

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Multikriteriální analýza kontaktní a
provětrávané fasády na vybraném objektu

Klára Konýčková

2019

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Linda Veselá



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Konýčková Jméno: Klára Osobní číslo: 437990

Zadávací katedra: Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Multikriteriální analýza kontaktní a provětrávané fasády na vybraném objektu

Název bakalářské práce anglicky: Multi-criterial analysis of contact and ventilated façade on selected building

Pokyny pro vypracování:

- 1) Rešerše k problematice ETICS a provětrávaných fasád
- 2) Analýza podkladů a variantní návrh skláden ETICS a provětrávané fasády
- 3) Zpracování obecných technologických postupů na vybrané skladby
- 4) Multikriteriální analýza vybraných skladeb
- 5) Vyhodnocení

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 2901 Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS)

ČSN 74 7250 Lehké obvodové pláště - Požadavky na zabudování

ČSN 74 7251 Skládané pláště, obklady a pláště z panelů - Požadavky na přesnost osazení, kvalitu a vzhled

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie

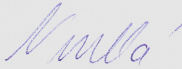
ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

26.2.2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne

.....

Klára Konýčková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Lindě Veselé za trpělivost, ochotu, připomínky a věcné rady.

Anotace

Hlavním cílem této bakalářské práce je porovnání a vyhodnocení navržených skladeb pro vnější zateplení jednopodlažního rodinného domu. Jedna z navržených skladeb je skladba kontaktního zateplovacího systému ETICS a druhá skladba je s provětrávanou vzduchovou mezerou s pohledovou konstrukcí z cementotřískových desek CETRIS. Skladby jsou porovnávány mechanické odolnosti, tepelně izolačních vlastností, pracnosti a z hlediska ekonomického. V teoretické části jsou popsány materiálové varianty součástí skladeb, požadavky na podklad pro provádění zateplení a vhodné klimatické podmínky pro provádění. Část praktická obsahuje popis vybraného objektu, variantní návrh skladeb, technologický postup pro provádění a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova: Kontaktní zateplovací systém, ETICS, zateplovací systém s provětrávanou mezerou

Annotation

The main object of my bachelor thesis is to compare the proposed composition of External Thermal Insulation. First of the proposed composition is External Thermal Insulation Composite System (ETICS) and the second one is a system with a ventilated air gap. The theoretical part of the work describes materials, requirements and climatic conditions for both systems. The compositions were suggested for single storey family house. Comparison of the mechanical resistant, materials, thermo-insulations and economical attributes is conducted in the partial part of the thesis.

Keywords: External Thermal Insulation Composite System, ETICS, External Thermal system with a ventilated air gap

Obsah

Anotace, Annotation	5
ODBORNÉ ZKRATKY	7
ÚVOD	8
1 VNĚJŠÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY	9
1.1 VÝHODY VNĚJŠÍHO ZATEPLENÍ.....	10
1.2 VNĚJŠÍ KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM ETICS	10
1.2.1 Normy a technická pravidla pro provádění vnějších zateplovacích systémů ETICS	11
1.2.2 Požadavky na podklad.....	12
1.2.3 Klimatické podmínky pro provádění	13
1.2.4 Odolnost proti požáru.....	13
1.2.5 Tepelně izolační materiál	14
1.2.6 Způsoby připevnění k podkladu.....	16
1.2.7 Povrchové úpravy.....	17
1.3 ZATEPLOVACÍ SYSTÉM S PROVĚTRÁVANOU MEZEROU	19
1.3.1 Normy používané při návrhu provětrávané fasády	20
1.3.2 Požadavky na podklad.....	20
1.3.3 Klimatické podmínky pro provádění	20
1.3.4 Tepelná izolace a difúzní folie	21
1.3.5 Nosný rošt	23
1.3.6 Provětrávaná vzduchová mezera.....	25
1.3.7 Koncová úprava povrchu	26
2 VARIANTNÍ NÁVRH SKLADEB PRO VYBRANÝ OBJEKT	27
2.1 POPIS VYBRANÉHO OBJEKTU	27
2.2 VARIANTNÍ NÁVRH SKLADBY ETICS	30
2.2.1 Technologický postup provádění navržené skladby ETICS	31
2.3 VARIANTNÍ NÁVRH SKLADBY S PROVĚTRÁVANOU MEZEROU	37
2.3.1 Technologický postup pro provádění navržené skladby s provětrávanou mezerou	38
3 VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH SKLADEB	41
3.1 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI NAVRŽENÝCH SKLADEB	41
3.1.1 Vyhodnocení skladby ETICS.....	41
3.1.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou	42
3.2 EKONOMICKÁ NÁROČNOST NAVRŽENÝCH SKLADEB	44
3.2.1 Vyhodnocení skladby ETICS.....	44
3.2.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou	45
3.3 PRACNOST A TECHNOLOGICKÉ PŘESTÁVKY	46
3.3.1 Vyhodnocení skladby ETICS.....	46
3.3.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou	46
4 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH SKLADEB	48
ZÁVĚR	50
ZDROJE	51
SEZNAM PŘÍLOH:	54

Odborné zkratky

- ETAG 014 - Řídící pokyn pro evropská technická schválení plastových kotev pro připevnění vnějších tepelně izolačních kompozitních systémů s omítkou. (European Technical Approval Guideline).
- ETICS - Vnější tepelně izolační kompozitní systém (External Thermal Insulation Composite System).
- ČSN - Česká technická norma.
- TP - Technická pravidla, technologický postup.
- EPS-F - Fasádní pěnový polystyren (expanded polystyrene).
- XPS - Extrudovaný polystyren (extruded polystyrene).
- MW - Minerální vata/minerální vlna (mineral wool).
- PUR - Pěnový polyuretan (foam polyurethane).

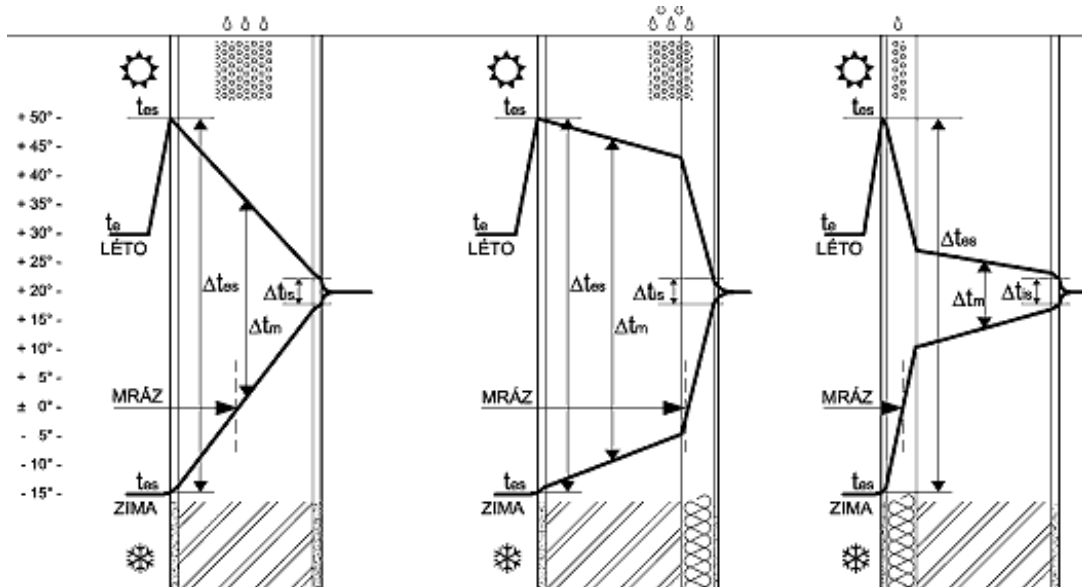
Úvod

Přiblížením problematiky vnějšího zateplování budov, především u rodinných domů, bych chtěla čtenářům pomoci pochopit, proč je zateplování budov tak důležité, na co je dobré při výběru zateplovacího systému myslet a na co určitě nesmíme zapomenout. Ukážeme si materiálové možnosti skladby ETICS a skladby s provětrávanou fasádou a základní požadavky na jejich provádění. Na základě těchto poznatků navrhne dvě varianty zateplovacího systému pro konkrétní rodinný dům na území obce Dobrá Voda u Českých Budějovic, který jsme se z potřeby snížení nákladů na jeho provoz a zvýšení teplotní pohody rozhodli zcela zrekonstruovat. Výstupem této práce bude porovnání dvou možných navržených skladeb zateplovacích systémů z hlediska tepelně technických vlastností, náročnosti montáže a ekonomické náročnosti.

Dříve byly budovány stavby s nedostatečnou izolací nebo v případě mého vybraného objektu dokonce bez jakékoli tepelné izolace. Zateplování budov je v současnosti velmi využívaná metoda revitalizace, díky které se uživatelům výrazně snižují finanční náklady na vytápění v zimních měsících nebo případné chlazení budov v letních měsících. Snížení nákladů na komfortní provoz budovy zdaleka není jedinou výhodou zateplení. Přidáním vrstvy tepelné izolace na vnější povrch konstrukce dojde mimo jiné ke zvýšení povrchové teploty konstrukce v interiéru a tedy i k posunu rosného bodu blíže do interiéru. Zdivo pak nemá tendenci promrzat a jeho životnost je možné tímto prodloužit o více než 30 let. Zateplení objektů celkově přispívá ke snížení dopadu na životní prostředí. Bylo prokázáno, že energie spotřebovaná na výrobu kontaktního zateplovacího systému, se účinkem po jeho zabudování uspoří za necelé dva roky.

1 Vnější zateplovací systémy

Zateplení fasády je dnes součástí jakékoli novostavby či rekonstrukce rodinných domů, bytových domů, administrativních budov, hal a jiných objektů. Dnešní trh nabízí velké množství možností pro výběr různých zateplovacích systémů a především materiálů, ze kterých se systémy skládají. Mezi nejznámější systémy patří kontaktní zateplovací systém ETICS, kde se lepí tepelný izolant přímo na podkladní konstrukci a následně se provede konečná povrchová úprava. Dalším známým zateplovacím systémem jsou provětrávané fasády, kde mezi tepelnou izolací a pohledovou obkladovou konstrukcí vzniká funkční provětrávaná mezera. Hlavním důvodem, proč je dobré objekty zateplit, je snížení tepelných ztrát budovy a tím i nákladů na vytápění. Díky zateplovacím systémům v létě nedochází k přehřívání konstrukcí a v zimě k jejich promrzání, což značně zlepšuje tepelnou pohodu uvnitř objektů.



Obrázek 1 - Porovnání průběhu teplot v konstrukci nezateplené, zateplené zevnitř a zateplené zvenku [13]

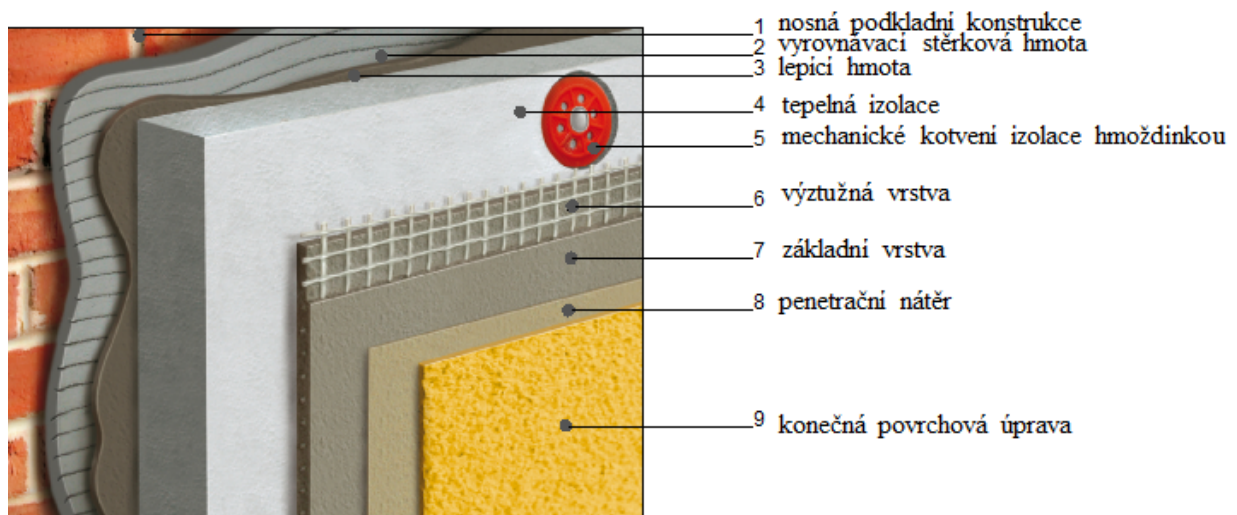
1.1 Výhody vnějšího zateplení

- prodloužení životnosti objektu
- eliminují se tepelné mosty ve stavební konstrukci
- zamezení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce
- snížená možnost vzniku plísní na vnitřním povrchu obvodových stěn
- snížení teplotní dilatace stavebních konstrukcí
- zamezení degradace stavební konstrukce povětrnostními vlivy
- možnost odstranění vad a poruch vzniklých v průběhu užívání
- zlepšení vzhledu
- ochrana vnitřního prostředí proti hluku

[1], [2]

1.2 Vnější kontaktní zateplovací systém ETICS

ETICS (External Thermal Insulation Composite System) je ekvivalentem stavebního výrobku a je definován jako sestava součástí. Mezi jeho základní součásti patří: lepicí hmota, tepelně izolační materiál, základní vrstva (lepicí hmota a výztužná síťovina), konečná úprava povrchu a systémová příslušenství.



Obrázek – 2 Popis skladby ETICS [20]

Sestava součástí musí být nejen důkladně navržena, ale i ověřena, že po zabudování do stavby bude schopna, na základě součinnosti jednotlivých vrstev, plnit

dané požadavky. Za návrh a jeho ověření odpovídá výrobce, a proto ho uvádí na trh podle zvláštních předpisů. Součástí evropského i národního prokazování shody je posuzování, jak výrobce zajišťuje konstantní kvalitativní úroveň výrobku. V případě ETICS se tak jedná o všechny jeho součásti.

1.2.1 Normy a technická pravidla pro provádění vnějších zateplovacích systémů ETICS

České technické normy:

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 73 0540-1 – Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie

ČSN 73 0440-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0810 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení

[3]

Sborník technických pravidel:

Sborník technických pravidel obsahuje všechny důležité informace pro provádění a navrhování skladeb ETICS. Na rozdíl od ČSN jsou tyto sborníky volně ke stažení.

TP CZB 2007 pro vnější tepelněizolační kontaktní systémy (ETICS)

TP 01–2007 Tepelně-technický návrh vnějších tepelněizolačních kontaktních systémů (ETICS).

TP 02–2007 Posouzení spolehlivosti připevnění vnějších tepelněizolačních kontaktních systémů (ETICS).

TP 03–2007 Detaily řešení vnějších tepelněizolačních kontaktních systémů (ETICS).

TP 04–2007 Specifikace a provádění vnějších tepelněizolačních kontaktních systémů (ETICS)

[3], [4]

1.2.2 Požadavky na podklad

Pro provádění ETICS je nutné provést orientační posouzení vhodnosti podkladu, které se obvykle provádí nepřímými diagnostickými metodami ještě před zpracováním prováděcí dokumentace systému ETICS.

Posouzení vhodnosti podkladu obvykle zahrnuje:

- vizuální průzkum;
- provedení soudržnosti podkladu poklepem;
- posouzení míry degradace podkladu vrypem;
- posouzení přilnavosti povrchových úprav pomocí lepící pásky;
- posouzení podkladu otěrem;
- posouzení nasákavosti mokrým štětcem;
- posouzení vlhkosti nepřímými metodami in situ např. kapacitní metoda;
- posouzení dilatačních spár v podkladu.

Podklad pro provádění ETICS nesmí mít výrazně zvýšenou vlhkost a nesmí být trvale zvlhčován. Zvýšená vlhkost podkladu musí být před provedením ETICS odstraněna nebo dostatečně omezena vhodnými sanačními prostředky. V případě lepených systémů nebo mechanicky připevňovaných systémů s doplňkovou lepící hmotou je vhodné, aby byl podklad vyzrálý, bez prachu a nečistot, mastnot, výkvětů, puchýřů, odlupujících se míst a aktivních trhlin v ploše. Vnější kontaktní zateplovací systém není určen pro vyrovnávání nerovností fasád. Zajištění rovinnosti podkladu je možné provést aplikací jádrové omítky. Tento krok je důležité udělat s dostatečným předstihem před založením zateplovacího systému, aby vrstva omítky byla vyzrálá. Požadavky na místní rovinnost podkladu s ohledem na způsob připevnění ETICS jsou ≤ 10 mm pro připevnění pouze lepící hmotou a ≤ 20 mm pro ETICS připevňované pomocí lepící hmoty a hmoždinek. Tyto maximální nerovnosti jsou měřeny mezi podkladem a 1 metrovou latí přiloženou k povrchu podkladu. [6]

1.2.3 Klimatické podmínky pro provádění

Teplota vzduchu ani teplota podkladu po celou dobu provádění technologických prací nesmí být nižší než $+5^{\circ}\text{C}$ a vyšší než $+30^{\circ}\text{C}$. Relativní vlhkost vzduchu během provádění nesmí být vyšší než 85 %, pokud dokumentace ETICS nestanovuje jinak. Při zpracování silikátových výrobků může být teplota v rozmezí $+8^{\circ}\text{C}$ až 25°C . Dále musí být zateplovaná konstrukce chráněna před deštěm po celou dobu technologických operací a po dobu, kdy může dojít k nežádoucímu ovlivnění vlastností ETICS nebo jeho součástí. Základní vrstva, penetrační nátěr a omítka musí být po dobu svého zrání chráněna před přímým slunečním zářením. Provádění ETICS je nepřípustné během silného větru, kdy dochází k narušení řádného provádění. [6]

V dokumentaci výrobce ETICS mohou být uvedeny další požadavky na klimatické podmínky během provádění ETICS. [5]

1.2.4 Odolnost proti požáru

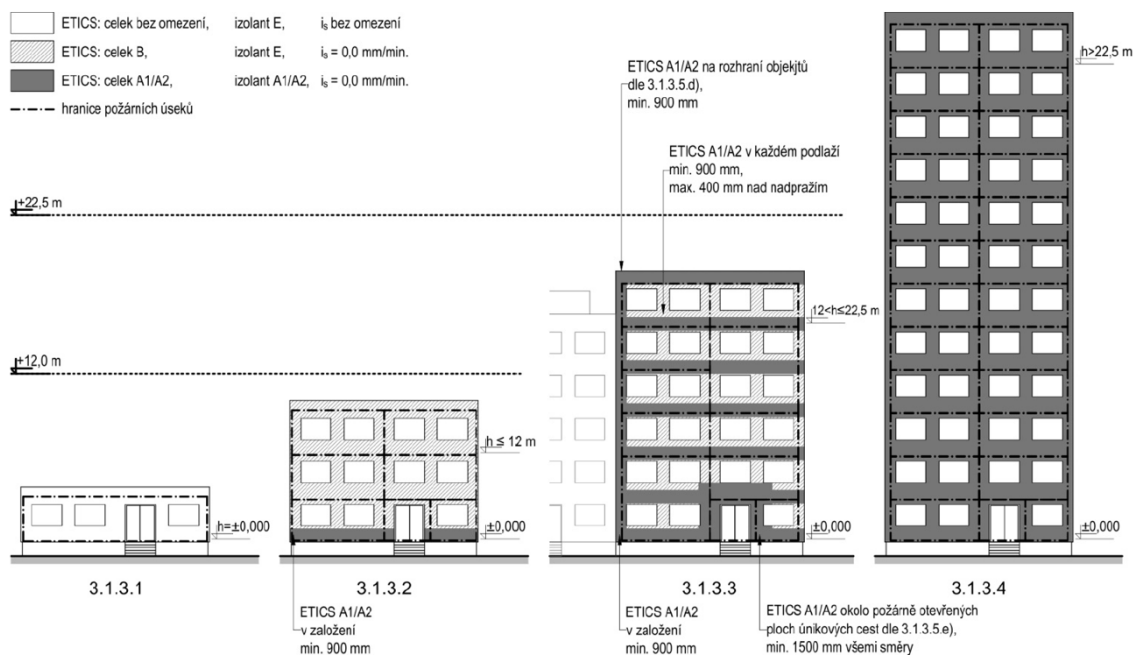
Při návrhu ETICS je požadavek na odolnost proti požáru jedním z hlavních nároků. ETICS musí být z hlediska reakce na oheň hodnocen jako celek. Musí se navrhovat a následně realizovat podle zásad stanovených pro skupiny objektů a jejich částí.

Dle výšky objektu rozdělujeme objekty do 4 výškových skupin.

1. Jednopodlažní objekt $h = 0$ m.
2. Objekty s požární výškou $h \leq 12$ m.
3. Objekty s požární výškou $12 < h \leq 22,5$ m.
4. Objekty s požární výškou $> 22,5$ m.

Jednopodlažní objekty s požární výškou $h = 0$ m, které splňují požadavky normy ČSN 73 0802 (Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty), jsou navrženy jako jeden požární úsek. Dále dělíme materiály podle reakce na oheň do tříd A1, A2, B, C, D, E, F, kde F znamená, že žádný ukazatel nebyl stanoven a A1 označuje nehořlavý materiál. [8]

Grafické znázornění příkladů provedení kontaktního zateplení ETICS bez zkoušky podle ČSN ISO 13785-1 viz. obrázek číslo 3. [8]



Obrázek -3 Kontaktní zateplení ETICS [8]

1.2.5 Tepelně izolační materiál

Mezi tepelně izolační materiály patří:

- Expandovaný polystyren (EPS)
 - bílý;
 - šedý.
- Extrudovaný polystyren (XPS)
- Minerální vata (MW)
 - desky s podélnou orientací vláken
 - desky - lamely s příčnou orientací vláken

V současnosti je nejpoužívanějším tepelným izolantem expandovaný polystyren EPS, který má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, výbornou zpracovatelnost a ve srovnání s minerální vatou příznivější cenu. Rozdíl mezi bílým EPS a šedým EPS je v ceně, ale především v součiniteli tepelné vodivosti, který má šedý EPS lepší. Šedý polystyren je proto vhodné použít tam, kde v potřebné tloušťce bílý polystyren nevyhoví. V poměru cena/kvalita za zlepšení tepelné pohody v interiéru je varianta zateplení z šedého polystyrenu to nejlepší na trhu. Jeho nevýhodou však zůstává jeho rázené reakce na oheň až do třídy E. [9]

Největší výhodou minerální izolace oproti EPS je její nízký faktor difuzního odporu, díky kterému jsou konstrukce prodyšnější a paropropustnější. Na rozdíl od EPS minerální izolaci díky jejímu organickému původu nenapadají plísně ani bakterie. Zpracovatelnost MW je sice horší, ale za to se v reakci na oheň řadí do třídy A1. Důležitost paropropustnosti tepelného izolantu musíme zohlednit především u zateplování starších budov s vlhkým provozem. Rozdíly mezi MW s podélnou orientací vláken a s příčnou orientací vláken jsou z hlediska užitných vlastností zanedbatelné.

Velkou nevýhodou obou z těchto materiálů je jejich vysoká nasákavost. V soklové oblasti, kde hrozí nasáknutí tepelné izolace, se proto používá výhradně nenasákavý XPS. V celoplošném zateplení se XPS nepoužívá z důvodu větších objemových změn než u EPS. Při použití XPS v ploše fasády, je nutné zohlednit jeho rozměrovou stabilitu. [1], [9]

Tabulka – 1 Vlastnosti tepelných izolací

Základní fyzikální vlastnosti				
	<i>Expandovaný polystyren (EPS)</i> <i>bílý šedý</i>		<i>Extrudovaný polystyren (XPS)</i>	<i>Minerální vata (MW)</i>
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda=[\text{W/mK}]$	0,040	0,030	0,030–0,038	0,035–0,045
Faktor difuzního odporu $\mu[-]$	20 - 100		180	1 až 2
Objemová hmotnost běžně užívaného ρ [kg/m^3]	15 až 40		30 až 150	30–100
Třída reakce na oheň	E		E	A1

Zdroj: [10], [11]

1.2.6 Způsoby připevnění k podkladu

Kontaktní zateplovací systém lze připevnit k podkladu čtyřmi způsoby:

- Lepené systémy:
 - celoplošně lepené;
 - částečně lepené.
- Lepené systémy s doplňkovými mechanickými kotvami;
- Mechanicky připevňované systémy s doplňkovou lepicí hmotou;
- Mechanicky připevňované systémy.

[5]

Lepicí a stěrkové hmoty pro základní vrstvu a omítky se rozdělují podle převažujícího pojiva následovně:

- disperzní, kde převažujícím systémem jsou syntetické polymery rozptýlené ve vodě;
- minerální, kde převažujícím pojivem je cement.

[5]

Lepicí hmota zajišťuje připevnění vrstvy tepelné izolace k podkladní konstrukci. Mezi nejvíce používané lepicí hmoty patří v současnosti hmota v práškové podobě na bázi cementu. Je výhodná především pro lepení tepelné izolace na nerovné povrchy. [1] Lepicí hmotu nanášíme ručně celoplošně na celý rub povrchu tepelné izolace, nebo ručně či strojně po celém obvodu desky a zároveň uprostřed desky, buď ručně ve formě terčů (minimálně tři terče na jednu desku), nebo strojně v podobě nepravidelného pásu. U tepelných izolací z minerální vaty (MW) a z EPS s převážně podélnou orientací vláken musí být přilepeno nejméně 40 % povrchu desky. U desek tepelné izolace s kolmou orientací vláken (lamely) vyžadují nanesení hmoty vždy celoplošně. [6]

Stěrková hmota zajišťuje spolupůsobení vrstvy tepelné izolace, výztužné vrstvy a povrchové úpravy. Podle předpisů některých výrobců může být stěrková hmota totožná s hmotou lepicí. Pro zlepšení mechanických vlastností, stability a životnosti vnějšího souvrství zateplovacího systému, se do stěrkové hmoty vtlačuje výztužná vrstva. Výztužná vrstva je většinou tvořena síťovinou ze skelných vláken a je provedena v celé ploše zateplení. V místech zvýšeného namáhání je nutné výztuž zesílit. Mezi tato problematická místa patří zejména oblasti nároží obvodových stěn a otvorů. [1] Druh

síťoviny a druh stěrkové hmoty základní vrstvy určuje projektová dokumentace pro provádění ETICS, která je v souladu s dokumentací ETICS. [6]

Mechanické připevnění tepelné izolace k podkladní konstrukci navrhujeme na účinky objemových změn, zatížení větrem a na účinky vlastní hmotnosti. Nejčastěji využívané mechanicky upevňovací prostředky jsou hmoždinky. Druh, počet a rozmístění hmoždinek udává projektová dokumentace. Plastové talířové hmoždinky rozdělujeme na hmoždinky s plastovým trnem pro EPS nebo s kovovým trnem pro MW. [7]

Použití hmoždinek se odvíjí od druhu materiálu podkladní konstrukce, který se dělí do následujících kategorií:

- **Kategorie A** – beton prostý nebo vyztužený třídy C12/15 až C50/60;
- **Kategorie B** – zdivo z plných cihel nebo z kamene;
- **Kategorie C** – zdivo z dutých nebo děrovaných cihel, cihelných bloků a tvárnic;
- **Kategorie D** – zdivo nebo dílce z betonu z pórovitého kameniva;
- **Kategorie E** – zdivo nebo dílce z autoklávovaného pórobetonu;
- **Nestanovená kategorie** – jiný druh podkladního materiálu.

Pro kategorie A-E jsou určeny hmoždinky a ověřené postupy kotvení podle ETAG 014. Do nestanovené kategorie patří například deskové materiály, jako jsou cementotřískové desky, sádrovláknité a dřevoštěpkové desky a podklady z plechu nebo dřeva. [7]

1.2.7 Povrchové úpravy

Možnosti povrchových úprav jsou omítky nebo kamenné či cihelné obklady. Při výběru konečné povrchové úpravy, je důležité zvážit jejich technické parametry. Některé z nich mohou pomoci zajistit delší životnost a trvanlivost ETICS a mohou ovlivnit celoroční bilanční rovnici kondenzace vodní páry v interiéru. Mezi tyto sledované parametry patří: odolnost proti rázu, propustnost pro vodní páru a rychlost pronikání vody v kapalném stavu.[1]

- Omítky podle materiálu rozdělujeme na:
 - **minerální** - vyráběné na bázi maltovinových pojiv (cement a vápenný hydrát);
 - **akrylátové (disperzní)** - vyráběné na bázi syntetických polymerů rozptýlovaných ve vodě;
 - **silikátové** - vyráběné na bázi křemičitanových pojiv;
 - **silikonové, silikonakrylátové** - vyráběné na bázi syntetických polymerů rozptýlovaných ve vodě. [1]

Omítky se provádějí v různých tloušťkách v závislosti na velikosti obsaženého zrna nejčastěji 1,5; 2,0; 3,0 mm.

- Omítky podle dosažené struktury dělíme na:
 - **roztírané** - obvykle mají viditelnou strukturu určenou především zrnitostí kameniva a způsobem nanášení;
 - **rýhované** - mohou mít přímý nebo točený směr rýh;
 - **válcované**.

Struktura nemá vliv na tepelně technické vlastnosti ani na živostnost. Omítky se provádějí na suchý vyzrálý neznečištěný povrch obvykle ručně nebo strojně směrem shora dolů. Pohledově ucelené plochy je nutné provádět v jednom záběru bez přerušení.[7]

Tabulka 2 - Přehled vlastností vybraných druhů omítek

Vlastnost	Druhy omítky			
	<i>akrylátová</i>	<i>silikátová</i>	<i>silikonová</i>	<i>minerální</i>
Prodyšnost	***	*****	****	*****
Vodoodpudivost	****	**	*****	*
Odolnost proti mikroorganismům	**	*****	**	*****
Elasticita	*****	**	*****	*
Odolnost vůči krajním teplotním a vlhkostním vlivům při zpracování	*****	**	*****	**
<i>Pro hodnocení je použita varianta počtu hvězdiček. Jedna hvězdička znamená, že posuzovaná vlastnost je na základní úrovni.</i>				

Zdroj: PANÁK, Vladimír a Luboš KÁNĚ. Fasády - Vnější tepelněizolační kompozitní systémy ETICS. Praha: DEKTRADE, 2013. [12]

1.3 Zateplovací systém s provětrávanou mezerou

Provětrávaná fasáda nabízí perfektní zateplení, akustiku a protipožární zabezpečení. Tento druh zateplení je velmi účinný a má při správném provedení a použití správných materiálů velmi dlouhou životnost. Provětrávané zateplovací systémy se hodí nejen k zateplení rodinných a bytových domů, ale i pro nákupní centra, administrativní budovy, zdravotnická zařízení nebo jiné objekty.

Tyto systémy se skládají z nosného roštu připevněného k podkladu, tepelně izolační vrstvy obvykle deskového typu a ochranné vrstvě ve formě předsazeného obkladu. Charakteristickým prvkem tohoto systému je provětrávaná vzduchová mezera mezi předsazenou vrstvou a tepelnou izolací. Do popředí se dostávají nejen díky novým materiálům a způsobům kotvení, ale i díky širokému uplatnění z hlediska architektonických požadavků. Chrání konstrukce před teplotními výkyvy vnějšího prostředí, v létě se konstrukce nepřehřívají, v zimě nedochází k jejich promrzání. Průběh montáže neomezují vnější teplotní podmínky ani jiné technologické přestávky nutné k vysychání vody a zrání vrstev s mokřým procesem. Z těchto důvodů jsou tyto fasády velmi vhodné i pro rekonstrukce domů a objekty po sanaci vlhkého zdiva. Pohledové konstrukce nabízejí velkou variabilitu tvarů, materiálů a barevnosti obkladů. Výhodou montované konstrukce je její snadná demontáž. Vrchní obklad lze kdykoli odejmout a vyměnit, nosný rošt posunout a vrstvu tepelné izolace rozšířit, a obklad znovu přimontovat. Skladba díky předsazenému opláštění, provětrávané vzduchové mezeře i díky izolaci z minerální vaty výrazně přispívá k tlumení hluku přicházejícího z rušných ulic. [14], [24]



- 1- nosná podkladní konstrukce;
- 2- tepelná izolace;
- 3- difúzní folie;
- 4- provětrávaná vzduchová mezera;
- 5 -vnější plášť na nosném roštu.

Obrázek 4 - Popis skladby s provětrávanou mezerou [15]

1.3.1 Normy používané při návrhu provětrávané fasády

ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov.

ČSN 73 0540-1 – Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie

ČSN 73 0440-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

ČSN 73 0802 – Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty

ČSN 73 0801 – Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení

ČSN 73 0532 – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – požadavky.

ČSN 74 7250 – Lehké obvodové pláště – požadavky na zabudování

ČSN 74 7251 – Skládané pláště, obklady a pláště z panelů – Požadavky na přesnost osazení, kvalitu a vzhled

[16]

1.3.2 Požadavky na podklad

Požadavky na podkladní konstrukci provětrávané fasády nejsou tak přísné jako při provádění ETICS. Rovinnost i svislost podkladu lze snadno pomocí nosného roštu vyrovnat. Zároveň lze konstrukce provětrávané fasády díky funkční provětrávané mezeře aplikovat i na vlhké nebo zvlhčované podklady. Požadavky na rovinnost podkladu vezmeme z normy na geometrickou přesnost zděných konstrukcí.

Tabulka – 3 Největší povolené geometrické odchylky zděných prvků:

Svislost stěn v rámci jednoho podlaží	±20 mm
Rovinnost v délce kteréhokoli 1 metru	±10 mm
Rovinnost v délce 10 metru	±50 mm

zdroj: ČSN EN 1996-2 [17]

1.3.3 Klimatické podmínky pro provádění

Montáž provětrávané fasády nevyžaduje mokré procesy, proto ji neomezuje vnější teploty ani technologické přestávky nutné k vysychání vody a zrání materiálů.

Omezení nastává u připevňování roštu k podkladní konstrukci, kdy teplota povrchu podkladní konstrukce musí být vyšší než 0°C. [15], [28]

1.3.4 Tepelná izolace a difúzní folie

Pro provětrávané fasády je možné použít díky komínovému efektu vzduchové mezery pouze nehořlavé tepelně izolační materiály jako je minerální vata. Tepelná izolace se vkládá na těsno mezi profily roštů, které nesou fasádní obklad. Při návrhu tloušťky tepelného izolantu je nutné zohlednit tepelné mosty vzniklé od konstrukce roštu.

Výrobce ROCKWOOL ve svém odborném katalogu pro projektanty o provětrávaných fasádách udává, že pokud jsou vzdálenosti mezer mezi rošty do 600 mm, není nutné tepelnou izolaci kotvit. Jsou-li vzdálenosti mezi profily roštů větší, je možné pro připevnění izolačních desek použít talířové hmoždinky nebo držáky izolace. Jejich typ, rozmístění, počet a průměr terče bývá určen v prováděcí dokumentaci realizace provětrávané fasády. Talířové hmoždinky s průměrem talíře 60 mm lze doplnit o roznášecí talíře o průměru 90 - 110 mm. Pro kotvení jsou využívány standardní hmoždinky určené pro ETICS. Doporučený počet kotev na desku závisí zejména na typu izolace. Jelikož hmoždinky v provětrávaném systému fasád nejsou tolik mechanicky namáhány jako je tomu v případě kontaktních fasád, je jejich počet menší než u ETICS. Konečný počet kotevních prvků řeší projekt zodpovědného projektanta.[16]

Tepelný izolant použitý pro provětrávané fasády by měl být nejen nehořlavý, ale i hydrofobizovaný, tedy vodoodpudivý, což splňují právně minerální izolace. Při styku izolantu například s dešťovou vodou, kapky po povrchu stékají a izolační schopnosti materiálu tak nejsou ohroženy. Přesto jsou minerální vaty velmi nasákavé a je nutné je během přepravy a skladování před vlhkostí ochránit.

Mezi vhodné tepelné izolace patří:

- kamenná vlna;
- skelná vlna.

Kamenná vlna je vyráběna za vysokých teplot rozvlákněním čediče, bazaltu nebo gabra v peci a následným zformováním těchto vláken do rohoží či desek. Základními vyráběnými variantami jsou měkké rohože a tuhé desky. Do provětrávaných fasád se hodí především tuhé desky, které je možno používat pro zatěžované izolace

stavebních konstrukcí jako jsou například i izolace kontaktních zateplovacích systémů ETICS nebo výplňové izolace do rámových dřevostaveb a izolace šikmých střech. Desky s objemovou hmotností nad 100 kg/m^3 , lze použít pro zateplení podlah. Měkké rohože se používají například do nepochůzné stropní konstrukce nebo půdních prostor. [19]

Skelná vlna se vyrábí recyklací obalového skla nebo ze skla nového. Roztavené sklo je rozfoukáváno na vlákna a formováno do desek nebo rohoží. Použití skelné vlny je podobné jako u vlny kamenné, tedy: Stropy, podhledy, provětrávané fasády, izolace mezi krokvemi a podobně. [19]

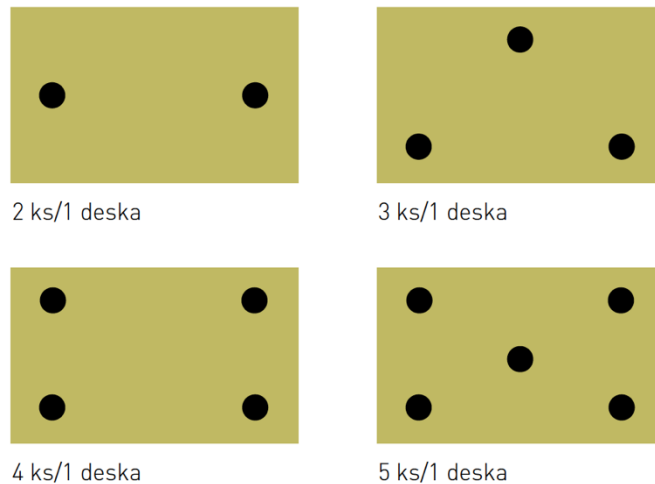


Obrázek 5 - Tepelná izolace z minerálních vláken, skelná vlna vlevo, kamenná vlna vpravo. [20], [21]

Tabulka 4 - Fyzikální vlastnosti minerálních izolací

Základní fyzikální vlastnosti		
	<i>Kamenná vlna</i>	<i>Skelná vlna</i>
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = [\text{W/mK}]$	0,035 - 0,045	0,030 - 0,045
Faktor difuzního odporu $\mu = [-]$	1 až 2	1
Objemová hmotnost běžně užívaného $\rho = [\text{kg/m}^3]$	30 – 100	15 – 35
Třída reakce na oheň	A1	A1

Zdroj: Minerální izolace – TZB info, [22]



Obrázek 6 - Příklady rozmístění hmoždinek na desku tepelné izolace z MW [16]

Difúzní folie

Protože jsou minerální izolace hydrofobizované, není použití fólie nezbytně nutné. Někteří výrobci nabízejí černé kaširované izolační desky, které v mezerách obkladů nejsou vidět. Použitím folie však zlepšujeme kvalitu zateplení a prodlužujeme jeho životnost. Fólie v systému provětrávané fasády zajišťuje ochrannou funkci tepelné izolace proti vlivům vnějšího prostředí jako je vítr, déšť, sníh a vlhkost. Zároveň je velmi důležité, aby byla fólie dostatečně difúzně propustná směrem z interiéru. K utěsnění přesahů a napojení na okolní konstrukce se používají vysoce kvalitní lepicí pásy. Čím lepší je kvalita utěsnění, tím lepší jsou tepelně izolační vlastnosti konstrukce.

U fasád s uzavřenými obklady je možné použít fólii, která se používá jako pojistná hydroizolace střech. Fasády s otevřenými spárami musí být fólie navíc odolná i proti UV záření, které způsobuje degradaci folie a její funkce. Při použití dřevěného nosného roštu, je důležité, aby folie byla odolná i proti chemickému ošetření dřeva. [23], [24]

1.3.5 Nosný rošt

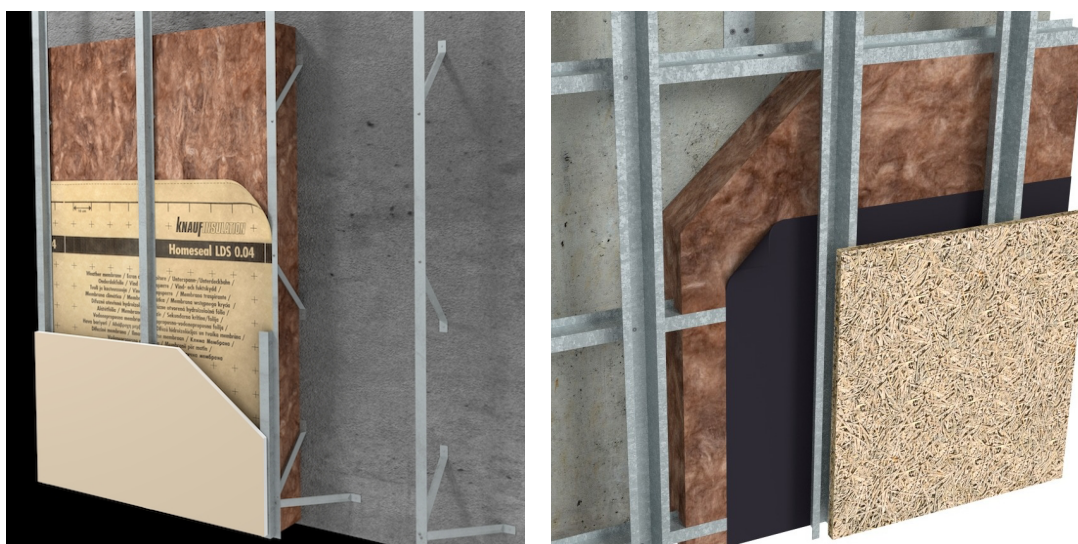
Konstrukce roštu přenáší veškeré účinky zatížení od působení větru a vlastní hmotnosti neseného obkladu do nosné obvodové konstrukce. Konstrukce je obvykle provedena z hliníku, pozinkované oceli nebo ze dřeva. Při volbě materiálu roštu je nutné

dodržet platné požární předpisy, ze kterých například vyplývá, že dřevěné rošty a kombinované rošty, které obsahují dřevěné profily lze použít pouze při zateplování objektů do výšky 9 m. Z toho důvodu se dřevěné rošty používají na rodinné domy a na administrativní a jiné vyšší objekty se používají především rošty kovových konstrukcí.

Provedení roštů závisí na druhu a formátu fasádního obkladu. Mohou být vodorovné, svislé nebo křížové. Všechny profily musí dlouhodobě odolávat změnám teplot a vlhkosti. Z čehož plyne další nevýhoda dřevěných profilů, které musíme impregnovat proti škůdcům a hnilobě a od vlhkého prostředí izolovat pomocí hydroizolační folie. Nevýhodou kovových roštů je zvýšená tepelná délková roztažnost profilů.

Přípevnění roštů k podkladní konstrukci se provádí pomocí pozinkovaných, nerezových nebo hliníkových L profilů, které jsou od podkladní konstrukce z důvodu přerušení tepelných mostů odděleny tepelně izolačními podložkami. V případě kovových roštů od výrobce Knauf Insulation se profily připevňují pomocí příčných a podélných diagonál. (Obrázek číslo 6). Kotvení umožňuje snadné vyrovnání nerovností podkladu, což je značná výhoda systémů s provětrávanou fasádou.

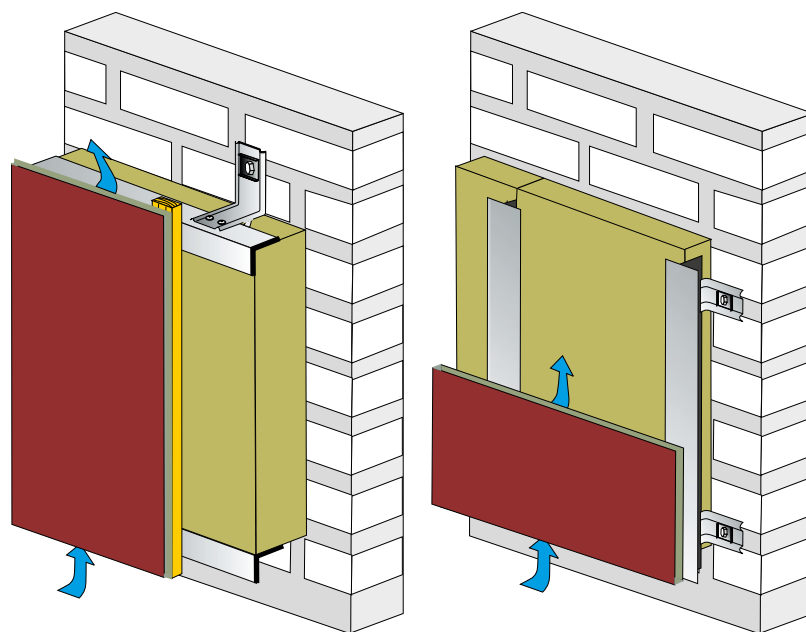
Základním pravidlem pro správnou funkci fasády je, že rošt, na který je připevňován obklad, musí být svislý. Pokud by byl koncový rošt vodorovný, tak není umožněné přirozené proudění vzduchu a nejedná se o provětrávanou fasádu. [15], [24]



Obrázek 7 – Nosné kovové rošty. Svislý kovový rošt s diagonálami vlevo. Křížový kovový rošt vpravo. [25], [26].

1.3.6 Provětrávaná vzduchová mezera

Funkčnost provětrávané mezery zásadně ovlivňuje životnost fasádní konstrukce. Aby provětrávaná mezera fungovala správně, musí v mezeře docházet k proudění vzduchu, které případnou vlhkost z konstrukce odvede. Pro navrhování provětrávaných fasád stále ještě neexistuje norma, a proto je doporučeno brát tuto fasádu jako strmou střechu a řídit se normou ČSN 73 1901 pro navrhování střech. Z této normy vyplývá, že skladba musí mít mezeru minimálně 40 mm. Rovněž je nutné zajistit dostatečný počet nasávacích a výdechových otvorů. Tyto otvory musíme pravidelně čistit a v zimním období nesmí být otvory trvale zasypány sněhem. Otvory musí být zajištěny proti vniknutí hmyzu a drobných hlodavců. Mřížku osazujeme do nasávacích i odsávacích otvorů. Připevňujeme ji k svislému dřevěnému roštu pomocí nastřelovacích spon. Minimální plocha větracích otvorů je 1/400 plochy fasády. [15]



Ukázka provětrávané fasády s vodorovným a svislým roštem

Obrázek 8 – Proudění vzduchu provětrávanou mezerou [16]

Tabulka – 5 Faktory ovlivňující rychlost proudění vzduchu ve větrané mezeře

Faktory ovlivňující proudění vzduchu v provětrávané mezeře:	
Konstrukční řešení větrané mezery	Výška a tvar průřezu větrané mezery, Sklon větrané konstrukce, Materiál obkladové konstrukce (barva, struktura) Velikost a umístění nasávacích a odsávacích otvorů.
Vítr	Umístění stavby – nadmořská výška, Morfologie terénu, Ochrana před větrem okolní zástavbou nebo vegetací.
Sluneční záření	Umístění stavby – zeměpisná šířka, délka, Roční období – datum, hodina, Délka dne a noci.

Zdroj: Navrhování větraných vrstev – ISOVER [27]

1.3.7 Koncová úprava povrchu

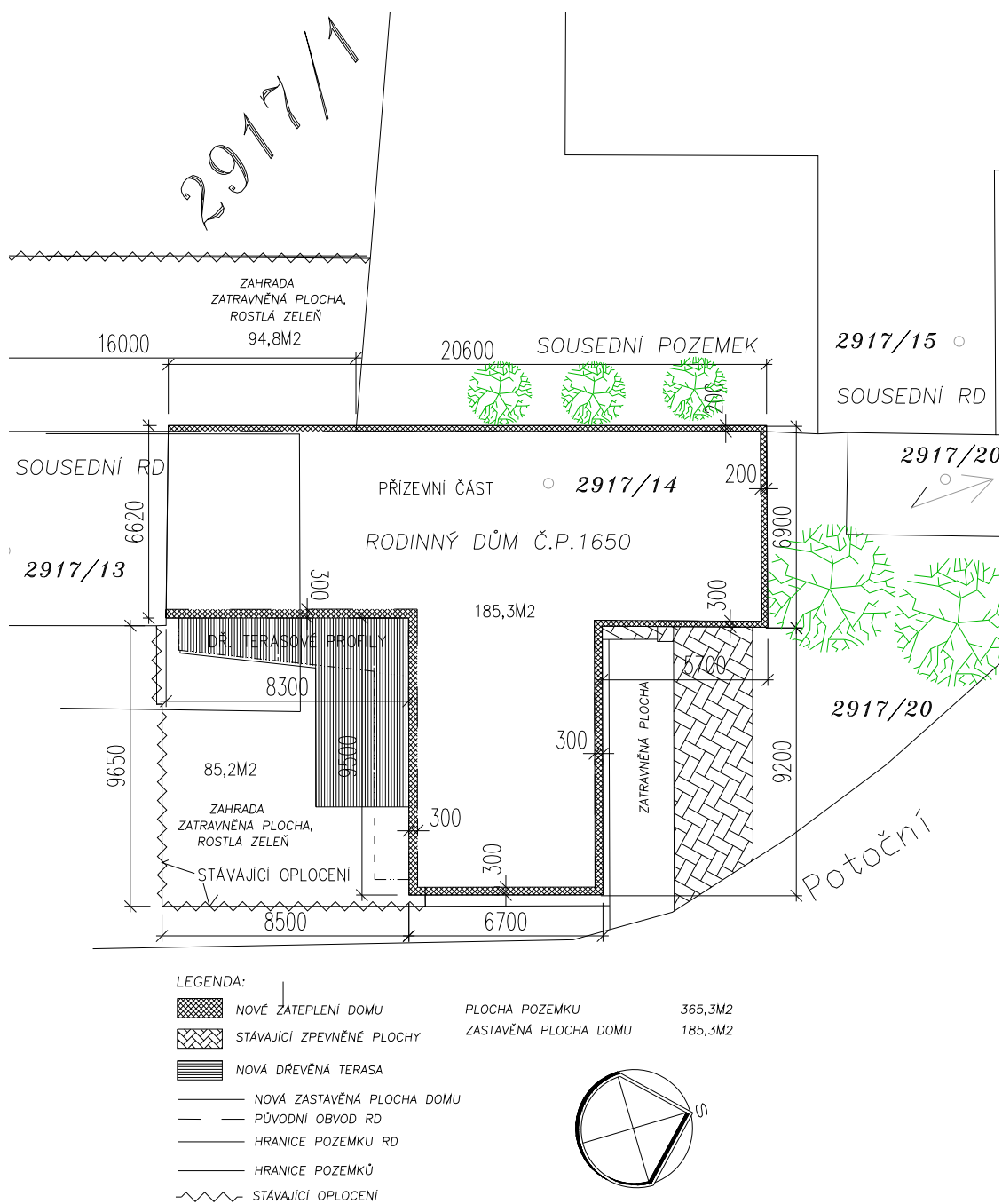
Pohledová strana provětrávané fasády má téměř neomezené možnosti výběru materiálů jako například dřevěné palubky, hliníkové obklady, keramické obklady, kamenné obklady, cementovláknité obklady, plastové obklady se vzhledem dřeva. Lze použít i OSB desky do vlhka a aplikovat na ně stěrku s perlínkou a fasádní omítkou a dosáhnout vzhledu jako u klasického zateplení kontaktním systémem. Výrobci většinou nabízejí spolu s obklady i různé systémy pro jejich připevnění. Opláštění může být kotveno skrytě nebo viditelně. Připevňovací materiál musí být odolný, aby časem nezanechával na fasádě skvrny. Nejlepší materiálovou variantou pro viditelné mechanické kotvení jsou nerezové šrouby nebo nýty. Výhodou deskových obkladových materiálů je jejich snadná demontáž a následná oprava nebo výměna. Další výhodou je jejich snadná údržba. Použití těchto materiálů dodá všem objektům moderní vzhled. Základem správného provedení je projekt podkladního roštu, který určuje správný montážní postup a zajištění statických a technologických podmínek výrobce obkladových materiálů. Při nedodržení stanovených podmínek výrobce může být ohroženo zachování poskytnuté záruky. Další usnadnění přináší vypracování dílenské dokumentace, díky které si můžeme zajistit značnou úsporu nákladů na prořez. [14]

2 Variantní návrh skladeb pro vybraný objekt

2.1 Popis vybraného objektu

Variantní řešení zatepovacího systému bude řešeno na rodinném domě v jižních Čechách. Rodinný dům se nachází v atriové zástavbě na území obce Dobrá Voda u Českých Budějovic v Potoční ulici. Dům byl postaven v 70. letech 20. století. Celá plocha pozemku je 365,3 m². Z toho 185,3 m² tvoří zastavěná plocha domu a zatravněná plocha pozemku tvoří 180 m². Dům je jednou bytovou jednotkou, jednopodlažní, s částečným podsklepením a plochou střechou. Jedna stěna je společná se sousedním rodinným domem. Okna obytných místností jsou orientovaná směrem na jih, jak je patrné z níže uvedeného výkresu situace. Půdorysné rozměry, řezy a pohledy jsou přiloženy v přílohové části.

Dispozice atriové zástavby neumožňuje přístup po celém obvodu rodinného domu a proto je před zahájením stavebních prací nutná domluva s majitelem sousedního RD a jeho příslušícího pozemku. Dále je nutný souhlas k odstranění rostlin, které zasahují do prostoru budoucího zateplení. Tento problém se týká i vzrostlého stromu na obecním pozemku 2917/20.



Obrázek 9 – Výkres situace vybraného objektu [22]

Během rekonstrukce byla provedena výměna výplně otvorů, na kterou navázala konstrukce zateplení a rekonstrukce střechy, která obnášela stržení plechové vrstvy, přidání dodatečného zateplení střechy s foukanou izolací a minerální rohoží a provedení konečné úpravy střešního pláště krytinou z hydroizolační PVC folie. Staré dřevěné výplně otvorů nahradily okna s hliníkovými profily a izolačním trojsklem.

Stávající obvodová konstrukce je z křemelinových tvárnic tloušťky 250 mm bez zateplení. Tyto tvárnice jsou známé pod výrobní značkou ISOSTONE. Je to lehký a

ohnivzdorný stavební materiál s objemovou hmotností $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$ vyrobený z křemeliny, dřevěných pilin, cementu a vápna. Součinitel tepelné vodivosti těchto tvárnic budeme uvažovat $\lambda = 0,33 \text{ [W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{]}$, měrnou tepelnou kapacitu tvárnic $c = 1050 \text{ [J.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{]}$ a faktor difúzního odporu $\mu = 8 \text{ [-]}$. V porovnání s dnes vyráběnými tvárnici Porotherm 30 je součinitel vodivosti křemelinových tvárnic téměř dvakrát vyšší.

Stávající povrchová úprava fasády je se šterkem. Omítku je z důvodu požadované rovinnosti podkladu pro provádění ETICS nutné mechanicky odstranit. Odstranění omítky bude prováděno pomocí mechanického kladiva. Podklad není vlhký ani není v žádné z problematických oblastí zvlhčován. Po odstranění šterkové omítky podklad splňuje požadavky na místní rovinnost $\leq 20 \text{ mm}$ na 1 metrové lati, vizuální průzkum neodhalil žádné další nedostatky. Znamená to, že po provedených úpravách je podklad pro obě navržené metody zateplení vhodný a není potřeba, aby byl dále nějak upravován. V případě skladby s provětrávanou mezerou, je možné stávající omítku zachovat a podklad vyrovnat lokálním vyspravením povrchu pomocí lepící hmoty v místech kotvení nosných svislých roštů.

Jednopodlažní rodinný dům spadá z hlediska požární bezpečnosti do první výškové kategorie budov, která nemá žádné speciální požadavky. V případě ETICS je jen nutné použít materiály a výrobky s třídou reakce na oheň alespoň E, jako je samozhášivý polystyren. Protože je rodinný dům nižší než 9 m, je možné použít při zateplovacím systému s provětrávanou mezerou dřevěný rošt. Objekt je možno zateplovat bez dilatačních spár v zateplovacím systému. Celková výměra zateplovacího systému vypočtena z příložených výkresech a je cca 216 m².

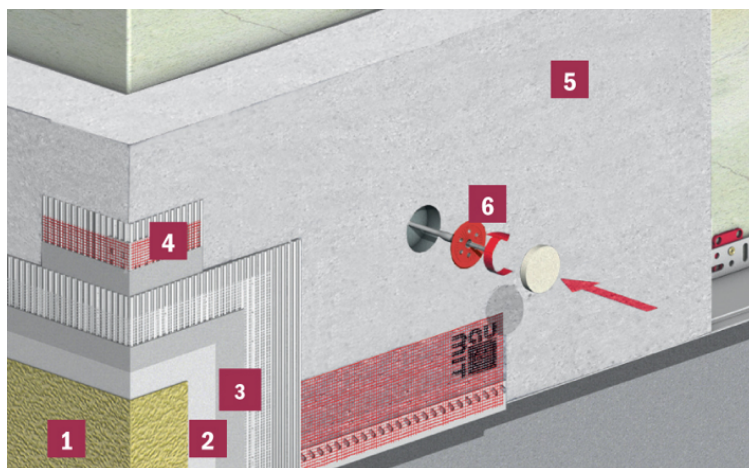
Tabulka 6 - Výměry obvodového pláště

Plocha	jednotky	Výměra
Obvodový plášť	m ²	257
Výplně otvorů	m ²	41
Obvodový plášť bez výplní otvorů	m ²	216

Zdroj: Vlastní tvorba

2.2 Variantní návrh skladby ETICS

V této variantě využijeme systémové řešení Bumit pro EPS, které, jak výrobce uvedl, je vhodné pro novostavby i pro rekonstrukce budov. Tento systém je z ekonomického hlediska nejoptimálnějším řešením skladby z EPS. Tepelnou izolaci v systému jsou desky z polystyrenu EPS-F. Tepelná izolace je pokládána na základací lišty a je připevňována mechanickým kotvením pomocí talířových šroubovacích hmoždinek Baumit S s ocelovým šroubovacím trnem s doplněním lepeného systému. Pro lepení izolačních desek bude použita paropropustná lepicí hmota Baumit ProContact, která bude zajišťovat i funkci základní vrstvy. Do základní vrstvy bude vtlačována sklotextilní síťovina Baumit StarTex. Sjednocení nasákavosti základové vrstvy zajistíme penetračním nátěrem Baumit UniPrimer. Konečnou povrchovou úpravou zateplovacího systému bude omítka Baumit GranoporTop.



Obrázek 10 – Navržená skladba ETICS [29]

1. Omítka Baumit GranoporTop - tl. 2 mm
2. Penetrace Baumit UniPrimer
3. Základová vrstva Baumit ProContact - tl. 3-4 mm
4. Sklotextilní výztužná síťovina zatlačovaná do základní vrstvy
5. Tepelná izolace EPS-F - tl. 200 mm
6. Hmoždinky s ocelovým šroubovacím trnem – 6 ks/m²

Navržená varianta skladby ETICS je předem certifikovaná a všechny výrobky jsou držiteli certifikátu výrobce ETICS. Použití jinak sestavených skladeb vede ke ztrátě záruky. Klempířské prvky budou osazovány se sklonem 3° od vodorovné roviny a hrana jejich okapnice bude vzdálena 40 mm od povrchové úpravy skladby ETICS. Práce budou vykonávány z lešení, které bude navrženo a postaveno v souladu BOZP. Lešení musí být od podkladní konstrukce odsazeno o tloušťku navrženého zateplovacího systému, aby byla umožněna snadná manipulace s tepelně izolačními deskami při jejich lepení nebo provádění konečných povrchových úprav. Před zahájením prací musí být všechny mokré procesy uvnitř objektu jako jsou vnitřní omítky, potěry a podobně s dostatečným předstihem dokončeny.

Omítka Baumit GranoporTop bude na objektu provedena v jedné barvě tj. světle hnědé. Barva je výrobcem označena jako barva 0218. Omítka bude mít roztíranou strukturu zrnitosti 1,5mm.

2.2.1 Technologický postup provádění navržené skladby ETICS

Rozhodujícími technologickými operacemi při provádění ETICS jsou:

- **Příprava podkladu**
- **Lepení tepelné izolace**
- **Kotvení tepelné izolace**
- **Provádění základní vrstvy**
- **Provádění konečné úpravy povrchu**

Přesný popis typů, druhů a tloušťky materiálů jsou uvedené ve výše uvedeném popisu skladby ETICS. Nalezneme zde i počet a druh kotvicích prostředků (hmoždinek).

Příprava podkladu:

Do přípravy podkladu zahrneme budoucí prostupující prvky přes ETICS. Takovými prvky jsou nezámrzný ventil na vodu a vyvedení elektroinstalace. Prostupující prvky budou skloněny směrem dolů k vnějšímu povrchu ETICS a nesmí

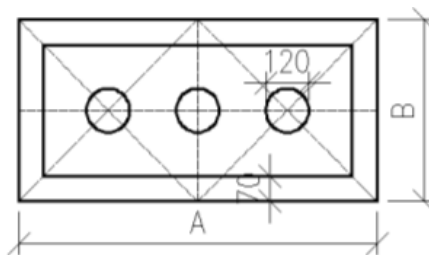
způsobit vznik tepelně vlhkostních poruch v celé skladbě. Tyto prvky musí být vyvedeny ještě před zahájením lepení tepelné izolace.

Před zahájením prací je nutno ostříhat nebo odstranit zeleň, která by mohla ovlivňovat správnost provedení nebo výrazně snižovat efektivitu práce. Pro práce bude vymezený prostor široký nejméně 2,5 m od stávajícího podkladu.

Práce budou vykonávány z fasádního rámového lešení o šířce 1 m, které bude navrženo a postaveno v souladu BOZP. Lešení musí být od podkladní konstrukce odsazeno o tloušťku navrženého zateplovacího systému, aby byla umožněna snadná manipulace s fasádními deskami při jejich lepení nebo provádění konečných povrchových úprav. [5]

Lepení tepelné izolace:

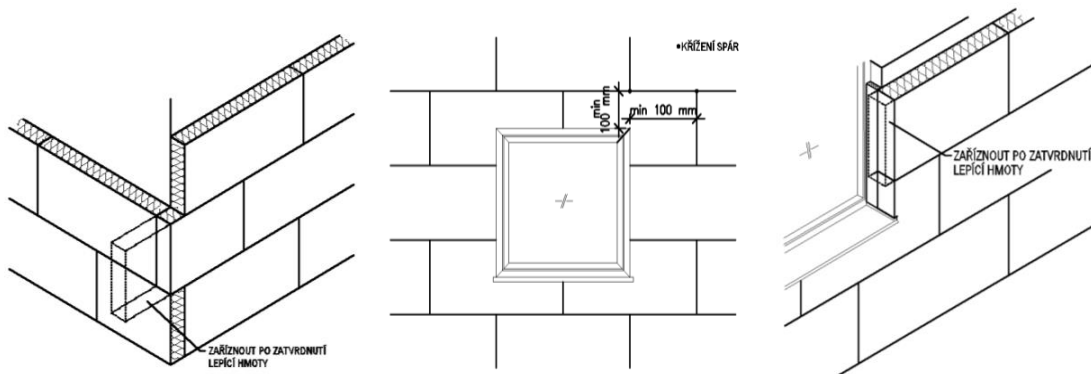
Lepení tepelněizolačních desek bude prováděno do zakládacího soklového profilu Baunit šířky 200 cm a délky 2,5 metru. Zakládací profil bude kotven soklovými hmoždinkami v počtu 3 ks/bm profilu. V místech nerovnosti podkladu použijeme soklové distanční podložky. Mezi profily necháváme 3mm mezeru z důvodu tepelné roztažnosti profilů. Desky tepelné izolace lepíme přitlačením k podkladu zdola nahoru, na vazbu bez křížových spár. Lepidlo na desky nanášíme po celém obvodu 20–30 cm širokým pruhem a 3 vnitřní terče. [28]



Obrázek 11 – Obvodový pruh a terče, plocha slepu min 40% [28]

Desky lepíme těsně na sraz. Mezery mezi deskami nesmí být větší než 5 mm. Spáry s šířkou do 5 mm je možné vyplnit PUR pěnou. Pokud to je možné, k lepení používáme celé desky. Zbytky desek se rozdělují do celé plochy. Není možné tyto zbytky používat v nárožích, v koutech a v místech navazujících na ostění výplní otvorů. Desky na nárožích lepíme po řadách na vazbu s přesahem proti konečné hraně nároží. Po zatvrdnutí lepidla se desky zaříznou a přebrousí. Desky tepelné izolace se u výplní otvorů lepí tak, aby křížení jejich spár bylo minimálně 100 mm od rohů těchto otvorů.

Desky lepíme tak, aby jejich přesahy překryly přířezy tepelné izolace na ostění výplní otvorů.



Obrázek 12 – Zásady pro lepení desek tepelné izolace [28]

Po zatvrdnutí lepicí hmoty, to je po 24 hodinách, provedeme dodatečnou montáž hmoždinek. Montáž se nesmí provádět do zmrzlé konstrukce, lze ji provádět pouze při teplotě nad 0°C. Hmoždinky umístíme v místech, kde byla deska přilepena k podkladu. Protože podklad z křemelinových tvárnic je s dutinami, je důležité vrtat vrtačkou bez přiklepu. Vrtačka s přiklepem by mohla tvárnice rozbít. Průměr vrtáku je 8 mm. Po vyvrtání není nutné otvor čistit, protože v tomto případě zapadne prach do dutin. [28]

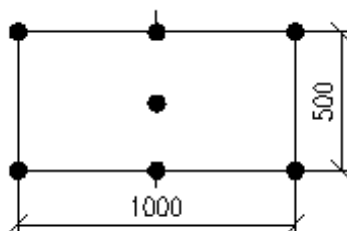
Vrt provádíme kolmo k podkladu. Podkladní konstrukce musí být alespoň o 20 mm širší než kotevní hloubka, aby nedošlo k provrtání. Hloubka vrtu musí být o 10 mm delší než předepsaná kotevní délka hmoždinky. Vzdálenost hmoždinky od kraje stěny musí být nejméně 100 mm. [28]

Z hlediska závislosti na druhu podkladu použijeme hmoždinky typu C, které jsou určeny pro podklad z dutého a děrovaného zdiva. [28]

Postup zapuštěné montáže:

Hmoždinka se nasune do vyvrtaného otvoru tak, aby talířek dosedl na izolant. Pomocí Montážního setu Baumit S se současně během montáže hmoždinky nařízne i izolant po obvodu talířku. Hmoždinka je šroubem vtahována do izolantu, který je pod talířkem stlačován. Potřebnou hloubku zasunutí hmoždinky (cca 15 mm) zajišťujeme montážním setem. Po osazení se hmoždinka zakryje zátkou dle druhu izolantu.

Hmoždinky rozmístíme v počtu 6 kotev na 1 m² dle kotevního plánu na obrázku. [28]



Obrázek 13 – Kotevní plán desek tepelné izolace [28]

Rovinnost desek zajistíme přebroušením Po přebroušení povrch desek očistíme jemným koštětem. Broušení provádíme hoblíkem na polystyren se skelným papírem. Základní vrstvu provedeme co nejdříve po přebroušení. Pokud by byla tato prodleva delší než 14 dní, musíme povrch desek přebrousit, aby byl degradovaný povrch vrstvy odstraněn. Mějme však na mysli, že broušením desek se jejich tepelný odpor snižuje.[28]

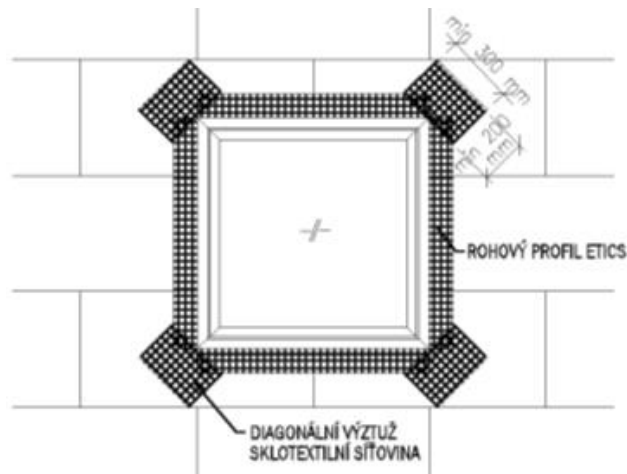


Obrázek 14 – Broušení desek tepelné izolace [28]

Provedení základové vrstvy

Základní vrstva se skládá z vrstvy vyrovnávací a z vrstvy výztužné. Kvalita provedení základové vrstvy zásadně ovlivňuje dlouhodobé vlastnosti vnějšího souvrství systému ETICS a s tím i jeho životnost. Před zahájením provádění této vrstvy, musíme zajistit připevnění konstrukcí prostupující skrz ETICS a zároveň musíme všechny tyto konstrukce chránit před hrozícím znečištěním základovou směsí. Dále je nutné na desky tepelné izolace připevnit všechny nárožní a ukončovací profily, parapetní připojovací profily, okapničky a zesilující vyztužení. U rohů výplní otvorů provádíme dodatečné

diagonální zesílení vyztužení pomocí sklotextilní síťoviny. Rozměry diagonální vyztužné síťoviny budou 200x300 mm. [28]



Obrázek 15 – Diagonální zesílení vyztužné vrstvy [28]

Základní vrstva provedeme 1-3 dny po dokončení kotvení a následném přebroušení tepelně izolačních desek. Optimální tloušťka základové vrstvy je 3-4 mm. Lepící hmotu nanášíme shora dolů v tloušťce 2 mm pomocí nerezového hladítka se zuby o rozměrech 10x10 mm. Do takto připravené vrstvy vtlačujeme vyztužnou síťovinu. Hmotu, která prostoupila síťovinou zahladíme pomocí nerezového hladítka. Pokud někde nebude síťovina zakrytá, stěrkovou hmotu doplníme a nerezovým hladítkem vyhladíme do hladka. Síťovina by měla být kryta vrstvou stěrkové hmoty nejméně 1mm. V místech, kde dochází ke krytí síťoviny pak minimálně 0,5 mm. Aby síťovina v základové vrstvě plnila svoji funkci, musí být uložena bez záhybů. Z důvodu lehčí manipulace si z role síťoviny nastříháme pásy snadno zpracovatelné délky. Každé napojení dvou pásů musí být provedeno s přesahem 100 mm. [28]

Provedení konečné úpravy povrchu

Po vyzrání základové vrstvy provedeme nátěr penetrace. Povrch musí být vyschlý, vyzrálý a neznečištěný. Pokud budou podmínky pro zrání základní vrstvy příznivé, to je teplota $\geq + 20$ °C, tloušťka vrstvy 3 mm a relativní vlhkost menší než 70 %, je možné dobu zrání základní vrstvy z Baunit ProContact uvažovat 7 dní. Rozhodující je dosažení jednotného suchého povrchu bez tmavších vlhčích míst. V případě nepříznivých klimatických podmínek nebo při větší tloušťce vrstvy se doba zrání může prodloužit. Penetrační nátěr nanášíme pomocí válečku za účelem sjednocení

savosti povrchu. Omítku můžeme nanášet po 24hodinové technologické přestávce pro vyzrání penetračního nátěru. Nepříznivé podmínky jako je zvýšená vlhkost vzduchu nebo mlha opět mohou tuto technologickou přestávku prodloužit. Nedostatečné zaschnutí penetračního nátěru může velmi nepříznivě ovlivnit výsledný vzhled konečné úpravy-omítky. Teplota vzduchu, všech zpracovávaných hmot, a povrchů podkladů nesmí během zpracování a schnutí těchto hmot klesnout pod + 5°C. V letních měsících jsou tyto podmínky omezeny + 30°C. [28]

Před nanášením omítky obsah balení důkladně promícháme pomaluběžným mísidlem. Omítku nanášíme ručně nerezovým hladítkem postupně shora dolů. Po krátkém zavadnutí krouživým pohybem strukturujeme. Na pohledově ucelené plochy nanášíme omítku v jednom pracovním záběru. K přerušení prací smí dojít až na nárožích a jiných hranách. Na stejnobarevné ploše budou použity výrobky jedné výrobní šarže, aby nedošlo k barevným odlišnostem.[28]

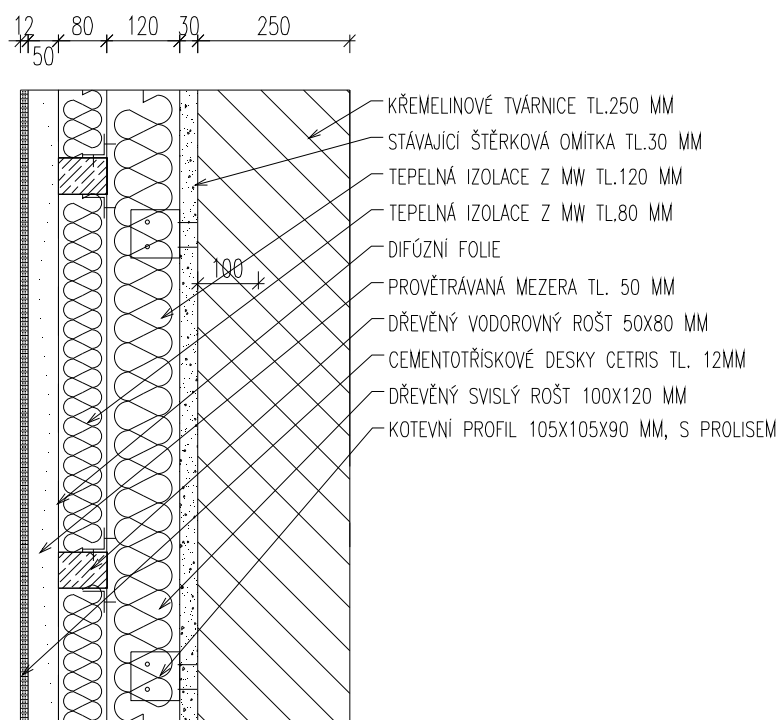
Tabulka 7 - Skladování použitých materiálů

Název výrobku	Způsob skladování
Omítka Baumit GranoporTop	V původních obalech chráněných před přímým slunečním zářením a mrazem.
Penetrace Baumit UniPrimer	V původních obalech chráněných před přímým slunečním zářením a mrazem.
Základová vrstva Baumit ProContact	V původních obalech, suchém prostředí a na dřevěném roštu.
Sklotextilní výztužná síťovina Baumit DuoTex	Uložená v rolích svisle v suchém prostředí, chráněna před tlakovým namáháním a UV zářením.
Tepelná izolace Baumit EPS-F	Uložení na plocho v suchém prostředí a chráněné před mechanickým poškozením a UV zářením a působením organických rozpouštědel.
Hmoždinky s ocelovým šroubovacím tmelem	Chráněné před mrazem a UV zářením.
Profily	Uložené podélně na rovné podložce v suchu, plasty chráněné před mrazem, horkem a UV zářením.

Zdroj: Všeobecné podmínky pro montáž zateplovacích systémů Baumit – Technologický předpis C [28]

2.3 Variantní návrh skladby s provětrávanou mezerou

Skladba se skládá ze svislého základního dřevěného roštu o rozměrech 100x120 mm, který je k podkladní konstrukci připevněn po osové vzdálenosti 1250 mm pomocí úhelníků 90x105x105 mm tloušťky 3mm. Svislý rošt je vyplněn deskami tepelné izolace z minerální vlny tloušťky 120 mm. Na svislý rošt jsou připevněny profily dřevěného roštu o rozměrech 50x80 mm po osové vzdálenosti 1250 mm. Profily svislých a vodorovných roštů jsou k sobě připevněny pomocí úhelníků 55x70x70 mm tloušťky 2 mm. Mezi profily vodorovných roštů jsou vkládány desky tepelné izolace z minerální vaty tloušťky 80 mm. Přes vyplněný vodorovný rošt je přetažena difúzní folie, ta je připevněna pomocí nastřelovacích spon. Další vrstvou je koncový svislý rošt, který zajišťuje tloušťku větrané mezery a přebírá zatížení od pohledových desek. Koncovou povrchovou úpravu zajišťují fasádní cementotřískové desky CETRIS béžové barvy. Mezi kladenými deskami jsou 8 mm široké mezery. Proto musí být difúzní folie odolná proti UV záření. Dřevěné profily jsou impregnovány proti škůdcům a hnilobě a proto musí být difúzní folie odolná i proti chemickému působení.



Obrázek 16 – Svislý řez navrženou skladbou [vlastní tvorba]

2.3.1 Technologický postup pro provádění navržené skladby s provětrávanou mezerou

Rozhodujícími technologickými operacemi při provádění jsou:

- **Příprava podkladu**
- **Osazení svislého roštu**
- **Osazení vodorovného roštu**
- **Vyplnění tepelnou izolací**
- **Přípevnění difúzní folie**
- **Osazení koncového svislého roštu**
- **Osazení desek CETRIS**

Přesný popis typů, druhů a tloušťky materiálů jsou uvedené ve výše uvedeném návrhu skladby.

Příprava podkladu

Do přípravy podkladu zahrneme budoucí prostupující prvky skrz konstrukci fasády. Takovými prvky jsou nezámrzný ventil na vodu a vyvedení elektroinstalace. Před zahájením prací je nutno ostříhat nebo odstranit zeleň, která by mohla ovlivňovat správnost provedení nebo výrazně snižovat efektivitu práce. Pro práci bude vymezený prostor široký 2,5 m od stávajícího podkladu. Práce budou vykonávány z fasádního rámového lešení o šířce 1m, které bude navrženo a postaveno v souladu BOZP. Lešení musí být od podkladní konstrukce odsazeno o tloušťku navrženého zateplovacího systému, aby byla umožněna snadná manipulace s tepelně izolačními deskami nebo s deskami CETRIS pro provádění konečných povrchových úprav. [5]

Osazení kotevních prvků a svislého roštu

V místech kotevních bodů provedeme lokální vyrovnání podkladu pomocí lepícího tmelu. Tímto vyrovnáním neřešíme rovinnost celkové stěny, ale vhodnost podkladu pod kotvící úhelníky. Z důvodu nerovnosti podkladu je nutné vynést vodorovný a svislý rastr kotevních bodů do srovnávací roviny

Po zatvrdnutí směsi připevníme pozinkované ocelové úhelníky, které budou zajišťovat připevnění svislých dřevěných roštů k podkladu. Protože je podkladní konstrukce z dutých cihel, použijeme při vyvrtání otvorů pro připevnění úhelníků vrtačku bez přiklepu.

Úhelníky 90x105x105 mm připevňujeme tak, aby výsledná rovnoběžná osová vzdálenost mezi dřevěnými profily byla 1250 mm. Tato vzdálenost se odvíjí od rozměrů tepelné izolace. Po připevnění úhelníků provedeme montáž svislého roštu. Úhelníky osazujeme v maximální vzdálenosti 1,2 m. Profily svislého roštu připevníme k nejvyššímu kotevnímu bodu, vyrovnáváme pomocí vodováhy do roviny a postupně se připevní ke všem úhelníkům. Díky tomuto různému vyložení úhelníků lze relativně snadno nerovný podklad vyrovnat. Po připevnění svislého roštu vzniklé mezery mezi podkladem a latěmi vyplníme montážní pěnou. [30]

Výplň tepelnou izolací

Mezi připevněné svislé profily vkládáme desky tepelné izolace. Desky přikládáme na sraz a není potřeba je kotvit ani lepit.

Připevnění vodorovného roštu

Vodorovný rošt připevňujeme ke svislému roštu pomocí menších úhelníků o rozměrech 55x70x70 mm a vrutů pro tesařské kování. Rovnoběžná osová vzdálenost mezi profily vodorovného roštu je 650 mm. Tuto vzdálenost opět určují rozměry desek tepelné izolace. Maximální délka dřevěných profilů je z důvodu tepelné roztažnosti 6 m. Po 6ti metrech musíme provést dilatační mezeru o tloušťky 15mm. Dalším krokem je vyplnění vodorovného roštu tepelnou izolací postupným vkládáním desek bez mezer stejně jako do roštu svislého. Izolaci opět není nutné kotvit. [30]

Připevnění difuzní folie

Protože obkladová konstrukce bude s otevřenými spárami, je důležité, aby folie byla odolná proti UV záření. Z důvodu styku folie s chemicky ošetřeným dřevem, musí být odolná i vůči chemické impregnaci. Folii na vodorovný rošt klademe ve svislých pruzích, aby bylo možné folii ve styku s vodorovným roštem připevnit nastřelovacími

sponami. Jednotlivé pruhy mezi sebou spojujeme s přesahem 100 mm lepící páskou s vysokou UV odolností pro použití ve venkovním prostředí. [30]

Koncový rošt pro větranou mezeru a CETRIS desky

Svislé nosné latě připevňujeme vruty do vodorovného roštu. Spolu se svislými latěmi připevňujeme černou těsnící pásku EPDM. Pásku připevňujeme pomocí nastřelovacích sponek. Desky budou od výrobce dodávány v nařezaných v rozměrech 2500x1500mm. Otvory pro připevnění desek nebudou předem vyvrtány. Vrtání desek proběhne dle potřeby až na staveništi. Pro připevnění desek k nosnému roštu používáme vruty. Způsob a postup kotvení desek bude v souladu s předpisem výrobce CETRIS.

3 Vyhodnocení navržených skladeb

3.1 Tepelně technické vlastnosti navržených skladeb

Vyšetření navržených konstrukcí bylo provedeno v programu Teplo 2017 EDU. Výstupem bylo, zda dochází ke kondenzaci vodní páry uvnitř navržených skladeb a v jakém množství, výpočet součinitele prostupu tepla, tepelný odpor, difúzní odpor a akumulační vlastnosti konstrukce. Výsledné protokoly výpočtů obou skladeb jsou přiloženy v přílohové části této bakalářské práce. Ve výpočtech byly uvažovány okrajové klimatické podmínky pro město České Budějovice. Vnitřní návrhová teplota byla uvažována 21°C a relativní vlhkost vnitřního vzduchu 55%. Skladby byly hodnoceny po období jednoho roku.

3.1.1 Vyhodnocení skladby ETICS

Při výpočtu vlastností skladby ETICS – varianty č.1 byla zanedbána vrstva penetračního nátěru Baunit UniPrimer, lepicí hmota pro připevnění tepelně izolačních desek a výztužná vrstva základní vrstvy. U vrstvy tepelné izolace došlo k výpočtu ekvivalentní hodnoty tepelné vodivosti z důvodu vzniklých tepelných mostů díky mechanickému kotvení desek. Pro výpočet této ekvivalentní hodnoty byla uvažována hodnota tepelné vodivosti kotev rovna $\lambda = 0,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Počet kotev byl uvažován stejně jako v návrhu skladby, tedy $6\text{ks}/\text{m}^2$. Jednou z nejvíce sledovaných vlastností obvodové konstrukce je množství zkondenzované vodní páry v konstrukci a množství odpařitelné vodní páry z konstrukce.

Parametry jednotlivých vrstev skladby jsou uvedeny v protokolu o posouzení tepelně technických vlastností skladby ETICS.

Tabulka 8 – Tepelně technické parametry skladby ETICS

Vlastnost konstrukce [jednotky]	ETICS
Tloušťka navržené konstrukce $d=[\text{mm}]$	460
Tepelný odpor konstrukce $R=[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$	5,643

Součinitel prostupu tepla $U=[W/(m^2.K)]$	0,172
Množství zkondenzované vodní páry v konstrukci za 1 rok $M_{c,a} = [kg/m^2]$	0,0093
Difúzní odpor konstrukce $Z_{pT} = [m/s]$	5,5E+0010
Teplotní útlum konstrukce $\upsilon = [-]$	303,0
Fázový posun teplotního kmitu $\psi = [h]$	11,0
Množství difundující vodní páry $G_d=[kg/(m^2.s)]$	-
Množství vypařitelné vodní páry za 1rok $M_{ev,a} = [kg/(m^2.rok)]$	1,3530

Zdroj: Vlastní tvorba

Množství zkondenzované vodní páry ve vyšetřované skladbě je $M_c=0,0093 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{rok})$ a dochází k ní při poklesu teploty exteriéru na -5°C . Podle normy ČSN 73 0540-2 je kondenzace vodní páry v konstrukci přípustná, pokud je menší než množství kondenzace vodní páry $M_{c,N}=0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{rok})$. Další podmínkou tato norma určuje, že množství odpařené vodní páry z konstrukce M_{ev} musí být větší než množství zkondenzované páry v konstrukci během jednoho roku. Z této skladby se za odpaří $M_{ev}=1,353 \text{ kg}/(\text{m}^2.\text{rok})$ a skladba tedy obě tyto podmínky splňuje. Další vypočtenou hodnotou je součinitel prostupu tepla skladby, který je $U=0,172 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, což opět splňuje požadavky normy ČSN 73 0540-2 a to nejen pro doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro těžké stěny $U_{dop}= 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, ale i pro pasivní budovy $U_{pas}= 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Výsledná tloušťka navržené skladby včetně zdiva je 460 mm. (zaokrouhlo na 10mm).

3.1.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou

Při výpočtu tepelně technických vlastností skladby s provětrávanou mezerou – varianty č.2 byly z důvodu silně provětrávané mezery vrstvy směrem (z interiéru) od difúzní folie zanedbány. U obou vrstev tepelné izolace došlo k výpočtu ekvivalentní hodnoty tepelné vodivosti z důvodu vzniklých tepelných mostů od nosných dřevěných roštů. Pro výpočet těchto ekvivalentních hodnot byla uvažována hodnota tepelné vodivosti dřevěných latí rovna $\lambda = 0,18 \text{ W}/(\text{m.K})$. Osové vzdálenosti i rozměry roštů

byly uvažovány jako v návrhu skladby. Osově vzdálenosti pro svislý rošt (120x100mm) jsou 1250 mm a pro vodorovný (80x50mm) 650mm. Vliv kotvících úhelníků roštů byl zanedbán.

Tabulka 9 – Tepelně technické parametry skladby s provětrávanou mezerou

Vlastnost konstrukce [jednotky]	Provětrávaná fasáda
Tloušťka navržené konstrukce $d =$ [mm]	520
Tepelný odpor konstrukce $R = [(m^2 \cdot K) / W]$	4,714
Součinitel prostupu tepla $U = [W / (m^2 \cdot K)]$	0,201
Množství zkondenzované vodní páry v konstrukci za 1 rok $M_{c,a} = [kg/m^2]$	nedochází ke kondenzaci
Difúzní odpor konstrukce $Z_{pT} = [m/s]$	1,7E+0010
Teplotní útlum konstrukce $\upsilon = [-]$	454,7
Fázový posun teplotního kmitu $\psi = [h]$	13,9
Množství difundující vodní páry $G_d = [kg/(m^2 \cdot s)]$	7,851E-0008
Množství vypařitelné vodní páry za 1rok $M_{ev,a} = [kg/(m^2 \cdot rok)]$	-

Zdroj: Vlastní tvorba. []

V konstrukci během celého roku nedochází k žádné kondenzaci vodní páry. Výsledný součinitel prostupu tepla skladby je $U = 0,201 \text{ W/m}^2\text{K}$, což splňuje požadavky normy ČSN 73 0540-2 pro doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro těžké stěny $U_{dop} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Výsledná tloušťka navržené skladby včetně zdiva je 520 mm. (zaokrouhloeno na 10 mm)

3.2 Ekonomická náročnost navržených skladeb

Hodnocení ekonomické náročnosti skladeb bylo provedeno podle orientačních cen různých internetových obchodů. Dřevěné profily do skladby provětrávané fasády byly oceňovány jako impregnované. Výměry potřebných materiálů byly vypočteny podle příložených výkresů a orientační spotřeby materiálů z technických listů. Tyto ceny nezahrnují dopravu ani lešení, které je potřebné pro obě varianty zateplení. Cena montáže je orientační.

3.2.1 Vyhodnocení skladby ETICS

Tabulka 10 – Orientační výpočet ceny zateplení za 1m²

Materiál, spotřeba	MJ	Odhad. spotřeba	Cena Kč
Zakládací lišta š.200 mm, hliníková s okapničkou	mb	68	10 200
Rohová lišta se síťovinou	mb	40	780
Okenní ukončovací profil	mb	71	2 130
Penetrační nátěr UniPrimer, 0,4kg/m ²	kg	87	6 350
Tepelná izolace Baumit EPS-F tl.200 mm	m ²	220	61 180
Kotvicí hmoždinky, 6ks/m ²	ks	1320	13 200
Základová vrstva Baumit ProContact 5kg/m ²	kg	1100	11 700
Výztužná síťovina Baumit DuoTex 1,15/m ²	m ²	250	7 000
Omítka Baumit GranoporTop 3,1kg/m ²	kg	682	35 620
Cena materiálu Kč			148 160
Cena materiálu za 1 m ²			686
Orientační cena montáže za 1 m ²			600
Cena celkem za 1 m²			1 286

Zdroj: Vlastní tvorba.

Výslednou cenu 1 m² zateplení skladbou ETICS nejvíce ovlivňuje zvolený tepelně izolační materiál a koncová povrchová úprava. Tato navržená varianta je ekonomicky velmi příznivá. Velkou nevýhodou je její vysoký difúzní odpor. Použitím tepelné izolace z minerální vlny by sice došlo ke snížení difúzního odporu, ale cena za tepelnou izolaci by byla téměř trojnásobná tj. 182 600 Kč a výsledná cena zateplení skladby ETICS s využitím tepelné izolace z minerální vaty by tak byla cca 1 900 Kč/m².

3.2.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou

Tabulka 11 – Orientační výpočet ceny zateplení za 1m²

Materiál, spotřeba	MJ	Odhad. spotřeba	Cena
Kotvící úhelník 105x105x90 mm, cca 1 ks/mb	ks	250	7 500
Dřevěný profil pro svislý rošt 120x100 mm	mb	250	29 650
Dřevěný profil pro vodorovný rošt 80x50 mm	mb	517	33 150
Kotvící úhelníky 70x70x55 tl. 2 mm, cca 1 ks/mb	ks	517	5 170
Difúzní folie Isocell tl.1,5mm	m ²	220	10 560
Dřevěný profil pro svislý rošt 50x80 mm	ks	280	17 850
Vrutky a hmoždinky - odhad	ks	1000	8 000
Páska černá EPDM pro oddělení desek a roštu	mb	280	8 900
Lepicí páska pro spojení folie 50 mm	mb	300	4 750
Tepelná izolace z minerální vaty, tl 120 mm	m ²	220	110 000
Tepelná izolace z minerální vaty, tl.80 mm	m ²	220	73 600
Mřížka proti ptactvu a hlodavcům	mb	136	2 040
Fasádní desky Cetris tl.12 mm, pískové barvy	m ²	236	288 000
Cena materiálu Kč			599 170
Cena materiálu za 1 m ²			2 724
Orientační cena montáže za 1 m ²			700
Cena celkem za 1 m²			3 424

Zdroj: Vlastní tvorba.

Výslednou cenu této skladby ovlivňují především vrstvy tepelné izolace z minerální vlny a pohledové fasádní desky. Fasádní desky tvoří téměř polovinu z celkové ceny zateplovacího systému. Ceny těchto vrstev jsou v porovnání s předchozí skladbou ETICS výrazně vyšší.

3.3 Pracnost a technologické přestávky

Výpočet pracnosti ani jedné ze skladeb nebyl měřen ani vypočítáván. Pracnost byla porovnávána především z hlediska náročnosti technologických přestávek, klimatických podmínek a požadavků na podklad. Stavba lešení z důvodu potřeby pro realizaci obou variant skladeb nebyla uvažována.

3.3.1 Vyhodnocení skladby ETICS

Tabulka 12 – Technologické přestávky potřebné při realizaci skladby ETICS

Fáze realizace	Doba technologické přestávky
Penetrace podkladu → Lepení tepelné izolace	* 12-24 hodin
Lepení tepelné izolace → Kotvení tepelné izolace	* 1-3 dny
Realizace základní vrstvy → Penetrace základní vrstvy	* 3-5 dnů
Penetrace základní vrstvy → Aplikace omítky	* 12-24 hodin
* Doby technologických přestávek se při nižších teplotách nebo zvýšené relativní vlhkosti okolního vzduchu prodlužují.	

Zdroj: Vlastní tvorba.

3.3.2 Vyhodnocení skladby s provětrávanou mezerou

Tabulka 13 – Technologické přestávky potřebné při realizaci skladby

Fáze realizace	Doba technologické přestávky
Vyrovnaní podkladu lepicí hmotou → Kotvení úhelníků	* 12-24 hodin
* Nízké teploty nebo vysoká relativní vlhkosti vzduchu mohou tuto dobu prodloužit. Při výběru neimpregnovaných dřevěných profilů, musíme započítat technologickou přestávku pro impregnaci a její zaschnutí. Dobu zaschnutí lze uvažovat 4-6 hodin při příznivých klimatických podmínkách.	

Zdroj: Vlastní tvorba.

Pracnost obou navržených skladeb je téměř srovnatelná. Výhodou provětrávané fasády je její nenáročnost na technologické přestávky, klimatické podmínky a suchý podklad. Realizaci zateplovacího systému ETICS je možné provádět pouze v případě, je-

li možné zajistit, aby se teploty podkladní konstrukce pohybovaly mezi $+5^{\circ}\text{C}$ a $+30^{\circ}\text{C}$. Tyto teploty musí být dodrženy nejen během realizace jednotlivých mokrých procesů, ale i po celou dobu jejich schnutí. To je značným omezením při plánování prací. Dalším problémem jsou požadavky na rovinnost podkladní konstrukce pro ETICS. Pro zajištění rovinnosti podkladu, v tomto případě pomocí mechanického odstranění stávající omítky, dojde oproti realizaci provětrávané fasády k značné časové ztrátě. Nejpracnější krokem u provětrávané fasády je řezání, vrtání a celkové osazení fasádních desek.

4 Porovnání navržených skladeb

Obě skladby byly porovnávány s tloušťkou tepelného izolantu 200 mm. Tloušťka skladeb je patrná z prvního řádku tabulky 12, kde můžeme vidět, že varianta s provětrávanou mezerou je minimálně o tloušťku provětrávané mezery větší.

Vyhodnocení navržených skladeb z hlediska tepelně izolačních vlastností v programu Teplo EDU 2017 ukázalo, že navržená skladba ETICS má při stejné tloušťce tepelného izolantu lepší hodnotu součinitele prostupu tepla. To je způsobené především konstrukcí nosného roštu provětrávané fasády, kterým tepelnou izolaci oslabujeme. Tepelně izolační vlastnosti skladby lze zlepšit zvětšením tloušťky tepelného izolantu, zvolením vhodnějšího konstrukčního nebo materiálového řešení roštu. Z hlediska všech ostatních vlastností jako je difúzní odpor konstrukce, kondenzace v konstrukci nebo fázový posun teplotního kmitu má skladba s provětrávanou mezerou při použití správné difúzní folie vždy navrch.

Tabulka 12 – Porovnání skladeb

	Skladba č.1 ETICS	Skladba č.2 s větranou mezerou
Celková tloušťka konstrukce d=[mm]	460	520
Součinitel prostupu tepla konstrukcí U=[W/m ² K]	0,172	0,201
Difúzní odpor konstrukce Z _{pT} = [m/s]	5,5E+0010	1,7E+0010
Kondenzace v konstrukci	ANO	NE
Nutné technologické přestávky	10 dní	1 den
Možnost provádění s ohledem na klimatické podmínky, požadavky na podklad a stavební připravenost	+5°C až 30°C, Suchý podklad Dokončené vnitřní mokrý procesy	Celoročně (s ohledem na pracovníky)
Cena za 1m ²	1286 Kč	3424 Kč

Zdroj: Vlastní tvorba.

Při vyhodnocení navržených skladeb z hlediska ekonomické náročnosti vyšla mnohem lépe skladba ETICS. Nejvíce rozdílovým prvkem je především koncová úprava z fasádních desek CETRIS. Na obhajobu fasádních desek je jejich výhodou vyšší mechanická odolnost a snadná výměna při jejich poškození oproti omítkové úpravě skladby ETICS.

Další výhodou realizace provětrávané fasády je její nenáročnost na technologické přestávky a požadavky na vlhkost a rovinnost podkladu.

Vysoká cena je spolu s větší šířkou konstrukce jedinou nevýhodou provětrávané fasády. V ostatních hodnocených vlastnostech byla tato skladba lepší. Stejně tak můžeme říci, že jedinou výhodou skladby ETICS s tepelným izolantem z EPS je menší tloušťka zateplení a výrazně nižší cena.

Závěr

Cílem této práce bylo přiblížení problematiky vnějšího zateplování pomocí kontaktního zateplovacího systému ETICS a zateplovacího systému s provětrávanou mezerou. Bylo provedeno navržení, vyhodnocení a multikriteriální porovnání dvou skladeb pro konkrétní stávající jednopodlažní rodinný dům. Průzkum trhu zateplovacích fasádních systémů prokázal ohromné množství řešení, jak materiálových, tak systémových. Nesmíme však opomenout, že jedním z nejdůležitějších kritérií při rozhodování je cena. Z ekonomického hlediska je lepším řešením skladba ETICS. Nízká cena skladby ETICS je však téměř jedinou její výhodou.

Ve všech hodnoceních vyšla lépe skladba s provětrávanou mezerou. Je prodyšnější, nedochází v ní ke kondenzaci, lze ji provádět i na vlhkou podkladní konstrukci, a je možné nerovný podklad snadněji vyrovnat. Jedinou, ale velkou nevýhodou provětrávané fasády je mnohonásobně vyšší cena. Oproti porovnávané skladbě ETICS je cena provětrávané fasády téměř třikrát vyšší, což významně ovlivní rozhodování většiny investorů.

Zdroje

[1] ŠÁLA, Jiří a Milan MACHATKA. *Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů*. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0224-X.2.

[2] *Nejdůležitějších důvodů, proč zateplit dům* [online]. Olomouc: ZOFI fasády, 2018 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.zofi-fasady.cz/blog-fasadni-expert/10-nejdulezitejsich-duvodu-proc-zateplit-dum>

[3] *Provádění zateplovacích systémů a chyby v praktických příkladech - TZB-info* [online]. Bohuslávka, 2014 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/7733-provadeni-zateplovacich-systemu-a-chyby-v-praktickych-prikladech>

[4] *MPO Efekt* [online]. MPO, 2008 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2193>

[5] SVOBODA, Pavel a Milan MACHATKA. *Snížení spotřeby tepla na vytápění zateplením stěn bytových a rodinných domů*. Díl I, Potenciál úspor při zateplení stěn, energetická náročnost budov, vnější tepelně izolační systém (ETICS) a jeho výběr, provádění ETICS, vady a poruchy ETICS způsobené nesprávným výběrem a provedením. Praha: Cech pro zateplování budov ČR, [2011].

[6] *Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů (ETICS): ČSN 73 2901*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[7] *Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS): ČSN 73 2902*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[8] *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení: ČSN 73 0810*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.

[9] *Jak vybrat vhodný izolant pro zateplení* [online]. Praha: Sto, 2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://zateplitdum.cz/vybrat-vhodny-izolant/>

[10] *Polystyrenové izolace* [online]. Topinfo, c2001-2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>

[11] *Minerální izolace* [online]. Topinfo, c2001-2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

[12] *Vnější tepelněizolační kompozitní systémy ETICS* [online]. DEK, 2013, , 82 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: https://www.dek.cz/data/docs/publikace/prirucka_fasady_etics.pdf

- [13] *O vnitřním zateplení* [online]. Šála, 2001 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/540-o-vnitrnim-zatepleni>
- [14] *19 faktů o provětrávané fasádě | Co je důležité vědět ? ? | G Trade* [online]. Brno: eBRÁNA, c2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.gtrade.cz/fakta-o-provetravane-fasade>
- [15] *Pod povrch kontaktních a provětrávaných fasád* [online]. KNAUF INSULATION, 2015 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/13451-pod-povrch-kontaktnich-a-provetravanych-fasad>
- [16] *Provětrávané fasády: Odborný katalog pro projektanty* [online]. , 48 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://ke-stazeni.rockwool.cz/media/588559/provetravane-fasady.pdf>
- [17] *Eurokód 6, Navrhování zděných konstrukcí: ČSN EN 1996-2*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [18] *Odborná konzultace s tesařem Lubomír Vondra*, Luční 274, Dolní Bukovsko <http://tesarstvi.vondra.sweb.cz>
- [19] *Minerální izolace* [online]. c2001-2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [20] *Zateplovací systémy ETICS* [online]. c2001-2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>
- [21] *Sklo x čedič - Nejlevnější Izolace.cz* [online]. České Budějovice: Nejlevnější izolace - tepelná izolace střech a stropu, zateplení, ©2010-2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://www.nejlevnejsiiizolace.cz/clanky/sklo-x-cedic/>
- [22] *Projektová dokumentace, výkres situace. Autor Ing. Josef Vostracký.*
- [23] *Stavební fólie SUNFLEX* [online]. Sunflex, c2013 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.sunflex.cz/pouziti-folii-sunflex/izolace-provetravane-fasady>
- [24] *Provětrávaná fasáda - jednoduchý postup* [online]. Stavebniny, 2015 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/provetravana-fasada-jednoduchy-postup.html>
- [25] *Větraná fasáda – efektivní řešení pro zateplení i osazení obkladů* [online]. Praha: KNAUF INSULATION, 2016 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/3605.vetrana-fasada-efektivni-reseni-pro-zatepleni-i-osazeni-obkladu>
- [26] *Jakou difúzní fólii použít do provětrávané fasády?* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.knaufinsulation.cz/%C5%99e%C5%A1en%C3%AD/prov%C4%9Btr%>

[C3%A1vana-fas%C3%A1da/jakou-dif%C3%BAzn%C3%AD-f%C3%B3lii-pou%C5%BE%C3%ADt-do-prov%C4%9Btr%C3%A1van%C3%A9-fas%C3%A1dy](#)

[27] *Navrhování větrných vrstev* [online]. Sedláček, 2016 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/navrhovani-vetranych-vrstev>

[28] Všeobecné podmínky pro montáž zateplovacích systémů Bumit – Technologický předpis C. *Bumit Zateplovací systémy* [online]. 2019, , 21 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: https://baumit.cz/files/cz/Technicke_dokumenty/Technologicke_predpisy_a_prirucky/Technologicke_predpisy/2019_zateplovaky/TP_ETICS_2019_C.pdf

[29] *Baumit Pro EPS - difúzně uzavřený systém* [online]. Český Tesař, 2019 [cit. 2019-05-26]. Dostupné z: <https://www.ceskytesar.cz/baumit-pro-eps---difuzne-uzavreny-system>

Seznam příloh:

Příloha 1: Posouzení tepelně technických vlastností navržené skladby ETICS

**Příloha 2: Posouzení tepelně technických vlastností navržené skladby
s provětrávanou mezerou**

Příloha 3: Výkresová část