podmínkách budou testována zkušební tělesa o rozměrech  $150 \times 150 \times 50$  mm, pro testování v exteriéru bylo zvoleno zkušební těleso ve tvaru krychle o rozměrech  $1000 \times 1000 \times 1000$  mm, z důvodů testování vlivu všech světových stran.

Samotné zkoušení odolnosti ETICS vůči biotickému napadení bylo navrženo v souladu s normou ČSN 72 4310, která definuje zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů. Umělá kontaminace materiálu, vždy na konkrétní druh napadení (testováno bude napadení plísněmi, řasami a mechy), bude probíhat ve specializovaných laboratořích, kde nám budou schopni připravit spórovou suspenzi s nejčastěji vyskytujícími se čistými kmeny spórů plísní, řas či výtrusy mechů.

Na základě informací a poznatků dosažených v této bakalářské práci by bylo vhodné se problematice biotického napadení zateplovacích systémů dále věnovat a zabývat se podrobněji příčinami jejího vzniku. V rámci diplomové práce bude výše navržená metodika testování odolnosti vnějšího kontaktního zateplovacího systému ETICS prakticky ověřena, i z pohledu dalších ovlivňujících faktorů (světové strany, různé druhy povrchové úpravy).

## 15 Seznam podkladů

### 15.1 Seznam použitých zdrojů

1. **MACHALA, David.** *Návrh skladby ETICS využívající izolační jádro z pórobetonu.* Brno : Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie , 2011.
2. **STAVEBNINY DEK, a.s.** Brno : ATELIER DEK, Stavebniny DEK, a.s., 2018.
3. **LOUKOTKA, Jan.** [www.stavebnictvi3000.cz](http://www.stavebnictvi3000.cz). *Stavebnictví 3000.* [Online] 11. 11. 2017. [Citace: 12. 05. 2018.] <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/mikroorganismy-na-povrchovych-vrstvach-etics-jako-mimo-jine-nasledek-boomu-90-let/>.
4. **ZOFI, Fasády.** [www.zatepleni-fasad.eu](http://www.zatepleni-fasad.eu). [Online] [Citace: 15. 05 2018.] <https://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/jak-zateplit-dum-vata-nebo-polystyren/>.
5. **TZB, info.** [www.stavba.tzb-info.cz](http://www.stavba.tzb-info.cz). [Online] [Citace: 21. 05 2018.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/11827-vyuziti-odpadnich-materialu-z-vyroby-mineralni-vlny-do-stavebnich-hmot>.
6. **DARTE.** [www.darte.cz](http://www.darte.cz). [Online] [Citace: 21. 05 2018.] <http://www.darte.cz/technicke-izolace/technicke-izolace-mineralni-vata>.
7. **VLČEK, Milan.** *Zateplování staveb.* Brno : CERM, 2000. ISBN 80-7204-164-9.
8. **TZB, Info.** [www.stavba.tzb-info.cz](http://www.stavba.tzb-info.cz). [Online] [Citace: 20. 05 2018.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>.
9. **PUR-IZOLACE, s.r.o.** [www.pur.cz](http://www.pur.cz). [Online] [Citace: 20. 05 2018.] <https://www.pur.cz/o-nas/caste-dotazy/tvrda-pena/>.
10. **PROGRESSIVE, Energy.** [www.progressiveenergycorp.com](http://www.progressiveenergycorp.com). [Online] [Citace: 21. 05 2018.] <http://www.progressiveenergycorp.com/minnesota-insulation-contractors-progressive-energy-corp/spray-polyurethane-foam-insulation/>.
11. **ZACH, Jiří.** *Využití ETICS pro obnovy obvodových plášťů budov.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4957-2.
12. **KWACZEK, Zbigniew.** <http://www.zatepleni-kwaczek.cz>. *Fasády - zateplení Kwaczek.* [Online] 2018. [Citace: 11. 05. 2018.] <http://www.zatepleni-kwaczek.cz/zatepovaci-systemy>.
13. **STOMIX.** [www.stomix.cz](http://www.stomix.cz). [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <http://www.stomix.cz/cz/projektanti/ukazky-struktury/3-columns---subnavigation.html>.

14. **ARGON, System.** www.disper.cz. [Online] [Citace: 2018. 5 12.] <http://www.disper.cz/a-19-disper-vnejsi-ryhovana-silikonova-omitka.html>.
15. **BAUMIT.** www.baumit.cz. [Online] 01. 03 2016. [Citace: 12. 05 2018.] <https://www.baumit.cz/podpora/moderni-aplikace/baumit-creative/skrabava-struktura-056.html>.
16. **FASADY, Online.** www.fasady-online.cz. [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <http://www.fasady-online.cz/mozaikova-omitka-barlet-typ-rk8-p58>.
17. **EKOWATT, Panelové domy.** www.panelovedomy.ekowatt.cz. [Online] 20. 01 2010. [Citace: 12. 05 2018.] <http://panelovedomy.ekowatt.cz/stavebni-opatreni/58-kotveni-zateplovacich-systemu.html>.
18. **WEBER, Terranova.** www.weber-terranova.cz. [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <https://www.weber-terranova.cz/zateplovaci-systemy/reseni/jak-na-to/prace-s-hmozdinkami-kotevni-plany.html>.
19. **RYPAROVÁ, Pavla.** *The cause of occurrence of microorganisms in civil engineering.* Praha : Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, 2016.
20. **WASSERBAUER, Richard.** *Biologické znehodnocení staveb.* Praha : ARCH, 2000. ISBN 80-86165-30-2.
21. **BÜCHLI, Roland.** *Řasy a houby na fasádách: příčina vzniku a ochrana před nimi.* Ostrava : Knihovnička M, 2011. ISBN 978-80-254-8786-0.
22. **PROALERGIKY.** www.proalergiky.cz. [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <https://www.proalergiky.cz/alergie/clanek/jak-se-vyhnout-plisnim-doma-i-venku>.
23. **KLÁNOVÁ, Kateřina.** *Plísň v domě a bytě: odstraňování a prevence.* Praha : Profi & hobby, 2013. ISBN 978-80-247-4790-3.
24. **JELÍNEK, Jan.** *Biologie pro gymnázia.* Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2007. ISBN 978-80-7182-213-4.
25. **DEPOSIT, Photos.** www.cz.depositphotos.com. [Online] 28. 12 2011. [Citace: 12. 05 2018.] <https://cz.depositphotos.com/8273167/stock-photo-mosses-and-lichens-close-up.html>.
26. **LINHART, Ladislav.** *Zateplování budov.* [online] : dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/aktuality/?nid=9172-zateplovani-budov-moderni-nemoc-fasad.html#WreoccgUBdg>, 2013.

27. **KULT, Petr.** [www.cistenimyti-natery-fasad.cz](http://www.cistenimyti-natery-fasad.cz). *Čištění, mytí, nátěry fasád*. [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <https://www.cistenimyti-natery-fasad.cz/odstaneni-plisni-rasmechu-lisejniku/>.
28. **WIPLER, Jan.** [www.meloidae.com](http://www.meloidae.com). *Meloidae*. [Online] [Citace: 12. 05 2018.] <http://www.meloidae.com/cs/obrazky/17186/>.
29. **HOLEC, Milan.** [www.imaterialy.dumabyt.cz](http://www.imaterialy.dumabyt.cz). [Online] 19. 11 2010. [Citace: 12. 05 2018.] [https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/poruchy/rasy-lisejniky-a-mechy-na-strechach\\_102217.html](https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/poruchy/rasy-lisejniky-a-mechy-na-strechach_102217.html).
30. **PROALERGIKY.** [www.proalergiky.cz](http://www.proalergiky.cz). [Online] [Citace: 14. 05 2018.] <https://www.proalergiky.cz/alergie/clanek/jak-se-vyhnut-plisnim-doma-i-venku>.
31. **HUNGEROVÁ, Michaela.** *Bakterie a plísně v domácnosti, Bakalářská práce*. Hradec Králové : Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, katedra biologie, 2015.
32. **NĚMEC, Miroslav.** *Základy obecné mikrobiologie*. Brno : Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-7923-6.
33. **RYBNÍČEK, Ondřej.** [www.pylovasluzba.cz](http://www.pylovasluzba.cz). *Pylová informační služba*. [Online] [Citace: 07. 05 2018.] [http://www.pylovasluzba.cz/dokumenty/pylovy\\_kalendar2.pdf](http://www.pylovasluzba.cz/dokumenty/pylovy_kalendar2.pdf). ISSN 1802-5587.
34. **PETRO, Marek.** *Kontaktné zatepľovacie systémy (ETICS) - poruchy a ich odstránenie*. Brno : Librix.eu, 2013. ISBN 978-80-263-0539-2.
35. **TVI, Pur.** [www.tvi-pur.cz](http://www.tvi-pur.cz). [Online] [Citace: 20. 05 2018.] <http://www.tvi-pur.cz/prodej-materialu/tvrde-pur-peny-s-uzavrenou-strukturou-bunek.html>.
36. **INDIAMART.** [www.indiamart.com](http://www.indiamart.com). [Online] [Citace: 20. 05 2018.] <https://www.indiamart.com/proddetail/black-polyurethane-foam-sheet-16614361255.html>.
37. **ZEMENE, Pavel.** [www.asb-portal.cz](http://www.asb-portal.cz). [Online] 26. 08 2011. [Citace: 10. 03 2018.] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyrobky/tepelne-izolace/evropske-aktivity-ceskych-vyrobcu-azpracovatelupenoveho-polystyrenu-eps>.
38. **ZHAO, Jun Bu.** *Bryophyte spore germinability is inhibited by peatland substrates*. místo neznámé : [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com), 2017.



## 15.2 Seznam norem

- ČSN 73 2901 – Provádění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů (ETICS)
- ČSN 73 2902 - Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) - Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení s podkladem
- ČSN 72 4310 – Zkoušení odolnosti stavebních výrobků a materiálů proti plísním
- ČSN EN ISO 846 – Plasty - Hodnocení působení mikroorganismů
- ČSN EN 14119 - Zkoušení textilií - Hodnocení působení mikroskopických hub
- ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- ČSN 73 0540-3 - Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- ČSN EN 15457 - Nátěrové hmoty - Laboratorní metoda zkoušení účinnosti konzervačních prostředků v nátěru proti působení hub a plísní
- ČSN P CEN/TS 16868 - Kvalita ovzduší - Vzorkování a analýza pylových zrn a alergizujících spór plísní ve vzduchu - Objemová metoda podle Hirsta
- ČSN 01 8003 - Bezpečnostní předpisy při práci v chemických laboratořích
- ČSN EN 16414 - Kvalita ovzduší - Biomonitoring využívající mechy - Akumulace látek znečišťujících ovzduší v mechu sbíraném in situ: Odběr a úprava vzorků
- ČSN EN 14315 - Tepelněizolační výrobky pro budovy – Výrobky ze stříkané tvrdé polyurethanové (PUR) a polyisokyanurátové (PIR) pěny vyráběné in situ
- ČSN EN 13 162 - Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) – Specifikace
- ČSN EN 13163 - Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) – Specifikace
- ČSN EN 13164 - Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z extrudovaného polystyrenu (XPS) - Specifikace
- ČSN EN 13165 - Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z tvrdé polyuretanové pěny (PU) - Specifikace
- ČSN EN 13166 - Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z fenolické pěny (PF) - Specifikace

### 15.3 Seznam zkratk

MW – minerální vlna

EPS – expandovaný polystyren

XPS – extrudovaný polystyren

PUR – polyuretanová pěna

PF – fenolická pěna

ETICS – vnější kontaktní zateplovací systém (External Thermal Insulation Composite System)

ČR – Česká republika

Mg – hořčík (magnesium)

Mn – mangan

Zn – zinek

Cu – měď

Co – kobalt

B – bor

### 15.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Příprava podkladního materiálu podle stavu podkladu .....	28
Tabulka 2 – Způsob montáže podle druhu materiálu nosné vrstvy podkladu .....	33
Tabulka 3 – Způsob montáže podle druhu zvoleného materiálu .....	33
Tabulka 4 – Závady na stavbách způsobené mikroorganismy [17] .....	42
Tabulka 5 – Typy extrémofilů (mikrobů) vyskytující se podle prostředí [17] .....	43
Tabulka 6 – Tloušťka tepelné izolace podle roku provedení [18] .....	48
Tabulka 7 – Druhy biocidních přípravků [18] .....	59
Tabulka 8 – Počet testovaných vzorků pro jednotlivé druhy napadení .....	65
Tabulka 9 – Stupnice hodnocení kontaminací plísní .....	73

## 15.5 Seznam obrázků

Obrázek 1- Skladba zateplovacího systému ETICS [2] .....	14
Obrázek 2 – Polštářový efekt vlivem kolísání teplot [3] .....	15
Obrázek 3 – Schéma výroby minerální vlny [1] .....	17
Obrázek 4 – Minerální vlna [2] .....	18
Obrázek 5 – Expandovaný polystyren [2] .....	19
Obrázek 6 – Extrudovaný polystyren [2] .....	19
Obrázek 7 – Polyuretanová pěna [7] .....	20
Obrázek 8 – Fenolická pěna [2].....	21
Obrázek 9 – Provádění zesilujícího vyztužení rohů oken a dveří [9].....	22
Obrázek 10 – Skleněná síťovina [2] .....	22
Obrázek 11 – Roztíraná struktura omítky [10].....	24
Obrázek 12 – Reliéf rýhované omítky [11] .....	25
Obrázek 13 – Vyhlazená struktura omítky [12] .....	25
Obrázek 14 – Mozaiková omítka [13].....	25
Obrázek 15 – Způsob nanášení lepicí hmoty na desky izolace, A – ručně, B-strojově [8].	30
Obrázek 16 – Postup montáže hmoždinek [14].....	32
Obrázek 17 – Schéma rozmístění hmoždinek [15].....	32
Obrázek 18 – Rozpínání a smršťování desek při nízkých teplotách [14].....	39
Obrázek 19 - Místa největší aktivity biologických degradačních činitelů [17].....	41
Obrázek 20 – Mikroskopicky zvětšená plíseň [19] .....	47
Obrázek 21 – Mikroorganismy na omítkách ETICS [3] .....	47
Obrázek 22 – Plísně na fasádách domů zateplených systémem ETICS.....	49
Obrázek 23 – Mechy (Bryopsida) [22].....	53
Obrázek 24 – Mechy na fasádách zateplených budov [24] .....	54
Obrázek 25 – Lišejník zeměpisný [25].....	55
Obrázek 26 – Lišejník na fasádách zateplených budov [26].....	56
Obrázek 27 – Podmínky pro růst řas a hub [18].....	58
Obrázek 28 – Kritéria k volbě sanace podkladu [18] .....	62
Obrázek 29 – Rozměry vzorků pro laboratorní zkoušení.....	63
Obrázek 30 – Rozměry vzorků pro zkoušení v exteriéru .....	64
Obrázek 31 – Kalendář pylových alergenů podle období květu jednotlivých rostlin [30]..	68