
**POSOUZENÍ PŘÍČIN BIOTICKÉHO NAPADENÍ FASÁDY VNĚJŠÍHO
KONTAKTNÍHO ZATEPLOVACÍHO SYSTÉMU (ETICS)**

**ASSESSMENT OF REASONS OF FACADE ATTACK WITH EXTERNAL
THERMAL CONTACT INSULATION SYSTEM (ETICS)**

Aleš Zvěřina²⁶

ABSTRAKT:

Biotické napadení fasády vnějšího kontaktního zateplovacího systému (ETICS) může mít celou řadu různých příčin. Nejčastěji jsou skloňovány příčiny související s výskytem vlhkosti v konstrukci, která má pro růst plísní a řas určující roli. Často se však zapomíná na fakt, že se spóry plísní a zárodky řas nacházejí často v nejbližším okolí posuzovaného ETICS a spolu s dotací vlhkosti napadají v různé míře svrchní vrstvu ETICS v rizikových místech budovy. Cílem článku je na konkrétní budově, která byla dodatečně zateplena v roce 2010 ukázat způsob posouzení a hodnocení příčin biotického napadení s uvedením jednotlivých kroků a diagnostických metod, které ke zjištění příčiny biotického napadení vedly.

ABSTRACT:

The facade biotic attack with external thermal contact insulation system (ETICS) can occur due to many different reasons. There are often reasons which relate to humidity in building construction, it determinatives for fungus grow. But often is dismiss, that spore of fungus are placed at nearest surroundings of assesmented ETICS and with humidity dotation attack overlying surface of ETICS in risk places of building. The goal of article is to show procedures and methods including diagnostics methods of assesment of concrete building which was insulated in 2010.

KLÍČOVÁ SLOVA:

ETICS, infračervená termografie, plíseň, řasa, biotické napadení, vlhkost

KEYWORDS:

ETICS, infrared termography, fungus, cilium, biotic attack, humidity

1 ÚVOD

V odborné literatuře jsou dnes poměrně podrobně popsány mechanismy vedoucí k poruchám a vadám vnějších kontaktních zateplovacích systémů (ETICS) souvisejících s výskytem tepelných mostů popř. tepelných vazeb, nevhodně navrženým mechanickým kotvením a nebo špatně provedeným ETICS ze strany zhotovitele díla. Diagnostické metody, schopné odhalit jmenované příčiny vad a poruch jsou známy a v praxi hojně využívány (např. infračervená termografie). Cílevědomá podpora projektantům, energetickým auditorům a zhotovitelům staveb od dodavatelů ETICS ukazuje, že lze téměř zabránit výskytu nejzávažnějších vad a poruch ETICS. V současné době probíhá i práce na standardizaci postupů znalce pro hodnocení vad a poruch ETICS. Prozatím však nejsou zcela prozkoumány primární příčiny vedoucí k biotickému napadení ETICS.

²⁶⁾ Zvěřina, Aleš, Ing. Bc., VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Údolní 244/53, 602 00 Brno, ales.zverina@usi.vutbr.cz

Podmínkou pro usazení řas nebo plísní na fasádách zateplených staveb je v podstatě vždy výskyt vlhkosti ať již z kondenzované z fyzikálních příčin ve svrchní vrstvě zateplení nebo vnesené klimatickými okolnostmi. K biotickému napadení dochází v určitých případech už po několika letech po provedení zateplení, což může mít kromě zhoršení estetických vlastností nové fasády také negativní vliv na její ochrannou funkci.

Ukazuje se, že kvalitní návrh zateplení v rámci projektové přípravy a kvalitní provedení díla nemusí znamenat, že k biotickému napadení nedojde, což může být zajímavé v soudně inženýrské praxi při řešení sporů mezi zhotovitelem stavby, projektantem a investorem.

Cílem článku je ukázat na konkrétní stavbě jak je možné posoudit a hodnotit primární příčiny biotického napadení řasami a plísněmi fasády ETICS s tím, že budou popsány i možnosti diagnostiky.

2 PLÍSNĚ A ŘASY NA FASÁDÁCH ETICS

2.1 Základní rozdělení

Při biotickém napadení fasády ETICS se můžeme v zásadě setkat s dvěma druhy organismů:

- Plísně – mikroskopické houby převážně vláknitého charakteru, které se rozmnožují pomocí spor o velmi malých rozměrech v řádech tisícinách milimetru a mohou být přenášeny i na poměrně velké vzdálenosti. Zásadním předpokladem pro vyklíčení spor v plíseň je vlhkost.
- Řasy – jednoduché organismy, které nejsou schopné přežít v suchém prostředí, jedná se o celou řadu jednobuněčných či mnohobuněčných organismů, jejich tělo je u mnohobuněčných tvořené tzv. stélkou, někdy jsou mezi řasy řazeny i sinice.

Z výše uvedeného vyplývá základní skutečnost, výchozí pro naše další zkoumání: existence plísní a řas je vždy vázána na vlhkost. Na fasádách ETICS se nejčastěji setkáme s plísněmi rodu *Alternaria* a *Cladosporium*. Tyto plísně se mohou přenášet i do interiéru staveb, jsou to alergeny, které mohou být pro citlivější jedince nebezpečné. Plísně uvolňují při rozmnožování poměrně velké množství spor, které mohou dále poškozovat zdraví, nejčastěji vedou k výskytu alergií včetně astma-bronchiale, onemocnění plic, poškození rohovky oka nebo kožním onemocněním.

2.2 Plísně ve stavebních konstrukcích

Obecně mají stavební konstrukce poměrně vysoké pH, což není pro plísně a řasy ideální prostředí. Například minerální omítky mají pH až 14 díky vápencovým pojivům a tak je zde riziko výskytu plísní nebo řas minimální. Nicméně při relativní vlhkosti nad 75% a pH pod 10 se stavební konstrukce mohou stát ideálním prostředím pro růst řas a vyklíčení spor plísní. Děje se tak zejména při teplotách mezi 5 až 10°C. Je nutné si uvědomit, že problém ETICS spočívá zejména v tom, že vrchní vrstva není díky masivnímu zateplení v zimních měsících zahřívána a tak nejsou předpoklady k úspěšnému odvedení kondenzované vlhkosti ze svrchní vrstvy. To se týká zejména severně orientovaných fasád, popř. fasád, které jsou zastíněny stromy. Paradoxně tak honba za co nejnižším součinitelem prostupu tepla U [$W/(m^2.K)$] vede ke zvýšenému riziku biotického napadení ETICS. Ve valné většině případů ke kondenzaci vodní páry ve vnější vrstvě ETICS dochází a i v případě, že kondenzace je výrazně nižší než předepisuje norma může docházet ke vzniku vhodného prostředí pro růst plísní a řas.

2.3 Vliv plísní a řas na fasádu ETICS

V první řadě se jedná o vážný estetický problém, který není pro investora akceptovatelný zejména díky tomu, že k biotickému napadení dochází už i několik let po dokončení zateplení a realizaci nových omítek.

Pokud se problém neřeší, dochází k působení na povrch ETICS odpadními látkami metabolických přeměn, zejména slabých organických kyselin a cukrů. Řasy i plísně také vrůstají do štěrbin mezi materiály, zejména do spár desek tepelného izolantu, kde způsobují objemové změny a tím pádem i degradaci svrchní ochranné vrstvy ETICS, čímž se zateplovací systém dále otvírá pro přístup dalších mikroorganismů a ještě větší degradaci.

Jako vhodné typy omítek se doporučují omítky na silikonových bázích, které mají hydrofobní vlastnosti a nízký difuzní odpor a umožňují tak odvod kondenzátu. Jak si však ukážeme na konkrétním případě, ani použití tohoto typu omítky nezabrání usazování řas.

2.4 Způsoby hodnocení a posouzení biotického napadení

Hodnocení a posouzení primárních příčin biotického napadení ETICS je otázkou skloubení celé řady postupů a má výrazný interdisciplinární charakter. V tomto případě je nevhodné formulovat pouze jednu hypotézu vzniku příčiny, vždy je příčin několik. Pokud mluvíme o příčině biotického napadení nemáme na mysli vlhkost, ale její příčinu. Zkoumáme tedy, co zapříčinilo vlhkost v té míře, že došlo k uchycení plísní a řas na fasádě.

Postupně posuzujeme a hodnotíme příčiny vlhkosti spočívající:

- V chybném návrhu, již v projektové přípravě, kdy je navržen nevhodný typ omítkové vrstvy, tloušťka tepelné izolace a materiály vedoucí ke kondenzaci vodních par ve svrchní vrstvě ETICS v množství větším než připouští norma ČSN 73 0540,
- v chybném provedení ETICS, zejména použitím menší tloušťky izolantu ETICS, jiných materiálů než navrhuje projektant, nedodržáním technologických postupů výrobce ETICS nebo provedením změn, které nebyly schváleny,
- v nevhodných klimatických podmínkách a okolí stavby, ve kterém se nacházejí zdroje spor plísní a zárodků řas, například les, stromořadí apod.

2.4.1 Chybný návrh v projektové dokumentaci

Chybný návrh spočívá především v určení velmi malé tloušťky tepelné izolace nebo ve výběru materiálů s velmi vysokým faktorem difuzního odporu, které neumožňují efektivní odvod zkondenzované vodní páry. Požadavky jsou definovány v ČSN 73 0540, u ETICS je nutné, aby celková bilance vodních par byla na konci sledovaného období kladná, tedy, aby se více vodních par v letních měsících odpařilo než v zimních vykondenzovalo. Druhou podmínkou zároveň je, aby množství zkondenzovaných vodních par bylo menší než 0,1 kg/(m².a). Ve většině modelovaných případů, vzhledem k podnebí v ČR je nutné řadit tepelné odpory R[(m².K)/W] jednotlivých vrstev ETICS směrem od interiéru do exteriéru od nejnižšího k nejvyššímu, v opačném případě nelze zajistit kladnou bilanci kondenzace vodních par. K posouzení zmíněných požadavků slouží celá řada software pro 1D šíření tepla. Transport vodních par můžeme dále výrazněji ovlivnit vhodnou volbou materiálu zejména omítkové vrstvy, kde sledujeme faktor difuzního odporu μ [-], který by měl být co nejnižší.

2.4.2 Chybná realizace ETICS

Zde je možné popsat celou řadu chyb, které se na stavbě udělají, a které v konečném důsledku mohou vést ke vzniku nadměrné vlhkosti ve stavební konstrukci. Na tomto místě bych jen odkázal na celou řadu již publikovaných prací např. [1], [2] a [3].

Pro náš případ je vhodné zkoumat zejména provedení omítkové vrstvy a dodržení projektové dokumentace v oblasti tloušťky tepelného izolantu a jeho lepení, např. jestli nejsou mezi deskami izolantu příliš velké spáry, dodržení technologických postupů výrobce ETICS a v neposlední řadě provedení izolace různých prostupů, styků, které způsobují tepelné mosty a vazby.

Pro diagnostiku kvality provedení ETICS se jako vhodná jeví bezkontaktní infračervená termografie, hojně využívaná v soudním inženýrství a to zejména v zimních měsících. Pro další informace o infračervené termografii odkazují např. na [4] nebo [5], neboť primárním cílem článku není popis metody, ale ukázka využití na konkrétním příkladu z praxe.

2.4.3 Klimatické podmínky a okolí stavby

Jak jsem již napsal, je také nutné vzít v potaz blízké okolí stavby a klimatické podmínky, kterým bude fasáda ETICS vystavena. Zejména v lesních porostech se nacházejí zárodky řas a spory plísní, v kombinaci se severně orientovanými fasádami nebo fasádami, které jsou zastíněné stromy je téměř jisté, že k biotickému napadení dojde a návrh ETICS musí být na tuto eventualitu připraven.

2.4.4 Postup posouzení

Postup posouzení příčin vzniku vlhkosti a následně plísní a řas na fasádě ETICS lze rozdělit do jednotlivých na sebe navazujících kroků:

- Odebrání vzorků a jejich vyhodnocení a rozbor např. v Českém zdravotním institutu a zjištění jaké plísně a řasy jsou přítomny na fasádě,
- posouzení správnosti návrhu ETICS ze strany projektové dokumentace, tj. provést zejména kontrolu návrhu tloušťky tepelné izolace na základě požadavků ČSN 73 0540, provést výpočet množství zkondenzované vodní páry a porovnání s výše uvedenou normou v software pro 1D nebo 2D šíření tepla,
- posoudit kvalitu provedení díla, nejlépe pomocí bezkontaktní diagnostiky – infračervené termografie se zaměřením na výskyt tepelných mostů, resp. zvýšeného výskytu vlhkosti v konstrukci,
- formulace konečného posudku, s formulací jednotlivých hypotéz a souvislostí s jasným závěrem primární a navazujících příčin vzniku biotického napadení.

3 KONKRÉTNÍ PŘÍKLAD POSOUZENÍ A HODNOCENÍ

3.1 Popis řešeného problému

Hodnocený a posuzovaný je výskyt biotického napadení severních fasád základní školy v Ostrovní ulici ve Štětí, postavené v konstrukční soustavě M 71 s rozponem nosných prvků železobetonového skeletu 6,0 m a výplní z plynosilikátového zdiva o tl. 250 mm, která byla dodatečně zateplena kompozitním kontaktním systémem jehož izolantem byla minerální vata o tl. 140 mm s $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$. Jako svrchní omítková vrstva byla navržena a následně realizována probarvovaná silikonová omítková vrstva. Zateplení bylo provedeno v roce 2010.

Škola se skládá z několika na sebe navazujících pavilonů, tak jak ukazuje vytvořený 3D model stavby na obr. č. 1.



Obr.1 – 3D model základní školy v Ostrovní ulici ve Štětí

Fig.1 – 3D model of basic school in Ostrovní street at Štětí

V listopadu 2013 došlo k biotickému napadení omítky ETICS, podle investora skokově, během několika dnů. Rozsah napadení fasády je patrný na obrázku č. 2. Na stavbě byly z každé napadené fasády odebrány 2 vzorky, které byly předány Českému zdravotnickému institutu.



Obr.2 – Biotické napadení posuzovaného objektu

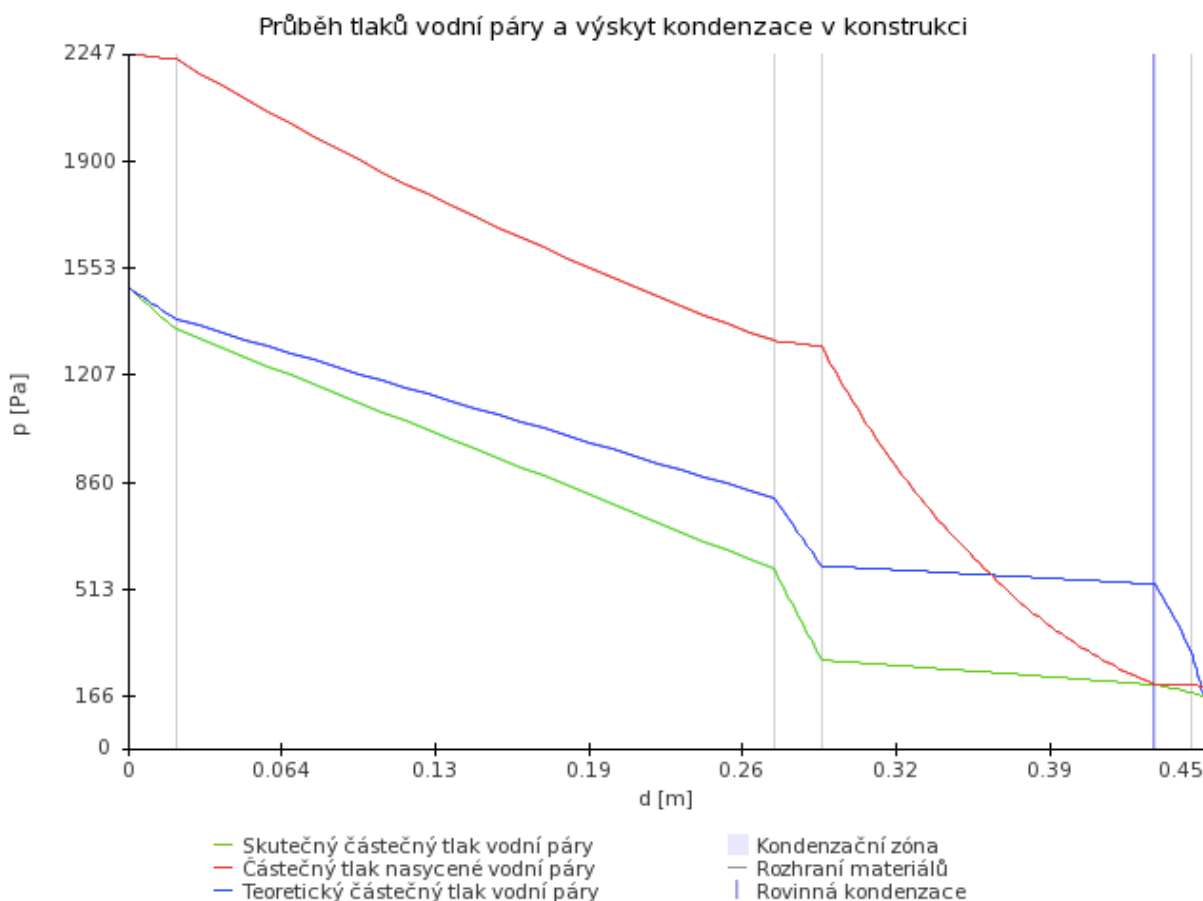
Fig.2 – Biotic attack of assessed object

Předané vzorky obsahovaly plísně rodu *Alternaria* a *Cladosporium*, tedy v zásadě nejčastěji se vyskytující druhy plísní. Vyhodnocení bylo provedeno v lhůtě 14 dnů.

3.2 Posouzení návrhu ETICS

Posuzována byla skladba ETICS, uvedená v projektové dokumentaci, která byla řádně odsouhlasena stavebním úřadem ve Štětí v roce 2009. Projektová dokumentace byla opatřena autorizačním razítkem autorizovaného inženýra pro pozemní stavby, a byla stavebně povolena na konci roku 2009.

Pro posouzení skladby byl použit software DEK pro 1D šíření tepla, do kterého byly zadány interiérové a exteriérové vstupní podmínky výpočtu, jednotlivé vrstvy ETICS, které byly odečteny z projektové dokumentace a to jak z technické zprávy tak i z jednotlivých částí výkresové dokumentace. Výsledné množství zkondenzovaných vodních par ve stavební konstrukci bylo stanoveno výpočtem: $M_c=0,086 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{a})$ a je v souladu s požadavkem normy ČSN 73 0540, s tím, že na konci sledovaného období je zóna kondenzace suchá. Bilance vodních par v konstrukci je tedy aktivní. Obrázek č. 3 ukazuje výstup ze software DEK, kde jsou znázorněny křivky průběhu parciálních tlaků nasycené vodní páry a skutečného parciálního tlaku vodní páry v závislosti na tloušťce konstrukce.



Obr.3 – Průběh parciálních tlaků v konstrukci se znázorněním kondenzační zóny

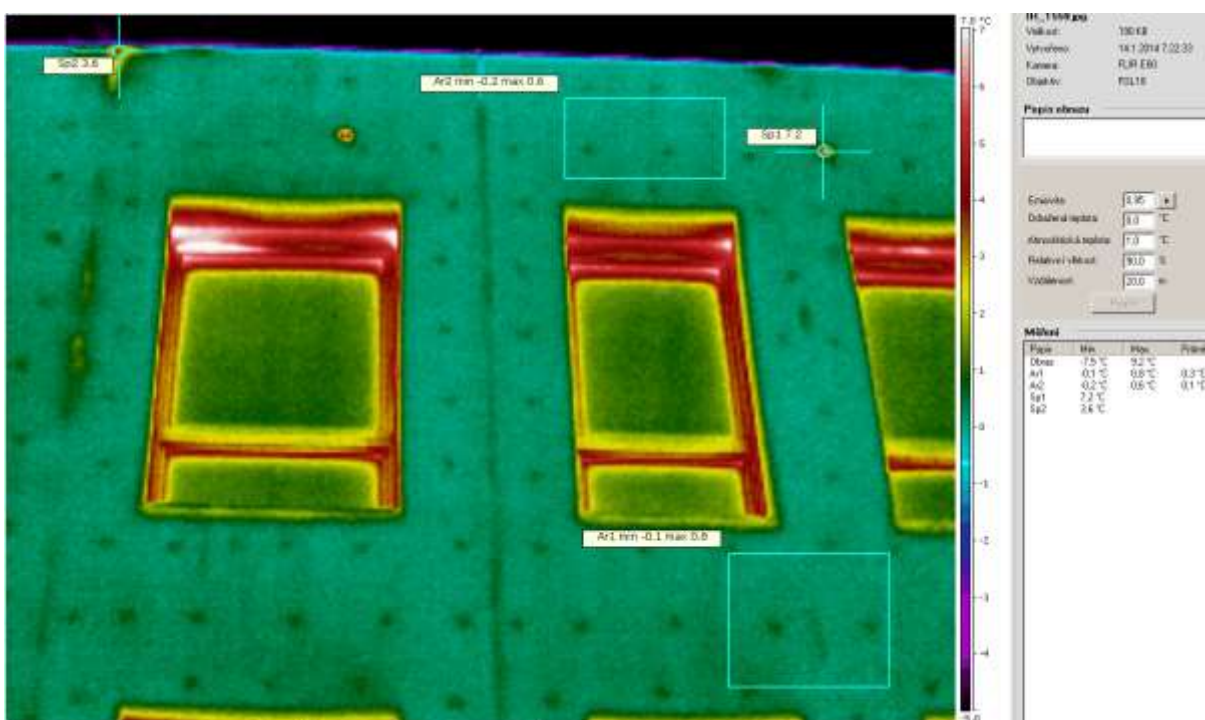
Fig.3 – Progress of partial pressures with condensation zone in construction

3.3 Posouzení kvality realizace ETICS

Po čas realizace ETICS byly pořádány pravidelné kontrolní dny, na kterých technický dozor investora (TDI) pořizoval fotodokumentaci, která prokazuje, že zhotovitel stavby použil předepsané materiály, zejména tepelný izolant z minerální vaty o předepsané tloušťce. Na tomto místě je také dobré zmínit, že stavba zateplení byla realizována z prostředků operačního

programu životního prostředí (OPŽP), provozovaným Státním fondem životního prostředí (SFŽP) a tak i ze strany SFŽP byla celkem 3 krát provedena kontrola dodržování schválené projektové dokumentace přímo na stavbě spojená s měřením tloušťek tepelného izolantu. Pro posouzení kvality provedení ETICS a vyloučení nadměrné kondenzace vodních par vlivem tepelných mostů nebo jinak nekvalitního provedení ETICS bylo provedeno poměrně rozsáhlé a podrobné snímkování pomocí infračervené termografie. Pro měření byla použita kamera FLIR e60 Wi-Fi, měření bylo provedeno v prosinci 2013, ráno, v rozmezí 6.00 – 7.00 hod., kdy se teplota vzduchu pohybovala okolo $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Byl tedy zajištěn teplotní gradient min. 20 K, který je pro průkazné měření nezbytný. Dále bylo provedeno srovnávací měření na jižní, nenapadené fasádě. V 7.00 hodin bylo měření ukončeno.

Obrázky č. 4 a 5 ukazují část pořizovaných termografů, které dokazují, že zateplení bylo provedeno velmi kvalitně, bez tepelných mostů a podle schválené projektové dokumentace.

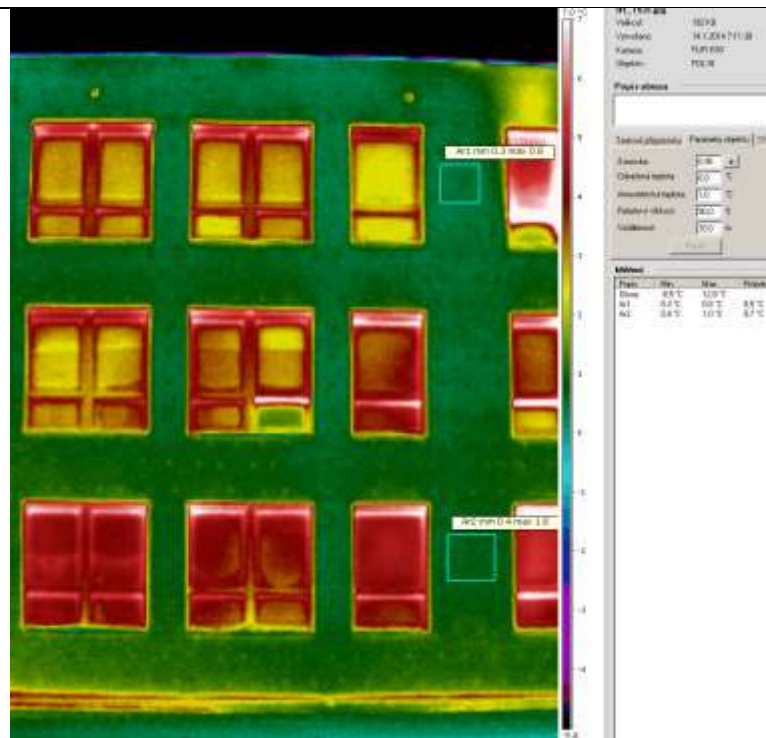


Obr.4 – Detail u oken

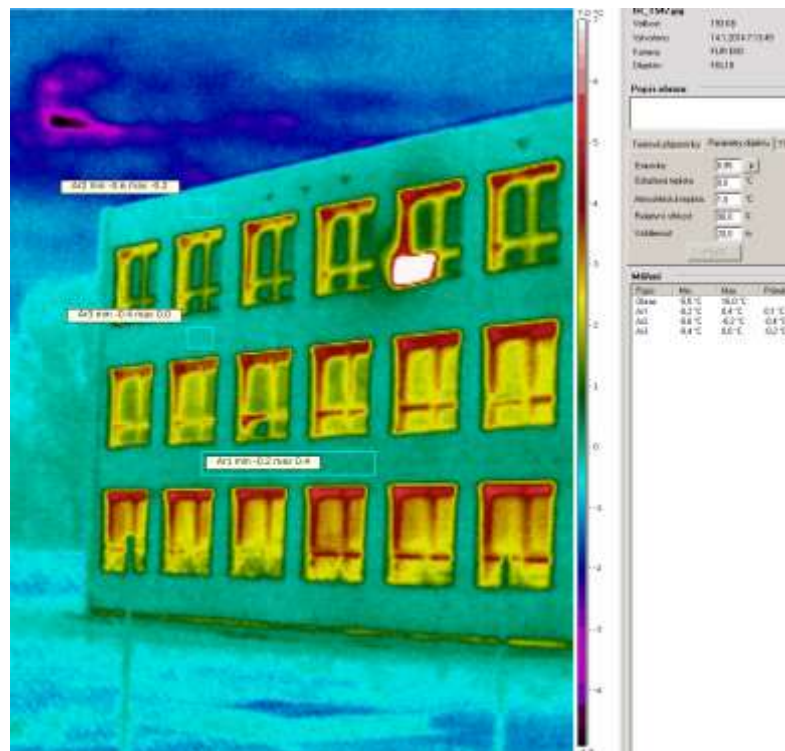
Fig.4 – Detail arrounding windows

Minimální a maximální hodnoty teplot posuzovaných teplotních polí jsou téměř totožné, resp. pohybují se v intervalu $-0,6$ až $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je výborný výsledek, který neukazuje na nadměrnou kondenzaci ve svrchní vrstvě ETICS. Velice podobné hodnoty byly naměřeny i na referenční jižní fasádě, která není napadena řasami a plísněmi jak ukazuje obr. č. 6.

Nebyla tedy potvrzena hypotéza o nekvalitně provedeném zateplení ze strany stavebního podnikatele, stejně tak se neprokázalo, že by samotný návrh ETICS byl chybný tj. v rozporu s ČSN.



Obr.5 – IČ Pohled na fasádu
Fig.5 – IR view to facade



Obr.6 – IČ Pohled na referenční fasádu
Fig.6 – IR view to reference facade

3.4 Zhodnocení okolí stavby

Na rozdíl od výpočetních metod nebo přímého měření pomocí infračervené termografie je zhodnocení okolí stavby poměrně subjektivní záležitostí. Jak již bylo řečeno, zdrojem spor plísní a zárodků řas je většinou vegetace v blízkosti stavby a proto je nutné brát v úvahu i jakékoliv stromořadí, keře apod. Na obrázku č. 7 je satelitní snímek okolí školy, kde je červeně znázorněn obvod posuzované stavby. V blízkém okolí stavby se vyskytuje vzrostlé stromořadí, především na západ od stavby a přímo před posuzovanou fasádou jsou situovány celkem 3 stromy, které výškou přesahují stavbu.

Je vysoce pravděpodobné, že popsaná vegetace se podílí na zanesení fasád spory plísní a řas vysokou měrou.



Obr.7 – Situace stavby

Fig.7 – Site plan

4 ZÁVĚR

V našem konkrétním případě došlo k biotickému napadení fasády objektu přesto, že byly splněny požadavky českých norem a zákonných úprav. Návrh provedený projektantem byl v pořádku po stránce požadovaného součinitele prostupu tepla U [$W/(m^2.K)$] a také po stránce maximálního povoleného množství zkondenzované vody M_c [$kg/(m^2.a)$]. Měření pomocí infračervené termografie prokázalo, že zateplení bylo provedeno kvalitně, a že k nadměrné kondenzaci nedochází. Vlhkost, která způsobila růst plísní a řas byla vnesena na fasádu díky klimatickým podmínkám. Vzhledem k severní orientaci napadených fasád a zastínění stromy nemohlo docházet k efektivnímu odvodu vlhkosti popř. vysušování. Zároveň se blízká vegetace, mnohdy téměř v přímém kontaktu s fasádou postarala o zdroj spor plísní a zárodků řas.

V tomto případě tedy nelze ukázat na viníka, který by příčiny vedoucí k výskytu nadměrné vlhkosti zavinil. Další otázkou samozřejmě zůstává jestli mohou mít chybný návrh nebo špatné provedení na stavbě za následek biotické napadení v tomto rozsahu pokud by nebyl zdroj plísní a řas. Jsou známy stavby zejména s podhorských oblastí, které jsou bioticky napadeny do 3 let od dokončení zateplení. Osobně se domnívám, že biotickému napadení nelze téměř zabránit návrhem ani provedením stavby, lze jen snížit pravděpodobnost, že k němu dojde.

5 LITERATURA

- [1] ŠÁLA, Jiří; KEIM, Lubomír; SVOBODA, Zdeněk; TYWONIAK, Jan : *Tepelná ochrana budov*. ICE ČKAIT, 2008 Praha, 292 s. ISBN 978-80-87093-30-6.
- [2] LANK, Jiří; HLAVÁČEK, Pavel: *Rekonstrukce fasád*. ERA group spol. s r.o., 2006 Brno, 94 s. ISBN 80-7366-072-5.
- [3] VANĚČEK, Ivan: *Poruchy tepelněizolačních systémů III. část*. Spektra, 2005 Praha, 48 s.
- [4] KALOUSEK, Miloš: *Termovizní diagnostika betonových konstrukcí*. Sanace betonových konstrukcí, roč. 17, č.1, 2004 Praha, 31 s. ISSN: 1211-3700.
- [5] ZVĚŘINA, Aleš; KALOUSEK, Miloš: *Bezkontaktní diagnostika vad a poruch vnějších kontaktních zateplovacích systémů pomocí infračervené termografie*. VUT v Brně, ÚSI, 2010 Brno, 101 s. ISBN 978-80-214-4276-4.