

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Analýza životního cyklu expandovaného polystyrenu
ve stavebnictví**

Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Kristýna HÁNOVÁ**
Osobní číslo: **A18N0068P**
Studijní program: **N3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Stavitelství**
Téma práce: **Analýza životního cyklu expandovaného polystyrenu ve stavebnictví**
Zadávající katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Analýza materiálových parametrů EPS, výroba a druhy.
2. Aplikace pěnového polystyrenu ve stavebnictví, požadavky a rizika.
3. Analýza jednotlivých kroků životního cyklu pěnového polystyrenu, technické, ekonomické a environmentální souvislosti.
4. Analýza degračních a mimořádných vlivů na pěnový polystyren zabudovaný do konstrukcí.
5. Analýza životnosti dílčích typů pěnového polystyrenu a možnosti recyklace nebo jiného dalšího využití.
6. Možné způsoby optimalizace jednotlivých fází životního cyklu.

Rozsah diplomové práce: **textová část 50 – 60 stran A4**
Rozsah grafických prací: **výkresové přílohy 20 – 30 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. Zákony, normy, vyhlášky, odborné časopisy v oblasti stavebnictví
2. Montážní předpisy pro nakládání s polystyrenem
3. ČSN EN 13163 +A2 Tepelněizolační výrobky pro budovy – průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS) – Specifikace
4. ČSN 72 7221-2 Tepelně izolační výrobky pro použití ve stavebnictví – Část 2: Průmyslově vyráběné výrobky z pěnového polystyrenu (EPS)
5. Lynwood C.: Polystyrene: Synthesis, Characteristics and Applications. Nova Science Publishers, Incorporated, 2014, ISBN 9781633213562
6. Linhart L.: Zateplování budov. Praha: Grada Publishing, a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3361-6

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **1. července 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. ledna 2020**

Radová

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka



Jan Vimmr

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci s názvem „Analýza životního cyklu expandovaného polystyrenu ve stavebnictví“ zpracovala samostatně pod odborným dohledem pana Doc. Ing. Jana Paška, Ph.D. a za použití odborné literatury a dalších zdrojů, uvedené v seznamu této diplomové práce.

V Plzni, dne 22.6.2020

.....

Bc. Kristýna Hánová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu Doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D. za konzultace, při kterých mi věnoval svůj čas a užitečné rady. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přáteli, za velkou podporu během studia.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá analýzou expandovaného polystyrenu využívaného ve stavebnictví. Cílem práce je poukázat na negativní i pozitivní faktory tohoto materiálu.

V teoretické části je shrnuta základní charakteristika expandovaného polystyrenu. Ta zahrnuje postup výroby, vlastnosti a možnosti využití EPS ve stavebnictví. Teoretická část dále popisuje celý životní cyklus tohoto materiálu, který zahrnuje všechny fáze procesu od výroby až po likvidaci, včetně jejich optimalizací.

V praktické části byla provedena analýza čtyř vybraných skladeb konstrukcí stěn s kontaktním zateplením z EPS s ohledem na ekonomické a environmentální souvislosti.

Tato analýza vedla k vyhodnocení optimální tloušťky tepelného izolantu pro daný typ konstrukce v závislosti na celkový dopad na životní prostředí a ekonomiku.

Klíčová slova

Tepelná izolace, expandovaný polystyren, životní cyklus, environmentální analýza, ekonomická analýza

Abstract

The diploma thesis deals with analysis of using expanded polystyrene in construction. The aim of the work is to point out the negative and positive factors of this material.

In the theoretical part is summarized the basic characteristic of expanded polystyrene. This includes the production process, properties and possibilities of using EPS in construction. The theoretical part also describes the entire life cycle of this material, which includes all stages of the process from production to disposal, including their optimization.

In the practical part was made an analysis of four selected compositions of constructed walls with contact insulation from EPS, with regard to economic and environmental contexts.

This analysis led to the evaluation of the optimal thickness of the thermal insulator for the selected type of structure depending on the overall impact on the environment and the economy.

Keywords

Thermal insulation, expanded polystyrene, life cycle, environmental analysis, economic analysis

Obsah

Úvod.....	1
Cíl práce	1
Hypotéza.....	1
TEORETICKÁ ČÁST.....	2
1 Základní charakteristika expandovaného polystyrenu	2
1.1 Výroba expandovaného polystyrenu	2
1.1.1 Základní suroviny	2
1.1.2 Postup výroby	2
1.2 Vlastnosti expandovaného polystyrenu	4
1.2.1 Tepelná vodivost.....	4
1.2.2 Mechanická odolnost.....	5
1.2.3 Zvukově izolační vlastnost	6
1.2.4 Teplotní odolnost.....	6
1.2.5 Rozměrové změny	6
1.2.6 Nasákavost.....	7
1.2.7 Odolnost vůči UV záření	8
1.2.8 Biologické vlastnosti	8
1.2.9 Chemické vlastnosti.....	8
1.2.10 Odolnost vůči ohni.....	8
2 Využití expandovaného polystyrenu ve stavebnictví.....	10
2.1 Tepelně izolační prvky z EPS.....	10
2.1.1 EPS desky a bloky	10
2.1.2 EPS v sendvičových panelech	13
2.1.3 EPS drcený	13
2.2 Akustické prvky z EPS	14
2.3 Ztracené bednění z EPS	14

2.4	EPS v geotechnických aplikacích.....	15
3	Fáze životního cyklu expandovaného polystyrenu ve výstavbě	17
3.1	Hodnocení fází životního cyklu.....	18
3.2	Analýza procesu výroby EPS	18
3.3	Analýza fáze aplikování EPS do konstrukcí	19
3.4	Analýza likvidace EPS odpadů	21
3.4.1	Energetické využití	22
3.4.2	Chemická recyklace.....	23
3.4.3	Mechanická recyklace	24
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	26
4	Environmentální a ekonomická analýza	26
4.1	Výpočet potřeby tepla.....	26
4.2	Environmentální analýza využití EPS pro zateplování svislých konstrukcí	29
4.2.1	Analýza závislosti tloušťky TI na množství spotřebované energie ..	29
4.2.2	Analýza závislosti tloušťky TI na množství vyprodukovaných emisí CO ₂	33
4.3	Ekonomická analýza využití EPS pro zateplování svislých konstrukcí	42
4.3.1	Náklady na vytápění	42
4.3.2	Náklady na provedení kontaktního zateplení svislé konstrukce.....	43
4.3.3	Návratnost investice za provedení zateplení a optimální tloušťka TI z ekonomického hlediska.....	44
4.4	Zhodnocení výsledků.....	53
	Závěr.....	55
	Seznam použité literatury a ostatních zdrojů	57
	Použitý software	62
	Seznam příloh diplomové práce	62

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Výroba EPS [4].....	4
Obrázek č. 2 - Účinky teplotního zatížení na ETICS [7]	7
Obrázek č. 3 - Schéma svislé konstrukce systému ETICS, zdroj: autorka DP	11
Obrázek č. 4 - EPS trámky [15]	12
Obrázek č. 5 - Dutinová cihla s EPS výplní [20]	14
Obrázek č. 6 - EPS tvarovka [21].....	15
Obrázek č. 7 - Ukázka využití EPS Geofom pro stavbu silnice [23]	15
Obrázek č. 8 - Proces CreaSolv pro chemickou recyklaci [37].....	23
Obrázek č. 9 - Mechanická recyklace - možnosti využití EPS odpadů [33]	25

Seznam grafů

Graf č. 1 - Spotřeba EPS v ČR v minulých letech [9][26]	17
Graf č. 2 - CPP - potřeba energie na vytápění a výrobu EPS (životnost 30 let), zdroj: autorka DP	30
Graf č. 3 - CPP - potřeba energie na vytápění a výrobu EPS (životnost 50 let), zdroj: autorka DP	30
Graf č. 4 - Vyprodukované množství CO ₂ při použití EPS (životnost 30 let), zdroj: autorka DP	36
Graf č. 5 - Vyprodukované množství CO ₂ při použití EPS (životnost 50 let), zdroj: autorka DP	36
Graf č. 6 - Grafické zobrazení cen za spotřebovanou energii za vytápění a za provedení zateplení (CPP), zdroj: autorka DP	50
Graf č. 7 - Grafické zobrazení cen za spotřebovanou energii za vytápění a za provedení zateplení (CPP), zdroj: autorka DP	50

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Typy bloků EPS Geofam [24]	16
Tabulka č. 2 - Porovnání vybraných materiálu, Zdroj: Technické listy a EPD protokoly od výrobců.....	20
Tabulka č. 3 – Uvažované vlastnosti EPS 70F ve výpočtu [37]	26
Tabulka č. 4 – Uvažované vlastnosti dle typů stěny, zdroj: autorka DP	27
Tabulka č. 5 – klimatická data pro uvažované topné období [40]	28
Tabulka č. 6 – Energetická bilance zateplení stěny z cihel plných pálených, zdroj: autorka DP	29
Tabulka č. 7- Energetická bilance zateplení stěny z vápenopískových cihel, zdroj: autorka DP	31
Tabulka č. 8 - Energetická bilance zateplení stěny z děrovaných cihel P+D, zdroj: autorka DP	32
Tabulka č. 9 - Energetická bilance zateplení stěny z železobetonového panelu, zdroj: autorka DP	32
Tabulka č. 10 - Optimální tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F z energetického hlediska, zdroj: autorka DP	33
Tabulka č. 11 – Emisní faktory CO ₂ pro energii přivedenou v palivu v ČR [42].....	34
Tabulka č. 12 – Emisní faktory CO ₂ pro uvažovaná spalovací zařízení, zdroj: autorka DP....	34
Tabulka č. 13 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (CPP), zdroj: autorka DP	35
Tabulka č. 14 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (VPC), zdroj: autorka DP	38
Tabulka č. 15 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (DC), zdroj: autorka DP	39
Tabulka č. 16 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (ŽB), zdroj: autorka DP	40
Tabulka č. 17 – Optimální tloušťky tepelné izolace v závislosti na množství vyprodukovaných emisí, zdroj: autorka DP	41
Tabulka č. 18 – Ceny tepla pro vybraná spalovací zařízení [43]	43
Tabulka č. 19 – Ceny za provedení kontaktního zateplení svislých konstrukcí z EPS, zdroj: autorka DP	44

Tabulka č. 20 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (CPP), zdroj: autorka DP	46
Tabulka č. 21 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (VPC), zdroj: autorka DP	47
Tabulka č. 22 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (DC), zdroj: autorka DP	48
Tabulka č. 23 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (ŽB), zdroj: autorka DP	49
Tabulka č. 24 - Optimální tloušťky tepelné izolace z ekonomického hlediska, zdroj: autorka	52
Tabulka č. 25 - Optimální tloušťka tepelné izolace pro splnění doporučených hodnot součinitele prostupu tepla U_{rec} [mm], zdroj: autorka	53

Seznam použitých zkratk

EPS	Expandovaný polystyren
ETICS	Vnější kontaktní zateplovací systém (External thermal insulation composite system)
TI	Tepelná izolace
LCA	Hodnocení životního cyklu (Life Cycle Assessment)
EPD	Environmentální prohlášení o produktu (Environmental Product Declaration)
HBCDD	Hexabromocyklododekan
EU	Evropská unie
λ_u	Návrhový součinitel tepelné vodivosti
d	Tloušťka konstrukce
R	Tepelný odpor konstrukce
U	Součinitel prostupu tepla konstrukce
Q_i	Tepelná ztráta za topný měsíc
Q_{rok}	Tepelná ztráta za rok
A_i	Plocha stavební části
t_i	Počet topných dní vyjádřených v čase
θ_{int}	Návrhová teplota interiéru
θ_{ext}	Návrhová teplota exteriéru
CPP	Cihla plná pálená
VPC	Vápenopísková cihla
DC	Stěna z děrovaných cihel P+D
ŽB	Železobetonová stěna
CO ₂	Oxid uhličitý
NT	Nízký tarif

VT	Vysoký tarif
DPH	Daň z přidané hodnoty
T_s	Doba návratnosti
IN	Cena investice
CF	Roční úspora
DP	Diplomová práce

Úvod

V současné době se v rámci udržitelného rozvoje klade důraz na snižování spotřebované energie a množství vyprodukovaných emisí při realizaci a užívání staveb. V důsledku tohoto rozvoje, se zvýšilo využívání právě tepelných izolací pro zlepšení tepelně izolačních vlastností obálky budov.

Na trhu je mnoho výrobků, které jsou využívány jako tepelné izolace. Při výběru vhodného materiálu je poukazováno hlavně na technické a ekonomické parametry, které zdůrazňují výhody využití daného produktu (cena, snadnost použití, dostupnost). Vlastnosti spojené s ekologickými parametry jsou však do jisté míry ignorovány. Návrh zateplení objektu, by měl vycházet z pozitivních i negativních návazností pro využití daného materiálu.

Produkce EPS v ČR i zahraničí rok od roku stoupá, je zapotřebí tedy brát v úvahu vlivy tohoto materiálu na životní prostředí a optimalizovat tak jednotlivé fáze od výroby až po konečnou životnost EPS.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou popsány základní vlastnosti, využití tohoto materiálu ve stavebnictví a celý životní cyklus EPS.

V praktické části provedena analýza jednotlivých skladeb konstrukcí stěn s kontaktním zateplením z EPS z ekonomického a environmentálního hlediska. Provedení výpočtů vedlo k vyhodnocení optimální tloušťky tepelného izolantu pro daný typ konstrukce v závislosti na celkovém dopadu na životní prostředí a ekonomiku.

Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je poukázat na pozitivní i negativní faktory spojené s použitím expandovaného polystyrenu ve výstavbě a analyzovat optimální tloušťku pro kontaktní zateplení svislých konstrukcí z environmentálního a ekonomického hlediska.

Hypotéza

Předpokládá se, že s rostoucí tloušťkou tepelného izolantu rostou náklady na výrobu jak finanční, tak náklady v podobě vynaložené energie a množství vyprodukovaných emisí.

Zároveň se však očekává, že tyto faktory budou kompenzovány po zabudování EPS do budov, vlivem zlepšení obálky stavby a tím snížení potřeby tepla na vytápění, na kterém závisí jak finanční náklady, tak množství vyprodukovaných emisí.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Základní charakteristika expandovaného polystyrenu

Polystyren je jedním z nejrozšířenějších druhů plastů. Je to polymer vyrobený z monomeru styrenu, kapalného uhlovodíku, který je chemicky vyráběn z ropy. Polystyren je termoplastická látka, což znamená, že se při zahřátí roztaví a po vychladnutí opět ztuhne.[1]

1.1 Výroba expandovaného polystyrenu

První zmínky o počátku vývoje polystyrenu sahají až do poloviny 19. století. Později, v roce 1930 vědci německé společnosti BASF vyvinuli způsob, jak komerčně vyrábět tento materiál. Ke konci třicátých let začal být pak komerčně vyráběn americkou společností Dow Chemical, která využívala proces založený na vytlačování směsi polystyrenu s nízkovroucím nadouvadlem. To při vysokých teplotách expandovalo a vytvořila se tak struktura s uzavřenými dutinami, která byla zafixovaná následným ochlazením.

Začátkem padesátých let byl pak vyvinut nový proces výroby firmou BASF. Ten spočíval v předpěňování perlí, zrání a následném tepelném zpracování ve formách, čímž docházelo ke snadnému tvarování výrobků do libovolných tvarů. Tento princip výroby EPS se využívá dodnes. [1]

Na českém území se EPS začal vyrábět ve výrobním závodě v Kralupech nad Vltavou v roce 1963. [2]

1.1.1 Základní suroviny

Základní surovinou pro výrobu EPS je zpěňovatelný polystyren ve formě perlí, obsahujících zpravidla 5-7% pentanu jako nadouvadla. Tato přísada při zahřátí ve výrobě rozkládá a uvolňuje plyny, které ve výrobku vytvoří póry a tím může vzniknout lehčená hmota.

Výroba perlí se provádí suspenzní polymerací monomeru styrenu, který se vyrábí z ropy. Tyto perle jsou do výroby dodávány v několika velikostních kategoriích od 0,3 mm do 2,8 mm, dle konkrétní aplikace. [3] [4]

1.1.2 Postup výroby

Výroba pěnového polystyrenu v dnešní době probíhá většinou v plně automatizovaném provozu. Celý proces se skládá ze třech základních fází.

První fází je předpěnění, kdy se polystyren vlivem působení syté vodní páry předpěňuje v předpěňovacích zařízeních. Perle při tomto procesu zvětšují svůj objem na dvacet až padesátinásobek své původní velikosti. Uvnitř každé perle vznikne buněčná struktura. Konečná sytná hmotnost je dána teplotou páry a dobou jejího působení na perle. Tato hmotnost musí být stejná jako konečná objemová hmotnost požadovaného EPS. Tato hodnota se pohybuje mezi 10 až 35 kg/m³.

Po předpěnění následuje meziuskladnění, které probíhá v provzdušňovacích silech. Během chlazení se v čerstvě napěněných perlích vytvoří podtlak, který způsobuje vysokou citlivost na mechanické poškození, což znemožňuje další zpracování. Vháněním vzduchu do buněk perlí se podtlak vyrovnává a díky tomu získávají perle větší mechanickou pružnost, zlepšuje se jejich zpracovatelnost a dojde k vysušení.

Poslední fází je výroba požadovaných výrobků. Jedná se o bloky, desky, tvarovky případně pásy.

Nejčastěji používaný postup je výroba bloků a řezání na desky. Tento proces probíhá za pomoci blokových forem ve tvaru kvádra s parními tryskami ve stěnách. Tyto formy se vyplní předpěněnými perlami a vystaví se znovu působení syté vodní páry. Perle změkknou a za působení vzduchu a pentanu v buňkách expandují. Ve formě se perle svaří dohromady a vytvoří kompaktní blok. Po krátkém ochlazení jsou bloky vyjmuty z formy a uskladněny před dalším krokem zpracování.

Poté jsou bloky řezány na desky za pomoci teplého nebo studeného drátu. Povrch a okraje desek je možné profilovat pomocí speciálních technologií.

Při výrobě elastifikovaných desek, který izolují kročejová hluk, jsou bloky stlačovány v mechanických lisech asi na třetinu své výchozí tloušťky. Po stlačení dosahují přibližně 4/5 svého původního rozměru. Tímto dochází k narušení buněčné struktury a tím ke zlepšení akustických vlastností výrobku. Bloky jsou poté řezány na desky.

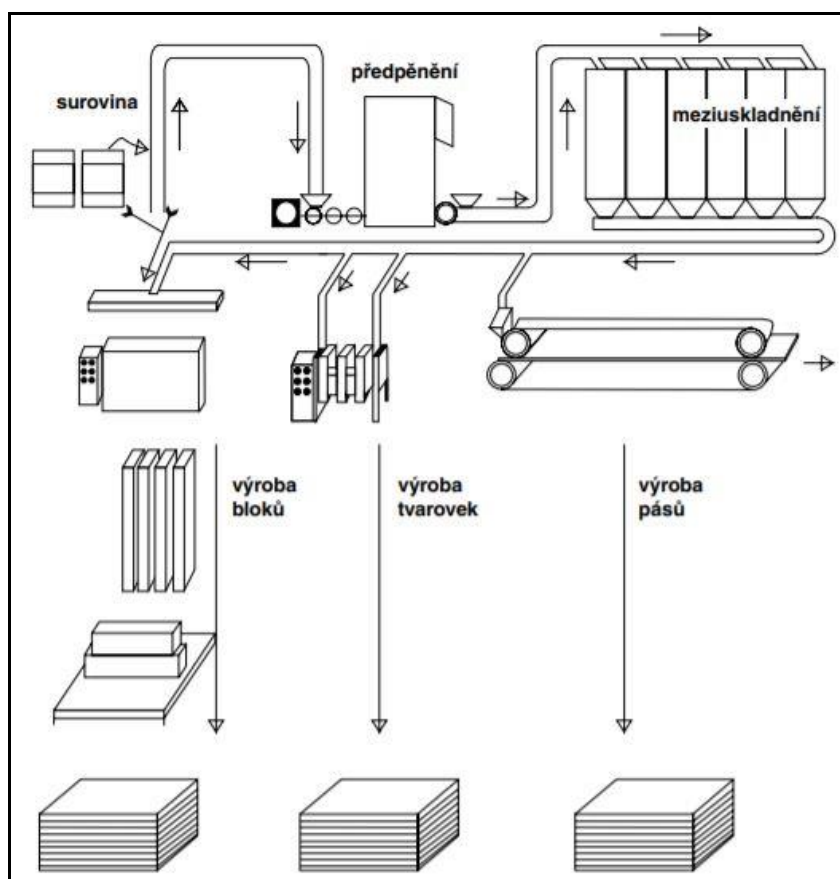
Při výrobě desek drenážních se využívají velké předpěněné perle o průměru 7 až 10 mm, které jsou spojeny jen na styčných bodech. K tomu může docházet ve formě pomocí lehkého svaření nebo použitím speciálního pojiva. V těchto relativně pevných deskách vzniká velký souvislý objem pórů, které zaručují dobrou propustnost vody.

Další možností zpracování perlí je výroba tvarovek pomocí automatů. Tento princip je shodný jako při výrobě bloků, jen má dutina tvar požadovaného výrobku. To lze využít při výrobě desek, které mají složité zámky, výstupky pro uložení topného potrubí pro podlahové

vytápění a podobně. Výhodou toho procesu je uzavřená struktura povrchu a tím nižší nasákavost.

Poslední variantou je nekonečná výroba desek na pásovém zařízení. Perle jsou zpěňovány mezi dva obíhající nekonečné ocelové pásy na požadovanou tloušťku. Z vyrobeného pásu se desky dělí na požadované délky a probíhá případné automatické opracování. [4]

Celý proces výroby je graficky znázorněn na obrázku č.1.



Obrázek č. 1 - Výroba EPS [4]

1.2 Vlastnosti expandovaného polystyrenu

Pěnový polystyren je díky svým vlastnostem jednou z nejvíce používaných tepelně izolačních hmot. Pro optimální využití tohoto materiálu ve stavebních konstrukcích je nutné tyto vlastnosti znát a zohledňovat je při návrhu.

1.2.1 Tepelná vodivost

Výhodou expandovaného polystyrenu je jeho nízká tepelná vodivost. Ta je zajištěna strukturou materiálu, která je tvořena mnoha buňkami obsahujícími vzduch, který má dobré

tepelně izolační vlastnosti. Pěnová hmota je složena asi z 98 % vzduchu a 2 % polystyrenu. Vzduch v buňkách také zajišťuje, že se tepelně izolační vlastnosti EPS s časem nezhoršují.

Tato vlastnost je vyjádřena součinitelem tepelné vodivosti. Ten může být ovlivněn několika faktory jako je teplota desek, objemová vlhkost a objemová hmotnost.

Pro zvětšující teplotu platí, že se zvětšuje i součinitel tepelné vodivosti, což je při běžných teplotách v ČR malá změna. Dalším faktorem je objemový obsah vlhkosti, kdy se zvětšující vlhkostí stoupá i součinitel tepelné vodivosti. To je však v praxi zanedbatelné, jelikož objemová nasákavost při dlouhodobém ponoření nepřesahuje více než 5 %. Z toho je zřejmé, že i když dojde v důsledku havárie k trvalému vystavení EPS zatékající nebo kondenzující vodě, její tepelně izolační vlastnosti se zásadně nesníží, jelikož s každým objemovým procentem obsahu vlhkosti, roste tepelná vodivost jen o 3-4 %. V neposlední řadě závisí součinitel tepelné vodivosti i na objemové hmotnosti. V praxi se nejčastěji využívá EPS o objemových hmotnostech 8 až 40 kg/m³, kdy hodnota součinitele tepelné vodivosti se vzrůstající objemovou hmotností klesá. [4]

V současné době se klade důraz na vývoj tepelných izolací s nízkou tepelnou vodivostí. Z tohoto důvodu je vyráběn EPS i v šedé modifikaci, která spočívá v přidávání grafitu, pro zajištění lepších tepelně izolačních vlastností a to až o 20%.

1.2.2 Mechanická odolnost

Jednou z vlastností EPS, která se týká mechanické odolnosti, je jeho trvalá a pružná deformace při tlakovém zatížení. To udává napětí v tlaku, které je potřebné ke stlačení zkušebního vzorku o 2 nebo 10 procent. Jako základní údaj, který vyjadřuje schopnost EPS odolávat působení tlaku, se používá hodnota napětí v tlaku při 10% stlačení měřená dle ČSN EN 826. Běžné desky vykazují pevnosti při 10% stlačení v rozmezí 70-200 kPa. Proto je možné je navrhovat i pro zatížené konstrukce. Hodnota napětí při 2% stlačení pak udává maximální tlakové zatížení, pro které se po odlehčení vrátí materiál na původní rozměr. [4] [5]

Další vlastností je pevnost v ohybu a v tahu. Pevnost v ohybu je stanovena dle ČSN EN 12089. Expandovaný polystyren není běžně namáhán ohybem, pouze při zpracování a manipulaci s deskami. Pevnost v tahu především kolmo k rovině desky měřena dle ČSN EN 1607, je důležitá při využití EPS do fasádních zateplovacích systémů. V důsledku toho, se nemusí používat speciální zesílené kotvení jako u některých jiných méně pevných materiálů. [4] [5]

1.2.3 Zvukově izolační vlastnost

Desky z expandovaného polystyrenu mají díky své struktuře velkou dynamickou tuhost. To je výhodné u konstrukcí, kde je požadovaná minimální deformace při zatížení. Pro konstrukce, které však mají požadavky na kročejovou neprůzvučnost, je žádoucí naopak dynamická tuhost nízká. Pro tyto konstrukce byl vyvinutý elastifikovaný polystyren, který je využíván například jako kročejová izolace podlah. [4]

Pro konstrukce s požadavky na neprůzvučnost vzduchovou jako jsou například fasády, je nutné zohlednit, že zateplení stěny z EPS s porovnáním s jinými tepelně izolačními materiály jako je například minerální vlna, zhoršuje zvukově izolační vlastnosti a to až o několik decibelů, což je nutné zohlednit při návrhu skladby konstrukce. [6]

1.2.4 Teplotní odolnost

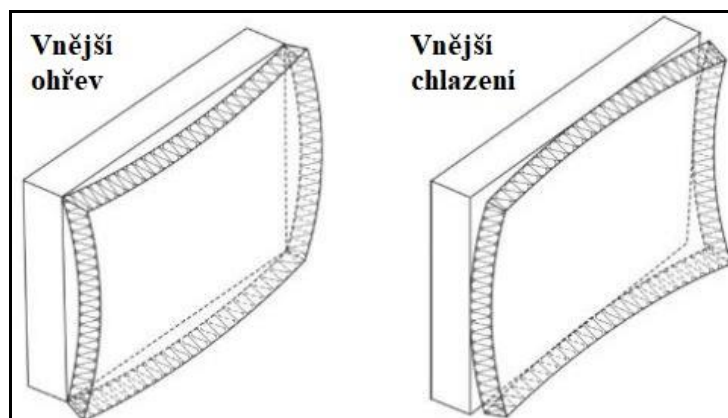
Teplotní odolnost je závislá na velikosti a době působících teplot. Kvůli malé tepelné vodivosti je hloubka průniku vysokých teplot poměrně malá. U toho materiálu nedochází za teplot od -180°C do 80°C k žádným výrazným změnám struktury, proto je odolný jak za nízkých, tak i za vyšších teplot pro trvalé využití, pominou-li se změny rozměrů vlivem výrazného kolísání teplot viz 1.2.5. [4]

1.2.5 Rozměrové změny

Změny rozměrů u expandovaného polystyrenu se rozlišují dle vlivu teploty nebo dodatečného smrštění.

Při změně teploty o 1 K je roztažnost EPS na 1 m délky 0,05 až 0,07 mm. To je třeba zohlednit především při kotvení větších souvislých ploch, kdy musí kotvení přenést smykové síly, které vznikají tepelnou roztažností tak, aby se deformace projevila pouze v buněčné struktuře materiálu. U kontaktního zateplení vlivem kolísání teplot může dojít k natahování nebo smršťování povrchové desky a tím k vyboulení středů nebo zvedání okrajů izolačních desek. Pokud nejsou EPS desky správně nalepeny a kotveny, mohou se desky boulit. Tento jev se projeví na fasádě a nazývá se polštářový efekt, viz obrázek č. 2.

Zejména při užití šedého EPS s obsahem grafitu, by se mělo dbát na dodržení technologických postupů a chránění materiálu proti slunci. V důsledku větší teplotní roztažnosti při působení slunečního záření, mohou po aplikaci na fasádu vzniknout mezery. [4] [7]



Obrázek č. 2 - Účinky teplotního zatížení na ETICS [7]

Vliv dodatečného smrštění se projevuje v materiálu po vypěnění při výrobě působením zbytkového vnitřního pnutí. Rozměr dosahuje dodatečné změny velikosti asi o 0,2 - 0,4 %, což závisí na technologických podmínkách ve výrobě a na typu materiálu. Velká část změn proběhne právě ve výrobě, ještě před řezáním desek. Při správném dodržení technologického postupu, by tedy výsledné výrobky měly mít minimální změny rozměrů. Pro lepené izolační desky je nutné používat tzv. stabilizované materiály, které mají dodatečné smrštění maximálně 0,2 %. Změny rozměrů vlivem dodatečného smrštění jsou na rozdíl od změn způsobené teplotní roztažností nevratné. [4]

1.2.6 Nasákavost

Expandovaný polystyren je nenasákavý, jelikož uzavřená buněčná struktura nepohlcuje téměř žádnou vodu. To způsobuje, že mechanické ani tepelně izolační vlastnosti EPS se významně nemění ani při dlouhodobém působení vody. Ovšem stěnami buněk může procházet vodní pára, která je obsažena ve vzduchu jako vlhkost. Rychlost difuze vodních par je dána difuzní tloušťkou a faktorem difuzního odporu udávajícího kolikrát je větší odpor stavební hmoty než stejně silné vrstvy vzduchu.

Jestliže při prostupu vodní páry souvrstvím dojde k dosažení rosného bodu, začne vodní pára kondenzovat a tím může dojít při špatně navržené skladbě ke kondenzaci uvnitř buněk pěnového polystyrenu. Proto je nutné volit tepelný a difuzní odpor jednotlivých vrstev tak, aby nebylo dlouhodobě dosahováno rosného bodu uvnitř konstrukce.

Maximální objemová nasákavost u běžného polystyrenu je do 5 %. Hmotnostní nasákavost může tedy dosahovat až 400 % v závislosti na typu výrobku a objemové hmotnosti. [4] [5]

1.2.7 Odolnost vůči UV záření

Pěnový polystyren dlouhodobě neodolává ultrafialovému záření. Při delším působení UV záření přirozeného slunečního světla na nechráněný polystyren povrch žloutne a degraduje. Uvedený jev však nemá žádný významný vliv na základní fyzikální vlastnosti expandovaného polystyrenu.

Expandovaný polystyren ve výstavbě by se neměl právě z těchto důvodů využívat bez dalších krycích vrstev. Je také nutné zohlednit, dlouhodobé a nevhodné skladování na slunci, které může způsobit v důsledku degradace povrchu EPS například problémy s přilnavostí lepidel při montáži kontaktního zateplení. [4]

1.2.8 Biologické vlastnosti

Při biologickém působení, nevytváří živnou půdu pro mikroorganismy a tím pádem není ovlivněn žádnou biologickou degradací ani mu neškodí půdní bakterie. Přirozená struktura EPS ovšem nevytváří žádnou zábranu proti hlodavcům a hmyzu. Ti ho můžou příležitostně poškozovat, ačkoli je pro ně nestravitelný. Proto musí být vhodně chráněn ať už omítkou nebo zabudováním EPS mezi jiné stavební materiály. [5]

1.2.9 Chemické vlastnosti

Expandovaný polystyren je možné kombinovat s téměř všemi běžnými stavebními materiály, jako je beton, cement, dřevo, sádra, asphalt nebo se stavebními díly z těchto materiálů. Nelze je však kombinovat s materiály uvolňující organická rozpouštědla. Například nevhodné je užití EPS v přímém kontaktu s hydroizolací z PVC fólie při zateplování střech. Mezi těmito materiály je nutné navrhnout separační vrstvu v podobě textilie. [5]

1.2.10 Odolnost vůči ohni

V důsledku velkého rozvoje využívání EPS ve stavebnictví se vyvinul tzv. samozhášivý polystyren, který obsahuje retardéry hoření a zvyšuje tak požární odolnost. Samozhášivé typy expandovaného polystyrenu mají snížené riziko vznícení a snižují tak rychlost šíření plamene při požáru. Dříve se jako zpomalovač hoření využíval hexabromocyklohexan (HBCDD), který se však dnes řadí mezi nebezpečné chemikálie, které ovlivňují životní prostředí i živé organismy. V současné době je samozhášivost zajištěna pomocí retardéru hoření na bázi polymeru viz kapitola 3.2.

Z požárního pohledu je vhodné využití expandovaného polystyrenu do sendvičových konstrukcí mezi nehořlavé materiály. [4] [8]

2 Využití expandovaného polystyrenu ve stavebnictví

Pěnový polystyren dnes patří mezi jeden z nejvíce používaných tepelně izolačních materiálů. Dlouhodobá aplikace tepelné izolace z EPS na celém světě prokázala, že jeho vlastností je možné využít i v mnoha dalších stavebních konstrukcích. Podle sdružení EPS se pěnový polystyren využívá z 85% právě ve stavebnictví. V roce 2019 byla jeho celková spotřeba 61 800 tun. [9]

2.1 Tepelně izolační prvky z EPS

Expandovaný polystyren je v České republice využíván v největší míře pro zateplování budov. Evropská směrnice dává povinnost snížit energetickou náročnost budov v členských státech evropské unie a od roku 2020 musí mít tedy všechny nově postavené budovy v EU téměř nulovou spotřebu energie. V důsledku tohoto nařízení je tak zvýšená poptávka právě po tepelných izolantech, jelikož nejúčinnějším způsobem jak snížit energetickou náročnost, je snižování spotřeby energií na vytápění, což dosáhneme právě správně navrženou obálkou budovy a optimalizací tepelných mostů. [10]

Nejvíce využíván je právě expandovaný polystyren. Je to hlavně pro jeho vlastnosti viz kapitola 1.2. Kromě dobrých tepelně izolačních vlastností se zejména jedná o nízkou hmotnost, vysokou pevnost, lehkou opracovatelnost, ale i cenovou dostupnost s porovnáním s jinými tepelně izolačními materiály.

Na trhu existuje řada výrobků, které lze pro účely zlepšení tepelně izolačních vlastností staveb využít.

2.1.1 EPS desky a bloky

Pro zateplování staveb se nejvíce využívají polystyrenové desky. Jedná se zejména o zateplování fasád, střech, ale i podlah.

Ve stavebnictví se používá několik základních variant, které předurčují využití EPS ve stavbě. Označení je tvořeno písmenem a číslem udávající jeho pevnost v tlaku v kPa např. EPS 70 F. Běžně jsou k dostání expandované polystyreny tříd 70, 100, 150 a 200 kPa. Písmenné označení pak udává, o jaký typ EPS se jedná. Písmeno F (fasádní), má vysokou přesnost a využívá se zejména pro kontaktní zateplovací systémy. V dřívější době se využívaly i písmena S (stabilizovaný) používaný především do konstrukcí střech a Z (základní) s nižší přesností, vhodný zejména pro podlahy. V současné době se materiál

značený písmenem Z a S již nevyrábí a k dispozici je nově univerzální EPS bez označení s parametry původního EPS S. [11] [12]

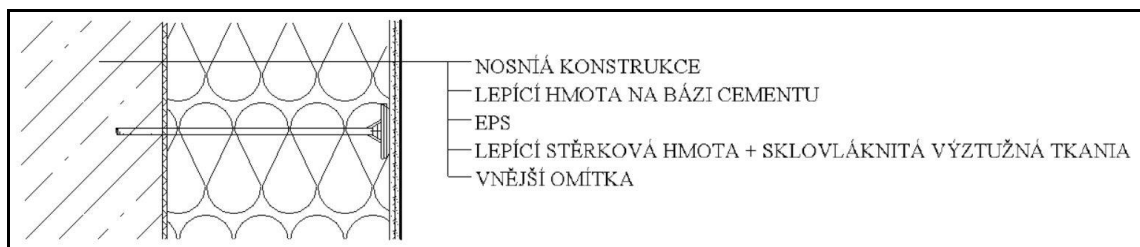
Na trhu je však další celá řada produktů se speciálními vlastnostmi a jiným označením, které si udává výrobce.

Pro zateplování staveb se používá EPS v mnoha dalších modifikacích. Jedná se například o šedý EPS s grafitem pro lepší tepelně izolační vlastnosti nebo perimetrický EPS, což je materiál s minimální nasákavostí pro konstrukce v přímém styku s vlhkostí a vysokým zatížením.

Využití expandovaného polystyrenu na zateplení obálky objektu je limitováno požární výškou objektu dle ČSN 73 0810 - Požární bezpečnost staveb. Správný návrh tloušťky tepelné izolace musí být proveden tak, aby konstrukce splňovala požadavky normy ČSN 73 0540-2 na tepelnou ochranu budov. Realizace by měla být provedena podle kotevního plánu dle návrhu projektanta.

Zateplení stěn

Pro zateplení stěn se nejvíce využívá systému ETICS (vnější kontaktní zateplovací systém) jehož součástí může být i mimo jiné materiály právě EPS. Jedná se o skladbu s daným pořadím vrstev, viz obrázek č. 3.



Obrázek č. 3 - Schéma svíslé konstrukce systému ETICS, zdroj: autorka DP

Zateplení střech

Expandovaný polystyren se využívá i při zateplování střech. Nejčastěji se jedná o střechy ploché, ale své využití si najde i v nějakých případech při zateplování střech šikmých. Například jako nadkroevní izolace. S rozvojem nových tepelně izolačních hmot se ovšem od EPS upouští a dává se přednost materiálům, které vykazují lepší vlastnosti pro toto řešení, jako je například polyisokyanurát (PIR).

V plochých střechách se ovšem tento materiál často objevuje. V důsledku své nízké objemové hmotnosti nezatěžuje stropní konstrukci a je snadno opracovatelný. Využívá se jak

pro nepochozí, provozní ale i vegetační střechy. Pro střechy se zatížením bez provozu se běžně navrhuje EPS 100. Pro střechy s provozním zatížením se pevnost pohybuje od 150 kPa.

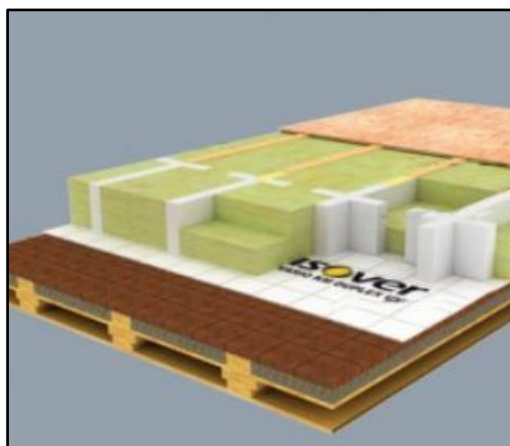
Pro spádování plochých střech, lze s výhodou využít spádových klínů, s běžným sklonem po 0,5% (většinou 1%, 1,5%, 2%, 2,5 % atd.), jejichž montáž je dána kladečským plánem. Doporučený minimální sklon povrchu střech pro zajištění dostatečného odtoku vody je 1,7° (3%). Jako hydroizolační vrstva, chránící EPS před okolními vlivly, může být použitý asfaltový pás popřípadě PVC fólie, která může být jak kotvená, tak přitížená kačirkem. [13]

Zateplení stropů a podlah

Zateplování podlahy a stropů tvoří nedílnou součást izolace stavby.

U zateplování podlah se návrh odvíjí od požadavků na vlastnosti dané konstrukce. Tepelná izolace podlahy umístěná nad jiným obytným, kancelářským, či podobným prostorem, by měla plnit funkci nejen tepelně izolační, ale hlavně kročejově neprůzvučnou viz kapitola 2.2. [15]

Pro izolaci podlah půdy, kde se vyžadují zachovat izolační, odkladové a zároveň pochozí vlastnosti, je možné využít EPS trámce v kombinaci s minerální vatou, viz obrázek č. 4. Tato aplikace je jednoduchá bez tepelných mostů a s minimálním zatížením stropu. Před montáží je nutné podlaže zajistit parotěsnost parotěsnicí folií. Nosnou část systému tvoří polystyrenové trámce a kříže, které se sestavují a lepí k sobě na místě ve standartních výškách 160 – 300 mm. Na sestavený nosný rošt s rozstupem dle šířky výplňové izolace se usadí a přilepí montážní prkna, do nichž je následně kotven dřevěný záklop z prken popřípadě z OSB desek. [15]



Obrázek č. 4 - EPS trámky [15]

Pro eliminaci tepelných ztrát celého objektu, je nutno izolovat i konstrukce podlahy na terénu, jelikož teplota zeminy pod podlahou se pohybuje mezi 4-8 °C, v závislosti na druhu a hloubce zeminy. U staveb se standardním zatížením se používají běžné expandované polystyreny. V případě izolace pod základovou deskou se však využívají pěnové polystyreny perimetrické, jenž mají sníženou nasákavost. [16]

2.1.2 EPS v sendvičových panelech

Expandovaný polystyren lze také využít jako izolační výplň do sendvičových panelů. Jedná se o panely jak stěnové tak střešní. Panel je složen ze dvou profilovaných, oboustranně žárově pozinkovaných, lakovaných plechů a jádra právě ze stabilizovaného samozhášivého EPS. Po slepení tvoří všechny tři vrstvy kompaktní celek. [17]

Nicméně v současné době se jako jádro do sendvičových panelů využívá jiných tepelně izolačních materiálů, jenž mají menší součinitel tepelné vodivosti a lze tak při menší tloušťce panelu splnit stejné hodnoty součinitele prostupu tepla jako při využití EPS.

2.1.3 EPS drcený

Jedná se převážně o recyklovaný materiál, který je nadrcen a oddělen od všech nežádoucích složek.

Drcený nebo někdy nazývaný sypaný EPS je možné využít pro různé typy konstrukcí objektu, zejména tam, kde není možné použít celé polystyrenové desky. Tento materiál lze také využít jako příměs do lehčeného betonu při realizaci podlah. Tento beton je pak někdy označován jako „polystyrenbeton“. V důsledku přidání EPS drtě se sníží hmotnost alepší se tepelně izolační vlastnosti. Toho lze využít i při výrobě polystyrencementových panelů nízkoenergetických a pasivních domů. [18] [19]

Dále se drcený polystyren využívá pro zlepšení tepelněizolačních vlastností porézních cihel, kde jsou jednotlivé dutiny vysypány právě EPS drtí viz obrázek č.5. Výrobce udává, že po aplikaci tohoto materiálu dojde k navýšení tepelně izolačních vlastností cihel až o 40%. [20]



Obrázek č. 5 – Dutinová cihla s EPS výplní [20]

2.2 Akustické prvky z EPS

Expandovaný polystyren má v závislosti na své struktuře velkou dynamickou tuhost. To je nežádoucí u konstrukcí, které mají požadavky na kročejovou neprůzvučnost. Pro tyto konstrukce se vyrábí elastifikované desky z pěnového polystyrenu s nízkou dynamickou tuhostí. Tyto desky jsou využívány jako kročejová izolace do těžkých plovoucích podlah.

Konstrukce, které jsou zatepleny EPS a mají požadavky na vzduchovou neprůzvučnost, jako jsou například fasády, mají s porovnáním s jinými tepelně izolačními materiály horší zvukově izolační vlastnosti. Jedná se až o několik decibelů, což je nutné zohlednit při návrhu skladby. Řídící pokyn pro evropská technická schválení ETAG 004 uvádí, že zateplená stěna může mít negativní i pozitivní vliv na vzduchovou neprůzvučnost. Pro systémy, které nemají změřené nebo nedeklarují akustické vlastnosti, se zhoršují tyto vlastnosti referenční stěny o vysokou hodnotu $\Delta R_w = -8$ dB. Proto je důležité zohledňovat při návrhu akustické parametry výrobků a za tímto účelem by měli výrobci provádět základní referenční zkoušky pro jejich materiály.

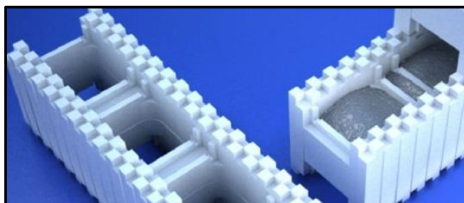
Pro účely zlepšení akustických vlastností fasád se využívá stejně jako u podlah elastifikovaný EPS. Společnost Isover ho udává na trh pod názvem EPS Silent, který ovšem je dostupný jen na zakázku a není součástí stále nabídky. [6]

2.3 Ztracené bednění z EPS

Jedná se o tvarovky vnějších a vnitřních nosných a výplňových stěn objektů nebo pro výstavbu bazénů, suterénních prostor, nadzemních a podzemních garáží atd.

Tvarovky z expandovaného polystyrenu vytváří tzv. ztracené bednění, které po vylití betonem a doplnění výztuže, vytváří kompaktní stěnu s oboustrannou tepelnou a zvukovou

izolací. Tvarovky jsou opatřeny zámkovým systémem, díky němuž lze stěny sestavit bez dalších spojovacích materiálů. [21]



Obrázek č. 6 - EPS tvarovka [21]

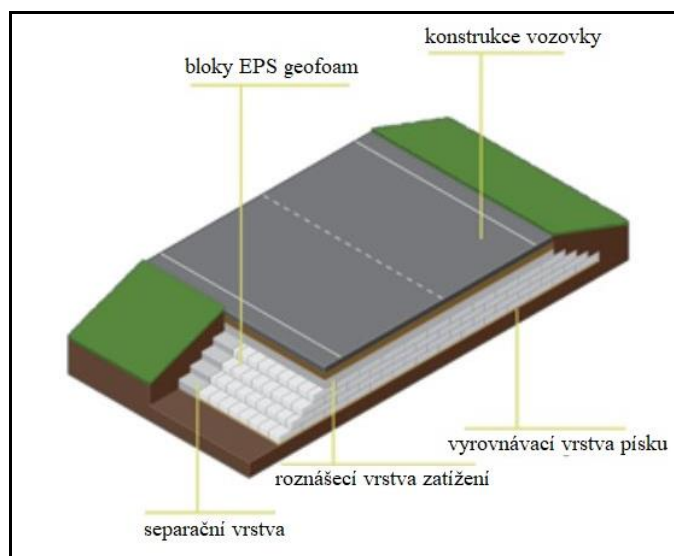
2.4 EPS v geotechnických aplikacích

Pěnový polystyren je nejvíce známý jako izolační materiál pro budovy, využití ale nalézá i v dopravním stavitelství. Při stavbě silnic a dálnic se jako lehký stavební materiál používají EPS bloky Geofoam.

Jako první začali pro výstavbu silnic využívat EPS v Norsku už v roce 1972.

Od té doby se tato technologie začala rozšiřovat do celého světa. Zatímco ve světě se EPS bloky Geofoam využívají běžně, v ČR se tento systém však používá jen zřídka. První obdobnou realizací v ČR byl násyp části úseku D1 (Vyškov-Mořice). [22]

Výhodou využití tohoto materiálu je, že snižuje hmotnost silničního násypu a podlaží je tak zatíženo jen minimálně, což umožňuje minimalizaci sedání a deformací na nedostatečně únosném podlaží. Touto technologií se lze vyhnout nákladnému zakládání popřípadě výměně takového podlaží. Další výhodou je urychlení výstavby, protože není nutné čekat na konsolidaci násypu, která může trvat až jeden rok. [22] [23]



Obrázek č. 7 - Ukázka využití EPS Geofoam pro stavbu silnice [23]

Stejným způsobem lze bloky EPS Geofóam využít i při výstavbě jiných staveb jako jsou železniční koridory, letištní ranveje nebo jako stabilizace svahů popřípadě protihlukových násypů. [23]

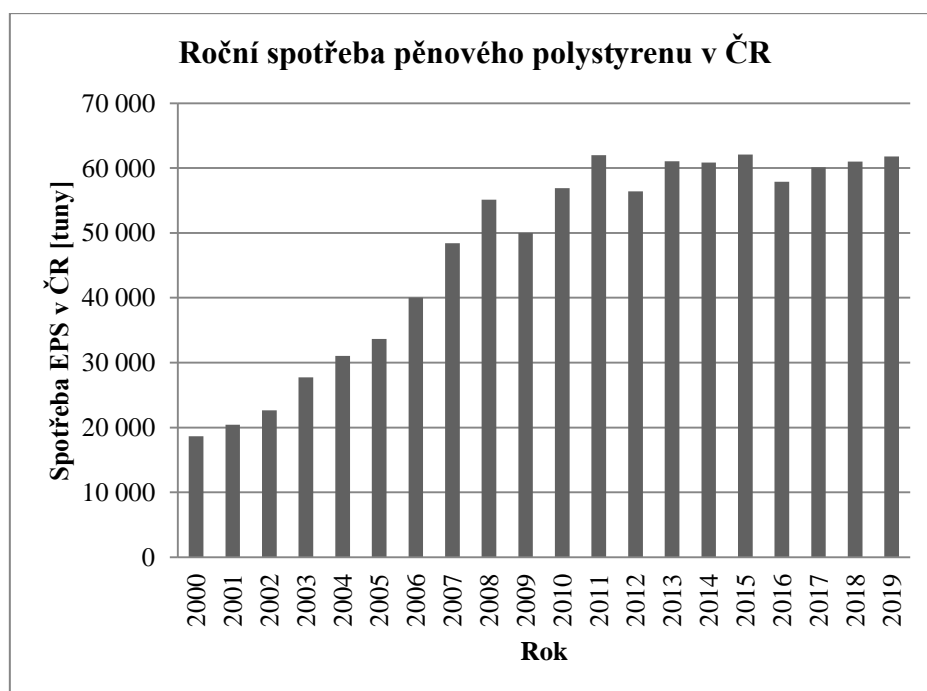
Pevnosti v tlaku a ohybu tohoto materiálu, které jsou dostupné v ČR jsou znázorněny v tabulce č. 1. Bloky EPS Geofóam dostupné v zahraničí dosahují pevnosti v tlaku až 0,5 MPa.

Tabulka č. 1 – Typy bloků EPS Geofóam [24]

Typ	Geofoam 20	Geofoam 25	Geofoam 30
Pevnost v ohybu dle ČSN 12089 [Mpa]	0,2	0,25	0,3
Pevnost v tlaku při 10% lineární deformaci dle ČSN 826 [Mpa]	0,1	0,14	0,2

3 Fáze životního cyklu expandovaného polystyrenu ve výstavbě

Současné úsilí o snižování exhalací emisí CO₂, vede k neustálému zvyšování požadavků na tepelnou ochranu budov, jelikož budovy spotřebovávají téměř polovinu spotřebované energie a vyprodukované množství emisí CO₂. Z toho důvodu vzniká velká poptávka právě po tepelněizolačních materiálech a spotřeba EPS nejen v českém stavebnictví stále roste. Současná spotřeba v ČR je přes 60 000 tun ročně (viz graf č. 1). Z toho 85% se uplatňuje právě ve stavebnictví. Ve světě je spotřeba EPS aktuálně za rok až přes 7,5 milionů tun, z toho v EU 1,9 milionů tun. [25] [26]



Graf č. 1 – Spotřeba EPS v ČR v minulých letech [9][26]

Spolu s produkcí EPS, se neustále zvětšuje i množství zabudované do konstrukcí. Vzhledem k tomu, že se expandovaný polystyren využívá v ČR už od devadesátých let a životnost se předpokládá kolem 30 let, lze očekávat v blízké době velmi rychlý nárůst EPS určeného k likvidaci. Důležité je řešit tedy otázku jak postupovat při nakládání s tímto odpadem. To však komplikuje mnoho faktorů. Jedním z hlavních problémů je velmi nízký poplatek za skládkování v ČR, což nemotivuje k recyklaci. Na skládkách tak končí okolo 54 % celkového objemu odpadního polystyrenu, zatímco pouze 27 % z něj se recykluje. [26] [27]

Z důvodu vysoké produkce a zvyšování množství potencionálního odpadu je aktuálním tématem optimalizace životního cyklu EPS.

3.1 Hodnocení fází životního cyklu

Pro hodnocení životního cyklu výrobku se využívá LCA (Life-Cycle Assessment) analýza. Ta umožňuje podle dané metodiky sledovat, jaké vlivy mají výrobky na životní prostředí a zkoumá každou jednotlivou etapu cyklu.

Do analýzy se zahrnuje získávání surovin, zpracování, distribuce, využívání, množství opětovného využití (recyklování) a odstranění. Při hodnocení každé etapy jsou brány jednotlivé aspekty, které ji tvoří. Jedná se o vstupní veličiny (suroviny, zdroje a energie) a výstupní veličiny (emise do ovzduší, vody a množství pevného odpadu). Společně pak tvoří tzv. inventář životního cyklu.

Tyto všechny aspekty jsou začleněny do struktury životního cyklu a všechny otázky ohledně životního prostředí spojené s výrobkem jsou následně řešené v analýze dopadu a vlivů. Závěr analýzy pak tvoří interpretace výsledků a návrhy na zlepšení. Nemusí zde však být nabízeno ideální řešení, nýbrž shrnutí všech důležitých okolností, které se musí brát v dané problematice v úvahu pro další optimalizaci výrobku. [28]

Na základě LCA analýzy je vytvořené tzv. environmentální prohlášení o produktu (EPD). Cílem prohlášení je poskytnutí environmentálních informací o životním cyklu produktu, které mají umožnit objektivní porovnání s jinými produkty plnící stejnou funkci. Úkolem je podpora poptávky a dodávky těch výrobků, které jsou šetrnější k životnímu prostředí, na které se v současné době klade velký důraz. [29]

Všechny části výše zmíněného životního cyklu, by měli být neustále optimalizovány pro dlouhodobý udržitelný rozvoj.

3.2 Analýza procesu výroby EPS

Proces výroby je neustále zlepšován z hlediska snižování energetické náročnosti a zátěže na životní prostředí při snaze o dosažení dlouhodobé životnosti výrobku, která se udává u nových izolací až 50 let. Aktuální proces výroby EPS je shrnut v kapitole 1.1.

V posledních letech byla provedena velká změna, co se týká výroby EPS hlavně v oblasti složení. Požadavky stavebnictví na snížení hořlavosti EPS izolací vedly k vývoji tzv. samozhášivých typů EPS. [26]

Do EPS byl za tímto účelem přidáván hexabromocyklohexan (HBCDD), který sloužil jako retardér hoření. V polovině roku 2013 byl HBCDD v rámci Stockholmské úmluvy zařazen mezi tzv. perzistentní organické znečišťující látky (POP). V důsledku toho

bylo jeho používání ukončeno v roce 2015 ve všech aplikacích, přičemž aplikace ve stavebnictví dostaly celosvětovou výjimku do roku 2019. V ČR byla však výroba EPS s tímto retardérem hoření ukončena v roce 2015. V závislosti na tom byla nalezena stejně účinná náhrada retardéru HBCDD, která se využívá v současné době a to Polymeric FR. Tento retardér nemá žádné POP vlastnosti a EPS s ním jsou plně recyklovatelné.

Produkty s retardérem hoření z HBCDD jsou na trhu více jak 50 let a otázkou zůstává správné nakládání s tímto odpadem. Odpady bez informací o původu a s obsahem HBCDD nad 1000 mg/kg lze v současné době využít hlavně energeticky. Při spalování dochází k rozkladu HBCDD z více než 99,999% a nevznikají nebezpečné zplodiny, jako jsou furany nebo dioxiny. [26] [30]

Další možností je chemická recyklace, která je však v počátcích praktického využití. Podrobný postup chemické recyklace je popsán v kapitole 3.4.2.

Podle světových prognóz by se měla produkce EPS do roku 2050 zvýšit ze současných 7,5 mil. tun na 15 mil. tun. Z toho vyplývá, že se dá očekávat stále větší využití tohoto materiálu hlavně z důvodu vysokého potenciálu při řešení dalšího udržitelného rozvoje, jelikož aplikace v budovách přispívají ke snížení emisí CO₂. [26]

V důsledku toho bude nutné do budoucna snížit energetickou a materiálovou náročnost výroby a zlepšení tepelně izolačních parametrů expandovaného polystyrenu.

3.3 Analýza fáze aplikování EPS do konstrukcí

Budovy jsou odpovědné za přibližně 40% spotřeby energie a 36% produkci emisí CO₂ v rámci evropské unie, čímž se stávají největším spotřebitelem energie v Evropě. V současné době je přibližně 35% budov EU starších 50 let a téměř 75% budov je energeticky neefektivních. V rámci dalšího udržitelného rozvoje, je nutné, aby se počet staveb v energeticky pasivním a vyšším standardu co nejvíce zvyšoval. Evropská unie v důsledku toho vypracovala několik směrnic, které podporují tento trend. Od 1.1.2020 je nutné navrhovat všechny nové budovy s téměř nulovou spotřebou energie, tedy s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů. V důsledku těchto podmínek, bude nutné nadále zlepšovat tepelné parametry obálek budov. Dá se tedy očekávat zvýšení poptávky právě po tepelně izolačních materiálech. [31]

Otázkou zůstává, v jaké míře bude zastoupen právě expandovaný polystyren na rozdíl od jiných tepelněizolačních materiálů. To bude záležet především na hodnocení celého životního cyklu výrobků a vyhodnocení ideálního výrobku dle všech vlastností.

V následující tabulce č. 2 je uvedeno porovnání vybraných materiálů v závislosti na využití a spotřebě energie při výrobě. Uvedené hodnoty jsou převzaty z technických listů a z EPD protokolů od výrobců Isover a STEICO SE.

Tabulka č. 2 - Porovnání vybraných materiálu, Zdroj: Technické listy a EPD protokoly od výrobců

Vlastnost	Isover EPS 70F (EPS)	Isover EPS 100 (EPS)	Isover TF Profi (čedičová vlna)	Isover S (čedičová vlna)	Isover UNI (čedičová vlna)	Isover UNIROL PROFI (skelná vlna)	STEICO SE (dřevovláknno)
Využití	kontaktní zateplení ETICS	podlahy a ploché střechy	kontaktní zateplení ETICS	ploché střechy	provětrávaná fasáda, šikmé střechy, podhledy	šikmé střechy a stropy	výrobce uvádí hodnoty jako průměr všech výrobních produktových řad
Návrhový součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)]	0,039	0,037	0,038	0,040	0,038	0,036	0,038
Objemová hmotnost [kg/m ³]	13,5-15	18-20	80-150	147-175	40	21	157,5
Energetická náročnost výroby [MJ/m ³]	2562,2	3133,8	3202,2	3767,5	1615,3	1561,4	2819

Z tabulky č. 2 vyplývá, že izolační materiály na bázi plastu mají srovnatelnou náročnost výroby s ostatními tepelněizolačními výrobky. Na rozdíl však od ostatních materiálů lze EPS při splnění všech požadavků zpětně energeticky využít viz kapitola 3.4.1. Srovnatelné hodnoty vykazuje i v ostatních environmentálních aspektech. Lepší hodnoty se však eliminují jinými faktory vlastností pro daný typ výrobku a naopak.

Pro další aplikace EPS na zateplování budov je důležité stanovení ideální tloušťky tepelné izolace. Za jakých podmínek a v jaké míře, se tento materiál vyplatí aplikovat do staveb. Na tuto problematiku se lze dívat několika pohledy a to z environmentálního a

ekonomického hlediska. Analýza optimální tloušťky tepelné izolace z EPS svislých konstrukcí je součástí této diplomové práce v praktické části (kapitola 4).

Pro další využívání tohoto materiálu bude nutné se zaměřit na fázi po skončení jeho životnosti. V budoucnu bude potřeba výrazně zefektivnit systém sběru a separovat stavební a demoliční odpad, jelikož po dosažení dostatečné čistoty je možné odpadní expandovaný polystyren dále použít k recyklaci nebo výrobě energie. Na tomto rozvoji se aktuálně podílí mnoho výzkumných týmů, avšak zejména praktická recyklace výše uvedených EPS s obsahem HBCDD je v počátcích. V blízké době se však předpokládá nárůst odpadního expandovaného polystyrenu a v důsledku toho lze očekávat i významné problémy právě v oblasti recyklace.

3.4 Analýza likvidace EPS odpadů

Problematika plastových odpadů a jejich recyklace se stala v dnešní době aktuálním tématem. Strategie a cíle, které jsou uvedeny v platném plánu odpadového hospodářství ČR pro léta 2015 - 2024 deklarují zásadní omezování ukládání odpadů na skládky a preferují zpětné využívání odpadních surovin včetně odpadového pěnového polystyrenu. Začátkem roku 2018 byla zveřejněna evropská strategie pro plasty. Dle této legislativy by měli být všechny plasty včetně EPS plně recyklovatelné do roku 2030. [32]

Odpady z pěnového polystyrenu lze rozdělit do několika skupin podle zdroje jejich vzniku. První skupinou je odpad technologický. Ten vzniká při výrobním procesu uvnitř výrobního podniku. Jedná se především o nepovedené kusy, odřezky, obrusy apod. Další skupinou je odpad, který vzniká v rámci aplikování EPS do staveb nebo odpad vznikající po skončení životnosti výrobku. Poslední skupinou je EPS odpad obalový, který však není součástí odpadu stavebního. [33]

Prvním důležitým krokem v cyklu při likvidaci odpadu, je jeho separovaný sběr, svoz a shromažďování. Malé obalové EPS odpady jsou v České republice součástí plastového odpadu. Patří tedy do nádob určených ke sběru tříděného odpadu, konkrétně do žlutých kontejnerů.

Dalším článkem sběrného systému v ČR je sběrný dvůr. Tam je EPS odpad umístován do velkoobjemových kontejnerů. Pokud ve dvoře dochází i k následné recyklaci, jedná se o dvůr recyklační. [33]

Další možností je výkup EPS odpadu firmou zabývající se recyklací odpadového pěnového polystyrenu. EPS odpad se shromažďuje přímo na stavbě a následně je odvážen do recyklačního podniku.

Stavební EPS odpad nesmí být součástí běžného komunálního odpadu. Je to hlavně z důvodu obsahu POP látky HBCDD, více popsanou v kapitole 3.2. Ta byla obsažená ve stavebních výrobcích z expandovaného polystyrenu až do roku 2015. Likvidace tohoto materiálu je tedy aktuálním tématem a musí s ním být nakládáno tak, aby nebylo ohroženo životní prostředí. [34]

Stavební odpad z expandovaného polystyrenu s obsahem více než 1000 mg/kg HBCDD nesmí být umístěn na skládky. V současné době lze využít pouze energeticky.

Dalším krokem cyklu technologie úpravy odpadu z pěnového polystyrenu je jeho možná recyklace a energetické využití. Tomu předchází třídění odpadu dle intenzity znečištění, obsahu HBCDD a dle dalších aspektů, které zohledňují možnost dalšího využití. V závislosti na tom je pak určen další postup nakládání s tímto odpadem. [30]

Možné druhy recyklace odpadu z pěnového polystyrenu jsou popsány níže. Jedná se o energetické využití, chemickou a mechanickou recyklaci.

3.4.1 Energetické využití

Energetické využití odpadového EPS je založené na jeho spalování. Využívá se energetického potenciálu EPS odpadu, který má velkou výhřevnost. Spalné teplo EPS je téměř 40 MJ/kg. Před spalováním se EPS stlačuje na objemovou hmotnost 700-800 kg/m³ a následně se drtí. Při spalování za teplot 840 - 900 °C nedochází k rozkladu HBCDD z více než 99,999 % a nevznikají žádné nebezpečné zplodiny a spaliny neobsahují větší než dovolené množství znečišťujících látek. Jedná se tedy o aktuálně jedinou dostupnou možnost ekologické likvidace expandovaného polystyrenu s tímto přídavkem.

Spalování EPS odpadu je možné jen za předpokladu dodržení správných technologických podmínek. V současné době však nejsou všechny spalovny ČR touto technologií vybaveny. Výhřevnost odpadu z EPS je téměř čtyřikrát vyšší než běžného komunálního odpadu, což souvisí i s vyšší teplotou spalování. Řešení může vyžadovat smíchání EPS odpadu s odpadem s nižší kalorickou hodnotou před spálením. Tím by se snížila energetická náročnost a výsledná směs odpadu by nebyla pro danou technologii nebezpečná. [26] [30]

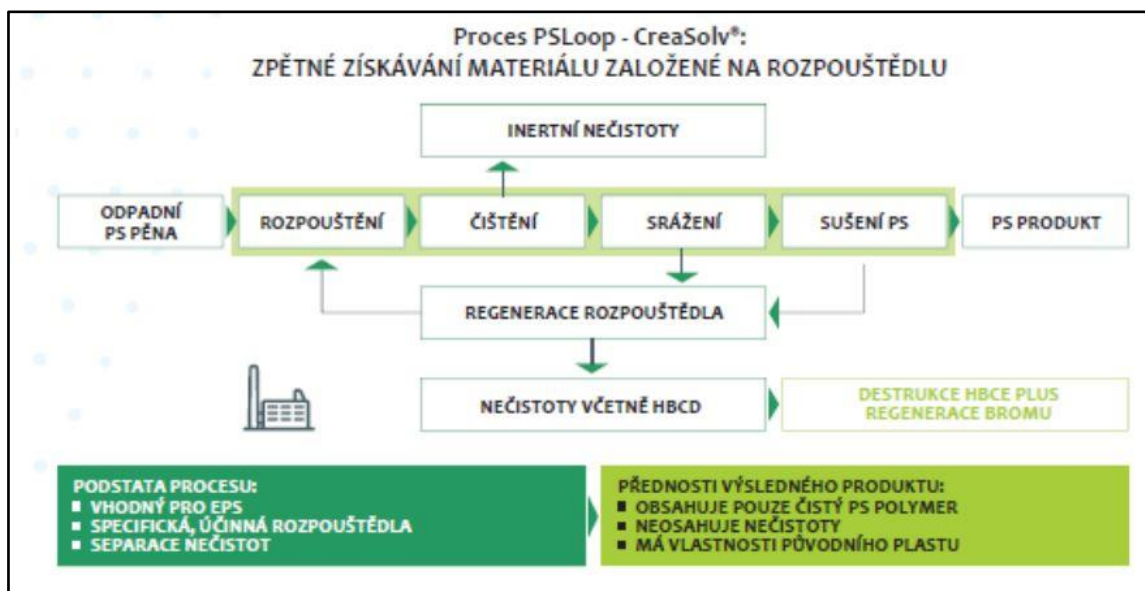
Vhodné energetické využití EPS odpadu se však nalézá při výrobě některých energeticky náročných materiálů, jako je například cement. EPS odpad určený ke spálení o hmotnosti 1 kg, ušetří až 1,3 l topného oleje. Další výhodou tohoto postupu je, že požadavky na čistotu EPS jsou nižší než při jiné možnosti recyklace. [35]

3.4.2 Chemická recyklace

Další možností řešení odpadů z EPS s HBCDD je nová metoda chemické recyklace, na jejímž praktickém využití se intenzivně pracuje.

Tato metoda recyklace stavebního EPS dopadu je založena na procesu CreaSolv, který využívá rozpouštění a separaci HBCDD rozkladem na brom. Účinnost odstranění HBCDD je 99,7%. Tato metoda byla vyvinuta německým Fraunhofer Institutem. K průmyslovému využití tohoto procesu byla založena nezisková nadace „PolystreneLoop“ v Nizozemsku. V květnu v roce 2019 se do tohoto projektu zapojila i Česká republika. Cílem bylo zprovoznění závodu pro recyklaci EPS založené na této metodě o kapacitě 1-3 tis. tun. Výstavba prvního závodu tohoto typu byla zahájena začátkem roku 2020 v Nizozemsku. Další projekty jsou plánovány v Polsku, Německu a právě v České republice. [36] [37]

Na obrázku č. 8 jsou znázorněny hlavní procesy, na kterých je tato metoda založena.



Obrázek č. 8 - Proces CreaSolv pro chemickou recyklaci [37]

3.4.3 Mechanická recyklace

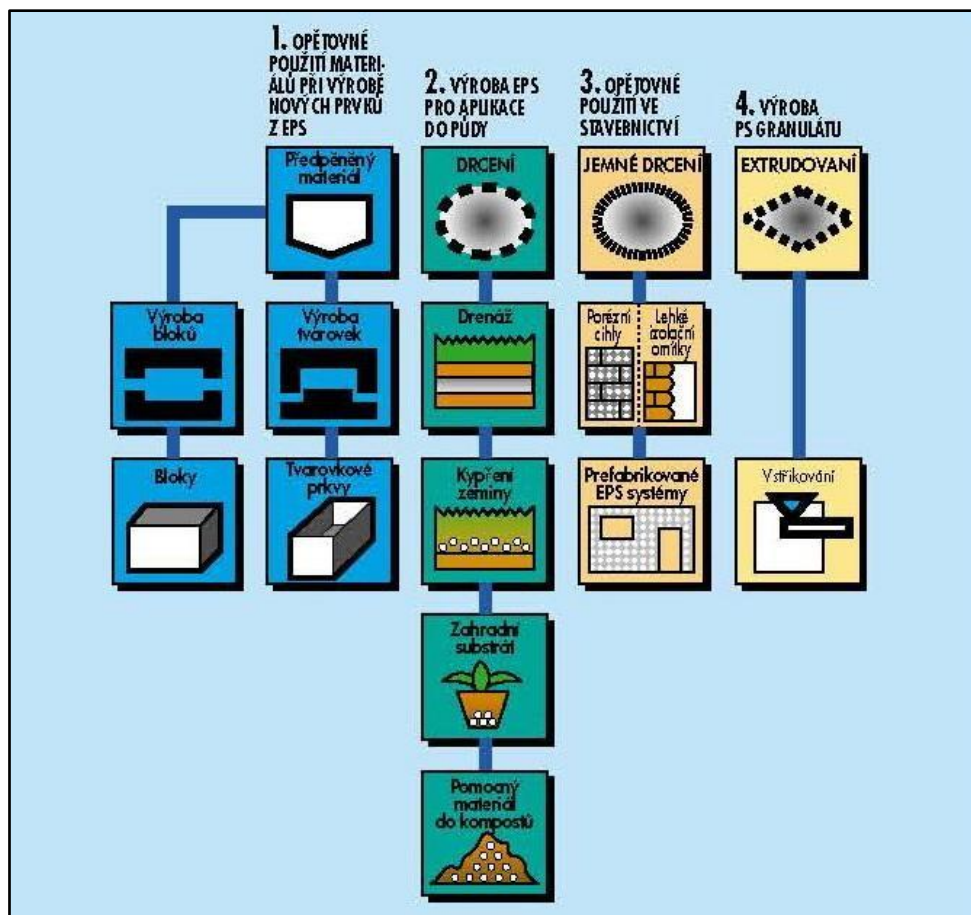
Od roku 2015 je v ČR vyráběn expandovaný polystyren bez přídavku HBCDD. Odpadový EPS bez obsahu této látky lze tzv. mechanicky recyklovat.

To spočívá v přeměně odpadu na nový produkt. Nevýhodou této možnosti recyklace je potřebná malá míra znečištění EPS odpadu.

Mechanická recyklace se využívá při zpracování technologického odpadu, který vzniká při výrobním procesu uvnitř výrobního podniku. Za předpokladu, že technologický odpad z EPS neobsahuje žádné znečištění, je možné ho zpětně využít jako přídavek do procesu výroby nového EPS. Materiál je před opětovným použitím rozdrcen na vhodnou velikost zrn v závislosti na požadovaných vlastnostech rozdrcené látky. Nadrcený odpad z pěnového polystyrenu je v přesně stanovených hodnotách přidáván zpět do výroby. Odpad je zpracováván přímo výrobcí z důvodu minimalizování materiálových ztrát. Přesný způsob zpětného využití technologického odpadu je součástí know-how každého výrobce. [33]

Další možností materiálové recyklace je opětovné využití použitého výrobku. Odpad je roztrázen a nadrcen na danou velikost zrn dle dalšího využití. Drcený EPS lze pak zpětně využívat jako výplň do porézních cihel, lehčených omítek a betonů nebo do prefabrikovaných EPS systémů. Dalším využitím EPS drtě je při aplikaci do půdy, jako drenáž, pro kypření zeminy nebo jako přídavek do zahradních substrátů.

Poslední možností mechanické recyklace je výroba polystyrenového granulátu. Ten je možno zpracovávat všemi dostupnými technologiemi pro zpracování termoplastů. Jedná se především o dvě nejrozšířenější technologie a to vstřikování a vytlačování. [33]



Obrázek č. 9 - Mechanická recyklace - možnosti využití EPS odpadů [33]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 Environmentální a ekonomická analýza

Expandovaný polystyren patří dnes v závislosti na svých vlastnostech mezi nejpoužívanější tepelně izolační materiál. Jedním z hlavních důvodů je jeho finanční dostupnost s porovnáním s jinými izolacemi. Ovšem čím dál více se klade důraz i na environmentální dopad tohoto materiálu, zda je vhodný využívat a jaká je jeho optimální tloušťka pro zateplování budov.

V rámci diplomové práce byla provedena analýza kontaktního zateplení stěny pomocí z expandovaného polystyrenu a to z ekonomického a environmentálního hlediska. Tato analýza vede k určení právě optimální tloušťky zateplení za stanovených podmínek.

Jako posuzovaný materiál byl zvolen expandovaný polystyren Isover EPS 70F s uvažovanými vlastnostmi dle tabulky č. 3. Tyto hodnoty byly převzaty z firemního katalogu tepelných izolací Isover.

Tabulka č. 3 – Uvažované vlastnosti EPS 70F ve výpočtu [37]

Vlastnosti	Isover EPS 70F
Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ_u [W/(m·K)]	0,039
Objemová hmotnost [kg/m ³]	14
Energetická náročnost výroby [MJ/m ³]	2562,2
Potenciál globálního oteplování - svázaná emise CO ₂ [kg CO ₂ ekv./m ³]	73,9

4.1 Výpočet potřeby tepla

Výpočet byl proveden pro čtyři modelové případy konstrukcí stěn. Pro stěnu z cihel plných pálených tloušťky 450 mm, z cihel vápenopískových tloušťky 175 mm, pro konstrukci z děrovaných cihel P+D tloušťky 300 mm a pro železobetonovou stěnu tloušťky 150 mm.

Pro nezateplené stěny byly uvažovány následující vlastnosti dle tabulky č.2

Tabulka č. 4 – Uvažované vlastnosti dle typů stěny, zdroj: autorka DP

Typ stěny	Tloušťka nezateplené konstrukce [m]	Návrhový součinitel tepelné vodivosti λ_u [W/(m·K)]	Tepelný odpor konstrukce R [m ² ·K]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/(m ² ·K)]
Zdivo z cihel plných pálených	0,450	0,800	0,563	1,365
Zdivo z vápenopískových cihel	0,175	0,830	0,211	2,626
Zdivo z děrovaných cihel P+D	0,300	0,18	1,667	0,544
Železobetonový panel	0,150	1,430	0,105	3,638

Výpočet součinitele prostupu tepla byl stanoven dle ČSN 73 0540-4 ze vztahu (1).

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (1)$$

kde R_{si} je odpor při prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m²·K/W], R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m²·K/W]. Uvažované hodnoty ve výpočtu pro $R_{si} = 0,13$ [m²·K/W], a $R_{se} = 0,04$ [m²·K/W] byly stanoveny dle normy ČSN EN 73 0540 - 3. Tepelný odpor konstrukce R je pak dán vztahem (2).

$$R = \frac{d}{\lambda_u} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2)$$

kde R je tepelný odpor konstrukce, d tloušťka konstrukce [m] a λ_u je návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu [W/(m·K)].

Pro výpočet součinitele prostupu tepla, byla pro zjednodušení uvažována jen skladba skládající se z nosné konstrukce stěny a tepelné izolace, jelikož tyto dva materiály nejvíce ovlivňují konečný výsledek. Pro podrobnější posouzení by bylo nutné zahrnout i ostatní vrstvy ETICS jako je omítka a lepicí hmota.

Pro oba pohledy zhodnocení bylo nutné vypočítat množství potřebného tepla na vytápění, tedy tepelnou ztrátu pro danou skladbu konstrukce vztaženou na 1 m² stěny.

Výpočtový postup byl stanoven dle ČSN EN ISO 52016-1 a podle dostupných publikací k této problematice. [38] [39]

Výpočet nutného příkonu energie na vytápění byl tedy spočítán dle vzorce (3).

$$Q_i = \sum_i (A_i \cdot U_i) \cdot (\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}) \cdot t_i \quad [\text{Ws}] \quad (3)$$

Kde Q_i je tepelná ztráta za topný měsíc [Ws], A_i je plocha stavební části [m^2], U_i je součinitel prostupu tepla konstrukce [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$], t_i je součet topných dní za měsíc vyjádřený v čase [s], θ_{int} návrhová teplota interiéru [$^{\circ}\text{C}$] a θ_{ext} teplota exteriéru [$^{\circ}\text{C}$] pro daný měsíc.

Pro výpočet celoroční spotřeby pro dané topné období pak platí vzorec (4).

$$Q_{\text{rok}} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad [\text{Ws/rok}] \quad (4)$$

Pro zjednodušení výpočtu byly zanedbány vlivy tepelných vazeb a tepelná ztráta větráním budovy. Pro ještě přesnější výpočet by bylo nutné zohlednit i dílčí tepelné zisky. Jedná se například o zisky solární, od elektrických zařizovacích přístrojů, či zisky z metabolického tepla osob. Tyto faktory mohou snižovat potřebu tepla a to o až několik procent.

Klimatická data uvažované ve výpočtu byla převzata ze stanice Plzeň – Mikulka, pro reálné topné období od 1.9.2018 do 31.5.2019. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce č.5.

Tabulka č. 5 – klimatická data pro uvažované topné období [40]

Topné období		Stanice	
01.09.2018	31.05.2019	Plzeň - Mikulka 372 m.n.m	
Měsíc		Počet topných dní	Průměrná teplota θ_{ext} [$^{\circ}\text{C}$]
září	2018	5	15,5
říjen	2018	26	10,4
listopad	2018	30	4,4
prosinec	2018	31	2,7
leden	2019	31	-0,2
únor	2019	28	2,4
březen	2019	31	6,7
duben	2019	25	10,2
květen	2019	24	11

Výsledné hodnoty součinitele prostupu tepla a potřeby tepla na vytápění pro všechny modelové případy skladeb konstrukcí stěn s proměnnou tloušťkou tepelné izolace, jsou uvedeny v příloze č.1, č.2 a č. 3 pro příslušnou konkrétní analýzu.

4.2 Environmentální analýza využití EPS pro zateplování svislých konstrukcí

Z pohledu environmentálního se lze dívat na problematiku analýzy ideální tloušťky tepelné izolace dvěma způsoby. Jedním z nich, je nalezení rovnováhy mezi spotřebovanou energií na vytápění a spotřebovanou energií na výrobu pěnového polystyrenu. Dalším pohledem je nalezení rovnováhy mezi produkcí emisí CO₂ při vytápění a produkcí emisí CO₂ při výrobě. Každý tento pohled vede k určení jiné optimální tloušťky EPS na zateplování, jelikož rovnováha mezi spotřebou při výrobě a vytápění je v každém případě jiná.

4.2.1 Analýza závislosti tloušťky TI na množství spotřebované energie

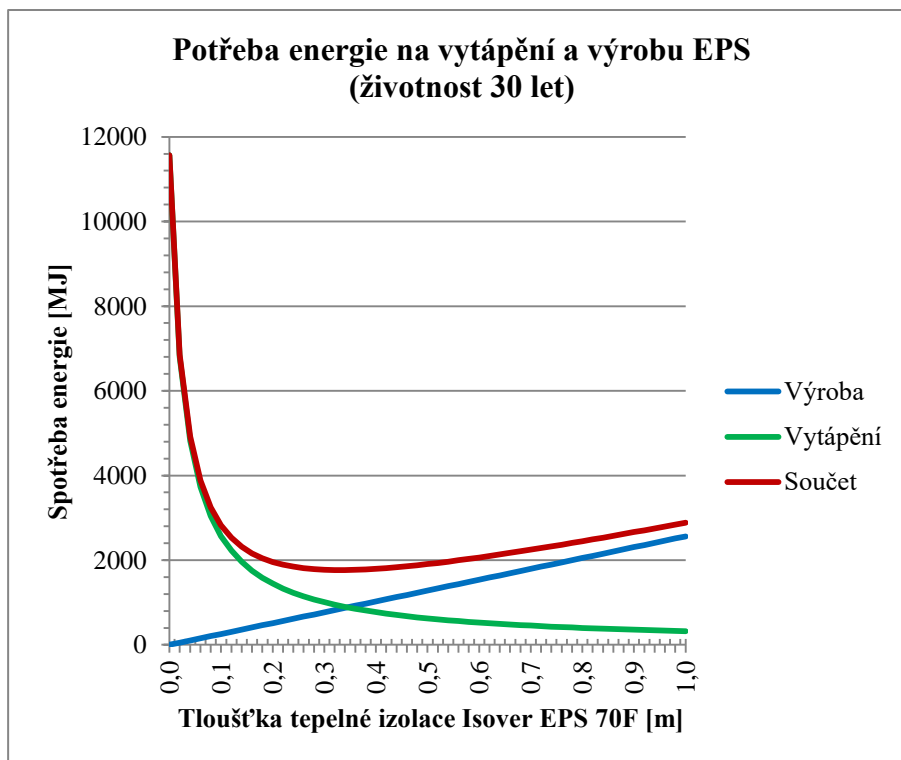
Vstupními hodnotami pro tuto analýzu bylo množství energie, které se spotřebuje při vytápění pro daný typ konstrukce 1 m² stěny se zateplením určité tloušťky tepelné izolace Isover EPS 70 F a množství energie potřebné na výrobu této izolace. Z těchto hodnot lze vypočítat takzvaná energetická návratnost. Ta udává, za jak dlouho se energie vynaložená na výrobu tepelné izolace vrátí úsporou po zateplení. Ušetřená energie byla spočítána jako rozdíl mezi spotřebou tepla na vytápění bez zateplení a se zateplením. Výsledná návratnost počátečních energetických nákladů je pak dána podílem energiemi na výrobu a energiemi ušetřenými za 1 rok.

Pro stěnu z cihel plných pálených (CPP) jsou výsledky uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6 – Energetická bilance zateplení stěny z cihel plných pálených, zdroj: autorka DP

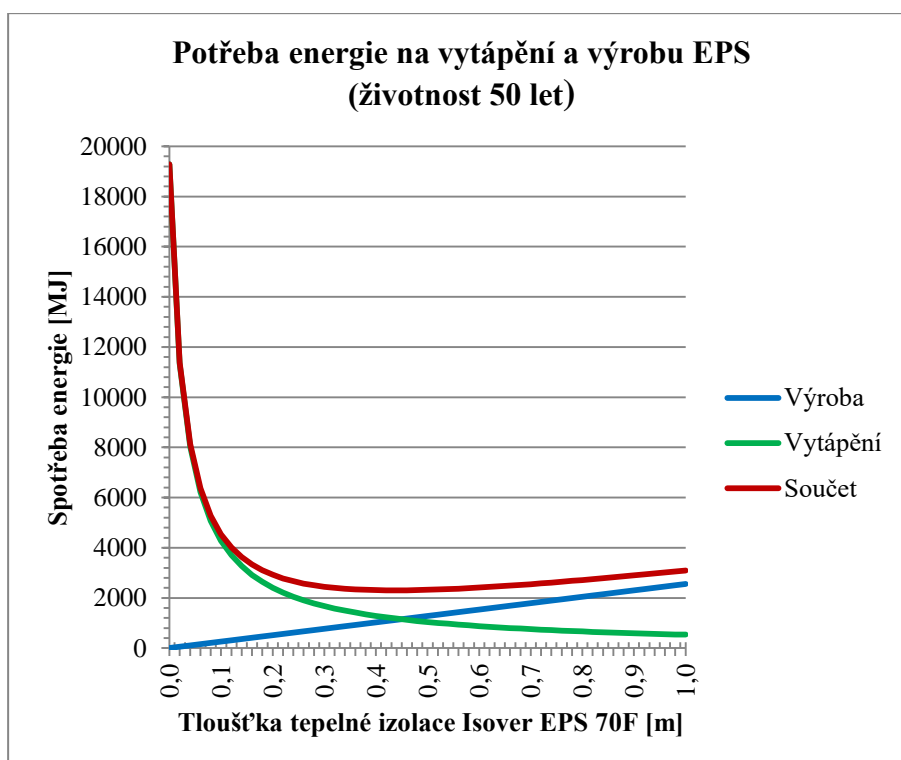
Zdivo z cihel plných pálených							
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/(m ² ·K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1m ² stěny [MJ]			Energie potřebná na výrobu tepelné izolace [MJ/m ²]	Ušetřená energie [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let			
0	1,365	385,55	11566,51	19277,52	0,00	0,00	0,00
100	0,303	85,67	2570,06	4283,44	256,22	299,88	0,85
200	0,171	48,19	1445,64	2409,40	512,44	337,36	1,52
300	0,119	33,52	1005,66	1676,10	768,66	352,03	2,18
400	0,091	25,70	771,00	1285,00	1024,88	359,85	2,85

Pro nalezení ideální tloušťky tepelné izolace z pohledu energetického, byly vypočítány energetické náklady na vytápění a výrobu EPS pro jednotlivé tloušťky tepelné izolace, což lze znázornit graficky viz graf č. 2 pro životnost EPS 30 let a viz graf č. 3 pro životnost 50 let.



Graf č. 2 - CPP - potřeba energie na vytápění a výrobu EPS (životnost 30 let), zdroj: autorka

DP



Graf č. 3 - CPP - potřeba energie na vytápění a výrobu EPS (životnost 50 let), zdroj: autorka

DP

V grafu č. 2 je uvedena potřeba energie pro zdivo z cihel plných pálených se zateplením z expandovaného polystyrenu Isover EPS 70F při životnosti tepelné izolace 30 let. Z grafu č. 2 je patrné, že optimální tloušťka tepelné izolace je hodnota, kde dosahuje součtová křivka svého minima, tedy tam, kde se protnou křivky výroby a vytápění.

Pro tepelnou izolaci zabudovanou do konstrukce je životnost velmi vysoká, lze tedy uvažovat i s životností 50 let, což je uvedeno v grafu č. 3. Z grafů je zřejmé, že čím je uvažovaná doba životnosti delší, tím se optimální tloušťka zvyšuje. Pro uvažovanou životnost 30 let vychází optimální tloušťky kolem hodnoty 345 mm a pro 50 let 450 mm. Obecně lze říci, že v oblasti minima je součtová křivka velmi plochá a v tomto rozmezí lze stále hovořit o optimální tloušťce. [41]

Výpočty byly provedeny stejným postupem i pro ostatní výše uvedené modelové případy typů stěn.

Vstupní hodnoty výpočtu a energetická návratnost pro ostatní skladby svislých konstrukcí stěn jsou uvedeny v tabulce č. 7, č. 8 a č. 9.

Tabulka č. 7- Energetická bilance zateplení stěny z vápenopískových cihel, zdroj: autorka DP

Zdivo z vápenopískových cihel							
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/(m ² ·K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1m ² stěny [MJ]			Energie potřebná na výrobu tepelné izolace [MJ/m ²]	Ušetřená energie [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 60 let			
0	2,63	741,55	22246,60	37077,67	0,00	0,00	0,00
100	0,34	95,90	2876,95	4794,92	256,22	645,65	0,40
200	0,18	51,26	1537,92	2563,20	512,44	690,29	0,74
300	0,12	34,98	1049,46	1749,10	768,66	706,57	1,09
400	0,09	26,55	796,49	1327,48	1024,88	715,00	1,43

Tabulka č. 8 - Energetická bilance zateplení stěny z děrovaných cihel P+D, zdroj: autorka DP

Zdivo z děrovaných cihel P+D							
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/(m ² ·K)]	Potřeba tepla na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ]			Energie potřebná na výrobu tepelné izolace [MJ/m ²]	Ušetřená energie [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let			
0	0,54	153,77	4612,96	7688,27	0,00	0,00	0,00
100	0,23	64,17	1925,22	3208,71	256,22	89,59	2,86
200	0,14	40,55	1216,46	2027,43	512,44	113,22	4,53
300	0,10	29,64	889,13	1481,88	768,66	124,13	6,19
400	0,08	23,35	700,61	1167,68	1024,88	130,41	7,86

Tabulka č. 9 - Energetická bilance zateplení stěny z železobetonového panelu, zdroj: autorka DP

Železobetonový panel							
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Součinitel prostupu tepla konstrukce U [W/(m ² ·K)]	Potřeba tepla na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ]			Energie potřebná na výrobu tepelné izolace [MJ/m ²]	Ušetřená energie [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let			
0	3,64	1027,36	30820,74	51367,90	0,00	0,00	0,00
100	0,35	99,48	2984,32	4973,86	256,22	927,88	0,28
200	0,19	52,27	1568,08	2613,46	512,44	975,09	0,53
300	0,13	35,45	1063,42	1772,36	768,66	991,91	0,77
400	0,09	26,82	804,50	1340,84	1024,88	1000,54	1,02

Podrobnější výsledky výpočtu a grafická znázornění závislosti spotřebované energie při výrobě a při vytápění na tloušťce tepelné izolace jsou pro všechny modelové případy uvedeny v příloze č. 1, této diplomové práce.

Na základě těchto výsledků byly stanoveny výsledné hodnoty optimální tloušťky z hlediska spotřebované energie pro všechny modelové příklady. Výsledky jsou znázorněny v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10 - Optimální tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F z energetického hlediska, zdroj: autorka DP

Typ stěny	Tloušťka nezateplené konstrukce stěny [mm]	Optimální tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [mm]	
		Tloušťka při životnosti 30 let [mm]	Tloušťka při životnosti 50 let [mm]
Zdivo z cihel plných pálených	450	345	450
Zdivo z vápenopískových cihel	175	350	455
Zdivo z děrovaných cihel P+D	300	325	430
Železobetonový panel	150	355	460

Z výsledků je zřejmé, že čím je uvažovaná doba životnosti delší, tím se optimální tloušťka zvyšuje. To je dáno faktem, že čím je doba životnosti větší, tím se zvyšuje potřebná energie na vytápění na rozdíl od spotřeby energie při výrobě, která zůstává stejná. Zhodnocení výsledků je blíže popsáno v kapitole 4.4.

4.2.2 Analýza závislosti tloušťky TI na množství vyprodukovaných emisí CO₂

Jedním z nejznámějších a nejvýznamnějších skleníkových plynů je oxid uhličitý (CO₂), který vzniká procesy v přírodě, nicméně v posledním století k jeho vzniku významně přispívá spalování uhlikatých paliv, zejména pak fosilních paliv. Velké množství emisí CO₂ vzniká právě při provozu budov. Tato analýza je zaměřena na emise CO₂ související s energetickými přeměnami pro dodávku energie do budov a jak ovlivňuje toto množství zateplení svislých konstrukcí tepelnou izolací Isover EPS 70 F.

Do výpočtu, této analýzy, která má účel stanovit optimální tloušťku tepelné izolace z tohoto pohledu, vstupuje množství emisí, které bylo uvolněné při výrobě 1 m² tepelné izolace Isover EPS 70 F dané tloušťky a množství emisí uvolněné při vytápění vztaženo na 1 m² skladby stěny. Množství potřeby tepla na vytápění pro daný modelový případ se zateplením tepelnou izolací Isover EPS 70 F bylo vypočítáno dle kapitoly 4.1. Výsledné hodnoty spotřeby tepla na vytápění a na tom závislé vyprodukované množství emisí jsou uvedené v příloze č. 2 této diplomové práce spolu s dalšími výsledky této analýzy.

Množství emisí vyprodukované pro danou potřeby tepla je závislé na druhu paliva. Každé palivo má vlastní emisní faktor uhlíku, který udává množství CO₂, které odpovídá jednotce energie ve spalovaném palivu. [41]

Uvažované emisní faktory pro vybraná paliva jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tabulka č. 11 – Emisní faktory CO₂ pro energii přivedenou v palivu v ČR [42]

Emisní faktory CO₂ pro energii přivedenou v palivu v ČR	
Palivo	Emisní faktor [kg CO₂/kWh]
Černé uhlí	0,33
Zemní plyn	0,20
Elektřina	1,01

Emisní faktor je vztažen k energii přivedené v palivu, tedy bylo nutné přepočítat emisní faktory dle ztráty při účinnosti spalovacího zařízení pro příslušné palivo. Výsledné hodnoty pro zvolená spalovací zařízení a jím příslušné emisní faktory jsou uvedeny v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12 – Emisní faktory CO₂ pro uvažovaná spalovací zařízení, zdroj: autorka DP

Emisní faktory CO₂ pro energii se zahrnutím účinnosti spalování dle spalovacího zařízení	
Spalovací zařízení	Emisní faktor [kg CO₂/kWh]
Automatický kotel na černé uhlí (účinnost 87%)	0,37
Kondenzační kotel na zemní plyn (účinnost 94%)	0,23
Elektrokotel (účinnost 96%)	1,14

Vstupními hodnotami pro tuto analýzu bylo množství energie přepočítané na množství vyprodukovaných emisí, které se spotřebuje při vytápění, pro daný typ konstrukce stěny se zateplením určité tloušťky tepelné izolace Isover EPS 70 F a množství emisí vyprodukované při výrobě této izolace. Z těchto hodnot byla vypočítána návratnost, která udává, za jak dlouho se množství emisí vzniklých při výrobě tepelné izolace vrátí úsporou po zateplení.

Ušetřené množství emisí bylo spočítáno jako rozdíl mezi spotřebou CO₂ při vytápění bez zateplení a se zateplením tepelnou izolací dané tloušťky. Výsledná návratnost počátečních

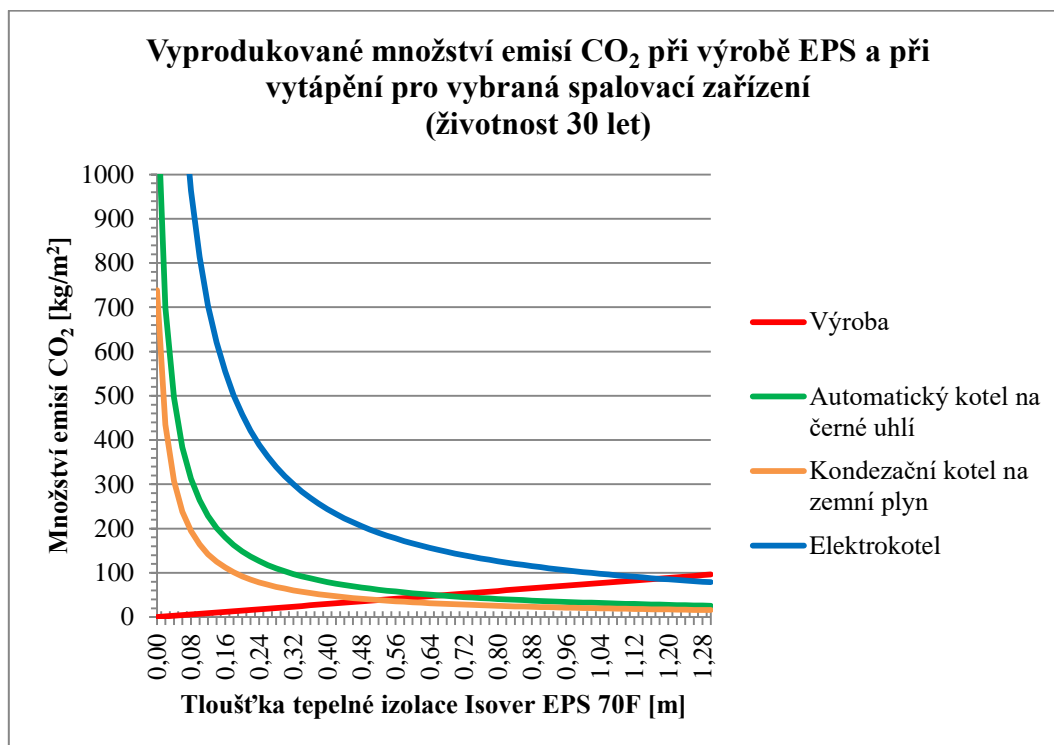
vyprodukovaných emisí je pak dána podílem vyprodukovanými emisemi při výrobě a ušetřenými emisemi po zateplení.

Pro konstrukci stěny z cihel plných pálených (CPP) jsou výsledky v závislosti na druhu spalovacího zařízení uvedeny v tabulce č. 13. Podrobnější hodnoty jsou uvedeny v příloze č. 2 této diplomové práce.

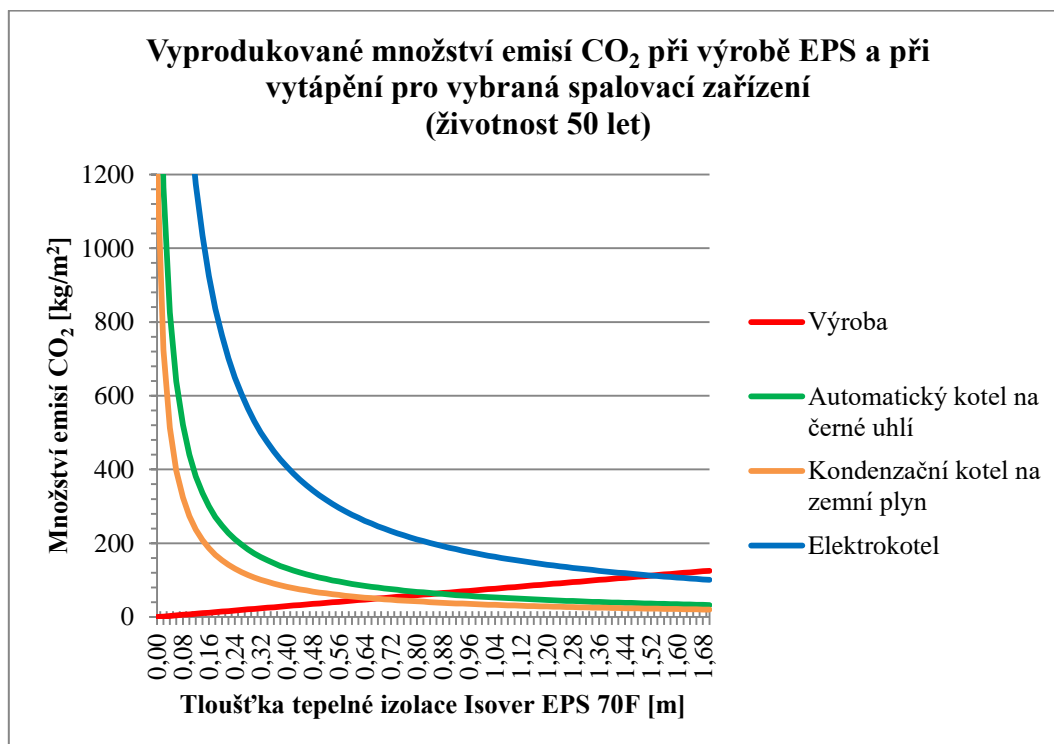
Tabulka č. 13 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (CPP), zdroj: autorka DP

Stěna z cihel plných pálených tloušťky 450 mm				
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Automatický kotel na černé uhlí		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	39,63	0,00	0,00
100	7,39	8,81	30,82	0,24
200	14,78	4,95	34,67	0,43
300	22,17	3,45	36,18	0,61
400	29,56	2,64	36,99	0,80
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Kondenzační kotel na zemní plyn		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	24,63	0,00	0,00
100	7,39	5,47	19,16	0,39
200	14,78	3,08	21,54	0,69
300	22,17	2,14	22,49	0,99
400	29,56	1,64	22,99	1,29
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Elektrokotel		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	122,09	0,00	0,00
100	7,39	27,13	94,96	0,08
200	14,78	15,26	106,83	0,14
300	22,17	10,62	111,48	0,20
400	29,56	8,14	113,95	0,26

Pro nalezení ideální tloušťky TI v závislosti na množství vyprodukovaných emisí, bylo vypočítáno množství CO_2 vyprodukované při vytápění dle spalovacího zařízení a výrobě Isover EPS 70 F pro jednotlivé tloušťky TI, což lze znázornit graficky viz graf č. 4 a č. 5.



Graf č. 4 - Vyprodukované množství CO_2 při použití EPS (životnost 30 let), zdroj: autorka DP



Graf č. 5 - Vyprodukované množství CO_2 při použití EPS (životnost 50 let), zdroj: autorka DP

V grafu č. 4 je znázorněno celkové vyprodukované množství emisí CO₂ pro skladbu konstrukce ze zdiva z cihel plných pálených se zateplením z pěnového polystyrenu Isover EPS 70F při životnosti tepelné izolace 30 let. Z grafu č. 4 je patrné, že optimální tloušťka tepelné izolace je tloušťka, při které se protnou křivky znázorňující množství emisí vyprodukované při výrobě a při vytápění pro dané spalovací zařízení. Při uvažování životnosti 50 let jsou hodnoty uvedeny v grafu č. 5. Z grafického znázornění je zřejmé, že čím je uvažovaná doba životnosti delší, tím se optimální tloušťka zvyšuje.

Výsledné hodnoty ideálních tloušťek tepelné izolace Isover EPS 70 F v závislosti na této analýze jsou uvedeny v souhrnné tabulce č. 17.

Všechny výpočty byly provedeny stejným postupem i pro ostatní výše uvedené modelové případy typů stěn.

Vstupní hodnoty výpočtu a návratnost emisí CO₂ po zateplení tepelnou izolací Isover EPS 70 F pro ostatní posuzované skladby stěn jsou uvedeny v tabulce č. 14, č. 15 a č. 16.

Tabulka č. 14 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (VPC), zdroj: autorka DP

Stěna z vápenopískových cihel tloušťky 175 mm				
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Automatický kotel na černé uhlí		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	76,22	0,00	0,00
100	7,39	9,86	66,36	0,11
200	14,78	5,27	70,95	0,21
300	22,17	3,60	72,62	0,31
400	29,56	2,73	73,49	0,40
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Kondenzační kotel na zemní plyn		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	47,38	0,00	0,00
100	7,39	6,13	41,25	0,18
200	14,78	3,28	44,10	0,34
300	22,17	2,24	45,14	0,49
400	29,56	1,70	45,68	0,65
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Elektrokotel		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	234,83	0,00	0,00
100	7,39	30,37	204,46	0,04
200	14,78	16,23	218,59	0,07
300	22,17	11,08	223,75	0,10
400	29,56	8,41	226,42	0,13

Tabulka č. 15 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (DC), zdroj: autorka DP

Stěna z děrovaných cihel P+D tloušťky 300 mm				
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Automatický kotel na černé uhlí		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	15,80	0,00	0,00
100	7,39	6,60	9,21	0,80
200	14,78	4,17	11,64	1,27
300	22,17	3,05	12,76	1,74
400	29,56	2,40	13,40	2,21
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Kondenzační kotel na zemní plyn		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	9,82	0,00	0,00
100	7,39	4,10	5,72	1,29
200	14,78	2,59	7,23	2,04
300	22,17	1,89	7,93	2,80
400	29,56	1,49	8,33	3,55
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Elektrokotel		
		Množství emisí CO₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	48,69	0,00	0,00
100	7,39	20,32	28,37	0,26
200	14,78	12,84	35,85	0,41
300	22,17	9,39	39,31	0,56
400	29,56	7,40	41,30	0,72

Tabulka č. 16 - Spotřeba emisí při výrobě TI a vytápění dle druhu spalovacího zařízení (ŽB), zdroj: autorka DP

Stěna ze železobetonového panelu tloušťky 150 mm				
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO ₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Automatický kotel na černé uhlí		
		Množství emisí CO ₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	105,59	0,00	0,00
100	7,39	10,22	95,37	0,08
200	14,78	5,37	100,22	0,15
300	22,17	3,64	101,95	0,22
400	29,56	2,76	102,83	0,29
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO ₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Kondenzační kotel na zemní plyn		
		Množství emisí CO ₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	65,64	0,00	0,00
100	7,39	6,36	59,28	0,12
200	14,78	3,34	62,30	0,24
300	22,17	2,27	63,37	0,35
400	29,56	1,71	63,92	0,46
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Množství emisí CO ₂ při výrobě tepelné izolace [kg]	Elektrokotel		
		Množství emisí CO ₂ při vytápění [kg]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]
0	0,00	325,33	0,00	0,00
100	7,39	31,50	293,83	0,03
200	14,78	16,55	308,78	0,05
300	22,17	11,23	314,11	0,07
400	29,56	8,49	316,84	0,09

Grafická zobrazení závislosti celkového množství emisí CO₂ pro všechny modelové typy stěn zateplené expandovaným polystyrenem Isover EPS 70F při životnosti tepelné izolace 30 a 50 let jsou uvedena v příloze č. 2 této diplomové práce. Výsledné hodnoty optimální tloušťky tepelné izolace jsou uvedeny v tabulce č. 17.

Tabulka č. 17 – Optimální tloušťky tepelné izolace v závislosti na množství vyprodukovaných emisí, zdroj: autorka DP

Typ stěny	Tloušťka nezateplené konstrukce [mm]	Optimální tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]		
		Spalovací zařízení	Tloušťka při životnosti 30 let [mm]	Tloušťka při životnosti 50 let [mm]
Zdivo z cihel plných pálených	450	Automatický kotel na černé uhlí	660	860
		Kondenzační kotel na zemní plyn	520	660
		Elektrokotel	1170	1520
Zdivo z vápenopískových cihel	175	Automatický kotel na černé uhlí	670	860
		Kondenzační kotel na zemní plyn	510	680
		Elektrokotel	1180	1530
Zdivo z děrovaných cihel P+D	300	Automatický kotel na černé uhlí	650	840
		Kondenzační kotel na zemní plyn	500	650
		Elektrokotel	1150	1500
Železobetonový panel	150	Automatický kotel na černé uhlí	680	870
		Kondenzační kotel na zemní plyn	530	680
		Elektrokotel	1180	1530

Z tabulky č. 17 je patrné, že hodnoty optimální tloušťky založené na této analýze závislé na množství vyprodukovaných emisí, jsou větší než při analýze zohledňující jen energie. Zhodnocení výsledků je blíže popsáno v kapitole 4.4.

4.3 Ekonomická analýza využití EPS pro zateplování svislých konstrukcí

Expandovaný polystyren nachází značné využití na zateplování budov právě kvůli jeho finanční dostupnosti s porovnáním s jinými tepelně izolačními materiály. Tato analýza má za úkol zhodnotit zateplování svislých konstrukcí právě z ekonomického hlediska, zda má aktuálně využívaná mocnost tlouštěk EPS pro zateplování svislých konstrukcí požadovanou ekonomickou návratnost.

Analýza z ekonomického hlediska je však značně odvíjí od aktuálních cen tepla, prací a samotných cen tepelného izolantu. Cena tepla velmi kolísá a je závislá na mnoha faktorech, jako je druh a cena paliva, typ spalovacího zařízení a jeho účinnost, fixní náklady na provoz nebo celková spotřeba tepla daného objektu, dle které se případně určuje měsíční tarif.

4.3.1 Náklady na vytápění

Pro výpočet bylo vybráno několik druhů paliv a typů spalovacích zařízení, pro něž byla stanovena průměrná cena v Kč za 1 kWh. Všechny ceny jsou stanoveny na základě aktuálních hodnot k 1. březnu 2020. Všechny ceny jsou uvedené v tabulce č. 18. Konečná průměrná cena tepla za 1 kWh byla stanovena jako průměrná cena tepla včetně DPH, povýšena o 20 %. Toto zvýšení ceny zahrnuje fixní náklady, jako jsou vstupní investice a případná údržba.

Tabulka č. 18 – Ceny tepla pro vybraná spalovací zařízení [43]

Spalovací zařízení	Výhřevnost / volba tarifu	Uvažovaná cena paliva včetně DPH [Kč]	Cena tepla včetně DPH [Kč/kWh]	Průměrná cena tepla včetně DPH [Kč/kWh]	Průměrná cena tepla včetně DPH s 20% přírůžkou jako vstupní náklady [Kč/kWh]
Automatický kotel na černé uhlí (účinnost 90%)	23,1 MJ/kg ≈ 6,40 kWh/kg	5,50 - 7,80 Kč/kg	0,95-1,35	1,18	1,42
Kondenzační kotel na zemní plyn (účinnost 94%)	-	1,27 Kč/kWh 261 Kč /měsíc ¹⁾	1,58	1,58	1,90
Elektrokotel (účinnost 98%)	Tarif D 57d ²⁾ , jistič nad 3x20A do 3x25A včetně	NT: 3,03 Kč/kWh VT: 3,41 Kč/kWh 462 Kč /měsíc ¹⁾	Poměrný průměr využití NT a VT: 3,09 měsíční platba: 0,39 ³⁾	3,62	4,34
Tepelné čerpadlo země/voda (topný faktor 3,4)	Tarif D 57d ²⁾ , jistič nad 3x20A do 3x25A včetně	NT: 3,03 Kč/kWh VT: 3,41 Kč/kWh 462 Kč /měsíc ¹⁾	Poměrný průměr využití NT a VT: 3,09 měsíční platba: 0,92 ⁴⁾	0,93	1,12

¹⁾ Uvažovány průměrné ceny od poskytovatelů elektřiny a plynu E.ON, PRE, ČEZ [43]

²⁾ Tarif D 57d - dvoutarifová sazba pro vytápění topným elektrickým spotřebičem a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin

³⁾ Pro výpočet celkové ceny za 1 kWh uvažovaná měsíční spotřeba 1200 kWh

⁴⁾ Pro výpočet celkové ceny 1 kWh uvažovaná měsíční spotřeba 500 kWh

4.3.2 Náklady na provedení kontaktního zateplení svislé konstrukce

Dalšími vstupními hodnotami pro tuto analýzu byly náklady na provedení kontaktního zateplení svislých konstrukcí. Ty byly stanoveny pomocí cenové soustavy ÚRS (rozpočtový software KROS 4). V rozpočtu bylo kromě zateplovacích prací a ceny samotné izolace z EPS započítány i náklady na provoz lešení a přesuny hmot. Pro tepelné izolace větší tloušťky než

200 mm bylo nutné započítat montáž tepelné izolace ve dvou vrstvách. Bylo uvažováno, že se jedná o stavbu pro bydlení, kde výše DPH činí 15 %. Výstupy z tohoto programu jsou součástí diplomové práce a jsou umístěny v příloze č. 4. Výsledné ceny nákladů na zateplení jsou uvedeny v tabulce č. 19.

Tabulka č. 19 – Ceny za provedení kontaktního zateplení svislých konstrukcí z EPS, zdroj: autorka DP

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [m]	Cena za provedení vnějšího zateplení bez DPH [Kč]	Cena za provedení vnějšího zateplení s 15% DPH [Kč]
0,00	0,00	0,00
0,02	941,64	1082,89
0,04	980,93	1128,07
0,06	1006,33	1157,28
0,08	1031,63	1186,37
0,10	1072,62	1233,51
0,12	1098,12	1262,84
0,14	1186,43	1364,39
0,16	1211,93	1393,72
0,18	1257,43	1446,04
0,20	1282,93	1475,37
0,22	1599,54	1839,47
0,24	1673,04	1924,00
0,26	1698,54	1953,32
0,28	1831,04	2105,70
0,30	1877,45	2159,07
0,32	1967,95	2263,14
0,34	1993,45	2292,47
0,36	2077,95	2389,64
0,38	2133,06	2453,02
0,40	2158,56	2482,34

4.3.3 Návratnost investice za provedení zateplení a optimální tloušťka TI z ekonomického hlediska

Návratnost investice udává dobu, za jakou se výše budoucích úspor za energie, vyrovná počáteční investici. V diplomové práci byla počítaná tzv. prostá doba návratnosti, která udává, za jak dlouho se investice vrátí bez ohledu na vliv jakékoli úrokové míry. Prostá návratnost investice je pak spočítána jako podíl nákladů na úsporná opatření (provedení zateplení) a uspořeno energií vynásobenou cenou za jednotku energie viz vzorec (5). [44]

$$T_s = \frac{IN}{CF} [\text{rok}] \quad (5)$$

Kde T_s je doba návratnosti [rok], IN je cena investice [Kč] a CF je roční úspora nákladů za energie [Kč].

Dle dlouhodobého využívání EPS na zateplování budov se dá hovořit o minimální životnosti EPS pro kontaktní zateplení 30 let. Pokud by návratnost přesáhla tuto dobu, investice by byla z ekonomického pohledu ztrátová.

Význam provedení zateplení objektu a z něj plynoucí úspora energie, by pro budoucího investora neměla být hodnocena pouze z ekonomického pohledu, ale i ekologického. Což je také důvod, proč jsou projekty v dnešní době financovány dotačními programy.

Výsledné ekonomické návratnosti pro všechny modelové typy stěn jsou uvedeny v tabulkách č. 20, č. 21, č. 22 a č. 23. Podrobnější výsledky pro další tloušťky tepelné izolace jsou uvedeny v příloze č. 3 této diplomové práce.

Tabulka č. 20 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (CPP), zdroj: autorka DP

Stěna z cihel plných pálených						
Spalovací zařízení	Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Cena za spotřebované teplo při zateplení 1 m ² stěny a dané tloušťce izolantu [Kč]			Cena za uspořenou energii po provedení zateplení [Kč]	Ekonomická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let		
Automatický kotel na černé uhlí	0	151,65	4549,49	7582,49	0,00	0,00
	100	33,70	1010,89	1684,82	117,95	10,46
	200	18,95	568,62	947,70	132,70	11,12
	300	13,19	395,56	659,26	138,46	15,59
	400	10,11	303,26	505,43	141,54	17,54
Kondenzační kotel na zemní plyn	0	203,06	6091,70	10152,83	0,00	0,00
	100	45,12	1353,57	2255,94	157,94	7,81
	200	25,38	761,37	1268,95	177,68	8,30
	300	17,65	529,65	882,74	185,40	11,65
	400	13,54	406,06	676,77	189,52	13,10
Elektrokotel	0	465,23	13956,93	23261,54	0,00	0,00
	100	103,37	3101,21	5168,68	361,86	3,41
	200	58,15	1744,41	2907,34	407,08	3,62
	300	40,45	1213,49	2022,49	424,78	5,08
	400	31,01	930,34	1550,57	434,22	5,72
Tepelné čerpadlo	0	119,52	3585,62	5976,03	0,00	0,00
	100	26,56	796,72	1327,86	92,96	13,27
	200	14,94	448,15	746,91	104,58	14,11
	300	10,39	311,75	519,59	109,13	19,78
	400	7,97	239,01	398,35	111,55	22,25

Tabulka č. 21 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (VPC), zdroj: autorka DP

Stěna z vápenopískových cihel						
Spalovací zařízení	Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Cena za spotřebované teplo při zateplení 1 m ² stěny a dané tloušťce izolantu [Kč]			Cena za uspořenou energii po provedení zateplení [Kč]	Ekonomická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let		
Automatický kotel na černé uhlí	0	291,68	8750,33	14583,88	0,00	0,00
	100	37,72	1131,60	1886,00	253,96	4,86
	200	20,16	604,91	1008,19	271,51	5,43
	300	13,76	412,79	687,98	277,92	7,77
	400	10,44	313,29	522,14	281,23	8,83
Kondenzační kotel na zemní plyn	0	390,55	11716,54	19527,57	0,00	0,00
	100	50,51	1515,20	2525,33	340,04	3,63
	200	27,00	809,97	1349,95	363,55	4,06
	300	18,42	552,72	921,19	372,13	5,80
	400	13,98	419,48	699,14	376,57	6,59
Elektrokotel	0	894,81	26844,23	44740,39	0,00	0,00
	100	115,72	3471,52	5785,87	779,09	1,58
	200	61,86	1855,76	3092,93	832,95	1,77
	300	42,21	1266,35	2110,59	852,60	2,53
	400	32,04	961,10	1601,83	862,77	2,88
Tepelné čerpadlo	0	229,88	6896,45	11494,08	0,00	0,00
	100	29,73	891,86	1486,43	200,15	6,16
	200	15,89	476,75	794,59	213,99	6,89
	300	10,84	325,33	542,22	219,04	9,86
	400	8,23	246,91	411,52	221,65	11,20

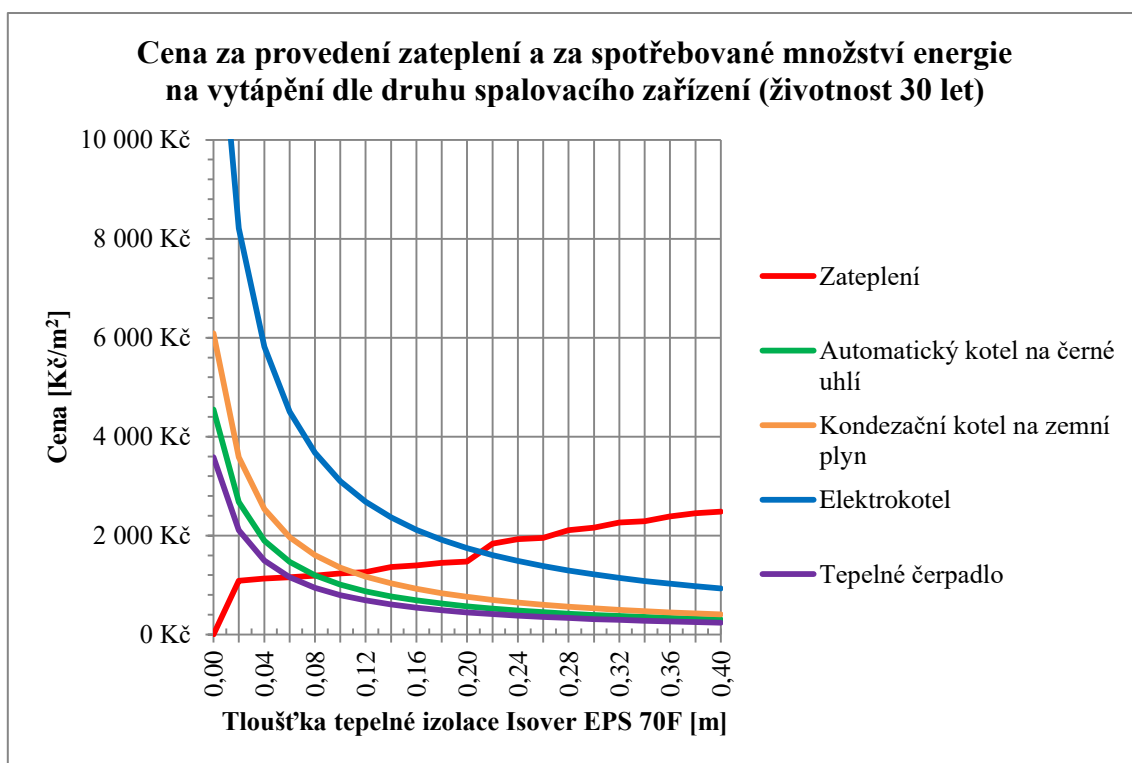
Tabulka č. 22 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (DC), zdroj: autorka DP

Stěna z děrovaných cihel P+D						
Spalovací zařízení	Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Cena za spotřebované teplo při zateplení 1 m ² stěny a dané tloušťce izolantu [Kč]			Cena za uspořenou energii po provedení zateplení [Kč]	Ekonomická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let		
Automatický kotel na černé uhlí	0	60,48	1814,43	3024,05	0,00	0,00
	100	25,24	757,26	1262,09	35,24	35,00
	200	15,95	478,47	797,46	44,53	33,13
	300	11,66	349,72	582,87	48,82	44,22
	400	9,19	275,57	459,29	51,30	48,39
Kondenzační kotel na zemní plyn	0	80,98	2429,49	4049,15	0,00	0,00
	100	33,80	1013,95	1689,92	47,18	26,14
	200	21,36	640,67	1067,78	59,63	24,74
	300	15,61	468,27	780,46	65,37	33,03
	400	12,30	368,99	614,98	68,68	36,14
Elektrokotel	0	185,54	5566,31	9277,18	0,00	0,00
	100	77,44	2323,10	3871,84	108,11	11,41
	200	48,93	1467,86	2446,43	136,61	10,80
	300	35,76	1072,88	1788,13	149,78	14,41
	400	28,18	845,40	1408,99	157,36	15,77
Tepelné čerpadlo	0	47,67	1430,02	2383,36	0,00	0,00
	100	19,89	596,82	994,70	27,77	44,41
	200	12,57	377,10	628,50	35,10	42,04
	300	9,19	275,63	459,38	38,48	56,11
	400	7,24	217,19	361,98	40,43	61,40

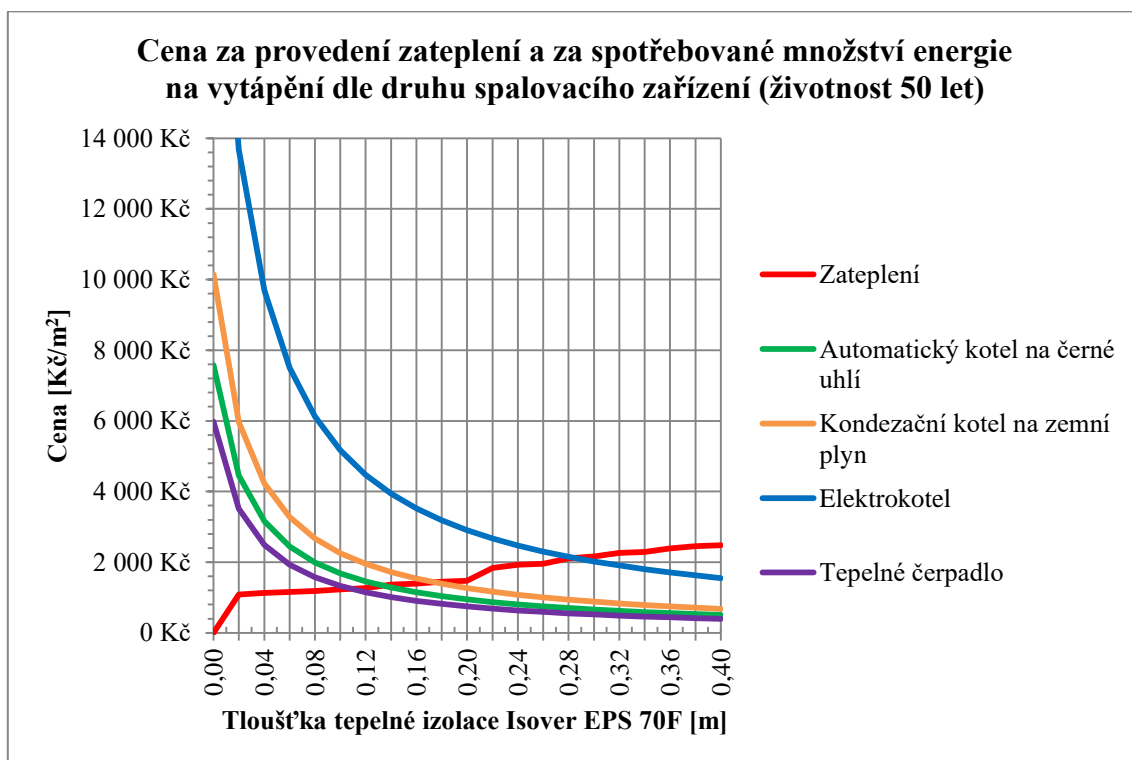
Tabulka č. 23 - Cena za uspořenou energii po provedení zateplení a ekonomická návratnost dle druhu spalovacího zařízení (ŽB), zdroj: autorka DP

Stěna ze železobetonového panelu						
Spalovací zařízení	Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]	Cena za spotřebované teplo při zateplení 1 m ² stěny a dané tloušťce izolantu [Kč]			Cena za uspořenou energii po provedení zateplení [Kč]	Ekonomická návratnost [rok]
		Za 1 rok	Za 30 let	Za 50 let		
Automatický kotel na černé uhlí	0	404,09	12122,82	20204,71	0,00	0,00
	100	39,13	1173,83	1956,39	364,97	3,38
	200	20,56	616,78	1027,96	383,53	3,85
	300	13,94	418,28	697,13	390,15	5,53
	400	10,55	316,44	527,40	393,55	6,31
Kondenzační kotel na zemní plyn	0	541,08	16232,26	27053,76	0,00	0,00
	100	52,39	1571,74	2619,57	488,68	2,52
	200	27,53	825,85	1376,42	513,55	2,87
	300	18,67	560,07	933,45	522,41	4,13
	400	14,12	423,71	706,18	526,95	4,71
Elektrokotel	0	1239,68	37190,36	61983,93	0,00	0,00
	100	120,04	3601,08	6001,79	1119,64	1,10
	200	63,07	1892,14	3153,57	1176,61	1,25
	300	42,77	1283,19	2138,65	1196,91	1,80
	400	32,36	970,77	1617,95	1207,32	2,06
Tepelné čerpadlo	0	318,48	9554,43	15924,05	0,00	0,00
	100	30,84	925,14	1541,90	287,64	4,29
	200	16,20	486,10	810,17	302,28	4,88
	300	10,99	329,66	549,43	307,49	7,02
	400	8,31	249,40	415,66	310,17	8,00

Cena energií za vytápění pro uvedená spalovací zařízení a cena za provedení zateplení lze vyjádřit graficky. V grafu č. 6 je znázorněno grafické zobrazení pro stěnu z cihel plných pálených při životnosti 30 let a v grafu č. 7 při životnosti 50 let. Další grafická zobrazení pro ostatní modelové případy jsou uvedeny v příloze č. 3 této diplomové práce.



Graf č. 6 - Grafické zobrazení cen za spotřebovanou energii za vytápění a za provedení zateplení (CPP), zdroj: autorka DP



Graf č. 7 - Grafické zobrazení cen za spotřebovanou energii za vytápění a za provedení zateplení (CPP), zdroj: autorka DP

V grafu č. 6 je zobrazena cena za pořízení zateplení a ceny za vytápění dle spalovacího zařízení pro zdivo z cihel plných pálených se zateplením z expandovaného polystyrenu Isover EPS 70F při životnosti tepelné izolace 30 let. V grafu č. 7, je doba životnosti uvažovaná 50 let.

Dle grafického zobrazení lze vyhodnotit ideální tloušťku tepelné izolace EPS pro stěnu z cihel plných pálených dle několika spalovacích zařízení. Tato hodnota se nalézá v bodě průniku křivky ceny zateplení a křivky ceny za energie pro jednotlivé zdroje tepla.

Z grafů je zřejmé, že čím je uvažovaná doba životnosti delší, tím se optimální tloušťka zvyšuje jako u všech řešených analýz.

Stejným postupem bylo vytvořeno grafické zobrazení pro všechny modelové případy stěn. Ty jsou uvedeny v příloze této diplomové práce. V tabulce č. 24 jsou uvedeny výsledné optimální tloušťky pro všechny modelové případy.

Tabulka č. 24 - Optimální tloušťky tepelné izolace z ekonomického hlediska, zdroj: autorka

Typ stěny	Tloušťka nezateplené konstrukce [mm]	Optimální tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70F [mm]		
		Spalovací zařízení	Tloušťka při životnosti 30 let [mm]	Tloušťka při životnosti 50 let [mm]
Zdivo z cihel plných pálených	450	Automatický kotel na černé uhlí	80	130
		Kondenzační kotel na zemní plyn	110	170
		Elektrokotel	210	290
		Tepelné čerpadlo	60	110
Zdivo z vápenopískových cihel	175	Automatický kotel na černé uhlí	90	145
		Kondenzační kotel na zemní plyn	120	185
		Elektrokotel	215	290
		Tepelné čerpadlo	75	120
Zdivo z děrovaných cihel P+D	300	Automatický kotel na černé uhlí	40	115
		Kondenzační kotel na zemní plyn	75	140
		Elektrokotel	200	265
		Tepelné čerpadlo	20	75
Železobetonový panel	150	Automatický kotel na černé uhlí	95	145
		Kondenzační kotel na zemní plyn	120	190
		Elektrokotel	215	295
		Tepelné čerpadlo	75	125

Z výše uvedené tabulky č. 24 vyplývá, že optimální tloušťky tepelné izolace z ekonomického hlediska dosahují menších hodnot, než z environmentálního. Zhodnocení výsledků je blíže popsáno v kapitole 4.4.

4.4 Zhodnocení výsledků

Pro porovnání výsledků jednotlivých analýz s tloušťkami tepelné izolace určené dle doporučených hodnot součinitele prostupu tepla, je zde uvedena tabulka č. 25, kde jsou vypočteny tloušťky tepelné izolace pro všechny modelové případy stěn.

Tabulka č. 25 - Optimální tloušťka tepelné izolace pro splnění doporučených hodnot součinitele prostupu tepla U_{rec} [mm], zdroj: autorka

Typ stěny	Tloušťka nezateplené konstrukce [mm]	Optimální tloušťka tepelné izolace pro splnění doporučených hodnot součinitele prostupu tepla U_{rec} [mm]
Zdivo z cihel plných pálených	450	130
Zdivo z vápenopískových cihel	175	140
Zdivo z děrovaných cihel P+D	300	90
Železobetonový panel	150	150

Hodnoty tlouštěk tepelné izolace z hlediska environmentálního a ekonomického jsou uvedeny v tabulkách č. 10, č. 17 a č. 24. Výsledné hodnoty byly stanoveny vždy pro uvažované životnosti výrobku 30 a 50 let. Z výsledků vyplývá, že při větší životnosti se optimální tloušťka zvyšuje. To je dáno tím, že potřebná energie na vytápění se zvětšuje spolu se zvyšující se dobou životnosti, naopak energie vynaložená při výrobě zůstává stejná.

Toto tvrzení lze aplikovat na všechny provedené analýzy, jelikož vstupní veličinou pro všechny výpočty byla právě spotřeba energie, která byla pak dále přepočítána na množství emisí CO₂, popřípadě na cenu za tuto energii v závislosti na typu analýzy.

Z pohledu analýzy založené na množství spotřebované energie se výsledky optimální tloušťky pohybují v průměru kolem 350 mm pro životnost 30 let a 450 mm pro životnost 50 let. Tyto tloušťky jsou výrazně vyšší než tloušťky závislé na doporučených hodnotách součinitele prostupu tepla.

Výsledky optimální tloušťky pro analýzu závislou na množství vyprodukovaných emisí CO₂, jsou téměř dvakrát vyšší, než pro analýzu zohledňující jen potřebné množství energie, pominou-li se výsledky při uvažování elektrokotle jako zdroje tepla viz níže. To je

způsobeno především vysokou produkcí CO₂ při výrobě v porovnání s množstvím vyprodukovaných emisí CO₂, které jsou ušetřeny.

Z výsledných hodnot je také patrné, že tloušťky jsou značně závislé na typu spalovacího zařízení. Nejhorší výsledky jsou dosaženy při využití elektrokotle jako zdroje vytápění. Tloušťky dosahují velikosti až přes 1 m, což je z technického i architektonického hlediska nemožné. V důsledku toho lze říci, že návrh elektrokotle jako zdroje tepla pro vytápění budov je neekologický s porovnání s jinými alternativami. To je způsobeno hlavně z důvodu vysokého podílu primárních neobnovitelných zdrojů při získávání této energie. Tento fakt lze vztáhnout i na cenu získané energie tímto zdrojem tepla, která je vyšší než u dalších posuzovaných druhů. V dnešní době je však od návrhu elektrokotle jako hlavního zdroje tepla upouštěno a dává se přednost jiným ekologičtějším variantám.

Poslední vyhodnocení bylo provedeno v závislosti na ekonomických faktorech. Z tohoto pohledu jsou výsledné tloušťky tepelné izolace z EPS v průměru výrazně menší (viz tabulka č. 24), než při vyhodnocení environmentálních analýz a blíží se hodnotám z tabulky č. 25. Z těchto výsledků vyplývá, že využití tohoto materiálu na zateplování budov je z tohoto hlediska výhodné a hledaná rovnováha mezi náklady za pořízení zateplení a náklady za spotřebované množství energie je dosažena už při nižších tloušťkách.

Výsledné tloušťky tepelné izolace při životnosti 50 let korespondují se současnými používanými tloušťkami pro zateplování stěn. Z toho plyne, že při volbě tloušťky tepelné izolace je kladen důraz především na ekonomické parametry.

V důsledku dalšího udržitelného rozvoje jsou však čím dál tím více zohledňovány právě environmentální aspekty. Z tohoto důvodu lze očekávat další mírný nárůst tlouštěk tepelné izolace z EPS. Důležité bude však zohlednit, do jaké míry bude možné tyto opatření plnit, v závislosti na technické a architektonické proveditelnosti.

Další vývoj a optimalizace všech životních fází expandovaného polystyrenu bude mít vliv na možnosti budoucího využití tohoto materiálu pro zateplování staveb.

Závěr

V současné době je kladen důraz na snižování energetické náročnosti staveb, hlavně z důvodu environmentální dopadu na životní prostředí. Jelikož budovy se z velké části podílí na produkci celkových energií ve světě, je zapotřebí řešit jejich správný návrh, na němž se podílí řada faktorů. Jedním z nich je právě zlepšování tepelně izolačních vlastností obálek budov.

V závislosti na tom se zvyšuje využívání právě expandovaných polystyrenů, jako tepelných izolací staveb. Tento materiál však nachází uplatnění i v další celé řadě stavební konstrukcí.

Z výše uvedených faktů plyne, že do budoucna lze očekávat velký vývoj a ještě větší nárůst využívání EPS. V důsledku toho je nutné stále optimalizovat všechny fáze životního cyklu od procesu výroby až po likvidaci tohoto materiálu.

V budoucnu bude potřeba dosáhnout co nejlepších tepelně izolačních vlastností výrobků v závislosti na environmentální a ekonomické bilanci, při snaze o dosažení co největší možné životnosti výrobku. V důsledku toho bude nutné pracovat na vývoji EPS a to hlavně ve změně složení, popřípadě v optimalizaci výrobního procesu.

Pro další aplikování EPS do budov, je důležité stanovení optimální tloušťky tepelné izolace. To lze stanovit z ekonomického a environmentálního hlediska. Výsledky analýzy zohledňující ekonomické parametry dosahují menších výsledných tlouštěk tepelné izolace, než výsledky analýzy environmentální. Důležité je však nalezení rovnováhy mezi těmito pohledy a definovat za jakých podmínek a do jaké míry, se expandovaný polystyren vyplatí aplikovat do staveb.

Po skončení životnosti EPS je dalším důležitým krokem zefektivnění systému sběru a separování stavebního a demoličního odpadu. V závislosti na tom bude možné dosáhnout dostatečné čistoty odpadu pro lepší možnou recyklaci nebo výrobu energie.

Optimalizace fáze likvidace EPS odpadu není stále dostatečně dořešena. Do budoucna se očekává vysoký nárůst právě odpadního EPS a z tohoto důvodu je nutné tuto situaci intenzivně řešit. Na tom se aktivně podílí organizace sdružení EPS ČR, která se zavázala k recyklaci celkového množství odpadního EPS do roku 2030.

Všechny výše uvedené procesy, důležité pro další užívání tohoto materiálu, musí korespondovat s dalším udržitelným rozvojem. Proto je nutné se touto problematikou zabývat a hledat možnosti zefektivnění jednotlivých fází i nadále.

Seznam použité literatury a ostatních zdrojů

- [1] LYNWOOD, Cole. *Polystyrene: Synthesis, Characteristics and Applications*. New York : Nova Science Publishers, 2014. ISBN 978-1-63321-371-5.
- [2] 2013 / Z historie výroby pěnového PS - EPS. EPS ČR - *Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 09.10.2019]. Dostupné z: <https://epsr.cz/download/z-historie-vyroby-penového-ps/>
- [3] BĚHÁLEK, Luboš. *POLYMERY - Složení polymerů - přísady*. [online]. [cit. 28.10.2019]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/05.html>
- [4] IP 1 Vlastnosti EPS . *EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 28.10.2019]. Dostupné z: <https://epsr.cz/stavebnictvi/casopis-izolacni-praxe/>
- [5] Vlastnosti a možnosti pěnového polystyrenu – *IZOLACE.cz*. *IZOLACE.cz – odborný portál z oboru stavebních izolací a stavební fyziky* [online]. Copyright © IZOLACE.CZ, realizace [cit. 28.10.2019]. Dostupné z: <https://www.izolace.cz/clanky/vlastnosti-a-moznosti-penového-polystyrenu/>
- [6] Akustika zateplovacích systémů ETICS. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2019 [cit. 28.10.2019]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/akustika-zateplovacich-systemu-etics>
- [7] DVOŘÁK, Jan. *TZB info: Mechanické upevnění zateplovacích systémů* [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/4546-mechanicke-upevneni-zateplovacich-systemu>
- [8] MOHRMANN, Pavel. *Průmyslová ekologie: Příběh látky na seznamu XIV* [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/pribeh-latky-na-seznamu-xiv>
- [9] 02/2020 Spotřeba EPS v roce 2019. *EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 10.03.2020]. Dostupné z: <https://epsr.cz/sdruzeni-eps-cr/media-press/>

[10] Zateplování staveb - *EPS. EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <https://epsr.cz/stavebnictvi/zateplovani-staveb/>

[11] Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | *Izolace-info.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/aktuality/21645-typy-tepelnych-izolaci-1-dil-expandovany-penovy-polystyren-eps-a.html#.Xre-NGgzZPZ>

[12] Změny ve značení pěnového polystyrenu ISOVER EPS. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aktuality/zmeny-ve-znaceni-penoveho-polystyrenu-isover-eps>

[13] Skladby a systémy - projekční katalog DEK 2019. *Stavebniny DEK a.s.*, 2019. ISBN 978-80-87215-23-4

[14] Isover EPS RigiFloor 4000. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-rigifloor-4000>

[15] Isover TRAM EPS. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-tram-eps>

[16] Zateplení podlahy na terénu - standardní zatížení. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aplikace/zatepleni-podlahy-stropu-podhledu/zatepleni-podlahy-na-terenu-standardni-zatizeni>

[17] Sendvičové panely, Stěnové panely, Střešní panely. *Sendvičové panely, Polystyren, Izolace plochých střech, Montované haly* [online]. Copyright © 2020 [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <http://www.p-systems.cz/sendvicove-panely>

[18] DRCENÝ POLYSTYREN: O drceném polystyrenu. *DRCENÝ POLYSTYREN* [online]. Dostupné z: <https://www.drcenypolystyren.com/index.php?site=drceny-polystyren>

[19] Drcený polystyren EPS | Stavebniny-Rychle.cz. Stavebniny, tepelné izolace | *Stavebniny-Rychle.cz* [online]. Copyright © 2020 Stavebniny [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/drceny-polystyren-eps.html>

[20] HELUZ FAMILY 44 2in1 broušená | HELUZ. *HELUZ – cihly, překlady, komíny, stropní systémy pro stavbu rodinného domu* [online]. Copyright © 2020, HELUZ cihlářský průmysl v.o.s. [cit. 14.03.2020]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-family-44-2in1-brousena-1>

[21] STYROL a.s. Valašské Meziříčí - výrobce pěnového polystyrenu. STYROL a.s. *Valašské Meziříčí - výrobce pěnového polystyrenu* [online]. Copyright ©2020 STYROL a.s. [cit. 10.05.2020]. Dostupné z: <https://www.styrol.cz/styrolblok.html>

[22] Využití polystyrenu v náspu dálniční konstrukce | iMaterialy. *Portál pro odborníky ve stavebnictví – projektanty, stavaře z praxe, architekty i řemeslníky* | iMaterialy [online]. Copyright © [cit. 20.03.2020]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/vyuziti-polystyrenu-v-nbsp-naspu-dalnicni-konstrukce_101363.html

[23] Applications - Geofoam Information. *EPS Geofoam - Geofoam Information* [online]. Copyright © 2018 AFM Corporation [cit. 20.03.2020]. Dostupné z: <https://www.geofoam.org/applications/>

[24] GEOFOAM® | DCD IDEAL spol. s r.o.. *Výrobce tepelně a zvukově izolačních materiálů pro stavebnictví* | DCD IDEAL spol. s r.o. [online]. Copyright © 2019 [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.dcd-ideal.cz/katalog/geofoam>

[25] Počítadlo - EPS. *EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://epscr.cz/pocitadlo/>

[26] IP 13 Aktualizace . *EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 15.06.2020]. Dostupné z: <https://epscr.cz/stavebnictvi/casopis-izolacni-praxe/>

[27] Povinná recyklace polystyrenu se blíží - Naše voda. *Naše voda* - [online]. Copyright © 2011 [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/povinna-recyklace-polystyrenu-se-blizi/>

[28] KIZLINK, Juraj. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-884-7.

[29] Environmentální prohlášení o produktu | Envigroup s.r.o.. *Envigroup s.r.o. | Informační portál podnikové ekologie* [online]. Copyright © 2015 [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.envigroup.cz/aktualita-252.html>

[30] VÖROS, František a MARELOVÁ, Jana. *EPS a XPS materiály. Nakládání s odpady* - PDF Free Download. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/105361326-Eps-a-xps-materialy-nakladani-s-odpady-ing-frantisek-voros-ing-jana-marelova.html>

[31] Energy performance of buildings directive | Energy. *European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache* [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

[32] Evropská komise zveřejnila Strategii pro plasty a další dokumenty k oběhovému hospodářství | MPO. *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Copyright © Copyright 2005 [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cz/evropska-komise-zverejnila-strategii-pro-plasty--234763/>

[33] Cirkulární ekonomika - EPS. *EPS ČR - Sdružení pěnového polystyrenu v ČR* [online]. Copyright © Copyright [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://epscr.cz/cirkularni-ekonomika/>

[34] Polystyren do popelnice ani na skládku nepatří. Hrozí velké pokuty! :: Třetí Ruka. *Třetí Ruka* [online]. Copyright © 2013 CEMC Všechna práva vyhrazena. [cit. 15.05.2020]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/polystyren-do-popelnice-ani-na-skladku-nepatri/>

[35] Technické listy - Energetické využitie odpadov z EPS. *EPSSR*[online]. Copyright © Copyright [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: http://epssr.sk/?page_id=3251

[36] Home - Polystyreneloop. *Home - Polystyreneloop* [online]. Copyright © POLYSTYRENELOOP [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://polystyreneloop.eu/>

- [37] Isover EPS 70F. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 17.05.2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-70f>
- [38] ŠUBRT, Roman, Pavlína CHARVÁTOVÁ, Pavel SVOBODA, Luboš POKORNÝ a Jan PLACHÝ. *Katalog tepelných vazeb*. Častolovice: Isover, [2016]. ISBN 9788026095194.
- [39] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 2., dopl. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008. Stavitelství. ISBN 978-80-7300-234-3.
- [40] REINBERK, Zdeněk a TINTĚRA, Ladislav. *TZB info: Výpočet denostupňů* [online]. [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>
- [41] NOVOTNÝ, Jiří a MATUŠKA, Tomáš. *TZB info: Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách* [online]. [cit. 27.12.2019]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>
- [42] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu, ve znění pozdějších předpisů.
- [43] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva | *TZB info* [online]. [cit. 01.03.2020]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>
- [44] Jak vyhodnotit přínosy a návratnost zateplení domu - doba návratnosti - *ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. Copyright © Copyright [cit. 01.03.2020]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4760.jak-vyhodnotit-prinosy-a-navratnost-zatepleni-domu-doba-navratnosti>

Použitý software

Microsoft Word

Microsoft Excel

KROS 4

Allplan 2018

Seznam příloh diplomové práce

Příloha č. 1 Environmentální analýza A

Závislost tloušťky tepelné izolace na množství spotřebované energie

Příloha č. 2 Environmentální analýza B

Závislost tloušťky tepelné izolace na množství vyprodukovaných emisí

Příloha č. 3 Ekonomická analýza

Závislost tloušťky tepelné izolace na ceně za provedení kontaktního zateplení stěny a za spotřebované množství energie

Příloha č. 4 Náklady na provedení kontaktního zateplení stěny

Výstup z programu KROS 4

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

PŘÍLOHY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Příloha č. 1

Environmentální analýza A

Závislost tloušťky tepelné izolace na množství spotřebované energie

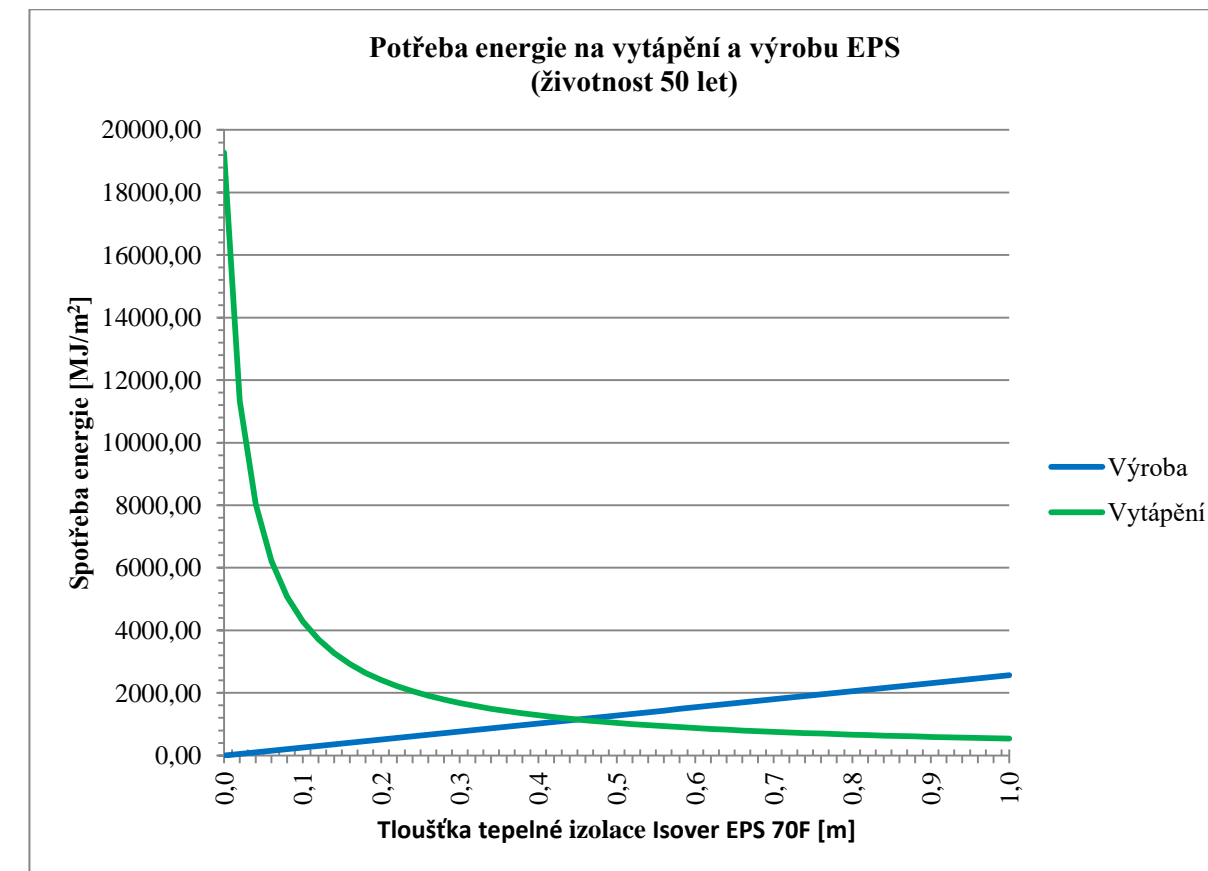
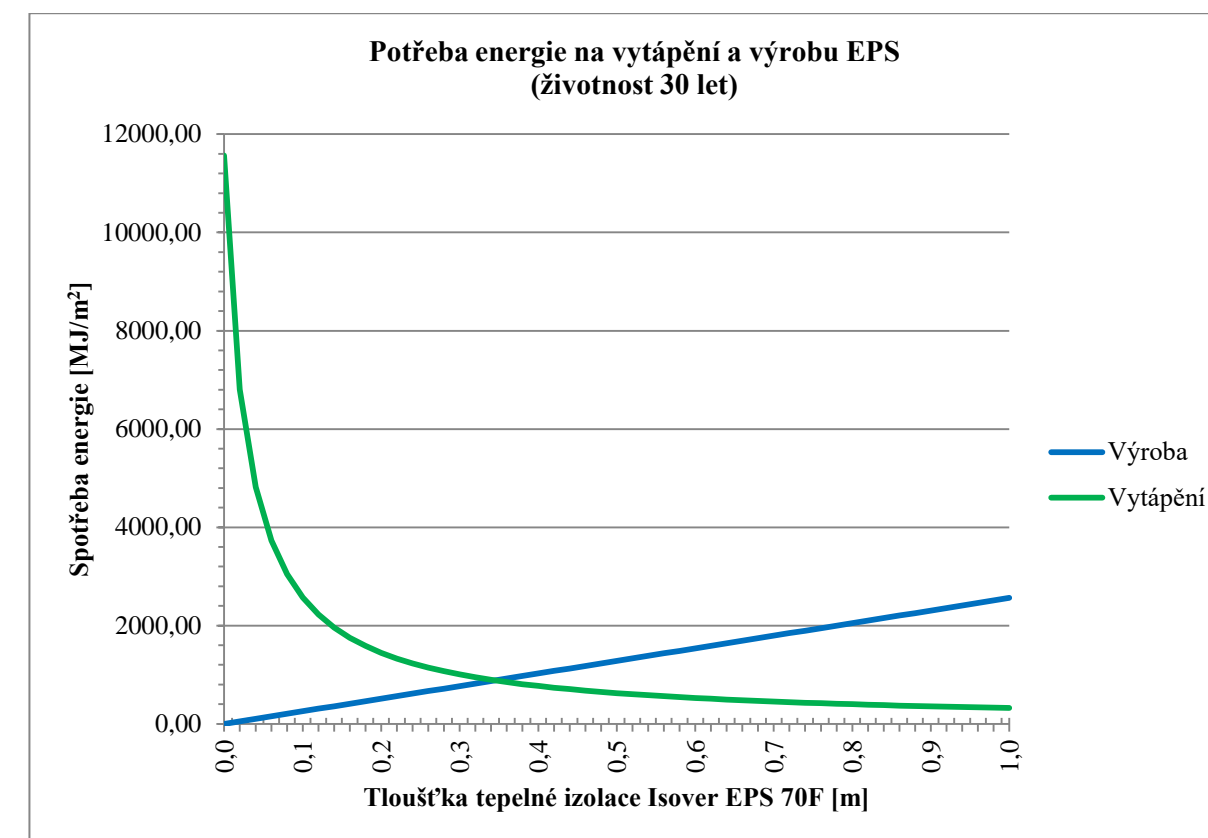
Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH PÁLENÝCH (d = 450 mm)

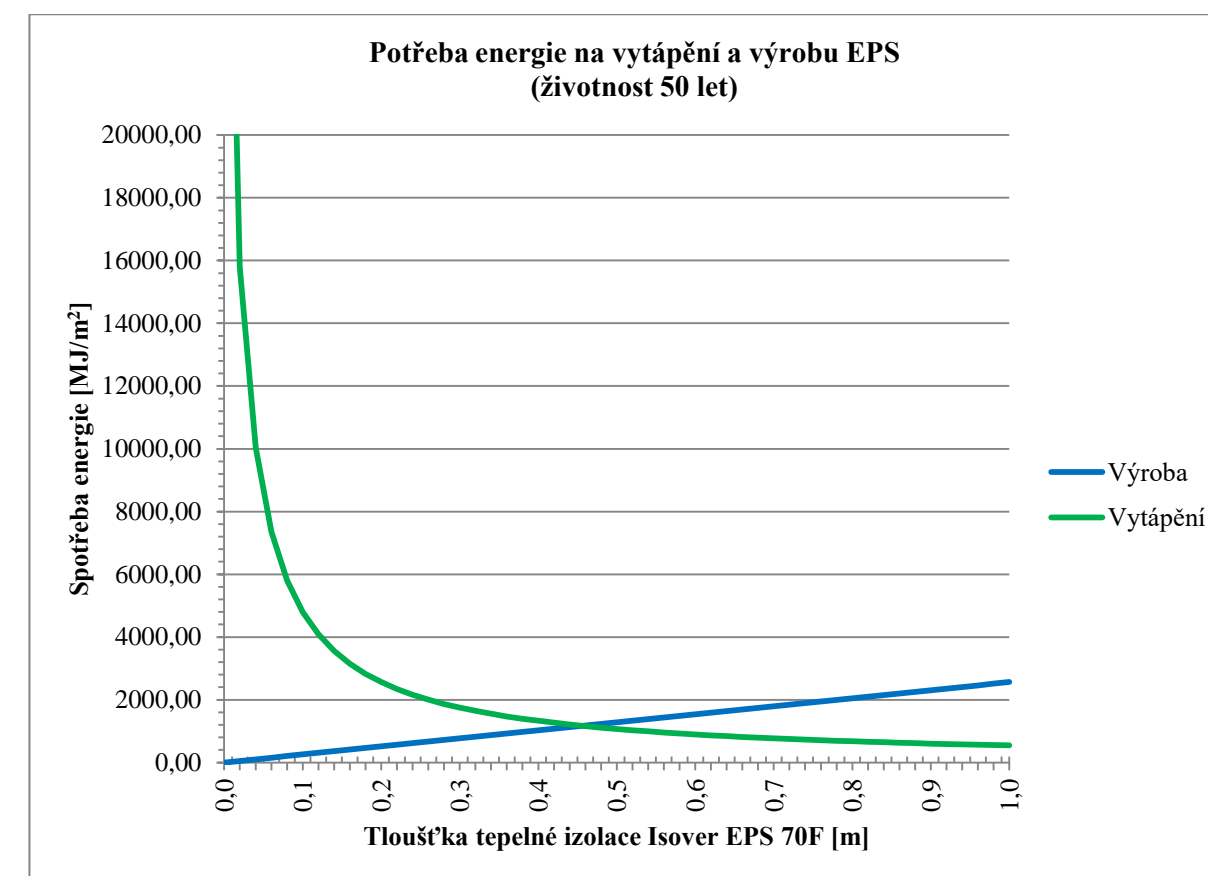
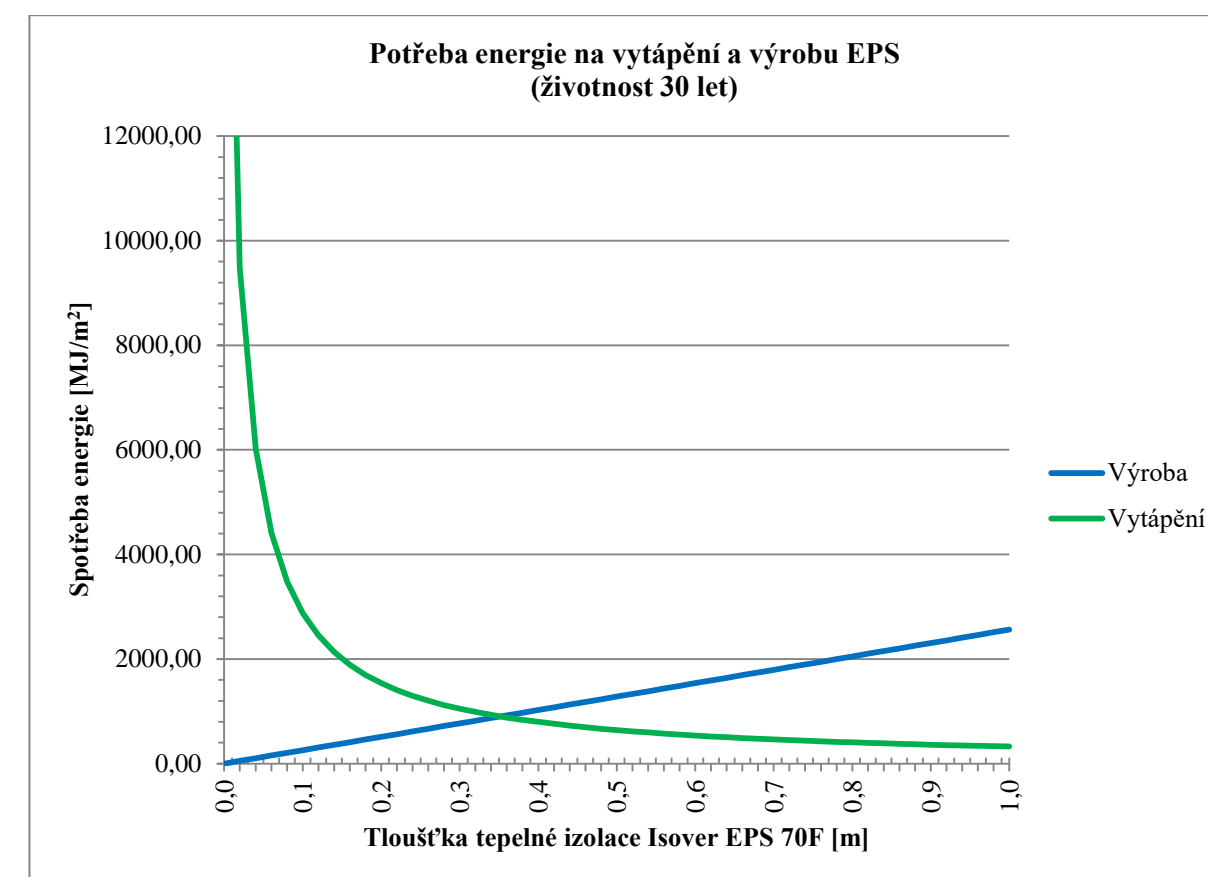
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [KWh/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² [MJ/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/30 let]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/50 let]	Energetické náklady na výrobu tepelné izolace Isover EPS 70F [MJ/m ²]	Ušetřené množství energie po zateplení [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
0,00	1,37	107,10	385,55	11566,51	19277,52	0,00	0,00	-
0,02	0,80	62,99	226,78	6803,45	11339,08	51,24	158,77	0,32
0,04	0,57	44,62	160,63	4818,99	8031,66	102,49	224,92	0,46
0,06	0,44	34,54	124,36	3730,79	6217,98	153,73	261,19	0,59
0,08	0,36	28,18	101,45	3043,51	5072,52	204,98	284,10	0,72
0,10	0,30	23,80	85,67	2570,06	4283,44	256,22	299,88	0,85
0,12	0,26	20,59	74,14	2224,08	3706,80	307,46	311,41	0,99
0,14	0,23	18,15	65,34	1960,20	3267,00	358,71	320,21	1,12
0,16	0,21	16,22	58,41	1752,30	2920,50	409,95	327,14	1,25
0,18	0,19	14,67	52,81	1584,27	2640,44	461,20	332,74	1,39
0,20	0,17	13,39	48,19	1445,64	2409,40	512,44	337,36	1,52
0,22	0,16	12,31	44,31	1329,32	2215,54	563,68	341,24	1,65
0,24	0,15	11,39	41,01	1230,33	2050,55	614,93	344,54	1,78
0,26	0,14	10,60	38,17	1145,06	1908,43	666,17	347,38	1,92
0,28	0,13	9,92	35,69	1070,84	1784,73	717,42	349,86	2,05
0,30	0,12	9,31	33,52	1005,66	1676,10	768,66	352,03	2,18
0,32	0,11	8,78	31,60	947,96	1579,93	819,90	353,95	2,32
0,34	0,11	8,30	29,88	896,52	1494,19	871,15	355,67	2,45
0,36	0,10	7,87	28,35	850,37	1417,28	922,39	357,20	2,58
0,38	0,10	7,49	26,96	808,74	1347,91	973,64	358,59	2,72
0,40	0,09	7,14	25,70	771,00	1285,00	1024,88	359,85	2,85
0,42	0,09	6,82	24,55	736,63	1227,71	1076,12	361,00	2,98
0,44	0,08	6,53	23,51	705,18	1175,31	1127,37	362,04	3,11
0,46	0,08	6,26	22,54	676,32	1127,19	1178,61	363,01	3,25
0,48	0,08	6,02	21,66	649,72	1082,87	1229,86	363,89	3,38
0,50	0,07	5,79	20,84	625,14	1041,89	1281,10	364,71	3,51
0,52	0,07	5,58	20,08	602,34	1003,91	1332,34	365,47	3,65
0,54	0,07	5,38	19,37	581,16	968,59	1383,59	366,18	3,78
0,56	0,07	5,20	18,71	561,41	935,68	1434,83	366,84	3,91
0,58	0,06	5,03	18,10	542,96	904,93	1486,08	367,45	4,04
0,60	0,06	4,87	17,52	525,68	876,14	1537,32	368,03	4,18
0,62	0,06	4,72	16,98	509,47	849,12	1588,56	368,57	4,31
0,64	0,06	4,58	16,47	494,23	823,72	1639,81	369,08	4,44
0,66	0,06	4,44	16,00	479,88	799,79	1691,05	369,55	4,58
0,68	0,06	4,32	15,54	466,33	777,22	1742,30	370,01	4,71
0,70	0,05	4,20	15,12	453,53	755,88	1793,54	370,43	4,84
0,72	0,05	4,09	14,71	441,41	735,69	1844,78	370,84	4,97
0,74	0,05	3,98	14,33	429,92	716,54	1896,03	371,22	5,11
0,76	0,05	3,88	13,97	419,02	698,37	1947,27	371,58	5,24
0,78	0,05	3,78	13,62	408,66	681,09	1998,52	371,93	5,37
0,80	0,05	3,69	13,29	398,79	664,65	2049,76	372,26	5,51
0,82	0,05	3,61	12,98	389,39	648,99	2101,00	372,57	5,64
0,84	0,04	3,52	12,68	380,43	634,04	2152,25	372,87	5,77
0,86	0,04	3,44	12,40	371,86	619,77	2203,49	373,15	5,91
0,88	0,04	3,37	12,12	363,68	606,13	2254,74	373,43	6,04
0,90	0,04	3,29	11,86	355,85	593,08	2305,98	373,69	6,17
0,92	0,04	3,23	11,61	348,34	580,57	2357,22	373,94	6,30
0,94	0,04	3,16	11,37	341,15	568,58	2408,47	374,18	6,44
0,96	0,04	3,09	11,14	334,25	557,08	2459,71	374,41	6,57
0,98	0,04	3,03	10,92	327,62	546,03	2510,96	374,63	6,70
1,00	0,04	2,97	10,71	321,25	535,42	2562,20	374,84	6,84

Grafické zobrazení



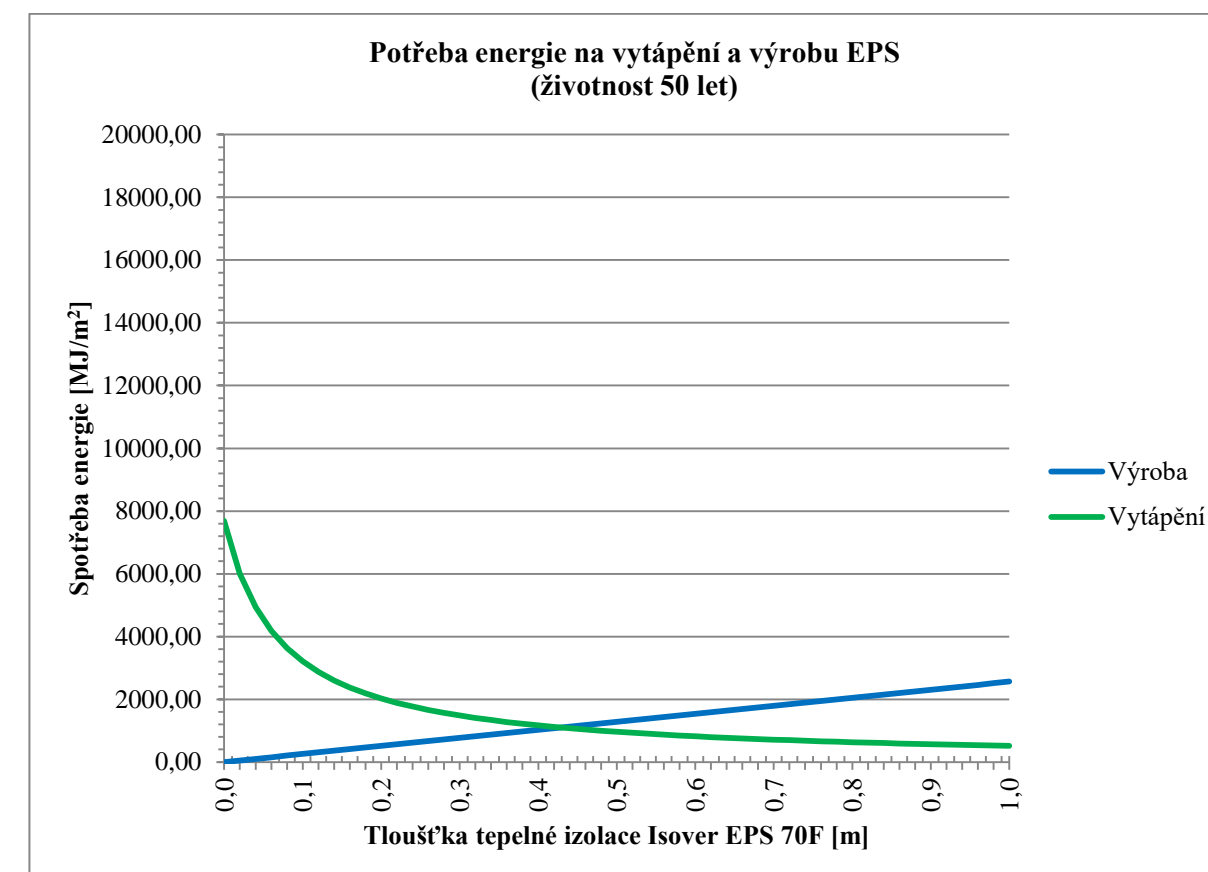
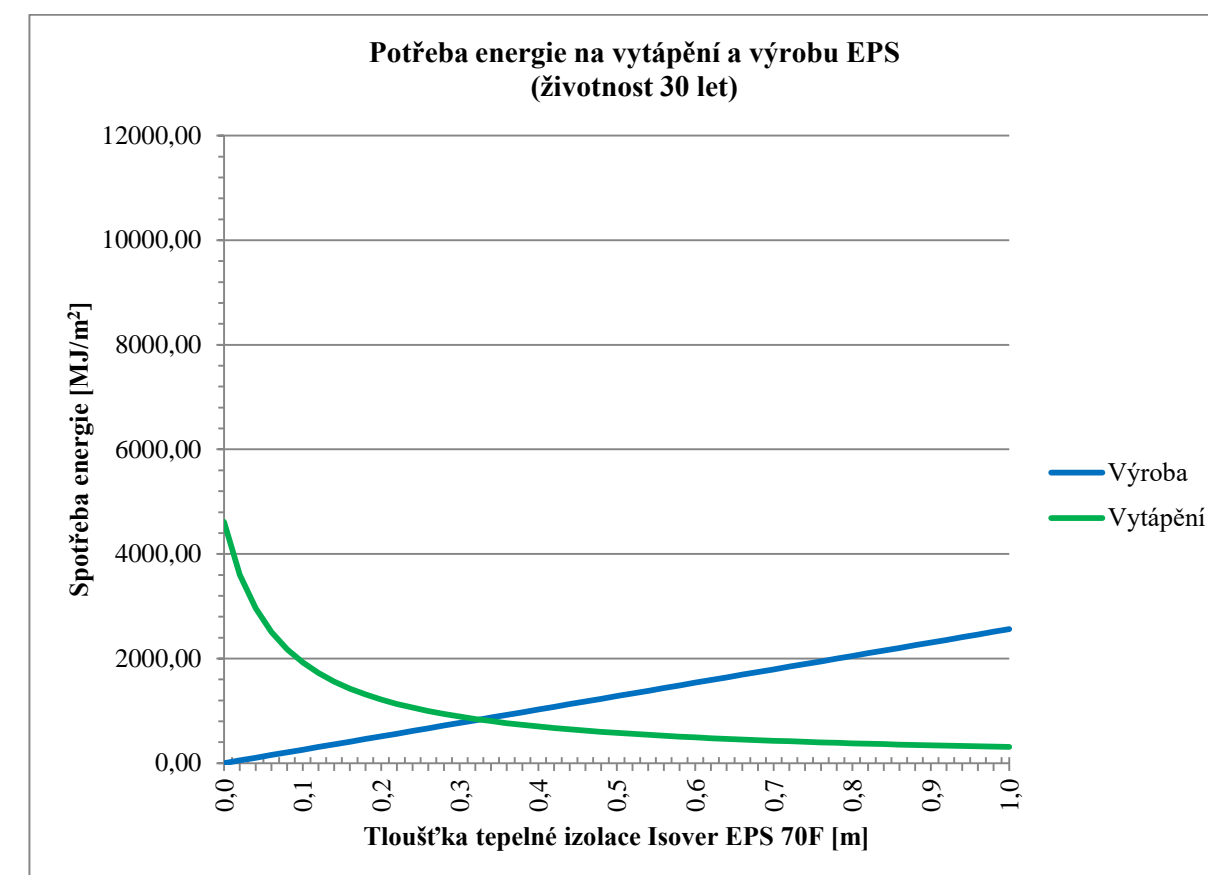
Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [KWh/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/30 let]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/50 let]	Energetické náklady na výrobu tepelné izolace Isover EPS 70F [MJ/m ²]	Ušetřené množství energie po zateplení [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
0,00	2,63	205,99	741,55	22246,60	37077,67	0,00	0,00	-
0,02	1,12	87,78	316,02	9480,60	15801,00	51,24	425,53	0,12
0,04	0,71	55,78	200,80	6023,86	10039,77	102,49	540,76	0,19
0,06	0,52	40,87	147,14	4414,34	7357,24	153,73	594,41	0,26
0,08	0,41	32,26	116,12	3483,57	5805,94	204,98	625,43	0,33
0,10	0,34	26,64	95,90	2876,95	4794,92	256,22	645,65	0,40
0,12	0,29	22,69	81,68	2450,27	4083,79	307,46	659,88	0,47
0,14	0,25	19,76	71,13	2133,81	3556,35	358,71	670,43	0,54
0,16	0,22	17,50	62,99	1889,74	3149,57	409,95	678,56	0,60
0,18	0,20	15,70	56,53	1695,77	2826,29	461,20	685,03	0,67
0,20	0,18	14,24	51,26	1537,92	2563,20	512,44	690,29	0,74
0,22	0,17	13,03	46,90	1406,95	2344,92	563,68	694,66	0,81
0,24	0,15	12,00	43,22	1296,54	2160,90	614,93	698,34	0,88
0,26	0,14	11,13	40,07	1202,19	2003,66	666,17	701,48	0,95
0,28	0,13	10,38	37,35	1120,65	1867,75	717,42	704,20	1,02
0,30	0,12	9,72	34,98	1049,46	1749,10	768,66	706,57	1,09
0,32	0,12	9,14	32,89	986,78	1644,63	819,90	708,66	1,16
0,34	0,11	8,62	31,04	931,16	1551,94	871,15	710,51	1,23
0,36	0,10	8,16	29,38	881,48	1469,14	922,39	712,17	1,30
0,38	0,10	7,75	27,89	836,83	1394,72	973,64	713,66	1,36
0,40	0,09	7,37	26,55	796,49	1327,48	1024,88	715,00	1,43
0,42	0,09	7,04	25,33	759,86	1266,43	1076,12	716,22	1,50
0,44	0,09	6,73	24,21	726,45	1210,74	1127,37	717,34	1,57
0,46	0,08	6,44	23,19	695,85	1159,75	1178,61	718,36	1,64
0,48	0,08	6,18	22,26	667,73	1112,88	1229,86	719,30	1,71
0,50	0,08	5,94	21,39	641,79	1069,65	1281,10	720,16	1,78
0,52	0,07	5,72	20,59	617,79	1029,65	1332,34	720,96	1,85
0,54	0,07	5,51	19,85	595,52	992,53	1383,59	721,70	1,92
0,56	0,07	5,32	19,16	574,80	958,00	1434,83	722,39	1,99
0,58	0,07	5,14	18,52	555,48	925,79	1486,08	723,04	2,06
0,60	0,06	4,98	17,91	537,41	895,68	1537,32	723,64	2,12
0,62	0,06	4,82	17,35	520,48	867,46	1588,56	724,20	2,19
0,64	0,06	4,67	16,82	504,58	840,97	1639,81	724,73	2,26
0,66	0,06	4,53	16,32	489,63	816,05	1691,05	725,23	2,33
0,68	0,06	4,40	15,85	475,53	792,56	1742,30	725,70	2,40
0,70	0,05	4,28	15,41	462,23	770,38	1793,54	726,15	2,47
0,72	0,05	4,16	14,99	449,65	749,42	1844,78	726,57	2,54
0,74	0,05	4,05	14,59	437,74	729,56	1896,03	726,96	2,61
0,76	0,05	3,95	14,21	426,44	710,73	1947,27	727,34	2,68
0,78	0,05	3,85	13,86	415,71	692,85	1998,52	727,70	2,75
0,80	0,05	3,75	13,52	405,50	675,84	2049,76	728,04	2,82
0,82	0,05	3,66	13,19	395,79	659,65	2101,00	728,36	2,88
0,84	0,05	3,58	12,88	386,53	644,22	2152,25	728,67	2,95
0,86	0,04	3,50	12,59	377,69	629,49	2203,49	728,96	3,02
0,88	0,04	3,42	12,31	369,25	615,42	2254,74	729,24	3,09
0,90	0,04	3,34	12,04	361,18	601,97	2305,98	729,51	3,16
0,92	0,04	3,27	11,78	353,45	589,09	2357,22	729,77	3,23
0,94	0,04	3,20	11,53	346,05	576,75	2408,47	730,02	3,30
0,96	0,04	3,14	11,30	338,95	564,92	2459,71	730,26	3,37
0,98	0,04	3,08	11,07	332,14	553,56	2510,96	730,48	3,44
1,00	0,04	3,01	10,85	325,59	542,65	2562,20	730,70	3,51

Grafické zobrazení



Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [KWh/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/30 let]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/50 let]	Energetické náklady na výrobu tepelné izolace Isover EPS 70F [MJ/m ²]	Ušetřené množství energie po zateplení [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
0,00	0,54	42,71	153,77	4612,96	7688,27	0,00	0,00	-
0,02	0,43	33,39	120,20	3606,09	6010,16	51,24	33,56	1,53
0,04	0,35	27,41	98,67	2960,01	4933,36	102,49	55,10	1,86
0,06	0,30	23,24	83,68	2510,27	4183,78	153,73	70,09	2,19
0,08	0,26	20,18	72,64	2179,16	3631,94	204,98	81,13	2,53
0,10	0,23	17,83	64,17	1925,22	3208,71	256,22	89,59	2,86
0,12	0,20	15,97	57,48	1724,29	2873,82	307,46	96,29	3,19
0,14	0,18	14,46	52,04	1561,34	2602,23	358,71	101,72	3,53
0,16	0,17	13,21	47,55	1426,53	2377,54	409,95	106,21	3,86
0,18	0,15	12,16	43,77	1313,14	2188,57	461,20	109,99	4,19
0,20	0,14	11,26	40,55	1216,46	2027,43	512,44	113,22	4,53
0,22	0,13	10,49	37,77	1133,03	1888,39	563,68	116,00	4,86
0,24	0,13	9,82	35,34	1060,32	1767,19	614,93	118,42	5,19
0,26	0,12	9,23	33,21	996,37	1660,62	666,17	120,55	5,53
0,28	0,11	8,70	31,32	939,70	1566,16	717,42	122,44	5,86
0,30	0,10	8,23	29,64	889,13	1481,88	768,66	124,13	6,19
0,32	0,10	7,81	28,12	843,72	1406,20	819,90	125,64	6,53
0,34	0,09	7,43	26,76	802,73	1337,88	871,15	127,01	6,86
0,36	0,09	7,09	25,52	765,53	1275,89	922,39	128,25	7,19
0,38	0,09	6,77	24,39	731,63	1219,38	973,64	129,38	7,53
0,40	0,08	6,49	23,35	700,61	1167,68	1024,88	130,41	7,86
0,42	0,08	6,22	22,40	672,10	1120,17	1076,12	131,36	8,19
0,44	0,08	5,98	21,53	645,83	1076,38	1127,37	132,24	8,53
0,46	0,07	5,75	20,72	621,53	1035,89	1178,61	133,05	8,86
0,48	0,07	5,55	19,97	599,00	998,33	1229,86	133,80	9,19
0,50	0,07	5,35	19,27	578,04	963,40	1281,10	134,50	9,53
0,52	0,07	5,17	18,62	558,50	930,84	1332,34	135,15	9,86
0,54	0,06	5,00	18,01	540,24	900,40	1383,59	135,76	10,19
0,56	0,06	4,84	17,44	523,13	871,89	1434,83	136,33	10,52
0,58	0,06	4,70	16,90	507,08	845,13	1486,08	136,86	10,86
0,60	0,06	4,56	16,40	491,98	819,96	1537,32	137,37	11,19
0,62	0,06	4,42	15,93	477,75	796,25	1588,56	137,84	11,52
0,64	0,05	4,30	15,48	464,32	773,87	1639,81	138,29	11,86
0,66	0,05	4,18	15,05	451,63	752,72	1691,05	138,71	12,19
0,68	0,05	4,07	14,65	439,61	732,69	1742,30	139,11	12,52
0,70	0,05	3,96	14,27	428,22	713,70	1793,54	139,49	12,86
0,72	0,05	3,86	13,91	417,40	695,67	1844,78	139,85	13,19
0,74	0,05	3,77	13,57	407,11	678,52	1896,03	140,19	13,52
0,76	0,05	3,68	13,24	397,32	662,21	1947,27	140,52	13,86
0,78	0,05	3,59	12,93	387,99	646,65	1998,52	140,83	14,19
0,80	0,04	3,51	12,64	379,09	631,82	2049,76	141,13	14,52
0,82	0,04	3,43	12,35	370,59	617,64	2101,00	141,41	14,86
0,84	0,04	3,36	12,08	362,46	604,09	2152,25	141,68	15,19
0,86	0,04	3,28	11,82	354,68	591,13	2203,49	141,94	15,52
0,88	0,04	3,22	11,57	347,22	578,70	2254,74	142,19	15,86
0,90	0,04	3,15	11,34	340,07	566,79	2305,98	142,43	16,19
0,92	0,04	3,09	11,11	333,22	555,36	2357,22	142,66	16,52
0,94	0,04	3,02	10,89	326,63	544,38	2408,47	142,88	16,86
0,96	0,04	2,97	10,68	320,30	533,83	2459,71	143,09	17,19
0,98	0,04	2,91	10,47	314,20	523,67	2510,96	143,29	17,52
1,00	0,04	2,85	10,28	308,34	513,90	2562,20	143,49	17,86

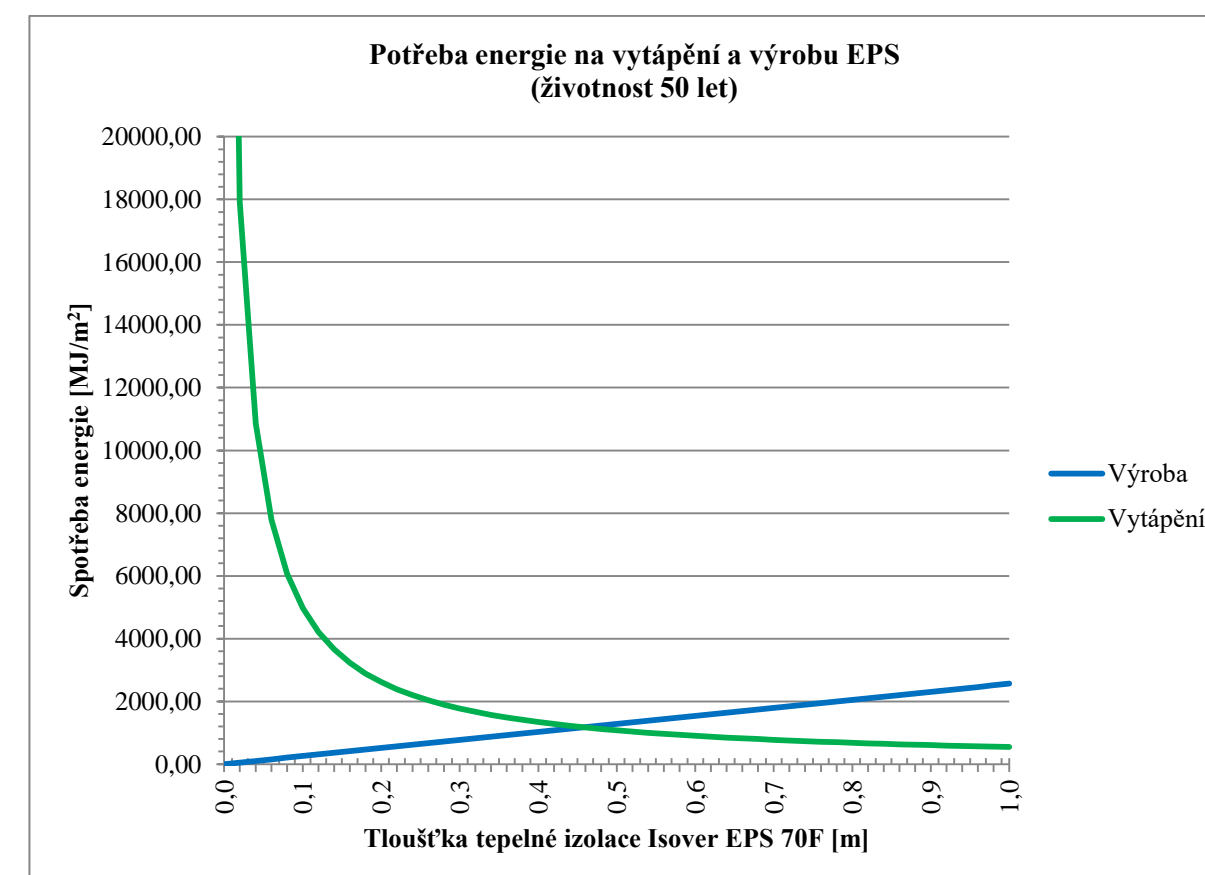
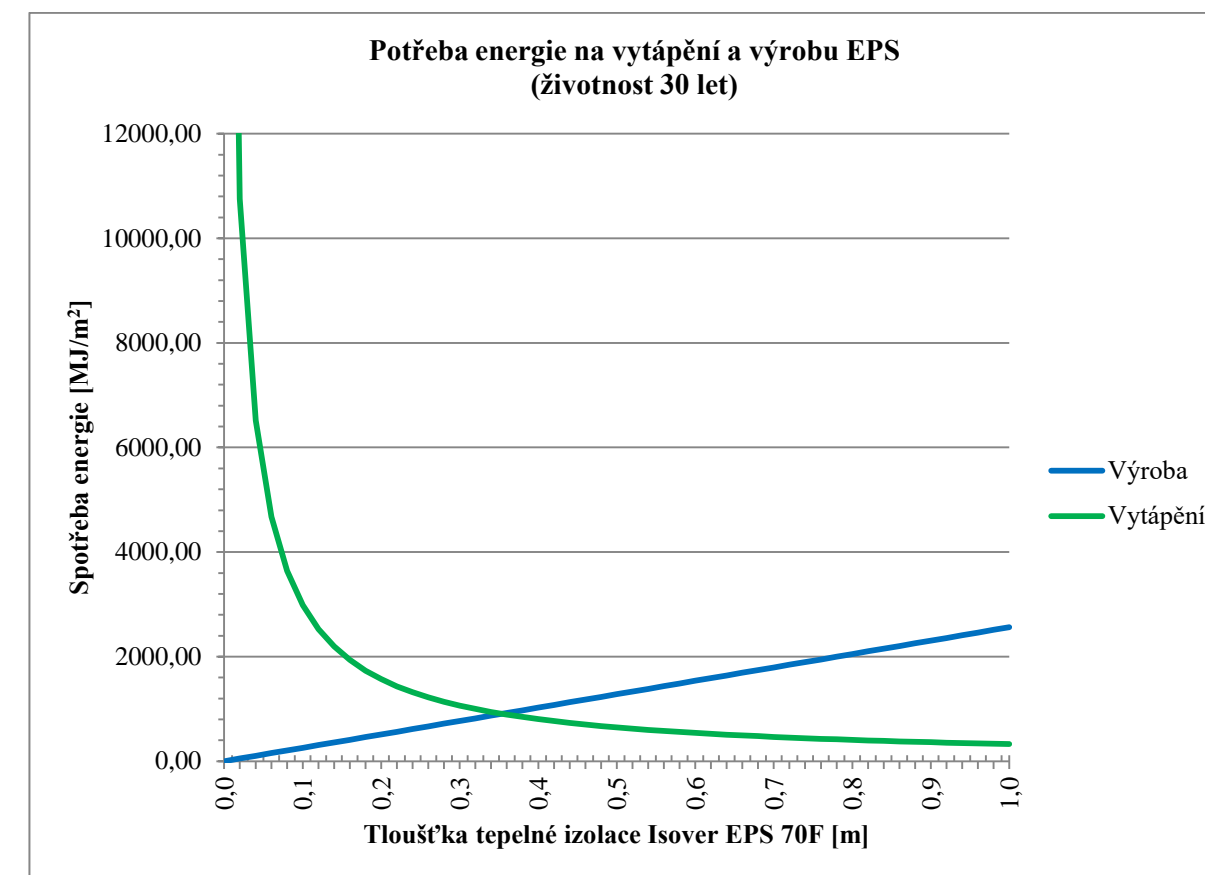
Grafické zobrazení



ŽELEZOBETONOVÝ PANEL (d = 150 mm)

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m ² ·K)]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [KWh/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/rok]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/30 let]	Spotřeba energie na vytápění pro 1 m ² stěny [MJ/50 let]	Energetické náklady na výrobu tepelné izolace Isover EPS 70F [MJ/m ²]	Ušetřené množství energie po zateplení [MJ/rok]	Energetická návratnost [rok]
0,00	3,64	285,38	1027,36	30820,74	51367,90	0,00	0,00	-
0,02	1,27	99,59	358,52	10755,75	17926,25	51,24	668,83	0,08
0,04	0,77	60,32	217,15	6514,60	10857,66	102,49	810,20	0,13
0,06	0,55	43,26	155,74	4672,26	7787,10	153,73	871,62	0,18
0,08	0,43	33,72	121,41	3642,23	6070,38	204,98	905,95	0,23
0,10	0,35	27,63	99,48	2984,32	4973,86	256,22	927,88	0,28
0,12	0,30	23,40	84,26	2527,72	4212,87	307,46	943,10	0,33
0,14	0,26	20,30	73,08	2192,31	3653,84	358,71	954,28	0,38
0,16	0,23	17,92	64,52	1935,48	3225,79	409,95	962,84	0,43
0,18	0,20	16,04	57,75	1732,51	2887,52	461,20	969,61	0,48
0,20	0,19	14,52	52,27	1568,08	2613,46	512,44	975,09	0,53
0,22	0,17	13,26	47,74	1432,15	2386,91	563,68	979,62	0,58
0,24	0,16	12,20	43,93	1317,91	2196,51	614,93	983,43	0,63
0,26	0,14	11,30	40,68	1220,54	2034,24	666,17	986,67	0,68
0,28	0,13	10,52	37,89	1136,58	1894,29	717,42	989,47	0,73
0,30	0,13	9,85	35,45	1063,42	1772,36	768,66	991,91	0,77
0,32	0,12	9,25	33,30	999,11	1665,18	819,90	994,05	0,82
0,34	0,11	8,72	31,40	942,13	1570,22	871,15	995,95	0,87
0,36	0,11	8,25	29,71	891,31	1485,51	922,39	997,65	0,92
0,38	0,10	7,83	28,19	845,68	1409,47	973,64	999,17	0,97
0,40	0,09	7,45	26,82	804,50	1340,84	1024,88	1000,54	1,02
0,42	0,09	7,10	25,57	767,15	1278,58	1076,12	1001,79	1,07
0,44	0,09	6,79	24,44	733,11	1221,84	1127,37	1002,92	1,12
0,46	0,08	6,50	23,40	701,96	1169,93	1178,61	1003,96	1,17
0,48	0,08	6,23	22,44	673,35	1122,25	1229,86	1004,91	1,22
0,50	0,08	5,99	21,57	646,98	1078,30	1281,10	1005,79	1,27
0,52	0,07	5,76	20,75	622,60	1037,67	1332,34	1006,60	1,32
0,54	0,07	5,56	20,00	599,99	999,98	1383,59	1007,36	1,37
0,56	0,07	5,36	19,30	578,96	964,94	1434,83	1008,06	1,42
0,58	0,07	5,18	18,65	559,36	932,27	1486,08	1008,71	1,47
0,60	0,06	5,01	18,03	541,04	901,74	1537,32	1009,32	1,52
0,62	0,06	4,85	17,46	523,89	873,14	1588,56	1009,90	1,57
0,64	0,06	4,70	16,93	507,79	846,31	1639,81	1010,43	1,62
0,66	0,06	4,56	16,42	492,64	821,07	1691,05	1010,94	1,67
0,68	0,06	4,43	15,95	478,38	797,30	1742,30	1011,41	1,72
0,70	0,05	4,30	15,50	464,92	774,86	1793,54	1011,86	1,77
0,72	0,05	4,19	15,07	452,19	753,65	1844,78	1012,28	1,82
0,74	0,05	4,08	14,67	440,15	733,58	1896,03	1012,69	1,87
0,76	0,05	3,97	14,29	428,72	714,54	1947,27	1013,07	1,92
0,78	0,05	3,87	13,93	417,88	696,47	1998,52	1013,43	1,97
0,80	0,05	3,77	13,59	407,57	679,29	2049,76	1013,77	2,02
0,82	0,05	3,68	13,26	397,76	662,93	2101,00	1014,10	2,07
0,84	0,05	3,60	12,95	388,41	647,35	2152,25	1014,41	2,12
0,86	0,04	3,51	12,65	379,49	632,48	2203,49	1014,71	2,17
0,88	0,04	3,43	12,37	370,97	618,28	2254,74	1014,99	2,22
0,90	0,04	3,36	12,09	362,82	604,70	2305,98	1015,26	2,27
0,92	0,04	3,29	11,83	355,02	591,70	2357,22	1015,52	2,32
0,94	0,04	3,22	11,59	347,55	579,26	2408,47	1015,77	2,37
0,96	0,04	3,15	11,35	340,39	567,32	2459,71	1016,01	2,42
0,98	0,04	3,09	11,12	333,52	555,87	2510,96	1016,24	2,47
1,00	0,04	3,03	10,90	326,92	544,87	2562,20	1016,46	2,52

Grafické zobrazení



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Příloha č. 2

Environmentální analýza B

**Závislost tloušťky tepelné izolace na množství vyprodukovaných
emisí**

Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH PÁLENÝCH (d = 450 mm)

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Množství emisí CO ₂ produkované při výrobě tepelné izolace Isover EPS 70F [kg]	Spalovací zařízení - Automatický kotel na černé uhlí					Spalovací zařízení - Kondenzační kotel na zemní plyn					Spalovací zařízení - Elektrokotel				
		Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]
0,00	0,00	39,63	0,00	-	1188,78	1981,30	24,63	0,00	-	738,97	1231,62	122,09	0,00	-	3662,73	6104,55
0,02	1,48	23,31	16,32	0,09	699,24	1165,41	14,49	10,14	0,15	434,66	724,44	71,81	50,28	0,03	2154,42	3590,71
0,04	2,96	16,51	23,12	0,13	495,29	825,48	10,26	14,37	0,21	307,88	513,13	50,87	71,22	0,04	1526,01	2543,36
0,06	4,43	12,78	26,84	0,17	383,44	639,07	7,95	16,69	0,27	238,36	397,26	39,38	82,71	0,05	1181,42	1969,03
0,08	5,91	10,43	29,20	0,20	312,81	521,34	6,48	18,15	0,33	194,45	324,08	32,13	89,97	0,07	963,78	1606,30
0,10	7,39	8,80	30,82	0,24	264,15	440,24	5,47	19,16	0,39	164,20	273,66	27,13	94,96	0,08	813,85	1356,42
0,12	8,87	7,62	32,01	0,28	228,59	380,98	4,74	19,90	0,45	142,09	236,82	23,48	98,61	0,09	704,29	1173,82
0,14	10,35	6,72	32,91	0,31	201,47	335,78	4,17	20,46	0,51	125,24	208,73	20,69	101,40	0,10	620,73	1034,55
0,16	11,82	6,00	33,62	0,35	180,10	300,16	3,73	20,90	0,57	111,95	186,59	18,50	103,59	0,11	554,89	924,82
0,18	13,30	5,43	34,20	0,39	162,83	271,38	3,37	21,26	0,63	101,22	168,69	16,72	105,37	0,13	501,68	836,14
0,20	14,78	4,95	34,67	0,43	148,58	247,63	3,08	21,55	0,69	92,36	153,93	15,26	106,83	0,14	457,79	762,98
0,22	16,26	4,55	35,07	0,46	136,62	227,71	2,83	21,80	0,75	84,93	141,55	14,03	108,06	0,15	420,95	701,59
0,24	17,74	4,22	35,41	0,50	126,45	210,75	2,62	22,01	0,81	78,60	131,01	12,99	109,10	0,16	389,60	649,34
0,26	19,21	3,92	35,70	0,54	117,69	196,14	2,44	22,19	0,87	73,16	121,93	12,09	110,00	0,17	362,60	604,34
0,28	20,69	3,67	35,96	0,58	110,06	183,43	2,28	22,35	0,93	68,41	114,02	11,30	110,79	0,19	339,10	565,17
0,30	22,17	3,45	36,18	0,61	103,36	172,27	2,14	22,49	0,99	64,25	107,08	10,62	111,48	0,20	318,46	530,76
0,32	23,65	3,25	36,38	0,65	97,43	162,38	2,02	22,61	1,05	60,56	100,94	10,01	112,08	0,21	300,19	500,31
0,34	25,13	3,07	36,55	0,69	92,14	153,57	1,91	22,72	1,11	57,28	95,46	9,46	112,63	0,22	283,90	473,16
0,36	26,60	2,91	36,71	0,72	87,40	145,67	1,81	22,82	1,17	54,33	90,55	8,98	113,11	0,24	269,28	448,81
0,38	28,08	2,77	36,86	0,76	83,12	138,53	1,72	22,91	1,23	51,67	86,12	8,54	113,55	0,25	256,10	426,84
0,40	29,56	2,64	36,98	0,80	79,24	132,07	1,64	22,99	1,29	49,26	82,10	8,14	113,95	0,26	244,15	406,92
0,42	31,04	2,52	37,10	0,84	75,71	126,18	1,57	23,06	1,35	47,06	78,44	7,78	114,32	0,27	233,26	388,77
0,44	32,52	2,42	37,21	0,87	72,48	120,80	1,50	23,13	1,41	45,05	75,09	7,44	114,65	0,28	223,31	372,18
0,46	33,99	2,32	37,31	0,91	69,51	115,85	1,44	23,19	1,47	43,21	72,02	7,14	114,95	0,30	214,17	356,94
0,48	35,47	2,23	37,40	0,95	66,78	111,29	1,38	23,25	1,53	41,51	69,18	6,86	115,23	0,31	205,74	342,91
0,50	36,95	2,14	37,48	0,99	64,25	107,08	1,33	23,30	1,59	39,94	66,57	6,60	115,49	0,32	197,96	329,93
0,52	38,43	2,06	37,56	1,02	61,91	103,18	1,28	23,35	1,65	38,48	64,14	6,36	115,73	0,33	190,74	317,90
0,54	39,91	1,99	37,64	1,06	59,73	99,55	1,24	23,39	1,71	37,13	61,88	6,13	115,96	0,34	184,03	306,72
0,56	41,38	1,92	37,70	1,10	57,70	96,17	1,20	23,44	1,77	35,87	59,78	5,93	116,16	0,36	177,78	296,30
0,58	42,86	1,86	37,77	1,13	55,80	93,01	1,16	23,48	1,83	34,69	57,81	5,73	116,36	0,37	171,94	286,56
0,60	44,34	1,80	37,83	1,17	54,03	90,05	1,12	23,51	1,89	33,59	55,98	5,55	116,54	0,38	166,47	277,44
0,62	45,82	1,75	37,88	1,21	52,36	87,27	1,08	23,55	1,95	32,55	54,25	5,38	116,71	0,39	161,33	268,89
0,64	47,30	1,69	37,93	1,25	50,80	84,66	1,05	23,58	2,01	31,58	52,63	5,22	116,87	0,40	156,51	260,84
0,66	48,77	1,64	37,98	1,28	49,32	82,20	1,02	23,61	2,07	30,66	51,10	5,07	117,03	0,42	151,96	253,27
0,68	50,25	1,60	38,03	1,32	47,93	79,88	0,99	23,64	2,13	29,79	49,66	4,92	117,17	0,43	147,67	246,12
0,70	51,73	1,55	38,07	1,36	46,61	77,69	0,97	23,67	2,19	28,98	48,29	4,79	117,30	0,44	143,62	239,36
0,72	53,21	1,51	38,11	1,40	45,37	75,61	0,94	23,69	2,25	28,20	47,00	4,66	117,43	0,45	139,78	232,97
0,74	54,69	1,47	38,15	1,43	44,19	73,64	0,92	23,72	2,31	27,47	45,78	4,54	117,55	0,47	136,14	226,90
0,76	56,16	1,44	38,19	1,47	43,07	71,78	0,89	23,74	2,37	26,77	44,62	4,42	117,67	0,48	132,69	221,15
0,78	57,64	1,40	38,23	1,51	42,00	70,00	0,87	23,76	2,43	26,11	43,51	4,31	117,78	0,49	129,41	215,68

Poznámka: pokračování tabulky na další straně

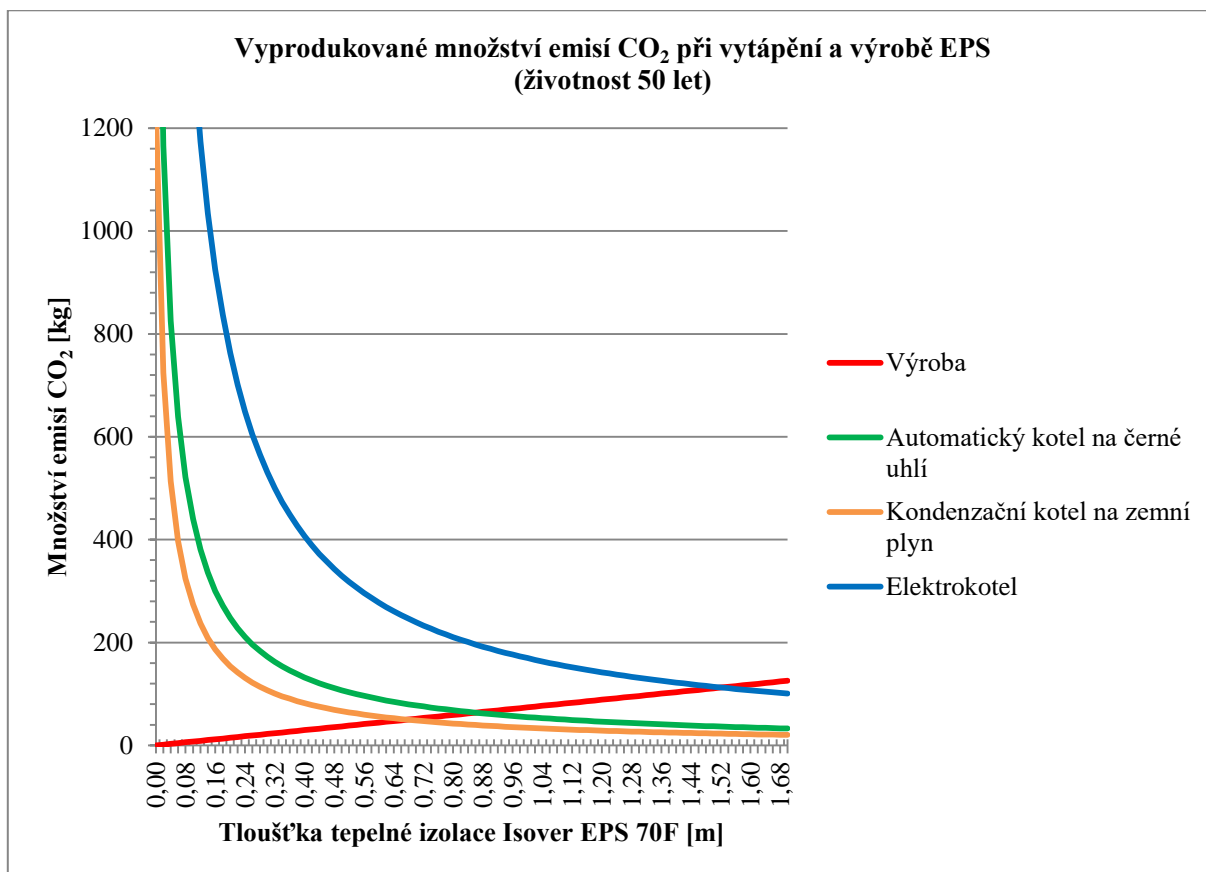
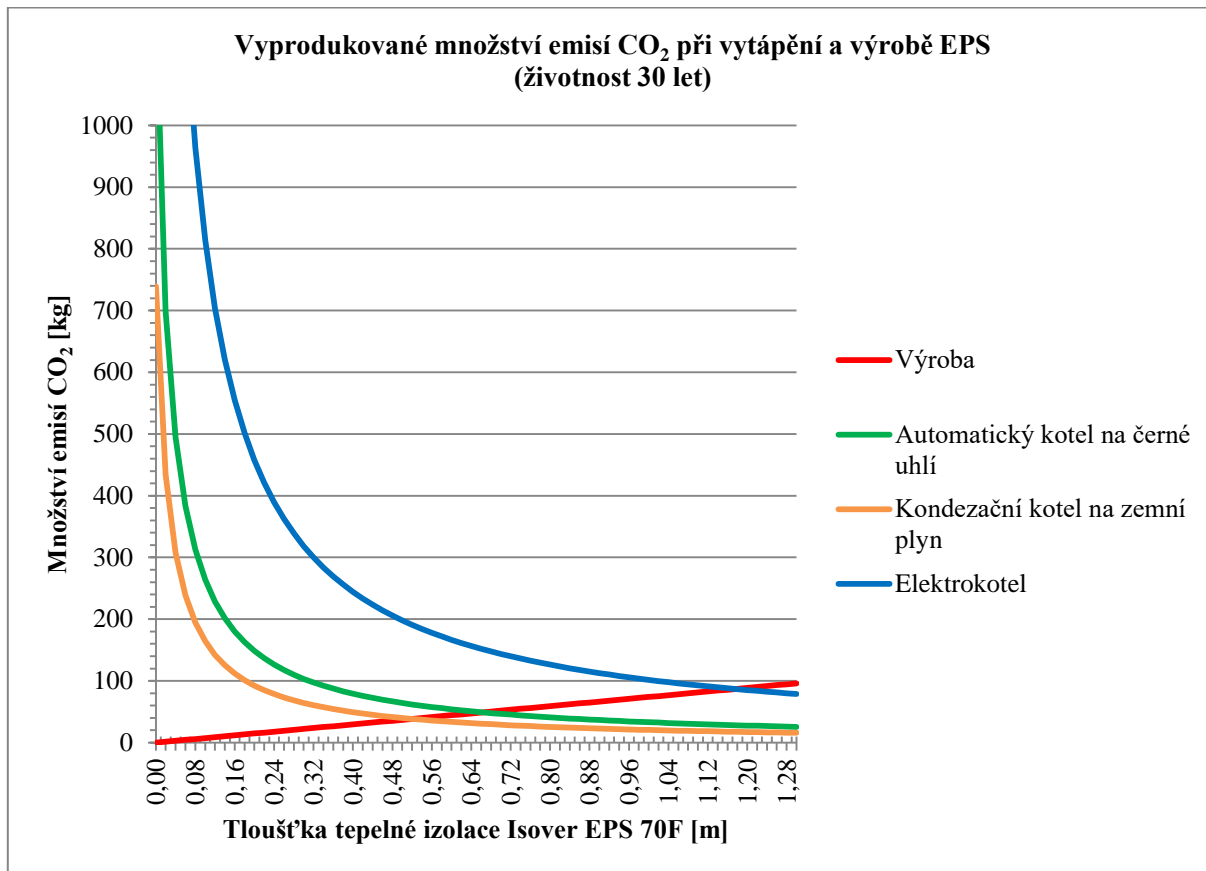
ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH PÁLENÝCH (d = 450 mm)

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Množství emisí CO ₂ produkované při výrobě tepelné izolace Isover EPS 70F [kg]	Spalovací zařízení - Automatický kotel na černé uhlí					Spalovací zařízení - Kondenzační kotel na zemní plyn					Spalovací zařízení - Elektrokotel				
		Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]
0,00	0,00	39,63	0,00	-	1188,78	1981,30	24,63	0,00	-	738,97	1231,62	122,09	0,00	-	3662,73	6104,55
0,02	1,48	23,31	16,32	0,09	699,24	1165,41	14,49	10,14	0,15	434,66	724,44	71,81	50,28	0,03	2154,42	3590,71
0,04	2,96	16,51	23,12	0,13	495,29	825,48	10,26	14,37	0,21	307,88	513,13	50,87	71,22	0,04	1526,01	2543,36
0,06	4,43	12,78	26,84	0,17	383,44	639,07	7,95	16,69	0,27	238,36	397,26	39,38	82,71	0,05	1181,42	1969,03
0,08	5,91	10,43	29,20	0,20	312,81	521,34	6,48	18,15	0,33	194,45	324,08	32,13	89,97	0,07	963,78	1606,30
0,10	7,39	8,80	30,82	0,24	264,15	440,24	5,47	19,16	0,39	164,20	273,66	27,13	94,96	0,08	813,85	1356,42
0,12	8,87	7,62	32,01	0,28	228,59	380,98	4,74	19,90	0,45	142,09	236,82	23,48	98,61	0,09	704,29	1173,82
0,14	10,35	6,72	32,91	0,31	201,47	335,78	4,17	20,46	0,51	125,24	208,73	20,69	101,40	0,10	620,73	1034,55
0,16	11,82	6,00	33,62	0,35	180,10	300,16	3,73	20,90	0,57	111,95	186,59	18,50	103,59	0,11	554,89	924,82
0,18	13,30	5,43	34,20	0,39	162,83	271,38	3,37	21,26	0,63	101,22	168,69	16,72	105,37	0,13	501,68	836,14
0,20	14,78	4,95	34,67	0,43	148,58	247,63	3,08	21,55	0,69	92,36	153,93	15,26	106,83	0,14	457,79	762,98
0,22	16,26	4,55	35,07	0,46	136,62	227,71	2,83	21,80	0,75	84,93	141,55	14,03	108,06	0,15	420,95	701,59
0,24	17,74	4,22	35,41	0,50	126,45	210,75	2,62	22,01	0,81	78,60	131,01	12,99	109,10	0,16	389,60	649,34
0,26	19,21	3,92	35,70	0,54	117,69	196,14	2,44	22,19	0,87	73,16	121,93	12,09	110,00	0,17	362,60	604,34
0,28	20,69	3,67	35,96	0,58	110,06	183,43	2,28	22,35	0,93	68,41	114,02	11,30	110,79	0,19	339,10	565,17
0,30	22,17	3,45	36,18	0,61	103,36	172,27	2,14	22,49	0,99	64,25	107,08	10,62	111,48	0,20	318,46	530,76
0,32	23,65	3,25	36,38	0,65	97,43	162,38	2,02	22,61	1,05	60,56	100,94	10,01	112,08	0,21	300,19	500,31
0,34	25,13	3,07	36,55	0,69	92,14	153,57	1,91	22,72	1,11	57,28	95,46	9,46	112,63	0,22	283,90	473,16
0,36	26,60	2,91	36,71	0,72	87,40	145,67	1,81	22,82	1,17	54,33	90,55	8,98	113,11	0,24	269,28	448,81
0,38	28,08	2,77	36,86	0,76	83,12	138,53	1,72	22,91	1,23	51,67	86,12	8,54	113,55	0,25	256,10	426,84
0,40	29,56	2,64	36,98	0,80	79,24	132,07	1,64	22,99	1,29	49,26	82,10	8,14	113,95	0,26	244,15	406,92
0,42	31,04	2,52	37,10	0,84	75,71	126,18	1,57	23,06	1,35	47,06	78,44	7,78	114,32	0,27	233,26	388,77
0,44	32,52	2,42	37,21	0,87	72,48	120,80	1,50	23,13	1,41	45,05	75,09	7,44	114,65	0,28	223,31	372,18
0,46	33,99	2,32	37,31	0,91	69,51	115,85	1,44	23,19	1,47	43,21	72,02	7,14	114,95	0,30	214,17	356,94
0,48	35,47	2,23	37,40	0,95	66,78	111,29	1,38	23,25	1,53	41,51	69,18	6,86	115,23	0,31	205,74	342,91
0,50	36,95	2,14	37,48	0,99	64,25	107,08	1,33	23,30	1,59	39,94	66,57	6,60	115,49	0,32	197,96	329,93
0,52	38,43	2,06	37,56	1,02	61,91	103,18	1,28	23,35	1,65	38,48	64,14	6,36	115,73	0,33	190,74	317,90
0,54	39,91	1,99	37,64	1,06	59,73	99,55	1,24	23,39	1,71	37,13	61,88	6,13	115,96	0,34	184,03	306,72
0,56	41,38	1,92	37,70	1,10	57,70	96,17	1,20	23,44	1,77	35,87	59,78	5,93	116,16	0,36	177,78	296,30
0,58	42,86	1,86	37,77	1,13	55,80	93,01	1,16	23,48	1,83	34,69	57,81	5,73	116,36	0,37	171,94	286,56
0,60	44,34	1,80	37,83	1,17	54,03	90,05	1,12	23,51	1,89	33,59	55,98	5,55	116,54	0,38	166,47	277,44
0,62	45,82	1,75	37,88	1,21	52,36	87,27	1,08	23,55	1,95	32,55	54,25	5,38	116,71	0,39	161,33	268,89
0,64	47,30	1,69	37,93	1,25	50,80	84,66	1,05	23,58	2,01	31,58	52,63	5,22	116,87	0,40	156,51	260,84
0,66	48,77	1,64	37,98	1,28	49,32	82,20	1,02	23,61	2,07	30,66	51,10	5,07	117,03	0,42	151,96	253,27
0,68	50,25	1,60	38,03	1,32	47,93	79,88	0,99	23,64	2,13	29,79	49,66	4,92	117,17	0,43	147,67	246,12
0,70	51,73	1,55	38,07	1,36	46,61	77,69	0,97	23,67	2,19	28,98	48,29	4,79	117,30	0,44	143,62	239,36
0,72	53,21	1,51	38,11	1,40	45,37	75,61	0,94	23,69	2,25	28,20	47,00	4,66	117,43	0,45	139,78	232,97
0,74	54,69	1,47	38,15	1,43	44,19	73,64	0,92	23,72	2,31	27,47	45,78	4,54	117,55	0,47	136,14	226,90
0,76	56,16	1,44	38,19	1,47	43,07	71,78	0,89	23,74	2,37	26,77	44,62	4,42	117,67	0,48	132,69	221,15
0,78	57,64	1,40	38,23	1,51	42,00	70,00	0,87	23,76	2,43	26,11	43,51	4,31	117,78	0,49	129,41	215,68
0,80	59,12	1,37	38,26	1,55	40,99	68,31	0,85	23,78	2,49	25,48	42,46	4,21	117,88	0,50	126,28	210,47

Poznámka: všechny hodnoty v tabulce jsou vztaženy na 1m² stěny

ZDIVO Z CIHEL PLNÝCH PÁLENÝCH (d = 450 mm)

Grafické zobrazení



ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL (d = 175 mm)

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Množství emisí CO ₂ produkované při výrobě tepelné izolace Isover EPS 70F [kg]	Spalovací zařízení - Automatický kotel na černé uhlí					Spalovací zařízení - Kondenzační kotel na zemní plyn					Spalovací zařízení - Elektrokotel				
		Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]
0,00	0,00	76,22	0,00	-	2286,46	3810,76	47,38	0,00	-	1421,31	2368,85	234,83	0,00	-	7044,76	11741,26
0,02	1,48	32,48	43,74	0,03	974,40	1623,99	20,19	27,19	0,05	605,71	1009,51	100,07	134,75	0,01	3002,19	5003,65
0,04	2,96	20,64	55,58	0,05	619,12	1031,87	12,83	34,55	0,09	384,86	641,43	63,59	171,24	0,02	1907,56	3179,26
0,06	4,43	15,12	61,09	0,07	453,70	756,16	9,40	37,98	0,12	282,03	470,05	46,60	188,23	0,02	1397,88	2329,79
0,08	5,91	11,93	64,28	0,09	358,03	596,72	7,42	39,96	0,15	222,56	370,94	36,77	198,05	0,03	1103,13	1838,55
0,10	7,39	9,86	66,36	0,11	295,69	492,81	6,13	41,25	0,18	183,81	306,34	30,37	204,46	0,04	911,04	1518,39
0,12	8,87	8,39	67,82	0,13	251,83	419,72	5,22	42,16	0,21	156,55	260,91	25,86	208,96	0,04	775,92	1293,20
0,14	10,35	7,31	68,90	0,15	219,31	365,51	4,54	42,83	0,24	136,33	227,21	22,52	212,30	0,05	675,71	1126,18
0,16	11,82	6,47	69,74	0,17	194,22	323,71	4,02	43,35	0,27	120,73	201,22	19,95	214,88	0,06	598,42	997,36
0,18	13,30	5,81	70,41	0,19	174,29	290,48	3,61	43,77	0,30	108,34	180,57	17,90	216,93	0,06	536,99	894,99
0,20	14,78	5,27	70,95	0,21	158,06	263,44	3,28	44,10	0,34	98,26	163,76	16,23	218,59	0,07	487,01	811,68
0,22	16,26	4,82	71,40	0,23	144,60	241,01	3,00	44,38	0,37	89,89	149,81	14,85	219,97	0,07	445,53	742,56
0,24	17,74	4,44	71,77	0,25	133,26	222,09	2,76	44,62	0,40	82,83	138,06	13,69	221,14	0,08	410,57	684,28
0,26	19,21	4,12	72,10	0,27	123,56	205,93	2,56	44,82	0,43	76,81	128,01	12,69	222,14	0,09	380,69	634,49
0,28	20,69	3,84	72,38	0,29	115,18	191,96	2,39	44,99	0,46	71,60	119,33	11,83	223,00	0,09	354,87	591,45
0,30	22,17	3,60	72,62	0,31	107,86	179,77	2,23	45,14	0,49	67,05	111,75	11,08	223,75	0,10	332,33	553,88
0,32	23,65	3,38	72,83	0,32	101,42	169,03	2,10	45,28	0,52	63,04	105,07	10,42	224,41	0,11	312,48	520,80
0,34	25,13	3,19	73,03	0,34	95,70	159,50	1,98	45,39	0,55	59,49	99,15	9,83	225,00	0,11	294,87	491,45
0,36	26,60	3,02	73,20	0,36	90,60	150,99	1,88	45,50	0,58	56,32	93,86	9,30	225,52	0,12	279,14	465,23
0,38	28,08	2,87	73,35	0,38	86,01	143,35	1,78	45,59	0,62	53,46	89,11	8,83	225,99	0,12	265,00	441,66
0,40	29,56	2,73	73,49	0,40	81,86	136,44	1,70	45,68	0,65	50,89	84,81	8,41	226,42	0,13	252,22	420,37
0,42	31,04	2,60	73,61	0,42	78,10	130,16	1,62	45,76	0,68	48,55	80,91	8,02	226,80	0,14	240,62	401,04
0,44	32,52	2,49	73,73	0,44	74,66	124,44	1,55	45,83	0,71	46,41	77,35	7,67	227,16	0,14	230,04	383,40
0,46	33,99	2,38	73,83	0,46	71,52	119,20	1,48	45,90	0,74	44,46	74,10	7,35	227,48	0,15	220,35	367,25
0,48	35,47	2,29	73,93	0,48	68,63	114,38	1,42	45,96	0,77	42,66	71,10	7,05	227,78	0,16	211,45	352,41
0,50	36,95	2,20	74,02	0,50	65,96	109,94	1,37	46,01	0,80	41,00	68,34	6,77	228,05	0,16	203,23	338,72
0,52	38,43	2,12	74,10	0,52	63,50	105,83	1,32	46,06	0,83	39,47	65,78	6,52	228,30	0,17	195,63	326,06
0,54	39,91	2,04	74,17	0,54	61,21	102,01	1,27	46,11	0,87	38,05	63,41	6,29	228,54	0,17	188,58	314,30
0,56	41,38	1,97	74,25	0,56	59,08	98,46	1,22	46,15	0,90	36,72	61,21	6,07	228,76	0,18	182,02	303,37
0,58	42,86	1,90	74,31	0,58	57,09	95,15	1,18	46,19	0,93	35,49	59,15	5,86	228,96	0,19	175,90	293,17
0,60	44,34	1,84	74,37	0,60	55,23	92,06	1,14	46,23	0,96	34,33	57,22	5,67	229,15	0,19	170,18	283,63
0,62	45,82	1,78	74,43	0,62	53,49	89,16	1,11	46,27	0,99	33,25	55,42	5,49	229,33	0,20	164,82	274,70
0,64	47,30	1,73	74,49	0,63	51,86	86,43	1,07	46,30	1,02	32,24	53,73	5,33	229,50	0,21	159,78	266,31
0,66	48,77	1,68	74,54	0,65	50,32	83,87	1,04	46,33	1,05	31,28	52,14	5,17	229,66	0,21	155,05	258,41
0,68	50,25	1,63	74,59	0,67	48,87	81,46	1,01	46,36	1,08	30,38	50,64	5,02	229,81	0,22	150,59	250,98
0,70	51,73	1,58	74,63	0,69	47,51	79,18	0,98	46,39	1,12	29,53	49,22	4,88	229,95	0,22	146,37	243,95
0,72	53,21	1,54	74,67	0,71	46,21	77,02	0,96	46,42	1,15	28,73	47,88	4,75	230,08	0,23	142,39	237,32
0,74	54,69	1,50	74,72	0,73	44,99	74,98	0,93	46,44	1,18	27,97	46,61	4,62	230,20	0,24	138,62	231,03
0,76	56,16	1,46	74,75	0,75	43,83	73,05	0,91	46,47	1,21	27,24	45,41	4,50	230,32	0,24	135,04	225,06
0,78	57,64	1,42	74,79	0,77	42,73	71,21	0,89	46,49	1,24	26,56	44,27	4,39	230,44	0,25	131,64	219,40

Poznámka: pokračování tabulky na další straně

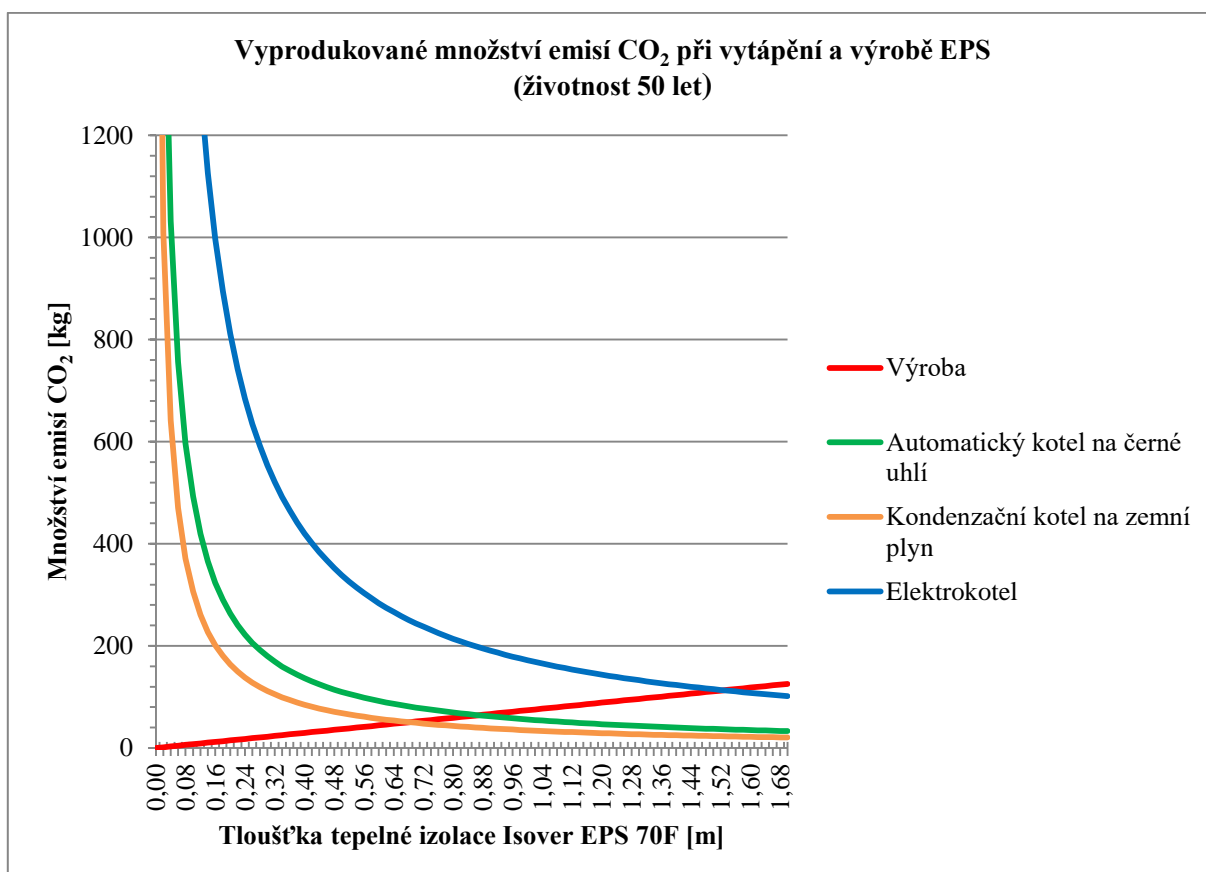
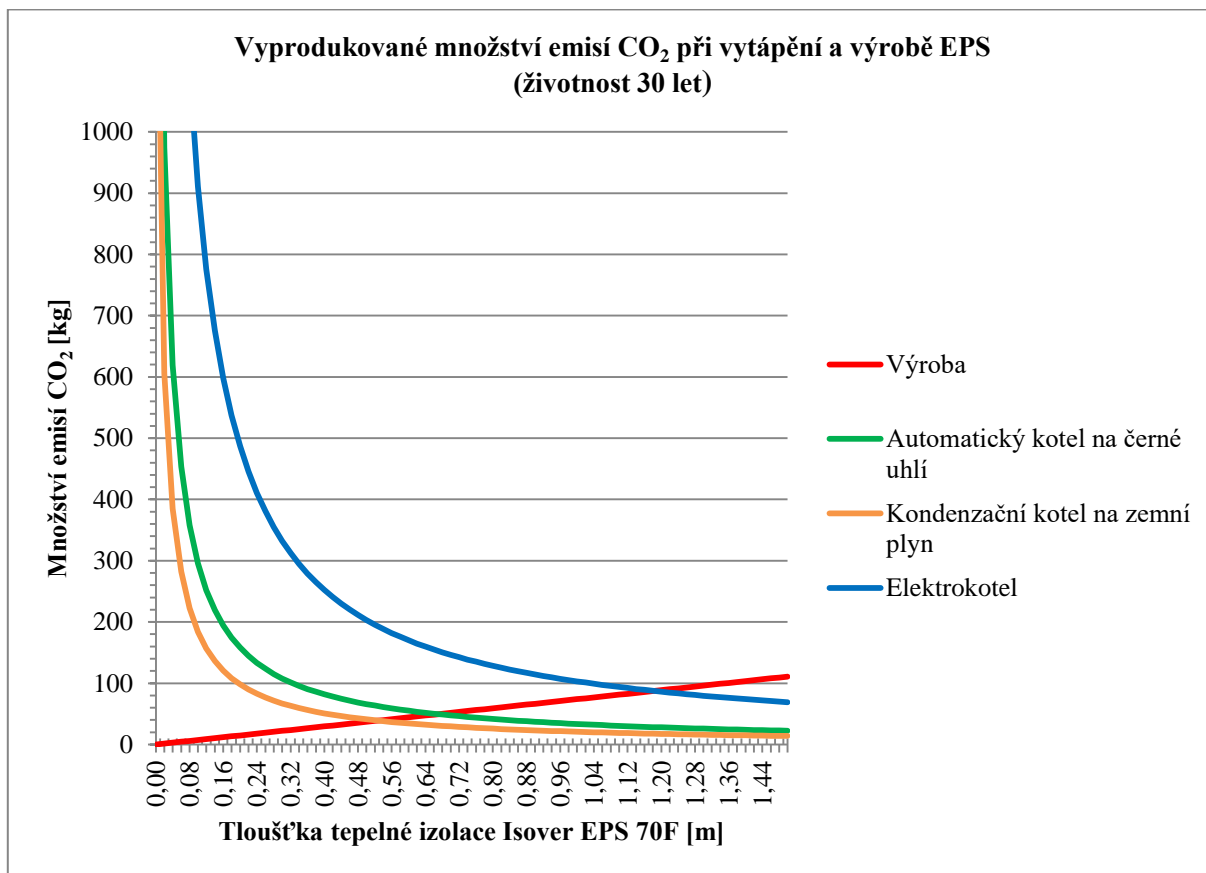
ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL (d = 175 mm)

Tloušťka tepelné izolace Isover EPS 70 F [m]	Množství emisí CO ₂ produkované při výrobě tepelné izolace Isover EPS 70F [kg]	Spalovací zařízení - Automatický kotel na černé uhlí					Spalovací zařízení - Kondenzační kotel na zemní plyn					Spalovací zařízení - Elektrokotel				
		Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/rok]	Ušetřené množství emisí CO ₂ po zateplení [kg]	Návratnost [rok]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/30 let]	Množství emisí CO ₂ produkované při vytápění [kg/50 let]
0,80	59,12	1,39	74,83	0,79	41,68	69,46	0,86	46,51	1,27	25,91	43,18	4,28	230,54	0,26	128,41	214,02
0,82	60,60	1,36	74,86	0,81	40,68	67,80	0,84	46,53	1,30	25,29	42,14	4,18	230,65	0,26	125,33	208,89
0,84	62,08	1,32	74,89	0,83	39,73	66,21	0,82	46,55	1,33	24,69	41,16	4,08	230,75	0,27	122,40	204,00
0,86	63,55	1,29	74,92	0,85	38,82	64,70	0,80	46,57	1,36	24,13	40,22	3,99	230,84	0,28	119,60	199,34
0,88	65,03	1,27	74,95	0,87	37,95	63,25	0,79	46,59	1,40	23,59	39,32	3,90	230,93	0,28	116,93	194,88
0,90	66,51	1,24	74,98	0,89	37,12	61,87	0,77	46,61	1,43	23,08	38,46	3,81	231,01	0,29	114,37	190,62
0,92	67,99	1,21	75,00	0,91	36,33	60,55	0,75	46,62	1,46	22,58	37,64	3,73	231,09	0,29	111,93	186,54
0,94	69,47	1,19	75,03	0,93	35,57	59,28	0,74	46,64	1,49	22,11	36,85	3,65	231,17	0,30	109,58	182,64
0,96	70,94	1,16	75,05	0,95	34,84	58,06	0,72	46,66	1,52	21,66	36,09	3,58	231,25	0,31	107,33	178,89
0,98	72,42	1,14	75,08	0,96	34,14	56,89	0,71	46,67	1,55	21,22	35,37	3,51	231,32	0,31	105,18	175,29
1,00	73,90	1,12	75,10	0,98	33,46	55,77	0,69	46,68	1,58	20,80	34,67	3,44	231,39	0,32	103,10	171,84
1,02	75,38	1,09	75,12	1,00	32,82	54,69	0,68	46,70	1,61	20,40	34,00	3,37	231,45	0,33	101,11	168,52
1,04	76,86	1,07	75,14	1,02	32,19	53,66	0,67	46,71	1,65	20,01	33,35	3,31	231,52	0,33	99,19	165,32
1,06	78,33	1,05	75,16	1,04	31,60	52,66	0,65	46,72	1,68	19,64	32,73	3,24	231,58	0,34	97,35	162,25
1,08	79,81	1,03	75,18	1,06	31,02	51,70	0,64	46,73	1,71	19,28	32,14	3,19	231,64	0,34	95,57	159,28
1,10	81,29	1,02	75,20	1,08	30,46	50,77	0,63	46,75	1,74	18,94	31,56	3,13	231,70	0,35	93,86	156,43
1,12	82,77	1,00	75,22	1,10	29,93	49,88	0,62	46,76	1,77	18,60	31,00	3,07	231,75	0,36	92,20	153,67
1,14	84,25	0,98	75,23	1,12	29,41	49,01	0,61	46,77	1,80	18,28	30,47	3,02	231,81	0,36	90,60	151,01
1,16	85,72	0,96	75,25	1,14	28,91	48,18	0,60	46,78	1,83	17,97	29,95	2,97	231,86	0,37	89,06	148,44
1,18	87,20	0,95	75,27	1,16	28,42	47,37	0,59	46,79	1,86	17,67	29,45	2,92	231,91	0,38	87,57	145,95
1,20	88,68	0,93	75,28	1,18	27,95	46,59	0,58	46,80	1,89	17,38	28,96	2,87	231,95	0,38	86,13	143,55
1,22	90,16	0,92	75,30	1,20	27,50	45,84	0,57	46,81	1,93	17,10	28,49	2,82	232,00	0,39	84,73	141,22
1,24	91,64	0,90	75,31	1,22	27,06	45,11	0,56	46,82	1,96	16,82	28,04	2,78	232,05	0,39	83,38	138,97
1,26	93,11	0,89	75,33	1,24	26,64	44,40	0,55	46,83	1,99	16,56	27,60	2,74	232,09	0,40	82,08	136,79
1,28	94,59	0,87	75,34	1,26	26,23	43,71	0,54	46,83	2,02	16,30	27,17	2,69	232,13	0,41	80,81	134,68
1,30	96,07	0,86	75,35	1,27	25,83	43,05	0,54	46,84	2,05	16,06	26,76	2,65	232,17	0,41	79,58	132,63
1,32	97,55	0,85	75,37	1,29	25,44	42,40	0,53	46,85	2,08	15,81	26,36	2,61	232,21	0,42	78,39	130,64
1,34	99,03	0,84	75,38	1,31	25,07	41,78	0,52	46,86	2,11	15,58	25,97	2,57	232,25	0,43	77,23	128,72
1,36	100,50	0,82	75,39	1,33	24,70	41,17	0,51	46,87	2,14	15,35	25,59	2,54	232,29	0,43	76,11	126,84
1,38	101,98	0,81	75,40	1,35	24,35	40,58	0,50	46,87	2,18	15,13	25,22	2,50	232,32	0,44	75,02	125,03
1,40	103,46	0,80	75,42	1,37	24,00	40,00	0,50	46,88	2,21	14,92	24,87	2,47	232,36	0,45	73,95	123,26
1,42	104,94	0,79	75,43	1,39	23,67	39,45	0,49	46,89	2,24	14,71	24,52	2,43	232,39	0,45	72,92	121,54
1,44	106,42	0,78	75,44	1,41	23,34	38,90	0,48	46,89	2,27	14,51	24,18	2,40	232,43	0,46	71,92	119,87
1,46	107,89	0,77	75,45	1,43	23,03	38,38	0,48	46,90	2,30	14,31	23,86	2,36	232,46	0,46	70,95	118,24
1,48	109,37	0,76	75,46	1,45	22,72	37,86	0,47	46,91	2,33	14,12	23,54	2,33	232,49	0,47	70,00	116,66
1,50	110,85	0,75	75,47	1,47	22,42	37,36	0,46	46,91	2,36	13,94	23,23	2,30	232,52	0,48	69,07	115,12
1,52	112,33	0,74	75,48	1,49	22,13	36,88	0,46	46,92	2,39	13,75	22,92	2,27	232,55	0,48	68,17	113,62
1,54	113,81	0,73	75,49	1,51	21,84	36,40	0,45	46,92	2,43	13,58	22,63	2,24	232,58	0,49	67,30	112,16
1,56	115,28	0,72	75,50	1,53	21,56	35,94	0,45	46,93	2,46	13,40	22,34	2,21	232,61	0,50	66,44	110,74
1,58	116,76	0,71	75,51	1,55	21,29	35,49	0,44	46,94	2,49	13,24	22,06	2,19	232,64	0,50	65,61	109,35
1,60	118,24	0,70	75,51	1,57	21,03	35,05	0,44	46,94	2,52	13,07	21,79	2,16	232,67	0,51	64,80	107,99
1,62	119,72	0,69	75,52	1,59	20,77	34,62	0,43	46,95	2,55	12,91	21,52	2,13	232,69	0,51	64,00	106,67
1,64	121,20	0,68	75,53	1,60	20,52	34,20	0,43	46,95	2,58	12,76	21,26	2,11	232,72	0,52	63,23	105,38
1,66	122,67	0,68	75,54	1,62	20,28	33,79	0,42	46,96	2,61	12,60	21,01	2,08	232,74	0,53	62,47	104,12
1,68	124,15	0,67	75,55	1,64	20,04	33,40	0,42	46,96	2,64	12,46	20,76	2,06	232,77	0,53	61,74	102,89
1,70	125,63	0,66	75,56	1,66	19,80	33,01	0,41	46,97	2,67	12,31	20,52	2,03	232,79	0,54	61,02	101,69

 Poznámka: všechny hodnoty v tabulce jsou vztaženy na 1m² stěny

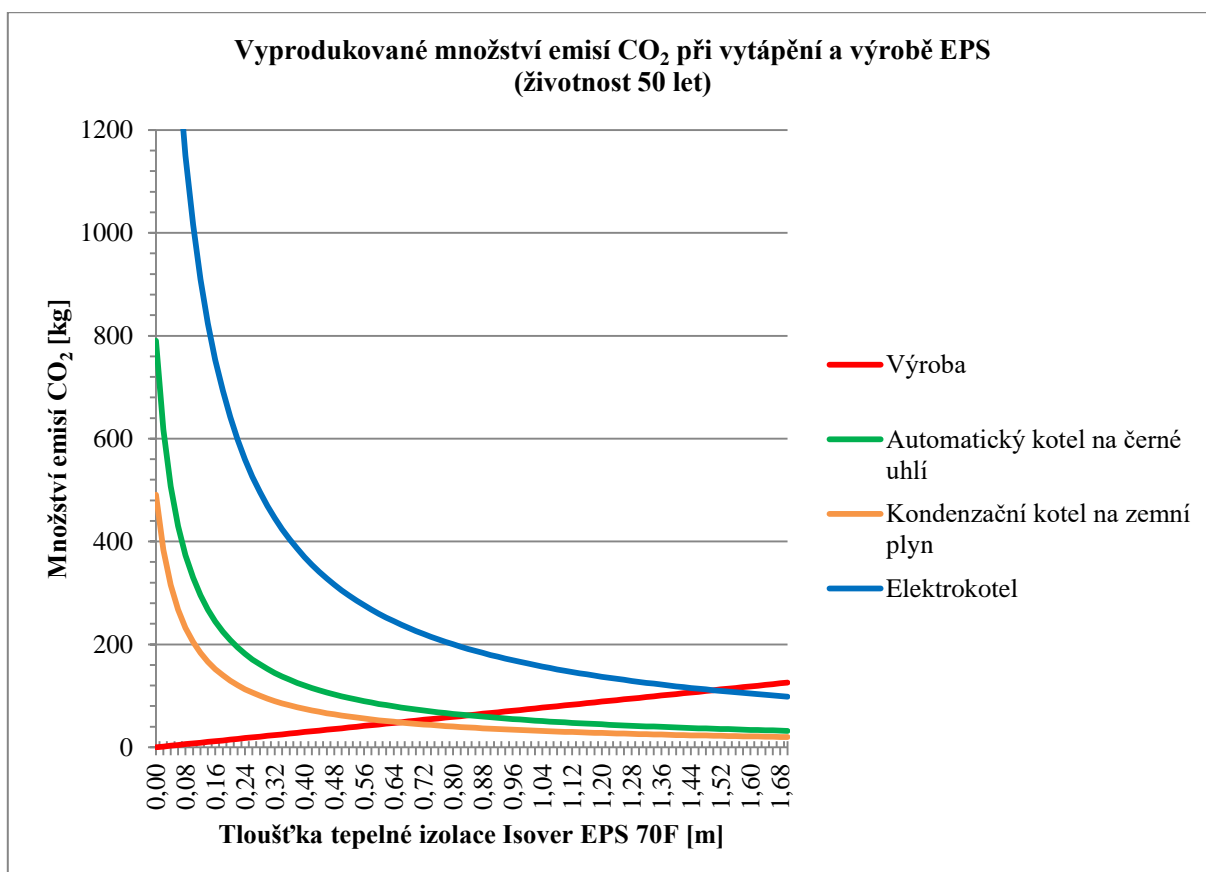
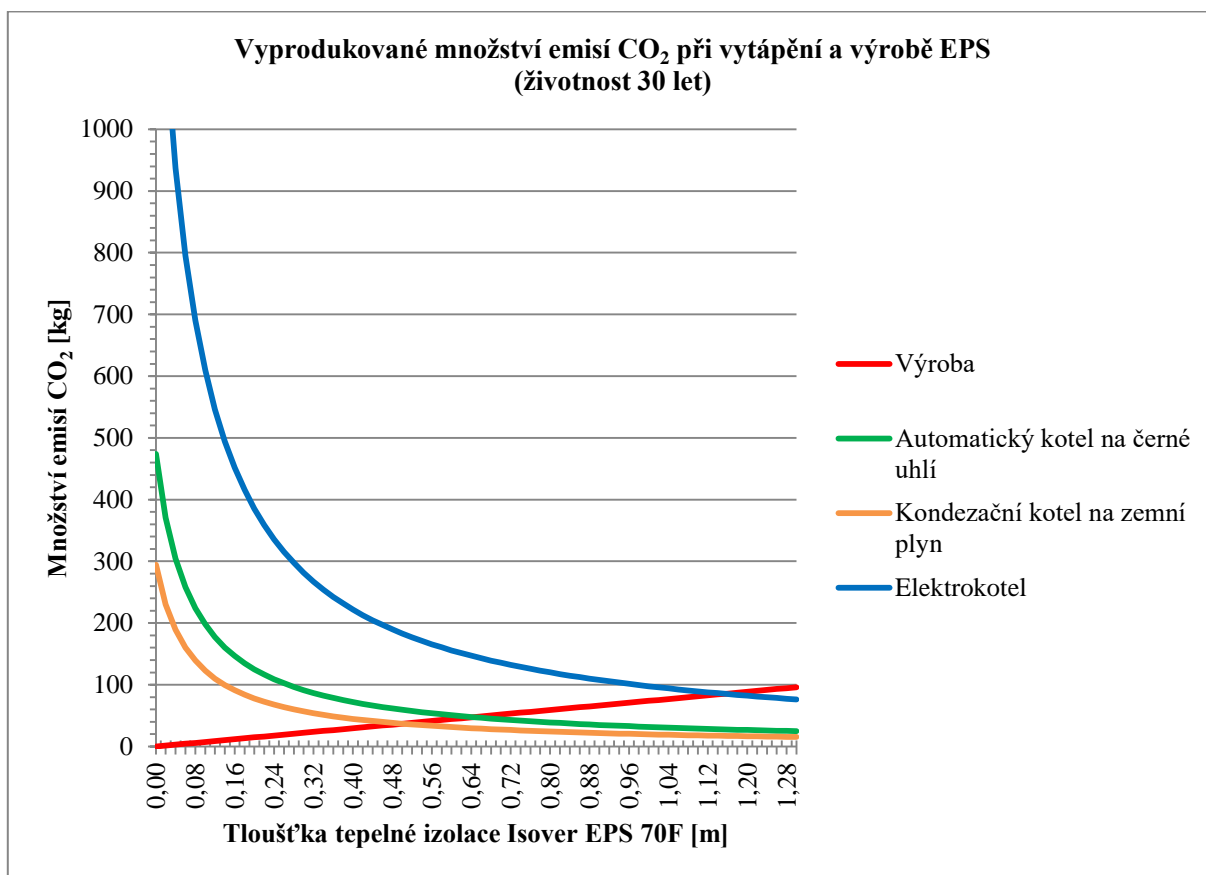
ZDIVO Z VÁPENOPÍSKOVÝCH CIHEL (d = 175 mm)

Grafické zobrazení



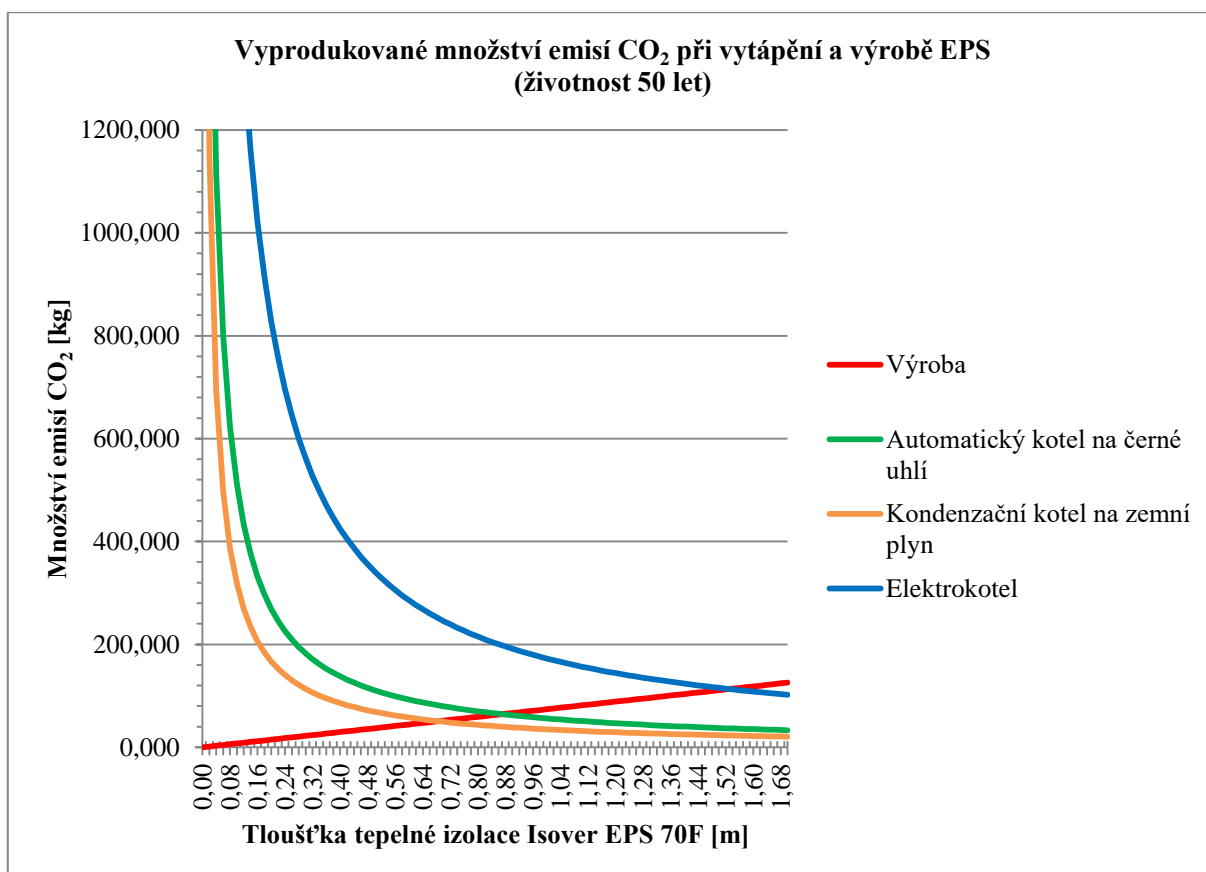
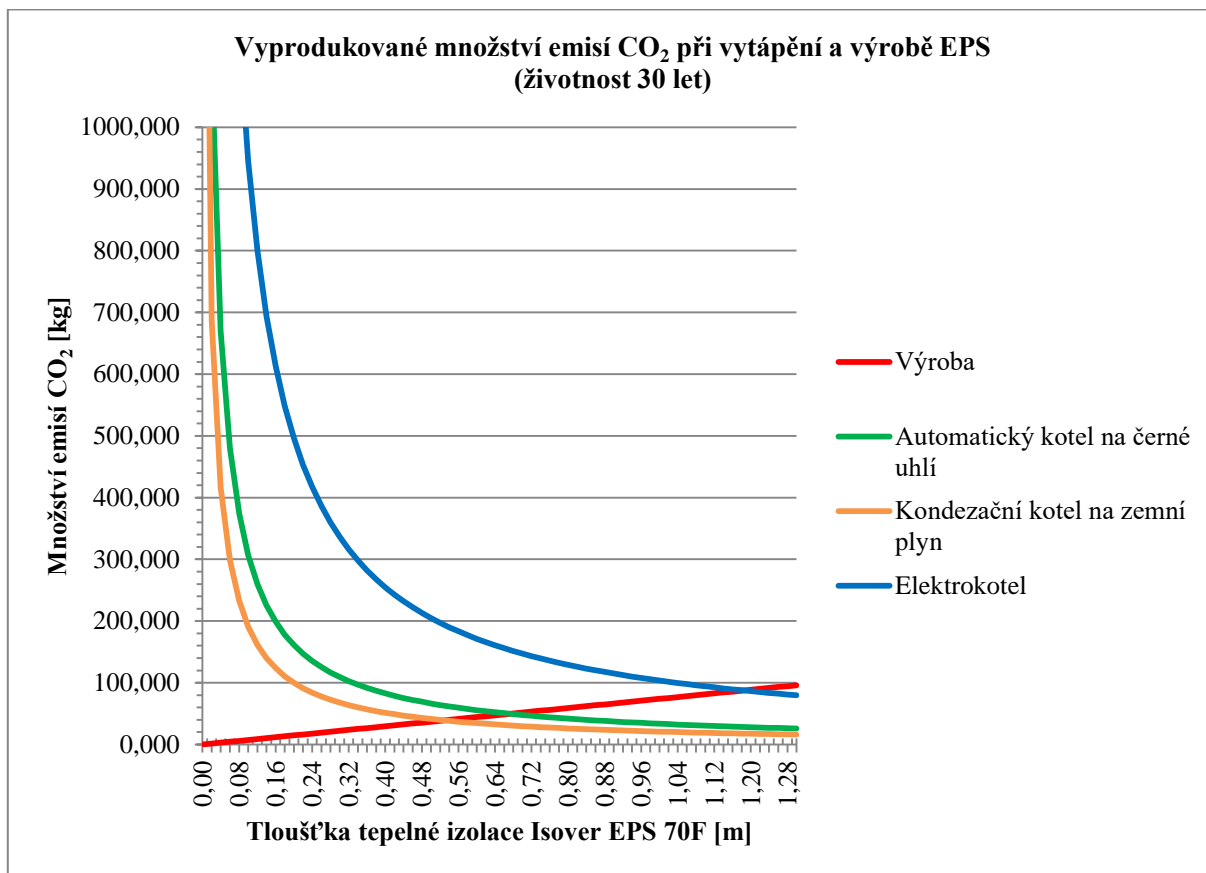
ZDIVO Z DĚROVANÝCH CIHEL P+D (d = 300 mm)

Grafické zobrazení



ŽELEZOBETONOVÝ PANEL (d = 150 mm)

Grafické zobrazení



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Příloha č. 3

Ekonomická analýza

**Závislost tloušťky tepelné izolace na ceně za provedení
kontaktního zateplení stěny a za spotřebované množství energie**

Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD
KATEDRA MECHANIKY

Příloha č. 4

Náklady na provedení kontaktního zateplení stěny

Výstup z programu KROS 4

Vypracovala: Bc. Kristýna Hánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 933,50

Úpravy povrchů, podlahy a osazování

6 výplně 845,40

1	011	622211001	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 40 mm	m2	1,000	515,00	515,00
2	283	28375930	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 20mm	m2	1,020	24,90	25,40
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 8,14

713 Izolace tepelné 8,14

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,009	904,00	8,14
					0,009	0,009	

Celkem 941,64

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 972,79

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 884,69

1	011	622211011	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 80 mm	m2	1,000	529,00	529,00
2	283	28375932	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 40mm	m2	1,020	49,70	50,69
					1 * 1,02		
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 8,14

713 Izolace tepelné 8,14

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,009	904,00	8,14
					0,009		

Celkem 980,93

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 006,33

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 910,09

1	011	622211011	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 80 mm	m2	1,000	529,00	529,00
2	283	28375934	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 60mm	m2	1,020	74,60	76,09
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 8,14

713 Izolace tepelné 8,14

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,009	904,00	8,14
					0,009	0,009	

Celkem 1 006,33

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce
Objekt: -

Objednatel: -
Zhotovitel: -
Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová
Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 023,49

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplni 935,39

1	011	622211011	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 80 mm	m2	1,000	529,00	529,00
2	263	28375936	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 80mm	m2	1,020	99,40	101,39
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 8,14

713 Izolace tepelné 8,14

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,009	904,00	8,14
					0,009	0,009	

Celkem 1 031,63

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
HSV			Práce a dodávky HSV				1 063,58
6			Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní				975,48
1	011	622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 120 mm	m2	1,000	544,00	544,00
2	283	28375938	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,037$ tl 100mm	m2	1,020	124,00	126,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00
9			Ostatní konstrukce a práce, bourání				88,10
4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10
PSV			Práce a dodávky PSV				9,04
713			Izolace tepelné				9,04
6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,010	904,00	9,04
					0,01	0,010	
Celkem							1 072,62

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 089,08

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 000,98

1	011	622211021	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 120 mm	m2	1,000	544,00	544,00
2	283	28375939	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,037$ tl 120 mm	m2	1,020	149,00	151,98
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkvrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 9,04

713 Izolace tepelné 9,04

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,010	904,00	9,04
					0,01	0,010	

Celkem 1 098,12

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 175,58

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 087,48

1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 10,85

713 Izolace tepelné 10,85

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,012	904,00	10,85
					0,012	0,012	

Celkem 1 186,43

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce
Objekt: -

Objednatel: -
Zhotovitel: -
Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová
Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 201,08

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 112,98

1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375952	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 160mm	m2	1,020	199,00	202,98
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkvrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 10,85

713 Izolace tepelné 10,85

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,012	904,00	10,85
					0,012	0,012	

Celkem 1 211,93

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
HSV Práce a dodávky HSV							1 246,58
6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní							1 158,48
1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	28375953	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 180mm	m2	1,020	224,00	228,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkvrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00
9 Ostatní konstrukce a práce, bourání							88,10
4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10
PSV Práce a dodávky PSV							10,85
713 Izolace tepelné							10,85
6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,012	904,00	10,85
					0,012	0,012	
Celkem							1 257,43

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 272,08

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 183,98

1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	28375954	deska EPS 70 fasádní $\rho=0,039$ tl 200mm	m2	1,020	249,00	253,98
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

4	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
5	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 10,85

713 Izolace tepelné 10,85

6	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,012	904,00	10,85
					0,012	0,012	

Celkem 1 282,93

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
HSV			Práce a dodávky HSV				1 580,56
6			Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní				1 492,46
1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375939	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 120mm	m2	1,020	149,00	151,98
					1 * 1,02		1,020
3	011	622211211	Montáž kontaktního zateplení z polystyrénových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 240 mm	m2	1,000	304,00	304,00
4	283	28375938	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 100mm	m2	1,020	124,00	126,48
					1 * 1,02		1,020
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00
9			Ostatní konstrukce a práce, bourání				88,10
6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10
PSV			Práce a dodávky PSV				18,98
713			Izolace tepelné				18,98
8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,021	904,00	18,98
					0,021		0,021
Celkem							1 599,54

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 654,06

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 565,96

1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211221	Montáž kontaktního zateplení z polystyrénových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 280 mm	m2	1,000	352,00	352,00
4	283	28375939	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 100mm	m2	1,020	124,00	126,48
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 18,98

713 Izolace tepelné 18,98

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,021	904,00	18,98
					0,021	0,021	

Celkem 1 673,04

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 679,56

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování

6 výplni 1 591,46

1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\rho=0,039$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211221	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 280 mm	m2	1,000	352,00	352,00
4	283	28375939	deska EPS 70 fasádní $\rho=0,039$ tl 120mm	m2	1,020	149,00	151,98
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 18,98

713 Izolace tepelné 18,98

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,021	904,00	18,98
					0,021	0,021	

Celkem

1 698,54

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 812,06

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplni 1 723,96

1	011	622211031	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 160 mm	m2	1,000	605,00	605,00
2	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,037$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211231	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 320 mm	m2	1,000	459,00	459,00
4	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 18,98

713 Izolace tepelné 18,98

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,021	904,00	18,98
					0,021	0,021	

Celkem 1 831,04

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 857,56

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 769,46

1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	28375952	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 160mm	m2	1,020	199,00	202,98
					1 * 1,02	1,020	
3	011	c	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 320 mm	m2	1,000	459,00	459,00
4	283	28375951	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 140mm	m2	1,020	174,00	177,48
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 19,89

713 Izolace tepelné 19,89

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,022	904,00	19,89
					0,022	0,022	

Celkem 1 877,45

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 948,06

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 859,96

1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	28375952	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 160mm	m2	1,020	199,00	202,98
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211241	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 360 mm	m2	1,000	524,00	524,00
4	283	28375952	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 160mm	m2	1,020	199,00	202,98
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2.0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 19,89

713 Izolace tepelné 19,89

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,022	904,00	19,89
					0,022	0,022	

Celkem 1 967,95

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce
Objekt: -

Objednatel: -
Zhotovitel: -
Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová
Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 1 973,56

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 885,46

1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	283759353	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 180mm	m2	1,020	224,00	228,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211241	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky do 360 mm	m2	1,000	524,00	524,00
4	283	28375952	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 160mm	m2	1,020	199,00	202,98
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 19,89

713 Izolace tepelné 19,89

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,022	904,00	19,89
					0,022	0,022	

Celkem 1 993,45

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 2 058,06

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 1 969,96

1	011	622211041	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 200 mm	m2	1,000	625,00	625,00
2	283	283759353	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 180mm	m2	1,020	224,00	228,48
					1 * 1,02	1,020	
3	011	622211251	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky přes 360 mm	m2	1,000	583,00	583,00
4	283	283759353	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 180mm	m2	1,020	224,00	228,48
					1 * 1,02	1,020	
5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 19,89

713 Izolace tepelné 19,89

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,022	904,00	19,89
					0,022	0,022	

Celkem 2 077,95

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 2 109,56

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování

6 výplní 2 021,46

1	011	622211051	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 240 mm	m2	1,000	651,00	651,00
2	283	28375954	deska EPS 70 fasádní $\rho=0,039$ tl 200mm	m2	1,020	249,00	253,98

1 * 1,02 1,020

3	011	622211251	Montáž kontaktního zateplení z polystyrénových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky přes 360 mm	m2	1,000	583,00	583,00
4	283	28375953	deska EPS 70 fasádní $\rho=0,039$ tl 180mm	m2	1,020	224,00	228,48

1 * 1,02 1,020

5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00
---	-----	-----------	--	----	-------	--------	--------

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 23,50

713 Izolace tepelné 23,50

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,026	904,00	23,50
---	-----	-----------	--	---	-------	--------	-------

0,026 0,026

Celkem 2 133,06

ROZPOČET S VÝKAZEM VÝMĚR

Stavba: Diplomová práce

Objekt: -

Objednatel: -

Zhotovitel: -

Místo: Plzeň

Zpracoval: Bc. Kristýna Hánová

Datum: 20. 12. 2019

Č.	KCN	Kód položky	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
----	-----	-------------	-------	----	-----------------	-----------------	-------------

HSV Práce a dodávky HSV 2 135,06

6 Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní 2 046,96

1	011	622211051	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrenových desek tl do 240 mm	m2	1,000	651,00	651,00
2	283	28375954	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 200mm	m2	1,020	249,00	253,98

1 * 1,02 1,020

3	011	622211251	Montáž kontaktního zateplení z polystyrenových desek ve 2 vrstvách celkové tloušťky přes 360 mm	m2	1,000	583,00	583,00
4	283	28375954	deska EPS 70 fasádní $\lambda=0,039$ tl 200mm	m2	1,020	249,00	253,98

1 * 1,02 1,020

5	011	622531021	Tenkovrstvá silikonová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	1,000	305,00	305,00
---	-----	-----------	--	----	-------	--------	--------

9 Ostatní konstrukce a práce, bourání 88,10

6	003	941111111	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	55,00	55,00
7	003	941111811	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 10 m	m2	1,000	33,10	33,10

PSV Práce a dodávky PSV 23,50

713 Izolace tepelné 23,50

8	713	998713101	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 6 m	t	0,026	904,00	23,50
---	-----	-----------	--	---	-------	--------	-------

0,026 0,026

Celkem 2 158,56