

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ROZBOR A POROVNÁNÍ PŘEDVĚŠENÝCH PROVĚTRÁVANÝCH
FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ**

2019

Bc. Lenka Hejlíčková

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka HEJLÍČKOVÁ**
Osobní číslo: **A17N0101P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavatelství**
Název tématu: **Rozbor a porovnání předvěšených provětrávaných fasádních systémů**
Zadávací katedra: **Katedra mechaniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedení a způsob konstrukčních řešení a to jak ze statického tak z tepelně technických vlastností, výrobních, montážních a cenových řešení.
2. Provedení porovnávací studie různých druhů a dodavatelů těchto fasádních systémů.
3. Vyspecifikujte klady a zápory těchto konstrukčních systémů v širších souvislostech.

Rozsah grafických prací: **práce skládající se z výkresů a textových částí**

Rozsah kvalifikační práce: **úvodní část 50 - 60 stran A4**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- 1. ČSN EN 1990 - Zásady navrhování stavebních konstrukcí.**
- 2. Neufert P., Neff L.: Dobrý projekt - správná stavba. Bratislava, 2005.**
- 3. kol. autorů: Konstrukce pozemních staveb. Praha, 1968.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miloslav Mašek, CSc.**

Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **2. července 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **4. ledna 2019**

L.S.

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka

Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 2. července 2018

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na rozbor a porovnání předvěšených fasádních systémů s provětrávanou vzduchovou mezerou. Obsahem je stručný souhrn informací o předvěšených provětrávaných fasádách, a to především z materiálového, tepelně technického a konstrukčního hlediska. V praktické části je provedeno porovnání vybraných druhů a dodavatelů těchto fasádních systémů.

Klíčová slova

Předvěšená provětrávaná fasáda, vzduchová mezera, zateplovací systém, nosný rošt, opláštění

Abstract

The master thesis is focused on the analysis and comparison of façade systems with a ventilated air gap. The content is a brief summary of information on ventilated façades, mainly from the material, thermo-technical and structural aspects. The practical part compares selected species and suppliers of these facade systems.

Key words

Ventilated facade, air gap, thermal insulation system, carrier grate, claddings

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci s názvem „Rozbor a porovnání předvěšených provětrávaných fasádních systémů“ jsem vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne 4.1.2019

Bc. Lenka Hejlíčková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Miloslavu Maškovi, CSc. a odbornému konzultantu Ing. Petru Keslovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce ochotu a čas, který mi věnovali.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří se mnou měli trpělivost a byli mi byli oporou – především na konci mého studia.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

HEJLÍČKOVÁ, Lenka. *Rozbor a porovnání předvěšených provětrávaných fasádních systémů*. Plzeň, 2019. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky. Vedoucí práce Ing. Miloslav Mašek, Csc.

OBSAH

ÚVOD	11
CÍLE PRÁCE.....	11
HYPOTÉZA	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PROVĚTRÁVANÉ FASÁDNÍ SYSTÉMY A JEJICH VARIANTY.....	12
1.1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY V ČECHÁCH A V ZAHRANIČÍ	12
1.2 SOUČASNÉ NORMATIVNÍ PŘEDPISY VZTAHUJÍCÍ SE K PROVĚTRÁVANÝM FASÁDNÍM SYSTÉMŮM.....	12
1.3 ZÁKLADNÍ PRINCIP PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ.....	15
1.4 VARIANTY PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ	16
1.4.1 Předvěšené provětrávané fasádní systémy.....	16
1.4.2 Provětrávané fasádní systémy se samonosnou povrchovou úpravou.....	17
2 PŘEDVĚŠENÉ PROVĚTRÁVANÉ ZATEPLOVACÍ FASÁDNÍ SYSTÉMY.....	18
2.1 POPIS PŘEDVĚŠENÝCH PROVĚTRÁVANÝCH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ.....	18
2.2 SOUVRSTVÍ PPF.....	19
3 SPODNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE (ROŠT)	21
3.1 DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE	21
3.2 KOMBINOVANÁ KONSTRUKCE	23
3.3 OCELOVÁ KONSTRUKCE	24
3.4 HLINÍKOVÁ KONSTRUKCE.....	26
4 TEPELNĚ IZOLAČNÍ VRSTVA, POJISTNÁ HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA.....	30
4.1 POŽADAVKY NA TEPELNOU IZOLACI PPF, MATERIÁLY	30
4.2 TEPELNÉ MOSTY A MOŽNOSTI JEJICH ELIMINACE	31
4.2.1 Vliv kotvení nosného roštu	31
4.2.2 Izolační podložky pod kotvy.....	32
4.3 DIFÚZNĚ OTEVŘENÁ VRSTVA.....	33
5 VZDUCHOVÁ MEZERA.....	35
5.1 TLOUŠŤKA VZDUCHOVÉ MEZERY.....	35
5.2 KRITÉRIA PRO ŠÍŘENÍ VZDUCHU.....	36
5.3 PROUDĚNÍ VZDUCHU A JEHO VLIV NA TEPELNOU IZOLACI	36
5.4 PŘÍVOD A ODVOD VZDUCHU	37
6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA PŘEDVĚŠENÝCH PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ	39
6.1 FUNKCE OPLÁŠTĚNÍ.....	39
6.1 MATERIÁLOVÉ VARIANTY	41
6.2 ČLENĚNÍ OBKLADOVÝCH SYSTÉMŮ DLE ETAG.....	46
PRAKTICKÁ ČÁST	48
7 SROVNÁVACÍ STUDIE VYBRANÝCH PPF	48
7.1 NOSNÉ ROŠTY	48
7.1.1 Dřevěný rošt.....	48
7.1.2 Kombinovaný rošt.....	48
7.1.3 Ocelový rošt – DEKMETAL.....	49
7.1.4 Ocelový rošt – ETANCO.....	49
7.1.5 Ocelový rošt – SPIDI	50
7.1.6 Hliníkový rošt – ETANCO.....	51
7.1.7 Hliníkový rošt – SPIDI.....	51
7.1.8 Souhrnná tabulka.....	52

7.2	OBKLADOVÉ MATERIÁLY	53
7.3	POROVNÁNÍ VYBRANÝCH VARIANT ETICS A PPF	55
8	KLADY A ZÁPORY PPF V ŠIRŠÍCH SOUVISLOSTECH.....	56
	ZÁVĚR	58
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1

SEZNAM ILUSTRACÍ

ILUSTRACE I- SCHÉMA PŘEDVĚŠENÉ PROVĚTRÁVANÉ FASÁDY [2]	16
ILUSTRACE II – SCHÉMA PROVĚTRÁVANÉ FASÁDY SE SAMONOSNOU POVRCHOVOU ÚPRAVOU [2]	17
ILUSTRACE III – VARIANTY PROVEDENÍ PROVĚTRÁVANÉ FASÁDY SE SAMONOSNOU POVRCHOVOU ÚPRAVOU [4] ..	17
ILUSTRACE IV – SYSTÉMOVÁ SKLADBA PPF – KNAUF INSULATION [7]	20
ILUSTRACE V – OBOUSMĚRNÝ DŘEVĚNÝ ROŠT – VARIANTA 2 [10]	22
ILUSTRACE VI – OBOUSMĚRNÝ DŘEVĚNÝ ROŠT – VARIANTA 1 [11]	22
ILUSTRACE VII – KOMBINOVANÝ ROŠT [10]	23
ILUSTRACE VIII – JEDNOSMĚRNÝ ROŠT SVISLÝ [13]	24
ILUSTRACE IX – JEDNOSMĚRNÝ ROŠT VODOROVNÝ [13]	24
ILUSTRACE X – OBOUSMĚRNÝ ROŠT [13]	24
ILUSTRACE XI – PŘÍKLADY KONZOL OCELOVÝCH ROŠTŮ [14]	25
ILUSTRACE XII – PŘÍKLAD REKTIFIKAČNÍHO U-PROFILU A JEHO POUŽITÍ [14]	25
ILUSTRACE XIII – PŘÍKLADY PROFILŮ POUŽÍVANÝCH PRO OCELOVÉ ROŠTY [15]	26
ILUSTRACE XIV – JEDNOSMĚRNÝ VODOROVNÝ ROŠT [10]	27
ILUSTRACE XV – JEDNOSMĚRNÝ SVISLÝ ROŠT [10]	27
ILUSTRACE XVI – OBOUSMĚRNÝ ROŠT [10]	27
ILUSTRACE XVII – NASTAVITELNÁ HLINÍKOVÁ KOTVA HAFIX [20]	28
ILUSTRACE XVIII – PEVNÁ HLINÍKOVÁ KOTVA HAFIX [20]	28
ILUSTRACE XIX – HLINÍKOVÁ KOTVA SPIDI MAX [21]	28
ILUSTRACE XX – PŘÍKLADY PROFILŮ POUŽÍVANÝCH PRO HLINÍKOVÉ ROŠTY [10] [20]	28
ILUSTRACE XXI - SCHÉMA KOTVENÍ FASÁDY S POUŽITÍM PODLOŽEK THERMOSTOP [27]	32
ILUSTRACE XXIII – THERMOSTOP PODLOŽKY 3[5]	32
ILUSTRACE XXII – THERMOSTOP PODLOŽKA 2 [28]	32
ILUSTRACE XXIV – THERMOSTOP PODLOŽKY 1 [27]	32
ILUSTRACE XXV – TEPELNĚ IZOLAČNÍ DESKY S POVRCHEM S KAŠÍROVANOU NETKANOU TEXTILÍ [31]	34
ILUSTRACE XXVI – KOTVENÍ TEPELNĚ IZOLAČNÍCH DESEK S KAŠÍROVANOU TEXTILÍ [11]	34
ILUSTRACE XXVII - GRAF PRŮBĚHU TEPLoty VZDUCHU V PROVĚTRÁVANÉ MEZEŘE V PRŮBĚHU DNE V LETNÍM OBDOBÍ (ČERVENÁ – TEPLota FASÁDY, ZELENÁ – TEPLota VZDUCHU, MODRÁ – TEPLota ROSNÉHO BODU) [2]	36
ILUSTRACE XXVIII – GRAF ZNÁZORNŮJÍCÍ ZMĚNU RYCHLOSTI PROUDĚNÍ VZDUCHU V PROVĚTRÁVANÉ MEZEŘE V PRŮBĚHU DNE [2]	37
ILUSTRACE XXIX – GRAF ZNÁZORNŮJÍCÍ ZMĚNU VLHKOSTI VZDUCHU V PROVĚTRÁVANÉ MEZEŘE V PRŮBĚHU DNE [2]	37
ILUSTRACE XXX – GRAF ZNÁZORNŮJÍCÍ TEPLotu VZDUCHU VE VZDUCHOVÉ MEZEŘE TL. 40 MM PŘI OSAZENÍ VĚTRACÍCH MŘÍŽEK A BEZ [6]	38
ILUSTRACE XXXI - GRAF ZNÁZORNŮJÍCÍ RYCHLOST VZDUCHU PROUDÍCÍHO MEZEROU TL. 40 MM PŘI OSAZENÍ VĚTRACÍCH MŘÍŽEK A BEZ [6]	38
ILUSTRACE XXXII – SCHÉMA PPF S OPLÁŠTĚNÍM Z KOVU [33]	41
ILUSTRACE XXXIII – SCHÉMA PPF S OPLÁŠTĚNÍM DESKAMI NA BÁZI DŘEVA [7]	42
ILUSTRACE XXXIV – SCHÉMA PPF S OPLÁŠTĚNÍM Z KERAMICKÝCH BLOKŮ [37]	43
ILUSTRACE XXXV – SCHÉMA PPF S OBKLADOVÝMI PRVKY Z KAMENE [39]	44
ILUSTRACE XXXVI – SCHÉMA PPF S OPLÁŠTĚNÍM BETONOVÝMI DESKAMI [40]	44
ILUSTRACE XXXVII – SCHÉMA PPF S OBKLADOVÝMI PRVKY Z PLASTU [41]	45
ILUSTRACE XXXVIII – UCHYCENÍ OBKLADU LEPENÍM [42]	47
ILUSTRACE XXXIX – UCHYCENÍ OBKLADU NÝTOVÁNÍM [42]	47
ILUSTRACE XL – UCHYCENÍ OBKLADU – SKRYTÉ KOTVENÍ [42]	47
ILUSTRACE XLI – UCHYCENÍ OBKLADU CLIPSY [42]	47
ILUSTRACE XLII – UCHYCENÍ OBKLADU - LAMELA [42]	47

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 – VLIV IZOLAČNÍCH PODLOŽEK NA TEPELNou VODIVOST IZOLAČNÍHO MATERIÁLU TL. 140 MM [26].	31
TABULKA 2 – SOUHRNNÁ TABULKA VYBRANÝCH TYPŮ NOSNÝCH ROŠTŮ PPF	52
TABULKA 3 - OBKLADOVÉ MATERIÁLY [44][46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54]	53
TABULKA 4 – POROVNÁNÍ VYBRANÝCH VARIANT ŘEŠENÍ FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ [55] [56] [57] [58] [59] [60]	55

SEZNAM ZKRATEK

PPF – předvěšená provětrávaná fasáda/y

ETICS – vnější konstrukční zateplovací systém (external thermal insulation composite systém)

ETAG - řídicí pokyn pro evropská technická schválení (European Technical Approval Guideline)

ÚVOD

Předkládaná práce je zaměřena na rozbor možností řešení předvěšených provětrávaných fasádních systémů. Cílem práce je popis principu předvěšených provětrávaných fasádních systémů a jejich jednotlivých vrstev, seznámení se s možnostmi řešení fasádního systému z hlediska statického (uspořádání nosné konstrukce) a materiálového a popis režimu provětrávané vzduchové mezery.

Práce je dělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou v šesti kapitolách charakterizovány základní vlastnosti a možnosti řešení předvěšených provětrávaných fasádních systémů. Praktická část je tvořena srovnávací studií vybraných variant předvěšených provětrávaných fasádních systémů dostupných na trhu v České republice. Součástí praktické části je dále specifikace výhod a nevýhod provětrávaných fasádních systémů v širších souvislostech.

CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je provést rozbor a vytvořit stručný přehled informací o předvěšených provětrávaných fasádních systémech.

Dalším cílem je zpracovat porovnávací studii vybraných druhů těchto fasádních systémů a vyspecifikovat jejich výhody a nevýhody v širších souvislostech.

HYPOTÉZA

Pro předkládanou diplomovou práci byla stanovena hypotéza, jejímž předpokladem je, že:

Předvěšené provětrávané fasádní systémy jsou vhodnou variantou řešení obvodových plášťů budov.

TEORETICKÁ ČÁST

1 PROVĚTRÁVANÉ FASÁDNÍ SYSTÉMY A JEJICH VARIANTY

Provětrávané fasádní systémy – tedy fasádní systémy s větranou vzduchovou mezerou představují dvouplášťovou konstrukci s jednou větranou mezerou mezi vnitřním a vnějším pláštěm, tvořící obvodový plášť budov. [1]

1.1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY V ČECHÁCH A V ZAHRANIČÍ

V současné době jsou fasádní systémy s provětrávanou vzduchovou mezerou poměrně rozšířenou variantou řešení obálky budov v Čechách i v zahraničí. Na trhu v zemích EU se nachází mnoho variant provětrávaných fasádních systémů. Základním rozdílem v řešení předvěšených provětrávaných fasádních systémů je provádění tepelně izolační vrstvy z desek z polyuretanové pěny (PIR), které mají výrazně nižší součinitel tepelné vodivosti λ (W/mK) než minerální vlna, která je pro tyto fasádní systémy zpravidla používána v České republice.

Na volbě tepelného izolantu je přímo závislý způsob kotvení nosných roštů. Desky z PIR nejsou z hlediska zpracovatelnosti tvarově flexibilní jako minerální vlna, proto byly vyvinuty kotevní prvky na principu šroubů suplující kotvy tvaru L/A/Z, které se používají s izolacemi na bázi vláken.

Pro navrhování konstrukcí s otevřenou vzduchovou mezerou byla pro země EU vydána směrnice ETAG 034, kde jsou jasně a jednoznačně stanovena doporučení pro návrh jednotlivých prvků větrané mezery tak, aby bylo dosaženo optimálních výsledků. Další normativní předpisy vztahující se k provětrávaným fasádám jsou uvedeny v následující podkapitole. [1]

1.2 SOUČASNÉ NORMATIVNÍ PŘEDPISY VZTAHUJÍCÍ SE K PROVĚTRÁVANÝM FASÁDNÍM SYSTÉMŮM

Kmenová norma zabývající se výlučně problematikou provětrávaných fasádních systémů a stanovující požadavky na konstrukce s větranou mezerou fasády na národní

úrovni neexistuje. Při návrhu, posouzení a hodnocení konstrukcí provětrávaných fasádních systémů lze vycházet z níže uvedených norem.

Zkušební postupy pro konstrukce nebo prvky provětrávaných fasád vycházejí z norem:

- ČSN EN 13051 Lehké obvodové pláště – Vodotěsnost – Zkouška na místě
- ČSN EN 13964 Závěsné podhledy – Požadavky a metody zkoušení
- ČSN 73 0212 Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti
- ČSN 73 0203 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Společná ustanovení
- ČSN 73 2044 Dynamické zkoušky stavebních konstrukcí
- ČSN 73 2045 Zjišťování hmotnosti stavebních dílců

Požadavky na nosné rošty a kotvení předsazeného opláštění fasády k nosné konstrukci vycházejí z norem:

- ČSN EN 1990 Eurokód 0 – Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 Eurokód 1 - Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1993 Eurokód 3 – Navrhování ocelových konstrukcí
- ČSN EN 1995 Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí
- ČSN EN 1999 Eurokód 9 – Navrhování hliníkových konstrukcí

- ČSN EN 1090 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí
- ČSN EN 19830 Lehké obvodové pláště – Norma výrobku
- ČSN EN 14019 Lehké obvodové pláště – odolnost proti nárazu – funkční požadavky
- ČSN EN 13116 Lehké obvodové pláště – Funkční požadavky
- ČSN EN 13119 Lehké obvodové pláště – Terminologie
- ČSN EN 16758 Lehké obvodové pláště – Stanovení pevnosti spojů namáhaných smykem
- 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

Požadavky z hlediska stavební fyziky na budovy, vnitřní prostředí a dělicí konstrukce vycházejí z norem:

- ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov
- ČSN 72 7030 Stanovení součinitele difuze vodní páry stavebních materiálů
- ČSN EN 13829 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda
- ČSN EN ISO 10211 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Podrobné výpočty

- ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušené a orientační hodnoty
- ČSN EN 29053 Akustika. Materiály pro použití v akustice – Stanovení odporu proti proudění vzduchu
- ČSN EN ISO 140-5 Akustika. Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 5: Měření vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů a jejich částí na budovách

Požadavky z hlediska klasifikace stavebních výrobků dle zkoušek reakce na oheň a odolnosti konstrukce vůči ohni stanovují normy:

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty
- ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty
- ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společná ustanovení
- ČSN 73 0863 Požárně technické vlastnosti hmot. Stanovení šíření plamene po povrchu stavebních hmot
- ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb
- ČSN ISO 13785 Zkoušky reakce na oheň pro fasády

1.3 ZÁKLADNÍ PRINCIP PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ

Základním princip provětrávaných fasádních systémů spočívá ve vytvoření vzduchové mezery před finální povrchovou úpravou (obkladem). Vzduchová mezera je vytvořena distančními profily, nebo nosným roštem kotveným k podkladní konstrukci.

V mezeře dochází k proudění vzduchu, čímž je zajištěn odvod vodních par z předcházejících vrstev (tepelné izolace/podkladní konstrukce). [2]

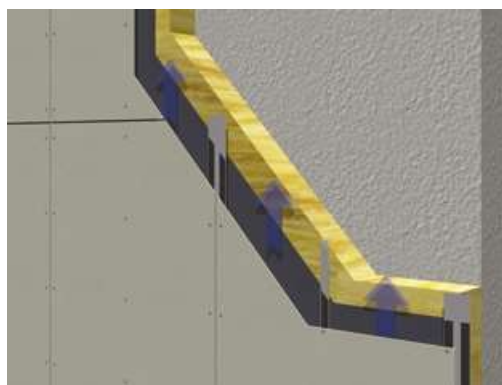
1.4 VARIANTY PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ

Provětrávané fasádní systémy lze v zásadě dělit podle dvou hledisek – z hlediska statického působení povrchové úpravy a hlediska požadavků na součinitel prostupu tepla obálkou budovy.

Z hlediska statického působení povrchové úpravy jsou rozlišovány provětrávané fasády na předvěšené provětrávané fasády a provětrávané fasády se samonosnou povrchovou úpravou. Z hlediska požadavků na součinitel prostupu tepla obálkou budovy jsou provětrávané fasády prováděny v podobě systémů ochranných (bez tepelně izolační vrstvy v souvrství), nebo jako tzv. zateplovací (tepelně-izolační) vnější obkladové systémy. [3]

1.4.1 PŘEDVĚŠENÉ PROVĚTRÁVANÉ FASÁDNÍ SYSTÉMY

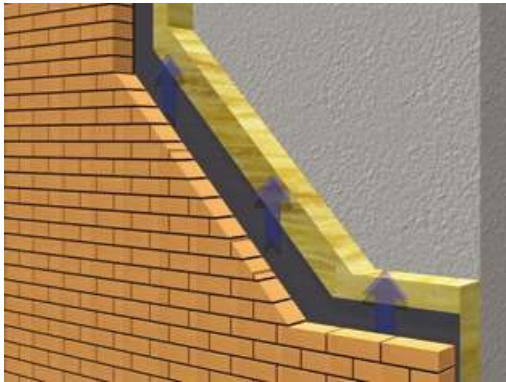
V případě řešení provětrávané fasády jako předvěšené je přenos zatížení do nosného systému objektu zajištěn nosným roštem a jeho přípoji. Rošt tvoří spodní nosnou konstrukci fasádního systému, z hlediska materiálu může být tvořen prvky z hliníku, ušlechtilých slitin, oceli a dřeva, popř. kombinací dřevo-kov. [3]



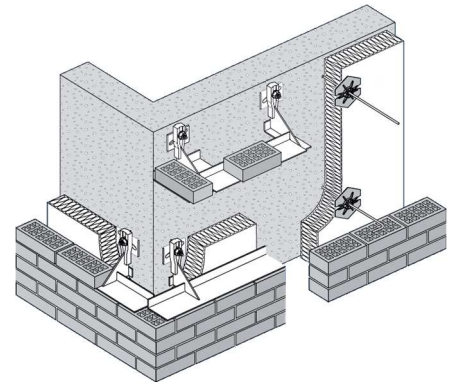
Ilustrace I- Schéma předvěšené provětrávané fasády [2]

1.4.2 PROVĚTRÁVANÉ FASÁDNÍ SYSTÉMY SE SAMONOSNOU POVRCHOVOU ÚPRAVOU

Jiným způsobem řešení je vytvořit povrchovou úpravu fasády jako samonosnou konstrukci, která je nejčastěji tvořena z panelových bloků, nebo zděná z pohledových cihel. Toto provedení se vyznačuje vyšší hmotností a náročností provedení. Provětrávaná mezera za povrchovou vrstvou (předstěnou) je vytvořena vložением speciálních distančních a kotevních prvků odpovídající dimenze. Přírodní a odváděcí otvory vzduchu jsou v tomto případě tvořeny např. absencí malty ve styčných spárách mezi cihlami nad úrovní terénu, pod parapetem a nad oknem. [2]



Ilustrace II – Schéma provětrávané fasády se samonosnou povrchovou úpravou [2]



Ilustrace III – Varianty provedení provětrávané fasády se samonosnou povrchovou úpravou [4]

2 PŘEDVĚŠENÉ PROVĚTRÁVANÉ ZATEPLOVACÍ FASÁDNÍ SYSTÉMY

2.1 POPIS PŘEDVĚŠENÝCH PROVĚTRÁVANÝCH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ

Předvěšené provětrávané fasádní systémy jsou na českém trhu poměrně novým řešením, se kterým se lze setkat stále častěji. V závislosti na rozvoji nových materiálů a způsobů kotvení nachází tento systém uplatnění i u velmi náročných architektonických návrhů. [3]

Tepelně izolační fasádní systém s provětrávanou vzduchovou mezerou se vyznačuje řadou výhod. Mezi hlavní výhody patří:

- Suchý montážní proces nabízející časovou flexibilitu
- Dlouhodobá odolnost proti povětrnostním vlivům a vlivům okolního prostředí
- Spolehlivá tepelná ochrana a zajištění vhodného vnitřního klima v budově v zimním i letním období
- Odvětrávání vzduchové mezery umožňující udržet optimální vlhkostní režim celého souvrství obvodového pláště (to přispívá k zajištění dlouhé životnosti fasády)
- Umožnění lokálních úprav/oprav obkladu – plánovitá adaptibilita
- Konstrukcí nosného roštu jsou eliminovány nerovnosti podkladních ploch
- Variabilita řešení obkladů
- Možnost čištění fasády tradičními prostředky a postupy
- Velký potenciál z hlediska zajištění úspor energií [3]

Při porovnání provětrávané fasády a dnes hromadně používaných systémů ETICS je nutno brát zřetel na význam budovy a na požadovanou životnost (minimálně) její fasády v celém procesu užívání, včetně případných změn, i s ohledem na jejich likvidaci (v rámci hodnocení tzv. trvale udržitelného rozvoje).

Přihlédneme-li k výše uvedenému, je i přes vstupní investici v konečném výsledku použití provětrávané fasády výhodnější, než použití vnějšího kontaktního zateplovacího systému. [5]

2.2 SOUVRSTVÍ PPF

Předvěšený provětrávaný fasádní systém se obvykle skládá z následujících částí:

- Vnější plášť (obklad) sestavený z jednotlivých dílců
- Provětrávaná vzduchová mezera
- Spodní nosná konstrukce (rošt), plnicí nosnou, distanční a vyrovnávací funkci
- Připevňovací, spojovací a kotevní prvky pro připevnění roštu ke spodní nosné konstrukci a vzájemnému spojování jednotlivých prvků
- Tepelně izolační vrstva s difúzně otevřenou fólií (u provětrávaných fasádních systémů plnicích pouze funkci ochrannou je tato vrstva vynechána)
- Doplnkové prvky (profily pro nároží, zakládací lišty, větrací lišty apod.) [5]

Opláštění fasády (obklad) je první vrstvou z exteriéru, může být provedeno v nejrůznějších materiálových variantách, barvách a tloušťkách. Pod opláštěním je vytvořena vzduchová mezera takové šířky, aby bylo zajištěno její dostatečné provětrávání. Vnější plášť fasády je vynesena nosnou konstrukcí v podobě roštu ze dřeva, oceli, nebo lehkých slitin. Kotvení roštu do podkladní konstrukce a nosného systému objektu je zajištěno spojovacími prvky, nosný rošt zároveň vytváří prostor pro proudění

vzduchu. Za vzduchovou mezerou je směrem k interiéru provedena tepelná izolace, která musí být nehořlavá a zároveň musí umožnit difúzi vodních par směrem do exteriéru. Zpravidla je k tomuto účelu využívána minerální vlna. [6]

Tepelná izolace bývá opatřena difúzně otevřenou folií, požadavky na odolnost folie jsou odvislé od volby opláštění. Tepelně izolační desky jsou za účelem zachování suchého procesu provádění kotveny k podkladní konstrukci hmoždinkami. [6]

O jednotlivých částech fasádního systému bude podrobněji pojednáno v dalších kapitolách.

Provětrávaná fasáda Standard

Svislé, ocelové, tzv. omega profily

Horizontální ocelové profily

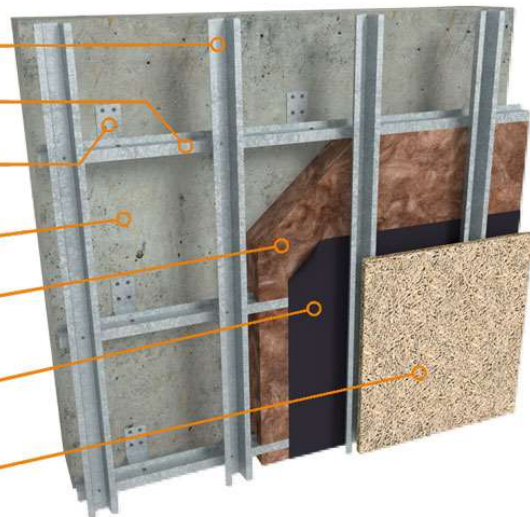
Ocelové konzole kotvené do zateplované stěny

Zateplovaná stěna

Minerální vlna s technologií ECOSE®

Difúzně otevřená větotěsná fólie
(například HOMESEAL LDS 0,02 UV)

Vnější opláštění (např. HERAKLITH)



Ilustrace IV – Systémová skladba PPF – Knauf Insulation [7]

3 SPODNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE (ROŠT)

Základní funkcí spodní nosné konstrukce (nosného roštu) je funkce statická. Rošt musí být schopen spolehlivě přenést zatížení od vlastní tíhy předvěšeného opláštění fasády, zatížení od účinků větru (nutno zohlednit extrémní účinky v oblasti nároží budovy) a zároveň musí odolávat účinkům vyplývajících z vynucených přetvoření v důsledku změny teploty a vlhkosti. [5]

Z materiálového hlediska jsou nosné rošty PPF prováděny ze dřeva, oceli, hliníku, nebo kombinací materiálů (dřevěné prvky a kovové kotvy). Jednotlivé materiálové varianty jsou popsány v následujících podkapitolách. [3]

3.1 DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE

Dřevěné rošty mohou být jako spodní nosná konstrukce použity u objektů s výškou do 9 m nad terénem. Hlavní výhodou tohoto typu roštu je jeho variabilita a cenová dostupnost. V praxi jsou dřevěné rošty používány především pro provětrávané fasády rodinných domů - např. u difúzně otevřených dřevostaveb, nebo zděných domů. [8]

MATERIÁL

Požadavky na kvalitu materiálu jsou dány především typem finálního obkladu. Je doporučováno používat profily třídy min. S10¹. Dřevo musí být dostatečně vysušené a impregnované proti působení hmyzu, plísní a dřevokazných hub. Obvykle jsou používány střešní latě 40/60 mm, nebo fošny výšky např. 100 mm – v závislosti na požadované tloušťce tepelné izolace. [8]

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Z konstrukčního hlediska může být nosná konstrukce provedena jako jednosměrný rošt pouze ze svislých prvků (především u nezateplených objektů), nebo jako

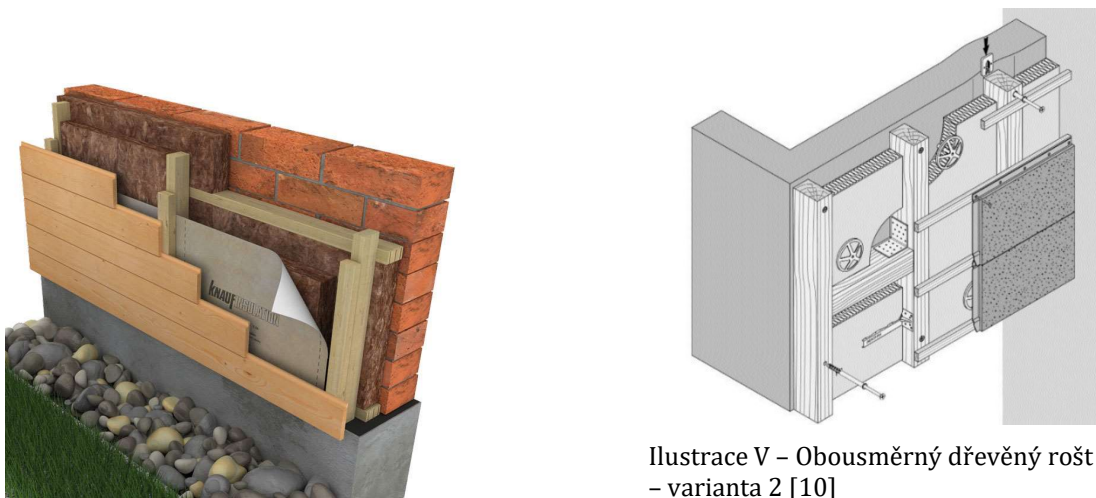
¹ Třída řeziva S10 dle ČSN 732824-1(platná) odpovídá třídě SI dle ČSN 49 1531-1 (neplatná) , dle ČSN EN 1912 S10= třída pevnosti C24 [9]

obousměrný rošt (běžnější řešení). U obousměrného roštu rozlišujeme prvky na primární a sekundární.

Primární rošt je tvořen vodorovnými prvky, tloušťka vodorovného roštu obvykle odpovídá tloušťce tepelného izolantu. Rozměry prvků, kotvení a rozteče latí/fošen jsou určeny projektantem na základě tepelně technického a statického posudku. V případě, že tloušťky vrstvy tepelného izolantu vychází z hlediska požadavků na tepelně technické vlastnosti obvodové konstrukce v takové mocnosti, kdy by bylo náročné provést primární rošt pouze v jedné vrstvě (tl. 120 mm a více) lze rošt provést ve více vrstvách např. 2x60 mm, první rošt vodorovný, druhý svislý-viz Ilustrace č. V.

Sekundární rošt musí být proveden ve svislém směru² – v šířce sekundárního roštu je vytvořena vzduchová dutina. Sekundární rošt je zároveň nosnou konstrukcí pro obklad fasády. Tloušťka latí je závislá na požadované minimální tloušťce vzduchové mezery (obvykle min 40 mm). Rozteč latí je opět závislá na statickém výpočtu (zohledňujeme především vlastní tíhu obkladu a sání větru), maximální osová vzdálenost je 625 mm. [8]

Kotvení roštu do podkladní konstrukce je prováděno prostřednictvím hmoždinek, turbošroubů, vrutů do dřeva, nebo ocelových úhelníků. Pod spodní profily jsou umísťovány vyrovnávací podložky, latě ležící v jedné rovině jsou mezi sebou spojovány perforovanými úhelníky a deskami. [10]



Ilustrace V – Obousměrný dřevěný rošt – varianta 2 [10]

² Poznámka: Na Ilustraci č. V je sekundární rošt pro kotvení fasádního obkladu proveden ve vodorovném směru, vzduchová mezera je vytvořena v rovině spodního roštu – tep. izolace není provedena na celou výšku profilu.

3.2 KOMBINOVANÁ KONSTRUKCE

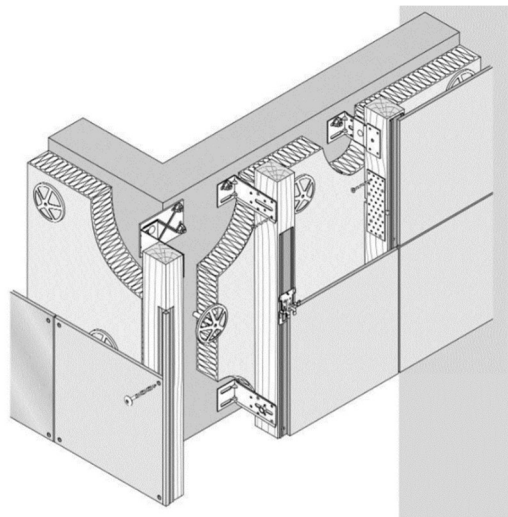
Kombinované systémy představují rošty tvořené dřevěnými liniovými prvky a kovovými kotvami. Tento typ roštů lze použít pro objekty s výškou max 22,5 m nad terénem při splnění všech požárně bezpečnostních předpisů. [8]

MATERIÁL

Pro liniové prvky jsou obvykle používány vysušené dřevěné KVH hranoly. Hranoly jsou pomocí ocelových úhelníků vykonzolovány před vrstvu tepelné izolace. Úhelníky a související komponenty pro kombinované rošty jsou vyrobeny např. z galvanizované oceli Z 275 s možností dodání v nerezovém provedení. [12]

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Dřevěné hranoly jsou kladeny ve svislém směru, tvoří prostor pro vzduchovou mezeru a zároveň jsou nosným podkladem pro uchycení obkladu fasády (viz dřevěné rošty). Hranoly jsou ocelovými úhelníky předsazeny před vrstvu tepelné izolace. Úhelníky jsou kotveny do podkladní konstrukce (např. zděné obvodové stěny), nejsou zde používány vyrovnávací podložky – nerovnosti podkladu jsou vyrovnány vlastním kotevním prvkem. Vyložení úhelníku je závislé na tloušťce tepelné izolace a lze jej prodloužit pomocí nástavců. Zajištění stability dřevěného hranolu při větším vyložení profilu lze provést např. vzpěrnými rameny. Maximální vyložení úhelníku je dáno statickým posudkem, nebo dostupností kotevních prvků. [10]



Ilustrace VII – Kombinovaný rošt [10]

3.3 OCELOVÁ KONSTRUKCE

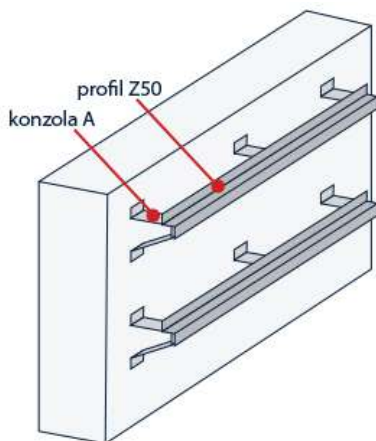
Ocelové rošty jsou tvořeny z bodových prvků a jednoduchých liniových prvků (konzol a profilů). Z požárně bezpečnostního hlediska není použití ocelových roštů omezeno výškou objektu. Podkladní konstrukce z oceli se vyznačuje velkou variabilitou, lze ji použít pro různé typy fasádních obkladů (z kovu, pohledového dřeva, pro kamenné obklady i pro deskové materiály - Cetris, Cembrit, Knauf apod.). [8] [13]

MATERIÁL

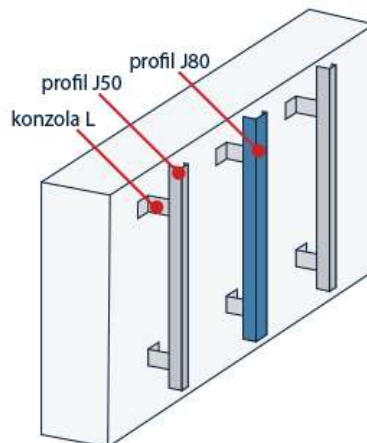
Prvky pro ocelové rošty jsou vyráběny z pozinkované konstrukční oceli. Obvykle jsou konzoly a profily ohýbány za studena z ocelových plechů Z 275 tloušťky 1-2 mm. [10]

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

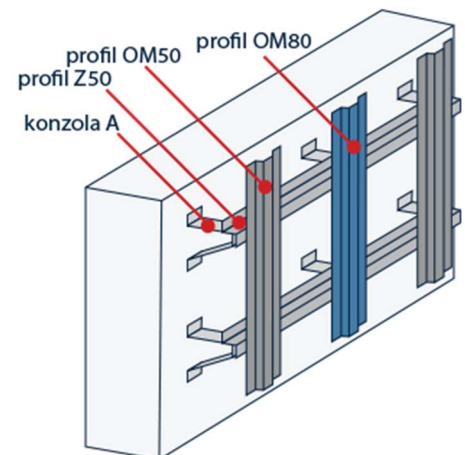
V závislosti na orientaci obkladových prvků a na počtu prvků nosného roštu rozlišujeme rošty jednosměrné – vodorovné/svislé a obousměrné. [13]



Ilustrace IX – Jednosměrný rošt vodorovný [13]



Ilustrace VIII – Jednosměrný rošt svislý [13]

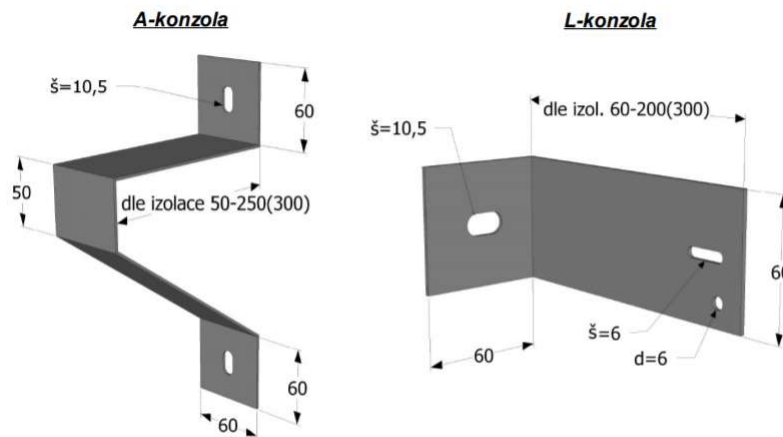


Ilustrace X – Obousměrný rošt [13]

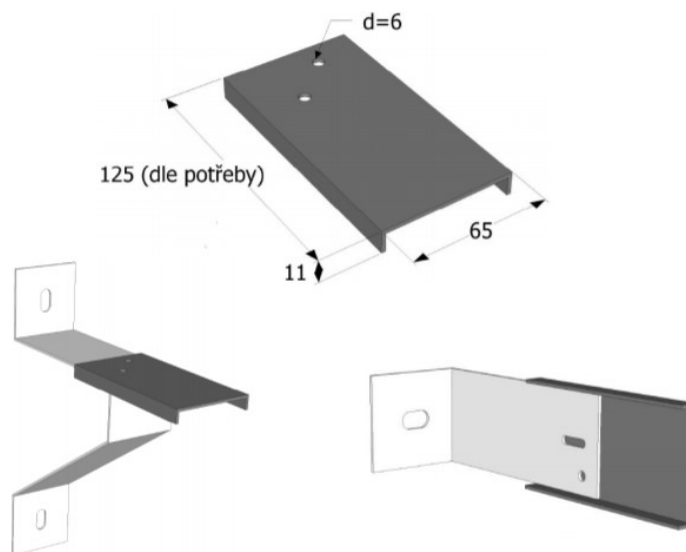
V případě použití jednosměrného roštu orientovaného vodorovně je nutno zajistit prostor pro proudění vzduchu např. profilováním obkladového materiálu. [13]

Konzoly

Konzoly (bodové prvky) slouží k upevnění a přenosu zatížení z profilů (liniových prvků) do podkladní konstrukce. Konzoly jsou vyráběny ve tvaru A, nebo L. V případě nerovností podkladů větších než ± 20 mm lze pro vyrovnání použít rektifikační profily průřezu U. [14]



Ilustrace XI – Příklad konzol ocelových roštů [14]



Ilustrace XII – Příklad rektifikačního U-profilu a jeho použití [14]

Profily

Profily (liniové prvky) jsou tvořeny průřezy tvaru L, C, J, Z a omega (OM). Z technických důvodů nelze vyrobit profil průřezu T, které jsou pro upevnění

obkladového materiálu vhodné. Toto lze kompenzovat použitím dvou profilů průřezu L.[13]



Ilustrace XIII - Příklady profilů používaných pro ocelové rošty [15]

Kotvení konzol do podkladu a spoje mezi liniovými prvky jsou prováděny pomocí šroubů a trhacích nýtů. Rastr ocelového roštu je závislý na typu fasádního obkladu, jeho statickém působení a na zatížení (tlak x sání větru). Dilatace se u ocelových roštů provádí obvykle po max. 9 m délky pevně spojovaných liniových prvků. [14]

3.4 HLINÍKOVÁ KONSTRUKCE

Hliníkové rošty jsou nejběžnější variantou řešení podkladní konstrukce předvěšených provětrávaných fasád. Hlavní výhodou hliníkových roštů je snadná montáž, požární odolnost a nízká hmotnost a s tím související menší počet kotevních prvků. Rošty z hliníku jsou kombinovatelné s nejrůznějšími druhy fasádních obkladů.[16]

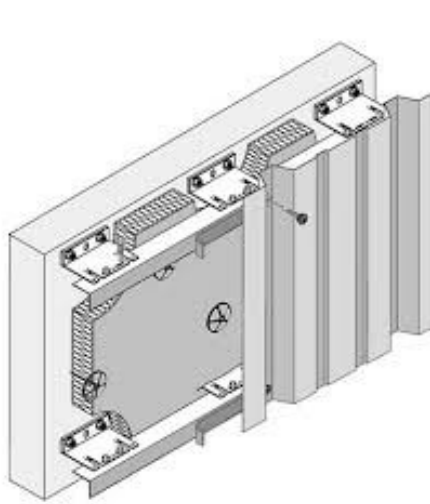
MATERIÁL

Prvky pro hliníkové rošty jsou vyráběny z hliníku 6060. Jedná se o slitinu hliníku, magnesia a křemíku. Tento materiál se vyznačuje dobrou odolností proti korozi a velmi dobrou svařitelností. Prvky jsou obvykle vyráběny v tloušťce 2-3 mm. [10] [17]

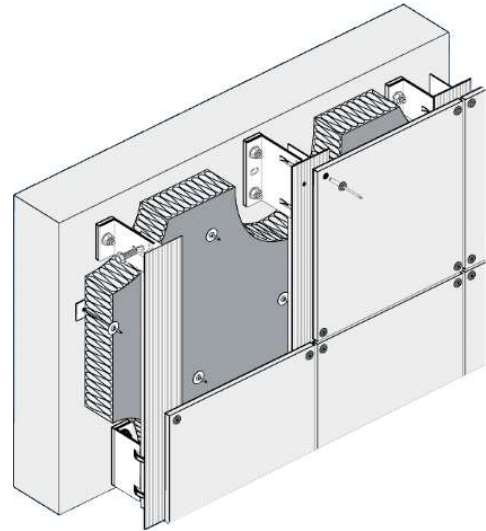
KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Stejně jako ocelové rošty, jsou hliníkové rošty tvořeny z bodových a liniových prvků. Nosná konstrukce může být provedena jako jednosměrná – vodorovná/svislá, nebo obousměrná. V případě jednosměrné nosné konstrukce s orientací liniových prvků je vzduchová dutina vytvořena, stejně jako u PPF s ocelovým roštem, v rovině

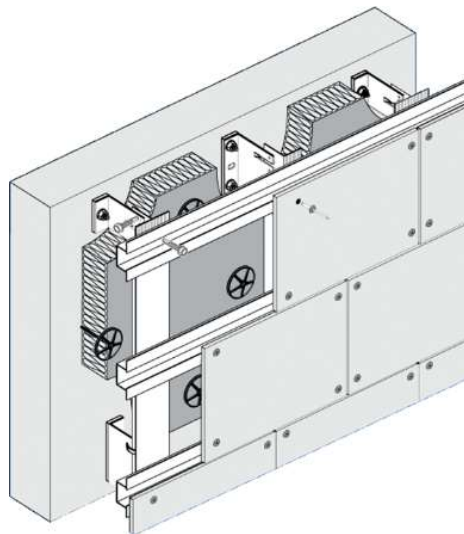
samotného obkladu. Obousměrná konstrukce jsou obvykle používány pro obklady se skrytým uchycením. [16]



Ilustrace XIV – Jednosměrný vodorovný rošt [10]



Ilustrace XV – Jednosměrný svislý rošt [10]



Ilustrace XVI – Obousměrný rošt [10]

Konzoly

Bodové prvky (konzoly) pro upevnění roštu k podkladní konstrukci jsou vyráběny v podobě stěnových úhelníků. Délka kotev je běžně do 300 mm – dle tloušťky tepelné izolace. Hliníková kotva sama o sobě umožňuje v kombinaci se svislým profilem vyrovnání nerovností podkladu do cca 20 mm, v případě větších nerovností je třeba

použít nastavitelné kotevní prvky. Pod kotevní prvky jsou u hliníkových roštů obvykle používány termopodložky pro omezení tepelného mostu. [19]



Ilustrace XVII – nastavitelná hliníková kotva Hafix [20]



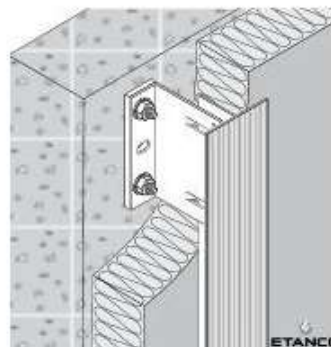
Ilustrace XVIII – pevná hliníková kotva Hafix [20]



Ilustrace XIX – Hliníková kotva SPIDImax [21]

Profily

Liniové prvky roštů jsou nejčastěji tvořeny profily průřezů L, T, Z a omega. Profily tvaru L a T mohou být po délce rýhované, aby bylo zamezeno vytvoření námrazy mezi nosným profilem a fasádním obkladem. Pro svislé prvky jsou používány průřezy tvaru L a T, pro vodorovné prvky tvaru Z a omega. Pro náročnější případy lze použít speciální složené profily. [16]



Ilustrace XX – Příklady profilů používaných pro hliníkové rošty [10] [20]

Kotvení je prováděno šrouby a nýty. Při kotvení hliníkových roštů je třeba provést taková opatření, aby bylo zamezeno vzniku elektrolytického článku mezi stěnovým úhelníkem a materiálem kotevního prvky (hmoždiny, vrutu), např. vložení termostop clipů z polypropylenu [18]

4 TEPELNĚ IZOLAČNÍ VRSTVA, POJISTNÁ HYDROIZOLAČNÍ VRSTVA

Tepelně izolační vrstva zajišťuje požadované tepelně technické parametry pro danou konstrukci. Tloušťka vrstvy tepelné izolace vychází z požadavků na odpor tepla konstrukce R ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$), resp. na součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$), které stanovuje norma ČSN 73054. Při návrhu souvrství provětrávané fasády v souladu s ČSN 73054 jsou posuzovány všechny vrstvy před větranou mezerou, ve výpočtu musí být zohledněn vliv tepelných mostů vlivem kotvení nosné konstrukce fasády (viz podkapitola 4.2). [2]

4.1 POŽADAVKY NA TEPELNOU IZOLACI PPF, MATERIÁLY

Základními požadavky na tepelnou izolaci PPF je nízká tepelná vodivost³ a schopnost umožnit difúzi (šíření) vodní páry směrem do exteriéru, resp. do větrané mezery. Toto lze zajistit použitím izolačních desek z minerální vlny, polyuretanových pěn (jsou používány především v zahraničí) a perforovaných EPS desek. Dalšími požadavky jsou vodoodpudivost (hydrofobizace), dobré akustické vlastnosti z hlediska pohltivosti zvuku, tvarová stálost a dlouhá životnost.

Pro izolaci fasád s větranou vzduchovou mezerou lze dle požadavků norem požární bezpečnosti použít materiály, které spadají do třídy reakce na oheň A1 a A2⁴. Použití izolací z polystyrenu je pro předvěšené provětrávané fasády z tohoto hlediska nevhodné (vlivem komínového efektu⁵ ve větrané mezeře by došlo k urychlení hoření).

Z výše uvedených důvodů je tepelně izolační vrstva provětrávaných fasádních systémů tvořena především izolací z minerální vlny, desky z polyuretanových pěn (PIR, PUR) jsou pro PPF používány především v zahraničí. Výhodou použití minerální izolace je také vyšší flexibilita materiálu a tedy i snadná montáž. Kotvení izolačních desek z minerální vlny k podkladní konstrukci je zajištěno talířovými zatloukacími hmoždinkami, PIR desky jsou k podkladu lepeny. [22]

³ Tepelná vodivost materiálu je udávána součinitelem tepelné vodivosti λ (W/mK) [23]

⁴ Výrobky třídy reakce na oheň A1, A2 = Nehořlavé výrobky, nepřispívají (významně) k růstu požáru a k vývoji kouře [24]

⁵ Komínový jev = fyzikální jev, proudění (stoupání) teplého vzduchu svislou dutinou, které je způsobeno rozdílnou teplotou na obou koncích dutiny [25]

4.2 TEPELNÉ MOSTY A MOŽNOSTI JEJICH ELIMINACE

4.2.1 VLIV KOTVENÍ NOSNÉHO ROŠTU

V současné době se tloušťky tepelných izolací obvodových stěn běžně přibližují 200 mm i u objektů, které ve výsledku nejsou řazeny do kategorie nízkoenergetických a pasivních budov. V souvislosti s tím je nutné korektně zohlednit vliv tepelných mostů. Bodové kotevní prvky zavěšených fasádních systémů nelze při vzrůstající tloušťce tepelné izolace zanedbávat.

Pro upevnění nosného roštu PPF jsou často používány bodové kotvy z oceli nebo slitin hliníku. V projekční praxi se vliv těchto kotev zohledňuje orientačními přírážkami k tepelné vodivosti v místě kotvení. Nejčastějším doporučením je zvýšit tepelnou vodivost o 5-15 %. Tyto přírážky ale nemusí vždy dostatečně zohlednit skutečný vliv kotvení-ten závisí na celé řadě faktorů (počet kotev na 1 m², typ podkladní nosné konstrukce aj.) a nelze jej vyjádřit konstantní hodnotou. Přesné zhodnocení lze provést řešením 3D šíření tepla v charakteristickém výseku kolem kotvy.

Pro redukci tepelného mostu v místě kotev lze použít izolační podložky umístěné pod kotvy (thermostop). Vliv použití izolačních podložek na tepelnou vodivost izolačního materiálu je zohledněn v tabulce č.1. [26]

Tabulka 1 – Vliv izolačních podložek na tepelnou vodivost izolačního materiálu tl. 140 mm [26]

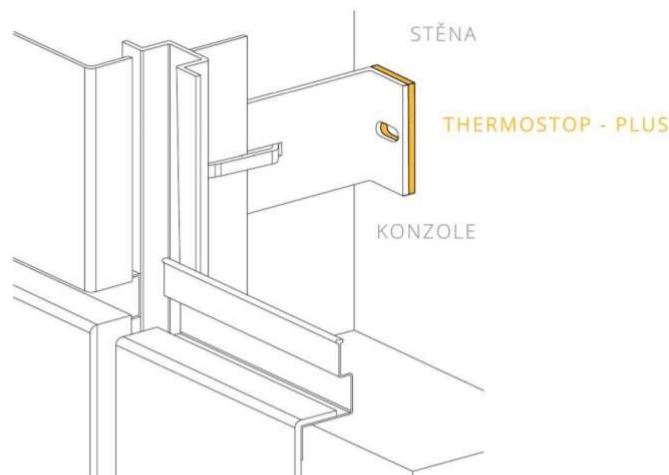
Tepelný odpor stěny	Izolační podložky	Materiál kotev	Počet kotev na 1m ²	Zvýšení tepelné vodivosti		
					Rp (m ² K/W)	
Rw = 0,1 m²K/W	NE	hliník	2	+113%		
			3	+179%		
		ocel	2	+44%		
			3	+68%		
		ANO	hliník	2	+54%	
				3	+83%	
	ocel		2	+26%		
			3	+40%		
			Rp = 0,17 m ² K/W			

Z hodnot uvedených v tabulce 1 je zřejmé, že i pro nejpříznivější kombinace (2 ocelové kotvy + podložka) se tepelná vodivost izolace zvýší o více než 25 %. Při návrhu je tedy nezbytné zahrnout vliv kotvení nosného roštu, alespoň pomocí orientačních výpočtů. [26]

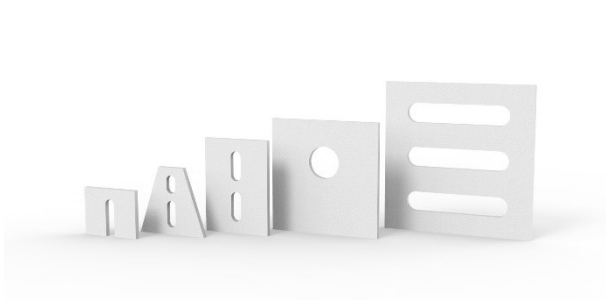
4.2.2 IZOLAČNÍ PODLOŽKY POD KOTVY

Izolační podložky pod kotvy nosného roštu jsou vyráběny z tvrdého PVC s uzavřenou buněčnou pěnou, v tloušťkách od 1 do 10 mm. Nejčastěji jsou používány podložky tl. 6 mm. Izolační podložky Thermostop slouží k přerušení tepelného mostu mezi podkladem a kotevní konzolí.

Použití izolačních podložek má na snížení vlivu tepelného mostu rovněž významný vliv. Výrobce udává hodnotu tepelné vodivosti podložky Thermostop $\lambda = 0,08-0,09$ W/mK (dle DIN 52 6160). Při použití izolační podložky Thermostop Plus tl. 6 mm lze – dle údajů výrobce – snížit lokální tepelnou vodivost o 35-60%. [27]



Ilustrace XXI - Schéma kotvení fasády s použitím podložek Thermostop [27]



Ilustrace XXIV – Thermostop podložky 1 [27]



Ilustrace XXIII – Thermostop podložka 2 [28]



Ilustrace XXII – Thermostop podložky 3 [5]

Z ekonomického hlediska je použití izolačních podložek pod kotvy poměrně nákladným řešením. Cena jednoho kusu se pohybuje okolo 1/6-1/5 ceny kotvy. U rozsáhlých fasád s velkým množstvím kotevních prvků může dojít k navýšení ceny fasády o 15-20 %. [29]

Použití termopodložek je přínosné především u izolačních tloušťek do 100 mm. Při vrstvě tepelné izolace v tloušťkách větších než 100 mm je přínos podkladání kotev termopodložkami relativně malý, větší význam má řádné provedení detailu při realizaci – především důkladné obalení kotev tepelným izolačním materiálem. [30]

4.3 DIFÚZNĚ OTEVŘENÁ VRSTVA

Pro zajištění bezpečného fungování fasádního systému musí být vnější strana tepelné izolace opatřena kontaktní pojistnou hydroizolační fólií. Základním požadavkem na tuto fólii je umožnění průchodu vodních par do vzduchové mezery.

Ve skladbě fasády plní difúzní folie tyto funkce:

- Funkci pojistné hydroizolace – opláštění není vždy vodotěsné, spárami mezi jednotlivými prvky pláště se do konstrukce dostává srážková voda v kapalném skupenství, může dojít také k pronikání vátého sněhu v blízkosti větracích otvorů
- Vzduchotěsná vrstva – zabraňuje infiltraci (pronikání vzduchu) mezi vnitřním a vnějším prostředím – především v detailech
- Ochrana tepelné izolace proti ochlazení povrchu – u otvorů pro přívod a odvod vzduchu dochází při působení nárazového větru ke vzniku nebezpečí „zafouknutí“ chladného vzduchu z exteriéru do vláken tepelné izolace, čímž může dojít ke krátkodobému snížení její účinnosti
- Ochrana povrchu tepelné izolace před mechanickými nečistotami z ovzduší (např. prachem) – v důsledku zanešení povrchu tepelné izolace by mohlo dojít ke zhoršení jejích tepelně-izolačních vlastností [24]

Volba difúzně otevřené folie závisí na typu fasádního obkladu, resp. na spárách mezi jednotlivými prvky opláštění. Pro obklady s uzavřenými spárami lze použít folii určenou pro pojistnou hydroizolaci střech. Pro obklady s přiznanými spárami (např. šířky 50 mm) je nutné použít fólii se zvýšenou ochranou proti UV záření. Alternativou je použití desek z minerální vlny, které jsou opatřené černou kaširovanou netkanou textilií. [22]



Ilustrace XXV – Tepelně izolační desky s povrchem s kaširovanou netkanou textilií [31]



Ilustrace XXVI – Kotvení tepelně izolačních desek s kaširovanou textilií [11]

5 VZDUCHOVÁ MEZERA

Provětrávaná vzduchová mezera (dutina) je základním konstrukčním prvkem v konstrukci opláštění, kterým se provětrávané fasády odlišují od jiných typů fasád. Tato mezera má zásadní význam především pro teplotní a vlhkostní chování konstrukce.

Dle Evropského technického schválení 034-1 (ETAG 034-1) je větraná mezera definována jako prostor mezi obkladem a izolační vrstvou, ev. nosnou konstrukcí objektu (u ochranných předvěšených fasádních systémů). [6]

5.1 TLOUŠŤKA VZDUCHOVÉ MEZERY

Vzhledem k tomu, že národní normativní předpisy pro PPF nejsou vydány, není stanovena minimální tloušťka vzduchové mezery. Pokud se na konstrukci větrané fasády podíváme obecněji, lze ji vnímat jako střechu se sklonem 90°. Minimální hodnota doporučené tloušťky větrané vzduchové mezery pro střechy je normou ČSN 73 1901 stanovena na 40 mm při sklonu nad 45°. Z této hodnoty lze tedy vycházet i pro případ fasád, jelikož systém funkce fasády a střechy je prakticky totožný a fasáda je z tohoto hlediska méně namáhána klimatickými vlivy než běžná šikmá střecha.

Minimální doporučená tloušťka větrané mezery je tedy 40 mm, v praxi je používána i tloušťka mezery 30 mm. [4] U ostění a nadpraží lze připustit mezeru tl. 20mm [2] Evropské technické osvědčení ETAG 034 stanovuje minimální tloušťku větrané mezery na 20 mm, s možností jejího lokálního zúžení na 10mm, případně po posouzení vlastností na 5 mm.

Při návrhu tloušťky vzduchové mezery je třeba zohlednit orientaci fasády ke světovým stranám. Použití minimální tloušťky 20 mm, kterou stanovuje ETAG, je vhodné spíše pro neosluněné plochy fasád, kde vzduchová mezera v této tloušťce postačuje pro bezpečné odvětrání konstrukce. Pro osluněné strany budov jsou vhodnější dutiny v tloušťce minimálně 40 mm. [6]

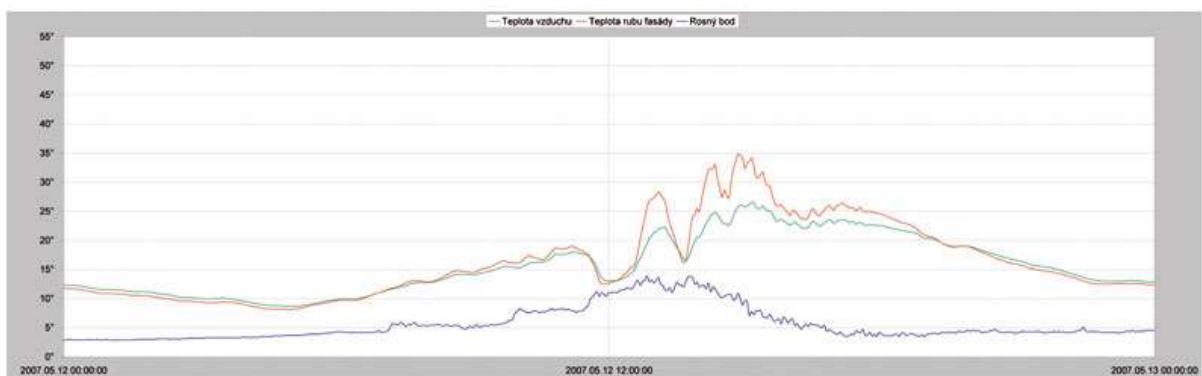
5.2 KRITÉRIA PRO ŠÍŘENÍ VZDUCHU

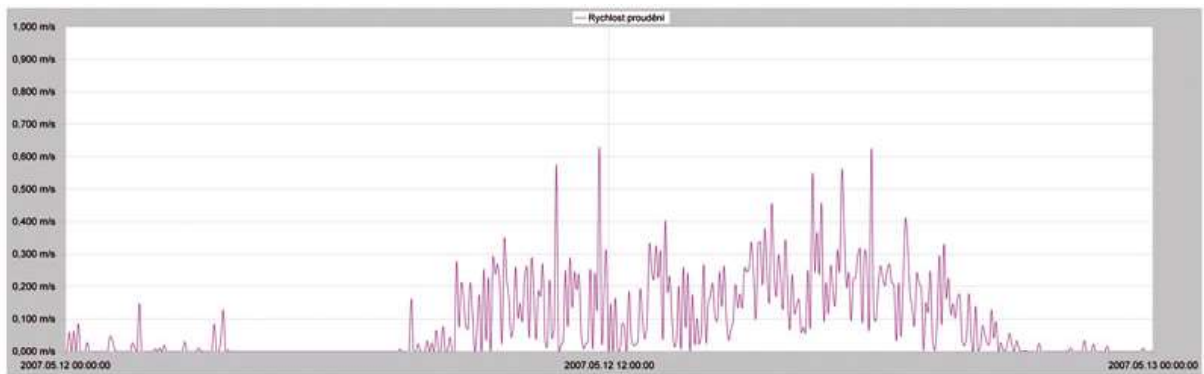
Aby systém provětrávané fasády fungoval správně, musí v mezeře docházet k proudění vzduchu. To je zajištěno na základě komínového efektu. Vzduch v mezeře se od vnější fasády ohřívá a stoupá vzhůru (k ohřívání vzduchu v zimě dochází vlivem tepelných ztrát z interiéru). Rychlost proudění se pohybuje v rozmezí 0,5 – 1,0 m/s. Při takové rychlosti se jedná zpravidla o proudění laminární, k turbulencím dochází jen výjimečně v několika místech vlivem různých faktorů, jako je např. výška a tvar budovy, druh a typ roštu, řešení otvorů pro přívod a odvod vzduchu. [2]

Nejvýznamnější vliv na rychlost proudění vzduchu v dutině má tloušťka mezery a rozměry nasávacích a vývodních otvorů, menší vliv má teplota vzduchu. Při návrhu je třeba zohlednit i finální povrchovou úpravu - fasádní obklady menších rozměrů, které mají otevřené mezery mezi jednotlivými obkladovými dílci mají negativní vliv na komínový efekt, na jehož základě dochází k proudění vzduchu v mezeře. [6]

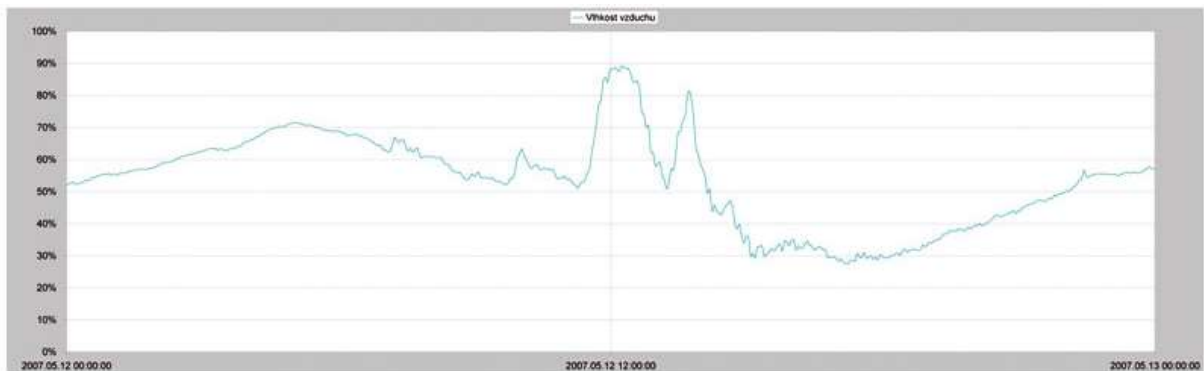
5.3 PROUDĚNÍ VZDUCHU A JEHO VLIV NA TEPELNOU IZOLACI

Ke změně proudění vzduchu dochází nejen během ročních období, ale i během denního 24hodinového cyklu. V nočních hodinách dochází prakticky k zastavení proudění vzduchu. Na rychlost proudění vzduchu má vliv sluneční záření. Na níže uvedených grafech lze vidět změny v teplotách a vlhkostech ve větrané dutině a také změny v rychlostech proudění vzduchu během 24 hodin. [2]





Ilustrace XXVIII – Graf znázorňující změnu rychlosti proudění vzduchu v provětrávané mezeře v průběhu dne [2]



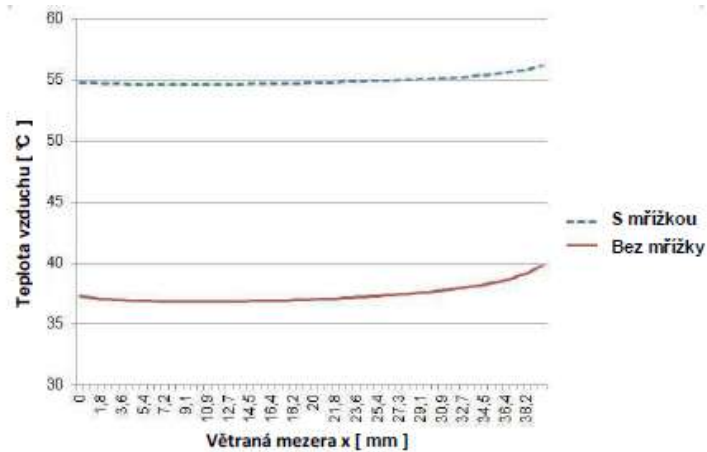
Ilustrace XXIX – Graf znázorňující změnu vlhkosti vzduchu v provětrávané mezeře v průběhu dne [2]

Teplý vzduch proudící v mezeře provětrávané fasády do sebe absorbuje vlhkost (teplý vzduch má schopnost pohlcovat vyšší množství vlhkosti, než studený vzduch). Tato skutečnost je rozhodující především v případě, kdy izolant není suchý a v důsledku vlhkosti se tepelně-izolační vlastnosti materiálu zhorší. Proudící vzduch vlhkost odvádí, čímž dochází k vysoušení i teplené izolace a tím i zajištění jejich izolačních vlastností. To přispívá k dobrému tepelně vlhkostnímu režimu celé konstrukce. [2]

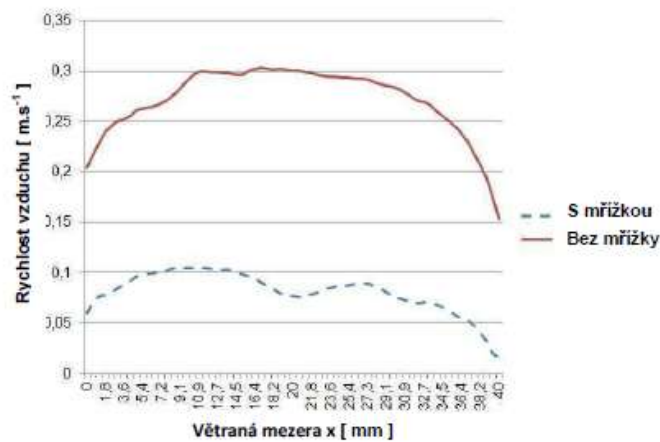
5.4 PŘÍVOD A ODVOD VZDUCHU

Evropským technickým osvědčením ETAG 034 je stanoveno, že otvory sloužící pro přívod a odvod vzduchu do větrané mezery mají mít plochu nejméně 50 cm² na metr délky konstrukce. [1] Nelze však zaručit, že i při dodržení uvedených hodnot bude mezera dokonale odvětrávána v průběhu celého roku. Například v oblastech s výskytem vyššího množství sněhu je třeba zajistit dostatečný přívod vzduchu do provětrávané mezery, proto příváděcí otvory umístíme do úrovně nad soklem, aby nedošlo k jejich zasypání sněhem. [3]

Otvory pro přívod a odvod vzduchu je vhodné opatřit mřížkou proti vniknutí škůdců. Při návrhu šířky provětrávané mezery je nutné zohlednit vliv těchto větracích mřížek na proudění vzduchu. Osazení větracích mřížek má za následek zvýšení teploty vzduchu v mezeře a snížení rychlosti jeho proudění – srovnání je patrné z níže uvedených grafů (hodnoty jsou pouze orientační, u varianty s mřížkou je průřez přírodních a odvodních otvorů snížen na 45% své původní hodnoty) [6]



Ilustrace XXX – Graf znázorňující teplotu vzduchu ve vzduchové mezeře tl. 40 mm při osazení větracích mřížek a bez [6]



Ilustrace XXXI - Graf znázorňující rychlost vzduchu proudícího mezerou tl. 40 mm při osazení větracích mřížek a bez [6]

Návrhu velikosti přírodních a odvodních otvorů je potřeba věnovat náležitou pozornost, aby byla zajištěna funkčnost fasády. [6]

6 POVRCHOVÁ ÚPRAVA PŘEDVĚŠENÝCH PROVĚTRÁVANÝCH FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ

Vnější plášť (obklad) PPF je tvořen sestaven z jednotlivých dílců. Způsob skladby obkladových prvků, materiálové varianty, rozměry, tvar, barva a struktura jsou rozmanité. [32]

6.1 FUNKCE OPLÁŠTĚNÍ

Na základě normativních požadavků musí opláštění fasád plnit více funkcí.

- **Ochranná funkce** opláštění vyplývá z jeho pozice v souvrství fasády – povrchová úprava je přímo vystavena účinkům vnějšího prostředí. Jednotlivé prvky pláště chrání další vrstvy před působením povětrnostních vlivů (déšť, vítr, změny teplot, sluneční záření, vlhkost). S ohledem na množství a orientaci spár mezi jednotlivými obkladovými prvky se pro zajištění odolnosti proti působení účinků větru, deště a UV záření povrch tepelné izolace opatřuje ochrannou membránou v podobě lehké folie. Z konstrukčního hlediska musí být opláštění fasády navrženo a provedeno tak, aby byl umožněn bezpečný odvod vody z jeho povrchu, a tím bylo zamezeno poškození dalších vrstev v souvrství, např. v důsledku hromadění vody na povrchu pláště. V případě obkladů větších rozměrů musí být v ploše opláštění uvažena dilatace především z hlediska objemových změn materiálu.
- **Estetická funkce** představuje zásadní hledisko při výběru povrchové úpravy. Rysy obvodového opláštění vycházejí z jeho rozměrů, tvarů a členění, návaznosti jednotlivých prvků, spár a styků, volby povrchové úpravy, barvy a drsnosti. Umělecké ztvárnění fasády by mělo být v souladu s celkovou myšlenkou architektonického výrazu budovy a mělo být založeno na funkčním uspořádání prostor, které jsou fasádou zakryty. Zásadním faktorem ovlivňujícím výraz fasády je volba barevného ztvárnění jejího povrchu. Dalším kritériem ovlivňujícím vzhled fasády jsou rozměry jednotlivých prvků opláštění. Použitím pláště složeného z malých prvků bude

fasáda značně členěna a může působit mohutněji, naopak při použití prvků o velkých rozměrech lze dosáhnout scelujícího dojmu a objekt se může zdát menší, než ve skutečnosti je. Na členění vnějšího pláště závisí i vlastnosti spár – mohou být zvýrazněné, přiznané, nebo nepřiznané, sít' spár může být pravidelná, nebo nepravidelná. Významný vliv na celkový dojem fasády má i volba povrchové úpravy – při použití např. zrcadlové úpravy může budova působit tzv. odhmotněným dojmem.

- **Protipožární funkce** souvisí se schopností obvodového pláště zamezit šíření požáru. Ta je zajištěna použitím nehořlavých materiálů a vhodným návrhem souvrství (aplikace materiálů s vyšší požární odolností před materiály, které mají tuto schopnost nižší). Pro vrstvu tepelného izolantu musí být použito výhradně materiálů spadajících do třídy reakce na oheň A1, A2 (nehořlavé), aby bylo zamezeno možnosti šíření plamene vzduchovou dutinou.
- **Akustická funkce** má význam z hlediska vzduchové neprůzvučnosti skladby obvodového pláště. Tvar a pohltivost opláštění a jejich vliv na celkové chování fasády z hlediska proměnlivosti hladiny hluku v okolí jsou významnými faktory, které je třeba uvažovat především u budov situovaných v blízkosti rušných ulic a v centrech měst.
- **Hygienická funkce** představuje předpoklad snadné údržby a čištění povrchu fasády. Plášť může disponovat samočisticí funkcí, tvorbě skvrn lze předejít vhodným tvarováním povrchu omezujícím možnost usazování prachu, nečistot a vody.
- **Ekonomická funkce** je odvislá od délky životnosti celého souvrství PPF. V závislosti na předpokládané životnosti fasády jsou některé systémy opláštění upřednostněny před jinými. Každý jednotlivý prvek fasádního systému plní soubor funkcí, proto je pro nutno k výběru optimálního řešení konkrétní fasády přistupovat individuálně. [32]

6.1 MATERIÁLOVÉ VARIANTY

Pohledové prvky PPF se z technologického hlediska provádějí suchým procesem (kotvením). Dle použitého druhu materiálu lze tyto prvky rozlišovat kovové, dřevěné, keramické, kamenné, silikátové, plastové a další materiálové varianty. [32]

Opláštění prvky na bázi kovu

Prvky opláštění na bázi kovu se dříve využívaly výhradně pro průmyslové budovy. V současné době jsou na trhu nabízeny kovové fasády, které působí velice esteticky a lze je využít pro vnější pláště budov občanské vybavenosti i bytových a rodinných domů. Opláštění na bázi kovu jsou s výhodou využívána u výškových budov, kde je kladen důraz na maximální odlehčení stavby obvodovým pláštěm.

Kovové obklady jsou prováděny z trapézových a vlnitých plechů, nebo v podobě kazet a lamel. Z hlediska použitého materiálu je lze dělit na obklady z těžkých kovů (ocel, měď apod.) a obklady z lehkých kovů (hliník a jeho slitiny, dural, slitiny titanu apod.)

K výhodám použití kovových obkladových prvků patří jejich snadné tvarování, lehká opracovatelnost, dobré statické vlastnosti, rychlá montáž a dlouhá životnost. Zásadní nevýhodou je malá odolnost prvků proti korozi a s tím související vyšší náklady na údržbu. [32]



Ilustrace XXXII – Schéma PPF s opláštěním z kovu [33]

Opláštění dřevěnými prvky

Opláštění dřevěnými prvky je považováno za velice estetické řešení pro přirozenou kresbu a strukturu dřeva. Tradičně se tyto obklady využívají převážně u rodinných domů a to především z důvodu požadavků norem požární bezpečnosti na použití nehořlavých fasádních obkladů u budov vyšších než 12 m. [22] Na trhu se vyskytuje velké množství deskového řeziva nebo fošen, lze použít i materiály na bázi dřeva (překližky, lisované a lamelové dřevo, dřevotřískové a dřevovláknité desky, sendvičové desky apod.).

Z hlediska kvality je nejvýhodnější používat tvrdá dřeva (buk, ořech, dub), která jsou odolnější proti povětrnostním vlivům, lze však použít i dřeva polotvrdá (modřín) a měkká (jedle, borovice, smrk). Nejčastěji jsou používány obklady z borovicového, dubového a smrkového dřeva, a to především z důvodu jejich dostupnosti.

Mezi výhody obkladových prvků ze dřeva je řazena snadná zpracovatelnost a montáž, pružnost a houževnatost jednotlivých prvků, specifický vzhled a relativně nízké pořizovací náklady. Nevýhody představují změny objemu dřeva (sesychání, bobtnání v závislosti na vlhkosti), možnost napadení dřevokaznými houbami a hmyzem a vysoké náklady na údržbu. Z důvodu objemové a barevné stálosti a nižší náročnosti na údržbu jsou používány obklady z desek na bázi dřeva. [34]



Ilustrace XXXIII – Schéma PPF s opláštěním deskami na bázi dřeva [7]

Keramické prvky opláštění

Opláštění fasád z keramických prvků jsou tvořena tenkostěnnými deskami (lze vyrábět i jako velkoformátové), tloušťka těchto obkladů je cca 5-10 mm. Obklady z keramických prvků jsou velmi odolné proti povětrnostním vlivům, mají pozitivní vliv na akustické vlastnosti souvrství obvodového pláště. Další výhodou je jejich stálobarevnost a trvanlivost. Použitím tohoto typu obkladu lze dosáhnout moderního a architektonicky výrazného vzezření budovy. Nevýhodou oproti opláštění dřevěnými a kovovými prvky je vyšší hmotnost obkladu. [35] [36]



Ilustrace XXXIV – Schéma PPF s opláštěním z keramických bloků [37]

Kamenné prvky opláštění

Kamenné opláštění fasád lze provést obkladových desek z umělého, nebo přírodního kamene. Nejčastěji jsou používány obklady ze žuly. Výhodou umělého kamene je zásadním požadavkem na kamenný obklad je homogenita materiálu (přírodní kámen může skrývat vady a trhliny), odolnost proti mrazu a dostatečná pevnost.

Tloušťka obkladových desek z přírodního kamene obvykle činí cca 20 mm, desky z umělého kamene jsou vyráběny v tloušťce 10-15 mm, maximální rozměr desek závisí

na jejich hmotnosti a je nutno jej ověřit statickým výpočtem. [38]

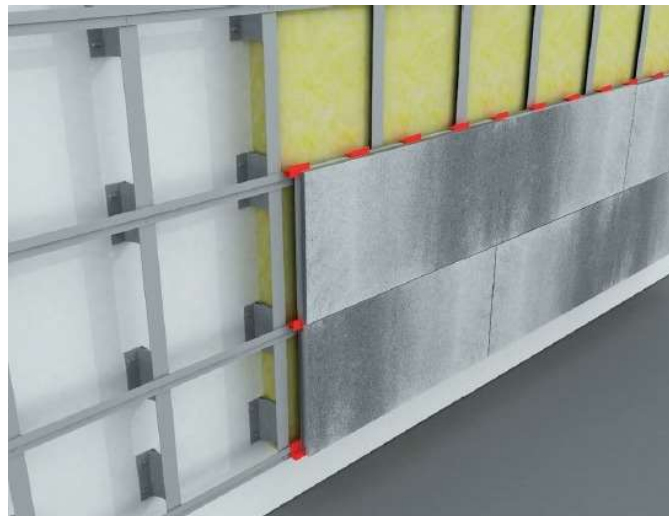


Ilustrace XXXV – Schéma PPF s obkladovými prvky z kamene [39]

Silikátové prvky opláštění

V současné době jsou často používány obklady z fasádních desek na bázi cementu ze speciálního barveného betonu. Betonová směs se probarvena pomocí anorganických pigmentů, což zajišťuje stálobarevnost obkladových desek.

Silikátové prvky opláštění lze dělit na velkorozměrové prvky z vibrovaného betonu, obkladové prvky na bázi cementu (cement + anorganická/organická vlákna) a sklosilikátové obkladové panely. [32]



Ilustrace XXXVI – Schéma PPF s opláštěním betonovými deskami [40]

Plastové prvky opláštění

Vzhledem k pokročilému vývoji výroby plastových materiálů ve stavebnictví lze v současnosti použít plasty i pro opláštění fasád. Fasádní prvky z plastu jsou navrhovány například v dezénu dřeva, nebo v různých barvách, nevyžadují speciální údržbu a vyznačují se dlouhou životností. Pro tyto účely jsou nejčastěji používány obklady z vytvrzeného polyvinylchloridu (PVC), polymethylmetakrylát (PMMA), vysokotlaké lamináty (HPL), lisované lamináty (CPL) a polyesterové lamináty zpevněné skelným vláknem (GUP). [32]



Ilustrace XXXVII – Schéma PPF s obkladovými prvky z plastu [41]

6.2 ČLENĚNÍ OBKLADOVÝCH SYSTÉMŮ DLE ETAG

Sestavy vnějších obkladů jsou členěny podle metod mechanického spojení obkladu s nosným roštem do osmi skupin:

- A Sestavy s obkladem mechanicky kotveným do vodorovného roštu bodově přes obklad pomocí šroubů, nýtů, vrutů apod.
- B Sestavy s obkladem mechanicky kotveným speciálními zadními kotvami s mechanickým zámkovým kotvením/spojením do speciálních profilů konstrukce roštu (požadavek minimálně 4 kotvy na jeden obkladový prvek)
- C Sestavy s obkladem mechanicky kotveným do roštu přes vodorovný rošt z kotevních lišt
- D Sestavy s obkladem s přesahem do boku mechanicky kotveným ve vzájemném svislém přesahu ve vodorovném zámku obkladů do nosníků vodorovného sekundárního roštu
- E Sestavy s maloformátovými prvky obkladu nebo obklady typu Plank mechanicky kotvenými k nosníkům svislého roštu bodově přes obklad, s překrytím těchto spojů v horní části obkladového prvku přesahem do obkladového prvku ležícího výše
- F Sestavy s obkladem mechanicky kotveným do roštu prostřednictvím vodorovných lišt nebo min. 4 ks klipsů na 1 prvek opláštění
- G Sestavy s mechanicky kotveným obkladem do prvků roštu prostřednictvím tvarovaných závěsů v obkladových prvcích
- H Sestavy s obkladem mechanicky kotveným do vodorovného roštu prostřednictvím speciálních závěsů/krytek maloformátových obkladů, nebo obkladů typu Plank

V případě výše uvedeného členění jde o příklady řešení nevylučující jiná uspořádání. Zásadní podmínkou je ověření všech použitých komponentů dle příslušných evropských norem, nebo vydání vlastního evropského technického posouzení ETA pro dané prvky. [5]

Příklady způsobu uchycení fasádních obkladů jsou k nahlédnutí na ilustracích pod textem.



Ilustrace XXXIX – Uchycení obkladu nýtováním [42]



Ilustrace XXXVIII – Uchycení obkladu lepením [42]



Ilustrace XLI – Uchycení obkladu clipsy [42]



Ilustrace XL – Uchycení obkladu – skryté kotvení [42]



Ilustrace XLII – Uchycení obkladu - Lamela [42]

PRAKTICKÁ ČÁST

7 SROVNÁVACÍ STUDIE VYBRANÝCH PPF

Obsahem této srovnávací studie je stručný souhrn informací o konkrétních nosných roštech a povrchových úpravách předvěšených provětrávaných fasád. V závěru je provedeno vzájemné porovnání vybraných variant PPF a ETICS především z hlediska ceny.

7.1 NOSNÉ ROŠTY

7.1.1 DŘEVĚNÝ ROŠT

- Použití pro obklady do výšky 9 m-obvykle jsou používány pro rodinné domy
- Kombinovatelné s různými druhy obkladů – nejčastěji jsou používány jako podkladní konstrukce pro s dřevěnými palubkami
- Z konstrukčního jsou dřevěné rošty nejčastěji prováděny jako obousměrné v několika vrstvách
- Orientační cena dřevěného roštu 120 Kč/m² bez DPH

7.1.2 KOMBINOVANÝ ROŠT

- Kombinace kovových konzol a dřevěných profilů
- Použití pro obklady do výšky cca 9 m bez omezení, u vyšších objektů dle individuálního posouzení
- Kombinovatelné s různými druhy obkladů – obvykle jsou používány jako podkladní konstrukce pro s dřevěnými palubkami, dřevovláknitými a vláknocementovými deskami

- Z konstrukčního jsou kombinované rošty nejčastěji prováděny jako jednosměrné svislé (v závislosti na orientaci obkladu)
- Orientační cena kombinovaného roštu 420 Kč/m² bez DPH [43]

7.1.3 OCELOVÝ ROŠT – DEKMETAL

- Kovové konzoly tvaru L nebo A
- Profily tvaru J, Z a Omega
- Materiál – ocel Z275, povrchová úprava žárovým zinkováním
- Třída reakce na oheň A1
- Lze kombinovat s různými obkladovými materiály – kovovými kazetami a lamelami, trapézovým plechem (jsou součástí systému Dekmetal), ale i s deskovými obklady – např. Cembrit, Cetris, Fundermax apod., dále s dřevěnými obklady a kamennými obklady s maximální plošnou hmotností celé sklady do 100 kg/m²
- Kotvení obkladu k podkladní konstrukci může být zajištěno šrouby, nýty, nebo lepením (kamenné obklady)
- Z konstrukčního hlediska jsou ocelové rošty Dekmetal prováděny jako jednosměrné vodorovné, jednosměrné svislé a obousměrné
- Orientační cena ocelového jednosměrného vodorovného roštu 140-250 Kč/m², jednosměrného svislého roštu 120-200 Kč/m² a obousměrného roštu 250-400 Kč/m² bez DPH [44]

7.1.4 OCELOVÝ ROŠT – ETANCO

- Konzoly tvaru L
- Profily tvaru L

- Materiál – ocel S275 v provedení nerez
- Třída reakce na oheň A1
- Možnost použití pro všechny druhy obkladových materiálů
- Z konstrukčního hlediska jsou oceleové rošty Etanco prováděny jako jednosměrné vodorovné a svislé
- Orientační cena hliníkového roštu 220-320 Kč/m² [10]

7.1.5 OCELOVÝ ROŠT – SPIDI

- Kovové konzoly tvaru L-systém přitlačeného pera (jednotlivé konzoly a profily lze spojit prozatímně (předinstalovat))
- Profily tvaru L
- Materiál – ocel S250 nerezová/ s maximální protikorozní úpravou
- Třída reakce na oheň A1
- Lze kombinovat se všemi druhy obkladových materiálů
- Kotvení obkladu k podkladní konstrukci zajištěno šrouby, nýty, nebo lepením, může být skryté/viditelné
- Možnost provedení opláštění fasády ve vzdálenosti až 900 mm od nosné konstrukce
- Z konstrukčního hlediska jsou ocelové rošty Spidi prováděny jako jednosměrné vodorovné, jednosměrné svislé a obousměrné
- Orientační cena ocelového jednosměrného roštu 250-300 Kč/m² a obousměrného roštu 300-450 Kč/m² bez DPH [45]

7.1.6 HLINÍKOVÝ ROŠT – ETANCO

- Hliníkové konzoly tvaru L, podkládané termoizolačními podložkami z polypropylenu tl. 6 mm
- Profily tvaru L, T a omega
- Materiál – hliník 6060 T5
- Vhodné pro různé typy fasádních obkladů, upevnění nýty, šrouby a lepením
- Hliníkový rošt Etanco lze provést jako jednosměrný vodorovný, jednosměrný svislý a obousměrný
- Orientační cena hliníkového jednosměrného vodorovného roštu 650 Kč/m², jednosměrného svislého roštu 430-610 Kč/m² a obousměrného roštu 890-950 Kč/m² [10]

7.1.7 HLINÍKOVÝ ROŠT – SPIDI

- Hliníkové konzoly tvaru L - systém přitlačeného pera (jednotlivé konzoly a profily lze spojit prozatímně (předinstalovat)), podkládané termoizolačními podložkami
- Profily tvaru L a T
- Materiál – hliník
- Třída reakce na oheň A1
- Možnost použití pro všechny druhy obkladových materiálů
- Kotvení obkladu k podkladní konstrukci zajištěno šrouby, nýty, nebo lepením, skryté/viditelné

- Možnost provedení opláštění fasády ve vzdálenosti až 900 mm od nosné konstrukce
- Z konstrukčního hlediska jsou hliníkové rošty Spidi prováděny jako jednosměrné vodorovné a svislé
- Orientační cena hliníkového roštu Spidi 300-350 Kč/m² [45]

7.1.8 SOUHRNNÁ TABULKA

Tabulka 2 – Souhrnná tabulka vybraných typů nosných roštů PPF


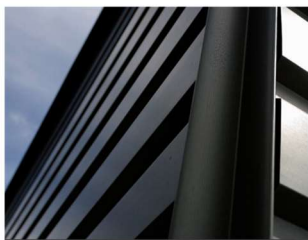




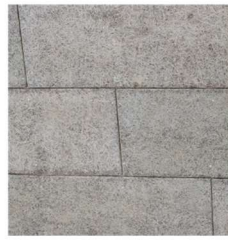



MATERIÁL	ORIENTAČNÍ CENA (bez DPH)	OMEZENÍ POUŽITÍ
Dřevěný rošt	120 Kč/m ²	do 9 m výšky objektu
Kombinovaný rošt	420 Kč/m ²	do 22,5 m výšky objektu
Ocelový rošt (<i>DEKMETAL</i>)	120-400 Kč/m ²	-
Ocelový rošt (<i>ETANCO</i>)	220-320 Kč/m ²	-
Ocelový rošt (<i>SPIDI</i>)	270-450 Kč/m ²	-
Hliníkový rošt (<i>SPIDI</i>)	300 - 350 Kč/m ²	-
Hliníkový rošt (<i>ETANCO</i>)	650-950 Kč/m ²	-

Nejlevnější variantou řešení jsou dřevěné a kombinované rošty, jejichž provedení je omezeno požárními předpisy a pracností. Ocelové a hliníkové rošty jsou cenově srovnatelné (v závislosti na dodavateli). Konzoly hliníkových roštů jsou zpravidla podkládány termoizolačními podložkami, u ocelových roštů jsou tyto prvky vynechávány.

7.2 OBKLADOVÉ MATERIÁLY

V tabulce č.3 jsou uvedeny vybrané příklady fasádních obkladů a jejich orientační cena za 1 m² bez DPH.

Tabulka 3 - Obkladové materiály [44][46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54]

	MATERIÁL	VÝROBEK, DODAVATEL	UKÁZKA	ORIENTAČNÍ CENA (bez DPH)
KOVOVÉ OBKLADY	Ocel, Titanzinek	Fasádní kazety a lamely <i>DEKMETAL</i>	 	650-1100 Kč/m ²
	Ocel, Titanzinek	Trapézový plech <i>DEKMETAL</i>	 	250-450 Kč/m ²
	Hliník	Hliníkové palubky <i>ALUDŘEVO</i>	 	1000-1500 Kč/m ²
OBKLADY ZE ŘEVA A NA BÁZI DŘEVA	Modřín, smrk, borovice, cedr	Dřevěné palubky <i>PECHAR</i>	 	550-1200 Kč/m ²
	Dřevěné třísky, cement	Dřevovláknité desky <i>HERAKLITH</i>	 	200-250 Kč/m ²
	Dřevěné třísky, portlandský cement	Cementotřískové desky <i>CETRIS</i>	 	970-1900 Kč/m ²

PLASTOVÉ OBKLADY	Vysokotlaký laminát HPL	HPL desky <i>FUNDERMAX</i>		800-3000 Kč/m ²
SILIKÁTOVÉ OBKLADY	Vláknocement	Vláknocementové desky <i>EQUITONE</i>		950-2400 Kč/m ²
	Vláknocement	Vláknocementové desky <i>CEMBRIT</i>		1000-1400 Kč/m ²
KERAMICKÉ OBKLADY	Keramika	Tažené keramické desky a lamely <i>CERAMOBJEKT</i>		od 1100 Kč/m ²
KAMENNÉ OBKLADY	Přírodní a umělý kámen	Kamenné desky ze žuly nebo pískovce <i>TRIANGEL</i>		od 2100 Kč/m ²

Z výše uvedené tabulky je patrné, že mezi cenově nejméně náročné druhy obkladů patří dřevěné palubky a dřevovláknité desky. Nejdražší jsou obklady z kamene a keramického střepe.

7.3 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH VARIANT ETICS A PPF

V tabulce č.4 jsou uvedeny vybrané varianty kontaktních zateplovacích systémů a provětrávaných zateplovacích systémů, jejich přibližná životnost a orientační cena za 1 m².

Tabulka 4 – Porovnání vybraných variant řešení fasádních systémů [55] [56] [57] [58] [59] [60]

	FASÁDNÍ SYSTÉM		ŽIVOTNOST	MOŽNOST DESIGNOVÉ ÚPRAVY POVRCHŮ	ORIENTAČNÍ CENA (bez DPH)
ETICS	Kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací z EPS		10-15 let	Ne	700-850 Kč/m ²
	Kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací z EPS		10-15 let	Ne	900-1100 Kč/m ²
PPF	Provětrávaný zateplovací fasádní systém s kombinovaným nosným roštem a obkladem z dřevěných palubek		min. 25 let	Částečně	1500-2200 Kč/m ²
	Provětrávaný zateplovací fasádní systém s ocelovým nosným roštem a obkladem z kovových lamel		50 let	Ano	2000-3400 Kč/m ²
	Provětrávaný zateplovací fasádní systém s hliníkovým nosným roštem a obkladem z keramických desek		50 let	Ano	3100-4000 Kč/m ²

Cena provětrávané fasády může být i 4x vyšší, než fasáda s kontaktním zateplením, životnost PPF (v závislosti na zvoleném fasádním obkladu a údržbě). Výrazným rozdílem je možnost zajímavého architektonického ztvárnění objektu – v tomto směru jednoznačně převažují provětrávané fasádní systémy.

8 KLADY A ZÁPORY PPF V ŠIRŠÍCH SOUVISLOSTECH

Mezi hlavní výhody použití předvěšených provětrávaných zateplovacích fasádních systémů patří:

- Spolehlivá tepelná ochrana v zimě i v létě (ochrana proti přehřívání budovy)
- Ochrana před kondenzací vodních par v konstrukci
- Dlouhodobá odolnost vůči povětrnostním vlivům, čistota fasády (na obkladových materiálech se nečistoty zachytávají méně, než na škrábaných omítkách), životnost i 50 let a více
- Zlepšení akustických vlastností fasády
- Suchý montážní proces – lze provádět i v zimních obdobích
- Odolnost proti ohni (u fasád s nehořlavými rošty a fasádními obklady)
- Široká škála fasádních obkladů – možnost ztvárnění i velmi náročných architektonických návrhů
- Možnost opravy lokálního poškození – lze vyměnit pouze konkrétní část obkladu fasády
- Možnost výměny obkladu – změny výrazu fasády v závislosti např. na změně využití objektu
- Možnost vyrovnání i větších nerovností podkladní konstrukce spodní nosnou konstrukcí (roštem) [5] [6]

Za nevýhody použití lze považovat tyto faktory:

- Vyšší náročnost při návrhu a provedení konstrukce
- Výrazný vliv tepelných mostů vlivem kotvení nosného roštu
- Riziko vniknutí škůdců do větrané mezery při absenci či nevhodném návrhu větracích mřížek
- Větší tloušťka souvrství oproti ETICS
- Vyšší pořizovací cena než u zateplovacích systémů ETICS [6]

Při uvážení všech kladů a záporů může být použití PPF (i přes vyšší vstupní investici) ve výsledku výhodnějším řešením fasády.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit stručný přehled vlastností a způsobů řešení předvěšených provětrávaných fasádních systémů. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části práce byl proveden rozbor těchto fasádních systémů a obecný popis vlastností jednotlivých vrstev a výčet požadavků na jednotlivé vrstvy v souvrství. V praktické části byla provedena porovnávací studie různých materiálů a dodavatelů nosných roštů a obkladových prvků. V rámci porovnávací studie byly uvedeny konkrétní varianty řešení předvěšených fasádních systémů a jejich orientační cena a následně bylo provedeno porovnání s dnes běžně používanými kontaktními zateplovacími systémy.

Předvěšené provětrávané fasádní systémy jsou nepochybně vhodným řešením obálky budov. Jejich výhodou je ochrana proti přehřívání v letních obdobích – tento druh fasády výrazně přispívá k tepelné pohodě v interiéru. Použití provětrávaných fasád je efektivní především u budov s vyšším vlhkostním režimem. Nejvýraznější nevýhodou je pořizovací cena, která může být i 4x vyšší oproti tradičním systémům ETICS. Pro zajištění funkčnosti provětrávané fasády je nutné dbát na návrh vhodných parametrů jednotlivých vrstev (tloušťka tepelné izolace a větrané vzduchové mezery).

Problematika provětrávaných fasád je při současných požadavcích na obálku budov dle mého názoru velice aktuální. Přínosem této diplomové práce může být její použití jako studijní materiál pro seznámení studentů s předvěšenými provětrávanými fasádními systémy, příp. její použití jako výchozí materiál pro detailnější řešení jednotlivých vrstev, nebo celého souvrství.

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- [1] Provětrávané fasády – chyby při realizaci. *Časopis KONSTRUKCE - informace o uplatnění konstrukcí a návazných oborů při stavbách ve stavebnictví a strojírenství* [online]. Copyright © Copyright 2002 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/provetravane-fasady-chyby-pri-realizaci/>
- [2] Provětrávané fasády z pohledu tepelné izolace. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2018 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/provetravane-fasady-z-pohledu-tepelne-izolace>
- [3] Vlastnosti provětrávaných fasád | EARCH.. [online]. Copyright © Roland Halbe [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/vlastnosti-provetravanych-fasad>
- [4] Produkty » Konstrukce na lícové zdivo | ETANCO CZ s.r.o.. *ETANCO CZ s.r.o.* [online]. Copyright © 2014 ETANCO CZ s.r.o., Všechna práva vyhrazena. [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://etanco.cz/produkty/82-Konstrukce-na-licove-zdivo.html>
- [5] Fasádní systémy III- Předvěšené provětrávané fasády | iMaterialy. *Portál pro odborníky ve stavebnictví – projektanty, stavaře z praxe, architektky i řemeslníky / iMaterialy* [online]. Copyright © [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/fasadni-systemy-iii-predvesene-provetravane-fasady_101371.html
- [6] Ing. Erik Šagát *Větrání obvodových pláštů budov*. Brno, 2016. 130 s., 2 s. příl. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce doc. Ing. Libor Mat_jka, CSc., Ph.D., MBA
- [7] Provětrávaná fasáda Standard. *Knauf Insulation* [online]. Copyright © 2018 Knauf Insulation. All rights reserved. [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://www.knaufinsulation.cz/%C5%99e%C5%A1en%C3%AD/prov%C4%9Btr%C3%A1vana-fas%C3%A1da/prov%C4%9Btr%C3%A1van%C3%A1-fas%C3%A1da-standard>
- [8] FERMACELL [online]. *FERMACELL Powepanel H₂O. Kontrukční detaily fasád s priznanými spárami* © 2009 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://www.fermacell.cz/deska-s-priznanymi-sparami.php>
- [9] *Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům* [online]. Copyright © DEnA [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: https://www.dek.cz/get_dokument.php?id=1967820944
- [10] ETANCO CZ s.r.o. [online]. *Odvětrávané fasády. Katalog* © 2005 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://etanco.cz/ke-stazeni/Katalogy.html>
- [11] Jakou difúzní fólii použít do provětrávané fasády?. *Knauf Insulation* [online]. Copyright © 2018 Knauf Insulation. All rights reserved. [cit. 27.12.2018]. 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%A1-fas%C3%A1dy>

- [12] Produkty » Kombinovaná konstrukce | ETANCO CZ s.r.o.. *ETANCO CZ s.r.o.* [online]. Copyright © 2014 ETANCO CZ s.r.o. , Všechna práva vyhrazena. [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://etanco.cz/produkty/76-Kombinovana-konstrukce.html>
- [13] Nosný rošt | Dekmetal. *Home / Dekmetal* [online]. Copyright © 2018 DEKMETAL [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://dekmetal.cz/fasadni-systemy/nosny-rost>
- [14] DEKMETAL [online]. *Fasádní systém DEKMETAL. Montážní návod* © 2011 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://dekmetal.cz/fasadni-systemy/dekcassette/ideal>
- [15] DEKMETAL [online]. *Střešní a fasádní konstrukce z plechu. Nosný rošt* © 2013 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <https://dekmetal.cz/technicke-informace/technicke-listy>
- [16] Produkty » Hliníková konstrukce | ETANCO CZ s.r.o.. *ETANCO CZ s.r.o.* [online]. Copyright © 2014 ETANCO CZ s.r.o. , Všechna práva vyhrazena. [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://etanco.cz/produkty/66-Hlinikova-konstrukce.html>
- [17] ALFUN - hliník. *ALFUN - Home* [online]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/hlinik>
- [18] ETANCO CZ s.r.o. [online]. *Montážní návod. Facalu LR 110* © 2011 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://etanco.cz/produkty/67-FACALU-110.html>
- [19] HAFIX [online]. *Hafix. Manuál pro návrh a provádění fasádního systému HAFIX* © 2011 [cit. 27.12.2018]. Dostupné z: <http://www.hafix.cz/ke-stazeni.html>
- [20] Odvětrané fasády Hafix - Nosné kotevní prvky Hafix - hliníkový montážní systém. *Odvětrané fasády Hafix - hafix.cz - hliníkový montážní systém* [online]. Copyright © 2018, WT WINTECH a.s. [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://www.hafix.cz/produkty/nosne-kotevni-prvky-hafix>
- [21] SPIDI | ISODOM stavební, s.r.o. . *ISODOM stavební, s.r.o.* [online]. Copyright © 1996 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://www.isodom.cz/produkt.php?id=2>
- [22] KNAUF INSULATION, spol s.r.o., Tipy a rady pro větrané fasády. In: TZB info [online]. 30.11.2015 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/13508-tipy-a-rady-pro-vetrane-fasady>
- [23] Tepelná vodivost - Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost
- [24] Ing. arch. Petr Hejtmánek, Ing. Hana Najmanová, Ing. Marek Pokorný, Ph.D., Vybrané požárně technické charakteristiky. In: TZB info [online]. 25.1.2016 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13649-vybrane-pozarne-technicke-charakteristiky-stavebnich-vyrobkua-hmot>
- [25] Komínový efekt - Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kom%C3%ADnov%C3%BD_efekt
- [26] Zbyněk Svoboda, Tepelné efekty bodových kotev zavěšených fasádních obkladů. In: TZB info [online]. 24.3.2008 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/4737-tepelne-efekty-bodovych-kotev-zavesenych-fasadnich-obkladu>

- [27] Thermostop - Plus®. *Thermostop - Plus®* [online]. Dostupné z: <http://thermostop-plus.cz/>
- [28] www.ecowpc.eu - TERMOSTOP PODLOŽKA POD UHOLNÍK 150x44x6 Modrá, pre hliník. *Document Moved* [online]. Dostupné z: <https://www.ecowpc.eu/cs/eshop-list/thermostop-podlozka-pt-611014-p>
- [29] www.ecowpc.eu - ESHOP. *Document Moved* [online]. Dostupné z: https://www.ecowpc.eu/cs/eshop-list?filter_catid=46
- [30] *Vyjádření společnosti Dekmetal spol. s.r.o., Věc: Vliv používání termoizolačních podložek.* DEKMETAL
- [31] Isover FASSIL NT. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2018 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-fassil-nt>
- [32] FUČILA, J.; SZOMOLÁNIYOVÁ, K., *Montované prvky*. Bratislava: Jaga, 2005. ISBN 80-8076-015-2.
- [33] POHL Europanel - die elegante Fassade | POHL Group - Facade Division . *POHL Metallfassaden* [online]. Dostupné z: <https://www.pohl-facades.com/en/facade-systems/ventilated-curtain-walls/europanelr>
- [34] Vnější obklady stěn | ASB Portal. *ASB-portal.cz | odborný portál | architektura, stavebnictví, byznys* [online]. Copyright © JAGA GROUP, s. r. o. Všechna práva vyhrazena [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/fasada/vnejsi-obklady-sten>
- [35] KeraTwin : Technické informace : Keramické provětrávané fasádní systémy : Ceram objekt s.r.o. *Ceram objekt s.r.o* [online]. Copyright © Ceramobjekt.cz [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://www.ceramobjekt.cz/index.php?id=keramicke-fasady&id2=technicke-informace&id3=keratwin>
- [36] Zavěšené fasády. Ideální volba nejen pro architektky | Soliter K+K s.r.o.. *Kuchyňské a kamenné desky od Soliter K+K s.r.o.* [online]. Copyright © 2018, Soliter K [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://www.soliter-kk.cz/zavesene-fasady-idealni-volba-nejen-pro-architekty>
- [37] Precio en España de m² de Sistema de fachada ventilada "CERÁMICA MAYOR - TEMPPIO", de placa cerámica extruida, para revestimiento exterior de fachada existente. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.. *Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.* [online]. Copyright © CYPE Ingenieros, S.A. [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: http://www.generadordeprecios.info/rehabilitacion/Rehabilitacion_energetica/ZV_Cerramientos_verticales_facha/ZVE_Sistemas_de_fachadas_ventilada/ZVE020_Sistema_de_fachada_ventilada_CERAM.html
- [38] Materiál obkladu | Zavěšené fasády. *Zavěšené fasády* [online]. Copyright © 2010 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <http://www.zavesene-fasady.cz/material-obkladu/>
- [39] Strata Stone Cladding Systems | Taylor Maxwell. *Architectural Facades, Bricks and Timber | Taylor Maxwell* [online]. Copyright ©2018 Taylor Maxwell. [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://www.taylormaxwell.co.uk/facade-systems/strata-stone-cladding-systems>

- [40] PRESBETON Nova, s.r.o., Montáž obkladových fasádních desek PRESBETON. In: TZB info [online]. 1.7.2016 [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/deskove-materialy-ostatni/14411-montaz-obkladovych-fasadnich-desek-presbeton>
- [41] www.slavonia.com / Facade systems / HPL. Slavonia Baubedarf GmbH [online]. Dostupné z: <https://www.slavonia.com/en/facade-systems/high-pressure-laminates/>
- [42] Provětrávané fasády » ATENA spol s r.o.. Atena » ATENA spol s r.o. [online]. Copyright © All Rights Reserved 2017 ATENA spol s r.o. [cit. 28.12.2018]. Dostupné z: <https://atenasro.cz/provetravane-fasady/>
- [43] LIKOS [online]. *Technické detaily pro odvětrávané fasády při použití chytré izolace. Katalog* © 2019 [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://www.liko-haly.cz/cs/ke-stazeni>
- [44] DEKMETAL [online]. *Fasádní systémy. Katalog 2017* © 2017 [cit. 29.12.2018]. Dostupné z: <https://dekmetal.cz/dokumenty-ke-stazeni>
- [45] SPIDI [online]. *Profesionální systém pro odvětrávané fasády a zavěšené stropy. Katalog* © 2016 [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://www.isodom.cz/produkt.php?id=2>
- [46] Zavěšené obklady - fasádní desky .DOMbau - fasádní systém s.r.o. [online]. Copyright ©. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.dombau.cz/prodej-fasadnich-materialu/zavesene-obklady>
- [47] Funkční a krásné napořád - hliníkové alubky | AluDřevo.cz. *Funkční a krásné napořád - hliníkové alubky* | AluDřevo.cz [online]. Copyright ©2017 [cit. 30.12.2018]. Dostupné z: <http://www.aludrevo.cz/>
- [48] Dřevěné fasády | Pechar s.r.o.. *Dřevěné terasy, podlahy, fasády* | Pechar s.r.o. [online]. Copyright © 2018, Pechar s.r.o. [cit. 30.12.2018]. Dostupné z: <https://www.pechar.cz/produkty/drevene-fasady>
- [49] Třískocementová deska Heraklith - provětrávané fasády. *Centrum chytrých fasád - provětrávané fasády, zavěšené fasády* [online]. Dostupné z: <http://www.chytrefasady.cz/drevene-fasady/heraklith/>
- [50] Fasáda z desek CETRIS Basic. - Cetrís .CETRIS - cementotřísková deska pro stavebnictví - Cetrís [online]. Dostupné z: <http://www.cetris.cz/reference/144-fasada-z-desek-cetris-basic-/>
- [51] Co na fasádu? Zkuste desky na bázi cementu | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby. *Dřevostavby - Portál | Dřevostavby, časopis o bydlení - DřevoStavby* [online]. Copyright © 2018 [cit. 30.12.2018]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/fasady/3697-co-na-fasadu-zkuste-desky-na-bazi-cementu>
- [52] Zavěšené obklady - fasádní desky .DOMbau - fasádní systém s.r.o. [online]. Copyright ©. [cit. 30.12.2018]. Dostupné z: <https://www.dombau.cz/prodej-fasadnich-materialu/zavesene-obklady>
- [53] TRIANGEL s.r.o. - Fasády - Obklady - Dlažby ::: Kamenné fasády. TRIANGEL s.r.o. - *Fasády - Obklady - Dlažby* [online]. Copyright © 2018 Triangel spol. [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://www.triangel.cz/kamenne-fasady>

- [54] Zavěšené obklady - fasádní desky .*DOMbau - fasádní systém s.r.o.* [online]. Copyright ©. [cit. 30.12.2018]. Dostupné z: <https://www.dombau.cz/prodej-fasadnich-materialu/zavesene-obklady>
- [55] Ceník zateplení fasády bytových a panelových domů polystyrenem i vatou - Pekstav. *Zateplujeme bytové domy a stavíme rodinné - Pekstav* [online]. Dostupné z: <https://www.pekstav.cz/cenik-zatepleni/>
- [56] Casopis Stavebnictví. *Časopis stavebnictví | Expodata Brno* [online]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/tisk.php?ID=3411>
- [57] Stavební firma JE-Art s. r. o. | Nejnovější realizace. *Stavební firma JE-Art s. r. o.* [online]. Copyright © 2017 JE [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <https://www.je-art.cz/realizace-rok-2016>
- [58] Fotogalerie. *Aparthotel Svatý Vavřinec* [online]. Copyright © 2019 Kubík Sněžka s.r.o. [cit. 04.01.2019]. Dostupné z: <https://www.svatyvavrinec.cz/fotogalerie>
- [59] References | Dekmetal. *Home | Dekmetal* [online]. Copyright © 2019 DEKMETAL [cit. 04.01.2019]. Dostupné z: <https://dekmetal.cz/reference>
- [60] ArGeTon® - zavěšená keramická větraná fasáda | Stavebnictvi3000.cz. *Nejvíce informací o stavebnictví v ČR | Stavebnictvi3000.cz* [online]. Copyright © 2014 [cit. 02.01.2019]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/argeton-zavesena-keramicka-vetrana-fasada/>