

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jelínek** Jméno: **Radim** Osobní číslo: **468458**  
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**  
Studijní program: **Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Ekonomické posouzení zateplovacího systému ETICS, technologie provádění a vliv na životní prostředí.**

Název bakalářské práce anglicky:

**Economic assessment of the ETIC system, technology of implementation and enviromental impact.**

Pokyny pro vypracování:

Druhy zateplovacích systémů  
Technologie provádění  
Ocenění variant  
Posouzení vlivu na životní prostředí

Seznam doporučené literatury:

Renáta Schneiderová Heralová, Stanislav Vitásek, Lucie Brožová, Iveta Střelcová, Oceňování staveb, České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-06748-2  
Ladislav Linhart, Zateplování budov, Grada Publishing a.s., U průhonu 22, Praha 7, ISBN 978-80-247-3361-6  
HAZUČHA, Jursaj, Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4551-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Lucie Brožová, Ph.D. katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **01.03.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **15.05.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

Ing. Lucie Brožová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů pod vedením vedoucího práce.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne .....

.....

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Lucii Brožové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za její rady, podporu, připomínky a pozitivní přístup při zpracování práce.

EKONOMICKÉ POSOUZENÍ ZATEPLOVACÍHO  
SYSTÉMU ETICS, TECHNOLOGIE PROVÁDĚNÍ A VLIV  
NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE ETIC SYSTEM,  
TECHNOLOGY OF IMPLEMENTATION AND  
ENVIROMENTAL INPACT

## Anotace

Tato práce se zabývá porovnáním jednotlivých tepelně izolačních materiálů pro kontaktní zateplení obvodových stěn na Českém trhu. V teoretické části jsou vybrány nejčastěji používané izolační materiály, popsány jejich technické vlastnosti a hodnoty vybraných výrobků. Praktická část je zaměřena na pět konkrétně vybraných izolačních materiálů, u kterých jsou porovnávány veškeré technické hodnoty, vliv na životní prostředí a návratnost investice do zateplení při použití daného materiálu.

## Klíčová slova:

ETICS, tepelná izolace, minerální vata, EPS, fenolická pěna, životní prostředí, emise

## Annotattion

This work deals with the comparison of individual thermal insulation materials for contact insulation of circuit walls in the Czech market. In the theoretical section, the most commonly used insulation materials are selected, their technical characteristics and the values of the selected products are described. The practical part is focused on five specifically selected insulation materials for which all technical values, environmental impact and return on investment in insulation when using the material are compared.

## Key words:

thermal insulation, mineral wool, EPS, phenolic foam, environment, emissions

## Obsah

<b>1.</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
1.1.	CÍLE PRÁCE:.....	8
<b>2.</b>	<b>VLASTNOSTI TEPELNÝCH IZOLANTŮ .....</b>	<b>9</b>
2.1.	TEPELNĚ IZOLAČNÍ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ.....	9
2.2.	KLASIFIKACE TŘÍD REAKCE NA OHEŇ.....	9
2.3.	TOXICITA JEDNOTLIVÝCH IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ PŘI POŽÁRU .....	10
2.4.	SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI $\lambda$ .....	11
2.5.	PROPUSTNOST VODNÍCH PAR „M“ .....	11
2.6.	CENY VYBRANÝCH IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ .....	12
<b>3.</b>	<b>POPIS JEDNOTLIVÝCH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>13</b>
3.1.	ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY ETICS.....	13
3.2.	ZÁKLADNÍ ROZDÍLY V TECHNICKÝCH HODNOTÁCH TEPELNÝCH IZOLANTŮ:.....	13
<b>4.</b>	<b>VÝHODY A NEVÝHODY JEDNOTLIVÝCH IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ 15</b>	
4.1.	PĚNOVÝ POLYSTYREN .....	15
4.2.	MINERÁLNÍ IZOLACE .....	15
4.3.	PĚNOVÉ SKLO .....	16
4.4.	FENOLICKÁ PĚNA .....	17
<b>5.</b>	<b>VÝBĚR IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ PRO POROVNÁNÍ.....</b>	<b>18</b>
5.1.	ISOVER EPS 100F.....	18
5.2.	ISOVER TF PROFI.....	18
5.3.	KINGSPAN KOOLTHERM K5 .....	19
5.4.	ISOVER EPS GREYWALL PLUS.....	20
5.5.	ISOVER TWINNER .....	20
<b>6.</b>	<b>VLIV VÝROBY IZOLACNÍCH MATERIÁLŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ..</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>LIKVIDACE IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>28</b>
<b>8.</b>	<b>PROVÁDĚNÍ FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ KONTAKTNÍM ZPŮSOBEM.....</b>	<b>29</b>
8.1.	IZOLAČNÍ DESKY ISOVER – POSTUP MONTÁŽE .....	29
8.2.	KINGSPAN KOOLTHERM K5 – POSTUP MONTÁŽE .....	30
8.3.	POSTUP ZATEPLENÍ FASÁDY POLYSTYRENEM SYSTÉMU ETICS.....	31
8.4.	DOPORUČENÉ HODNOTY SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA PRO PASIVNÍ DOMY .....	35
<b>9.</b>	<b>KALKULACE NÁKLADŮ NA ZATEPLENÍ.....</b>	<b>42</b>
9.1.	KALKULACE NÁKLADŮ NA MATERIÁL, NA 1 M <sup>2</sup> IZOLACE .....	42

10.	NÁVRATNOST INVESTICE DO ZATEPLENÍ .....	45
11.	NÁVRATNOST INVESTICE DO ZATEPLENÍ VČETNĚ PRÁCE.....	49
12.	ÚSPORA VZNIKLÝCH EMISÍ PŘI VYTÁPĚNÍ.....	53
13.	ZÁVĚR .....	54
14.	SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ .....	58
15.	SEZNAM VZORCŮ .....	60
16.	LITERATURA .....	60
17.	ZDROJE .....	60
18.	SEZNAM NOREM A NAŘÍZENÍ.....	63
19.	SEZNAM PŘÍLOH.....	64



# 1. ÚVOD

Práce se zabývá popisem a porovnáním jednotlivých zateplovacích systémů ETICS pro svislé konstrukce. Tato práce se dělí na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou vybrány vlastnosti tepelných izolantů, které jsou popsány a uvedeny jejich hodnoty u několika tepelně izolačních materiálů podle materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Dále jsou zde uvedeny jednotlivé varianty zateplovacích systémů, jejich výhody, nevýhody a charakteristické hodnoty, které udává výrobce v technických listech daného produktu. Praktická část je zaměřena na porovnání pěti vybraných tepelně izolačních produktů na Českém trhu, které se nejčastěji používají pro zateplení obvodových stěn systémem ETICS. U těchto produktů jsou popsány jejich technické vlastnosti, skutečný dopad na úsporu energie při zateplení a porovnání návratnosti investice. Dále bude proveden odhad vzniklých emisí při výrobě zateplovacích systémů a dopad na životní prostředí. Způsob likvidace odpadů z tepelně izolačních materiálů vzniklých při rekonstrukci nebo demolice objektu. Postup montáže kontaktního zateplovacího systému a stanovení celkových nákladů na zateplení 1m<sup>2</sup> obvodové stěny. Výsledkem bude stanovení nejlepší možné varianty investice do zateplení budovy pro nejefektivnější využití peněz a zároveň tak ochránit životní prostředí před vznikem emisí při vytápění nebo výrobě jednotlivých zateplovacích systémů.

## 1.1. Cíle práce:

- Najít nejlepší možnou variantu zateplení z ekonomického hlediska a vlivu na životní prostředí
- Poukázat na environmentální vliv tepelných izolací
- Poukázat na ekonomickou část, týkající se investice a její návratnosti na různé varianty zateplení.
- Popsat technologii provádění ETICS systému

## 2. VLASTNOSTI TEPELNÝCH IZOLANTŮ

Při výběru izolačního materiálu musíme vědět, co od příslušného výrobku očekáváme a co je potřeba pro jeho použití. Nejdůležitější hodnoty, kterými bychom se měly řídit jsou: Tepelný odpor  $R_a$  (schopnost bránit prostupu tepla,  $m^2K/W$ ). Hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  ( $W/mK$ ), Objemová hmotnost, pevnost, toxicita, třída reakce na oheň, propustnost vodních par  $\mu$  a cena. Všechny tyto charakteristické hodnoty budou uvedeny u několika vybraných materiálu pro pozdější porovnání.

### 2.1. Tepelně izolační Vlastnosti materiálů

Jako první a zároveň nejdůležitější vlastností tepelně izolačních materiálů je jejich součinitel tepelné vodivosti. V následující tabulce jsem vybral několik druhů tepelných izolací a jejich průměrné hodnoty udávané výrobcem. Hodnoty slouží pouze pro přiblížení o vlastnostech jednotlivých materiálů. Podrobnější popis bude uveden až u konkrétně vybraných materiálů pro pozdější porovnání.

Tab. 1: Přehled deklarovaných hodnot izolačních materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti	Difúzní odpor $\mu$	Objemová hmotnost
EPS polystyren	0,032 – 0,04	40 - 70	25 – 30
PUR pěna tvrdá	0,025 – 0,031	150 – 200	35 – 55
Minerální vlna	0,033 – 0,042	5 – 10	150 – 350
Skleněná plst	0,046 – 0,05	2,5	15 - 35

Zdroj: Hejtmánek, Najmanová, Pokorný, portál [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

### 2.2. Klasifikace tříd reakce na oheň

Rekce na oheň je ukazatel toho, jak jednotlivé výrobky z různých materiálů přispívají svou hořlavostí k rozvoji intenzity vznikajícího požáru. Dle evropských norem se materiály kategorizují do sedmi tříd s označením A až F seřazené vzestupně podle potenciálů hořlavosti. Ve třídě A jsou výrobky, které svými vlastnostmi nepřispívají k požáru, F jsou výrobky, které se výrazně podílejí na jeho rozvoji. Třídy reakce na oheň jsou používány jako nástroj pro přímé legislativní omezení určitých výrobků ve stavbě [4].

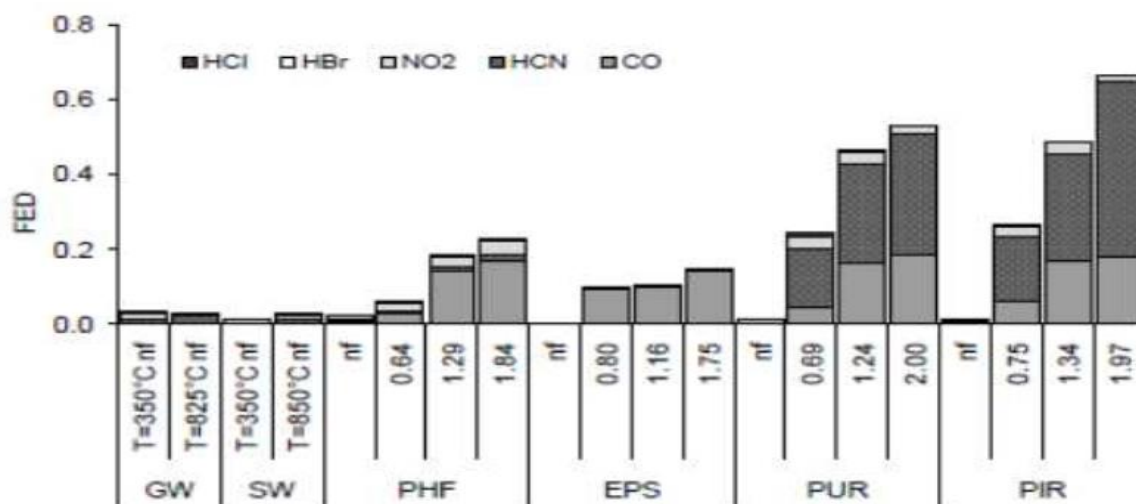
Tab. 2: Klasifikace tříd reakce na oheň

Třída reakce na oheň	Orientační příklad výrobku	
Nehořlavé výrobky	A1	výrobky z keramiky, skla, kovu, betonu, tepelně izolační deska z minerálních vláken
	A2	sádkartonová nebo sádrovláknitá deska
Hořlavé výrobky	B	kontaktní zateplovací systém s hořlavým tepelným izolantem (např. expandovaný polystyren), vinylové podlahy, cementotřískové desky
	C	tepelně izolační deska z fenolické pěny
	D	konstrukční dřevo, desky na bázi dřeva
	E	tepelně izolační deska z polyuretanu nebo expandovaného polystyrenu
	F	výrobky, u kterých třída nebyla stanovena

Zdroj: Hejtmánek, Najmanová, Pokorný, portál [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

### 2.3. Toxicita jednotlivých izolačních materiálů při požáru

Z hlediska toxicity jsou nejvíce nebezpečné polyisokyanurátové a polyuretanové tepelné izolace. Při hoření těchto materiálů dochází k produkci velkého množství toxických plynů. Mezi nejběžněji se vyskytující patří NO – oxid dusnatý, NO<sub>x</sub> – oxid dusíku, SO<sub>2</sub> – oxid siřičitý, HCN - kyanovodík, HCl - chlorovodík, HBr - bromovodík, HI – jodovodík. Jako referenční hodnota se zde uvádí FED (Frakční účinná dávka) a FEC (Frakční účinná koncentrace), která může nabývat maximální hodnoty 1,0. Na následujícím obrázku jsou znázorněny naměřené hodnoty jednotlivých materiálů při teplotách 350°C a 850°C jako funkce poměru ekvivalence pro podmínky plamenného hoření [5].



OBR. 1: FED HODNOTY VYBRANÝCH IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ (ZDROJ: (DVOŘÁK, HEJTMÁNEK, 2019, STR. 42)

## 2.4. Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$

$\lambda$  [W/(mK)], schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Deklarovaná hodnota je hodnota stanovená výrobcem podle příslušné výrobní normy při definovaných podmínkách. Pro jednotlivé tepelněizolační materiály se postupuje dle norem výrobku řady ČSN EN 13162 až ČSN EN 13171. Deklarované hodnoty pak tvoří podklad pro stanovení návrhových hodnot [6]. Výrobci izolačních materiálů nemají povinnost uvádět charakteristické hodnoty jednotlivých materiálů, ale lze tuto charakteristickou hodnotu stanovit dle vztahu:

$$\lambda_k = \frac{\lambda_D}{1 - Z_u * W_{mk}} \quad [1]$$

kde

$\lambda_D$  ... deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti dle příslušné normy výrobku

$Z_u$  ... vlhkostní součinitel dle přílohy A1 v ČSN 730540-3

$W_{mk}$  ... charakteristická vlhkost materiálu, obvykle u23/80

Tab. 3: Přehled deklarováných hodnot izolačních materiálů

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/m.K]
Polystyren EPS	0,037
Minerální kamenná vlna	0,039
Polystyren Styrotherm EPS	0,034
Minerální vlna ze skelných vláken	0,046

Zdroj: TZB-INFO. Součinitel tepelné vodivosti

## 2.5. Propustnost vodních par „ $\mu$ “

Ve sta stavebních konstrukcích dochází k paropropustnosti za předpokladu, že konstrukce odděluje dvě prostředí s různými tlaky vodní páry. Díky tomu dochází v materiálu k pohybu vlhkosti podle zákona difúze. Pro hygienický a efektivní provoz musíme zvolit takový materiál, který bude dobře tepelně izolovat a zároveň odvede (odpaří) veškerou vlhkost, která v konstrukci zkondenzovala během ročního cyklu. Pokud by se veškerá vlhkost neodpařila, dojde k jejímu shromažďování uvnitř konstrukce. Následkem toho se budou tvořit plísňe a tepelně izolační vlastnosti celé

konstrukce budou nedostačující [7]. Hodnoty difúzního odporu některých materiálů viz tabulka 1.

## 2.6.Ceny vybraných izolačních materiálů

Po prozkoumání českého trhu s tepelnými izolacemi, jsem vybral několik reprezentativních typů izolací, u kterých jsem uvedl cenu za jeden m<sup>2</sup> bez DPH. Veškeré ceny uvádí výrobce jednotlivých typů na svých stránkách nebo u příslušných prodejen.

Tab. 4: ceny vybraných izolačních materiálů

Název	Tloušťka [mm]	Cena bez DPH za m <sup>2</sup>
<b>ISOVER EPS 150</b>	100	280 Kč
<b>ISOVER EPS 70F</b>	100	180 Kč
<b>ISOVER EPS 100F</b>	100	225 Kč
<b>FKD minerální izolace</b>	100	540 Kč
<b>SMARTwall N C2</b>	100	490 Kč
<b>Styrotherm EPS plus 100</b>	100	209 Kč
<b>Styrotherm EPS plus 150</b>	100	257 Kč

*Převzato z technických listů jednotlivých výrobků*

### **3. POPIS JEDNOTLIVÝCH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ**

#### **3.1. Zateplovací systémy ETICS**

Zateplovací systém ETICS (external thermal insulation composite systém) je nejrozšířenějším zateplovacím systémem v České republice. Je to vnější kontaktní zateplovací systém, který se skládá z vrstvy tepelné izolace, která se obvykle lepí nebo kotví k připravenému a soudržnému podkladu. Na tepelnou izolaci se se natahuje základní vrstva složená ze stěrkové hmoty, do které se hladítkem vtlačuje skleněná síťovina. Na dokončenou základní vrstvu se ve většině případů provádí probarvená, zatíraná nebo rýhovaná omítka.

ETICS – s izolantem MW je z hlediska statického návrhu posuzován jako mechanicky kotvený s doplňkovým lepením izolantu – min. 30% povrchu – musí splňovat třídu na oheň „A2“ dle ČSN 13501-1.

ETICS – s izolantem EPS je z hlediska statického návrhu posuzován jako lepený s doplňkovým mechanickým kotvením izolantu – min. 40% povrchu – pro požární úseky s výškovou polohou max. 22,5 m musí splňovat třídu reakce na oheň „B“ dle ČSN 13501-1 a další požadavky ČSN 73 0810 [8].

#### **3.2. Základní rozdíly v technických hodnotách tepelných izolantů:**

V této podkapitole jsem se zaměřil na popis konkrétních izolačních materiálů na trhu. V následujících tabulkách jsou popsány jednotlivé technické vlastnosti potřebné pro výběr vhodného izolačního systému pro zateplení obvodových stěn. Tabulky jsou rozděleny podle druhu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Pro lepší přehled je zde uvedeno více zástupců v jednotlivých kategoriích.

Tab. 5: Přehled deklarovaných hodnot izolačních materiálů ISOVER EPS

Orientační hodnoty	EPS 70 F	EPS 100 F	EPS 150
Napětí v tlaku (kPa)	70	100	100
Nasákavost krátkodobá (%)	5	5	5
Třída reakce na oheň	E	E	E
Tepelný odpor $R_d$	2,56 m <sup>2</sup> K/W	2,78 m <sup>2</sup> K/W	4 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$	0,037 W/mK	0,035 W/mK	0,035 W/mK
Propustnost vodních par $\mu$	40	40	40
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	20 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>

Zdroj: Linhart, Zateplování budov, 2010 str. 20

Tab. 6: Přehled deklarovaných hodnot styrotrade styrotherm EPS

Orientační hodnoty	Styrotherm EPS plus	Styrotherm
	100	EPS plus 150
Napětí v tlaku (kPa)	100	150
Nasákavost krátkodobá (%)	5	5
Třída reakce na oheň	E	E
Tepelný odpor $R_d$	3,2 m <sup>2</sup> K/W	3,25 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$	0,03 W/mK	0,031 W/mK
Propustnost vodních par $\mu$	30-70	40
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	20 kg/m <sup>3</sup>	20 kg/m <sup>3</sup>

Zdroj: Linhart, Zateplování budov, 2010 str. 20

Tab. 7: Přehled PRŮMĚRNÝCH deklarovaných hodnot izolací z minerální kamenné vlny

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost krátkodobá (%)	8
Třída reakce na oheň	A1
Tepelný odpor $R_d$	2,55 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$	0,039 W/mK
Propustnost vodních par $\mu$	1,4
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	30-100 kg/m <sup>3</sup>

Zdroj: Linhart, Zateplování budov, 2010 str. 20

## **4. VÝHODY A NEVÝHODY JEDNOTLIVÝCH IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ**

### **4.1. Pěnový polystyren**

Pěnový polystyren je u nás, zejména díky své ceně jedním z nejrozšířenějších materiálů. Vyrábí se vypěněním do forem, nebo řezáním z vypěněných kvádrů. Druhý typ výroby má několik nevýhod. Mezi největší patří smršťování do původního nenapěněného stavu. Dochází k tomu kvůli teplotě a času. Pokud pěnový polystyren ležel nějakou dobu po vypění ve skladu a až poté byl rozřezán, pak by měl být tvarově stabilní. Dalším problémem jsou vysoké teploty (+70°C). Proto se nedoporučuje používat na zateplení tmavých fasád orientovaných ke slunci.

Pěnový polystyren se značí číslem, které znamená pevnost v tlaku v kPa a písmenem (Z,S,F), které označují způsob použití. Z – základní (podlahy), S – stabilizovaný (střechy), F – fasádní (kontaktní zateplení) [9].

Tab. 8: Výhody a nevýhody EPS

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Snadná opracovatelnost	Malá odolnost v tlaku
Nízká hmotnost	Stárnutí materiálu
cena	Objemové změn
	Malá odolnost v tlaku
	Hořlavost
	Neekologický materiál

*Převzato z TK-THERM, základní přehled tepelně izolačních materiálů*

### **4.2. Minerální izolace**

Při výrobě minerální vlny je obvykle prvotní surovinou čedič. Výhodou je odolnost vůči vysokým teplotám a malá tepelná roztažnost, která snižuje riziko vzniku trhlin fasád vlivem teplotních změn. Předností minerální izolace je také nízký difúzní odpor. Minerální izolace nejsou vhodné do vlhkých prostor. Při styku s vodou ztrácejí veškeré tepelně technické parametry, proto se klade velký důraz na kvalitu provedení.

Na trhu je velké množství výrobků se specifickými vlastnostmi podle použití



(stropy, střechy, příčky, podlahy...). Špatné umístění izolace může vést ke ztrátě veškerých vlastností [9].

Tab. 9: Výhody a nevýhody minerální izolace

Výhody	Nevýhody
Dobré zvukově izolační vlastnosti	Horší komfort při zabudování
Nízká difúzní odpor	Vysoká nasákavost
Odolnost vůči vysokým teplotám	Náročné na kvalitu provedení
Malá tepelná roztažnost	Vyšší hmotnost
Tvarovatelnost	Cena
Nehořlavost	
Odolnost vůči hmyzu a hlodavcům	

Převzato z TK-THERM, základní přehled tepelně izolačních materiálů

### 4.3. Pěnové sklo

Pěnové sklo se vyrábí napěněním skloviny pomocí práškového uhlí, které mu dává charakteristickou černou barvu. Je to velice odolný materiál, který dobře snáší vysoké teploty, zatížení tlakem a agresivní prostředí. Je zcela vodo a parotěsné, tzn. že ho lze použít v místech s trvalou vlhkostí. Největší využití nalézá jako izolace pod základové desky, kde funguje jako tepelná izolace a drenáž. Dále jako izolace zelených nebo pojízdných střech. Z hlediska ETICS systémů najde využití v oblasti soklů. Jeho největší nevýhodou je vysoká cena, která se mění podle toho, jestli se jedná o štěrku nebo desku [9].

Tab. 10: Výhody a nevýhody pěnové sklo

Výhody	Nevýhody
Vysoká pevnost v tlaku	Velmi vysoký difúzní odpor
Nenasákavost	Nepružné
Biologicky a chemicky odolné	Cena
Nehořlavost	
Dlouhá životnost	

Převzato z TK-THERM, základní přehled tepelně izolačních materiálů

#### 4.4.Fenolická pěna

Fenolická pěna je jedním z nejúčinnějších tepelných izolací na trhu. Vyrábí se napěněním fenolformaldehydových pryskyřic do bloků, které se následně řežou na desky a oboustranně opatřují skelným vláknem či reflexní hliníkovou fólií. Používá se především u konstrukcí, kde je třeba dosáhnout co nejmenší tloušťky zateplení. Velmi často se používá pro detaily kontaktních zateplovacích systémů. Je vhodný pro použití v ostěních a nadpražích oken, kde je cílem dosáhnout co nejmenší tloušťky zateplení při co největší účinnosti tepelné izolace [9].

Tab. 11: Výhody a nevýhody fenolická pěna

Výhody	Nevýhody
Pracnost	Vysoká křehkost desek
Nižší tloušťka zateplení	Velký difúzní odpor
Lze kombinovat s ostatními materiály	Tvorba dráždivého odpadu při montáži
Vysoká odolnost vůči ohni	Náchylnost na UV záření a déšť
	Cena

*Převzato z TK-THERM, základní přehled tepelně izolačních materiálů*

## 5. VÝBĚR IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ PRO POROVNÁNÍ

Při výběru jsem zvolil nepoužívanější izolační materiály v dnešní době. Pro porovnání jednotlivých zateplovacích systémů jsem určil šest kategorií, které budou hrát největší roli při porovnávání. Uváděné hodnoty odpovídají použitému materiálu při tloušťce 140 mm. Dále jsem uvedl cenu bez DPH za m<sup>2</sup> pro pozdější kalkulaci nákladů na realizaci kontaktního zateplení obvodového pláště. U každého materiálu jsem popsal jeho základní charakteristické hodnoty a způsob využití. Veškeré získané hodnoty udává výrobce v technickém listě.

### 5.1. ISOVER EPS 100F

Jako první reprezentativní typ izolace jsem zvolil Isover EPS 100F. Jedná se o pěnový polystyren, který je lehký a tuhý vyrobený z organické pěny. Jsou vyrobeny technologií bez obsahu CFC a HCFC. Vyrábějí se se samozhášivým provedením se zvýšenou požární bezpečností. Kromě výborných tepelně izolačních vlastností je jeho předností cena a jednoduchost zpracovatelnosti. Dalšími výhodami jsou dlouhá životnost, biologická neutralita a trvalá odolnost vůči vlhkosti. Veškeré hodnoty udává výrobce v technickém listě tohoto výrobku. Cena 343,00 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH

Tab. 12: Charakteristické hodnoty - Isover EPS 100F tl. 140 mm

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost krátkodobá (kg/m <sup>2</sup> )	-
Třída reakce na oheň	E
Tepelný odpor R <sub>a</sub>	3,75 m <sup>2</sup> K/W
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ	0,037 W/mK
Propustnost vodních par μ	30-70
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	18-20 kg/m <sup>3</sup>

Převzato z technického listu ISOVER EPS 100F

### 5.2. ISOVER TF Profi

Dalším typem tepelné minerální izolace je Isover TF Profi. Je to stejný druh izolantu, ale s rozdílnou technologií montáže. Zatím co Isover UNI je vhodný pro nezatížené izolace vnějších stěn (provětrávaných fasád s vkládáním izolace do kazet

nebo roštů), Isover TF je vhodný do vnějších kontaktních zateplovacích systémů. Vlastnosti obou typů jsou skoro stejné, kromě objemové hmotnosti. Tu má TF Profi větší, kvůli zmiňované technologii montáže. Cena 672 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH

Tab. 13: Charakteristické hodnoty - Minerální kamenná vlna Isover TF Profi tl. 140 mm

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost krátkodobá (kg/m <sup>2</sup> )	1
Třída reakce na oheň	A1
Tepelný odpor R <sub>a</sub>	4,0 m <sup>2</sup> K/W
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ	0,037 W/mK
Propustnost vodních par μ	1
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	80-150 kg/m <sup>3</sup>

Převzato z technického listu ISOVER TF Profi

### 5.3.KINGSPAN Kooltherm K5

Kooltherm K5 Kontaktní fasádní deska je dalším vybraným izolantem pro pozdější porovnávání. Jedná se o tepelně izolační desku z tuhé fenolické pěny s uzavřenou buněčnou strukturou. Deska je z obou stran opatřena textilií na bázi skla. Je vhodná pro aplikaci do tepelněizolačních kontaktních fasádních systémů (ETICS). Cena 1356,85 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH

Tab. 14: Charakteristické hodnoty - Kooltherm K5 kontaktní fasádní deska tl. 140 mm

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost krátkodobá (kg/m <sup>2</sup> )	2
Třída reakce na oheň	C-s2
Tepelný odpor R <sub>a</sub>	6,65 m <sup>2</sup> K/W
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ	0,02 W/mK
Propustnost vodních par μ	35
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	35 kg/m <sup>3</sup>

Převzato z technického listu KINGSPAN Kooltherm K5

## 5.4.ISOVER EPS GreyWall Plus

Jedná se o šedou fasádní desku se zvýšeným izolačním účinkem. Jedná se o nejnovější typ EPS desek využívající nanotechnologii pro profesionální zateplení. GreyWall Plus jsou vyrobeny pomocí nejnovějších technologií bez obsahu SFC a HCFC. Izolační desky jsou určeny zejména pro fasádní zateplovací systémy ETICS s nejvyššími nároky na účinnost izolace tj. pro izolační vrstvy energeticky úsporných staveb. Cena 357 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH

Tab. 15: Charakteristické hodnoty - Isover EPS GreyWall Plus tl. 140 mm

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost dlouhodobá (kg/m <sup>2</sup> )	0,5
Třída reakce na oheň	E
Tepelný odpor R <sub>a</sub>	4,5 m <sup>2</sup> K/W
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ	0,032 W/mK
Propustnost vodních par μ	20-40
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	13,5-15 kg/m <sup>3</sup>

Převzato z technického listu ISOVER EPS GreyWall Plus

## 5.5.ISOVER TWINNER

Jako poslední izolační materiál pro porovnání jsem zvolil Isover TWINNER. Jedná se o izolační desku pro zateplovací systémy ETICS. Dle výrobce je to jedna z nejpoužívanějších variant zateplení. Je to kombinace dvou materiálů, kde jádro je tvořeno z grafitové izolace Isover EPS GreyWall a krycí deskou Isover TF Profi tloušťky 30 mm. Spojení je provedeno průmyslovým slepením pomocí PUR lepidla. Používá se často u staveb se zvýšenými požadavky na požární bezpečnost a pro nízkoenergetické a pasivní domy. Cena 641 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH

Tab. 16: Charakteristické hodnoty - Isover TWINNER tl. 140 mm

Orientační hodnoty	Minerální vlna
Nasákavost dlouhodobá (kg/m <sup>2</sup> )	0,5
Třída reakce na oheň	B
Tepelný odpor R <sub>d</sub>	4,1 m <sup>2</sup> K/W
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ	0,034 W/mK
Propustnost vodních par μ	20-40
Objemová hmotnost deklarovaná výrobcem	25-50 kg/m <sup>3</sup>

Převzato z technického listu ISOVER TWINNER

## **6. VLIV VÝROBY IZOLACNÍCH MATERIÁLŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

Pomocí katalogu stavebních produktů a dopadů jejich výroby na životní prostředí Envimat, jsem vybral data u nejčastěji používaných tepelných izolací na Českém trhu. Kvůli nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 305/2011 se klade požadavek na udržitelné využívání přírodních zdrojů. K výpočtu enviromentálních profilů byla využita mezinárodní databáze stavebních materiálů Ecoinvent. U veškerých vybraných izolací budou popsány jejich enviromentální parametry získané z dat na stránkách Envimatu. Existují dva základní typy enviromentálních dat stavebních prvků – specifická a generická. Specifická data jsou například EPD neboli enviromentální prohlášení o produktu. V České republice nejsou momentálně dostupná skoro žádná data výrobků skutečně používaných na trhu. Proto hodnoty, které jsou uvedeny u jednotlivých tepelných izolací jsou stanovena generickým typem dat. Generická data reprezentují daný typ materiálu, která jsou založena na váženém průměru dat z celkové výroby pro daný trh [10].

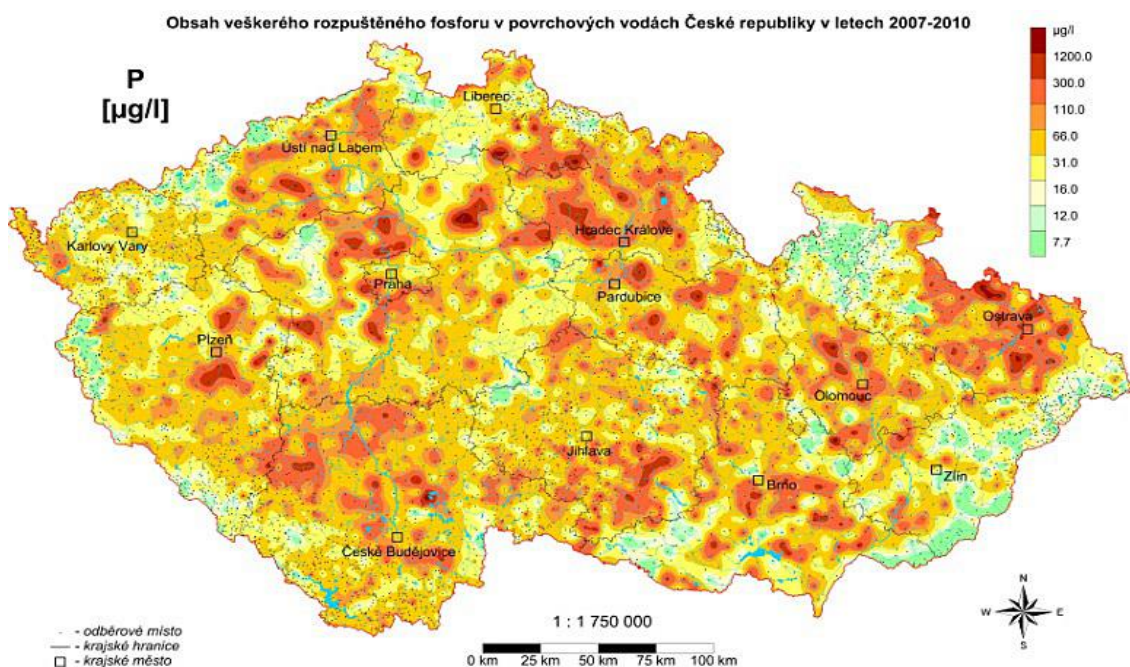
**PEI** (Primary Energy Input) je svázaná energie udává celkovou spotřebu přírodních zdrojů energie během životního cyklu výrobku. Je to energie obsažená ve formě přírodních zdrojů před jakoukoli lidmi provedenou přeměnou [18].

**GWP** (Global warming Potencial) znamená potenciál globálního oteplování. Je to měřítko toho, kolik tepla v atmosféře zachytí skleníkový plyn v určitém časovém horizontu ve vztahu k oxidu uhličitému. Porovnává množství tepla zachyceného určitou hmotností daného plynu s množstvím tepla zachyceného stejnou hmotností oxidu uhličitého. Jelikož se tato hodnota vyjadřuje jako činitel oxidu uhličitého, jehož potenciál globálního oteplování je standardizován na 1, tak pro představu hodnota metanu je 86 nebo CFC-11 má hodnotu 6730 v horizontu 20 let. Svázané emise CO<sub>2</sub> ekvivalentní, udávají ekvivalentní emise vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující skleníkový efekt. Ekvivalentní znamená, že se nejedná pouze o emise CO<sub>2</sub>, ale také o emise dalších skleníkových plynů (např. metanu), jejichž skleníkový efekt je přepočítán na úroveň efektu CO<sub>2</sub>. Udává se obvykle v kilogramech ekvivalentu CO<sub>2</sub> [kg CO<sub>2</sub>, ekv.] [18].

**AP** (Acidification Potencial) Potenciál acidifikace prostředí. Acidifikace je proces okyselování půdního a vodního prostředí, který má za následek jejich degradaci.

Svázané emise SO<sub>2</sub> udávající ekvivalentní emise vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující okyselování (acidifikaci) prostředí. Ekvivalentní znamená, že se nejedná pouze o emise SO<sub>2</sub>, ale také o emise dalších plynů způsobujících okyselování prostředí, jejichž efekt je přepočítán na úroveň efektu SO<sub>2</sub>. Udává se v gramech nebo v kilogramech SO<sub>2</sub> ekvivalentních - [kg SO<sub>2,ekv.</sub>] nebo [g SO<sub>2,ekv.</sub>] [18].

**EP (Eutrophication Potencial)** Potenciál eutrofizace prostředí. Eutrofizace je definována jako proces zvyšování produkce organické hmoty ve vodě, ke které dochází na základě zvýšeného přísunu živin. V tomto případě se jedná o nepřírozenou eutrofizaci, která má za důsledek přemnožení planktonu a také sinic. To se projeví nedostatkem kyslíku ve vodě a následné vymírání ry a dalších organismů. Jedná se o dusíkaté látky a fosfáty, které se dostanou odpadní vodou do vodních recipientů. Udává množství ekvivalentních atmosférických emisí x a emisí 4 z odpadních vod vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobujících nepřírozené zvyšování obsahu živin ve vodách a půdách (eutrofizaci). Jednotky: [kg x,ekv.] nebo [kg 4<sup>3</sup>,ekv.] [18].



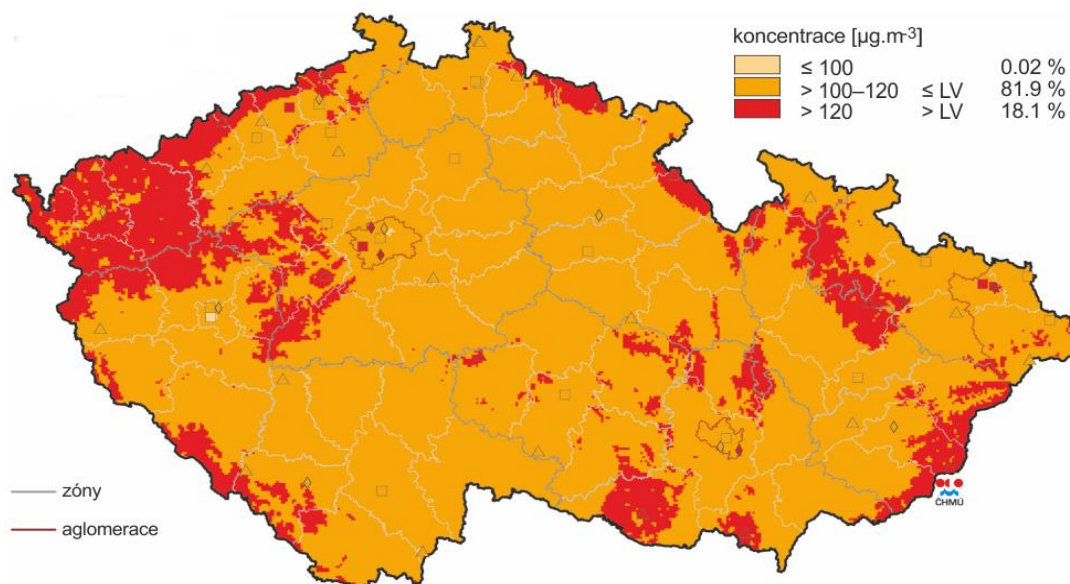
Obr.2: Koncentrace celkového fosforu v povrchových vodách (Převzato z webových stránek [www.klimatickazmena.cz](http://www.klimatickazmena.cz))

**ODP (Ozone Depletion Potencial)** Potenciál ničení ozónové vrstvy. ODP je definováno jako změna koncentrace ozonu vyvolaná jednotkou emise konkrétního freonu, přičemž ODP freonu CFC-11 je roven 1. Ukazatel ODP se získává buď



modelovými výpočty, nebo se měří experimentálně ve speciálních komorách, které umožňují nastavení stratosférických podmínek. Ekvivalentní emise CFC-11 vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující ničení stratosférické ozonové vrstvy. Jednotka: [kg CFC-11 SO<sub>ekv.</sub>]. Látka CFC-11 patří mezi chlorfluorované uhlovodíky. Její používání bylo zakázáno v roce 1987. V současné době se v ČR pro běžná použití nepoužívají látky CFC a halony. Látky HCFC se již používají pouze v některých chladicích zařízeních starších typů a ve výjimečných případech také jako náhrada za halony ve vymezených aplikacích v požární technice [18].

**POCP** (Photochemical Ozone Creation Potential) Potenciál tvorby přízemního ozonu. Ekvivalentní emise C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující tvorbu přízemního ozonu. Jednotkou jsou kilogramy etylenu ekvivalentní [kg C SO<sub>2</sub>H SO<sub>4,ekv.</sub>]. Přízemní ozon tvoří cca 10% celkového ozonu v zemské atmosféře 90% připadá na ozon stratosférický. Zvýšená koncentrace přízemního ozonu mají nežádoucí účinky na zdraví. Můžou způsobovat různá onemocnění dýchací soustavy a mají silně dráždivé účinky na oční spojivky. Pro přízemní ozon je v Zákonu o ochraně ovzduší stanoven imisní limit, který má hodnotu 12 µg.m<sup>-3</sup> jako maximální denní 8hod. klouzavý průměr [18].



Obr 3: Nejvyšší maximální 8hod. klouzavý průměr koncentrace přízemního ozonu v průměru za 3 roky, 2014-2016 (zdroj: ČHMU)

Tab. 17: Enviromentální parametry – minerální kamenná vlna

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	20,1923	MJ/kg
Svázaná emise CO <sub>2</sub> (GWP)	1,1331	Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg
Svázaná emise SO <sub>2</sub> (AP)	8,3583	g SO <sub>2</sub> ekv./kg
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	1,83	g (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv./kg
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	5,5368*10 <sup>-5</sup>	g R-11 ekv./kg
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	0,44541	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg

ZDROJ: ENVIMAT – TEPELNÉ IZOLACE

Tab. 18: Enviromentální parametry – Pěnové sklo

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	35,0611	MJ/kg
Svázaná emise CO <sub>2</sub> (GWP)	1,5719	Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg
Svázaná emise SO <sub>2</sub> (AP)	3,9223	g SO <sub>2</sub> ekv./kg
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	1,294	g (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv./kg
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	1,7387*10 <sup>-4</sup>	g R-11 ekv./kg
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	0,1733	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg

ZDROJ: ENVIMAT – TEPELNÉ IZOLACE

Tab. 19: Enviromentální parametry – Polystyren pěnový EPS, desky

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	105,073	MJ/kg
Svázaná emise CO <sub>2</sub> (GWP)	4,2121	Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg
Svázaná emise SO <sub>2</sub> (AP)	14,9	g SO <sub>2</sub> ekv./kg
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	2,549	g (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv./kg
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	1,3195*10 <sup>-4</sup>	g R-11 ekv./kg
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	6,7545	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg

ZDROJ: ENVIMAT – TEPELNÉ IZOLACE

Tab. 20: Enviromentální parametry – Polyuretan, pružná pěna

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	99,265	MJ/kg
Svázaná emise CO <sub>2</sub> (GWP)	4,8451	Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg
Svázaná emise SO <sub>2</sub> (AP)	20,278	g SO <sub>2</sub> ekv./kg
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	5,474	g (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv./kg
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	2,3913*10 <sup>-5</sup>	g R-11 ekv./kg
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	0,93994	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg

ZDROJ: ENVIMAT – TEPELNÉ IZOLACE

Tab. 21: Enviromentální parametry – Celulózová vlákna, včetně foukání

Parametr	Hodnota	Jednotka
Svázaná energie (PEI)	7,14406	MJ/kg
Svázaná emise CO <sub>2</sub> (GWP)	0,36779	Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg
Svázaná emise SO <sub>2</sub> (AP)	2,9049	g SO <sub>2</sub> ekv./kg
Potenciál eutrofizace prostředí (EP)	0,638	g (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> ekv./kg
Potenciál ničení ozónové vrstvy (ODP)	4,0458*10 <sup>-5</sup>	g R-11 ekv./kg
Potenciál tvorby přízemního ozónu (POCP)	0,12182	g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./kg

ZDROJ: ENVIMAT – TEPELNÉ IZOLACE

EPD jsou vytvářena na základě analýzy životního cyklu (LCA-Life Cycle Assessment) dle tzv. pravidel produktových kategorií, která zajišťují jednotnou a transparentní metodiku a porovnatelnost dat. EPD stavebních výrobků jsou v zahraničí často vyžadována investory při výstavbě budov. V blízké budoucnosti se toto očekává i v České republice.

Pomocí analýzy LCA lze vyhodnotit ekonomickou a enviromentální efektivitu využití odpadů z tepelně izolačních systémů. Pro ekonomické hodnocení efektivitu využití jsou vzaty v úvahu dopad na úbytek nerostných zdrojů a úbytek fosilních zdrojů. V případě úbytku nerostných surovin je charakterizační jednotkou ekvivalent množství surovin antimon (kg SB eq) – veškeré spotřebované nerostné suroviny, které jsou na základě jejich světových zásob přepočteny na ekvivalent této suroviny. V případě

úbytku fosilních surovin je charakterizační jednotkou spotřeba palic a skrytá energie materiálu (MJ) [11].

Tab. 22: Hodnocení potencionální návratnosti využití izolačních materiálů metodou LCA

Izolační materiál	Náročnost výroby (MJ/kg)	Normovaná hodnota výhřevnosti (MJ/kg)	Energetická návratnost (%)
XPS	92,36	39,00	42,23
PUR pevná pěna	88,00	25,00	28,41
EPS s grafitem	81,86	39,00	47,64
Fenolická pěna	59,59	24,00	40,28
Pěnové sklo	26,59	-	
Kamenná vlna	21,86	-	
Celulózová izolace foukaná	4,12	15	364,08

Zdroj: MZP, Zlepšení materiálového využití vybraných stavebních a demoličních odpadů. Str. 151, 2015

Hodnocení enviromentální efektivity využití materiálů je založeno na porovnání náročnosti výroby materiálů z primárních surovin. Pro porovnání zde uvedu tabulku v kategorii dopadu na Globální oteplování (GWP) [11].

Tab. 23: Hodnocení náročnosti výroby izolačních materiálů metodou LCA, globální oteplování

Izolační materiál	Náročnost výroby (Kg CO <sub>2</sub> ekv./kg)
XPS	11,5
PUR pevná pěna	4,55
EPS s grafitem	3,72
Fenolická pěna	2,98
Pěnové sklo	1,86
Kamenná vlna	1,55
Celulózová izolace foukaná	0,29

ZDROJ: MZP, ZLEPŠENÍ MATERIÁLOVÉHO VYUŽITÍ VYBRANÝCH STAVEBNÍCH A DEMOLIČNÍCH ODPADŮ. STR. 152, 2015

## **7. LIKVIDACE IZOLAČNÍCH MATERIÁLŮ**

Při demolici stavby nebo její rekonstrukci je nutné likvidovat velké množství stavebních materiálů, včetně tepelných izolací. Na výběr je pět možností, co s takovým materiálem provést. Můžeme ho opětovně použít buď ke stejnému účelu nebo k jinému, popřípadě se upraví a znovu se využije. Dále jsou možnosti uložit tento materiál na skládku, recyklovat nebo odstranit.

Z hlediska výběru metody musíme brát v potaz technické a ekonomické faktory. Z technických faktorů nám hraje roli stav izolace, jestli se může znovu použít a bude mít vlastnosti, které od izolace požadujeme. V případě EPS se může materiál opětovně využít v případě, že není nějak znehodnocený. Pokud by byl, tak se může například nadrtit a přidat do lehčených betonových směsí nebo spálit a přetvořit jej v tepelnou energii. Minerální vatu je možné znovu použít na izolaci, ale ve většině případů to není možné kvůli jejímu stavu. Proto se obvykle využívá recyklace, kdy se stará minerální vata přetaví do formy nového materiálu. Jelikož se jedná o poměrně nový materiál, tak v dnešní době nevzniká větší množství odpadů z minerální vaty vzhledem k celkovému množství vyprodukovaného stavebního materiálu.

Technologie recyklace a její přeměna se teprve vyvíjí a je otázkou budoucnosti, kterým směrem se znovuvyužití tohoto materiálu bude upínat. V dnešní době se většina izolačních materiálů vzniklých při demolici nebo rekonstrukci ukládá na skládku. Skládkování může stát až 1700 Kč/t, v případě že se nejedná o nebezpečný materiál. Vzhledem k ceně skládkovného je dobré promyslet, jak s izolačním materiálem naložit [12].

## **8. PROVÁDĚNÍ FASÁDNÍCH SYSTÉMŮ KONTAKTNÍM ZPŮSOBEM**

Obecné zásady provádění systémů ETICS stanovuje norma ČSN 73 2901: Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů ETICS. V následujících odstavcích bude uveden technologický postup udávaný výrobcem na svých stránkách. Je nutné dodržení technologického postupu pro poskytnutí záruky a dosažení požadovaných hodnot.

### **8.1. Izolační desky ISOVER – Postup montáže**

Příprava podkladu – Izolační desky ISOVER je možné lepit pouze na soudržný, pevný a rovný podklad bez prachu a jiných nečistot. Proti nečistotám se doporučuje omýt podklad tlakovou vodou a penetrovat. Rovinnost podkladu by měla být max 20 mm/m pro EPS nebo jeho alternativní verze a pro minerální desky s kolmými vlákny 10 mm/m. Dále je nutné demontovat veškeré zařízení, která se nachází na fasádě a označit elektrické kabely proti poškození.

Lepení desek – Pěnový polystyren EPS, stejně jako minerální izolace s podélnými vlákny ISOVER TF Profi, se lepí pouze po obvodu s vnitřními body tak, aby kontaktní lepená plocha byla min. 40%. Lepení se provádí natěsno a na vazbu.

Kotvení hmoždinkami – Po nalepení desek a přiměřeném vytvrnutí lepidla, které trvá přibližně 24 hodin se provádí přebroušení desek brusným hladítkem (pouze u EPS) tak, aby se odstranily případné drobné nerovnosti. Po přebroušení se provádí kotvení desek talířovými hmoždinkami. Návrh kotvení ETICS systému do 20 kg/m<sup>2</sup> by měl být proveden podle normy ČSN 73 2902. Minimální množství hmoždinek u kotvených systémů podle normy ČSN 73 2902 je 6 ks/m<sup>2</sup>. Za určitých podmínek lze aplikovat pouze lepení bez použití kotev. To má svoji výhodu z hlediska celkové ceny nákladů a úsporu času při montáži. Ušetřené peníze se pak mohou investovat do kvalitnější omítky a izolační obálky. Další výhodou je dosažení stejnoměrné tloušťky vyztužené vrstvy bez možnosti prokreslení kotev na omítce.

Základní vrstva – Provádí se obvykle po 1–3 dnech od ukončení lepení desek a případném kotvení hmoždinkami. Vyztužení základní vrstvy se provádí ručně plošným zatlačením skleněné síťoviny do předem nanesené stěrkové hmoty na vrstvě tepelné izolace. Stěrková hmota, která prostoupila oky síťoviny, se následně uhladí.

Ukládání síťoviny do stěrkové hmoty se provádí obvykle směrem shora dolů s přesahem nejméně 100 mm. V místech styku rozdílných druhů tepelných izolantů, nebo v oblasti s vysokými požadavky na odolnost ETICS proti průrazu, se doporučuje výztužnou síťovinu zdvojit.

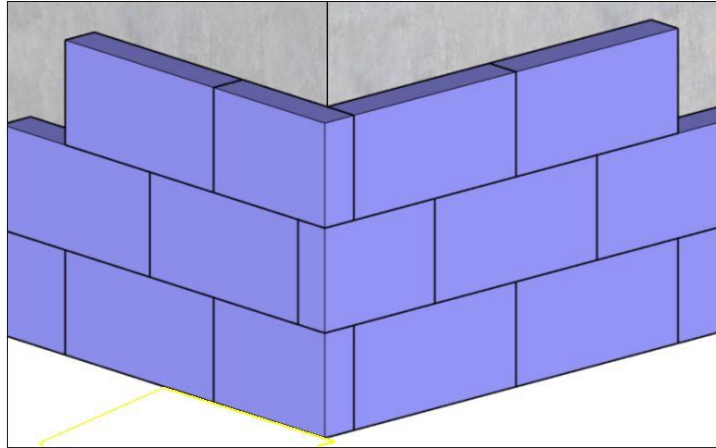
Povrchová úprava – Posledním krokem je vhodné zvolení povrchové úpravy. Pro kontaktní zateplovací systémy se nejčastěji používají ušlechtilé tenkovrstvé omítky různého složení, barev a struktur. Dle zvoleného pojiva se pak třídí na omítky silikátové, akrylátové a minerální. Jednotlivé druhy se liší svými vlastnostmi, zejména propustností vodních par, pružností, zpracovatelností, špinavostí, odolností proti řasám atd. [13].

## **8.2.KINGSPAN Kooltherm K5 – Postup montáže**

Příprava podkladu je obdobná jako u postupu montáže ISOVER desek. Pro lepení se používá jednosložková prášková lepící hmota pro lepení izolačních fenolických desek webertherm plus ultra, která se může použít i pro vytvoření základní vrstvy nebo na lícni straně fenolických desek jako podklad pod finální omítku. Podmínkou je použití vhodného typu skleněné síťoviny například síťovina VERTEX R131. Po zatuhnutí lepícího tmelu se provádí mechanické kotvení desek k nosnému podkladu. Na přikotvené tepelněizolační desky se nanese základní vrstva vyztužená skleněnou tkaninou. Tloušťka základní vrstvy bývá s ohledem k tomu, že povrch tepelné izolace Kooltherm K5 nelze vyrovnat broušením, průměrně 8 mm. Povrch finální vrstvy se opatří penetrací a finální omítkou. Je však nutné před finální omítkou a penetrací dodržet technologickou přestávku v délce min. 5 dní [14].

### 8.3. Postup zateplení fasády polystyrenem systému ETICS

Lepení polystyrenu začíná vždy zakládací lištou směrem nahoru. Vždy se začíná od nároží stěny, kde je nutné dodržet dostatečný přesah pro správné provázání s další stranou domu.



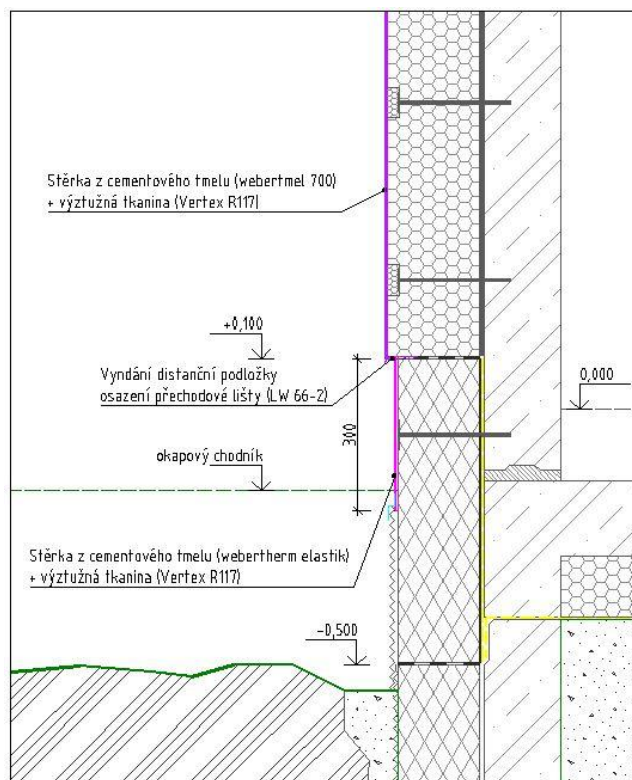
Obr 14: Schéma kladení izolantu u nároží domu (zdroj vlastní)

Při použití lepícího tmelu se na každou desku nanese obvodový rámeček a 2-3 terče uvnitř, případně celoplošně se zubovým hladítkem.

Tímto způsobem se zabrání proudění vzduchu mezi izolantem a zdivem. Dalším důvodem je dodržení rozmístění tmelu pro následné kotvení talířovou hmoždinkou, která musí procházet při kotvení skrz lepící tmel.

Při použití PUR pěny při lepení izolantu platí stejná pravidla jako u tmelu. Pěna se musí nanést po obvodu izolantu s vnitřní podélnou linkou, aby nedocházelo k prodění vzduchu. Výhodou použití pěny je rychlost a větší lepivost k podkladu, díky které lze použít např. kamenný obklad na fasádu.



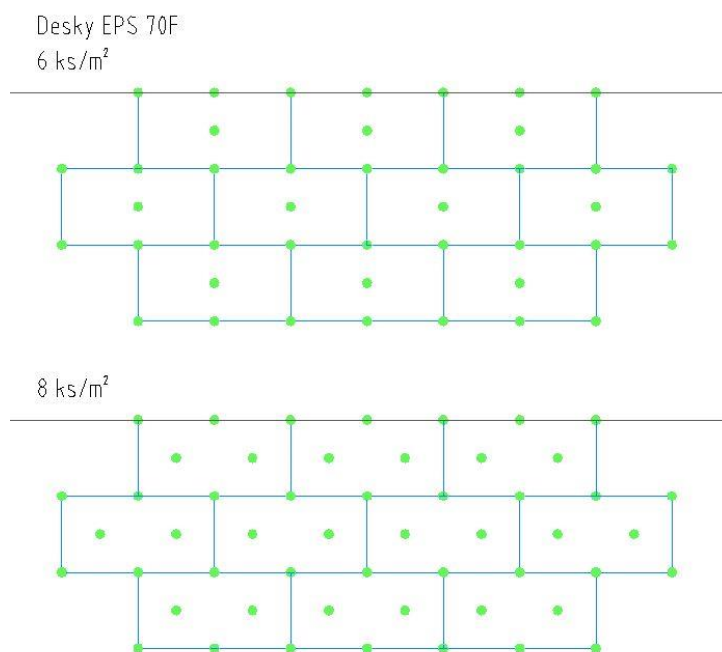


Obr 15: Detail soklu s použitím EPS 70F a jeho kotvení (zdroj vlastní)

Fasádní desky se po nalepení kotví fasádní talířovou hmoždinkou. Hlavním důvodem kotvení polystyrenu je dodatečné zajištění tepelného izolantu proti termodynamickým změnám a působení sání větru na plochu zateplení fasády.

Izolační deska se vždy kotví v rozích po obvodu desky a v ploše v místech, kde byl aplikován lepicí tmel. Nejprve se vyfrézuje otvor cca 2 cm v místě, kde bude talířová hmoždinka. Následně nasadíme talířovou hmoždinku do předvrtaného otvoru a šroubovákem dotáhneme. Na pevně zakotvenou hmoždinku nasadíme fasádní EPS zátku.

Počet hmoždinek na 1m<sup>2</sup> fasády se liší dle použitého izolantu, zdiva a hmoždinky. Doporučuje se použití minimálně šesti hmoždinek na 1 m<sup>2</sup> plochy zateplení. V následujícím obrázku jsou uvedeny dvě varianty počtu použitých hmoždinek na 1 m<sup>2</sup> plochy fasády a jejich návrh rozmístění.



Obr 16: Kotvení izolantu v ploše ve dvou variantách (zdroj vlastní)

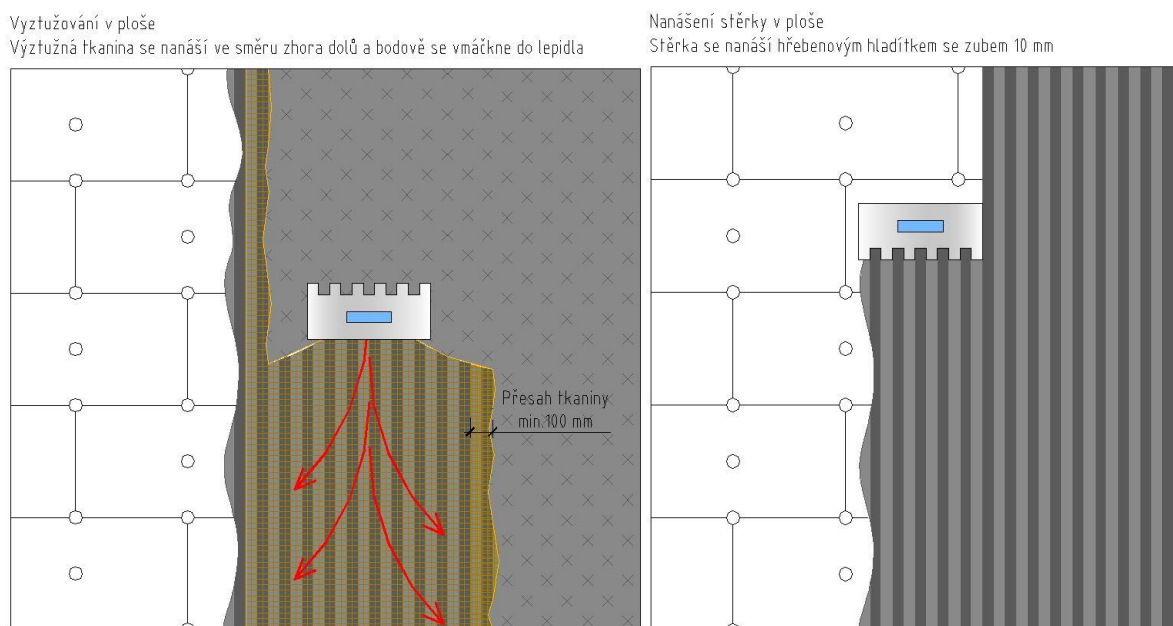
Po nalepení izolačních desek a jejich zakotvení je nutné celou plochu fasády sjednotit a srovnat. Vzniklé spáry mezi izolanty je potřeba vypěnit nebo vyplnit izolantem a následně vypěnit. Vytvrzená přebytečná pěna se seřízne a následuje celoplošné přebroušení pro dosažení předepsané rovinnosti fasády.

Pokud je již zajištěna rovinnost, následuje osazení fasádních profilů a lišt. Fasádní profily a lišty zvyšují pevnost zateplovacího systému, zaručují správnou funkčnost zateplení, plní ochrannou funkci a vytváří pěkný a estetický detail. Správným použitím a provedením dosáhneme zpevnění všech rohů a koutů fasády, správné napojení na otvorové prvky, dilataci všech ploch a eliminaci prasklin v kritických místech fasády.

Jedním z posledních kroků je armovací vrstva neboli stěrka. Je to jedna z nejdůležitějších částí souvrství kontaktního zateplovacího systému. Výztužná vrstva chrání fasádní izolant před působením slunečního UV záření, zpevňuje celou plochu zateplení domu a vytváří pevný, rovný a ucelený podklad pro aplikaci finální povrchové úpravy.

Armovací vrstvu tvoří stěrkový tmel a armovací tkanina "Perlinka". Lepící hmota se nanáší nerezovým hladítkem s velikostí zubů 10 x 10 mm. Do takto naneseného tmelu se vloží ve směru shora dolů armovací tkanina. Vzájemný přesah pásů musí být

minimálně 100 mm bez záhybů a z obou stran musí být kryta stěrkovou vrstvou nejméně 1 mm. Následně se po vytvrzení první vrstvy natahuje druhá srovnávací vrstva pouze tmelem.



Obr 17: Nanášení armovací vrstvy na fasádu (zdroj vlastní)

Předposledním krokem před nanášením finální omítky je penetrace podkladu. Po správně vytvořené stěrce přichází penetrační nátěr. Tyto nátěry jsou probarvené do stejného nebo podobného odstínu jako následná finální omítka. Penetrace zvýší přilnavost omítky k podkladu a probarvení do podobného odstínu eliminuje prosvítání podkladu při nedokonalém nanesení finální omítky. Každý výrobce finální omítky má předepsané penetrační nátěry, které lze použít.

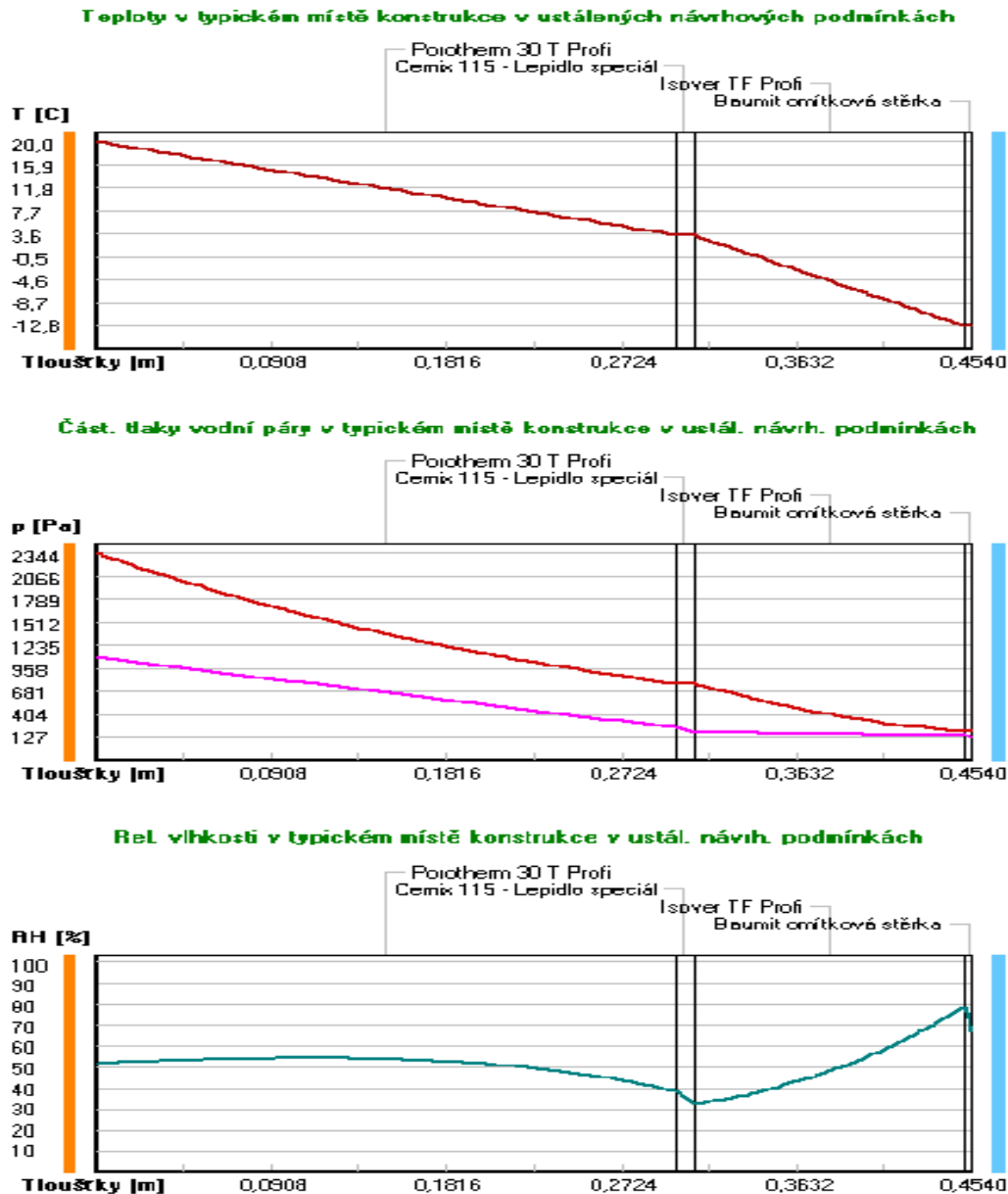
Fasádní omítka je posledním krokem při dokončení systému ETICS. Díky velkému výběru dodavatelů je široké spektrum možností jakou variantu zvolit. Je dobré konzultovat výběr omítky s dodavatelem zateplení. Výběr je však závislý na typu domu, druhu zateplení, krajině kde se stavba nachází a jak bude omítka namáhána povětrnostními vlivy [19].

#### **8.4. Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy**

Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro stěny vnější u pasivních domů je 0,18 – 0,12 W/m<sup>2</sup>K. Tuto hodnotu stanovuje ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: požadavky. Je to hodnota pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18°C až 22°C. Za použití programu TEPLO 2017 stanovím potřebnou tloušťku tepelné izolace pro dosažení hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy. Kvůli pozdější kalkulaci nákladů potřebuji stanovit tloušťku izolace a tím pádem i její cenu. Hodnoty zadávané do programu TEPLO budou shodné pro všechny vybrané materiály. Obvodové zdivo budou tvořit tvárnice Porotherm 30 T Profi a povrchová úprava bude Baumit omítková stěrka Výpočet bude stanoven na základě čtyř vrstev a měnit se bude pouze tepelný izolant a lepidlo doporučené výrobcem [15].

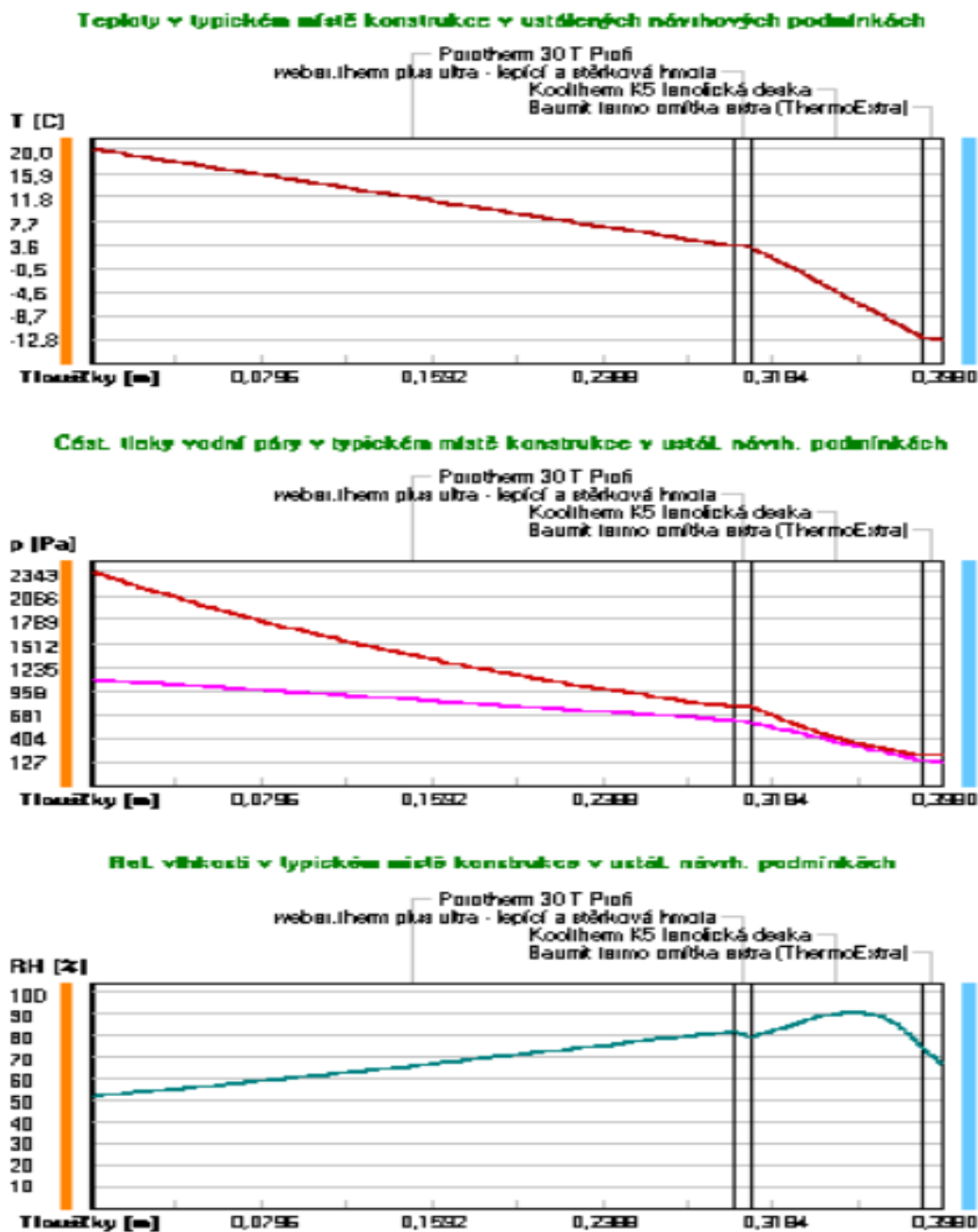
**ISOVER TF Profi** - Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla **0,127 W/m<sup>2</sup>K**, za použití cementového lepidla Cemix 115 a izolace o tloušťce **140 mm**. Touto hodnotou splňuje podmínky pro pasivní domy  $U_{pas,20}$ .

Obr 4: Výsledné grafy Isover TF Profi z programu TEPLO 2017



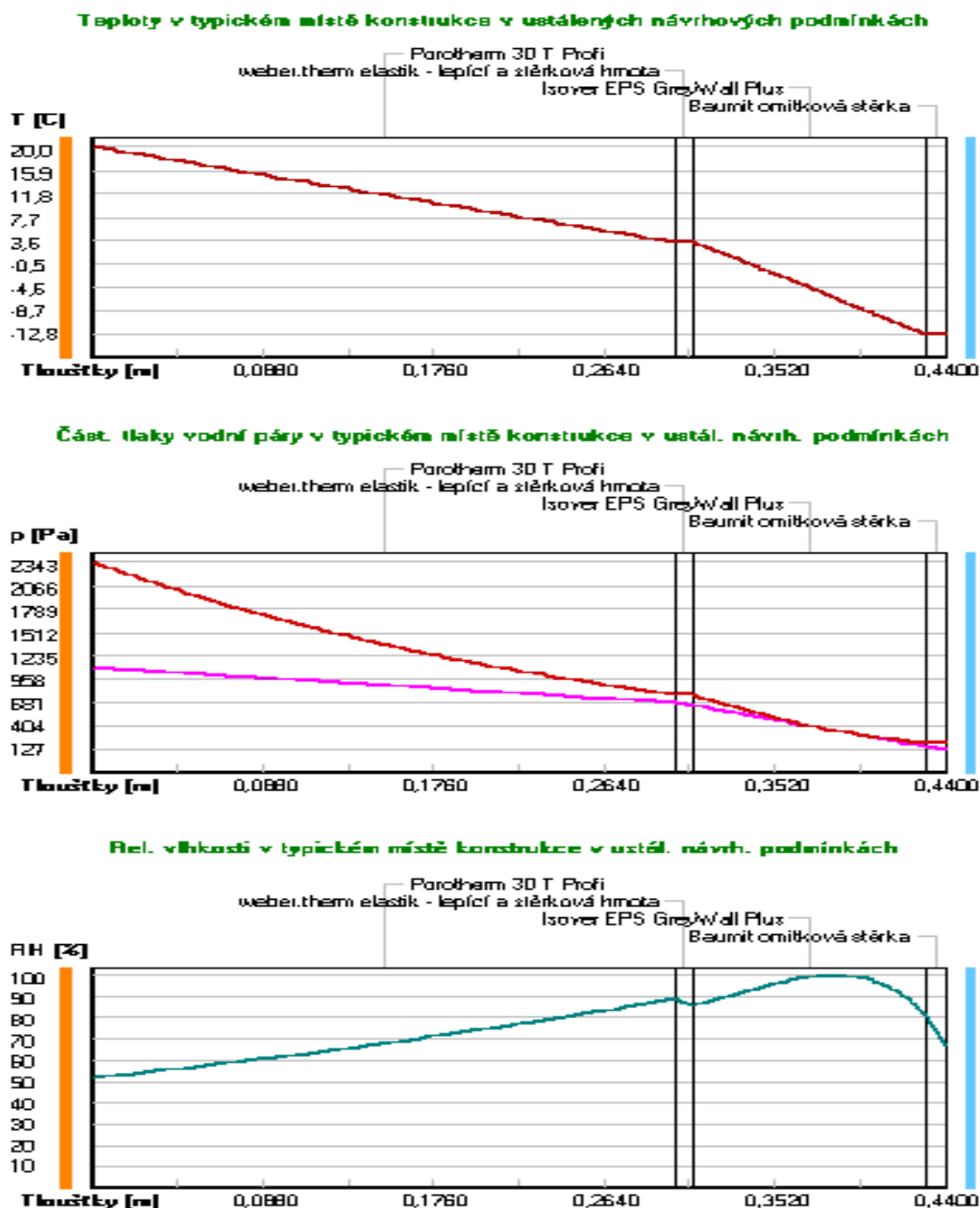
**KINGSPAN Kooltherm K5** – Výsledná hodnota Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla **0,128 W/m<sup>2</sup>K**, za použití lepidla webertherm plus ultra a izolace o tloušťce **80 mm**. Touto hodnotou splňuje podmínky pro pasivní domy Upas,20.

Obr 5: Výsledné grafy KINGSPAN KOOLTHERMK5 z programu TEPLO 2017



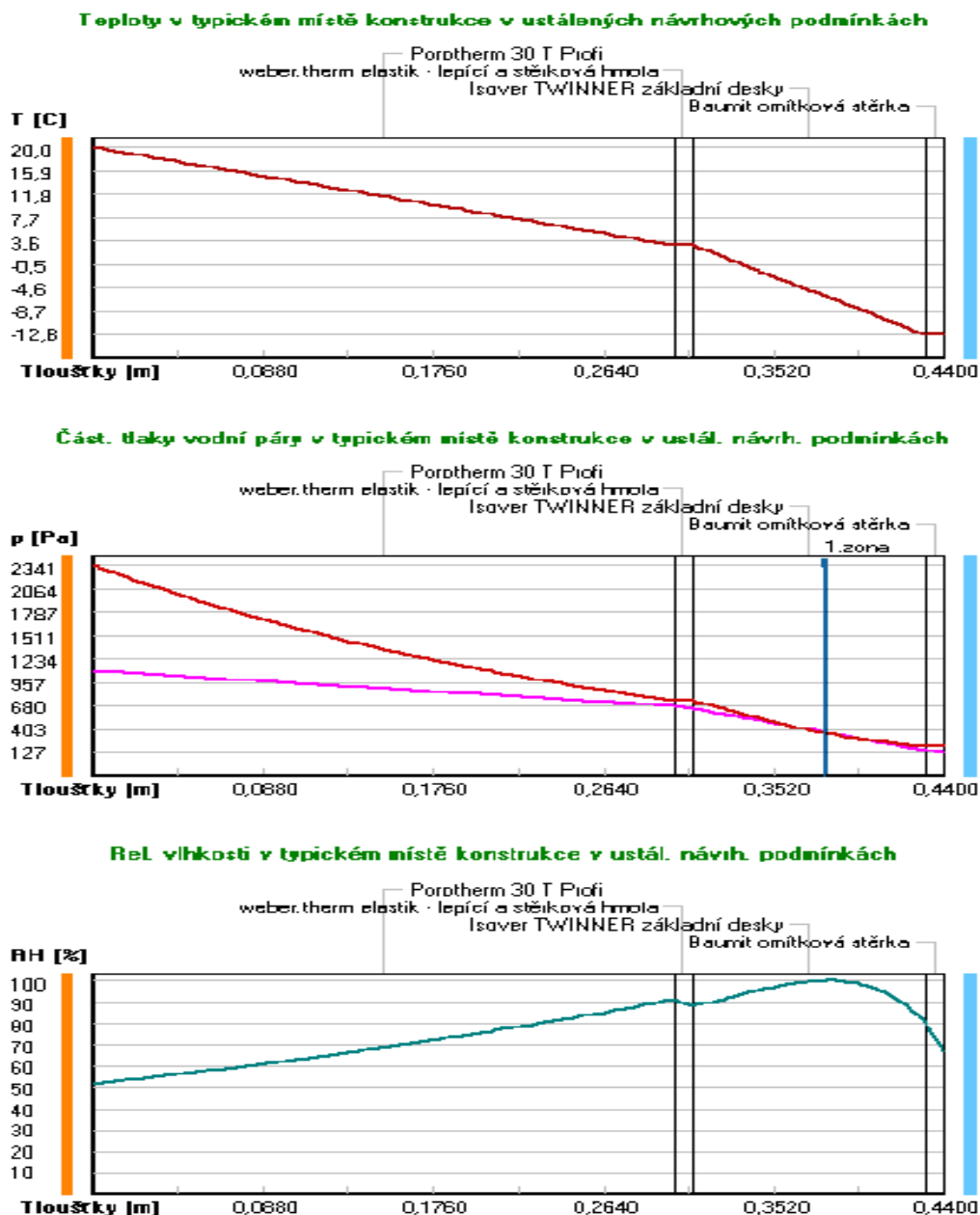
**ISOVER EPS GreyWall plus** – Výsledná hodnota Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla **0,127 W/m<sup>2</sup>K**, za použití lepidla webertherm elastik a izolace o tloušťce **120 mm**. Touto hodnotou splňuje podmínky pro pasivní domy Upas,20.

Obr 6: Výsledné grafy ISOVER EPS Greywall z programu TEPLO 2017



**ISOVER TWINNER** – Výsledná hodnota Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla **0,131 W/m<sup>2</sup>K**, za použití lepidla webertherm elastik a izolace o tloušťce **120 mm**. Touto hodnotou splňuje podmínky pro pasivní domy Upas,20.

Obr 7: Výsledné grafy ISOVER RWINNER z programu TEPLO 2017



Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

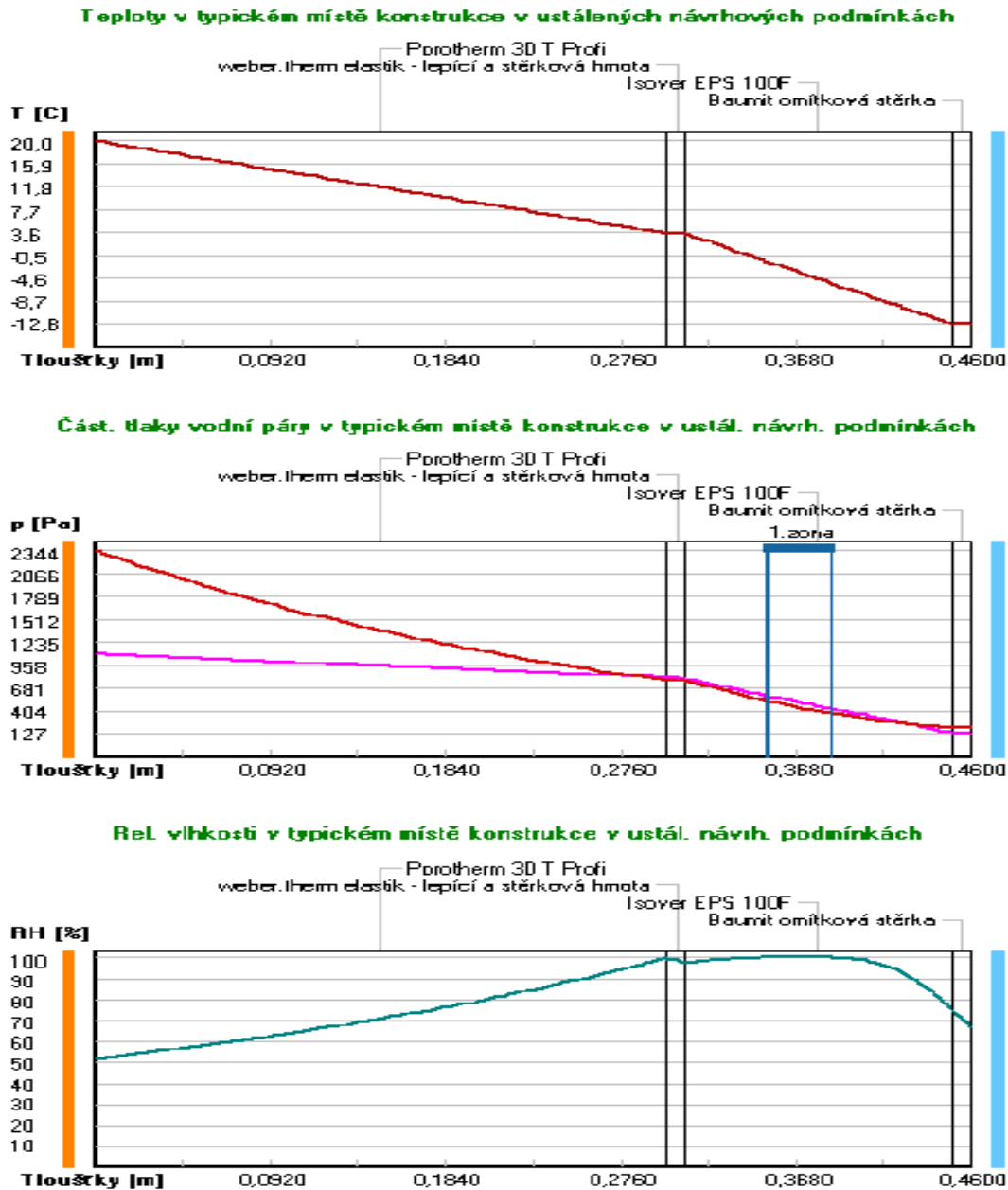
Množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **0.0005 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$ : **1.9049 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C.



**ISOVER EPS 100F** – Výsledná hodnota Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla **0,127 W/m<sup>2</sup>K**, za použití lepidla webertherm elastik a izolace o tloušťce **140 mm**. Touto hodnotou splňuje podmínky pro pasivní domy Upas,20.

Obr 8: Výsledné grafy ISOVER EPS 100F z programu TEPLO 2017



Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **0.0059 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$ : **1.1257 kg/(m<sup>2</sup>.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 C.

Podle očekávání vyšel jako nejlepší izolant KINGSPAN Kooltherm K5 z fenolické pěny, u kterého byla použita tloušťka izolační desky 80 mm. Na druhém místě se umístil ISOVER GreyWall Plus, se kterým jsme se dostali na stejnou hodnotu s použitím 120 mm tlusté desky. Na třetí a čtvrté místo bych umístil ISOVER TF Profi a ISOVER TWINNER. TF Profi vyšel z hlediska prostupu tepla hůře za použití 140 mm tloušťky izolace, ale u TWINNERU vzniká během roku kondenzace vodní páry. Hodnota  $0,5 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  sice není vysoká, ale jedná se o komplikaci, která může ovlivnit i tepelné vlastnosti tohoto izolantu. Na posledním místě se umístil ISOVER EPS 100F. Na požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla se dostal se stejnou tloušťkou izolace jako ISOVER TF Profi, ale kondenzace vodních par je u tohoto izolantu největší.

I když byly stanoveny stejné podmínky pro všechny porovnávané izolanty, tak tento izolační materiál vyšel nejhůře. Množství zkondenzované vodní páry je u tohoto systému  $5,9 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ . Pro obvodové konstrukce s materiálem s velkým difúzním odporem na straně exteriéru musí být hodnota zkondenzované vodní páry menší nebo rovna  $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$  a nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry. Z tohoto hlediska vyhovují všechny porovnávané materiály, ale pro jistotu by měl investor zkonzultovat tento problém s projektantem.

## **9. KALKULACE NÁKLADŮ NA ZATEPLENÍ**

### **9.1. Kalkulace nákladů na materiál, na 1 m<sup>2</sup> izolace**

V této kapitola bude provedena kalkulace nákladů na materiál provedení 1 m<sup>2</sup> izolace obvodových stěn systému ETICS. Tato varianta stanovení nákladů odráží skutečnost, že mnoho investorů bude zateplení provádět svépomocí. Do výpočtu záměrně nezahrnuji cenu tvárnic nebo jiných produktů pro realizaci obvodových stěn. Jelikož všechny vybrané izolační materiály mohou být použity na jakýkoliv systém obvodových stěn, tak nehrají roli v kalkulaci a následnému porovnání výsledných cen. Déle zde neuvádím cenu za přípravu podkladu a provedení povrchové úpravy. Veškeré ceny spojovacích materiálů budou uvedeny bez DPH a převzaty z internetového obchodu firmy DEK, pro stejné podmínky výstupních hodnot, které nám do výpočtu vstupují. Jednotlivé ceny tepelných izolací budou převzaty ze stránek výrobců. Jedná se pouze o ceny materiálů bez práce a tloušťka izolace bude převzata z výpočtu součinitele prostupu tepla.

Tab. 24: ISOVER TF Profi

<b>Název výrobku</b>	<b>Cena za m<sup>2</sup> bez DPH</b>
<b>Cemix Basic 115</b>	27,0045 Kč
<b>Zakládací lišta plastová 1 m</b>	16,92 Kč
<b>ISOVER TF Profi tl. 140 mm</b>	532,23 Kč
<b>Talířová hmoždinka 8 ks/m<sup>2</sup></b>	61,12 Kč
<b>Webertherm plus ultra</b>	121,6 Kč
<b>Skleněná tkanina VertexR131 162 g/m<sup>2</sup></b>	16,5 Kč
<b>Penetrační nátěr pod omítku</b>	60,4 Kč
<b>Tenkovrstvá omítká</b>	193 Kč

Zdroj: vlastní

Tab. 25: KINGSPAN KOOLTHERM K5

Název výrobku	Cena za m <sup>2</sup> bez DPH
Webertherm plus ultra	121,6 Kč
Zakládací lišta plastová 1 m	16,92 Kč
KINGSPAN Kooltherm K5 tl. 80 mm	1130,74 Kč
Talířová hmoždinka 8 ks/m <sup>2</sup>	61,12 Kč
Webertherm plus ultra	121,6 Kč
Skleněná tkanina VertexR131 162 g/m <sup>2</sup>	16,5 Kč/m <sup>2</sup>
Penetrační nátěr pod omítku	60,4 Kč
Tenkovrstvá omítka	193 Kč

Zdroj: vlastní

Tab. 26: ISOVER EPS GreyWall plus

Název výrobku	Cena za m <sup>2</sup> bez DPH
Webertherm elastik	92,24 Kč
Zakládací lišta plastová 1 m	16,92 Kč
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	372,3 Kč
Talířová hmoždinka 8 ks/m <sup>2</sup>	61,12 Kč
Webertherm plus ultra	121,6 Kč
Skleněná tkanina VertexR131 162 g/m <sup>2</sup>	16,5 Kč/m <sup>2</sup>
Penetrační nátěr pod omítku	60,4 Kč
Tenkovrstvá omítka	193 Kč

Zdroj: vlastní

Tab. 27: ISOVER TWINNER

Název výrobku	Cena za m <sup>2</sup> bez DPH
Webertherm elastik	92,24 Kč
Zakládací lišta plastová 1 m	16,92 Kč
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	716,8 Kč
Talířová hmoždinka 8 ks/m <sup>2</sup>	61,12 Kč
Webertherm plus ultra	121,6 Kč
Skleněná tkanina VertexR131 162 g/m <sup>2</sup>	16,5 Kč/m <sup>2</sup>
Penetrační nátěr pod omítku	60,4 Kč
Tenkovrstvá omítka	193 Kč

Zdroj: vlastní

Tab. 28: ISOVER EPS 100F

Název výrobku	Cena za m <sup>2</sup> bez DPH
Webertherm elastik	92,24 Kč
Zakládací lišta plastová 1 m	16,92 Kč
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	396,62 Kč
Talířová hmoždinka 8 ks/m <sup>2</sup>	61,12 Kč
Webertherm plus ultra	121,6 Kč
Skleněná tkanina VertexR131 162 g/m <sup>2</sup>	16,5 Kč/m <sup>2</sup>
Penetrační nátěr pod omítku	60,4 Kč
Tenkovrstvá omítká	193 Kč

Zdroj: vlastní

Náklady na materiál, na 1 m<sup>2</sup> izolace celkem:

ISOVER TR Profi – **1028,78 Kč**

KINGSPAN KOOLTHERM K5 – **1724,88 Kč**

ISOVER EPS GreyWall plus – **934,08 Kč**

ISOVER TWINNER – **1278,58 Kč**

ISOVER EPS 100F – **958,4 Kč**

Po kalkulaci vyšel nejdražší podle očekávání KINGSPAN KOOLTHERM K5. I když se pro zaizolování použije nejmenší tloušťka izolační desky, tak cena je nejvyšší. Tento materiál se převážně používá u staveb, kde je potřeba zachovat co možno nejmenší tloušťku obvodové stěny. Oproti ISOVER TF Profi se uspoří 60 mm celkové tloušťky stěny. Při větších rozměrech stavby to může hrát velkou roli při výběru izolace. Nejlevnějším izolačním materiálem vyšel ISOVER EPS GreyWall plus. I když je EPS 100F levnější při stejné tloušťce, tak jeho izolační vlastnosti jsou horší a proto byla použita o 20 mm silnější tloušťka, která rozhodla celkovou cenu.

## 10. NÁVRATNOST INVESTICE DO ZATEPLENÍ

Návratnost investice je celkem obtížné určit. Vzhledem k výkyvům teplot a počtu vytápěných dní se nedá zcela přesně určit návratnost. Nejlepší metodou je kontrola nákladů na vytápění před a po zateplení, ale pro investora, který se rozhoduje zateplit je tato metoda zbytečná. Proto zde bude co nejnázorněji uvedeno vyčíslení nákladů a návratnost investice do zateplení na jednoduchém příkladu, který si může zkusit každý.

Jako první krok je výpočet tepelné ztráty obálky budovy. K tomu je potřeba znát celkovou vnitřní plochu domu (pro zjednodušení budeme počítat 500 m<sup>2</sup>). Dalším parametrem, který nám do výpočtu vstupuje je součinitel prostupu tepla, který převezmeme z vypočítaných hodnot v programu TEPLO 2017. Poslední hodnota, kterou potřebujeme znát je korekční součinitel „b”, ten se vypočte ze vztahu

$$b = \frac{t_i - t_{e1}}{t_i - t_{e2}}, \quad [2]$$

kde  $t_i$  je vnitřní teplota,  $t_{e1}$  vyjadřuje skutečnou teplotu na straně exteriéru a  $t_{e2}$  vyjadřuje výpočtovou venkovní teplotu. V našem případě se korekční součinitel rovná 1, jelikož počítáme stále se stejnou vnitřní i venkovní teplotou. Vzoreček, se kterým budeme počítat je

$$H_t = A \times U. \quad [3]$$

Tepelná ztráta obálky budovy bude vypočtena pro všechny porovnávané tepelné izolace a výsledky budou uvedeny v následující tabulce. Vypočítané hodnoty znamenají, kolik wattů tepelné ztráty máme při rozdílu teploty 1°C. Pro výpočet tepelné ztráty jsou definovány standardy podle lokalit. Na našem území jsou celkem tři různé venkovní výpočtové teploty -12°C, -15°C a -18°C. Budu počítat s prostřeni výpočtovou hodnotu a vzoreček pro výpočet bude vypadat

$$Q = \Sigma H_t \times \Delta T \quad [4]$$

Pokud budeme počítat s vnitřní teplotou 22°C a venkovní výpočtovou teplotou -15°C, tak je výsledný rozdíl teplot 37°C. Vynásobením tepelné ztráty rozdílem teplot dostaneme hodnotu ve wattech, kterou použijeme pro výpočet potřeby tepla pro vytápění budovy [16].

Tab. 29: Výpočet tepelné ztráty

Název izolantu	Hodnota tepelné ztráty [W/K]	Hodnota tepelné ztráty prostupem [W]
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	63,5	2349,5
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm	64	2368
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	63,5	2349,5
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	65,5	2423,5
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	63,5	2349,5

Zdroj: vlastní

Pro zjednodušení výpočtu se nezahrnují do celkových tepelných ztrát celkové tepelné ztráty větráním. Můžeme tedy pokračovat výpočtem potřeby tepla. K výpočtu této hodnoty je potřeba vědět, jak dlouho a jak intenzivně se bude topit. K tomu pomůžou normy ČSN 38 3350 Zásobování teplem a ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. V těchto normách je definována střední denní venkovní teplota za otopného období, která je 3,9°C a délka otopného období, které začíná 1. září a končí 31. května následující rok (245 dnů) nebo pokud v dané lokalitě poklesne průměrná denní teplota pod +13°C ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty pro následující den.

Roční potřeba tepla na vytápění se spočítá tak, že celkové tepelné ztráty  $Q_v$  budovy vynásobíme rozdílem teplot a délkou otopného období. Tyto hodnoty nejsou skutečnou spotřebou energie, ale jen potřebou tepla pro vytápění budovy. Skutečná potřeba energie závisí na mnoha dalších faktorech, jako je účinnost, tepelné zisky a další, ale pro ilustrativní příklad postačí.

Konečný vzoreček vypadá takto:

$$Q_v = Q \times (d / (22 - (-15))) \times (20 - t_{es}) \times 24 \quad [5]$$

$Q_v$  – Celkové tepelné ztráty,  $d$  – celková délka otopného období (245 dní),  $t_{es}$  – střední venkovní teplota za otopné období (3,9)

Celkové ztráty, za použití jednotlivých izolačních materiálů jsou uvedeny v následující tabulce [16].

Tab. 30: Výpočet potřeby tepla pro vytápění

Název izolantu	Potřeba tepla pro vytápění budovy [kWh/rok]
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	6011,42
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm	6058,75
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	6011,42
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	6200,75
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	6011,42

Zdroj: vlastní

Výsledné hodnoty splňují energetickou náročnost pro pasivní domy. Pro výpočet návratnosti počítejme, že před zateplením měla budova náklady na vytápění cca 80 kWh/m<sup>2</sup>rok. Touto hodnotou by se jednalo o standartní dům. Z těchto hodnot už lze vypočítat návratnost investice. Průměrná cena jedné kWh pro tepelná čerpadla je 3,5 Kč. Pokud by byla budova pořád v kategorii C, tak by majitel zaplatil ročně 140 000 Kč za náklady na vytápění budovy. Po zateplení by se cena za vytápění v případě ISOVER TF Profi snížila na 21 040 Kč. To je úspora v hodnotě 118 960 Kč.

Náklady na zaizolování objektu jsou převzaty z vypočítaných hodnot z tabulek 24 až 28. Tyto náklady představují pouze ceny za materiál, tzn není v nich zahrnuta práce. Proto se doba návratnosti bude od skutečnosti lišit. Plocha objektu bude 500 m<sup>2</sup>, které jsme použili při výpočtu potřeby tepla. Jednoduchými výpočty pak dostaneme náklady na realizaci zateplení a návratnost této investice. Pro přehlednost uvedu výsledky v tabulce se všemi hodnotami.

Tab. 31: Návratnost investice

Název izolantu	Celková investice v Kč	Návratnost v letech
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	514 390	4,32
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm	862 440	7,25
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	467 040	3,93
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	639 290	5,37
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	479 200	4,03

Zdroj: vlastní



Doba návratnosti vyšla ve stejném pořadí jako jednotlivé ceny izolačních materiálů. Nejdelší doba návratnosti náleží použití KINGSPAN KOOLTHERM K5, která je 7,25 roků. Oproti tomu ISOVER GreyWall plus má skoro poloviční návratnost investice. Z těchto výsledků plyne jednoznačné vítězství pro EPS GreyWall plus. Při nejnižší pořizovací ceně, nejrychlejší návratnosti a při tloušťce 120 mm, aby se objekt dostal na úroveň pasivního domu je tento systém skvělá volba pro investici do zateplení objektu.

## 11. NÁVRATNOST INVESTICE DO ZATEPLENÍ VČETNĚ PRÁCE

Tato kapitola poukazuje na rozdíl celkové investice do zateplení. V předešlé kapitole se investice i návratnost počítala jen v případě ceny materiálu. Bude zde vyčíslení celkových nákladů na zateplení, které bude kompletně realizováno stavební firmou. V nákladech jsou tedy kromě materiálu zakalkulovány práce, režie, NUS a případný zisk dodavatele.

Rozpočty zahrnují položky, které jsou zapotřebí pro izolaci fasádních stěn kontaktním zateplovacím systémem, bez otvorů a nároží. Tloušťka materiálu je použita podle stejných podmínek, jako v předešlé kapitole.

Obr 9: Náklady na zateplení ISOVER TF Profi tl. 140 mm

<b>1) Náklady ze soupisu prací</b>	<b>208 835,31</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	208 835,31
3 - Svislé a kompletní konstrukce	32 600,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	174 382,96
998 - Přesun hmot	1 852,35
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>10 441,77</b>
Zařízení staveniště	10 441,77
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>219 277,08</b>

Zdroj: Program KROS 4, cenová soustava URS, verze 2021.II

Obr 10: Náklady na zateplení KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm

<b>1) Náklady ze soupisu prací</b>	<b>262 175,30</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	262 175,30
3 - Svislé a kompletní konstrukce	32 600,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	228 060,98
998 - Přesun hmot	1 514,32
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>13 108,77</b>
Zařízení staveniště	13 108,77
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>275 284,07</b>

Zdroj: Program KROS 4, cenová soustava URS, verze 2021.II

Obr 11: Náklady na zateplení ISOVER EPS EPS GreyWall plus tl. 120 mm

<b>1) Náklady ze soupisu prací</b>	<b>184 823,97</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	184 823,97
3 - Svislé a kompletní konstrukce	32 600,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	150 880,10
998 - Přesun hmot	1 343,87
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>9 241,20</b>
Zařízení staveniště	9 241,20
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>194 065,17</b>

Zdroj: Program KROS 4, cenová soustava URS, verze 2021.II

Obr 12: Náklady na zateplení ISOVER TWINNER tl. 120 mm

<b>1) Náklady ze soupisu prací</b>	<b>221 498,93</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	221 498,93
3 - Svislé a kompletní konstrukce	32 600,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	187 409,10
998 - Přesun hmot	1 489,83
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>11 074,95</b>
Zařízení staveniště	11 074,95
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>232 573,88</b>

Zdroj: Program KROS 4, cenová soustava URS, verze 2021.II

Obr 13: Náklady na zateplení ISOVER EPS 100F tl. 140 mm

<b>1) Náklady ze soupisu prací</b>	<b>187 350,72</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	187 350,72
3 - Svislé a kompletní konstrukce	32 600,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	153 360,74
998 - Přesun hmot	1 389,98
<b>2) Ostatní náklady</b>	<b>9 367,54</b>
Zařízení staveniště	9 367,54
<b>Celkové náklady za stavbu 1) + 2)</b>	<b>196 718,26</b>

Zdroj: Program KROS 4, cenová soustava URS, verze 2021.II

Z jednotlivých rozpočtů je zřejmé, kolik by byla celková výše investice do zateplení fasádní stěny. Pořadí jednotlivých izolantů vztažené k průměrné ceně za 1 m<sup>2</sup> zůstalo stejné, ale celková cena je v některých případech třikrát větší, než byla cena pouze za materiál. V následující tabulce jsou zobrazeny náklady při realizaci svépomocí v porovnání s realizací stavební firmou.

Tab. 32: Porovnání nákladů na zateplení

Název izolantu	Průměrná cena za m <sup>2</sup> (material)	Průměrná cena za m <sup>2</sup> (včetně práce)
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	1028,78	2192,77
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm	1724,88	2752,84
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	934,08	1940,65
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	1278,58	2325,74
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	958,4	1967,18

Zdroj: vlastní

Z tabulky je jasně vidět, jak velkou část investice tvoří práce a další náklady vynaložené v případě realizace stavební firmou. Vzhledem ke stejnému systému zateplení, stejné přípravě podkladu a stejné omítce je zřejmé, že největší rozdíly v cenách tvoří samotný materiál. Ovšem při srovnání cen u izolantu pouze za materiál a včetně práce je cena v případě GreyWall plus dvakrát větší. Spousta lidí, kteří se rozhodují pro investici zapomíná na to, že materiál ve skutečnosti tvoří celkovou částku pouze z jedné třetiny až čtvrtiny.

Při výpočtu návratnosti pak hrají velkou roli náklady spojené s realizací stavební firmou, a celková doba se bude výrazně lišit od předešlých hodnot. Pokud bychom použili stejné parametry výpočtu jako při výpočtu návratnosti investice pouze za materiál, bude pořadí jednotlivých materiálů stejné. Největší rozdíl nastane ve skutečné době návratnosti, která je zobrazena v následující tabulce.

Tab. 33: Skutečná návratnost investice

<b>Název izolantu</b>	<b>Celková investice v Kč</b>	<b>Návratnost v letech</b>
<b>ISOVER TF Profi tl. 140 mm</b>	1 096 385	9,22
<b>KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm</b>	1 376 420	11,57
<b>ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm</b>	970 325	8,16
<b>ISOVER TWINNER tl. 120 mm</b>	1 162 870	9,78
<b>ISOVER EPS 100F tl. 140 mm</b>	983 590	8,27

Zdroj: vlastní

Výsledné hodnoty se poměrově velmi liší od předchozí návratnosti pouze za materiál. Zatímco předešlá návratnost se v některých případech lišila i o více než dvojnásobek, tak po započtení práce jsou hodnoty dost podobné. I když je doba návratnosti řádově jinde, musíme počítat s touto dobou i v případě realizace svépomocí.

## 12. ÚSPORA VZNIKLÝCH EMISÍ PŘI VYTÁPĚNÍ

V této kapitole bude uvedeno množství emisí vzniklých při vytápění objektu a jejich snížení při zateplení objektu. Jelikož je množství emisí různé podle druhu paliva, tak popíšu jen vznik a úsporu emisí za použití fosilního paliva, a to černého uhlí. Jedním z nejznámějších a nejvýznamnějších plynů vzniklých při spalování fosilních paliv je SO<sub>2</sub>. Podle emisního faktoru, což je střední měrná výrobní emise, která udává množství znečišťujících látek připadajících na hmotnost paliva. Hodnota pro černé uhlí u kotle s pohyblivým roštem je 19,0 kg SO<sub>2</sub>/t paliva. Dalšími emisemi jsou NO<sub>x</sub> a CO, u kterých jsou hodnoty 7,5 kg NO<sub>x</sub>/t a 1,0 kg CO/t. Energie získaná z 1 kg tříděného uhlí je cca 17,18 MJ/kg. Pokud bychom použili stejný příklad, jako u výpočtu návratnosti, tak spotřebovaná energie u objektu v kategorii "C" byla 50 000 kWh/rok, což je 180 GJ. V případě vytápění objektu kotlem na černé uhlí, tak by byla potřeba 10,5 t uhlí. Pokud vynásobíme množství emisí připadajících na tunu černého uhlí, tak dostaneme celkové množství emisí vzniklých při vytápění za rok. V případě zaizolovaného objektu by byla potřebná energie ve výši 22,3 GJ. Celkové množství vzniklých emisí v obou případech a jejich rozdíl jsou uvedeny v následující tabulce [17].

Tab. 34: Množství emisí vzniklých při vytápění kotlem na černé uhlí

Druh emise	Množství emisí v nezaizolovaném objektu	Množství emisí v zaizolovaném objektu	Rozdíl
SO <sub>2</sub>	199,5 kg	24,7 kg	174,6 kg
NO <sub>x</sub>	78,75 kg	9,75 kg	69 kg
CO	10,5 kg	1,3 kg	9,2 kg
CO <sub>2</sub>	16,5 t	2,046 t	14,454 t

Zdroj: vlastní

Z výsledných hodnot je vidět velký rozdíl v množství emisí ušetřených při zateplení. Pokud by někdo přemýšlel nad zateplením, jestli se to vyplatí, tak z hlediska vlivu na životní prostředí se to mnohonásobně vrátí.

### 13. ZÁVĚR

Při posuzování parametrů pro rozhodování ve volbě izolačního materiálu byly zvoleny čtyři kategorie, které mohou nejvíce pomoci pro jeho volbu. Prvním kritériem jsou izolační vlastnosti. V tomto ohledu má nejlepší vlastnosti KINGSPAN KOOLTHERM K5, vyrobený z fenolické pěny. Bohužel tomu odpovídá i jeho cena, která je druhým kritériem a tam vyšel nejhůře. Z hlediska ceny je nejlepší volba ISOVER EPS GreyWall plus, který se dostal na první místo v této. Další kritérium, které bylo zohledněno je třída reakce na oheň. V této kategorii dominuje ISOVER TF Profi, vyrobený z kamenné vlny. Tento materiál se řadí do kategorie A, tzn že je nehořlavý a nepřispívá tak svými vlastnostmi k rozvoji požáru. Oproti tomu je v této kategorii EPS nejhorším materiálem. Se třídou reakce na oheň s označením E se umístil na posledním místě. Poslední kritérium, které nám vstupuje do rozhodování je vliv na životní prostředí. Zde opět vyhrál ISOVER TF Profi. Jelikož nám do tohoto kritéria spadá více faktorů, které ovlivňují celkový vliv, tak nebylo lehké určit přesné pořadí dalších materiálů. Máme tedy tři materiály, které vyhráli alespoň jednu z uvedených kategorií. Jedná se o výrobek KOOLTHERM K5 od firmy KINGSPAN a dva výrobky od firmy ISOVER a těmi jsou TF Profi a EPS Greywall plus.

Tab. 35: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu

Název izolantu	Tepelně izolační vlastnosti	Cena	Třída reakce na oheň	Vliv na životní prostředí
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	0,037 W/mK	2193 Kč	A1	1
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm	0,02 W/mK	2753 Kč	C	5
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm	0,032 W/mK	1941 Kč	E	3
ISOVER TWINNER tl. 120 mm	0,034 W/mK	2326 Kč	B	2
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm	0,037 W/mK	1967 Kč	E	4

Zdroj: vlastní

Barevně jsou rozlišeny hodnoty jednotlivých kritérií, kde zelená je nejlepší, oranžová – druhé místo, modrá – třetí místo, šedá – čtvrté místo a bílá je páté

Tab. 36: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu vyhodnocení

Vyhodnocení kritérií		Tep. Iz. Vlastnosti	cena	reakce na oheň	vliv na životní prostředí	Celkem získaných bodů
Název izolantu	Váha kritéria	30%	40%	10%	20%	
ISOVER TF Profi tl. 140 mm	Počet bodů za jednotlivé kategorie	40	60	100	100	66
KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm		100	20	60	20	48
ISOVER EPS GreyWall plus tl. 120 mm		80	100	40	60	80
ISOVER TWINNER tl. 120 mm		60	40	80	80	58
ISOVER EPS 100F tl. 140 mm		40	80	40	40	56

Zdroj: vlastní

Pořadí izolantů v jednotlivých kategoriích byly ohodnoceny body 20 až 100 a přepočítány dle důležitosti každé kategorie. Po sečtení a přepočítání bodů dle váhy jednotlivých kategorií, vyšel jako vítěz ISOVER GreyWall plus. I když se najde investor, který nehledí na cenu daného izolantu, zůstává i tak nejdůležitějším kritériem. Ze čtyř zvolených kritérií je jasně na prvním místě. Dalším kritériem musí být izolační vlastnosti, bez kterých nelze tento materiál porovnávat. Váhy jednotlivých kategorií může posoudit každý investor dle svých vlastních preferencí nebo získaných zkušeností. Záleží na každém a jeho pohledu, na kterou stranu se váhy preferencí překlopí. Jestli to bude cena a návratnost nebo ochrana životního prostředí. Pokud by si investor nebyl jistý volbou mezi EPS nebo kamennou vlnou, tak může zvolit jeho kombinaci v podobě výrobku ISOVER TWINNER. Je to alternativní řešení, kterým nelze nic pokazit.



Graf 1: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu – vyhodnocení



Zdroj: vlastní

Je potřeba říci, že mnoho výrobců a montážních firem zdůrazňuje, aby lidé nehleděli pouze na cenu jednotlivých materiálů nebo prací. Vypočítaná návratnost je toho důkazem, protože se jednotlivé hodnoty výrazně neliší. Jedinou výjimkou je výrobek společnosti KINGSPAN, ale jak už bylo řečeno. Velkou výhodou u tohoto izolantu je jeho potřebná tloušťka na dosažení stejných hodnot jako u jeho konkurentů. Tuto variantu ocení hlavně ti, kteří chtějí co největší vnitřní prostor a malou tloušťku obvodové stěny.

Graf 2: Poměr prodaných izolací na Českém trhu



Zdroj: enuby.cz

Z uvedeného grafu je zřejmé, že největší zastoupení má na českém trhu polystyren, který se svou cenou zaujímá největší místo na trhu. Je to důkaz toho, že cena je stále nejdůležitějším kritériem při volbě izolačního materiálu.

Pokud by se někdo ptal, jestli má význam zateplovat, nabízí se jediná odpověď a to „ANO“. I když se může počáteční investice zdát vysoká a návratnost není dostatečný argument, je tu řada dalších faktorů, které říkají to samé. Například úspora emisí při vytápění. Sice vznikne určitě množství emisí při výrobě, ale tyto hodnoty jsou diametrálně odlišné. Obzvláště v případě použití přírodních materiálů. Z ekonomického hlediska zde hraje roli úspora nákladu a životnost izolačních materiálů. Návratnost se může zdát vysoká, ale z hlediska životnosti stavby a izolace je tato hodnota více než přesvědčivá. Dále se tím zvýší hodnota samotného objektu, který při případném prodeji vzroste na ceně. Dále jsou zde dotace na zateplení, které dobu návratnosti výrazně sníží. Podmínkou je však provádění specializovanou firmou a odpadá tak možnost práce svépomocí.

## **14. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ**

Tab. 1: Přehled deklarovaných hodnot izolačních materiálů .....	9
Tab. 2: Klasifikace tříd reakce na oheň.....	10
Tab. 3: Přehled deklarovaných hodnot izolačních materiálů .....	11
Tab. 4: ceny vybraných izolačních materiálů.....	12
Tab. 5: Přehled deklarovaných hodnot izolačních materiálů ISOVER EPS.....	14
Tab. 6: Přehled deklarovaných hodnot styrotrade styrotherm EPS.....	14
Tab. 7: Přehled PRŮMĚRNÝCH deklarovaných hodnot izolací z minerální kamenné vlny..	14
Tab. 8: Výhody a nevýhody EPS .....	15
Tab. 9: Výhody a nevýhody minerální izolace.....	16
Tab. 10: Výhody a nevýhody pěnové sklo.....	16
Tab. 11: Výhody a nevýhody fenolická pěna.....	17
Tab. 12: Charakteristické hodnoty - Isover EPS 100F tl. 140 mm .....	18
Tab. 13: Charakteristické hodnoty - Minerální kamenná vlna Isover TF Profi tl. 140 mm.....	19
Tab. 14: Charakteristické hodnoty - Kooltherm K5 kontaktní fasádní deska tl. 140 mm.....	19
Tab. 15: Charakteristické hodnoty - Isover EPS GreyWall Plus tl. 140 mm.....	20
Tab. 16: Charakteristické hodnoty - Isover TWINNER tl. 140 mm .....	21
Obr.2: Koncentrace celkového fosforu v povrchových vodách (Převzato z webových stránek www.klimatickazmena.cz) .....	23
Obr 3: Nejvyšší maximální 8hod. klouzavý průměr koncentrace přízemního ozonu v průměru za 3 roky, 2014-2016 (zdroj: ČHMU).....	24
Tab. 17: Enviromentální parametry – minerální kamenná vlna.....	25
Tab. 18: Enviromentální parametry – Pěnové sklo .....	25
Tab. 19: Enviromentální parametry – Polystyren pěnový EPS, desky .....	25
Tab. 20: Enviromentální parametry – Polyuretan, pružná pěna.....	26
Tab. 21: Enviromentální parametry – Celulózová vlákna, včetně foukání.....	26
Tab. 22: Hodnocení potencionální návratnosti využití izolačních materiálů metodou LCA...	27
Tab. 23: Hodnocení náročnosti výroby izolačních materiálů metodou LCA, globální oteplování .....	27
Obr 14: Schéma kladení izolantu u nároží domu (zdroj vlastní).....	31
Obr 15: Detail soklu s použitím EPS 70F a jeho kotvení (zdroj vlastní).....	32
Obr 16: Kotvení izolantu v ploše ve dvou variantách (zdroj vlastní) .....	33
Obr 17: Nanášení armovací vrstvy na fasádu (zdroj vlastní).....	34

Obr 4: Výsledné grafy Isover TF Profi z programu TEPLO 2017.....	36
Obr 5: Výsledné grafy KINGSPAN KOOLTHERMK5 z programu TEPLO 2017 .....	37
Obr 6: Výsledné grafy ISOVER EPS Greywall z programu TEPLO 2017 .....	38
Obr 7: Výsledné grafy ISOVER RWINNER z programu TEPLO 2017 .....	39
Obr 8: Výsledné grafy ISOVER EPS 100F z programu TEPLO 2017.....	40
Tab. 24: ISOVER TF Profi .....	42
Tab. 25: KINGSPAN KOOLTHERM K5 .....	43
Tab. 26: ISOVER EPS GreyWall plus.....	43
Tab. 27: ISOVER TWINNER.....	43
Tab. 28: ISOVER EPS 100F .....	44
Tab. 29: Výpočet tepelné ztráty .....	46
Tab. 30: Výpočet potřeby tepla pro vytápění .....	47
Tab. 31: Návratnost investice.....	47
Obr 9: Náklady na zateplení ISOVER TF Profi tl. 140 mm .....	49
Obr 10: Náklady na zateplení KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm .....	49
Obr 11: Náklady na zateplení ISOVER EPS EPS GreyWall plus tl. 120 mm.....	50
Obr 12: Náklady na zateplení ISOVER TWINNER tl. 120 mm .....	50
Obr 13: Náklady na zateplení ISOVER EPS 100F tl. 140 mm.....	50
Tab. 32: Porovnání nákladů na zateplení .....	51
Tab. 33: Skutečná návratnost investice .....	52
Tab. 34: Množství emisí vzniklých při vytápění kotlem na černé uhlí .....	53
Tab. 35: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu .....	54
Tab. 36: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu vyhodnocení.....	55
Graf 1: Kritéria výběru tepelně izolačního materiálu – vyhodnocení.....	56
Graf 2: Poměr prodaných izolací na Českém trhu .....	57

## 15. SEZNAM VZORCŮ

- [1] Součinitel tepelné vodivosti
- [2] Korekční součinitel
- [3] Tepelné ztráty obálkou budovy při rozdílu teplot 1°C
- [4] Tepelné ztráty obálkou budovy
- [5] Celkové tepelné ztráty obálkou budovy

## 16. LITERATURA

- [6] Renáta Schneiderová Heralová, Stanislav Vitásek, Lucie Brožová, Iveta Střelcová, Oceňování staveb, České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-06748-2
- [7] Ladislav Linhart, Zateplování budov, Grada Publishing a.s., U průhonu 22, Praha 7, ISBN 978-80-247-3361-6
- [8] ŠUBRT, Roman. Tepelné izolace domů a bytů. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9566-1.

## 17. ZDROJE

- [9] TZB-INFO. Ing. arch. Petr Hejtmánek, Ing. Hana Najmanová, Ing. Marek Pokorný, Ph.D., Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze. [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2021, ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13649-vybrane-pozarne-technicke-charakteristiky-stavebnich-vyrobku-a-hmot>
- [10] Otto Dvořák, Petr Hejtmánek, Toxicita zplodin hoření látek, materiálů a výrobků ve stavebnictví. Rozborová zpráva pro asociaci výrobků minerální izolace, [online] [str. 42], UCEEB ČVUT v Praze 2019. Dostupné z: [https://docs.wixstatic.com/ugd/8aa6da\\_3f5679fd13a843f5983cf83db324a432.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/8aa6da_3f5679fd13a843f5983cf83db324a432.pdf)
- [11] TZB-INFO. Součinitel tepelné vodivosti, [online]. © Copyright [Topinfo s.r.o.](http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti) 2001-2021, ISSN 1801-4399, [cit. 28.11.2017]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>

- [12] IZOLACE-INFO. Paropropustnost, difúze a kondenzace vodní páry, I. část, [online]. © 2013 [cit. 28. 5. 2013]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/fyzikalni-veliciny/9527-paropropustnost-difuze-a-kondenzace-vodni-pary-i-cast-a.html#.YKFQUqEzXQw>
- [13] TZB-INFO. Zateplovací systémy ETICS, [online]. © Copyright [Topinfo s.r.o.](#) 2001-2021, ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>
- [14] TK-THERM. Základní přehled tepelně izolačních materiálů, [online]. © Copyright 2013 by [TK-Therm](#). Dostupné z: [https://www.tk-therm.cz/kestazeni/Prehled\\_tepelne\\_izolacnich\\_materialu.pdf](https://www.tk-therm.cz/kestazeni/Prehled_tepelne_izolacnich_materialu.pdf)
- [15] KLIMATICKÁ ZMĚNA.CZ. Eutrofizace a acidifikace životního prostředí, [online]. © 2021 Klimatická změna. Dostupné z: <https://www.klimatickazmena.cz/cs/vse-o-klimaticke-zmene/eutrofizace-a-acidifikace-zivotniho-prostredi/>
- [16] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Zlepšení materiálového využití vybraných stavebních a demoličních odpadů, [online], © ECO trend s.r.o. 2015 (str. 150-152), Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty\\_po8\\_opzp\\_2007\\_2013/\\$FILE/OODP-Zlepseni\\_vyuziti\\_SDO-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-Zlepseni_vyuziti_SDO-20160810.pdf)
- [17] IZOLACE-INFO. Ekologická likvidace izolace a tloušťky izolací v modelové konstrukci dle norem, [online]. Copyright © 2008-2020 [cit. 3. 12. 2015]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-obecne-informace/20486-ekologicka-likvidace-izolace-a-tloustky-izolaci-v-modelove-konstrukci-dle-norem-a.html#.YKFb66EzXQw>
- [18] ISOVER – KATALOG VÝROBKŮ, [online] [str. 32-33]. Divize ISOVERSAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS CZ a.s.Smrčková 2485/4 • 180 00 Praha 2020. Dostupné z:

[https://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/katalog-isover\\_10\\_2020.pdf](https://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/katalog-isover_10_2020.pdf)

- [19] KINGSPAN. Montážní doporučení Kooltherm K5, [online]. © Kingspan Group 2021. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolace/izolacni-desky/kooltherm-k5-kontaktni-fasadni-deska>
- [20] TZB-INFO. Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky, [online]. © Copyright [Topinfo s.r.o.](http://www.topinfo.cz) 2001-2021, ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [21] SAMI SOBĚ. Výpočet tepelné ztráty budovy, [online]. Copyright © Lukáš Beran & Eva Sovová z: <https://www.selfiehome.cz/2019/03/vypocet-tepelne-ztraty-budovy/>
- [22] TZB-INFO. Emise z kotelen a ochrana ovzduší (III), Stanovení koncentrace emisí ve spalínách, [online]. © Copyright [Topinfo s.r.o.](http://www.topinfo.cz) 2001-2021, ISSN 1801-4399, [cit. 28.11.2017]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/2309-emise-z-kotelen-a-ochrana-ovzdusi-iii>
- [23] ENVIMAT. Stavební výroba a životní prostředí-materiály, [online]. © Envimat.cz, 2010 – 2021. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/materialy/>
- [24] ZOFI. Postup zateplení fasády polystyrenem – krok za krokem, [online]. © Zofi.cz, 2003 – 2022. Dostupné z: <https://www.zofi.cz/postup-zatepleni-fasady-polystyrenem-krok-za-krokem>
- [25] ENERGETICKY ÚSPORNÉ BYDLENÍ. Největším žroutem energie jsou staré nezateplené nemovitosti. [online]. © Energeticky úsporné bydlení 2009+. Dostupné z: <https://www.enuby.cz/vytapani/nejvetsim-zroutem-energie-jsou-stare-nezateplene-nemovitosti.html>

## **18. SEZNAM NOREM A NAŘÍZENÍ**

ČSN EN 13162+A1 Tepelněizolační výrobky pro budovy - Průmyslově vyráběné výrobky z minerální vlny (MW) – Specifikace.

ČSN EN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň.

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

ČSN 13501-1 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb – Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň.

ČSN 73 0810 Požární bezpečnost staveb – Společné ustanovení.

ČSN 73 3610 Navrhování klempířských konstrukcí.

Vyhláška č. 148/2007 Sb. ze dne 18. června 2007 o energetické náročnosti budov.

ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení.

ČSN 73 2901: Provádění vnějších tepelněizolačních kompozitních systémů ETICS.

ČSN 73 2902: 2020 Vnější tepelně izolační kompozitní systémy (ETICS) – Navrhování a použití mechanického upevnění pro spojení s podkladem.

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

ČSN 38 3350 Zásobování teplem, všeobecné zásady.

ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.



## **19. SEZNAM PŘÍLOH**

1. Technický list ISOVER TF Profi
2. Technický list ISOVER EPS 100F
3. Technický list ISOVER TWINNER
4. Technický list ISOVER EPS GreyWall Plus
5. Technický KINGSPAN KOOLTHERM K5
6. Shrnutí vlastností hodnocených konstrukcí z programu TEPLO 2017
7. Rozpočet ISOVER TF Profi tl. 140 mm
8. Rozpočet KINGSPAN KOOLTHERM K5 tl. 80 mm
9. Rozpočet ISOVER EPS EPS GreyWall plus tl. 120 mm
10. Rozpočet Náklady na zateplení ISOVER TWINNER tl. 120 mm
11. Rozpočet ISOVER EPS 100F tl. 140 mm