



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ODBOR ZNALECTVÍ VE STAVEBNICTVÍ A OCEŇOVÁNÍ
NEMOVITOSTÍ**

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN CIVIL ENGINEERING AND REAL ESTATE APPRAISAL

**VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ BUDOVY NA VÝDAJE
SPOJENÉ S JEJÍM PROVOZEM**

THERMAL INSULATION EFFECT OF THE BUILDING ON THE OPERATION-RELATED
EXPENSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Jan Skupa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Student:	Ing. Jan Skupa
Studijní program:	Realitní inženýrství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Josef Čech, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21
Ústav:	Odbor znalectví ve stavebnictví a oceňování nemovitostí

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vliv provedení zateplení budovy na výdaje spojené s jejím provozem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je provést návrh na zateplení budovy v několika variantách. Na základě jednotlivých návrhů pak porovnat náklady na provozování budovy před a po provedení jednotlivých zateplení. Následně bude v diplomové práci zhodnocena ekonomická návratnost investice spojené s realizací jednotlivých variant zateplení.

Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je zhodnocení ekonomické návratnosti vnějšího zateplení u vybrané budovy a zhodnocení vlivu této stavební úpravy na očekávané výdaje.

Seznam doporučené literatury:

DAHLSVEEN, T., PETRÁŠ, D., HIRŠ, J. Energetický audit budov, Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2003, ISBN 80-88905-86-9.

HALL, M. R., LINDSAY, R., KRAYENHOFF, M. Modern Earth Buildings: Materials, Engineering, Constructions and Applications. Padsow: TJ International, 2012, ISBN 978-0-85709-026-3.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

Ing. Milada Komosná, Ph.D.
vedoucí odboru

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce s názvem Vliv provedení zateplení budovy na výdaje spojené s jejím provozem, se zabývá návrhem několika variant zateplení budovy, a následného vyhodnocení na základě porovnání provozních nákladů budovy jednotlivých variant zateplení. Teoretická část se zabývá historií zateplování objektů, jsou zde uvedeny typy tepelně izolačních materiálů a varianty energeticky úsporných domů. Poté jsou řešeny normativní požadavky, energetická náročnost budov a způsoby zateplení jednotlivých konstrukcí budovy. Následně se řeší metody ekonomického hodnocení investice a způsob sestavení souhrnného rozpočtu. Praktická část obsahuje popis stavby a navržené varianty zateplení, včetně výpočtu nákladů, zhodnocení doby návratnosti investice a vyhodnocení navrhovaných variant.

Klíčová slova

Zateplení budovy, rodinný dům, energetická náročnost budov, úspora energie, ekonomická návratnost investice

Abstract

The diploma thesis entitled The influence of building insulation on the costs associated with its operation deals with the design of several variants of building insulation, and subsequent evaluation based on a comparison of operating costs of individual building variants. The theoretical part deals with the history of thermal insulation of buildings, there are types of thermal insulation materials and variants of energy-efficient houses. Then the normative requirements, energy intensity of buildings and methods of thermal insulation of individual building structures are solved. Subsequently, the methods of economic evaluation of the investment and the method of compiling the general budget are addressed. The practical part contains a description of the construction and the proposed variants of insulation, including the calculation of costs, evaluation of the payback period of the investment and evaluation of the proposed variants.

Keywords

Building insulation, family house, energy performance of buildings, energy saving, economic return on investment

Bibliografická citace

SKUPA, Jan. *Vliv provedení zateplení budovy na výdaje spojené s jejím provozem*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127908>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve stavebnictví a oceňování nemovitostí. Vedoucí práce Josef Čech.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv provedení zateplení budovy na výdaje spojené s jejím provozem“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 8. 10. 2021

.....
Ing. Jan Skupa

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce, Ing. Josefu Čechovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a rady poskytnuté při zpracování diplomové práce.

OBSAH

OBSAH	8
1 ÚVOD	12
2 SOUČASNÝ STAV	13
2.1 Historie zateplování objektů	13
2.1.1 První použití	13
2.1.2 Zateplování u nás	14
2.2 Tepelně izolační materiály	16
2.2.1 Pěnový polystyren	16
2.2.2 Extrudovaný polystyren	17
2.2.3 Polyuretan	17
2.2.4 Minerální a skelná vlna	18
2.2.5 Pěnové sklo	19
2.2.6 Konopná izolace	19
2.2.7 Izolace z lněných vláken	20
2.2.8 Ovčí vlna	21
2.2.9 Dřevovláknité desky	21
2.3 Energeticky úsporné domy	22
2.3.1 Nízkoenergetický dům	22
2.3.2 Pasivní dům	22
2.3.3 Nulový dům	23
2.3.4 Aktivní dům	23
2.4 Normativní požadavky	24
2.4.1 Součinitel prostupu tepla	24
2.4.2 Průměrný součinitel prostupu tepla	24
2.4.3 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce	26
2.4.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla	26

2.4.5	Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce	27
2.4.6	Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci	28
2.4.7	Celková průvzdušnost obálky budovy	29
2.5	Energetická náročnost budov	30
2.5.1	Základní pojmy	30
2.5.2	Nová legislativa.....	32
2.5.3	Energetický štítek obálky budovy	33
2.5.4	Průkaz energetické náročnosti budovy.....	33
2.5.5	Energetický audit	36
2.5.6	Energetický posudek	37
2.6	Zateplení objektu.....	40
2.6.1	Zateplení obvodového pláště	40
2.6.2	Zateplení střešní konstrukce.....	41
2.6.3	Zateplení soklu	44
2.6.4	Zateplení podlahy	45
2.7	Ekonomické metody hodnocení investice.....	46
2.7.1	Doba návratnosti	46
2.7.2	Čistá současná hodnota	47
2.7.3	Index ziskovosti	48
2.8	Rozpočet stavby	49
2.8.1	Druhy rozpočtů.....	49
2.8.2	Sestavení souhrnného rozpočtu	50
3	FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ	51
4	POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ	52
5	VLASTNÍ ŘEŠENÍ.....	53
5.1	Popis Stavby.....	53
5.1.1	Popis území stavby.....	53

5.1.2	Celkový popis stavby	54
5.1.3	Konstrukční a stavebně technické řešení stavby	54
5.1.4	Celkové vodohospodářské řešení	56
5.1.5	Připojení na technickou infrastrukturu	56
5.2	Navržené skladby zateplení	57
5.2.1	Zateplení obvodové stěny	57
5.2.2	Zateplení ploché střechy	59
5.2.3	Zateplení podlahy	59
5.2.5	Zateplení soklu	60
5.3	Posouzení z hlediska tepelně technických vlastností	61
5.3.1	Součinitel prostupu tepla	61
5.3.2	Kondezace vodní páry v konstrukci	62
5.4	Náklady na provoz budovy	62
5.4.1	Vstupní údaje o budově	63
5.4.2	Vyhodnocení energetické náročnosti budovy	64
5.4.3	Náklady na vytápění a ohřev teplé vody	64
5.5	Náklady na provedení zateplení	73
5.5.1	Údaje o zateplení objektu	73
5.5.2	Vyhodnocení nákladů na zateplení	73
5.6	Doba návratnosti investice	77
5.6.1	Prostá doba návratnosti	77
5.6.2	Reálná doba návratnosti	77
5.6.3	Čistá současná hodnota	78
5.6.4	Vyhodnocení doby návratnosti investice	78
6	ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ	80
6.1	Tepelně technické posouzení	80
6.2	Energetická náročnost budovy	82

6.3	Náklady na provedení zateplení	84
6.4	Doba návratnosti investice	84
7	ZÁVĚR	87
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	89
	SEZNAM TABULEK.....	95
	SEZNAM GRAFŮ.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM ZKRATEK.....	99
	SEZNAM PŘÍLOH.....	101

1 ÚVOD

V současné době je zateplování objektů a s tím spojené snížení energetické náročnosti budovy velmi diskutovaným tématem, a to nejen z pohledu ekonomického vzhledem k rostoucím cenám energií, ale také ekologického, související se snižováním produkce CO₂. U novostaveb dochází ke snaze o nejlepší konstrukční a technologické řešení, které může mít zpočátku vyšší finanční náročnost při realizaci objektu, ale výrazným způsobem zredukuje finanční náklady na provoz stavby z hlediska spotřeby energií, případně také komfort bydlení.

Touto problematikou se zabývá tato diplomová práce, jejíž cílem je navrhnout nejvhodnější variantu zateplení rodinného domu v obci Vrды. Nejprve provedeme návrh několika typů zateplovacích systémů, následně zhodnotíme finanční dobu návratnosti investice z hlediska investičních a provozních nákladů, a nakonec provedeme vyhodnocení z hlediska nejvhodnějšího typu zateplení objektu.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Historie zateplování objektů

Zateplování objektů probíhá již od dob kdy lidé začali stavět svá první obydlí. Tepelná pohoda je pro člověka důležitá z hlediska pocitu bezpečí, umožňuje rychlejší regeneraci a obecně zvyšuje kvalitu života. [1]

2.1.1 První použití

Při zateplování objektů se vycházelo z přírodních materiálů jako dřevovláknité desky. Tyto materiály se připevňovaly k nosné konstrukci, armovaly se rabinovým pletivem a omítaly silnovrstvými minerálními omítkami. Jejich nevýhodou byla objemová nestálost, která vedla k častému vzniku trhlin a jejich postupné degradaci. [1]

Po nástupu chemického průmyslu v první polovině 20. století dochází k výrobě syntetických hmot, jehož produktem se stal také polystyren, který se od padesátých let začal vyrábět jako polystyrenová izolační deska. Tato deska se využívala k dodatečnému zateplení stávajících budov. První rodinný dům z režného zdiva byl opatřen tímto zateplovacím systémem v roce 1957. [1]

Dalším izolačním materiálem používaným od 70. let 20. století je minerální vata, která se používala nejen z důvodu lepších vlastností jako např. difuzní odpor a požární odolnost, ale také díky zvládnutí technologie tuhé desky, což umožňovalo její uplatnění na tehdejšímu trhu. [1]

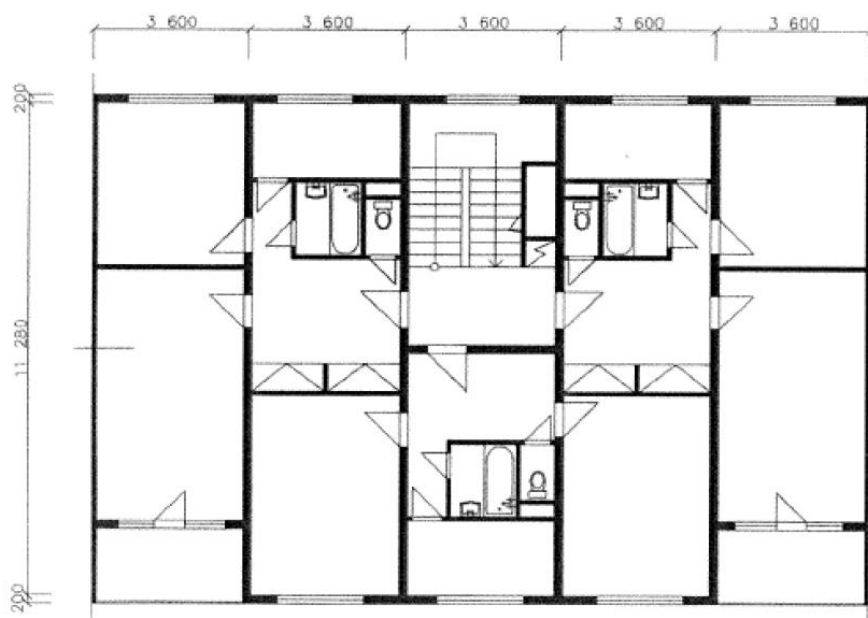
Omítky také prošly značným vývojem. Původně byly používané silnovrstvé minerální omítky, ty však byly velmi tvrdé a nedokázaly přenést potřebné napětí způsobené jejich ohřátím. Postupně se přecházelo na tenkovrstvé omítky jak je známe z dnešní doby. V Německu byly zachovány silnovrstvé modifikované omítky z důvodu jejich silné tradice. [1]



Obr. 1: Dřevovláknitá izolační deska [2]

2.1.2 Zateplování u nás

Dodatečné zateplování v naší zemi bylo řešeno od počátku 70. let 20. století. V té době se začaly projevovat špatné tepelně technické vlastnosti prvních panelových soustav, především soustavy G57, které byly realizované na přelomu 50. a 60. let. Největší problém představoval štít a první pole průčelí, kde se v těchto okrajových bytech začaly objevovat plísně. Tento problém byl řešen přizdívkou z pórobetonových tvárnic, aby došlo k posunutí rosného bodu z interiéru bytu na obvodovou konstrukci. Tato přizdívka byla založena na úrovni podlahy v 1NP a končila pod římsou objektu. Kotvení k železobetonovému podkladu se provádělo hřeby či klempířskými skobami. Docházelo však k odtržení z důvodu nedostatečného kotvení. [1]



Obr. 2: Panelová soustava G57 [3]

První použití polystyrenu jako izolace stavby byla použita u bytových domů z monolitického betonu budovaných v 60. letech v Příbrami. Do bednění se vkládaly desky z polystyrenové izolace, na ni se připevňovalo rabinové pletivo a omítalo silnovrstvou omítkou. [1]

V 80. letech na stavbách v Československu byl aplikován klasický kontaktní zateplovací systém. Ten však vykazoval časté poruchy, a neměl požadované vlastnosti, z důvodu objemové nestálosti polystyrenu. Docházelo k dotvarování, které se projevovalo trhlinami na fasádě. Takto velká tahová napětí nedokázaly přenést sklotextilní síťoviny, které ztrácely svoji pružnost, a nebyly odolné proti alkalickému prostředí do kterého byly instalovány. [1]

V této době byla vyvinuta tepelně izolační omítkovina zvaná Thermfix, která se skládala z lehčené stříkané omítkoviny na podklad, a metody obalení polystyrenových kuliček pojivem s následnou aplikací k podkladu. Nevýhodou tohoto systému byla optimální tloušťka nanášené omítkoviny, která byla pouhé 4 cm. [1]

Alternativou ke kontaktnímu zateplení na panelových domech bylo zateplení s provětrávanou fasádou, kde byl izolant tvořen z minerálních desek a osazený mezi rošt z dřevěných latí. Jako krycí vrstva zde bylo využito hliníkových nebo plastových lamel. Problémem bylo nedostatečné kotvení k podkladu které zapříčiňovalo sesunutí desek, a také systém latí který vytvářel tepelné mosty. Byla zde také náročná logistika a složitost provádění. [1]

V období kdy se otevřela možnost dovozu propracovaných zateplovacích systémů ze zahraničí, již byly všechny počáteční problémy vyřešeny, a bylo možné využít těchto odzkoušených systémů. Tlak po zateplování objektů byl způsoben růstem cen za vytápění a politikou státu. [1]

Při sanaci statických poruch panelových domů po roce 1990 docházelo k vytváření tepelých mostů, a tyto práce byly spojeny se zateplením objektu. [1]

V roce 2001 byl spuštěn nový program s názvem Panel založený na dotacích úrokových sazeb komerčního úvěru který fungoval 8 let. Poté byl vyhlášen Ministerstvem životního prostředí tzv. Nový panel, který měl tu výhodu že o něj mohli žádat také bytové domy které nepatřily do tzv. panelových soustav. Společně s podporou Zelená úsporám došlo v roce 2009 a 2010 k největšímu stavebnímu boomu v oblasti zateplování budov. Za rok 2012 bylo v České republice zatepleno 18 miliónů m², což představovalo 1,8 m² v přepočtu na jednoho obyvatele. Pro porovnání, u okolních států na západ od nás proběhlo zateplení přibližně 1 m² na jednoho obyvatele. [1]

2.2 Tepelně izolační materiály

Existuje mnoho typů izolace a to z hlediska funkce, použití, materiálů a struktury. Izolační materiály se dále rozlišují na tepelné izolace, hydroizolace, akustické izolace, izolace proti radonu a další. Tepelné izolace ovlivňují kvalitu stavby, a slouží k tepelné pohodě interiéru po celý rok. Jejím hlavním úkolem je vytvořit bariéru, která bude účinně bránit prostupu tepla. [4]

2.2.1 Pěnový polystyren

U nás je nejvíce používaným materiálem k zateplování objektů pěnový polystyren EPS, který je ceněný pro svojí nízkou cenu, hmotnost a snadnou opracovatelnost. Nevýhodou tohoto materiálu je jeho velké smršťování v závislosti na teplotě. Nedoporučuje se pro provádění na tmavých fasádách zahřívaných sluncem, a dalšími nevýhodami je jeho neekologičnost, citlivost na vlhko, malá odolnost v tlaku a hořlavost. Z tohoto důvodu ho nelze použít u vysokých budov. Existují různé druhy podle použití. Písmenem Z se označují základní typy používané pro podlahy. Pro fasády je používán typ F s vysokou přesností rozměrů, a pro střechy je vhodný stabilizovaný typ S. [5]



Obr. 3: Expandovaný pěnový polystyren EPS [6]

2.2.2 Extrudovaný polystyren

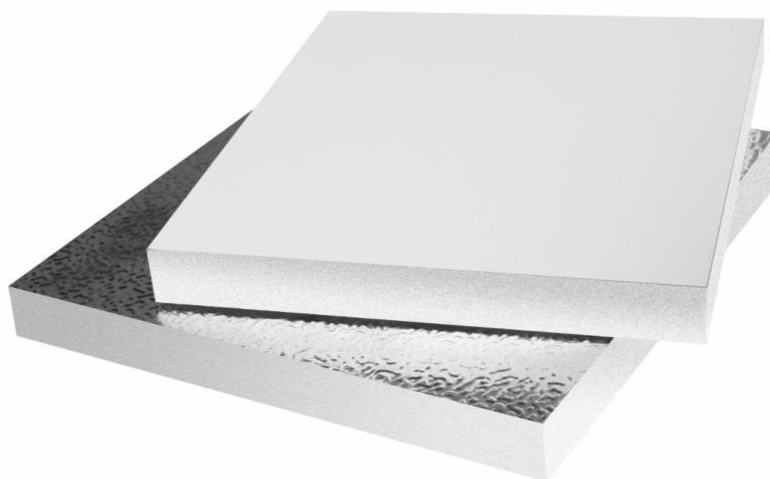
Dalším používaným materiálem je extrudovaný polystyren XPS, který se vyrábí vytlačováním taveniny speciálního krystalového polystyrenu. Zároveň se tato hmota sytí speciálním vzpěnovadlem, které po uvolnění tlaku způsobí napěnění hmoty, a následně se ochlazuje a upravuje do konečného tvaru. Tento materiál nabízí kromě tepelně izolačních vlastností také nenasákavost, jeho povrch je totiž uzavřený, celistvý a hladký. Jeho vlastnosti se porušením povrchu zhoršují. Další výhodou je odolnost proti plísním, hmyzu, hlodavcům a jeho vysoká pevnost v tlaku. Díky těmto vlastnostem se používá při zateplení spodní stavby, základů, sklepů, bazénů a soklových částí. [7]



Obr. 4: Extrudovaný polystyren XPS [8]

2.2.3 Polyuretan

Polyuretan se používá ve formě měkké polyuretanové pěny jako molitan, nebo tvrdé polyuretanové pěny jako PIR. Ve stavebnictví se používá výhradně PIR, což je umělý materiál s velmi dobrými izolačními vlastnostmi, jehož výhodou je odolnost proti většině organických rozpouštědel, vysoká pevnost, a dobrá přilnavost k povrchu. Nevýhodou je, že se jedná o neekologický materiál, vyšší cena, a citlivost na UV záření, proti kterému je nutné ho chránit pomocí nátěru. [5]



Obr. 5: Izolační desky PIR [9]

2.2.4 Minerální a skelná vlna

V případě nutnosti použití izolace odolné proti vysokým teplotám, lze použít minerální či skelné izolace. Při výrobě minerální vlny se používá čedič, v případě skelné vlny to je křemičitý písek a další příměsy. Tyto materiály disponují nízkou teplenou roztažností, která snižuje riziko vzniku fasádních trhlin vlivem teplot. Další předností je propustnost vodní páry, dobré zvukové izolační vlastnosti a nehořlavost. Velkou nevýhodou je, že v případě zvlhnutí úplně ztrácí svoje tepelně izolační vlastnosti. Z tohoto důvodu není vhodné použití do vlhkého prostředí. Skelná vata obsahuje ostrá tenká vlákna, tudíž při práci s ní je nutné použít ochranné pomůcky. [5]



Obr. 6: Skelná vlna [10]

2.2.5 Pěnové sklo

Pěnové sklo je vyráběno ze surovin používaných při výrobě skla. Jedná se o velmi odolný a nehořlavý materiál, vhodný do agresivního prostředí, který snáší vysoké teploty. Je možné ho použít do trvale vlhkého prostředí a disponuje také velmi dlouhou životností. Vyrábí se ve formě šterku, desek, nebo jiných stavebních prvků. Jeho širšímu použití brání pouze jeho vysoká cena. [5]



Obr. 7: Pěnové sklo [11]

2.2.6 Konopná izolace

Konopí je obnovitelný materiál, který má velké přírůstky a sklizně. Je šetrný k životnímu prostředí, neobsahuje formaldehydy a těžké kovy. Jedná se o materiál který propouští vodní páru, je trvanlivý, odolný proti hmyzu, hlodavcům a hnilobě. Používá se pro zateplování stěnových konstrukcí, podlah i střešních plášťů. [12]



Obr. 8: Konopná izolace [13]

2.2.7 Izolace z lněných vláken

Tato izolace z rostlinných vláken se vyrábí z užitkové rostliny jejíž název je len setý. Jde o obnovitelnou a nenáročnou rostlinu, jejíž produkt se dá jako recyklát znovu použít, zkompostovat, popř. spálit. Při zpracování pro stavební účely se vlákna splstňují na textilních strojích, a vyrábí se z nich pružné a tvarově stálé izolační desky. Jejich výhodou je odolnost proti působení požáru, napadení plísněmi a hmyzu. Mají také své nevýhody, snadno se lámou a hrozí přeříznutí či přetržení vláken při jejich instalaci. Z tohoto důvodu se přidávají polyesterová vlákna. [14]



Obr. 9: Izolace z lněných vláken [15]

2.2.8 Ovčí vlna

Další z obnovitelných přírodních materiálů je ovčí vlna. Je recyklovatelná, zdravotně nezávadná, lze ji kompostovat, a při jejím zpracování je třeba jen velmi málo energie. Tento izolační materiál, který je šetrný k životnímu prostředí, dokáže také pohlcovat některé nebezpečné látky jako např. organická ředidla, formaldehyd, nebo ozon. Při požáru se vlákno odtaví, aniž by docházelo k odkapávání a nevznikají také téměř žádné toxické plyny. Ovčí vlna na sebe dokáže vázat vlhkost, která jen minimálně ovlivní její vynikající tepelně izolační vlastnosti. [16]



Obr. 10: Ovčí vlna [16]

2.2.9 Dřevovláknité desky

Výroba dřevovláknitých desek probíhá rozmělněním suroviny na jemná dřevěná vlákna a lisováním za pomoci ligninu. Desky se vyrábí dle potřeby v různých hustotách a pevnostech. Využívají se jako výplňová tepelná izolace do obvodových a střešních plášťů, příček a stropů. Lze je také využít k opláštění vnějších stěn budov v případě zděných i dřevěných staveb. Jejich kotvení k fasádě se provádí talířovými hmoždinkami, nebo nastřelovacími sponami. [17]



Obr. 11: Dřevovláknitá deska [18]

2.3 Energeticky úsporné domy

V dnešní době je snaha o snižování potřeby tepla na vytápění, jak z hlediska ekonomického, a tím spojené úspore za vytápění, tak ekologického, kde jde především o snížení produkce oxidu uhličitého CO_2 . Při hodnocení energetické náročnosti budovy je hlavním kritériem měrná potřeba tepla na vytápění. Jde o tkz. množství tepla dodaného na 1 m^2 podlahové plochy vytápěné budovy za rok. Tento ukazatel se stanovuje prostřednictvím výpočtu. [19]

2.3.1 Nízkoenergetický dům

Nízkoenergetické domy jsou navrhovány, aby jejich konstrukční části odpovídaly doporučeným hodnotám součinitele prostupu tepla (dle ČSN 73 0540), a jejich měrná tepelná kapacita na vytápění nepřesahovala $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Také provedení konstrukčních detailů by mělo být zpracováno velmi důkladně, jak z hlediska návrhu, tak provedení. Správné provedení konstrukčních detailů zamezí vzniku tepelných mostů. Nízkoenergetický dům by měl být vybaven účinným vytápěním a nuceným větráním s rekuperací tepla. [19]

2.3.2 Pasivní dům

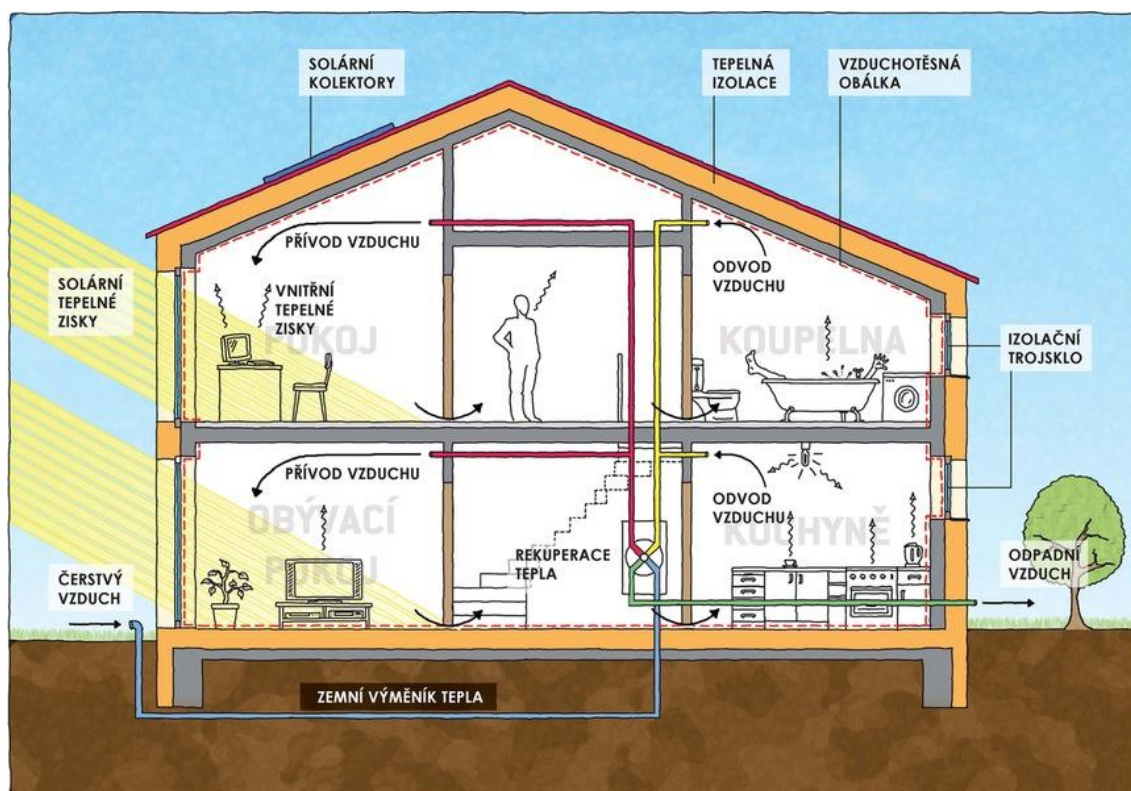
U pasivních domů se jednotlivé konstrukce navrhují na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla, avšak doporučuje se navrhovat je na hodnoty ještě nižší. Důležitým faktorem je tvar budovy a velikost zasklených ploch. V tomto případě měrná potřeba tepla nesmí překročit $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Obvykle se u těchto domů nenavrhuje klasická otopná soustava, ale rekuperace při které se získává teplo z odváděného odpadního vzduchu prostřednictvím nuceného větrání. Tento způsob vytápění je dostačující, s výjimkou vysokých mrazů, kdy se přitápí jednotlivé místnosti. Musí zde být také splněn požadavek na vzduchotěsnost obálky budovy, který vyjadřuje doporučenou hodnotu intenzity výměny vzduchu. V tomto případě musí být splněn požadavek $\text{max. } 0,6 \text{ h}^{-1}$. Celkové množství primární energie u pasivních domů nemá překročit hodnotu $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Do primární energie se započítává vytápění, ohřev teplé vody a elektrická energie pro spotřebiče a osvětlení. [19]

2.3.3 Nulový dům

Nulový dům, někdy také označovaný jako dům s nulovou potřebou energie, má max. potřebu tepla na vytápění $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Koncepte tohoto typu domu je podobná jako u domů pasivních. Tepelná energie je získávána ze slunce prostřednictvím fotovoltaických panelů, kde nadbytek elektrické energie vyrobené v létě pokrývá spotřebu v zimních měsících. Jedná se tedy o vyrovnaný energetický poměr. Dalšími zdroji energie je ztrátové teplo, které produkují obyvatelé a spotřebiče v domě. Tento typ domu však není z ekonomických důvodů výhodný, vzhledem ke svému nákladnému provozu technologických zařízení. [19]

2.3.4 Aktivní dům

Aktivní dům také vychází z koncepce pasivního domu, má však vyšší energetické zisky, které převyšují potřeby na vytápění a provoz budovy. Energie se vyrábí především z obnovitelných zdrojů, např. solární energie, prostřednictvím solárních a fotovoltaických panelů. Další odlišností je větší plocha oken, která odpovídá přibližně 40 % podlahové plochy domu. Díky energetickým přebytkům které lze prodávat do sítě, lze lehce pokrýt vysoké náklady na provoz a údržbu. [19]



Obr. 12: Schéma klasického pasivního domu [20]

2.4 Normativní požadavky

2.4.1 Součinitel prostupu tepla

Součinitele prostupu tepla se hodnotí současně dvěma způsoby: pro jednotlivé konstrukce a pro budovu jako celek pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Oba požadavky musí být splněny současně, pokud není výjimečně připuštěno jinak. [21]

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla se použijí pro hodnocení konstrukcí podle vyhlášky č. 268/2009 Sb. Použití hodnot doporučených se doporučuje všude tam, kde tomu nebrání technické, ekonomické nebo legislativní překážky. Hodnoty doporučené pro pasivní domy se použijí zejména pro předběžný návrh konstrukcí pasivní budovy. [21]

Konstrukce vytápěných budov musí mít v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60 \%$ součinitele prostupu tepla U , ve $W/(m^2 \cdot K)$ takový, aby splňoval podmínku:

$$U \leq U_N$$

kde U_N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla, ve $W/(m^2 \cdot K)$.

Požadovaná hodnota U_N se stanoví:

pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle Tab. 1. [21]

2.4.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , ve $W/(m^2 \cdot K)$, budovy nebo vytápěné zóny budovy musí splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

kde $U_{em,N}$ je požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, ve $W/(m^2 \cdot K)$.

Požadovaná $U_{em,N}$ se stanoví:

pro budovy s převládající návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně a pro všechny návrhové venkovní teploty podle Tab. 2. [21]

Tab. 1: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou Θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [21]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 5)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střechě, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Tab. 2: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou Θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [21]

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{e,m,N,20}$ [W/(m ² ·K)]
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu podle 5.3.4, nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V \leq 0,2$ $U_{e,m,N,20} = 1,05$ $A/V > 1,0$ $U_{e,m,N,20} = 0,45$ Pro ostatní hodnoty A/V $U_{e,m,N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$

2.4.3 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Konstrukce a styky konstrukcí v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu $\varphi_i \leq 60$ % musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \leq f_{Rsi,N}$$

kde $f_{Rsi,N}$ je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu, stanovená ze vztahu:

$$f_{Rsi,N} \leq f_{Rsi,cr}$$

kde $f_{Rsi,cr}$ je kritický teplotní faktor vnitřního povrchu. [21]

2.4.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla

Lineární a bodový činitel prostupu tepla Ψ , ve W/(m²·K), a χ , ve W/K, tepelných vazeb mezi konstrukcemi musí splňovat podmínku:

$$\Psi \leq \Psi_{,N} \qquad \chi \leq \chi_{,N}$$

kde $\chi_{,N}$ je požadovaná hodnota lineárního činitele prostupu tepla, ve W/(m²·K), a $\Psi_{,N}$ je požadovaná hodnota bodového činitele prostupu tepla, ve W/K, podle Tab 3. [21]

Předchozí vztah se použije i při návrhu a posouzení tepelných vazeb mezi konstrukcemi na doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla. [21]

Pokud je návrhem i provedením zaručeno, že působení tepelných vazeb mezi konstrukcemi je menší než 5 % nejnižšího součinitele prostupu tepla navazujících konstrukcí, pak se splnění požadované normové hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla v těchto styčích nemusí hodnotit. [21]

Tab. 3: Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi [21]

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla [W/(m·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	Ψ_N	Ψ_{rec}	Ψ_{pas}
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,30	0,10	0,02
Typ bodové tepelné vazby	Bodový činitel prostupu tepla [W/K]		
	χ_N	χ_{rec}	χ_{pas}
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,4	0,1	0,02

2.4.5 Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

Pro stavební konstrukci, u které by zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, mohla ohrozit její požadovanou funkci, nesmí dojít ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, tedy:

$$M_c \leq 0 \quad [21]$$

Pro stavební konstrukci, u které kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohroží její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tak, aby splňovalo podmínku:

$$M_c \leq M_{c,N} \quad [21]$$

Pro jednoplášťovou střechu, konstrukci se zabudovanými dřevěnými prvky, konstrukci s vnějším tepelněizolačním systémem nebo vnějším obkladem, popř. jinou obvodovou konstrukcí s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami, je nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$, pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg}/\text{m}^3$ se použije 6 % jeho plošné hmotnosti. [21]

Pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot:

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než $100 \text{ kg}/\text{m}^3$, pro materiál s objemovou hmotností $\rho \leq 100 \text{ kg}/\text{m}^3$ se použije 10 % jeho plošné hmotnosti. [21]

Pro stavební konstrukce zároveň platí požadavek na roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci. [21]

2.4.6 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry v konstrukci

Ve stavební konstrukci s připuštěnou omezenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce, nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry zbýt žádné zkondenzované množství vodní páry, které by trvale zvyšovalo vlhkost konstrukce. Roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce M_c , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, tedy musí být nižší než roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce M_{ev} , v $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. [21]

Požadavky podle 2.4.5 a 2.4.6 se uplatňují pro vnější a vnitřní konstrukce s výjimkou konstrukcí přilehlých k zemině a prokazují se bilančním výpočtem po měsících podle ČSN EN ISO 13788. Při nedostatku návrhových klimatických údajů se pro vnější konstrukce připouští výpočet podle ČSN 73 0540-4. Je-li proveden výpočet podle ČSN EN ISO 13788 i podle ČSN 73 0540-4, srovnává se s požadavky podle 2.4.5 a 2.4.6 nepříznivější výsledek. [21]

2.4.7 Celková průvzdušnost obálky budovy

Celková průvzdušnost obálky budovy nebo její ucelené části se ověřuje pomocí celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa, v h^{-1} , stanovené experimentálně podle ČSN EN 13829. Doporučuje se splnění podmínky:

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

kde $n_{50,N}$ je doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa, v h^{-1} , která se stanoví podle Tab. 4. [21]

Hodnoty na úrovni I se doporučuje splnit vždy, na úrovni II se doporučuje splnit přednostně. [21]

Tab. 4: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [21]

Větrání v budově	Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [h^{-1}]	
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

Doporučuje se, aby průvzdušnost místností, kde se použije nuceného větrání nebo klimatizace, byla velmi malá. Hodnotí se pomocí výpočtem stanovené intenzity přirozené výměny vzduchu bez započtení funkce větracího nebo klimatizačního zařízení n , v h^{-1} , pro návrhové podmínky v zimním období. Doporučuje se, aby tato stanovená intenzita přirozené výměny vzduchu splňovala požadavek:

$$n \leq 0,5 \text{ h}^{-1}$$

pokud zvláštní předpisy a provozní podmínky nepožadují hodnoty vyšší (např. v nouzovém provozním režimu při výpadku větracího nebo klimatizačního zařízení). [21]

V obvodových konstrukcích se nepřipouští netěsnosti a neutěsněné spáry, kromě funkčních spár výplní otvorů a funkčních spár lehkých obvodových plášťů. Všechna napojení konstrukcí mezi sebou musí být provedena trvale vzduchotěsně podle dosažitelného stavu techniky. [21]

2.5 Energetická náročnost budov

2.5.1 Základní pojmy

Referenční budova

Jedná se o výpočtově definovanou budovu stejného druhu jako hodnocená budova, včetně geometrického tvaru, orientace ke světovým stranám, velikosti prosklených ploch, zastínění okolní zástavbou, vnitřním uspořádání, typickým užíváním a klimatickými údaji. Obsahuje však referenční hodnoty vlastností budovy, konstrukcí a technických systémů budovy. [22]

Typické užívání budovy

Obvyklý způsob užívání budovy slouží pro výpočet energetické náročnosti budovy, která je v souladu s provozem a podmínkami vnitřního a venkovního prostředí. [22]

Venkovní prostředí

Patří sem venkovní vzduch, vzduch v přilehlých nevytápěných prostorech, přilehlá zemina a sousední budova. Při hodnocení ucelené části budovy se započítává i sousední zóna. [22]

Obytná zóna

Obsahuje byty a prostory které plní funkci domovní komunikace a vybavení k těmto bytům. Nezahrnují se do ní garáže v obytné budově, nebo obytné části budovy pro jiný účel. [22]

Přirozené větrání

Větrání založené na principu teplotního a tlakového rozdílu mezi vnitřním a venkovním vzduchem. [22]

Nucené větrání

Větrání za pomoci mechanického zařízení. [22]

Energonositel

Hmota nebo jev, kterou lze použít pro výrobu tepla, mechanické práce, popř. na ovládání mechanických nebo fyzikálních procesů. [22]

Vypočtená spotřeba energie

Stanovuje se ze spotřeby energie zajišťující typické užívání budovy, včetně technických systémů. Pro případ spotřeby paliva se spotřeba energie vztahuje k jeho výhřevnosti. [22]

Pomocná energie

Energie zajišťující provoz technických systémů. [22]

Primární energie

Jde o energii z neobnovitelných zdrojů, která neprošla žádným procesem přeměny. Výpočet probíhá za pomoci faktorů primární energie z neobnovitelných zdrojů. [22]

Technologie zařízení

Nachází se uvnitř budovy popř. mimo budovu, a jeho spotřeba energie není obsažena v celkové dodané energii hodnocené budovy. [22]

Odpadní teplo

Vzniká jako vedlejší produkt v technologii, tuto tepelnou energii lze využít jako energonositel pro dílčí dodané energie. [22]

Obálka budovy

Soubor všech teplosměrných konstrukcí na hranici budovy, které jsou vystaveny venkovnímu vzduchu, přilehlé zemině, vzduchu v nevytápěném prostoru, nebo sousední budově. [22]

Energetická náročnost budovy

Množství energie spotřebované na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, osvětlení, úpravu vnitřního prostředí větráním a klimatizací. [23]

Měrná potřeba tepla na vytápění

Vyjadřuje množství tepla na celkovou podlahovou plochu vytápěné části budovy ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$). Charakterizuje pouze tepelně technické vlastnosti budovy, bez vlivu zdroje tepla a účinnosti otopné soustavy. Díky tomu lze srovnávat tepelnou náročnost budov odlišných velikostí. [23]

Potřeba tepla na vytápění

Vychází z energetické bilance pro určité období, do kterého vstupují tepelné ztráty, a na druhé straně vnitřní a solární zisky. [23]

Spotřeba tepla na vytápění

Skutečná spotřeba tepla která bude fakturovaná dodavatelem energie. [23]

Optimalizační studie

Cílem této studie je hledání úspor energie a nákladů. Navrhují opatření na základě předem dohodnutého vícekritériálního hodnocení, a vyhodnocují optimální variantu řešení. Řadí se sem všechny možné typy studií, např. studie proveditelnosti. Díky možnosti práce s reálnými daty a přizpůsobení kritérií zájmům zadavatele, lze vypracovat kvalitní podklad pro konečné rozhodnutí. [23]

Rekuperace tepla

Zpětné využití tepla odváděného z budovy prostřednictvím odpadního vzduchu, nebo z odváděné odpadní vody. Nejčastěji se využívá systém nuceného větrání s rekuperací tepla, jehož součástí je výměník, který předává tepelnou energii z odváděného odpadního vzduchu, přiváděnému čerstvému vzduchu. Stejnou funkci může zastat tepelné čerpadlo, popř. voda pro vytápěcí systém. [23]

Termovize

Pracuje na principu zjišťování tepla sáláním. Teplo v podobě infračerveného záření je pro lidské oko neviditelné, a termokamera dokáže toto záření zachytit a přiřadit naměřeným hodnotám barevnou škálu. Využívá se ke zjišťování úniků tepla konstrukcemi budov. [23]



Obr. 13: Využití termovize u rodinného domu [24]

2.5.2 Nová legislativa

Nová vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov je účinná od 1. září 2020. Touto vyhláškou se ruší předchozí vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, a její změna č. 230/2015 Sb. [22]

Tato vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, a jejím cílem je upravit na optimální úroveň požadavky energetické náročnosti budov u nových staveb, změn dokončených staveb, a u budov s téměř nulovou spotřebou energie. Dále také upravuje metodu výpočtu energetické náročnosti budovy, vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie a stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budov. Mění se také vzor, obsah a zpracování průkazu, včetně jeho umístění v budově. [22]

2.5.3 Energetický štítek obálky budovy

Jedná se o grafické vyjádření stavebně-energetických vlastností domu z hlediska konstrukcí, a je obdobou energetického štítku používaného u elektrických spotřebičů. Dochází zde ke zjednodušení z hlediska hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy, oproti původní normě na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . [25]

Energetický štítek klasifikuje budovu do 7 kategorií A – G, od velmi úsporných A, až po mimořádně ne hospodárné G. Rozhodující jsou normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rq}$, a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$. Za vyhovující jsou považovány budovy v kategoriích A – C. [25]

Klasifikační třída A odpovídá pasivním domům, třída B nízkoenergetickým domům. Třída C se podrobněji dělí na C1 (budova vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla), a C2 (budova vyhovuje požadované úrovni součinitele prostupu tepla). Rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006. Součástí energetického štítku je také protokol, který popisuje tepelné parametry budovy. [25]

2.5.4 Průkaz energetické náročnosti budovy

Metodiku a náležitosti při výpočtu průkazu energetické náročnosti budovy (PENB) popisuje vyhláška č. 264/2020 Sb., která ve své podstatě postihuje toky jednotlivých provozních energií spotřebovaných budovou. Mezi tyto energie patří vytápění, chlazení, vzduchotechnika, příprava teplé vody a osvětlení. [25]

PENB je dle zákona č. 406/2000 Sb. od 1. 1. 2009 povinnou součástí dokumentace při výstavbě nových budov, nebo energeticky významných změnách, mezi které patří např. výměna oken, zateplení či rekonstrukce budovy. Platí pro budovy s podlahovou plochou nad 1000 m², a také při prodeji nebo nájmu těchto budov nebo jejich částí. [25]

PENB může zpracovávat pouze osoba definovaná zákonem č. 406/2000 Sb. Jedná se o energetického auditora nebo osobu autorizovanou podle zvláštního předpisu, a to v oborech pozemní stavby, technologická zařízení staveb a technika prostředí staveb. Oprávněná osoba pro zpracování PENB však musí být přezkoušena ministerstvem podle prováděcího právního předpisu z podrobností vypracování energetického průkazu náročnosti budov. [25]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení Adresa budovy				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_0 = \text{_____ m}^2$				stávající	doporučení	
C/I	Velmi úsporná					
						
0,5						
						
0,75						
						
1,0						
						
1,5						
						
2,0						
						
2,5						
						
	Mimořádně ne hospodárná					
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$						
Klasifikační ukazatele C/I a jim odpovídající hodnoty U_{em}						
C/I	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{em}						
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obr. 14: Energetický štítek obálky budovy [26]

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo:

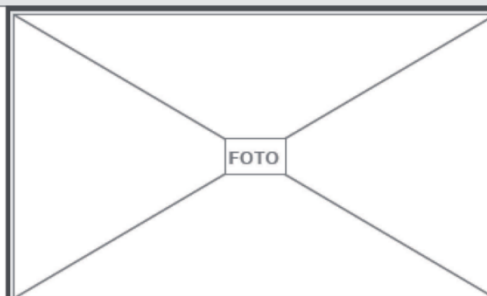
PSČ, místo:

Typ budovy:

Plocha obálky budovy: m²

Objemový faktor tvaru A/V: m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: m²



ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie
(Energie na vstupu do budovy)

Neobnovitelná primární energie
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)

Mimořádně úsporná **A**

← XXX

Velmi úsporná **B**

← XXX

Úsporná **C**

← XXX

Méně úsporná **D**

← XXX

Nehospodárná **E**

← XXX

Velmi nehospodárná **F**

← XXX

Mimořádně nehospodárná **G**

Dop. A

XXX B

C

D

E

F

G



← XXX

← XXX

← XXX

← XXX

← XXX

← XXX

Dop.

XXX

Hodnoty pro celou budovu
MWh/rok

XX,X

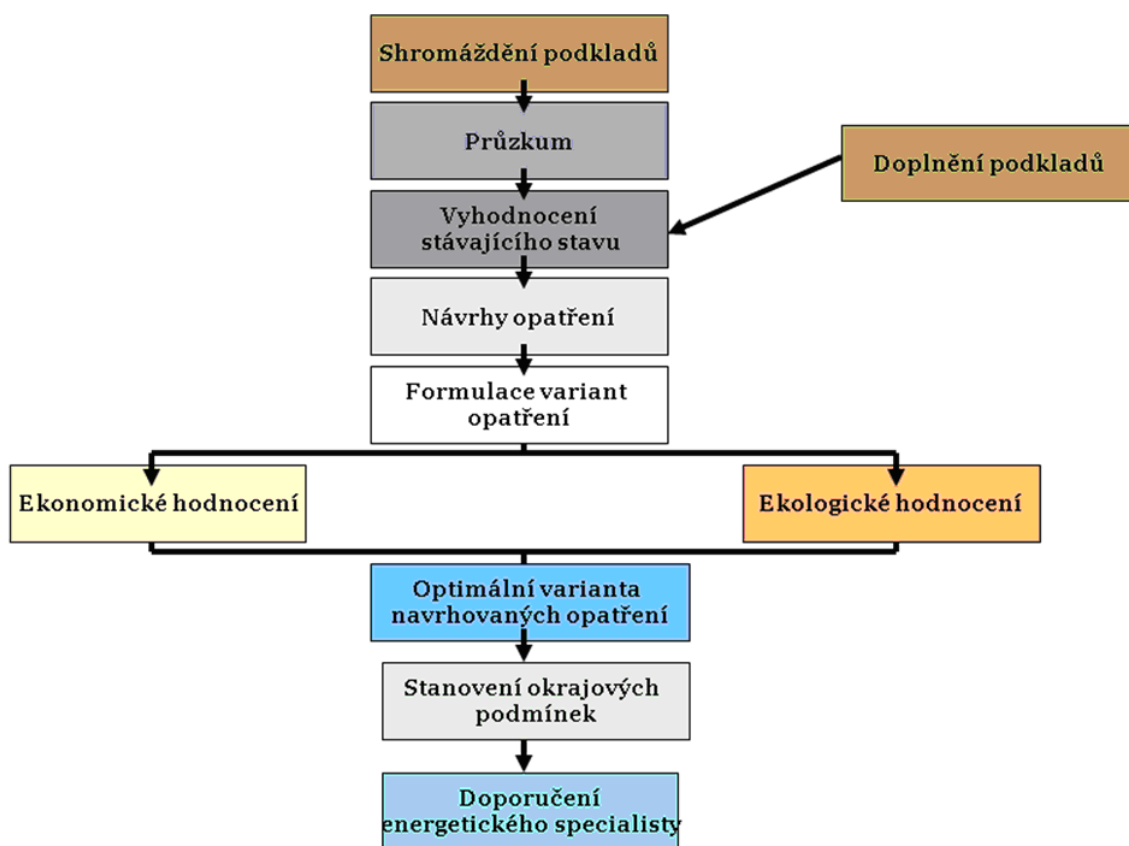
XX,X

Obr. 15: Průkaz energetické náročnosti budovy [27]

2.5.5 Energetický audit

Energetický audit je písemná zpráva, která obsahuje informace o stávající nebo předpokládané úrovni energie využívané v budovách, energetickém hospodářství, průmyslovém postupu, nebo energetických službách. Obsahuje popis a stanovení technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů, které umožní zvýšení úspor energie nebo energetické účinnosti, včetně doporučení k jeho realizaci. [28]

Povinnost zpracování energetického auditu je stanovena ve vyhlášce č. 480/2012 Sb. [28]



Obr. 16: Metodický postup energetického auditu [28]

Rozsah energetického auditu:

1) Hodnota celkové spotřeby energie, pro které vzniká fyzickým a právnickým osobám povinnost zpracovávat energetický audit pro své budovy nebo energetická hospodářství, se stanoví ve výši 35 000 GJ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené osoby. Toto se týká pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok. [28]

2) Hodnota celkové spotřeby energie, pro které vzniká organizačním složkám státu, krajů, obcí a příspěvkovým organizacím povinnost zpracovávat energetický audit pro své budovy nebo energetická hospodářství, se stanoví ve výši 1 500 GJ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství uvedené osoby. Toto se týká pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok. [28]

3) Celková roční spotřeba energie v případě pevných, kapalných a plyných paliv je určena výhřevností, které udává jejich dodavatel. [28]

Obsah energetického auditu:

- 1) titulní list,
- 2) identifikační údaje,
- 3) popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- 4) vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu,
- 5) návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie,
- 6) varianty z návrhu jednotlivých opatření,
- 7) výběr optimální varianty,
- 8) doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit,
- 9) evidenční list energetického auditu,
- 10) kopie dokladu o vydání oprávnění. [28]

2.5.6 Energetický posudek

Energetický posudek je písemná zpráva, která posuzuje plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů. Tyto parametry určuje zadavatel energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení. [29]

Povinné typy energetických posudků:

1) Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních dodávek energie při výstavbě nových budov, nebo při změně dokončené budovy jejíž instalovaný výkon zdroje energie je vyšší než 200 kW. Energetický posudek je součástí průkazu. [29]

2) Posouzení proveditelnosti zavedení výroby elektřiny s celkovým tepelným výkonem vyšším než 5 MW u energetického hospodářství, v případě že je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro vybudování nového zdroje energie, nebo pro změnu dokončených staveb již vybudovaných zdrojů energie. [29]

3) Posouzení proveditelnosti zavedení dodávky tepla s celkovým elektrickým výkonem vyšším než 10 MW u energetického hospodářství, v případě že je předložena dokumentace stavby podle zvláštního právního předpisu pro vybudování nového zdroje energie, nebo pro změnu dokončených staveb již vybudovaných zdrojů energie. U energetického hospodářství kde se používají plynové turbíny, je tato povinnost pouze v případě celkového elektrického výkonu přesahující 2 MW. U spalovacích motorů je tato povinnost pouze v případě celkového elektrického výkonu přesahující 0,8 MW. [29]

4) Posouzení proveditelnosti projektů které se týkají snižování energetické náročnosti budov, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění, zvyšování účinnosti energie, a využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů výroby elektřiny a tepla. Tyto programy jsou financovány ze státních nebo evropských finančních prostředků, popř. z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů. [29]

5) Vyhodnocení plnění parametrů realizovaných projektů v rámci programů podle bodu 4). [29]

Nepovinné typy energetických posudků:

1) Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních dodávek energie při výstavbě nových budov, nebo při změně dokončené budovy jejíž instalovaný výkon zdroje energie je nižším než 200 kW. V případě zpracování energetického posudku, je součástí průkazu. [29]

2) Doporučená opatření při změně dokončené budovy s cílem snížení energetické náročnosti budovy. V případě zpracování energetického posudku, je součástí průkazu. [29]

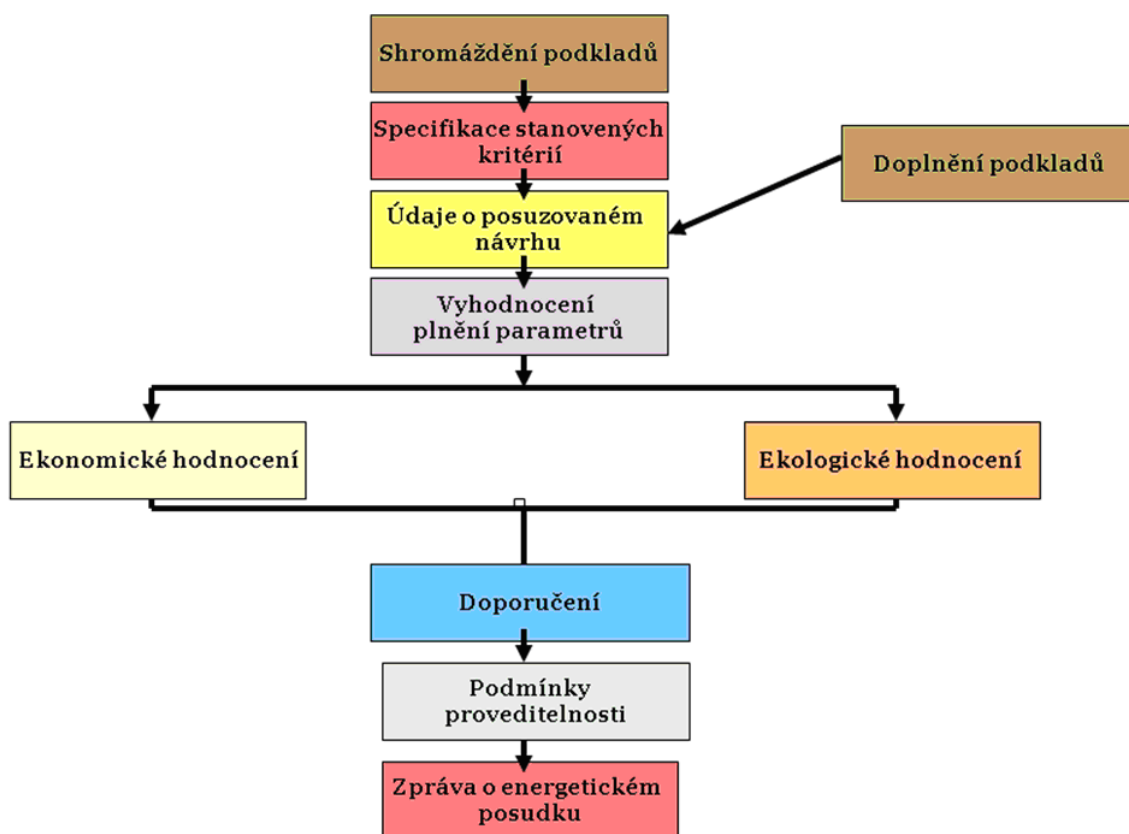
3) Podklad pro veřejné zakázky v oblasti zvyšování účinnosti energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění, a využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů výroby elektřiny a tepla. [29]

4) Vyhodnocení provedených opatření v energetickém auditu. [29]

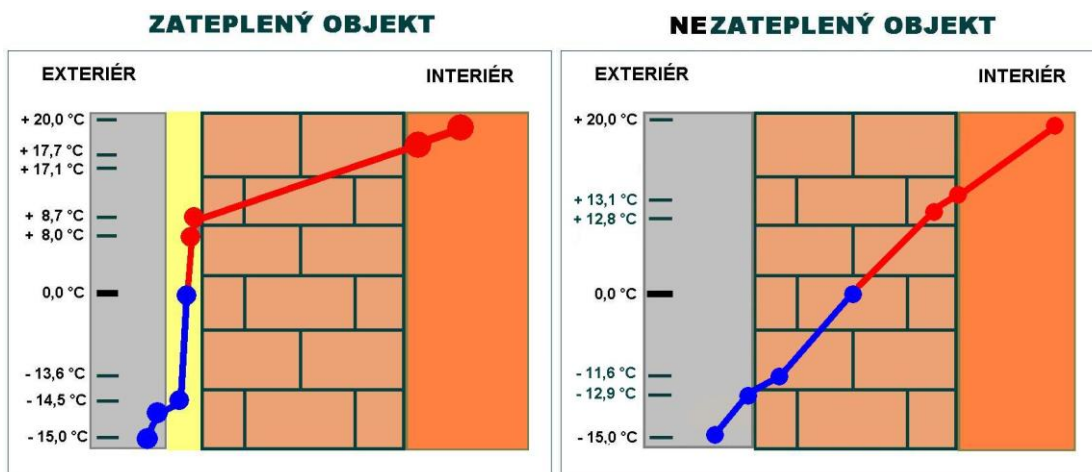
5) Posouzení dosažených limitů v případě jiných pravidlech pro vytápění, chlazení a dodávku teplé vody. [29]

Obsah energetického posudku:

- 1) titulní list,
- 2) účel zpracování,
- 3) identifikační údaje,
- 4) stanovisko energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický posudek,
- 5) evidenční list energetického posudku,
- 6) kopie dokladu o vydání oprávnění. [29]



Obr. 17: Metodický postup energetického posudku [29]



Obr. 19: Průběh teplot v zateplené a nezateplené stěně [31]

Vnitřní zateplení

U této varianty zateplení je teplota na povrchu pláště posunuta až do vnitřní tepelné izolace, a obvodová konstrukce je vystavena vysokému výkyvu teplot, která je doprovázena přehříváním a promrzáním obvodových konstrukcí. Problém je také s akumulací tepla při vytápění. Běžně používané izolace akumulují minimum tepelné energie, a dojde tedy k rychlému vyhřátí místnosti. Avšak v případě přerušení vytápění, dochází k rychlému ochlazení. Tento typ objektů je tedy nutné vytápět nepřetržitě. [30]

Vnitřní izolace lze provádět pouze u suchých staveb, kde relativní vlhkost nepřekročí 40 % při běžné teplotě 20 °C. Dochází zde také k velkým tepelným mostům v místech napojení stropů a příček na obvodovou stěnu, a v místě provedení věnců a překladů. Výsledkem těchto tepelných mostů je ztráta vlastností použité izolace. [30]

2.6.2 Zateplení střešní konstrukce

Zateplení šikmé střechy

Zateplení u tohoto typu střechy nejenom že slouží k ochraně proti úniku tepla, ale umožňuje také využití podkrovního prostoru k bydlení. Využívá se zateplení mezi krokvemi, pod krokvemi, a nad krokvemi. Mezi krokve se používají především skelné izolace. U podkroevního a nadkroevního systému se používají čedičové izolace z důvodu jejich větší pevnosti. Nadkroevní systém přináší spoustu výhod. Nedochází zde k tepelným mostům, izolace není přerušena např. krokvemi, tloušťka izolace není ničím limitována, nedochází ke zmenšení obyvatelného prostoru, a je možné ho kombinovat s mezikroevním a podkroevním systémem. [32]

SPECIFIKACE SKLADBY	
VRSTVA	TL. (mm)
① hydroizolační skládaná střešní krytina	
② nosná konstrukce krytiny DEKWOOD lať 60×40 mm	40
③ distanční pro větrání DEKWOOD kontralať 60×40 mm	40
④ doplňková hydroizolační vrstva TOPDEK COVER PRO	1,8
⑤ tepelnéizolační TOPDEK 022 PIR	160
⑥ parotěsnicí, vzduchotěsnicí TOPDEK AL BARRIER	2,2
⑦ podkladní OSB EUROSTRAND 3 2500x675 N-4PD	18
⑧ nosná, spádová DEKWOOD krokve	160
⑨ nosná systémový závěs + profily R-CD	
⑩ montážní profily R-CD + profily R-UD	
⑪ opláštění, protipožární sádkartonová deska RB (A) + DEKFINISH Spárovací tmel	12,5
⑫ opláštění, protipožární sádkartonová deska RB (A) + samolepicí tkaninová bandáž + DEKFINISH Spárovací tmel	12,5
⑬ stěrkovácí DEKFINISH Finální tmel	-
⑭ penetrační DEKPRIMER NANO	-
⑮ povrchová úprava DEKFINISH Bílá malba speciál	-

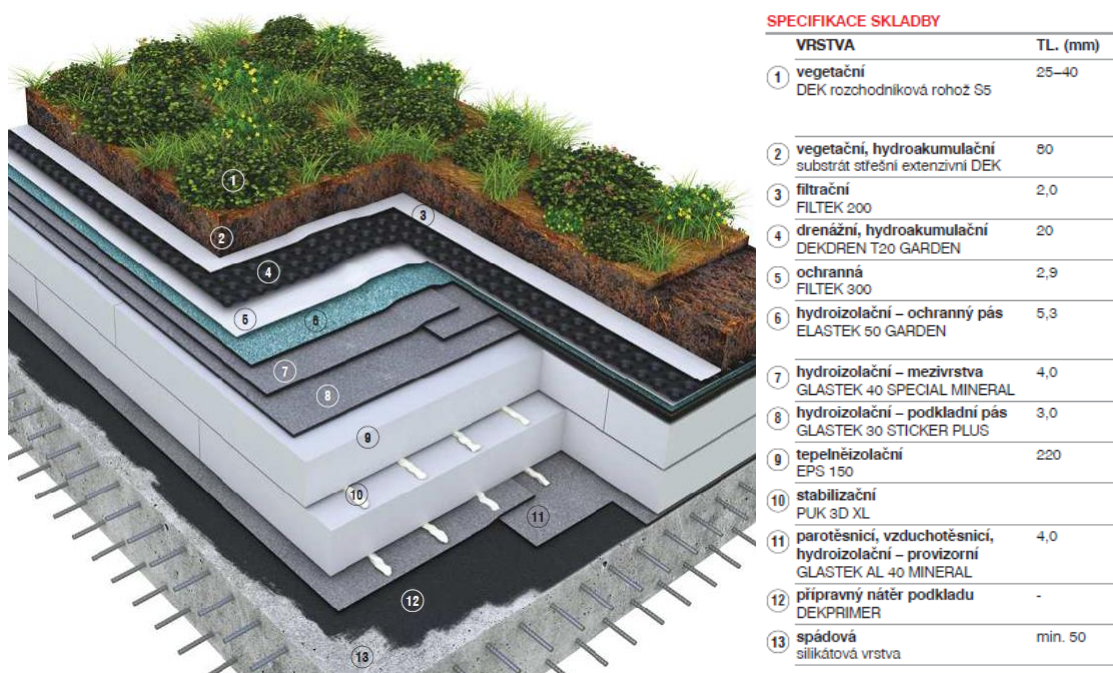
Obr. 20: Dvouplášťová střecha se skládanou krytinou a podhledem [33]

Zateplení ploché střechy

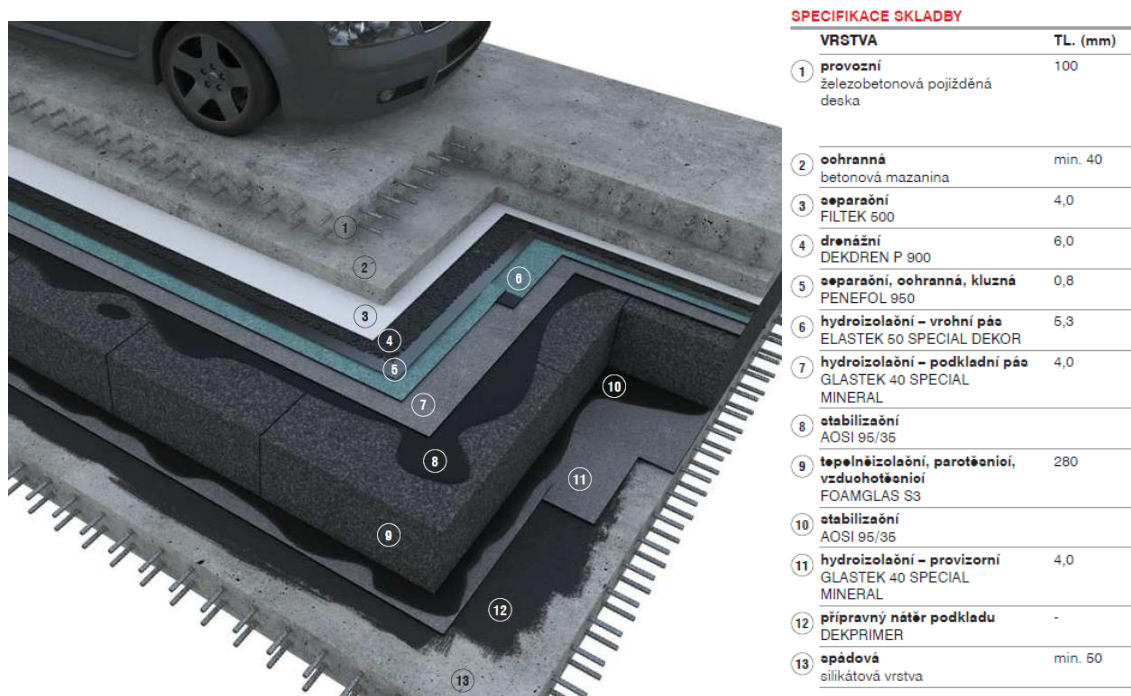
Existují dva typy plochých střech, pochozí a nepochozí. Pochozí typ nabízí široké možnosti využití, např. vytvoření terasy, nebo střešní zahrady. Lze také střešní prostor využít na parkování vozidel, nebo místo pro přistávání helikoptéry. U těchto typů střech se volí inverzní skladba, tedy že tepelná izolace je nad hydroizolační vrstvou. Jako vhodný materiál se používá extrudovaný polystyren XPS. [32]

Nepochozí ploché střechy musí splnit celou řadu požadavků. Nesmí docházet k průniku vody do chráněného prostoru a šíření plamene po jejím povrchu. Dále musí vydržet zátěž mokrého sněhu a samozřejmě účinně bránit úniku tepla z objektu. [32]

V poslední době dochází k rozmachu zelených střech, které působí jako aktivní tepelná izolace především v létě. Vegetační souvrství pohlcuje tepelnou energii, zabraňuje působení nebezpečného UV záření, chrání před mechanickým poškozením a povětrnostními vlivy. Vegetační střecha se svými retenčními schopnostmi snižuje nápor na kanalizační síť, kde část zachycené vody se odpaří zpět do atmosféry, a tím napomáhá udržet přirozený koloběh života. Střešní zahrada šetří plochu velmi drahých cen pozemků, a zároveň se jedná o moderní architektonický prvek v městské zástavbě. [34]



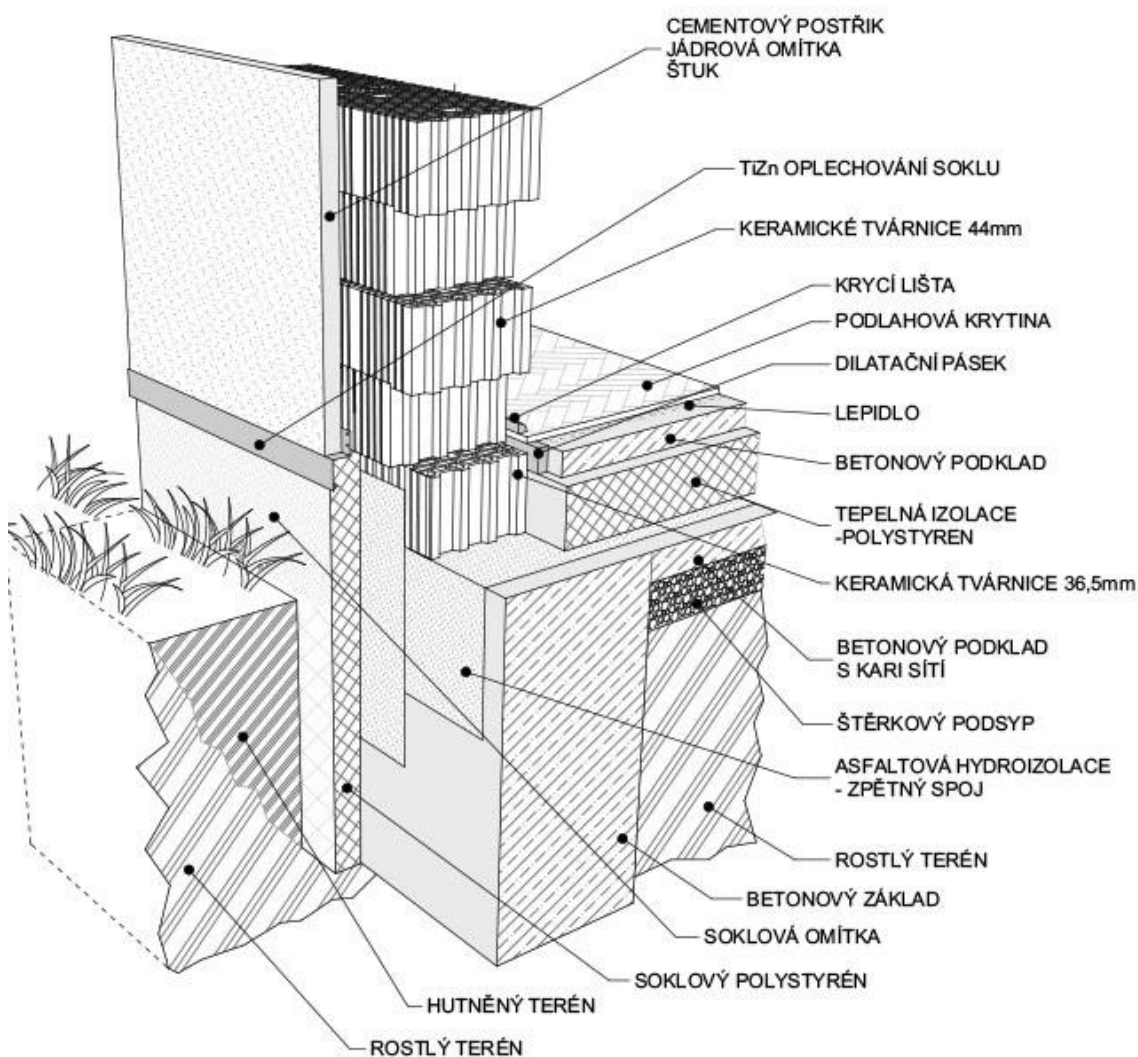
Obr. 21: Jednoplášťová vegetační střecha s povlakovou hydroizolací [35]



Obr. 22: Jednoplášťová pojižděná střecha s povlakovou hydroizolací [36]

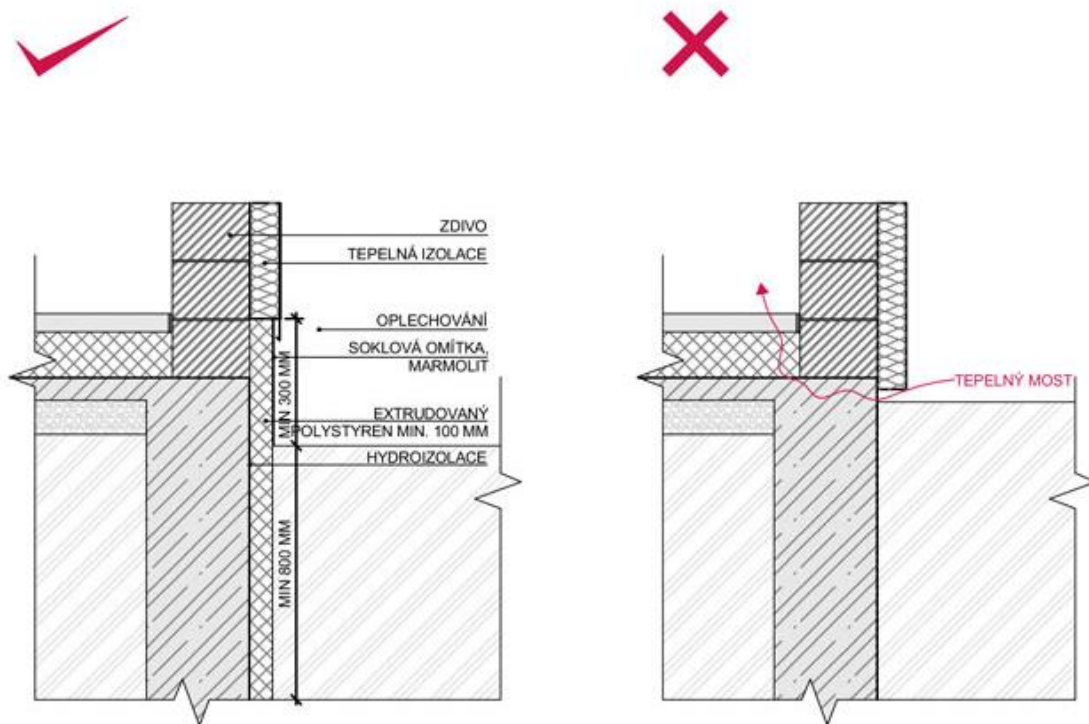
2.6.3 Zateplení soklu

Oblast soklu je nejvíce namáhanou částí zateplovacího systému. Odstřikující voda a neodklizený sníh způsobují zvýšenou vlhkost která může fasádu dlouhodobě namáhat a ohrozit její funkčnost. Řešením je použití systémové skladby ETICS, která zamezí průsaku vlhkosti. Je zde využíván extrudovaný polystyren se strukturovaným povrchem, který je určen pro izolaci soklu a suteréních stěn. Má výborné tepelněizolační vlastnosti, malou nasákavost a neměnné vlastnosti i ve vlhkém prostředí. [37]



Obr. 23: Komponenty zatepleného soklu [38]

Sokl je místo obvodové stěny, kde na sebe navazuje zateplení nadzemní stěny a zateplení suterénu, popř. zateplení nadzemní stěny v návaznosti na základ. Stěnu je nutné opatřit tepelnou izolací do nezámrzné hloubky cca 80 cm pod úroveň zeminy, aby nedošlo k promrzání základů a tvorby plísní. V případě správného provedení odolává mechanickému poškození i vodě. [39]



Obr. 24: Oblast soklu s tepelnou izolací a bez izolace [38]

2.6.4 Zateplení podlahy

Správné provedení izolace podlahy je nutné už v projektové fázi, z důvodu limitování hladiny a navazujícími dveřmi. V případě špatného provedení je následná náprava velmi složitá, oproti opravení izolace stěny. [40]

V případě starších domů je obvykle problém s nezateplenou podlahou, kudy uniká teplo do základů a studených suteréních prostor. Nejprve je však nutné zjistit, zda je zateplení vůbec možné z důvodu zvýšení úrovně podlahy. Dále je nutný správný výběr tepelně izolačního materiálu, který zajistí dostatečné izolační vlastnosti. Pokud budeme instalovat podlahové topení, je min. tloušťka izolace 16 cm. U zateplování podlah s nepodsklepeným prostorem je nutné zvážit výměnu celé podlahy, a provedení sanačních opatření, která má za cíl odstranit vlhkost. [41]

2.7 Ekonomické metody hodnocení investice

2.7.1 Doba návratnosti

Doba za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice zajistí. [42]

Statická metoda

Statické metody nerespektují faktor času. Používají se pouze v případech, kdy faktor času nemá podstatný vliv na rozhodování u investic, a jedná se o krátkou životnost investice 1–2 roky. [42]

$$avgPB = \frac{|IN|}{\sum_{j=1}^n FV_j / n}$$

kde	IN	Investiční náklady [Kč]
	FV	Očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech [Kč]
	n	Doba životnosti investice [-]
	j	Jednotlivé roky životnosti [-]

Dynamická metoda

Dynamické metody zohledňují časovou hodnotu peněz. Fungují na principu vydělení investičních nákladů od průměrnému ročnímu příjmu. [42]

$$avgPB = \frac{|IN|}{\sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} / n}$$

kde	IN	Investiční náklady [Kč]
	FV	Očekávaný příjem z investice v jednotlivých letech [Kč]
	n	Doba životnosti investice [-]
	j	Jednotlivé roky životnosti [-]
	i	Diskontní sazba [-]

Skutečná doba návratnosti

Není možné zde využít rozdělení investičních nákladů na počátku, a budoucích pravidelných peněžních příjmů, respektuje jejich veškeré změny a výkyvy. Lze ji počítat staticky i dynamicky, statická metoda se však nedoporučuje. [42]

2.7.2 Čistá současná hodnota

Představuje rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investičního projektu a investičními náklady. [42]

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} - IN = \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \frac{FV_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n} - IN$$

kde	FV	Očekávané peněžní příjmy v jednotlivých letech [Kč]
	IN	Investiční náklady [Kč]
	n	Doba životnosti investice [-]
	j	Jednotlivé roky životnosti investice [-]
	i	Diskontní sazba [-]

Pokud se výdaj neuskuteční jednorázově, v tom případě se jedná o rozdíl mezi diskontovanými čistými peněžními příjmy z investičního projektu a diskontovanými investičními náklady. [42]

$$NPV = \sum_{j=0}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} = FV_0 + \frac{FV_1}{1+i} + \frac{FV_2}{(1+i)^2} + \frac{FV_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FV_n}{(1+i)^n}$$

kde	FV	Očekávané peněžní příjmy v jednotlivých letech [Kč]
	n	Doba životnosti investice [-]
	j	Jednotlivé roky životnosti investice [-]
	i	Diskontní sazba [-]

Interpretace možných výsledků NPV:

- NPV > 1 diskontované peněžní příjmy převyšují investiční náklady, projekt
je pro podnik přijatelný, zaručuje požadovanou míru výnosu
- NPV = 1 investiční projekt je indiferentní
- NPV < 1 projekt je nepřijatelný, nezajišťuje požadovanou míru výnosu. [42]

2.7.3 Index ziskovosti

Index ziskovosti úzce souvisí s čistou současnou hodnotou. Je to relativní ukazatel vyjadřující poměr očekávaných diskontovaných peněžních příjmů k počátečním kapitálovým výdajům. Díky tomuto ukazateli lze seřadit projekty dle kritéria čisté současné hodnoty, bez jejich skutečného použití. [42]

$$PI = \sum_{j=1}^n \frac{FV_j}{(1+i)^j} / IN$$

kde	FV	Očekávané peněžní příjmy v jednotlivých letech [Kč]
	IN	Investiční náklady [Kč]
	n	Doba životnosti investice [-]
	j	Jednotlivé roky životnosti investice [-]
	i	Diskontní sazba [-]

Interpretace možných výsledků PI:

- PI > 1 diskontované peněžní příjmy převyšují investiční náklady, projekt
je pro podnik přijatelný, zaručuje požadovanou míru výnosu
- PI = 1 investiční projekt je indiferentní
- PI < 1 projekt je nepřijatelný, nezajišťuje požadovanou míru výnosu. [42]

2.8 Rozpočet stavby

Stavební rozpočet je skladebně sestavená cena stavebního objektu. [43]

2.8.1 Druhy rozpočtů

Propočet

Prvotní informace o ceně investičního záměru. Používá se u studií, návrhu stavby, nebo dokumentace pro územní rozhodnutí. [43]

Předběžný rozpočet stavby

Jedná se o mezistupeň mezi propočtem a položkovým rozpočtem. Zpracovává se pro dokumentace pro stavební povolení nebo ohlášení stavby. [43]

Položkový rozpočet stavby

Je podrobný a musí zahrnovat veškeré práce a materiály stavby. Jde o důležitý prvek při porovnávání nabídkových cen, a na jeho základě je stavba finančně řízena. Zpracovává se dle propracované projektové dokumentace. [43]

Kontrolní rozpočet

Provádí se při ověření, zda použité položky a ceny jsou oceněny v příslušné cenové úrovni. [43]

Nabídkový rozpočet

Využívá se především ve výběrových řízeních na dodavatele a subdodavatele stavby. Jsou zpracovány uchazečem o zakázku, a jejich podkladem jsou slepé rozpočty. [43]

Slepý rozpočet

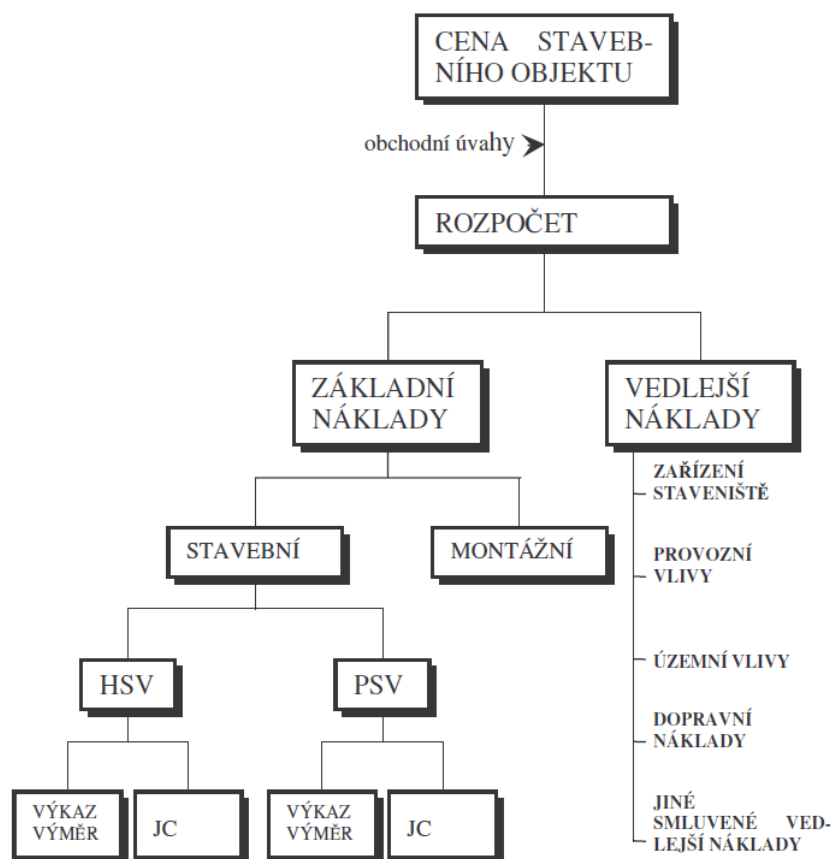
Obsahuje stejné údaje jako rozpočet položkový, ale bez uvedených cen. Ty jsou následně doplněny uchazeči ve výběrovém řízení, z nichž na základě podmínek je vybrán vítěz. [43]

Rozpočet skutečného provedení stavby

Podkladem je soupis provedených prací a dodávek, popř. výrobní faktury, a zachycuje skutečné náklady na provedení stavby po jejím dokončení. [43]

Souhrnný rozpočet stavby

Jedná se o souhrn všech nákladů na realizovanou zakázku. Náklady v rozpočtu jsou přehledně roztrženy podle kapitol. Provádí se u dokumentace pro stavební povolení a dokumentace pro územní řízení. [43]



Obr. 25: Rozpočet stavebního objektu [44]

2.8.2 Sestavení souhrnného rozpočtu

Nejprve dle výkresové dokumentace rozdělíme stavební objekt na jednotlivé prvky. Následně sestavíme výkaz výměr, což je nejdůležitější podklad pro stanovení ceny objektu. Odečítá se z výkresové dokumentace v předepsaných měrných jednotkách, a umožňuje kvantifikaci potřeb a nákladů. Poté přiřadíme jednotkové ceny, vypočítáme, a sestavíme rozpočet stavebního objektu. [43]

Přesnost výpočtu je dána dokumentací stavby. Při výpočtu začínáme od nákladů na stavební hmoty, do kterých patří základní rozpočtové náklady a provozní soubory, které tvoří největší skupinu cen. Od nich se odvíjejí vedlejší náklady, projektové a průzkumné práce, kompletační činnost a rezervy. Odvozené náklady jsou většinou určeny procentuální sazbou. [43]

3 FORMULACE PROBLÉMU A STANOVENÍ CÍLŮ ŘEŠENÍ

Rodinný dům s kavárnou, nacházející se v obci Vrdy, má konstrukce navržené na součinitel prostupu tepla odpovídající doporučeným hodnotám pro pasivní budovy. Pro splnění těchto hodnot byl na obvodových stěnách navržen kontaktní zateplovací systém ETICS. Zateplení bylo provedeno v několika variantách, při kterých byla použita minimální tloušťka zateplovacího materiálu, pro splnění doporučených hodnot pro pasivní budovy.

Cílem diplomové práce je navrhnout nejvhodnější variantu zateplení obvodové stěny, která zaručí snížení nákladů na provoz, bude cenově nejvýhodnější z hlediska provedení zateplení, a také bude poskytovat co nejrychlejší finanční návratnost investice.

4 POUŽITÉ METODY A JEJICH ZDŮVODNĚNÍ

Pro rodinný dům s kavárnou byly navrženy tři varianty zateplení obvodových stěn, ve dvou případech se jednalo o fasádní polystyren a v jednom případě o minerální vlnu. U všech tří variant zateplení byla použita taková tloušťka tepelné izolace, že součinitel prostupu tepla dané konstrukce odpovídal doporučeným hodnotám pro pasivní budovy.

Součinitel prostupu tepla společně s kondenzací vodní páry v konstrukci, což je důležitý požadavek zajišťující správnou tepelně technickou funkci konstrukce, byl vypočítán prostřednictvím programu DEKSOFT – Tepelná technika 1D. Tento program zohledňuje interiérové a exteriérové okrajové podmínky, které stanovují teplotu a relativní vlhkost ve vnitřním a venkovním prostředí.

Náklady na provoz budovy byly stanoveny prostřednictvím průkazu energetické náročnosti budovy (PENB). Dále zde byl vyhotoven energetický štítek obálky budovy a protokol měrné potřeby tepla na vytápění. Výpočet byl proveden v programu DEKSOFT – Energetika, který zohledňuje solární zisky, vnitřní zisky od umělého osvětlení, elektrických zařízovacích předmětů a osob v budově.

Náklady na provedení zateplení fasády byly spočítány pomocí položkového rozpočtu v programu Buildpower S. Tento postup byl vybrán z důvodu využití aktuálních cenových úrovní, které společně s výkazem výměr jednotlivých konstrukčních částí poskytují velmi přesný cenový údaj o provedení zateplení.

Na závěr je nutné provést výpočet doby návratnosti investice, která určí zda provedení investičního záměru v podobě zateplení objektu je z dlouhodobého pohledu výhodné. Využívá se zde několik metod výpočtu. Při výpočtu prosté doby návratnosti se vychází z roční finanční úspory na vytápění a ohřevu teplé vody pro jednotlivé varianty zateplení s tím, že se počítá s konstatní finanční částkou. U výpočtu reálné doby návratnosti se vychází z roční úspory zemního plynu s tím, že u jeho ceny se započítává cenový přírůstek. V obou případech jde o zjištění časového období, za které se vložené investice vrátí. Čistá současná hodnota byla stanovena se započítaným cenovým přírůstkem zemního plynu a diskontování cen mírou kapitalizace. Posuzujeme, zda čistá současná hodnota za dobu 50 let vyjde jako kladná, v tom případě se jedná o efektivní investici.

5 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

5.1 Popis Stavby

5.1.1 Popis území stavby

Charakteristika území a stavebního pozemku

Stavba rodinného domu se nachází v obci Vrdy v okrese Kutná Hora, na parcele č. 147/19 k.ú. Vrdy [786233]. Lokalita je zastavěna převážně rodinnými domy. Na severním konci pozemku se nachází místní komunikace, ulice Sluneční. Pozemek dále sousedí s jednou zastavěnou parcelou, která je v soukromém vlastnictví a jednou nezastavěnou parcelou, která je ve vlastnictví obce. Jsou zde vytvořeny nové přípojky ke stávajícím inženýrským sítím. [44]

Územně plánovací dokumentace a provedení průzkumů

Rodinný dům je navržen v souladu s platným územním plánem obce Vrdy. Při výstavbě zde nebyl proveden geologický ani hydrogeologický průzkum, vycházelo se z obvyklých poměrů v dané lokalitě a prohlídky místa. [44]

Ochrana území podle právních předpisů

Předmětné území nezasahuje do památkové rezervace ani do památkové zóny dle zákona č. 20/1987 Sb. o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů. V předmětné lokalitě se nevyskytuje žádné chráněné ložiskové území. V registru České geologické služby není na ploše posuzovaného území evidováno žádné výhradní ložisko. V řešené lokalitě se nevyskytuje žádný dobývací prostor. Zájmové území nespadá do území národního parku ani žádné chráněné krajinné oblasti. Do zájmové lokality nezasahují žádná maloplošná zvláště chráněná území. Zájmová lokalita nezahrnuje žádný prvek chráněný ze zákona č. 114/1992 Sb. V řešeném území se nevyskytuje žádný památný strom chráněný podle § 46 zákona č. 114/1992 Sb., ve znění novel, o ochraně přírody a krajiny. V těsném sousedství záměru neprotéká žádný vodní tok, který by byl řazen mezi významné vodní toky. Vlastní území výstavby je suché, neprotéká jím žádný trvalý ani občasný povrchový tok. Stavba se nenachází v záplavovém ani poddolovaném území. Stávající ochranná pásma ani bezpečnostní pásma nejsou dotčena. [44]

5.1.2 Celkový popis stavby

Účel užívání stavby

Rodinný dům s kavárnou je stavba pro rodinné bydlení a hostinské činnosti. Rodinný dům je kapacitně navržen pro 5 osob a jeho celková užitná plocha činí 390,29 m². Kavárna je kapacitně navržena na 20 hostů a 1 obsluhu, jeho celková užitná plocha činí 83,71 m². [44]

Urbanistické řešení

Stavba je navržena tak, aby zapadala do okolní zástavby převážně rodinnými domy, a respektuje stávající urbanistické rozmístění. Splňuje prostorové nároky pro bydlení pětičlenné rodiny. [44]

Architektonické řešení

Stavba je zděná, a tvarově rozdělena na dvě části – rodinný dům a kavárnu. Obě části mají plochou střechu, každá v jiné výškové úrovni. V prvním nadzemním podlaží rodinného domu se nachází garáž a obývací pokoj s kuchyňským koutem a jídelnou. Druhé nadzemní podlaží rodinného domu slouží především jako klidová zóna s obytnými pokoji. Na jihozápadní straně se nachází terasa pro členy domácnosti, na západní straně zahrádka kavárny. Dispoziční řešení budovy, rozměry místností a chodeb odpovídají požadavkům a standardům pro bydlení. [44]

Bezbariérové užívání stavby

Požadavky na bezbariérovost stavby jsou v případě kavárny splněny, u rodinného domu nejsou požadovány. [44]

5.1.3 Konstruktivní a stavebně technické řešení stavby

Zemní práce

Před výkopem stavební jámy pro vytvoření základových konstrukcí byla sejmuta ornice do hloubky 0,4 m. [44]

Základové konstrukce

Základové konstrukce jsou provedeny z prostého betonu C20/25. Na nich je provedena betonová mazanina, taktéž z prostého betonu C20/25 proložená kari sítí. Betonová mazanina se nachází ve dvou výškových úrovních, tloušťka obou desek je 150 mm. [44]

Svislé konstrukce

Obvodové konstrukce jsou z keramických tvárnic Porotherm 30, tl. 300 mm na tepelněizolační maltu, spolu s pěnovým polystyrenem Styro EPS 100 F, tl. 150 mm. Vnitřní nosné stěny jsou z keramických tvárnic Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu. Příčky jsou zděné z cihel Porotherm 11,5 AKU, tl. 115 mm, na maltu M 10. Na vnitřním povrchu je provedena jednovrstvá omítka Cemix 083, tl. 15 mm. U vnějšího povrchu je provedena jednovrstvá omítka Cemix bílá, tl. 3 mm. Na veškerých toaletách a v koupelně bude proveden obklad z keramických dlaždic. [44]

Vodorovné konstrukce a střecha

Stropní konstrukce tvoří systém Porotherm složený z nosníků a vložek Miako, na který je provedena zálivka betonem ve výšce 60 mm, celková tloušťka stropu bude 250 mm. Plochá střecha nad posledním podlažím se skládá z modifikovaných asfaltových pásů, a pěnového polystyrenu Styro EPS 150S, $\lambda = 0,036 \text{ W/m.K}$. [44]

Schodiště a rampy

Schodiště je železobetonové s náslapnou vrstvou z keramické dlažby. [44]

Úpravy povrchů vnitřních

Na vnitřních površích je provedena jednovrstvá omítka Cemix 083, tl. 15 mm. [44]

Úpravy povrchů vnějších

Na vnějších površích je provedena minerální omítka Cemix bílá, tl. 3 mm. [44]

Podlahy

Podlahy v objektu jsou z keramických dlaždic, nebo dřevěných vlisů. [44]

Výplně otvorů

Okna i vchodové dveře mají plastový rám a izolační trojsklo. Interiérové dveře jsou opatřeny dřevěným dekorem. [44]

Izolace proti vodě

Celá spodní stavba je odizolována asfaltovým pásem Elastobit GG40. [44]

Izolace tepelné a zvukové

Stěny objektu jsou zatepleny certifikovaným zateplovacím systémem ETICS, Styro EPS 100 F, $\lambda = 0,037 \text{ W/(m.K)}$, tl. 150 mm. Kročejová izolace je řešena minerální plstí Isover T-P, tl. 25 mm ($R_w = 55 \text{ dB}$). [44]

Klempířské konstrukce

V místě ukončení atiky a v okolí prostupu komína střechou je provedeno oplechování z pozinkovaného plechu. [44]

Zámečnické konstrukce

Zábradlí je provedeno v prostoru schodiště rodinného domu. Venkovní parapety jsou provedeny z poplastovaného plechu. [44]

Truhlářské konstrukce

Vnitřní parapety jsou provedeny z dřevotřískové desky a impregnovány proti vlhnutí, s horní krycí vrstvou laminát 0,6 mm CPL/HPL. [44]

Malby a nátěry

Veškeré vnitřní konstrukce jsou opatřeny malbou. [44]

5.1.4 Celkové vodohospodářské řešení

Odvodnění splaškových vod

Odvodnění splaškových vod zajišťuje kanalizační přípojka DN 200, obsahující revizní šachtu na pozemku stavby. Svodné potrubí je vedeno pod podlahou 1NP před objekt, kde zaústí do revizní šachty kanalizační přípojky. Tato přípojka s revizní šachtou byla vybudována společně se stavbou. [44]

Zachycení dešťových vod

Zachycení dešťových vod zajišťuje vodovodní potrubí DN 150, které ústí do retenční nádrže s objemem 1 000 l, nacházející se na pozemku stavby. Vodovodní potrubí s retenční nádrží bylo vybudováno společně se stavbou. [44]

5.1.5 Připojení na technickou infrastrukturu

Napojovací místa technické infrastruktury

Dopravní napojení objektu je řešeno ze stávající komunikace Sluneční, prostřednictvím zpevněné plochy z betonové dlažby. Jsou zde zřízeny přípojky na stávající inženýrské sítě nacházející se v ulici Sluneční (voda, plyn, el. energie, kanalizace). Vytápění budovy probíhá prostřednictvím kondenzačního kotle. [44]

Připojovací rozměry, výkonové kapacity a délky

Připojení elektroinstalace – v objektu je nainstalováno napětí 230 V a 400 V. [44]

5.2 Navržené skladby zateplení

5.2.1 Zateplení obvodové stěny

Varianta bez zateplení

Varianta bez zateplení byla navržena z důvodu ověření tepelně izolačních vlastností konstrukce, bez použití tepelné izolace. Následně bude tato skladba využita jako základ k výpočtu úspory za vytápění a ohřev vody.

Tab. 5: Skladba obvodové stěny – Varianta bez zateplení [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Cemix minerální omítka bílá	15
2	Penetrace Cemix Akrylát – silikon color	-
3	Cihelný blok Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu	300
4	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
5	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

Varianta 1 – Pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F

První varianta používá k zateplení pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F tl. 160 mm. Výhodou je, že má tvrdší desky a lepší součinitel tepelné vodivosti, díky tomu je vhodný pro zateplení namáhaných a frekventovaných míst. Používá se pro zateplení rodinných, nebo bytových domů.

Tab. 6: Zateplení obvodové stěny – Varianta 1 [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Cemix minerální omítka bílá	3
2	Penetrace Cemix Akrylát – silikon color	-
3	Sklovláknitá síť, vtlačena do lepící hmoty Cemix Basic	-
4	Lepící hmota Cemix Basic	5
5	Pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F, $\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	160
6	Lepící hmota Cemix Basic	10
7	Cihelný blok Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu	300
8	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
9	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

Varianta 2 – Pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70

Druhá varianta používá k zateplení pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70 tl. 130 mm. Tento tepelný izolant má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti, ale také velkou teplotní roztažnost. Jedná se o šedý fasádní polystyren obsahující příměs grafitu, díky čemuž jsou jeho desky masnější, a při lepení je vhodné použít lepidlo s větší přidržitelností.

Tab. 7: Zateplení obvodové stěny – Varianta 2 [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Cemix minerální omítka bílá	3
2	Penetrace Cemix Akrylát – silikon color	-
3	Sklovláknitá síť, vtlačena do lepicí hmoty Cemix Basic	-
4	Lepicí hmota Cemix Basic	5
5	Fasádní polystyren Styrotrade Styrotherm Plus, $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	130
6	Lepicí hmota Cemix Basic	10
7	Cihelný blok Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu	300
8	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
9	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

Varianta 3 – Minerální vlna Isover TF profi

Třetí varianta používá k zateplení Minerální vlnu Isover TF Profi tl. 160 mm. Vyznačuje se vynikajícími akustickými a tepelně izolačními vlastnostmi, a používá se u zateplování novostaveb i rekonstrukcí. Splňuje třídu reakce na oheň A1, tedy velmi dobré protipožární vlastnosti.

Tab. 8: Zateplení obvodové stěny – Varianta 3 [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Cemix minerální omítka bílá	3
2	Penetrace Cemix Akrylát – silikon color	-
3	Sklovláknitá síť, vtlačena do lepicí hmoty Cemix Basic	-
4	Lepicí hmota Cemix Basic	5
5	Minerální vlna Isover TF Profi, $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	160
6	Lepicí hmota Cemix Basic	10
7	Cihelný blok Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu	300
8	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
9	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

5.2.2 Zateplení ploché střechy

Nosnou konstrukcí této ploché střechy je keramický strop Porotherm, skládající se z nosníků POT a vložek Miako. Hydroizolační vrstvu tvoří SBS modifikovaný asfaltový pás a tepelně izolační vlastnosti zajišťuje stabilizovaný polystyren Styrotrade EPS 150S tl. 150 mm, z něhož jsou tvořené i spádové klíny ve sklonu 4 %, tl. 20 až 272 mm.

Tab. 9: Zateplení ploché střechy [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	SBS modifikovaný asfaltový pás tl. 2×4 mm	8
2	Spádové klíny z EPS 150S, spád 4 %, $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	20-272
3	Stabilizovaný polystyren Styrotrade EPS 150S, $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	150
4	SBS modifikovaný asfaltový pás s hliníkovou vložkou	4
5	Asfaltová emulze	-
6	Betonová zálivka, beton C20/25 s kari sítí	60
7	Nosníky POT a vložky Miako 19/50	190
8	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
9	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

5.2.3 Zateplení podlahy

Zateplení podlahy na zemině

Tento typ podlahy se nachází pod nepodsklepenou částí objektu. Jsou zde tepelně izolační PIR desky tl. 120 mm, s velmi nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti.

Tab. 10: Zateplení podlahy na zemině [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Keramická dlažba RAKO + spárovací hmota GF DRY	8
2	Lepící tmel Weber.set flex	6
3	Penetrační nátěr Weber.podklad A	-
4	Betonová mazanina, beton C16/20	60
5	PE separační fólie	0,1
6	Tepelně izolační PIR desky, $\lambda = 0,022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$	120
7	Asfaltový pás Polyelast, $\mu = 30\ 000$	4
8	Penetrační nátěr DenBit	-
9	Podkladní vyztužený beton, beton C16/20, ocel B500B	150
10	Zemina	

Zateplení podlahy nad nevytápěným prostorem

V místech podsklepení objektu je nutné provést podlahu s dostatečně tepelně izolačními vlastnostmi pro kontakt s nevytápěným prostorem. Byla zde použita tepelná izolace Isover TDPT ve dvou vrstvách tl. 30 a 50 mm, s pokládkou prostřídání spar. Tento typ izolace lze použít i z hlediska akustiky do podlah rozdělující dva vytápěné prostory.

Tab. 11: Zateplení podlahy nad nevytápěným prostorem [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Keramická dlažba RAKO + spárovací hmota GF DRY	8
2	Lepicí tmel Weber.set flex	6
3	Penetrační nátěr Weber.podklad A	-
4	Betonová mazanina, beton C16/20	60
5	PE separační fólie	0,1
6	Isover TDPT, desky tl. 30 a 50 mm s prostřídáním spar	80
7	Betonová zálivka, beton C20/25 s kari sítí	60
8	Nosníky POT a vložky Miako 19/50	190
9	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
10	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

5.2.5 Zateplení soklu

U zateplení soklu je nutné použít odlišnou skladbu oproti klasické obvodové stěně, a to z důvodu většího mechanického namáhání a odstříkující vody. K zateplení cihlové stěny byl použit extrudovaný polystyren Fibran v tl. 160 mm, s povrchovou úpravou kamenného obkladu.

Tab. 12: Zateplení soklu [vlastní]

č.	Materiál	d [mm]
1	Kamenný obklad	17
2	Lepicí hmota Cemix Basic	5
3	Extrudovaný polystyren Fibran	160
4	Lepicí hmota Cemix Basic	3
5	Cihelný blok Porotherm 30, tl. 300 mm, na obyčejnou maltu	300
6	Penetrační nátěr Cemix Kontakt K	-
7	Jednovrstvá omítka Cemix 083	15

5.3 Posouzení z hlediska tepelně technických vlastností

5.3.1 Součinitel prostupu tepla

Výpočet součinitele protupu tepla byl proveden v programu DEKSOFT – Tepená technika 1D. Pro stanovení výpočtu v tomto programu je nutné vyplnit identifikační údaje o budově a zpracovateli, následně stanovit interiérové a exteriérové okrajové podmínky, a nakonec navrhnout skladby jednotlivých konstrukcí.

Varianta obvodové stěny bez kontaktního zateplení nesplňuje požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Všechny varianty obvodové konstrukce se zateplením jsou navrženy na součinitel prostupu tepla v nejmenší možné tloušťce tepelné izolace, splňující požadavek pro pasivní domy $U_N = 0,18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Hodnotu pro pasivní domy splňují také ostatní posuzované konstrukce (plochá střecha, podlaha na zemině, podlaha nad nevytápěným prostorem, soklová část, okna a dveře).

Tab. 13: Posouzení součinitele protupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2 [vlastní]

Konstrukce	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]	Doporučené hodnoty $U_{\text{rec},20}$ [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]	Vypočtená Hodnota U [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]	Posouzení
Bez zateplení	0,30	0,25	0,522	Nevyhoví
Varianta 1	0,30	0,25	0,178	Vyhoví
Varianta 2	0,30	0,25	0,177	Vyhoví
Varianta 3	0,30	0,25	0,180	Vyhoví
Plochá střecha	0,24	0,16	0,128	Vyhoví
Podlaha na zemině	0,45	0,30	0,187	Vyhoví
Podlaha nevytápěný	0,60	0,40	0,299	Vyhoví
Podlaha nezateplený	0,85	0,60	0,584	Vyhoví
Stěna suterén	0,75	0,50	0,257	Vyhoví
Vnitřní stěna	0,75	0,50	0,437	Vyhoví
Soklová část	0,30	0,25	0,178	Vyhoví
Okno O1	1,50	1,20	0,692	Vyhoví
Okno O2	1,50	1,20	0,705	Vyhoví
Okno O3	1,50	1,20	0,679	Vyhoví
Okno O4	1,50	1,20	0,698	Vyhoví
Dveře D1	1,70	1,20	0,692	Vyhoví
Dveře D2	1,70	1,20	0,698	Vyhoví

5.3.2 Kondenzace vodní páry v konstrukci

Výpočet kondenzace vodní páry v konstrukci byl proveden v programu DEKSOFT – Tepená technika 1D, společně se stanovením součinitele prostupu tepla.

Všechny posuzované konstrukce, s výjimkou stěnové konstrukce bez zateplení, splňují požadavek na maximální roční množství zkondenzované vodní páry, a zároveň aktivní roční bilanci zkondenzovatelné a vypařitelné vodní páry.

*Tab. 14: Posouzení kondenzace vodní páry v konstrukci
dle normy ČSN 73 0540-2 [vlastní]*

Konstrukce	M_c [kg/m ² ·a]	M_{ev} [kg/m ² ·a]	$M_{c,N}$ [W/m ² ·K]	Posouzení
Bez zateplení	0,538	1,831	0,500	Nevyhoví
Varianta 1	0,038	0,940	0,500	Vyhoví
Varianta 2	0,052	0,949	0,500	Vyhoví
Varianta 3	0,167	1,037	0,500	Vyhoví
Plochá střecha	0,019	0,033	0,375	Vyhoví
Podlaha na zemině	-	-	-	Vyhoví
Podlaha nevytápěný	-	-	-	Vyhoví
Soklová část	0,008	0,923	0,500	Vyhoví

M_c Roční množství zkondenzované vodní páry

M_{ev} Roční množství vypařitelné vodní páry

$M_{c,N}$ Požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry

5.4 Náklady na provoz budovy

Náklady na provoz rodinného domu s kavárnou byly stanoveny v programu DEKSOFT – Energetika, kde byl stanoven průkaz energetické náročnosti budov (PENB) dle 78/2013 Sb. Dále zde byl stanoven energetický štítek obálky budovy a protokol měrné potřeby tepla na vytápění.

Při využití programu DEKSOFT – Energetika, je nutné vyplnit identifikační údaje o stavbě a zpracovateli dokumentu. Dále provedeme rozdělení objektu do jednotlivých zón a uvedeme nezbytné údaje pro vyhodnocení objektu, jako např. podlahovou plochu, obestavěný prostor, objem vzduchu v zóně, nebo zda je zóna strojně chlazená popř. řízeně větraná. Následně zadáme vnější obalové a vnitřní dělicí konstrukce včetně výplní, kde je nutné stanovit jejich plochu, orientaci ke světovým stranám, sklon a zastínění.

Neméně důležitá je přírážka na tepelné vazby, která stanovuje kvalitu tepelně izolační obálky zóny. U potřeby teplé vody definujeme typ provozu, potřebu teplé vody na měrnou jednotku a jejich počet, počet provozních dní, a vstupní a výstupní teplotu vody. Nakonec uvedeme typy a charakteristiku zdrojů tepla a chladu, vzduchotechniky, vlhčení a odvlhčení, ohřevu teplé vody a umělého osvětlení.

5.4.1 Vstupní údaje o budově

Posuzovaná budova je rodinný dům s provozovnou nacházející se v okrajové části obce Vrды. Budova není stíněna z žádné světové strany a nenachází se v žádné památkově chráněné oblasti. Je rozdělena na tři zóny: obytnou zónu, garáž a sklepní prostory, z níž je pouze obytná zóna vytápěná.

V budově není instalováno žádné pomocné zařízení pro systém vytápění. Do výpočtu jsou zahrnuty solární zisky, vnitřní tepelné zisky od umělého osvětlení, elektrický spotřebičů zařizovacích předmětů a metabolického tepla osob. Není zde instalováno žádné zařízení pro systém chlazení, vnitřní úpravu vzduchu, ani vzduchotechnická jednotka.

Větrání objektu je pouze prostřednictvím přirozeného větrání, kdy v obytné zóně a sklepních prostorech je umožněno příčné provětrávání. Vzduch přiváděný z vnějšího prostředí tedy není nijak předeřhříván, a jeho teplota je rovna teplotě v exteriéru.

Tab. 15: Vstupní údaje o budově [vlastní]

Informace	Hodnota
Nadmořská výška budovy	212 m. n. m.
Podlahová plocha vytápěné zóny	356,11 m ²
Obestavěný prostor vytápěné zóny	1802,03 m ³
Objem vzduchu ve vytápěné zóně	1013,09 m ³
Přirážka na tepelné vazby	0,02 W/m ² ·K
Teplota vstupní vody pro přípravu teplé vody	7 °C
Výstupní teplota teplé vody	60 °C
Objem akumulární nádrže teplé vody	120 l
Potřebný objem větrání	0,30 l/h
Energetický vstup tepelného zdroje	Zemní plyn
Energetický vstup světelného zdroje	Elektrina
Typ tepelného zdroje	Kondenzační kotel
Převažující typ zdroje osvětlení	LED osvětlení

Pro stanovení energetické náročnosti budovy byly použity konstrukce oddělující jednotlivé zóny v budově, a také venkovní prostor od vnitřního. Tyto konstrukce jsou uvedeny v Tab. 13, a jejich podrobný rozpis se nachází v příloze.

5.4.2 Vyhodnocení energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy byl proveden pro variantu bez zateplení, a pro všechny tři varianty zateplení obvodové konstrukce. Celková dodaná energie na vstupu do budovy je u nezatepleného objektu podstatně vyšší 116 kWh/(m²·rok), než u variant zateplených objektů, kde jsou hodnoty totožné 78 kWh/(m²·rok). V podobném poměru vyšly výsledky dalších posuzovaných ukazatelů, kromě teplé vody a osvětlení, které nemá z hlediska zateplení žádný význam.

Níže jsou uvedeny jednotlivé průkazy energetické náročnosti budovy. Podobné výsledky energetických průkazů se nachází příloze.

5.4.3 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody

Pro stanovení nákladů na vytápění a ohřev teplé vody je nutné znát spotřebu energie, která byla stanovena společně s průkazem energetické náročnosti budovy, počítané v programu DEKSOFT – Energetika.

Cena zemního plynu ročního odběru v pásmu nad 45 do 63 MWh/rok pro Středočeský kraj činí 1 197,21 Kč za odebraný plyn, a 511,52 Kč stálý měsíční plat. Cena zemního plynu ročního odběru v pásmu nad 25 do 45 MWh/rok pro Středočeský kraj činí 1 238,01 Kč za odebraný plyn, a 364,27 Kč stálý měsíční plat. [46]

Tab. 16: Náklady na vytápění a ohřev teplé vody [vlastní]

Konstrukce	Spotřeba zemního plynu [kWh/rok]	Cena zemního plynu [Kč/MWh]	Náklady na vytápění a ohřev vody [Kč/rok]	Úspora zemního plynu [kWh/rok]	Úspora na vytápění a ohřev vody [Kč/rok]
Bez zateplení	51 844,10	1 197,21	62 579,80	-	-
Varianta 1	34 383,10	1 238,01	42 930,89	17 461,00	19 648,91
Varianta 2	34 335,10	1 238,01	42 871,47	17 509,00	19 708,33
Varianta 3	34 483,10	1 238,01	43 054,69	17 361,00	19 525,11

Varianta bez zateplení

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Sluneční 414, k.ú. 786233, p.č. 147/19**

PSČ, místo: **285 71, Vrды**

Typ budovy: **Rodinný dům**

Plocha obálky budovy: **1089.51** m²

Objemový faktor tvaru A/V: **0.60** m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: **456.88** m²

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)			
Mimořádně úsporná A			
Velmi úsporná B			
Úsporná C	116		134
Méně úsporná D			
Nehospodárná E			
Velmi nehospodárná F			
Mimořádně nehospodárná G			
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	53.2		61.0

Obr. 26: První strana PENB – Varianta bez zateplení [vlastní]

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☐
Okna a dveře:	☐
Střechu:	☐
Podlahu:	☐
Vytápění:	☐
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☐
Přípravu teplé vody:	☐
Osvětlení:	☐
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou Doporučení

PODÍL ENERGONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]



■ zemní plyn: 91.8
■ elektrická energie: 1.3

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m²·K)	Dílčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)
Nejlepší řešení Nejhorší řešení	0.33	104				9.5	2.9
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	47.5					4.4	1.3

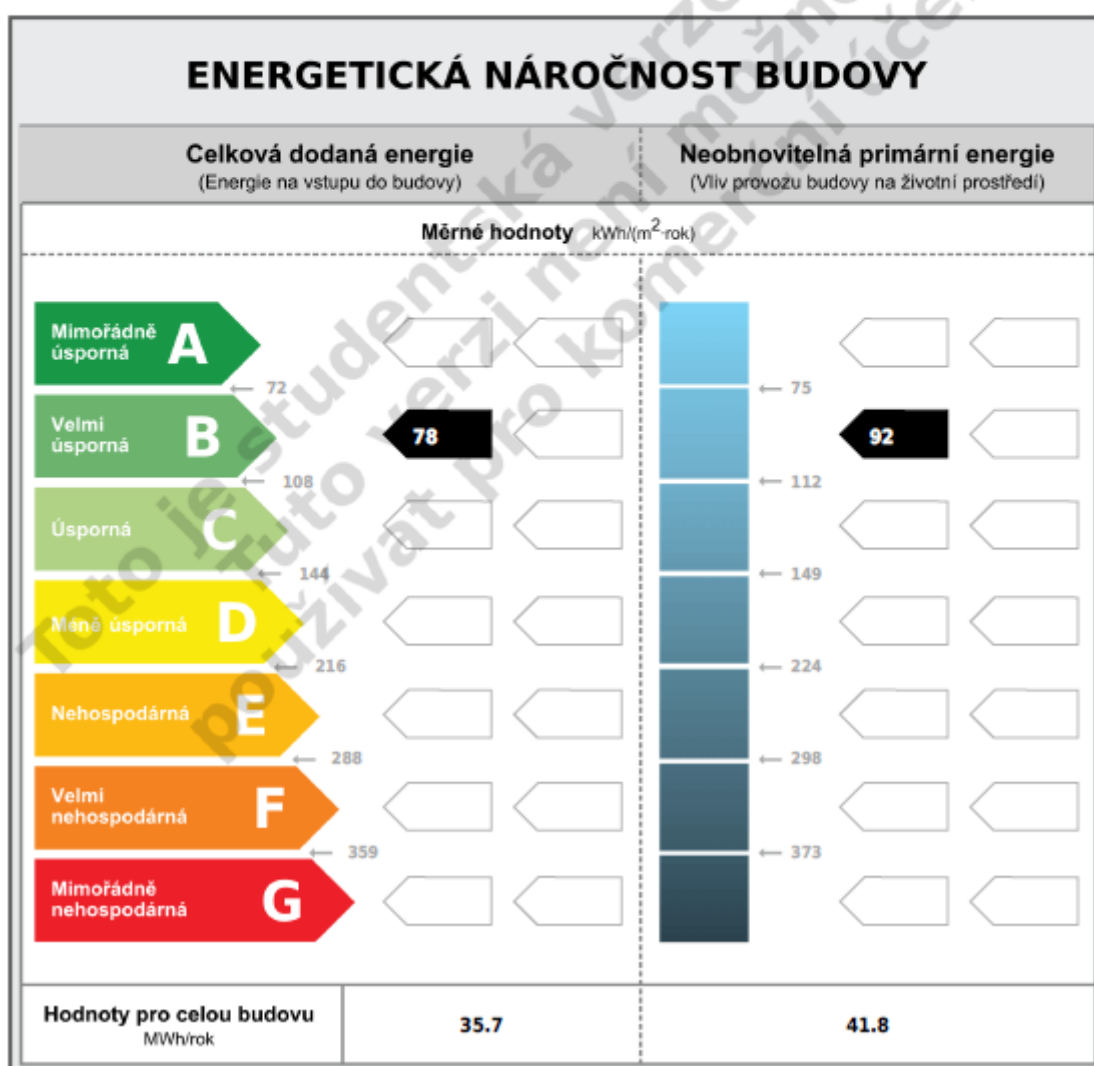
Zpracovatel: **Ing. Jan Skupa**
 Kontakt: **Svobody 215, 285 71, Vrdy**
775 415 769 / Skupa.energie@gmail.com

Osvědčení č.: **462825**
 Vyhотовeno dne: **21.09.2021**
 Podpis: _____

Obr. 27: Druhá strana PENB – Varianta bez zateplení [vlastní]

Varianta 1 – Pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov	
Ulice, číslo: Sluneční 414, k.ú. 786233, p.č. 147/19	
PSČ, místo: 285 71, Vrды	
Typ budovy: Rodinný dům	
Plocha obálky budovy: 1089.51 m ²	
Objemový faktor tvaru A/V: 0.60 m ² /m ³	
Celková energeticky vztáhná plocha: 456.88 m ²	



Obr. 28: První strana PENB – Varianta 1 [vlastní]

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☐
Okna a dveře:	☐
Střechu:	☐
Podlahu:	☐
Vytápění:	☐
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☐
Přípravu teplé vody:	☐
Osvětlení:	☐
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII	
Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]	
	
■ zemní plyn: 34.4	■ elektrická energie: 1.8

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)
Národní doporučení							
Národní nevyhodnocení							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	30.0					4.4	1.3

Zpracovatel: Ing. Jan Skupa	Osvědčení č.: 462825
Kontakt: Svobody 215, 285 71, Vrdy	Vyhotoveno dne: 21.09.2021
775 415 769 / Skupa.energie@gmail.com	Podpis:

Obr. 29: Druhá strana PENB – Varianta 1 [vlastní]

Varianta 2 – Pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Sluneční 414, k.ú. 786233, p.č. 147/19**

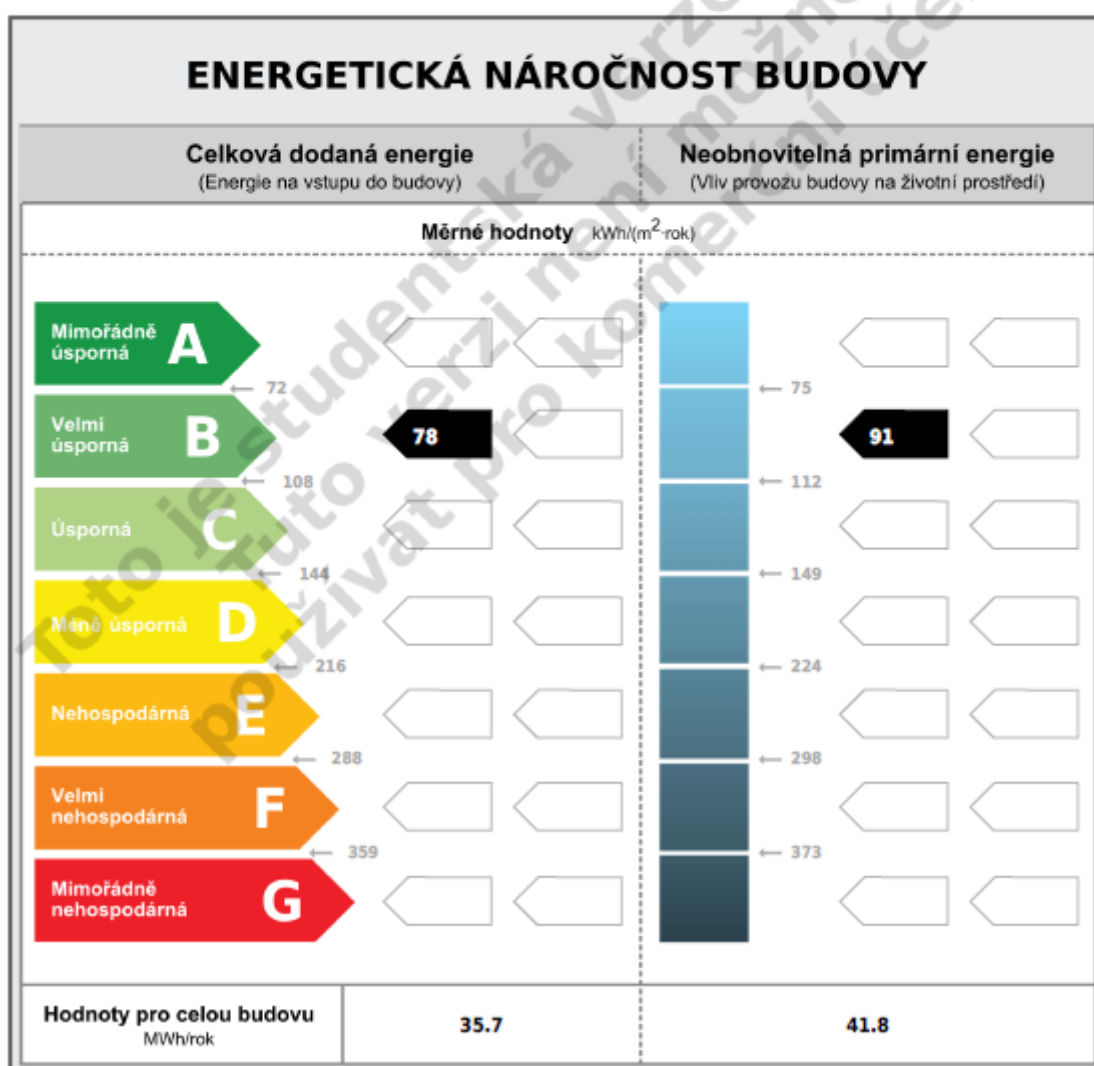
PSČ, místo: **285 71, Vrdy**

Typ budovy: **Rodinný dům**

Plocha obálky budovy: **1089.51** m²

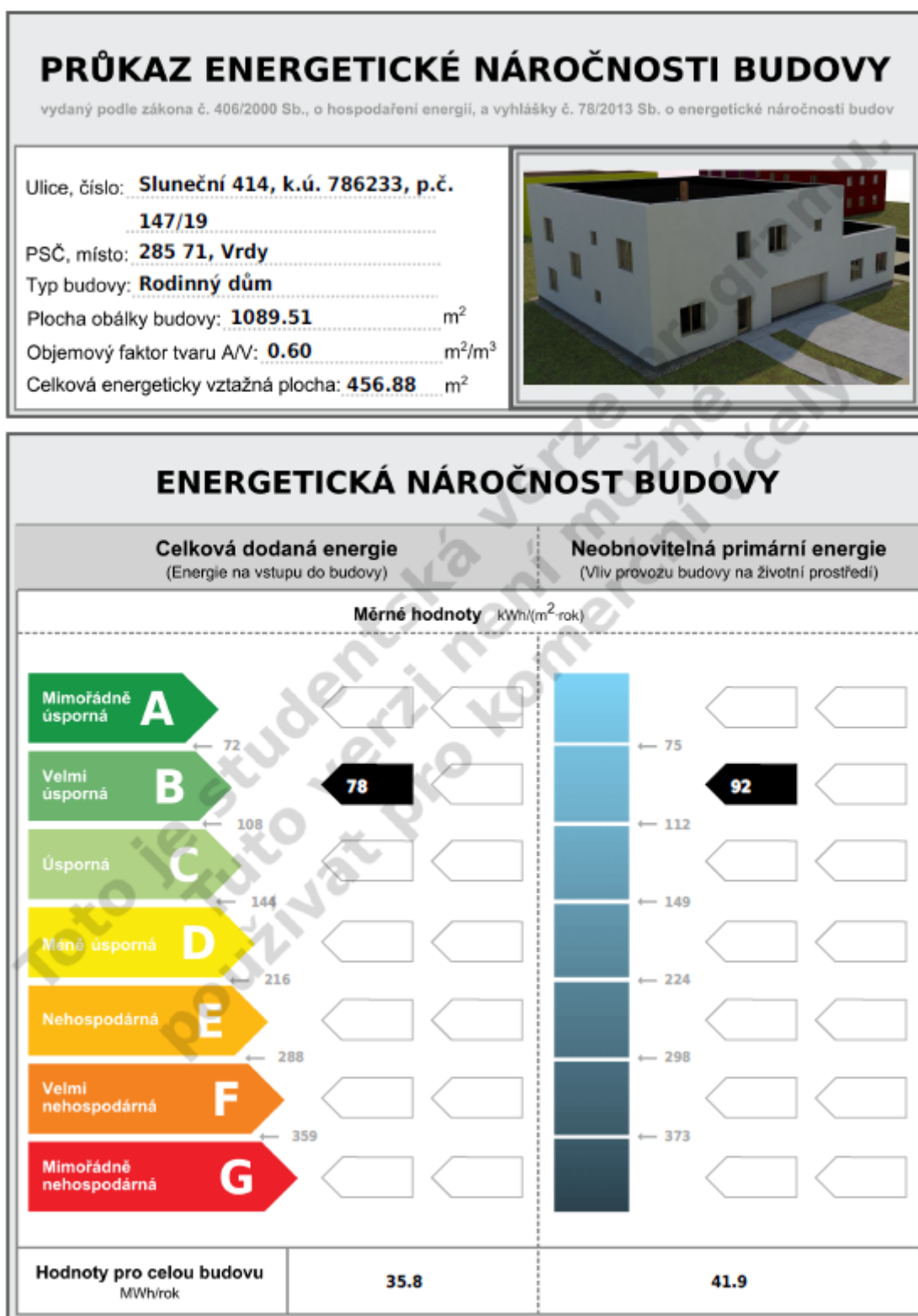
Objemový faktor tvaru A/V: **0.60** m²/m³

Celková energeticky vztažná plocha: **456.88** m²

Obr. 30: První strana PENB – Varianta 2 [vlastní]

Varianta 3 – Minerální vlna Isover TF profi



Obr. 32: První strana PENB – Varianta 3 [vlastní]

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	☐
Okna a dveře:	☐
Střechu:	☐
Podlahu:	☐
Vytápění:	☐
Chlazení/klimatizaci:	☐
Větrání:	☐
Přípravu teplé vody:	☐
Osvětlení:	☐
Jiné:	☐

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Podporučené

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII	
Hodnoty pro celou budovu [MWh/rok]	
■ zemní plyn: 34.6	■ elektrická energie: 1.3

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)
A							
B	0.20	65.9					2.9
C						9.5	
D							
E							
F							
G							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		30.1				4.4	1.3

Zpracovatel: Ing. Jan Skupa	Osvědčení č.: 462825
Kontakt: Svobody 215, 285 71, Vrdy	Vyhotoveno dne: 21.09.2021
775 415 769 / Skupa.energie@gmail.com	Podpis: _____

Obr. 33: Druhá strana PENB – Varianta 3 [vlastní]

5.5 Náklady na provedení zateplení

5.5.1 Údaje o zateplení objektu

Byly provedeny výpočty pro všechny tři varianty zateplení. Položkový rozpočet obsahuje pouze náklady, které vzniknou při provádění zateplování objektu, mezi které patří zateplení fasády a soklové části, včetně oplechování parapetů a atiky. V případě zateplení ploché střechy, podlahy na zemině, podlahy nad nevytápěným prostorem a soklu, bylo provedeno zateplení pouze z jednoho materiálu.

U první varianty zateplení je použitý pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F, kde součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, a je proveden v tl. 160 mm. Druhá varianta využívá pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70, se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, v tl. 130 mm. Třetí varianta je navržena z minerální vlny Isover TF profi, jejíž součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, v tl. 160 mm.

Zateplení ploché střechy je ze stabilizovaného polystyrenu Styrotrade EPS 150S se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, v tl. 150 mm. Nad nimi budou spádové klíny z EPS 150S, ve spádu 4 %, o tl. 20 až 272 mm. K zateplení podlahy na zemině se využívá tepelně izolačních PIR desek $\lambda = 0,022 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, o tl. 120 mm. U zateplení podlah nad nevytápěným prostorem je použita tepelná izolace Isover TDPT $\lambda = 0,033 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Zde jsou desky kladeny ve dvou vrstvách tl. 30 a 50 mm s prostřídáním spar, které lze využít i z hlediska akustiky do podlah rozdělující dva vytápěné prostory. Zateplení soklu je provedeno z extrudovaného polystyrenu Fibran $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, s tl. 160 mm, který je proveden ve výšce 350 mm nad terén.

5.5.2 Vyhodnocení nákladů na zateplení

Výpočet nákladů na provedení zateplení fasády byl proveden v programu BUILDpower S, který sestavuje rozpočet pomocí položek cenové soustavy RTS. Cenové úrovně u jednotlivých položek jsou platné k 1. 1. 2021. U varianty 1, kde je použit pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F, je celková cena zateplení 882 148,45 Kč s DPH. Varianta 2, kde byl využit pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70, je cena zateplení 901 101,23 Kč s DPH. V případě varianty 3, kde se zateplovalo minerální vlnou Isover TF profi, byla cena stanovena na 1 278 811,40 Kč s DPH. Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že jako cenově nejvýhodnější se jeví varianta 1. Varianta 2 je přibližně o 2,5 %, a varianta 3 o téměř 50 % dražší než varianta 1.

Níže jsou uvedeny krycí listy a rekapitulace dílů, položkový rozpočet je v příloze.

Varianta 1 – Pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F

Tab. 17: Rozpočet krycí list – Varianta 1 [vlastní]

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	01	Rodinný dům s kavárnou	
Objekt:	SO01	Rodinný dům	
Rozpočet:	01	Varianta 1 – Pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F, tl. 160 mm	
Objednatel:	Martin Šindelář		
Vypracoval:	Ing. Jan Skupa		
Rozpis ceny	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	377 838,67	342 109,36	719 948,03
PSV	336,02	46 801,56	47 137,58
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
Celkem	378 174,69	388 910,92	767 085,61
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	767 085,61 CZK	
Snížená DPH	15 %	115 062,84 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Zaokrouhlení		0,00 CZK	
Cena celkem s DPH		882 148,45 czk	

Tab. 18: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 1 [vlastní]

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	377 838,67	340 327,31	718 165,98	94
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	1 782,05	1 782,05	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	0,00	19 628,60	19 628,60	3
767	Konstrukce zámečnické	PSV	336,02	27 172,96	27 508,98	4
Cena celkem			378 174,69	388 910,92	767 085,61	100

Varianta 2 – Pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70

Tab. 19: Rozpočet krycí list – Varianta 2 [vlastní]

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	01	Rodinný dům s kavárnou	
Objekt:	SO01	Rodinný dům	
Rozpočet:	02	Varianta 2 – Pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70, tl. 130 mm	
Objednatel:	Martin Šindelář		
Vypracoval:	Ing. Jan Skupa		
Rozpis ceny	Dodávka		Montáž
HSV	394 205,61	342 223,10	736 428,71
PSV	336,02	46 801,56	47 137,58
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
Celkem	394 541,63	389 024,66	783 566,29
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	783 566,29 CZK	
Snížená DPH	15 %	117 534,94 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Zaokrouhlení		0,00 CZK	
Cena celkem s DPH			901 101,23 czk

Tab. 20: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 2 [vlastní]

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	394 205,61	340 519,37	734 724,98	94
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	1 703,73	1 703,73	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	0,00	19 628,60	19 628,60	3
767	Konstrukce zámečnické	PSV	336,02	27 172,96	27 508,98	4
Cena celkem			394 541,63	389 024,66	783 566,29	100

Varianta 3 – Minerální vlna Isover TF profi

Tab. 21: Rozpočet krycí list – Varianta 3 [vlastní]

Položkový rozpočet stavby			
Stavba:	01	Rodinný dům s kavárnou	
Objekt:	SO01	Rodinný dům	
Rozpočet:	03	Varianta 3 – Minerální vlna Isover TF profi, tl. 160 mm	
Objednatel:	Martin Šindelář		
Vypracoval:	Ing. Jan Skupa		
Rozpis ceny	Dodávka	Montáž	Celkem
HSV	687 781,95	377 090,38	1 064 872,33
PSV	336,02	46 801,56	47 137,58
MON	0,00	0,00	0,00
Vedlejší náklady	0,00	0,00	0,00
Ostatní náklady	0,00	0,00	0,00
Celkem	688 117,97	423 891,94	1 112 009,91
Rekapitulace daní			
Základ pro sníženou DPH	15 %	1 112 009,91 CZK	
Snížená DPH	15 %	166 801,49 CZK	
Základ pro základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Základní DPH	21 %	0,00 CZK	
Zaokrouhlení		0,00 CZK	
Cena celkem s DPH		1 278 811,40 czk	

Tab. 22: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 3 [vlastní]

Rekapitulace dílů

Číslo	Název	Typ dílu	Dodávka	Montáž	Celkem	%
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	687 781,95	372 001,51	1 059 783,46	95
99	Staveništní přesun hmot	HSV	0,00	5 088,87	5 088,87	0
764	Konstrukce klempířské	PSV	0,00	19 628,60	19 628,60	2
767	Konstrukce zámečnické	PSV	336,02	27 172,96	27 508,98	2
Cena celkem			688 117,97	423 891,94	1 112 009,91	100

5.6 Doba návratnosti investice

5.6.1 Prostá doba návratnosti

Při výpočtu prosté doby návratnosti se vychází z roční finanční úspory na vytápění a ohřev teplé vody pro jednotlivé varianty zateplení s tím, že se počítá s konstatní finanční částkou. Cílem je zjistit, kdy celková částka úspor překročí náklady na provedení zateplení.

Z výpočtu nám vychází, že u varianty 1 Styrotrade EPS 100 F je doba návratnosti investice 45 let, u varianty 2 Styrotrade Styrotherm Plus 70 byla tato doba stanovena na 46 let, a u varianty 3 Isover TF profi dokonce na 66 let.

Tab. 23: Prostá doba návratnosti [vlastní]

Konstrukce	Doba návratnosti investice [rok]
Varianta 1 – Styrotrade EPS 100 F	45
Varianta 2 – Styrotrade Styrotherm Plus 70	46
Varianta 3 – Isover TF profi	66

5.6.2 Reálná doba návratnosti

U výpočtu reálné doby návratnosti se vychází z roční úspory zemního plynu s tím, že se u jeho ceny započítává cenový přírůstek 1 % ze současné ceny 1 238,01 Kč/MWh. Úkolem je zjistit dobu návratnosti investice, při rostoucí ceně zemního plynu.

V případě varianty 1 Styrotrade EPS 100 F je doba návratnosti investice 35 let, u varianty 2 Styrotrade Styrotherm Plus 70 byla stanovena doba návratnosti také na 35 let, a u varianty 3 Isover TF profi tato doba činí 47 let.

Tab. 24: Reálná doba návratnosti [vlastní]

Konstrukce	Doba návratnosti investice [rok]
Varianta 1 – Styrotrade EPS 100 F	35
Varianta 2 – Styrotrade Styrotherm Plus 70	35
Varianta 3 – Isover TF profi	47

5.6.3 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota byla stanovena se započítaným cenovým přírůstkem zemního plynu 1 %, a z hlediska diskontování cen s mírou kapitalizace 4,5 %. Posuzujeme čistou současnou hodnotu za dobu 50 let, dle oceňovací vyhlášky č. 441/2013 Sb. Pokud čistá současná hodnota vyjde jako kladná, jedná o efektivní investici. V případě že hodnota vyjde záporná, jde o neefektivní investici.

V tomto případě byly všechny tři varianty vyhodnoceny jako kladné, což svědčí o efektivnosti daných investic.

Tab. 25: Čistá současná hodnota [vlastní]

Konstrukce	Čistá současná hodnota [Kč]	Posouzení
Varianta 1	451 285,66	Vyhoví
Varianta 2	435 998,47	Vyhoví
Varianta 3	46 986,07	Vyhoví

5.6.4 Vyhodnocení doby návratnosti investice

Varianta 1 která je zateplena pěnovým polystyrenem Styrotrade EPS 100 F, se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, a tl. 160 mm. Byl stanoven rozpočet na zateplení v celkové ceně 882 148,45 Kč s DPH. Prostá doba návratnosti byla vypočítána na 45 let, a reálná doba návratnosti na 35 let. Čistá současná hodnota po započítání míry kapitalizace vychází po 50 letech na 451 285,66 Kč.

Varianta 2 která je zateplena pěnovým polystyrenem Styrotrade Styrotherm Plus 70, se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, a tl. 130 mm. Byl stanoven rozpočet na zateplení v celkové ceně 901 101,23 Kč s DPH. Prostá doba návratnosti byla vypočítána na 46 let, a reálná doba návratnosti na 35 let. Čistá současná hodnota po započítání míry kapitalizace vychází po 50 letech na 435 998,47 Kč.

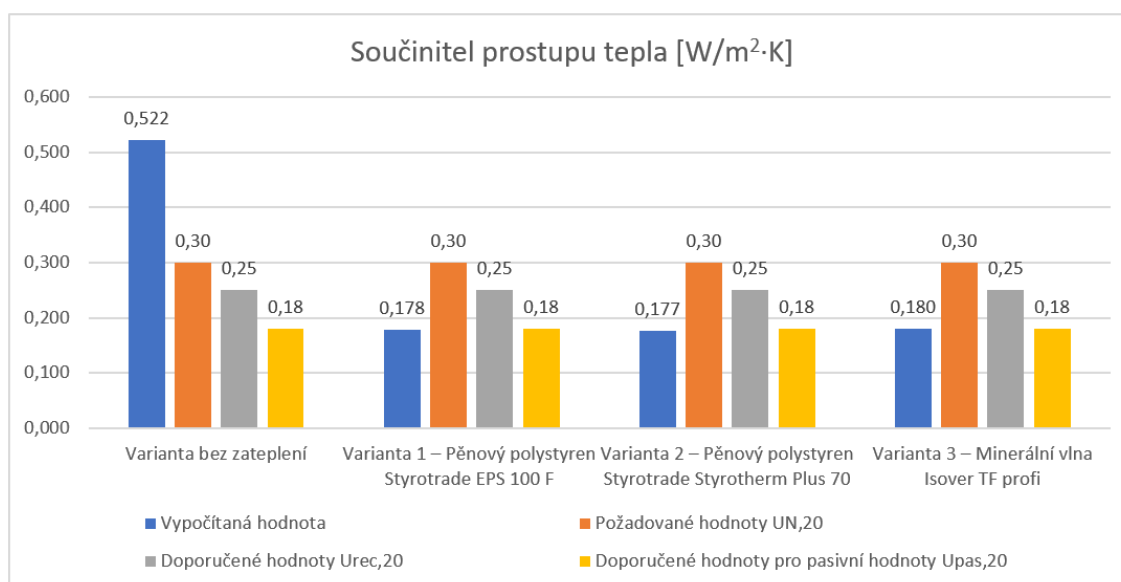
Varianta 3 která je zateplena minerální vlnou Isover TF Profi, se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, a tl. 160 mm. Byl stanoven rozpočet na zateplení v celkové ceně 1 278 811,40 Kč s DPH. Prostá doba návratnosti byla vypočítána na 66 let, a reálná doba návratnosti na 47 let. Čistá současná hodnota po započítání míry kapitalizace vychází po 50 letech na 46 986,47 Kč.

Z výše uvedeného vychází jako nejlepší varianta 1, která je zateplena pěnovým polystyrenem Styrotrade EPS 100 F, a má nejnižší celkové náklady na zateplení, prostou i reálnou dobu návratnosti, a vychází nejvyšší kladná čistá současná hodnota. Jedná se tedy o nejvýhodnější investici ze všech tří porovnávaných variant. Naopak jako nejméně výhodná je vyhodnocena varianta 3, se zateplením z minerální vlny Isover TF Profi, která má nejméně příznivé všechny porovnávané parametry.

6 ANALÝZA VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ

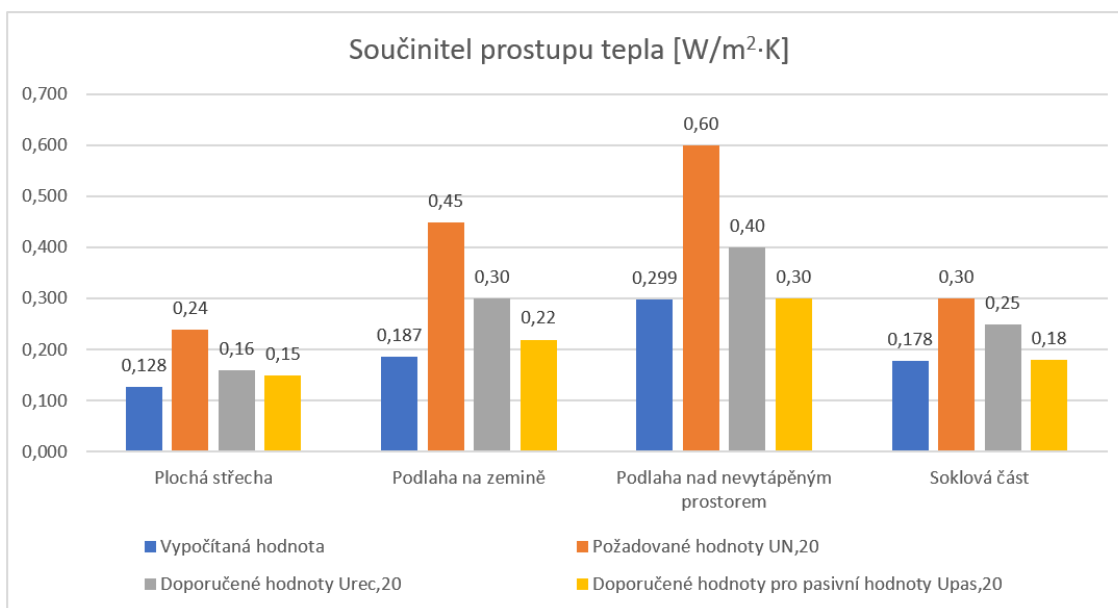
6.1 Tepelně technické posouzení

Skladby obvodové stěny se zateplovacím systémem byly navrženy tak, aby splnily doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy. Cílem bylo navrhnout takové skladby, které budou mít z pohledu součinitele prostupu tepla pouze minimální rozdíly ve výsledných hodnotách, a nejednalo se tím pádem o určující parametr v hodnocení budovy. Byla zde navržena i skladba bez tepelné izolace, která má demonstrovat její potřebu použití, ke splnění požadovaných vlastností. Následně byla tato skladba využita při výpočtu úspory na vytápění a ohřev teplé vody.



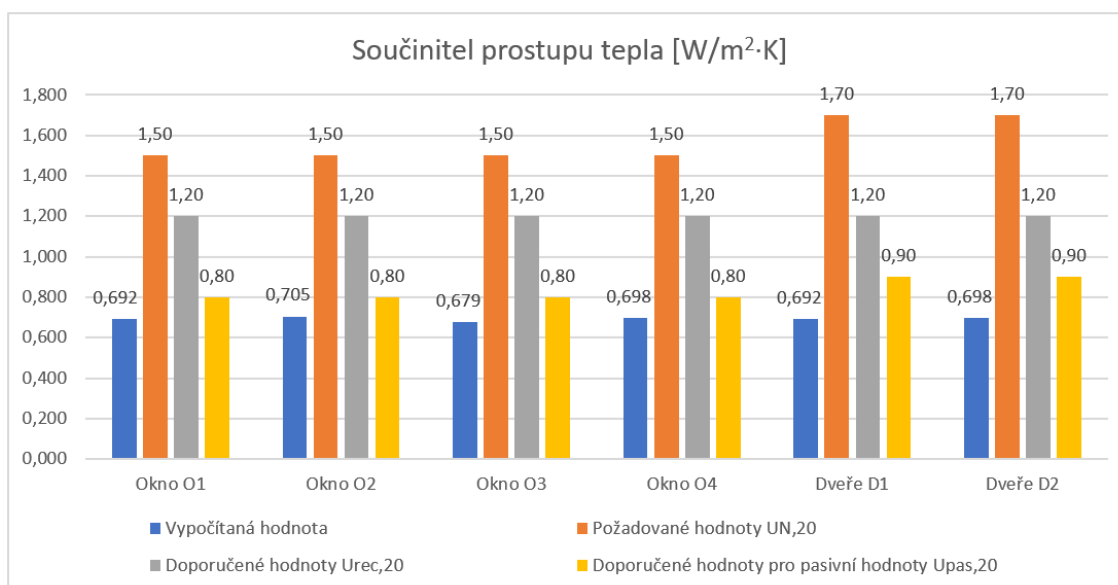
Graf 1: Součinitel prostupu tepla obvodové stěny [vlastní]

Dále jsou zde uvedeny součinitele prostupu tepla ostatních konstrukcí budovy, mezi které patří, plochá střecha, podlaha na zemině, podlaha nad nevytápěným prostorem a soklová část. Všechny tyto konstrukce jsou také navrženy na součinitel prostupu tepla pro pasivní budovy.



Graf 2: Součinitel prostupu tepla ostatních konstrukcí [vlastní]

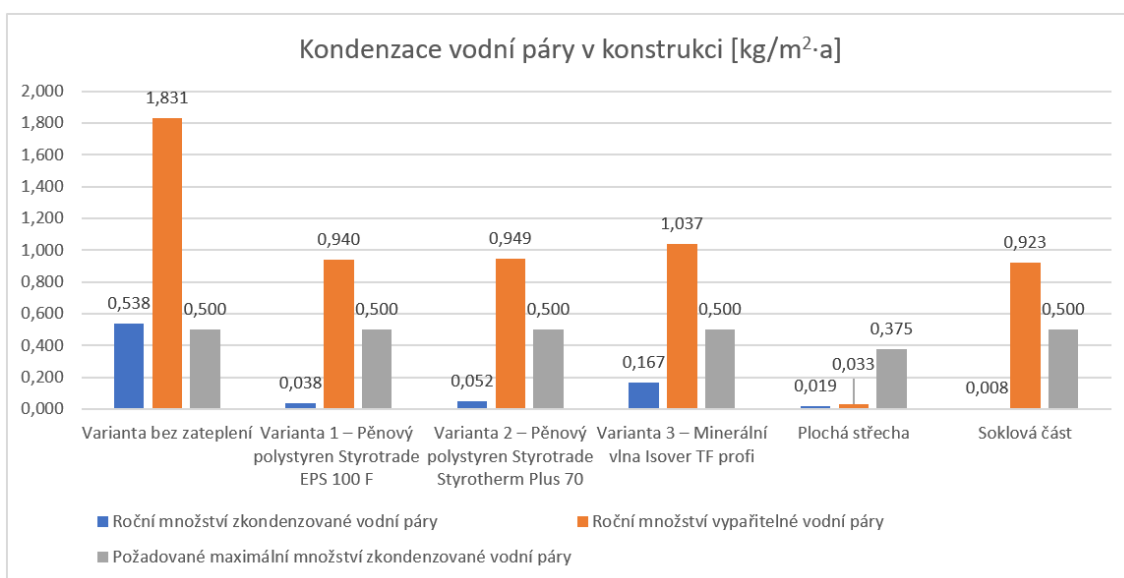
Poslední konstrukce které tvoří obálku budovy jsou výplně otvorů ve formě oken a dveří. Rovněž tyto konstrukce jsou navrženy na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy. Společně s ostatními konstrukcemi tvoří obálku budovy, která je v případě zateplených variant hodnocena kategorií B – úsporná. V případě varianty bez zateplení obvodové stěny, je hodnocena kategorií C – vyhovující.



Graf 3: Součinitel prostupu tepla výplní otvorů [vlastní]

Velmi důležitým požadavkem u tepelně technického posouzení je kondenzace vodní páry v konstrukci. Zde musí být splněn požadavek na maximální množství zkondenzované vodní páry. Všechny konstrukce tento požadavek s přehledem splňují, až na variantu bez zateplení obvodové stěny. V některých případech není přípustné žádné množství zkondenzované vodní páry v konstrukci, to ovšem není tento případ.

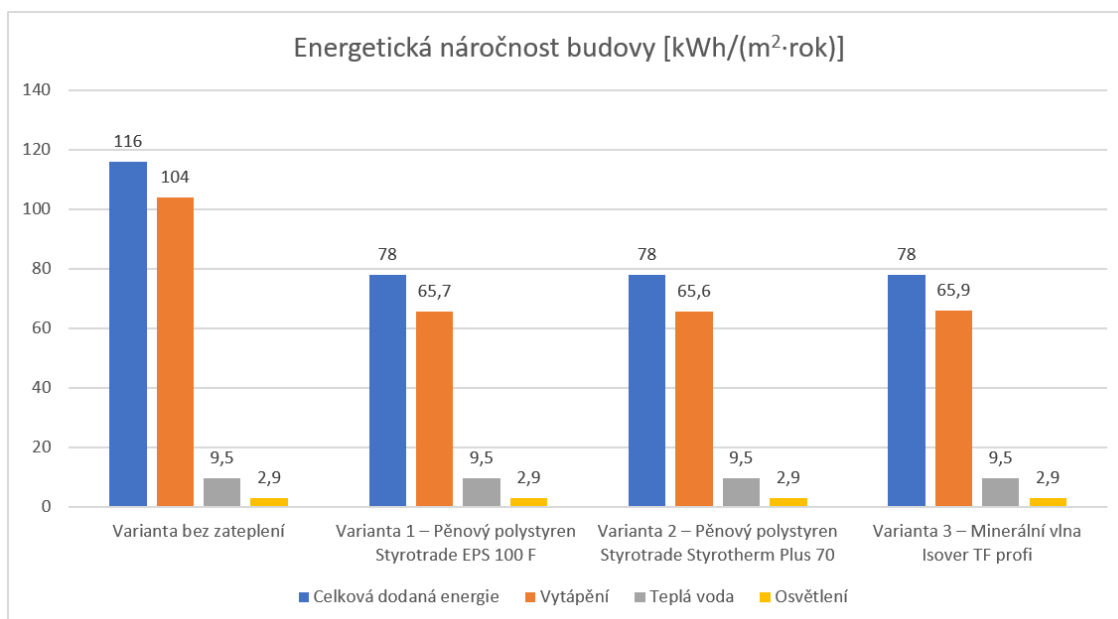
Posuzuje se zde také roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry. U všech konstrukcí musí být daný požadavek aktivní, v opačném případě by docházelo k hromadění zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce. Všechny posuzované konstrukce vykazují aktivní bilanci, a splňují tedy daný požadavek.



Graf 4: Kondenzace vodní páry v konstrukci [vlastní]

6.2 Energetická náročnost budovy

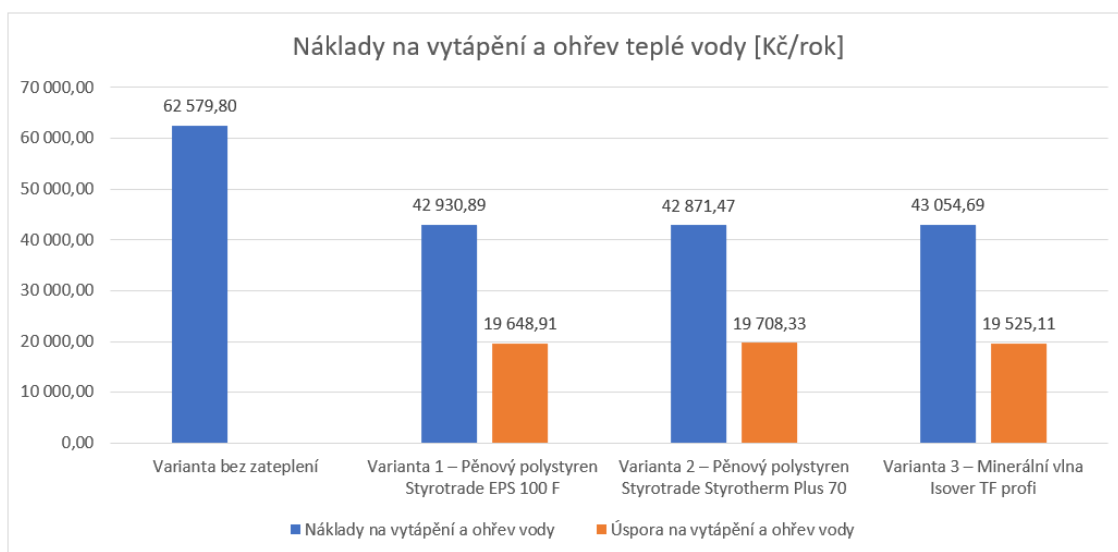
Energetická náročnost budovy stanovuje celkové množství dodané energie na provoz budovy. V případě varianty bez zateplení obvodové stěny, dochází k vysoké spotřebě energie, která je způsobena vysokými energetickými výdaji na vytápění. U variant s provedením tepelné izolace obvodové stěny, dochází k téměř stejným výsledkům energetické spotřeby na vytápění, což je dáno provedením tepelných izolací s téměř stejnými hodnotami součinitele prostupu tepla. Dále jsou zde naprosto totožné výsledky spotřeby energie na ohřev teplé vody a umělé osvětlení, protože zateplení objektu nemá u těchto parametrů žádný vliv.



Graf 5: Energetická náročnost budovy [vlastní]

Bylo zde také nutné stanovit náklady na vytápění a ohřev teplé vody, aby jsme mohli vypočítat finanční úsporu u zateplených variant obvodové stěny. Tyto údaje budou potřebné ke stanovení doby návratnosti investice.

Náklady na vytápění a ohřev vody jsou dle očekávání u varianty bez zateplení obvodové stěny výrazně vyšší, než u variant se zateplením obvodové stěny, kde jsou náklady i úspora na vytápění a ohřev teplé vody velmi podobné.

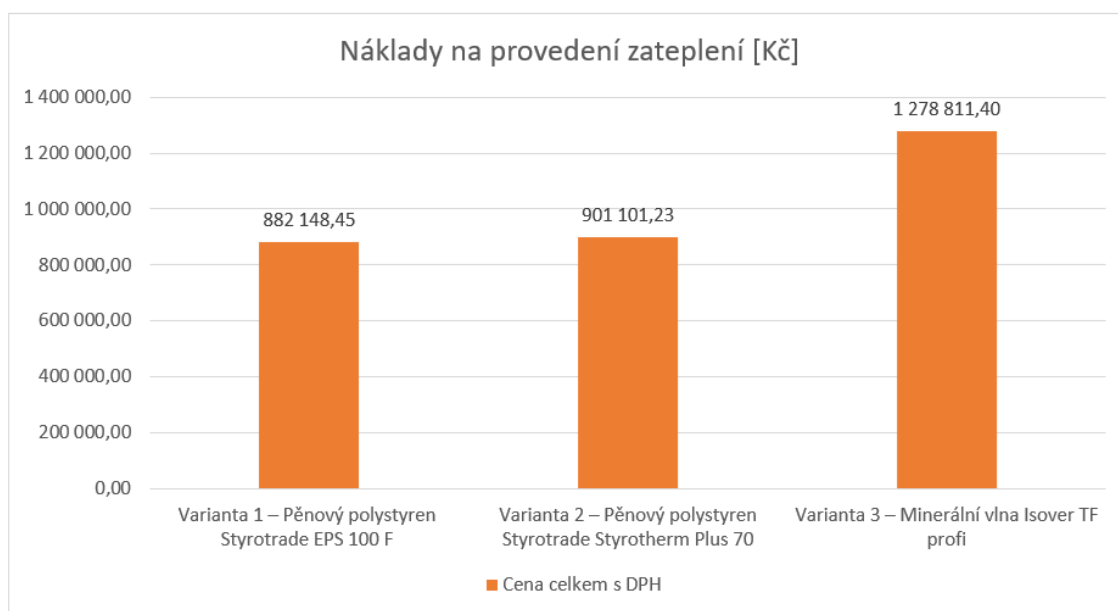


Graf 6: Náklady a úspora na vytápění a ohřev teplé vody [vlastní]

6.3 Náklady na provedení zateplení

Výpočet bylo nutno provést ke stanovení ceny za provedení zateplení, která je dále využita při výpočtu doby návratnosti. Týká se provedení zateplení fasády a soklové části, včetně oplechování parapetů a atiky. Vzhledem k použití stejného materiálu u zateplení soklové části a oplechování, je určujícím rozdílem konečných nákladů jednotlivých variant, typ použití fasádního zateplovacího systému.

V prvních dvou případech, kdy je použitý pěnový polystyren, jsou náklady na zateplení fasády velmi podobné. Výhodněji však vychází Styrotrade EPS 100 F. V případě použití minerální vlny Isover TF profi, která se nachází u varianty 3, je cena výrazně vyšší než v předchozích dvou případech.

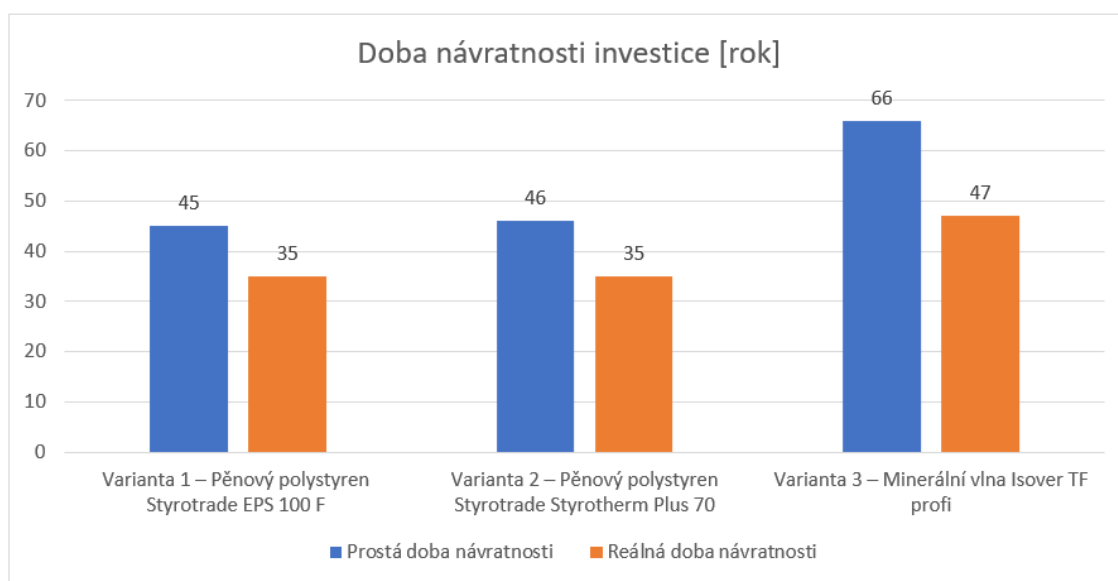


Graf 7: Náklady na provedení zateplení [vlastní]

6.4 Doba návratnosti investice

Doba návratnosti investice nám určuje, za jak dlouhou dobu budou uhrazené vložené finanční prostředky. U prosté doby návratnosti se vychází z roční finanční úspory na vytápění a ohřev teplé vody s tím, že se počítá s konstantní finanční částkou. V případě reálné doby návratnosti se vychází z roční úspory zemního plynu s tím, že u jeho ceny je započítávaný cenový přírůstek. V obou případech je cílem zjistit, kdy celková uspořena finanční částka převyší investované finanční prostředky.

Prostá doba návratnosti v případě prvních dvou variant zateplení pěnovým polystyrenem je velmi podobná a to s rozdílem 1 roku ve prospěch polystyrenu Styrotrade EPS 100 F. Třetí varianta z minerální vlny Isover TF profi, má dobu návratnosti přibližně o 20 let delší. U reálné doby návratnosti vychází poměr výsledků jednotlivých variant obdobně, jako u prosté doby návratnosti. První a druhá varianta z pěnového polystyrenu má stejnou dobu návratnosti, a to v délce 35 let. Třetí varianta má dobu návratnosti o 12 let delší než předchozí varianty. Rozdílem je, že u reálné doby návratnosti je započítáno navýšení ceny za energie, a díky tomu je doba návratnosti kratší.

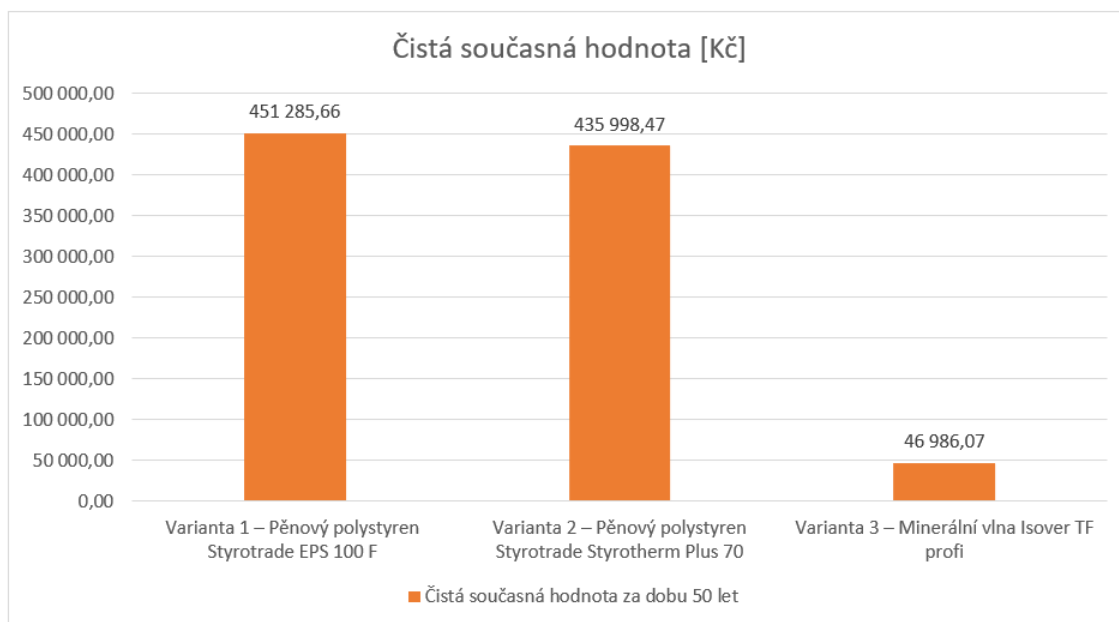


Graf 8: Prostá a reálná doba návratnosti [vlastní]

Posledním hodnoceným kritériem je čistá současná hodnota, u které je započítán cenový přírůstek zemního plynu a také diskontování cen s mírou kapitalizace. Cílem je zhodnotit čistou současnou hodnotu investice za 50 let. V případě, že investice vyjde kladná, jedná se o efektivní investici, a lze ji investorovi doporučit. Pokud vyjde záporná, jedná se o neefektivní investici a investor by ji měl zamítnout.

Čistá současná hodnota vychází nejvýhodněji u varianty 1 s pěnovým polystyrenem Styrotrade EPS 100 F, kde dosahuje částky 451 285,66 Kč. Druhá nejvíce výhodná je varianta 2 s pěnovým polystyrenem Styrotrade Styrotherm Plus 70, která má o něco menší hodnotu v podobě 435 998,47 Kč. Nejméně výhodnou variantou je minerální vlna Isover TF profi, jejíž čistá současná hodnota je výrazně nižší než v předchozích dvou případech, a to 46 986,07 Kč.

Všechny tři případy zateplení mají kladnou čistou současnou hodnotu za časové období 50 let. Vzhledem k tomu, že životnost zateplovacích systémů je více než 50 let, s odhadem životnosti pěnového polystyrenu dokonce až 200 let, jedná se ve všech případech o efektivní investici, a lze ji investorovi doporučit. [47] [48]



Graf 9: Čistá současná hodnota [vlastní]

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit ekonomickou návratnost vnějšího zateplení a vliv této stavební úpravy na očekávané výdaje u rodinného domu s kavárnou ve Vrdech. Bylo navrženo několik variant zateplení obvodové stěny, vypočítaly se náklady na provozování budovy před a po zateplení jednotlivými variantami, dále se stanovily náklady na realizaci jednotlivých typů zateplení, a nakonec byla zhodnocena ekonomická návratnost jednotlivých variant zateplení.

Byly navrženy tři varianty zateplení obvodové stěny. V prvním případě byl použit pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F, v tl. 160 mm. V druhém případě se k zateplení využil pěnový polystyren Styrotrade Styrotherm Plus 70, v tl. 130 mm. Jako poslední byla navržena minerální vlna Isover TF profi, v tl. 160 mm. Všechny tři varianty byly navrženy v minimálních tloušťkách splňující doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy.

U obvodové stěny bez zateplení i zateplených konstrukcí, bylo provedlo posouzení z hlediska tepelně technických vlastností, konkrétně součinitel prostupu tepla a kondenzace vodní páry v konstrukci dle normy ČSN 73 0540-2. Oba požadavky byly splněny u všech konstrukcí, s výjimkou obvodové stěny bez zateplení.

Dále bylo nutné stanovit náklady na provoz rodinného domu s kavárnou. Byl vyhotoven průkaz energetické náročnosti budovy (PENB), energetický štítek obálky budovy a protokol měrné potřeby tepla na vytápění, a to pro variantu bez zateplení, i všechny varianty se zateplovacími systémy. Následně byly tyto varianty porovnány a vypočítány náklady a úspora na vytápění a ohřev teplé vody. Z průkazu energetické náročnosti budovy bylo zjištěno, že výrazně nejvyšší energetickou náročnost budovy má varianta bez zateplení, a to 116 kWh/(m²·rok). Varianty s tepelnou izolací obvodové stěny měly energetickou náročnost shodně 78 kWh/(m²·rok). U vytápění a ohřevu teplé vody měla nejvyšší náklady varianta bez zateplení v hodnotě 62 579,80 Kč/rok. Varianty se zateplením se pohybovaly v cenové hladině okolo 43 000 Kč/rok. V případě úspory se všechny varianty s tepelnou izolací pohybovaly v rozmezí 19,5 až 20 tisíc Kč/rok.

Pro zhodnocení ekonomické návratnosti investice je také nutné stanovit náklady na provedení zateplení objektu. To bylo provedeno prostřednictvím položkového rozpočtu a cenových ukazatelů RTS. Náklady na provedení zateplení pěnových polystyrenů vychází podobně, v případě první varianty Styrotrade EPS 100 F jde o částku 882 148,45 Kč. U druhé varianty Styrotrade Styrotherm Plus 70 je cena 901 101,23 Kč.

Třetí varianta v podobě minerální vlny Isover TF profí vychází s výrazně vyšší cenou, a to 1 278 811,40 Kč. Z výše uvedeného vychází, že nejnižší náklady na provedení zateplení má první varianta pěnový polystyren Styrotrade EPS 100 F. Naopak nejvyššími náklady disponuje minerální vlna Isover TF profí.

Na závěr bylo třeba provést zhodnocení doby návratnosti investice. Zde byl proveden výpočet prosté doby návratnosti, která byla vypočítána z roční finanční úspory na vytápění a ohřev teplé vody, kde bylo počítáno s konstantní finanční částkou každý rok. Dalším výpočtem byla reálná doba návratnosti, u níž bylo počítáno s roční úsporou zemního plynu po zateplení objektu. Bylo zde uvažováno s cenovým přírůstkem zemního plynu o 1 % ze současné hodnoty, která činí 1 238,01 Kč/MWh. Cílem bylo zjistit dobu návratnosti investice, kdy celková částka úspor překročí náklady na provedení zateplení. V případě reálné doby návratnosti, se započítáním roustoucí ceny zemního plynu. Posledním hodnoceným kritériem byla čistá současná hodnota. Ta započítává cenový přírůstek zemního plynu o 1 %, a zároveň z hlediska diskontování cen uvažuje s mírou kapitalizace 4,5 %. Bylo zde posuzováno, že pokud vyjde čistá současná hodnota za dobu 50 let jako kladná, bude se jednat o efektivní investici.

Z výsledků jsme zjistili, že prostá doba návratnosti vyšla v případě pěnových polystyrenů na 45 a 46 let s tím, že kratší dobou návratnosti disponuje varianta 1 Styrotrade EPS 100 F. Varianta 3, kde byl použit Isover TF profí, měl dobu návratnosti investice 66 let. U výpočtu reálné doby návratnosti se jednalo o výrazně kratší dobu. Konkrétně v případě pěnových polystyrenů varianty 1 a 2, byla shodná doba návratnosti 35 let. U minerální vlny Isover TF profí, byla tato doba vypočítána na 47 let. Výpočet čisté současné hodnoty vyšel ve všech třech případech jako kladný. V případě varianty 1 Styrotrade EPS 100 F na 451 285,66 Kč, u varianty 2 Styrotrade Styrotherm Plus 70 na 435 998,47 Kč, a v případě varianty 3 Isover TF profí pouze na 46 986,07 Kč.

Doporučuji využít k zateplení pěnový polystyren EPS 100 F, který z ekonomického hlediska vychází jako nejvýhodnější varianta. Jedná se o nejpoužívanější tepelný izolant k zateplování fasád, který se vyrábí ve dvou provedeních EPS 70 F a EPS 100 F. Pro zateplení objektu byla vybrána varianta EPS 100 F, která má sice vyšší cenu, ale disponuje lepší odolností proti mechanickému poškození a lepšími tepelně izolačními vlastnostmi.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zateplování.com: Historie a současnost zateplovacích systémů. *Zateplovani.com* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <http://www.zateplovani.com/2013/05/jiz-praclovek-resil-tepelnou-pohodu.html>
- [2] Dřevovláknité izolace a konstrukční desky | E-shop Přírodní Stavba. *Přírodní stavba, EKO a BIO materiály* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/drevovlaknita-izolace/>
- [3] G 57. *Panelové domy* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/g-57.html>
- [4] Tepelná izolace. Přehled, materiály a použití | Stavebnictvi3000.cz. *Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>
- [5] Zateplování.com: Materiály zateplovacích systémů. *Zateplování.com* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <http://www.zateplovani.com/2013/08/materialy-zateplovacich-systemu.html>
- [6] Expandovaný polystyren EPS - FórumPodlah.cz. *FórumPodlah.cz - vše o podlahách na jednom místě* [online]. Copyright © 2015 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.forumpodlah.cz/expandovany-polystyren-eps>
- [7] Co je vlastně extrudovaný polystyren a proč ho použít? | Stavebniny-Rychle.cz. *Stavebniny, tepelné izolace | Stavebniny-Rychle.cz* [online]. Copyright © 2021 Stavebniny [cit. 2021-02-04]. Dostupné z: <http://www.stavebniny-rychle.cz/co-je-vlastne-extrudovany-polystyren-a-proc-ho-pouzit.html>
- [8] Extrudovaný polystyren - Stavebniny STAMONT. *Stavebniny STAMONT* [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.stamont.eu/sortiment/tepelna-izolace-hydroizolace/extrudovany-polystyren/>
- [9] Izolační desky PIR - FórumPodlah.cz. *FórumPodlah.cz - vše o podlahách na jednom místě* [online]. Copyright © 2015 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://www.forumpodlah.cz/izolacni-desky-pir>

- [10] Izolace ze skelné vaty - přehled sortimentu výrobců izolací ze skleněných vláken | Izolace-info.cz. *Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích* | Izolace-info.cz [online]. Copyright © 2008 [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/katalog/vlaknite-izolace/skelna-vata/>
- [11] Pěnové sklo – Wikipedie. [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pěnové_sklo
- [12] Porovnání nákladů na zateplovací systém – konopí - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. Copyright © Copyright [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2603.porovnani-nakladu-na-zateplovaci-system-konopi>
- [13] Konopná izolace 80x600x1200 mm | E-shop Přírodní stavba. *Přírodní stavba, EKO a BIO materiály* [online]. [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/konopna-izolace-80x600x1200-mm-4517.html>
- [14] Porovnání nákladů na zateplovací systém – rostlinná vlákna - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. Copyright © Copyright [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2854.porovnani-nakladu-na-zateplovaci-system-rostlinna-vlakna>
- [15] Lněná izolace NATURIZOL 40x600x1200 mm | E-shop Přírodní stavba. *Přírodní stavba, EKO a BIO materiály* [online]. [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/lnena-izolace-naturizol-rohoz-40x600x1200-mm-3425.html>
- [16] Porovnání nákladů na zateplovací systém – ovčí vlna - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. Copyright © Natruwool s. r. o. [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2877.porovnani-nakladu-na-zateplovaci-system-ovci-vlna>
- [17] Porovnání nákladů na zateplovací systém – dřevovláknité desky - ESTAV.cz. *ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení*. [online]. Copyright © Copyright [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/2465.porovnani-nakladu-na-zateplovaci-system-drevovlaknita-desky>
- [18] Pavatex - Dřevovláknitá izolace Pavatherm Combi | Izolace | STAVTEse.cz. *Krytiny, Okna, Izolace | STAVTEse.cz - Levný materiál pro Vaši střechu*. [online]. [cit. 2021-08-28]. Dostupné z: <https://stavtese.cz/produkt/pavatex-drevovlaknita-izolace-pavatherm-combi/>

- [19] komparo - nízkoenergetické a pasivní domy. *komparo - nízkoenergetické a pasivní domy* [online]. Copyright © KOMPARO 2021 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <http://www.komparo.cz/vystavba>
- [20] Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy – co je co? – Nazeleno.cz. *Nazeleno.cz – Chytrá řešení pro každého* [online]. Copyright © 2018 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>
- [21] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [22] Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov
- [23] HUDCOVÁ, Lenka a kol. *Energetická náročnost budov* [online]. Praha: EkoWATT, centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2009 [cit. 2021-09-01]. ISBN 978-80-87333-03-7. Dostupné z: <http://docplayer.cz/738563-Narocnost-ekowatt-2009-lenka-hudcova-a-kol.html>
- [24] Termovize - Bevedo.cz. *Bevedo.cz - vyhledávač pro váš domov* [online]. Copyright © 2016 Bevedo.cz [cit. 2021-08-31]. Dostupné z: <https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/termovize/>
- [25] Průkaz energetické náročnosti | AB Solartrip. *Úvod | AB Solartrip* [online]. [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <http://www.energyprukaz.cz/prukaz-energeticke-narocnosti-a-energeticky-stitek-obalky-budov/>
- [26] Energetické štítky obálky budov. *TZUS* [online]. Copyright © 2021 TZÚS, s.p. [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <https://www.tzus.cz/sluzby/certifikace-budov/energeticke-stitky-prukazy-audity/energeticke-stitky-obalky-budov>
- [27] Průkaz energetické náročnosti budovy – Wikipedie. [online]. [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Průkaz_energetické_náročnosti_budovy
- [28] Energetický audit - Asociace energetických auditorů : energetický audit, poradenství, legislativa. *Asociace energetických auditorů : energetický audit, poradenství, legislativa* [online]. Copyright © [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <https://www.aea.cz/energeticky-audit>
- [29] Energetický posudek - Asociace energetických auditorů : energetický audit, poradenství, legislativa. *Asociace energetických auditorů : energetický audit, poradenství, legislativa* [online]. Copyright © [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: <https://www.aea.cz/energeticky-posudek>

- [30] Venkovní nebo vnitřní izolaci stěn? - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online]. [cit. 2021-09-03]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/venkovni-nebo-vnitri-izolaci-sten-23694.html>
- [31] Zatepovací systémy druhy, zateplovací systém ETICS . *Zateplení fasád budov, bytových a panelových domů v Moravskoslezském kraji Kwaczek* [online]. Copyright © 2021, Zbigniew Kwaczek [cit. 2021-09-03]. Dostupné z: <https://www.zatepleni-kwaczek.cz/zateplovaci-systemy>
- [32] Izolace ISOVER pro šikmé i ploché střechy - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online]. [cit. 2021-09-04]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/strechy-stresni-krytina-krovy-6699.html>
- [33] Stavebniny DEK. *Stavebniny DEK* [online]. Copyright © 2021 DEK a.s. [cit. 2021-09-04]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/sikme-strechy>
- [34] Výhody zelené střechy - GreenVille zelené střechy, střešní zahrady a fasády. *GreenVille zelené střechy, střešní zahrady a fasády - Společnost GreenVille - Váš partner pro zelené střechy a fasády* [online]. [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.greenville.cz/vyhody-zelene-strechy.html>
- [35] Stavebniny DEK. *Stavebniny DEK* [online]. Copyright © 2021 DEK a.s. [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/vegetacni-strechy>
- [36] Stavebniny DEK. *Stavebniny DEK* [online]. Copyright © 2021 DEK a.s. [cit. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/obsah/technicka-podpora/terasy>
- [37] Zateplení soklu | Baumit.cz. *Úvod | Baumit.cz* [online]. [cit. 2021-09-07]. Dostupné z: <https://baumit.cz/reseni/zateplovaci-systemy/zatepleni-soklu>
- [38] Jak zateplit sokl a základy. *Venkovský dům- projekty a stavební knihy* [online]. [cit. 2021-09-07]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/zatepleni-soklu-a-zakladu-postup/>
- [39] Zateplení soklu. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2021 [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aplikace/zatepleni-soklu-spodni-stavby/zatepleni-soklu>

- [40] Zateplení podlahy, stropu a podhledu. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2021 [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/aplikace/zatepleni-podlahy-stropu-podhledu>
- [41] Zateplení podlahy - ano či ne?. *Dřevěné podlahy a parkety | Empiri | Podlahy* [online]. [cit. 2021-09-08]. Dostupné z: <https://www.empiri.cz/zatepleni-podlahy/>
- [42] CUPAL, Martin. *Ekonomická efektivnost investic: Ekonomické metody hodnocení efektivnosti investic*. Brno: Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické.
- [43] NOVÁKOVÁ, Libuše. *Kalkulace a nabídky ve stavebnictví* [online]. České Budějovice, 2013 [cit. 2021-09-09]. Dostupné z: <https://is.vstecb.cz/do/vste/pr/IPV/rs/kn/opora.pdf>
- [44] MARKOVÁ, Leona. *Ceny ve stavebnictví: Průvodce studiem předmětu* [online]. V Brně: Vysoké učení technické, Fakulta stavební. [cit. 2021-09-12] Dostupné z: <https://adoc.pub/queue/ceny-ve-stavebnictvi.html>
- [45] SKUPA, Jan. *Rodinný dům s kavárnou*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce Danuše Čuprová
- [46] REINBERK, Zdeněk. *Ceny zemního plynu 2021. TZB-info* [online]. Topinfo, c2001-2021 [cit. 2021-09-25]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [47] Fakta a mýty: Víte, čím zateplujete svůj dům? | *Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích* | *Izolace-info.cz* [online]. Copyright © 2008 [cit. 04.10.2021]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-fasady/21198-fakta-a-myty-vite-cim-zateplujete-svuj-dum-a.html>
- [48] Životnost a stárnutí minerální izolace | *Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích* | *Izolace-info.cz* [online]. Copyright © 2008 [cit. 04.10.2021]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-obecne-informace/21048-zivotnost-a-starnuti-mineralni-izolace-a.html>
- [49] ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [50] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.

- [51] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [52] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [53] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
- [54] Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií
- [55] Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku
- [56] Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči
- [57] Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny
- [58] Vyhláška č. 441/2013 Sb., o oceňování majetku (oceňovací vyhláška)

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1: Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou Θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [21]
- Tab. 2: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou Θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně [21]
- Tab. 3: Požadované a doporučené hodnoty lineárního a bodového činitele prostupu tepla tepelných vazeb mezi konstrukcemi [21]
- Tab. 4: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [21]
- Tab. 5: Skladba obvodové stěny – Varianta bez zateplení [vlastní]
- Tab. 6: Zateplení obvodové stěny – Varianta 1 [vlastní]
- Tab. 7: Zateplení obvodové stěny – Varianta 2 [vlastní]
- Tab. 8: Zateplení obvodové stěny – Varianta 3 [vlastní]
- Tab. 9: Zateplení ploché střechy [vlastní]
- Tab. 10: Zateplení podlahy na zemině [vlastní]
- Tab. 11: Zateplení podlahy nad nevytápěným prostorem [vlastní]
- Tab. 12: Zateplení soklu [vlastní]
- Tab. 13: Posouzení součinitele protupu tepla dle normy ČSN 73 0540-2 [vlastní]
- Tab. 14: Posouzení kondenzace vodní páry v konstrukci dle normy ČSN 73 0540-2 [vlastní]
- Tab. 15: Vstupní údaje o budově [vlastní]
- Tab. 16: Náklady na vytápění a ohřev teplé vody [vlastní]
- Tab. 17: Rozpočet krycí list – Varianta 1 [vlastní]
- Tab. 18: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 1 [vlastní]
- Tab. 19: Rozpočet krycí list – Varianta 2 [vlastní]
- Tab. 20: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 2 [vlastní]
- Tab. 21: Rozpočet krycí list – Varianta 3 [vlastní]
- Tab. 22: Rozpočet rekapitulace dílů – Varianta 3 [vlastní]
- Tab. 23: Prostá doba návratnosti [vlastní]
- Tab. 24: Reálná doba návratnosti [vlastní]
- Tab. 25: Čistá současná hodnota [vlastní]

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Součinitel prostupu tepla obvodové stěny [vlastní]

Graf 2: Součinitel prostupu tepla ostatních konstrukcí [vlastní]

Graf 3: Součinitel prostupu tepla výplní otvorů [vlastní]

Graf 4: Kondenzace vodní páry v konstrukci [vlastní]

Graf 5: Energetická náročnost budovy [vlastní]

Graf 6: Náklady a úspora na vytápění a ohřev teplé vody [vlastní]

Graf 7: Náklady na provedení zateplení [vlastní]

Graf 8: Prostá a reálná doba návratnosti [vlastní]

Graf 9: Čistá současná hodnota [vlastní]

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Dřevovláknitá izolační deska [2]
Obr. 2: Panelová soustava G57 [3]
Obr. 3: Expandovaný pěnový polystyren EPS [6]
Obr. 4: Extrudovaný polystyren XPS [8]
Obr. 5: Izolační desky PIR [9]
Obr. 6: Skelná vlna [10]
Obr. 7: Pěnové sklo [11]
Obr. 8: Konopná izolace [13]
Obr. 9: Izolace z lněných vláken [15]
Obr. 10: Ovčí vlna [16]
Obr. 11: Dřevovláknitá deska [18]
Obr. 12: Schéma klasického pasivního domu [20]
Obr. 13: Využití termovize u rodinného domu [24]
Obr. 14: Energetický štítek obálky budovy [26]
Obr. 15: Průkaz energetické náročnosti budovy [27]
Obr. 16: Metodický postup energetického auditu [28]
Obr. 17: Metodický postup energetického posudku [29]
Obr. 18: Zateplovací systém ETICS [31]
Obr. 19: Průběh teplot v zateplené a nezateplené stěně [31]
Obr. 20: Dvouplášťová střecha se skládanou krytinou a podhledem [33]
Obr. 21: Jednoplášťová vegetační střecha s povlakovou hydroizolací [35]
Obr. 22: Jednoplášťová pojížděná střecha s povlakovou hydroizolací [36]
Obr. 23: Komponenty zatepleného soklu [38]
Obr. 24: Oblast soklu s tepelnou izolací a bez izolace [38]
Obr. 25: Rozpočet stavebního objektu [44]
Obr. 26: První strana PENB – Varianta bez zateplení [vlastní]
Obr. 27: Druhá strana PENB – Varianta bez zateplení [vlastní]
Obr. 28: První strana PENB – Varianta 1 [vlastní]
Obr. 29: Druhá strana PENB – Varianta 1 [vlastní]
Obr. 30: První strana PENB – Varianta 2 [vlastní]
Obr. 31: Druhá strana PENB – Varianta 2 [vlastní]
Obr. 32: První strana PENB – Varianta 3 [vlastní]

Obr. 33: Druhá strana PENB – Varianta 3 [vlastní]

SEZNAM ZKRATEK

CO ₂	oxid uhličitý
např.	například
NP	nadzemní podlaží
cm	centimetr
tkz.	takzvaný
m ²	metry čtvereční
EPS	expandovaný pěnový polystyren
XPS	extrudovaný polystyren
PIR	polyisokyanurát
UV	ultrafialové
popř.	popřípadě
ČSN	česká státní norma
kWh	kilowatthodina
h	hodina
č.	číslo
Sb.	sbírky
W	watt
K	kelvin
°C	stupně celsia
tab.	tabulka
kg	kilogram
m ³	metry krychlové
EN	evropská norma
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci
Pa	pascal
ČR	Česká republika
GJ	gigajoule
kW	kilowatt
MW	megawatt
cca	přibližně
min.	minimálně
cm	centimetr

PB	doba návratnosti
NPV	čistá současná hodnota
PI	index ziskovosti
§	paragraf
m	metr
mm	milimetr
tl.	tloušťka
AKU	akustické
λ	součinitel tepelné vodivosti
R _w	vzduchová neprůzvočnost
dB	decibel
μ	faktor difuzního odporu
m. n. m.	metry nad mořem
l	litr
MWh	megawatthodina
Kč	korun českých
PSC	poštovní směrovací číslo
SV	severovýchod
JV	jihovýchod
JZ	jihozápad
SZ	severozápad

SEZNAM PŘÍLOH

1) Přílohy

- a) Tepelně technické posouzení konstrukce
 - Součinitel prostupu tepla
 - Kondenzace vodní páry
- b) Průkaz energetické náročnosti budovy
 - Energetická náročnost budovy
 - Protokol průkazu
 - Základní přehled
 - Protokol k energetickému štítku obálky budovy
 - Energetický štítek obálky budovy
 - Protokol měrné roční potřeby tepla na vytápění
- c) Položkový rozpočet stavby
- d) Doba návratnosti investice
 - Prostá doba návratnosti
 - Reálná doba návratnosti
 - Čistá současná hodnota

2) Výkresová dokumentace

- Půdorys 1PP
- Půdorys 1NP
- Půdorys 2NP
- Řez A-A'
- Řez B-B'
- Pohled severovýchodní a severozápadní
- Pohled jihovýchodní a jihozápadní