



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**VLIV PROVEDENÍ ZATEPLENÍ STAVBY PRO RODINOU
REKREACI NA VÝDAJE SPOJENÉ S JEJÍM PROVOZEM**

INFLUENCE OF INSULATING A BUILDING FOR FAMILY HOLIDAY ON THE EXPENSES RELATED TO ITS
OPERATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Hanyk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Josef Čech, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav soudního inženýrství
Student: **Bc. Tomáš Hanyk**
Studijní program: Soudní inženýrství
Studijní obor: Realitní inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Josef Čech, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

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 stavby pro rodinou rekreaci na výdaje spojené s jejím provozem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem práce je provést návrh na zateplení rekreačního objektu v obci Pernink. Na základě tohoto návrhu pak stanovit rozdíl nákladů na provozování (vytápění) stavby před a po provedení jeho zateplení. Následně pak posoudit ekonomickou návratnost investice spojené s realizací navržené stavební úpravy a provozem stavby se zohledněním použití vlastních finančních prostředků a půjčených finančních prostředků.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je ekonomické zhodnocení návratnosti navrženého zateplení stavby pro individuální rekreaci se zohledněním způsobu financování navržené stavební úpravy.

Seznam doporučené literatury:

BRADÁČ, A. a kol. Teorie a praxe oceňování nemovitých věcí, 1. vydání, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2016 Brno. 790 s. ISBN 978-80-7204-930-1.

Dahlsveen, T., Petráš, D., Hirš, J. Energetický audit budov, Jaga, 2003, 344 s, ISBN 80-88905-86-9.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií + prováděcí vyhlášky.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D. ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vlivem provedení tepelné izolace rekreačního objektu na náklady spojené s užíváním této nemovitosti. Teoretická část práce se zaměřuje na popis zateplovacích materiálů, druhy zateplovacích systémů a tvorbu cen ve stavebnictví. V praktické části jsou navržena řešení tepelné izolace objektu v obci Pernink v Karlovarském kraji. Je stanovena kalkulace nákladů na provedení stavebních prací a vypočtena prostá návratnost investice a úspora budoucích nákladů spojených s užíváním stavby.

Abstract

This diploma thesis deals with the impact of thermal insulation on expenses related to the operation of the weekend house. Theoretical part describes options of thermal insulation systems, insulation methods, describes structural prices and costs. Practical part of this thesis describes heat costs on specific weekend house situated in Karlovy Vary region. Thermal insulations are designed in three different variants. Calculation of costs of every designed insulation system is included in this thesis. In next part of thesis is calculated return of investment for every designed solution. In conclusion of the diploma thesis are compared impacts of thermal insulation on expenses related to the operation of the weekend house.

Klíčová slova

Zateplení stavby, vytápění, cena, náklady, rekreační objekt, návratnost investice, úspora energie, tepelná ztráta, součinitel prostupu tepla, energetická náročnost.

Keywords

Insulation, thermal heating, price, expenses, weekend house, return of investment, energy saving, heat loss, heat transfer coefficient, energy consumption.

Bibliografická citace (vzor, generuje se v IS)

HANYK, T. *Vliv provedení zateplení stavby pro rodinou rekreaci na výdaje spojené s jejím provozem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2018. XY s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Čech, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

Podpis diplomanta

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Josefu Čechovi Ph.D. za odborné vedení a cenné rady v průběhu zpracovávání diplomové práce. Dále také děkuji také celé své rodině za podporu během mého studia na vysoké škole.

OBSAH

1	ÚVOD.....	13
2	ZATEPLENÍ STAVEB.....	14
2.1	ZATEPLOVÁNÍ STAVEB V MINULOSTI	17
2.2	ZATEPLOVÁNÍ STAVEB DNES.....	18
3	ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV	19
3.1	TEPELNÉ ZTRÁTY.....	19
3.2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	20
3.3	ENERGETICKÝ AUDIT	22
4	PROGRAM ZELENÁ ÚSPORÁM.....	24
4.1	HISTORIE PROGRAMU.....	24
4.2	AKTUÁLNÍ DĚLENÍ PROGRAMU V ROCE 2018	25
4.3	PRAVIDLA PRO PODÁNÍ ŽÁDOSTI	26
5	CHARAKTERISTIKA DRUHŮ ZATEPLENÍ	27
5.1	MINERÁLNÍ IZOLACE	30
5.2	EXPANDOVANÝ POLYSTYREN (EPS)	31
5.3	EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN (XPS).....	31
5.4	PĚNOVÉ POLYURETANY (PUR).....	32
5.5	PŘÍRODNÍ IZOLACE.....	33
5.6	KERAMICKÉ BLOKY	35
6	OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT	36
6.1	TEPELNĚ IZOLAČNÍ OMÍTKY	36
6.2	OKNA S LEPŠÍM SOUČinitelem PROSTUPU TEPLA	37
6.2.1	Plastová okna	37
6.2.2	Dřevěná okna	37
6.2.3	Kovová okna	37
6.3	ZATEPLENÍ SPODNÍ STAVBY OBJEKTU A PODLAHY	39
6.4	SYSTÉM ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ	39
6.5	SYSTÉM VYTÁPĚNÍ S TEPELNÝM ČERPADLEM	40
7	TEORIE CENY.....	41
7.1	TVORBA CEN STAVEBNÍCH PRACÍ	41
7.1.1	Položkový rozpočet.....	41
7.1.2	Agregované položky	42
8	OBJEKT PERNINK	43
8.1	POPIS OBJEKTU	43
8.2	ZHODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCÍ	44

8.3	TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU	45
9	NÁVRH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ	49
9.1	ŘEŠENÍ A	50
9.2	ŘEŠENÍ B	54
9.3	ŘEŠENÍ C	58
9.4	POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	61
10	FINANČNÍ ANALÝZA ZATEPLENÍ	63
10.1	FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ A	63
10.2	FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ B	64
10.3	FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ C	65
10.4	POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT	66
11	EKONOMICKÁ NÁVRATNOST INVESTICE A FINANCOVÁNÍ	68
11.1	NÁVRATNOST INVESTICE	68
11.2	FINANCOVÁNÍ	69
11.2.1	FINANCOVÁNÍ Z VLASTNÍCH FINANČNÍCH PROSTŘEDKŮ	69
11.2.2	HYPOTEČNÍ FINANCOVÁNÍ	70
12	ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ	73
	SEZNAM PŘÍLOH:	75
	POUŽITÉ ZDROJE:	76
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:	78
	SEZNAM TABULEK:	79
	SEZNAM GRAFŮ:	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ:	80

1 ÚVOD

Minimalizace nákladů, jedno z nejčastěji se opakujících témat probíraných nejen při plánování novostavby či rekonstrukce stávajícího objektu. Náklady spojené s vytápěním objektu nepatří k zanedbatelným položkám. Při vhodně zvoleném zateplovacím systému lze dosáhnout značných úspor. Nejedná se pouze o úspory finanční, ale i úspory produkce emisí vznikajících při vytápění, případně výrobě energie. Snižování energetické náročnosti staveb přispívá ke zlepšení stavu životního prostředí. Další výhodou zateplení stavby je zlepšení tepelné pohody uvnitř objektu a zlepšení komfortu budoucího užívání stavby. Komfort užívání se projeví nejen v průběhu topné sezóny, ale také zabráníme rychlému akumulování tepla v obvodových konstrukcích a následnému ohřívání vzduchu uvnitř stavby v průběhu horkých letních dní. V neposlední řadě slouží zateplení k vylepšení vizuální stránky objektu, zejména u dodatečných rekonstrukcí a dodatečného zateplení objektu. Nejčastějším faktorem rozhodujícím o investici do tepelného zateplení stavby u většiny stavebníků však zůstávají stále náklady na realizaci a návratnost finančních prostředků vložených do zateplení stavby.

Tepelná izolace patří mezi nejzásadnější části každého objektu. Materiálů a konstrukčních řešení je v dnešní době nepřeberné množství. Již při plánování výstavby je třeba odpovědět na otázku, jaký tepelně izolační systém bude pro vybranou stavbu nejvhodnější. Výběr materiálu a jejich vzájemné spolupůsobení je základním předpokladem pro správnou funkci zateplovacího systému a jeho dlouhou životnost. Materiálové charakteristiky a nejčastěji používané druhy zateplení v České republice budou popsány v teoretické části této diplomové práce.

Cílem této diplomové práce je provést návrh zateplení rekreačního objektu v obci Pernink a posouzení vlivu stavebních úprav na náklady spojené s užíváním této nemovitosti. Stavba je bez tepelné izolace, dochází tedy k vysokým tepelným ztrátám v průběhu topné sezóny, která je vlivem klimatických podmínek podhorské oblasti objektu velmi dlouhá a finančně náročná.

Na základě provedeného návrhu tepelné izolace stavby bude provedena kalkulace nákladů na provedení stavebních prací a vypočtena prostá doba návratnosti investovaných finančních prostředků. Následovně bude provedena analýza financování při využití vlastních finančních prostředků a varianta hypotečního financování. V závěru diplomové práce dojde k zhodnocení zjištěných poznatků a návrhu optimálního řešení pro posuzovaný objekt pro rodinnou rekreaci.

2 ZATEPLENÍ STAVEB

Zateplení staveb a obálka objektu jako celek patří mezi nejdůležitější části každé stavby. Již při plánování výstavby bychom si měli klást otázku, jaký zateplovací systém bude pro danou stavbu nejvhodnější.

Tato problematika se ale dnes nedotýká pouze novostaveb, ale i rekonstrukcí stávajících objektů, které se z důvodů velkých tepelných ztrát a trvalého zvyšování cen energií stávají značně neekonomické. Zateplení domu je důležité z mnoha důvodů. Často je uváděno, že jediným důvodem zateplení stavby je úspora nákladů na vytápění, to ale není úplně pravda. Důležitých faktorů, proč zateplit objekt je mnohem více. (1)

Výhody zateplení objektu:

- Snížení nákladů na vytápění v průběhu topné sezóny.
- Zkrácení topné sezóny.
- Prodloužení životnosti objektu.
- Ochrana životního prostředí.
- Odstranění kondenzace vodní páry na stěnách.
- Eliminace vzniku tepelných mostů.
- Snížení maximálních teplot v objektu vlivem zateplení stavby.
- Změna vzhledu objektu.

Snížení nákladů na vytápění

Investicí do zateplovacího systému lze rapidně snížit náklady na vytápění objektu. Pro porovnání – u starého domu, který není zateplen, dosahuje roční spotřeba 200 kWh/m². Běžný dům, který je minimálně zateplen dosahuje roční spotřeby 115 kWh/m², nízkoenergetické domy se pohybují okolo hranice 50 kWh/m², pasivní domy dosahují hodnot pouze 15 kWh/m² a nulové domy se dokonce přibližují spotřebě 5 kWh/m². Na tomto příkladu lze jasně pozorovat, jaké úspory je možno dosáhnout v závislosti na zvolené úrovni zateplení objektu.

Zkrácení topné sezóny

Oddálením začátku topné sezóny a přiblížením jejího konce se výrazně zkrátí délka topné sezóny a tím i vynaložené náklady na vytápění. Peníze vložené do zateplení se vrací úsporou nákladů za vytápění v průběhu topné sezóny. Jedná se tak o investici s vysokou mírou jistoty. Návratností investice se budu podrobněji zabývat v praktické části diplomové práce.

Prodloužení životnosti stavby

Zateplení snižuje teplotní roztažnost materiálů vznikající rozdílem denních a nočních teplot a zamezuje tvoření mikrotrhlinek. Zateplovací systém u betonové konstrukce zamezuje karbonizaci betonu, nedochází tedy ke korozi ocelové výztuže v betonu.

Ochrana životního prostředí

Vysoká spotřeba energie je zátěží pro životní prostředí, obzvláště pokud používáme k topení fosilní paliva. Snížením energetické náročnosti snížíme emise skleníkových plynů a výskyt kyselých dešťů.

Odstranění kondenzace vodní páry na stěnách

Vhodnou volbou tepelné izolace lze téměř úplně zamezit kondenzaci vodních par. Kondenzace je nebezpečná hlavně u dřevěných konstrukcí, kde hrozí hniloba nebo rozšíření dřevokazných hub a následná ztráta požadovaných vlastností a pevnosti.

Vodní pára v objektu vzniká v budovách převážně respirací (dýcháním živých organismů), vařením, sprchováním a chemickými procesy probíhajícími v bytě.

Relativní vlhkost vzduchu se odvíjí od teploty ovzduší a množství vodní páry v něm obsažené. (2)

Vybrané vlastnosti vzduchu a hodnoty, při kterých vzniká riziko výskytu plísní jsou přehledně zobrazeny v následující tabulce č. 1.

Tabulka č.1. Tabulka vybraných vlastností vzduchu v místnosti. (2)

	teplota vzduchu	relativní vlhkost vzduchu	tlak vodní páry	obsah vodní páry	teplota vzduchu, při které dochází ke kondenzaci	teplota vzduchu, při které dochází k riziku vzniku plísní
	[°C]	[%]	[Pa]	[g/m ³]	[°C]	[°C]
1	-15	84	139	0,87	-16,9	
2	20	25	584	4,33	-0,5	2,5
3	20	30	701	5,19	1,9	5,1
4	20	35	818	6,06	4,1	8,6
5	20	40	935	6,92	6,0	7,9
6	20	45	1052	7,79	7,7	11,0
7	20	50	1169	8,65	9,3	12,6
8	20	55	1285	9,52	10,7	14,1
9	20	60	1402	10,38	12,0	15,4
10	20	65	1519	11,25	13,2	16,7
11	20	70	1636	12,11	14,4	17,9
12	20	75	1753	12,98	15,4	19,0
13	20	80	1870	13,84	16,5	20
14	20	85	1986	14,71	17,4	
15	20	90	2103	15,57	18,3	
16	20	95	2220	16,44	19,2	
17	20	100	2337	17,30	20	

Ideální vlhkost ovzduší pro bydlení a zdraví člověka se pohybuje mezi 50 až 60 %. Nesmí být přítomny plísně a jejich spóry. Vzniku plísní lze předejít přiměřeným větráním místností a správným provedením izolací. Plísně nejčastěji vznikají v oblasti tepelných mostů a v místech, kde nedochází k dostatečnému proudění vzduchu, nejčastěji v rozích místností. (2)

Eliminace tepelných mostů

Tepelný most je místo, kde vlivem jiného tvaru detailu stavebního prvku nebo použitím jiného materiálu dochází ke zvýšenému tepelnému toku a ztrátám. Nejčastější místa vzniku tepelných mostů jsou v úrovni stropních konstrukcí, rohů stavby a výplní otvorů.

Teplené mosty se vyskytují na každé stavbě, ale snažíme se jejich počet a vliv minimalizovat, protože nepříznivě ovlivňují vnitřní mikroklima a zapříčiňují tepelné ztráty. Tepelné mosty se posuzují dle technických norem, především dle ČSN 73 0540–2. (3)



obr. č.1 Nezateplený rodinný dům. [4]



obr. č. 2 Termovizní snímek nezatepleného rodinného domu. (4)

Na obrázku č. 2 lze vidět místa častého výskytu tepelných mostů, jedná se o nezateplený objekt. Měření bylo provedeno termovizní kamerou. Bílá barva, která přechází v červenou znázorňuje nejčastější místa vzniku tepelných mostů.

Snížení maximálních teplot v objektu vlivem zateplení stavby.

Zateplením stavby snižujeme i případné náklady na chlazení interiéru objektu. Nejen náklady na pořízení chladicí jednotky, ale především náklady na energeticky náročný provoz během horkých letních dnů. Na ochlazení místnosti o jeden stupeň je v porovnání s vytápěním zapotřebí až trojnásobku energie. (1)

Změna vzhledu objektu

Změna vzhledu staveb se dotýká hlavně rekonstrukcí starších objektů. Objekt na kterém provádíme dodatečné zateplení obvodového pláště získá ve finální fázi rekonstrukce novou vnější povrchovou úpravu a tím i nový vzhled.

2.1 ZATEPLOVÁNÍ STAVEB V MINULOSTI

Dříve nebyly stavby zateplovány tak intenzivně jako nyní. Bylo to dáno nižšími cenami spotřebovaných energií, méně přísnými normami a také omezenějšími znalostmi technologií. V minulosti se stavěly domy převážně ze snadno dostupných zdících materiálů. Hojně používány byly plné cihly, škvárobeton, cihelné a kamenné bloky. Tyto materiály neposkytovaly dostatečnou tepelnou izolaci a staré stavby proto často trpí poruchami způsobenými vztlínající vlhkostí. (5)

Následky nedostatečného zateplení staveb

V důsledku špatných tepelně izolačních vlastností dochází u starších staveb k vysokým energetickým ztrátám. Materiály používané dříve mají dobré akumulční schopnosti, tzn. dokáží velmi dobře držet teplotu, přejatou z okolního prostředí. V zimě tedy dochází k rychlému prochlazení objektu a naopak v létě k jeho přehřívání. Oba tyto faktory jsou nežádoucí. V případě nedostatečného vytápění vnitřních prostor dochází k ochlazení vzduchu, zhoršování tepelné pohody a ke vzniku hygienických problémů. Problémy se objevují hlavně v místech tepelných mostů, nejčastěji ve styku stavebních konstrukcí. Nejvíce ohrožená místa jsou v prvních a posledních nadzemních podlažích objektu. Problémů se lze vyvarovat přetápěním vnitřních prostor, ale nepříjemným důsledkem jsou velmi vysoké náklady na vytápění takových staveb. (6)

2.2 ZATEPLOVÁNÍ STAVEB DNES

Zateplování staveb je v současné době velmi diskutované téma. Nejen z důvodů rostoucích cen energií, ale také z důvodu podpory zateplování staveb pomocí různých dotačních programů. Významnými aspekty při rozhodování, zda zateplit dům jsou i lepší vlastnosti nových materiálů, které nám pozitivně ovlivňují vnitřní klima v objektu a zlepšují komfort bydlení.

Volba zateplovacího systému

Vhodnou volbou zateplovacího systému docílíme ideálních podmínek pro život. Vnitřní klima objektu je zásadní zejména pro osoby, které trpí různými druhy onemocnění dýchacích cest, případně alergiemi. V takových případech může být ideální volbou některý z řady přírodních izolačních materiálů, které se pozvolna začínají prosazovat i u nás v České republice. Přírodní izolační materiály nabízí naprostou zdravotní nezávadnost a ekologickou výrobu, která je šetrná k životnímu prostředí.

Požadavky a normy

Významným faktorem, který nelze opomenout při plánované výstavbě jsou také požadavky na výstavbu a normy, které je třeba splnit při stavebním záměru. Požadavky na kvalitu zateplení vychází z normy ČSN 73 0540-2. Dochází ke zpřísnění norem pro novou výstavbu i rekonstrukce stávajících objektů a tím i ke snižování energetické náročnosti staveb.

Snižování nákladů a návratnost investice

U většiny plánovaných novostaveb i rekonstrukcí stávajících objektů se projevuje snaha o co nejlepší tepelně izolační vlastnosti stavby a tím nižší náklady na budoucí provoz nemovitosti. V porovnání s minulostí je realizováno o mnoho více pasivních a nulových domů, tato skutečnost je dána zejména novými technologiemi, které umožňují snížit náklady spojené s provozem nemovitosti na minimální míru. Tyto technologie jsou v porovnání s minulostí o mnoho dostupnější a návratnost investice je tedy reálná v době životnosti stavby. Volba zateplení značně ovlivňuje cenu plánované výstavby a budoucí náklady na provoz nemovitosti. Proto je na každém investorovi zvážit výši počáteční investici a její případnou návratnost.

Trendy zateplení v současné době

Trendem současné doby je zateplování rodinných domů nejen z tradičních izolačních materiálů jako jsou polystyren, případně minerální vlna ale využití přírodních a maximálně zdravotně nezávadných materiálů. Jedná se především o přírodní izolanty na bázi lnu, konopí, dřevité izolace, případně systémy, využívající k zateplení ovčí vlnu. Tyto materiály velmi dobře spolupůsobí s konstrukcí dřevostaveb, ale jejich použití je při volbě správných postupů a technologií vhodné i na tradiční zděné konstrukce. Přírodní materiály mají srovnatelné tepelně izolační vlastnosti s materiály tradičními, ale mají lepší schopnost regulace vnitřní vlhkosti a odvod vlhkosti od zdiva stavby. Výborné technické vlastnosti materiálu jsou ale odraženy v pořizovací ceně materiálu, která je v porovnání s tradičními a běžně používanými materiály výrazně vyšší.

3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Hodnocení energetické náročnosti budov má význam pro zjištění celkové tepelné charakteristiky budovy. Stanovuje se pro jednotnou úroveň klimatických podmínek a spotřeba se hodnotí bez uvažování vnitřních zdrojů tepla a pasivních solárních zisků. (6)

3.1 TEPELNÉ ZTRÁTY

Tepelná ztráta objektu je množství tepelné energie (tepelný tok), které z domu uniká prostupem tepla skrz konstrukce a větráním.

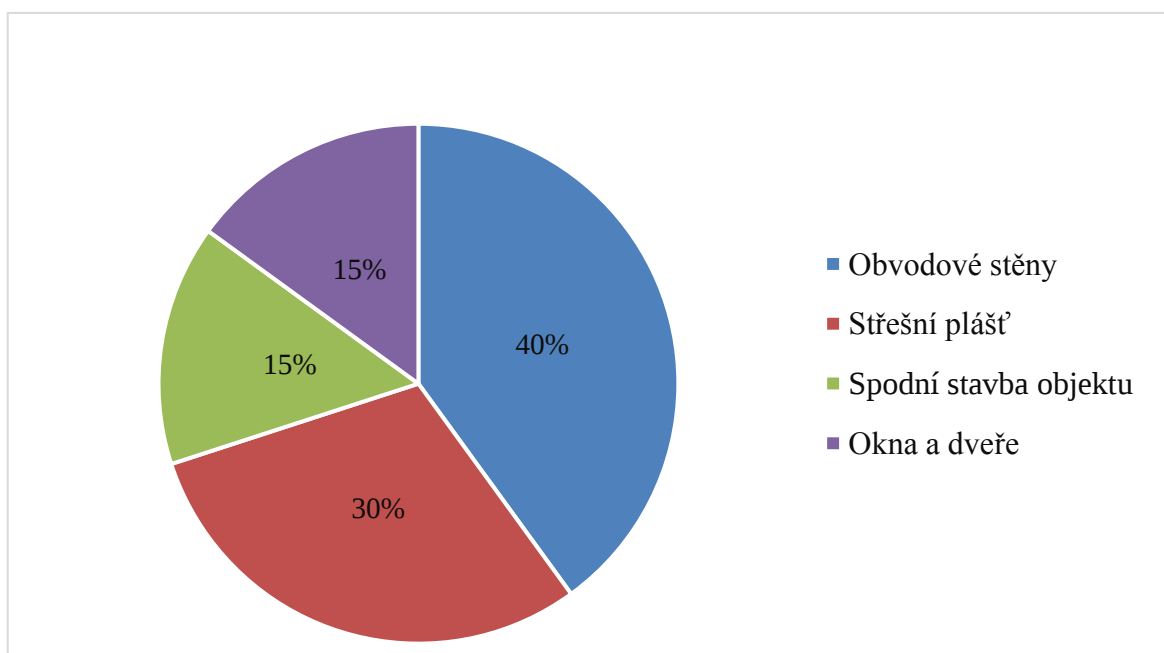
Tato spotřeba energie se počítá na extrémní podmínky, v ČR obvykle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, v teplejších oblastech $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v horských oblastech $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na tyto hodnoty musí pak být dimenzovány zdroje tepla a otopná tělesa. (7)

Rozlišujeme tři základní druhy tepelných ztrát dle způsobu jejich vzniku:

- prouděním
- sáláním
- vedením

Rozdělení tepelných ztrát dle podílu na celkové ztrátě objektu

Graf č.1 přehledně znázorňuje procentuální podíl úniků tepla jednotlivými konstrukcemi. Největší tepelné ztráty objektu jsou obvodovými stěnami a střešní konstrukcí, poté následují otvory v obvodovém plášti a spodní stavba objektu.



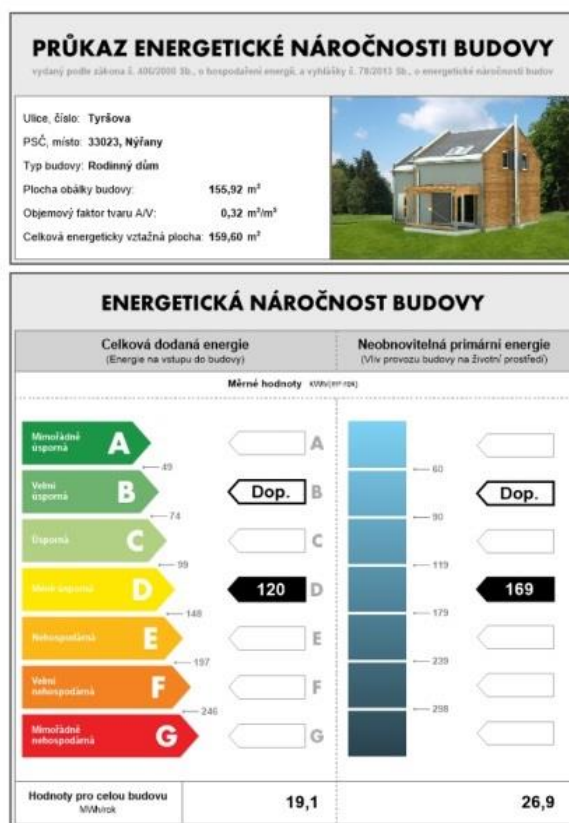
Graf č. 1 Podíl tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí.

3.2 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Pro tento průkaz se často využívá zkratka PENB. Je to dokument, ve kterém se komplexně hodnotí spotřeba energií v budově. Součástí hodnocení dokumentu jsou energie potřebné k ohřevu vody, vytápění, provozu klimatizace, větrání a osvětlení budovy. Hodnocení je na stupnici A až G, přičemž A je energeticky nejúspornější varianta.

Povinnost vypracování PENB od 1.7. 2015 platí pro následující (10):

- **Při prodeji domu:** odpovědnost za zajištění nese prodávající nemovitosti a za ním jsou sankce v případě nesplnění povinnosti. Kontrolu provádí inspektor ze Státní energetické inspekce. Kontrola probíhá namátkově, nebo na z podnětu třetí strany.
- **Při prodeji bytu v osobním vlastnictví:** Energetický štítek lze nahradit vyúčtováním dodávek elektřiny, plynu nebo jiného zdroje energie pro příslušnou jednotku za uplynulé 3 roky. Povinnost platí pro ucelené jednotky, za které je považováno: celé patro, polovina domu, bytová jednotka, nebo část domu se samostatným vchodem.
- **Energetický štítek k pronájmu:** Platí pro celou budovu, případně rodinný dům, administrativní budovy, nebo pro ucelené jednotky viz. předchozí bod. Povinností majitele je předložit průkaz energetické náročnosti nájemci před uzavřením nájemní smlouvy.
- **Novostavby:** Povinnou součástí projektové dokumentace ve stavebním řízení je energetický štítek budovy. Povinnost vypracování průkazu platí také u rekonstrukcí stávajících objektů, které vyžadují souhlas stavebního úřadu. Stavební úřad bez vypracovaného a předloženého štítku nevydá stavební povolení ke stavbě.
- **Veřejné stavby:** Vlastník budovy, nebo společenství vlastníků jsou povinni mít vypracovaný PENB u budov užívaných orgánem veřejné moci.
- **Energetický štítek pro SVJ:** Společenství vlastníků jednotek (SVJ) má povinnost obstarat energetický štítek v případě: prodeje celé, nebo ucelené části budovy, pronájmu budovy celé, nebo ucelené části. Pokud má SVJ vyhotovený štítek, stačí předložení ověřené kopie. Energetický štítek se vyhotovuje pro celou budovu a platí pro každou jeho jednotku.
- **Administrativní budovy:** Obdobně jako vlastníci bytových domů jsou i vlastníci administrativních budov povinni mít zpracovaný průkaz energetické náročnosti budovy.
- **Výjimky, které nevyžadují vypracování PENB:** Stavby do 50 m² vztahné plochy, budov určených speciálnímu využití, kulturní památky, památková rezervace, nebo stavby v památkové zóně. Stavby pro průmyslové využití se spotřebou energie do 700 GJ za rok.



obr. č. 3 Průkaz energetické náročnosti budovy. (9)

Obrázek č.3 zobrazuje přehledné rozdělení rodinných domů podle jejich tepelné náročnosti, v závislosti na jejich měrné roční spotřebě energie. Díky této tabulce lze snadno klasifikovat náročnost daného objektu. Následující tabulka č. 2. zobrazuje třídy energetické náročnosti i pro ostatní druhy staveb (měrná spotřeba energie v kWh/m².rok).

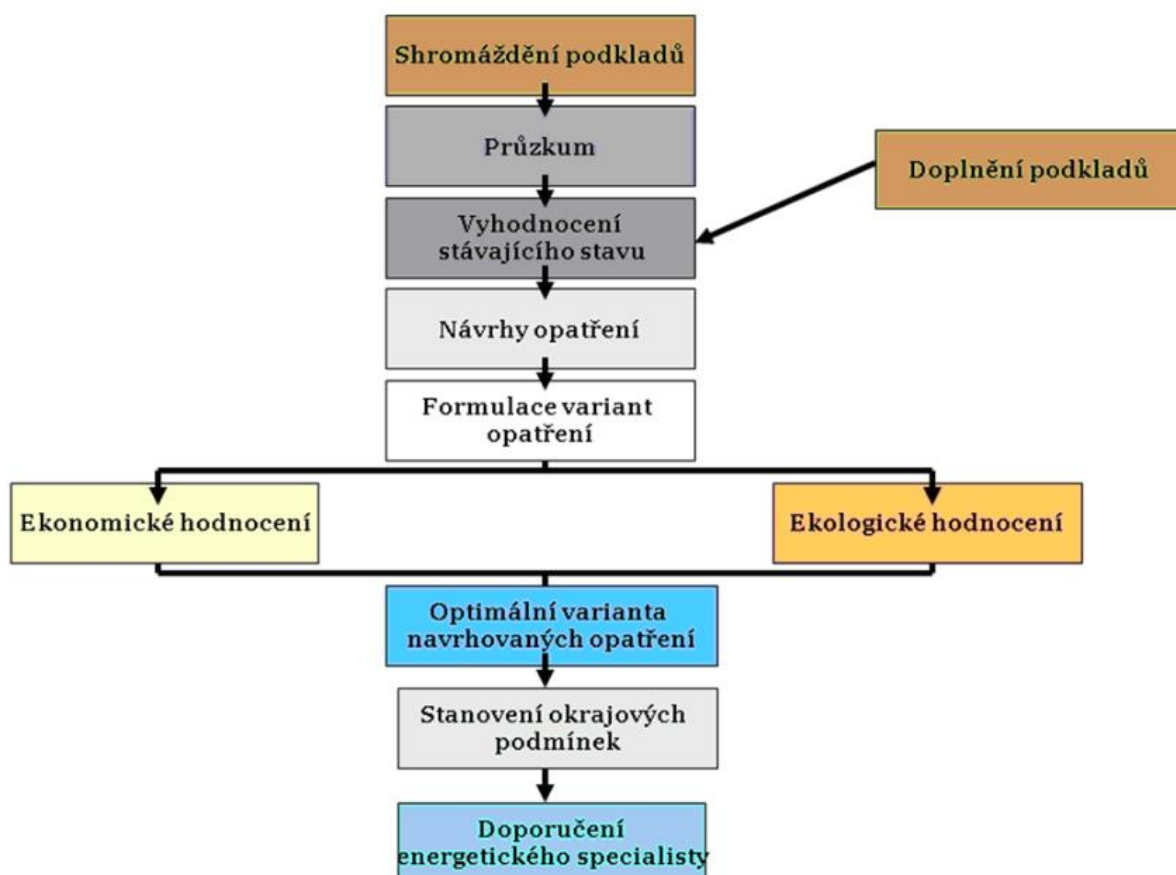
Tab. č. 2 Klasifikační třídy energetické náročnosti. (8)

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělávání	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Budova pro velkoobchod a maloobchod	< 67	67 - 121	122-183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

3.3 ENERGETICKÝ AUDIT

Obsahuje informace o stávající, nebo předpokládané úrovni spotřeby a využívání energie u staveb. Obsahuje návrh efektivního využití a stanovení postupu a popisu možných úspor, včetně doporučení na jejich realizaci. (10)

Slouží tedy ke snižování spotřeby energií a tím nákladů. Důraz je kladen i na ochranu životního prostředí. Výsledkem je studie podávající informace o současném hospodaření s energiemi v budově, vyhledává možná opatření vedoucí k jejich úsporám. Na základě těchto možností vedoucích k úsporám se sestavují alespoň dvě možné varianty, které se následně hodnotí z ekonomického hlediska, ekologie a energetické bilance. Závěrem je doporučení k realizaci výhodnější z navrhovaných variant úspor. Oprávnění zpracovávat energetický audit mají pouze energetičtí auditoři.



obr. č. 4 Metodický postup energetického auditu. (10)

Hlavní části energetického auditu:

- Titulní list.
- Identifikační údaje.
- Popis stávajícího stavu.
- Vyhodnocení stávajícího stavu.
- Návrhy opatření na zvýšení účinnosti energie.
- Výběr nejvhodnějšího návrhu.
- Doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický audit.
- Kopie dokladu o vydání opatření podle § 10b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti.

Povinnost zajistit vypracování energetického auditu je stanovena vyhláškou č. 480/2012 Sb. v § 2.

4 PROGRAM ZELENÁ ÚSPORÁM

Zelená úsporám patří mezi nejzásadnější pojmy v oblasti zateplování staveb. Jedná se o program Ministerstva životního prostředí, administrovaný Státním fondem životního prostředí České Republiky, zaměřený na úspory energie a podporu využití obnovitelných zdrojů v rodinných i bytových domech v ČR. Začátek programu se datuje do roku 2009. V současné době probíhá příjem žádostí do třetí etapy programu. Program Zelená úsporám podporuje kvalitní zateplovací systémy a nahrazování neekologických vytápěcích systémů, výměnou za nízkoemisní zdroje na biomasu a účinná tepelná čerpadla. Podporuje zejména instalace těchto systémů do nízkoenergetických novostaveb, instalace solárních kolektorů a výstavby v pasivním energetickém standardu.

Zdroje financování programu

Peníze na plnění programu získává Česká republika prodejem tzv. emisních povolenek EUA (European Union Allowance) dle zákona č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů, ve znění pozdějších předpisů v rámci EU ETS v období 2013-2020. Financování programu Zelená úsporám probíhá přes státní rozpočet České Republiky. (12)

4.1 HISTORIE PROGRAMU

Program Zelená úsporám vznikl v návaznosti na závazek České republiky na snižování emisí skleníkových plynů, zadáný Kjótským protokolem. Tento protokol zavazuje členské státy EU ke snížení emisí do roku 2020 oproti roku 1990 o 20 %. (11)

První etapa program Zelená úsporám

- Probíhala od roku 2009 do roku 2010.
- Administrováno přes 80 tis. žádostí o dotaci, vyplaceno 74 tis. žádostí.
- Celkové finanční zdroje byly 20,5 miliard Kč.
- Podpora zahrnovala zateplování rodinných a bytových domů, výstavbu v pasivním standardu, instalace solárních kolektorů, přestavbu neekologických kotlů a podporu pro zpracování projektových dokumentací.

Druhá etapa program Nová zelená úsporám

- Probíhá od roku 2013 do 2020.
- Odhadovaná alokace až 27 miliard Kč.
- Podpora financována z výnosů emisních povolenek.

4.2 AKTUÁLNÍ DĚLENÍ PROGRAMU V ROCE 2018

- **3. výzva pro rodinné domy:** příjem žádostí od: 22. 10. 2015 do: 31. 12. 2021
Výzva je podrobněji popsána v následujícím bodu práce.
- **2. výzva pro bytové domy:** příjem žádostí od: 15. 3. 2016 do: 31. 12. 2021
Výzva k podání žádosti o podporu v oblasti přijmutí opatření ke snížení energetické náročnosti stávajících bytových domů. Zahrnuje výměnu neekologických zdrojů tepla a fotovoltaické systémy, dotace je určena bytovým domům v Praze.
- **3. výzva pro bytové domy:** příjem žádostí od: 9. 1. 2017 do: 31. 12. 2021
Výzva k podání žádosti o podporu pro stavebníky bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností. Zahrnuje realizaci zelených střech a systému pro využití tepla z odpadních vod. Dotace je určena pro bytové domy na území celé České republiky.

Podrobné rozebrání 3. etapy programu pro RD

Program je členěn dle zaměření na následující oblasti podpory:

- **A. Snížování energetické náročnosti stávajících RD**
 - Dotace na zateplení obálky budovy.
 - Podporována jsou dílčí i komplexní zateplení.
- **B. Výstavba RD s velmi nízkou energetickou náročností**
 - Dotace na výstavbu nových staveb s velmi nízkou energetickou náročností
 - Dotace na změnu stávajících staveb, které před začátkem přestavby nesplňovaly definici RD
- **Efektivní využití zdrojů energie**
 - Výměna neekologických zdrojů tepla.
 - Výměna elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem.
 - Instalace solárních a fotovoltaických systémů.
 - Podpora využití tepelné energie v odpadních vodách.
 - Instalace systémů nuceného větrání.
 - Podpora na zpracování posudku na měření průvzdušnosti obálky budovy.

4.3 PRAVIDLA PRO PODÁNÍ ŽÁDOSTI

- Požádat o příspěvek je možné před zahájením, v průběhu realizace, nebo po dokončení realizace podporovaných prací.
- Celková výše podpory na jednu žádost je omezena do maximální výše 50 % doložených výdajů a je vyplácena až po dokončení realizace podporovaných opatření, tzv. až po vydání registrace a rozhodnutí.
- V případě, že žádost nese znaky veřejné podpory, je nutné žádat v režimu de minimis, nebo blokové výjimky. Tyto režimy jsou omezeny vlastními pravidly.
- Maximální částka v rámci výzvy pro jednoho žadatele je omezena hranicí 5 mil. Kč.
- Rozhodné datum pro stanovení způsobilosti výdajů je 24 měsíců před datem evidence do systému.
- Na jednu stavbu RD lze podat vždy jen jednu žádost, ale ta může obsahovat více podoblastí podpory.

Pravidla pro podání žádosti byla čerpána ze stránek programu Zelená úsporám. (12)

5 CHARAKTERISTIKA DRUHŮ ZATEPLENÍ

Výběr navrhovaného zateplovacího systému má zásadní vliv na prostupy tepla obvodovým pláštěm stavby a značnou měrou tak ovlivňuje tepelně-izolační vlastnosti objektu. Správná volba zateplovacího systému je zásadní pro dosažení ideální tepelné pohody. Tedy snížení nákladů na vytápění v průběhu topné sezóny a zároveň zpomalení ohřívání stavby za horkých letních dnů.

Zateplovací systémy můžeme dle umístění v objektu rozdělit na vnější a vnitřní

Oba systémy mají své výhody a nevýhody. Výběr zateplení je třeba volit především na použitý konstrukční systém. Dalšími faktory ovlivňujícími výběr systému jsou způsob vytápění stavby a následné umístění otopných těles.

Vnitřní zateplovací systém

Navzdory tomu, že je tento způsob zateplení dostupný už delší dobu, je díky menšímu využívání často označován za novinku.

Výhoda rychlého vytopení místností na zvolenou teplotu. Pro vytopení místnosti je zapotřebí méně času, protože nedochází k akumulaci tepla uvnitř obvodových stěn stavby. Oproti vnějšímu zateplení je zde výhoda zachování, nebo vytvoření okrasných prvků na fasádě objektu.

Nevýhodou je složitější provádění výstavby, zvláště napojení vnitřních příček na obvodové zdivo. Další nevýhodou je snížení vnitřních rozměrů místností o tloušťku zateplovacího systému.

Vnitřní zateplovací systém se častěji užívá v západních zemích, zejména ve Francii. Je vhodný i pro rekonstrukce staveb. Využívají se polystyrenové desky se sádrokartonovým obložením, nebo kombinace minerální vaty a parozábrany. Toto řešení ale není využíváno příliš často, protože proces výstavby je složitý a je zde nebezpečí poškození zateplovacího systému a ztráty deklarovaných vlastností. (30)

Na následujícím obrázku je vnitřní zateplovací systém sádrokartonové desky, která je již z výroby opatřena vrstvou tepelné izolace (polystyrenu). (30)



obr. č. 5 Vnitřní zateplovací systém Rigitherm. (30)

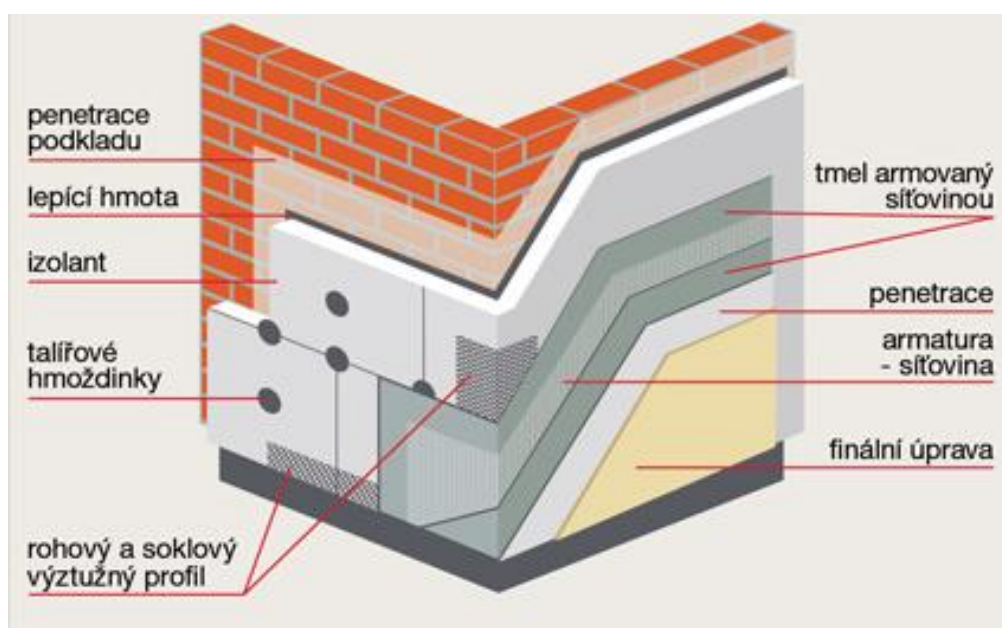
Vnější zateplovací systém

Jedná se o nejpoužívanější variantu zateplení využívanou v České republice. Většina novostaveb ale i rekonstrukcí je realizována s využitím vnějšího zateplovacího systému.

Výhodou tohoto řešení je konstrukční jednoduchost. Odpadá zde řešení složitých detailů při napojení vnitřních příček do obvodového zdiva stavby. Zateplovací systém nezmenšuje plochu místností. Izolace zabrání promrzání konstrukce a příznivě tak ovlivňuje životnost nosného zdiva. Výhodou je i lepší akumulární schopnost domu.

Nevýhodou je zejména hledisko difúze vodní páry. Aby bylo toto riziko sníženo, je nutno věnovat pozornost správnému řazení jednotlivých vrstev a umístit vrstvy s vyšším difúzním odporem na vnitřní stranu konstrukce. Výstavba je oproti vnitřnímu systému závislá na příznivém počasí.

Následující obrázek zobrazuje pořadí vrstev vnějšího kontaktního zateplovacího systému. (31)



obr. č. 6 Vnější kontaktní zateplovací kontaktní systém. (31)

Rozdělení zateplovacích systémů dle jejich skladby na kontaktní a provětrávané

Zásadní rozdíl v zateplovacích systémech je v pořadí vrstev a použitých technologiích. Volba systému je ovlivněna konstrukčním řešením stavby a použitými materiály. Při rekonstrukci objektu, případně dodatečném zateplení stavby je zásadní stav nadzákladového zdiva a vlhkost zdiva.

Kontaktní zateplovací systémy

Nejčastější varianta zateplovacího systému. Toto řešení propojuje nosnou konstrukci stavby s pohledovou částí fasády souvrstvím materiálů, bez vzduchové mezery. Kontaktní zateplovací systémy bývají také označovány jako systém ETICS. Zkratka vychází z počátečních písmen z anglického slovního spojení External Thermal Insulation Composite System, tedy vnější tepelně izolační zateplovací systém. (44)

Pro správnou funkci systému je nezbytná vhodná volba materiálů, které vytvářejí tento systém, aby došlo k vhodnému propojení a spolupůsobení vrstev. Nejčastěji užívanými izolačními materiály jsou polystyreny a desky z minerálních vláken.

Řešení je vhodné pro stavby, které netrpí na vyšší vlhkost zdiva. Skladbu vnějšího zateplovacího systému je možno vidět na obrázku č.6. podkapitoly vnější zateplovací systém.

Provětrávané zateplovací systémy

Skladba provětrávané fasády se od systému ETICS liší vložením vzduchové mezery mezi vrstvu tepelné izolace a vnějšího obkladu fasády. Vzduchová mezera uvnitř konstrukce umožňuje proudění vzduchu a tím odvádění vlhkosti. Provětrávané izolace jsou proto vhodné u staveb, které trpí vyšší vlhkostí zdiva. Nejčastěji užívaným materiálem pro použití v provětrávaných fasádách je minerální izolace, ale lze použít i rohože z přírodních izolačních materiálů.

Izolace se skládají do předem připravených dřevěných, případně hliníkových roštů, a zakrývají se obkladem, toto řešení nabízí vysokou variabilitu finální povrchové úpravy. (45)

Skladbu konstrukce lze vidět na obrázku č. 7. Provětrávaná fasáda se zde skládá z cihelného nosného zdiva, tepelné izolace, vzduchové mezery mezi dřevěným roštem a difúzní folií navazující na finální povrchovou úpravu, zde dřevěné obložení.



obr. č. 7 Provětrávaná fasáda Knauf. (45)

Materiálové členění zateplovacích systémů – tepelné izolace:

- Minerální izolace.
- Pěnový polystyren (EPS).
- Extrudovaný polystyren (XPS).
- Pěnové polyuretany.
- Přírodní izolace (len, konopí, ovčí vlna).

5.1 MINERÁLNÍ IZOLACE

Minerální izolace je tradiční materiálové řešení pro izolování staveb. Patří mezi nejčastěji užívané zateplovací materiály, nejen díky nízké ceně, ale i pro své poměrně dobré tepelně izolační vlastnosti. Vyrábí se ve dvou základních provedeních. Jedním řešením jsou pevné izolační desky a druhým stlačitelné role zateplovacího materiálu. Izolace deskami je vhodná například pro zateplení fasády, izolační role se využívají na zateplení šikmých střech a podlah. Minerální izolace mají vynikající protipožární vlastnosti.



obr. č. 8 Minerální izolace Isover Domo (vlevo) (13) a Multiplat (v pravo). (14)

Minerální izolaci můžeme dle použitého materiálu rozdělit na:

- skelné izolace: Vyrábí se z nového skla nebo recyklovaného skla rozvlákněním, roztavené sklo se vyfouká na vlákna. Oproti kamenné izolaci má nižší objemovou hmotnost. Jsou vhodné pro nezatížené izolace vnějších stěn, příček a šikmých střech.
- kamenné izolace: Výroba probíhá za vysokých teplot ve vysokých pecích a následně dochází k zformování do požadovaného tvaru. Základními materiály pro výrobu kamenné izolace jsou horniny čedič, bazalt a gabro. Díky těmto horninám má izolace šedo-černou barvu. Výhodou této izolace je vysoká požární odolnost, takže se využívá u konstrukcí, kde jsou zvýšené nároky na požární odolnost stavby.

5.2 EXPANDOVANÝ POLYSTYREN (EPS)

Jedním z nejpoužívanějších zateplovacích systémů pro zateplování fasád v České republice je pěnový polystyren. Rozlišujeme dva základní druhy expandovaného polystyrenu a to šedý a bílý. Šedý polystyren je obarven přítomností grafitu a jeho tepelné izolační vlastnosti jsou o 15 až 20 % lepší než u polystyrenu bílého. Jeho nevýhodou je naopak vyšší náchylnost na teplotu, která by neměla překročit 70 stupňů Celsia. Tento materiál je velice lehký s vysokým podílem obsahu vzduchu (až 98 %). Vyrábí se běžně v tloušťce 20 až 300 mm.

Výhodou polystyrenu je, že jej lze snadno řezat a tedy vytvarovat dle požadavků atypické konstrukce. Je ale třeba počítat s nevýhodou řezaných dílů a tou je jejich smršťování.

Polystyren má nízkou pevnost v tlaku a nízkou požární odolnost. Pro požární bezpečnost je ale zásadní zatřídění celých konstrukcí a systémů. EPS je samozhášivý a nepoužívá se bez nehořlavých krycích vrstev.

Upevnění provádíme nejčastěji nalepením nebo ukotvením za pomoci hmoždinek nebo vkládáním do ráků. V konstrukci je třeba jej chránit před působením vody.

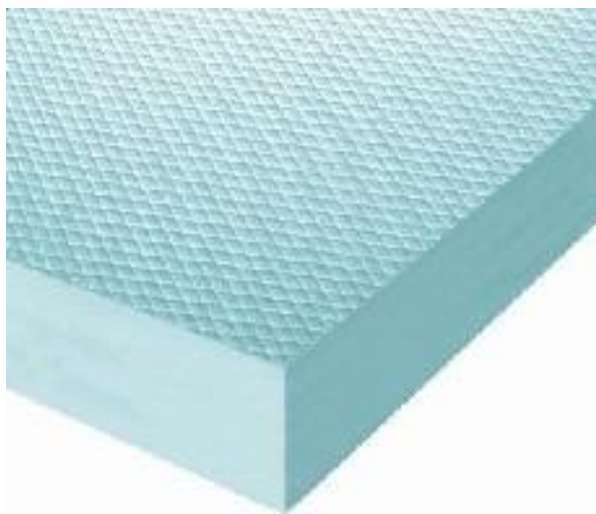


obr. č. 9 Expandovaný Polystyren Isover Greywall. (16)

5.3 EXTRUDOVANÝ POLYSTYREN (XPS)

Výrobky z extrudovaného, někdy také nazývaného lisovaného (dle jeho způsobu výroby), polystyrenu mají oproti EPS uzavřenou buněčnou strukturu a tím se výrazně snižuje nasákavost materiálu. Proto se mohou uplatnit i v konstrukcích, u kterých dochází ke koncentraci zvýšené vlhkosti. Vyrábí se nejčastěji v tloušťce 20 až 200 mm. Podobně jako EPS je jeho výhodou snadná manipulace a možnost řezání dílců, ale na rozdíl od EPS nedochází k následnému smršťování dílců. Používá se v závislosti na jeho pevnosti v tlaku. Výrobky z polystyrenu s pevností 200 až 250 kPa jsou používány zejména pro aplikace bez tlakového namáhání, například jako tepelná izolace soklové části obvodových stěn staveb.

Výrobky s vyšší pevností v rozmezí 300 až 700 kPa jsou určeny na konstrukce, kde dochází k tlakovému namáhání, například izolace spodní stavby nebo izolace provozních střech. (17)



obr. č. 10 Extrudovaný polystyren Fribranxps ETICS GF. (18)

5.4 PĚNOVÉ POLYURETANY (PUR)

Pěnové polyuretany jsou izolanty s velmi nízkou hodnotou tepelného odporu, je to pevný, dobře přilnavý materiál, který je odolný vůči agresivním kyselinám a louhům. Nevýhodou je vyšší cena a potřeba UV nátěru.

Na stavbách se aplikuje ve formě desek a dílů vyrobených předem, nebo formou komponentů stříkaných přímo na stavbě. Při aplikaci na stavbě je výhodou dokonalé vyplnění spár. Pokud probíhá aplikace přímo na stavbě nesmí foukat vítr a teplota nesmí klesnout pod 15 stupňů Celsia. (6) Používá se na zateplení stěn, střech nebo jako součást konstrukce podlahového vytápění.



obr. č. 11 Aplikace pěnového polyuretanu přímo na stavbě. (19)

5.5 PŘÍRODNÍ IZOLACE

Přírodní izolační materiály jsou plnohodnotnou alternativou tradičním izolačním materiálům, oproti nim mají ale řadu výhod. Jsou hypoalergenní, jsou šetrné k životnímu prostředí - zatížení životního prostředí je díky minimální energetické náročnosti výroby zanedbatelné.

V neposlední řadě mají přírodní izolační materiály lepší schopnost regulace vzdušné vlhkosti než izolační materiály syntetické.

Přírodní materiály jsou využívány převážně v zahraničí. Například v Německu je tento trend podpořen státní dotací pro výrobu a pěstování lněného a konopného vlákna. Izolace z lněného a konopného vlákna zde tvoří až 5 % z celkového objemu použitých izolačních materiálů. (21)

Dorůstající zateplovací materiály mají tedy velký potenciál i z důvodů omezených zásob materiálů na výrobu tradičních zateplovacích systémů.

Základní druhy přírodních izolací:

- Ovčí vlna
- Konopná izolace
- Lněná izolace

Ovčí vlna

Jedná se o přirozený tepelně izolační materiál vyráběný ze střížné ovčí vlny. Surová vlna je před vlastním zpracováním důkladně vyprána, zbavena všech nečistot a ošetřena proti škůdcům. Izolace z ovčí vlny je zdravotně nezávadná, nedráždí pokožku ani dýchací cesty. Díky nízkým nákladům na výrobu se jedná o vysoce ekologický a obnovitelný materiál. Dokáže aktivně ovlivňovat vnitřní klima v objektu, váže na sebe přebytečné vodní páry. Tato schopnost nenarušuje izolační vlastnosti. Manipulace s materiálem nevyžaduje ochranné pomůcky.

Ovčí vlna má schopnost absorbovat a odbourávat škodliviny převzaté z interiéru, zejména formaldehydová lepidla a podobné zdravotně závadné materiály. Izolace z ovčí vlny se používá nejčastěji v dřevostavbách a srubech, lze ji ale použít i jako izolant střechy ve zděných stavbách. Po odlehčení se vrací velmi dobře do původního stavu a životnost vlněné izolace je velmi vysoká, řádově několik desítek let. (22)



obr. č. 13 Izolace z ovčí vlny. (22)

Konopná izolace

Je ekologický izolační materiál, který neobsahuje žádné přidané neekologické látky, lepení může probíhat za pomoci kukuřičného škrobu. Konopná izolace je komplexním řešením pro zateplení objektů, je vhodná jako izolace střech, stropů, zdí i podlah. Vyrábí se ve formě rolí i pevných panelů vhodných pro zateplení obvodových zdí.

Spotřeba oxidu uhličitého při výrobě izolace je nižší, než odbourá konopí při svém růstu, jedná se tedy o unikátní izolaci, která je velice šetrná k životnímu prostředí. (23)

Konopné izolační materiály mají dlouhodobou životnost a stálost vlastností. Izolace jsou odolné proti škůdcům a hnilobě. Je vhodná pro novou výstavbu i rekonstrukce stávajících objektů. Izolant má velice dobré difuzní vlastnosti a schopnost regulovat vnitřní vlhkost v objektu. Jsou vhodné zejména pro alergiky, protože je to hypoalergenní izolační materiál.

Izolace ve formě desek se vyrábí v tloušťkách 50 až 140 mm a ve formě rolí tloušťky 80 mm, které jsou vhodné pro zateplení roubenek, nebo srubových staveb. (23)



obr. č. 14 Izolace z konopného vlákna. (23)

Lněná izolace

Izolace ze lněných vláken je dobrou alternativou k tradičním izolačním materiálům díky nízké ceně, vlastnosti lnu jsou srovnatelné s konopím a vyrovná se tradičním materiálům. Lněná izolace je levnější než ostatní přírodní izolační materiály. Lněné izolace vynikají termoizolačními vlastnostmi, tvarovou stálostí a jsou odolné vůči hnilobě a škůdcům.

Využívá se pro zateplení stropů, střech, obvodových zdí i podlah. Vyrábí se ve formě rohoží v tloušťky 40 až 160 mm. (24)



obr. č. 15 Izolace z lněného vlákna. (24)

5.6 KERAMICKÉ BLOKY

Další řešení zateplení obvodového pláště stavby je naprosto odlišné od předcházejících variant. Jedná se o využití silnostěnných keramických bloků. Toto řešení nevyužívá dodatečnou izolační vrstvu. Z důvodu vyšší tloušťky vlastní cihly je možné u nejkvalitnějších výrobků tohoto druhu splnit i normy prostupu tepla pro pasivní domy.

Toto řešení je vhodné pouze u novostaveb, kdy volíme komplexní zateplovací systém bez využití dodatečné tepelné izolace.

Tento způsob zateplení stavby je založen na použití keramických bloků s lepšími izolačními vlastnostmi, než mají výrobky obvykle používané pro stavbu obvodových stěn stavby. Izolační bloky jsou zpravidla širší než jsme zvyklí u běžné obvodové zdi rodinného domu a dutiny v blocích jsou u vybraných systémů vyplněny dodatečnou izolací.

Šířka obvodových zdí se pohybuje okolo 400-500 mm. Výhodou těchto bloků je vysoká pevnost, rychlost a jednoduchost výstavby. Jsou vyrobeny jako tzv. přesné bloky, kdy každý blok má přesně dané rozměry a při stavbě na sebe jednotlivé bloky velmi dobře navazují. Spojení bloků využívají často systému na pero a drážku (dále pouze P+D). Při využití izolačních keramických bloků taktéž odpadá nevýhoda snížené životnosti zateplovacího systému oproti nosné části konstrukce a nehrozí zde špatné provedení spojení zateplovacího materiálu a izolace. Keramické bloky jsou vyráběny v modulovém systému.

Na spojení bloků se využívají speciální maltové směsi a lepidla. Tato technologie je velmi přesná, protože spáry jsou tenké pouze okolo 1-2 mm a tím do značné míry odpadá mokrá proces výstavby - v porovnání s použitím maltových směsí v minulosti. Nedochozí zde k tvorbě tepelných mostů v místech ložných spár a v místech otvorů. Proces zdění je možný až do hraniční teploty -5 °C Celsia.. (20)

Na trhu je mnoho výrobců a nabízených systémů. Hlavními zástupci jsou firmy Heluz a Wienerberger. Jedním z nejpoužívanějších výrobků je Porotherm 50 EKO Profi Dryfix a Heluz family 2 in 1.



obr. č. 12 Keramický blok Porotherm 50 EKO Profi Dryfix. (20)

6 OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT

Zateplení stavby kromě obvodového pláště stavby je vždy vhodné doplnit zateplením dílčích částí objektu. Tyto doplňkové metody spolu se zateplením obvodového zdiva utvářejí optimální výsledek s minimálním výskytem tepelných mostů. Vybírání druhu zateplení je třeba volit obezřetně a správná volba materiálu může být klíčová. Při výběru materiálu je proto vždy důležité zohlednit jeho vlastnosti, prostředí, do kterého je určený a vzájemné spolupůsobení všech použitých materiálů.

Nejčastěji používané způsoby zlepšení tepelně-izolačních vlastností objektu jsou:

- Tepelně izolační omítky.
- Výměna oken a dveří za výplně s lepšími součiniteli prostupu tepla.
- Zateplení spodní stavby objektu, podlahy a střešního pláště.
- Systém řízeného větrání.
- Systém vytápění s tepelným čerpadlem.

6.1 TEPELNĚ IZOLAČNÍ OMÍTKY

Užití izolačních omítek je omezené, v běžných případech se používají zřídka, protože použití je finančně nákladné vzhledem k tomu, jaký výsledný efekt na tepelné ztráty poskytují. Využívají se převážně v případech, kdy jiná izolační řešení nejsou proveditelná, nebo při snaze dosáhnout maximálních možných izolačních vlastností objektu (nulové domy). Zlepšení tepelně izolačních vlastností omítky se docílí přidáním izolačního materiálu do směsi.

Tepelně izolační omítky jsou ve srovnání s běžnými až 4krát lehčí. Jsou vhodné pro většinu druhů podkladů. Tepelně izolační omítky se skládají zpravidla ze tří vrstev. První je kotvící vrstva, která slouží k úpravě podkladu pro nanášení vlastní omítky. Další vrstvou je vrstva izolační, která zajišťuje tepelně izolační vlastnosti omítky. Poslední vrstvou je vrstva ochranná, která zajišťuje především mechanickou odolnost omítky. Díky své jemnosti a nízké objemové hmotnosti mají tyto omítky schopnost eliminovat objemové změny podkladu. (25)



obr. č. 16 Tepelně izolační omítky Satsys ThermoUM Xtra. (25)

6.2 OKNA S LEPŠÍM SOUČinitelem PROSTUPU TEPLA

Výměna oken bývá jedním z nejčastějších opatření na snížení tepelných ztrát, protože starými okny, u kterých dochází k velkým netěsnostem, uniká významné množství tepla z objektu. Tepelné vlastnosti ovlivňuje počet skel v křídle (izolační dvojskla a trojskla). Mezery mezi skly jsou vyplněny izolujícím plynem a je třeba dbát na jejich utěsnění. Plynem využitým pro vyplnění vnitřních mezer mezi skly bývá obvykle Argon, Krypton nebo Xenon. Jeho základním významem v meziskelním prostoru je kladení vyššího tepelného odporu plynu při prostupu tepla. Jedná se o inertní plyny, které netvoří vazby mezi sebou a zamezují tak nežádoucímu prostupu tepla. (26)

6.2.1 Plastová okna

Jsou nejčastěji vyrobená z Polyvinylchloridů (PVC) a jsou odolná vůči povětrnostním vlivům. Jsou nenáročná na údržbu. Skla se do rámu osazují nebo je možné je vlepit. Plastová okna velmi dobře těsní. Je zde tedy riziko vzniku plísní, a proto je doporučeno pravidelné větrání prostor. Součinitel prostupu tepla ovlivňuje tloušťka skla, vybraný inertní plyn a kvalita provádění. Součinitel prostupu tepla oknem $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ lze dosáhnout použitím dvojskla a při použití trojskla lze dosáhnout až hodnoty $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. (27)

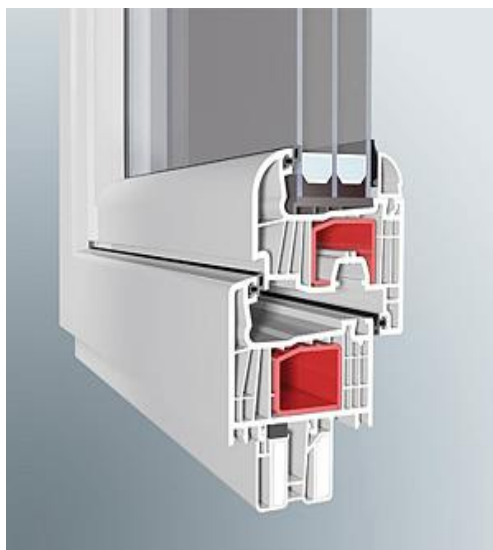
Významným faktorem při výběru plastových oken je počet komor a tepelných izolací uvnitř okna. Základní okna mají 4 komory a izolační okna až 7 komor. Samotný počet komor, ale netvoří izolační vlastnosti, ty dotváří vložené izolační materiály přímo v rámu okna.

6.2.2 Dřevěná okna

Tato okna byla používána hlavně dříve. Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu oken je smrk. Dřevěná okna se často kombinují s jinými materiály, například s hliníkem na povrchovou úpravu, který jim zlepší odolnost vůči povětrnostním vlivům. Výhodou oproti plastovým oknům je jejich ekologičnost a vzhled, nevýhodou může být vyšší cena výrobků. Hodnoty součinitelů prostupu tepla u dřevěných oken jsou srovnatelné s plastovými.

6.2.3 Kovová okna

Tato okna tvoří menší část objemu produkce, nemají tak dobré tepelně izolační vlastnosti, a proto jsou vhodná hlavně do objektů, kde nejsou kladeny vysoké tepelně izolační nároky (sklady a podobně). Do obytných staveb jsou méně vhodná, nicméně jejich použití je možné. Pro použití v obytných budovách musí být opatřeny dodatečnými izolacemi, aby se zamezilo vysokým teplotním ztrátám. Cena kovových oken je z popisovaných nejvyšší, ale mají také nejvyšší životnost. (28)



obr. č. 17 Řez plastovým oknem s izolačním trojsklem. (30)



obr. č. 18 Řez dřevěného okna s izolačním dvojsklem (vlevo) (29) a řez hliníkového okna s izolačním trojsklem (vpravo). (28)

6.3 ZATEPLENÍ SPODNÍ STAVBY OBJEKTU A PODLAHY

Zateplení podlahy

Podlahou nazýváme konstrukci, která se nachází nad nosným horizontálním prvkem (stropní panely, železobetonové a keramické stropní desky a jiné stropní konstrukce) ale také konstrukci přímo na terénu (první nadzemní podlaží nepodsklepeného objektu). Při volbě tepelné izolace je třeba uvažovat se zatížením horních vrstev podlahy. Zateplení podlahy provádíme nejčastěji z polystyrenu (EPS případně XPS) nebo čedičové vlny. Variantu izolace vybíráme v závislosti na vyžadované únosnosti dle zatížení podlahy. Z hlediska ochrany budov musíme zajistit konstrukci podlahy proti vlivům působení chladu přes konstrukci odspodu a pokles dotykové teploty, způsobený odnímáním tepla z chodidla při chůzi. (13)

Zateplení spodní stavby

Kvalitní zateplení spodní stavby zvýší povrchovou teplotu v objektu a tím zlepší vnitřní prostředí a tepelnou pohodu. Do zateplení spodní stavby patří zateplení základových desek, pasů a suterénu. Zateplení spodní stavby objektu provádíme převážně extrudovaným polystyrenem a polyuretanovými lepidly. Izolaci soklu je třeba provést až do nezámrzné hloubky stavby a napojovat na nadzemní izolaci obvodových stěn. Použitou izolací může být například **Isover Perimetr**. (32)



obr. č. 19 Izolace soklu Isover Perimetr. (32)

6.4 SYSTÉM ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ

Neřízené větrání je způsob výměny vzduchu za pomoci oken, dveří a infiltrace vzduchu. Provádí se manuálně a dochází při něm k velkým teplotním ztrátám.

Řízené větrání

Je takové, u kterého můžeme přesně řídit jeho průběh. Je tedy možné stanovit jeho intenzitu v závislosti na účelu místnosti a časovém úseku dne. Jednotky, které zajišťují výměnu vzduchu jsou navrhovány tak, aby bylo větrání co nejvíce úsporné a nedocházelo k neplánovaným únikům tepla a tím zhoršení ekonomičnosti systému.

Větrací jednotky jsou schopné zabezpečit, aby došlo k výměně optimálního množství vzduchu v místnosti, což je přibližně 0,3 až 0,5 objemu vzduchu v místnosti za hodinu. (33)

Řízené větrání s rekuperací tepla

Způsob zpětného získávání tepla je založený na principu předávání tepla mezi vnitřním a venkovním vzduchem. Přesněji– ve výměníku se v zimním období chladný venkovní vzduch ohřeje, a je tedy využita vyšší teplota vnitřního (odcházejícího) vzduchu. Rekuperační jednotka tím výrazně pomáhá snížit tepelné ztráty, protože dochází k využívání „odpadního“ tepla z vypouštěného vzduchu.

Cena rekuperační jednotky řízeného větrání pro rodinný dům se pohybuje v rozmezí 100 až 150 tis. Kč.

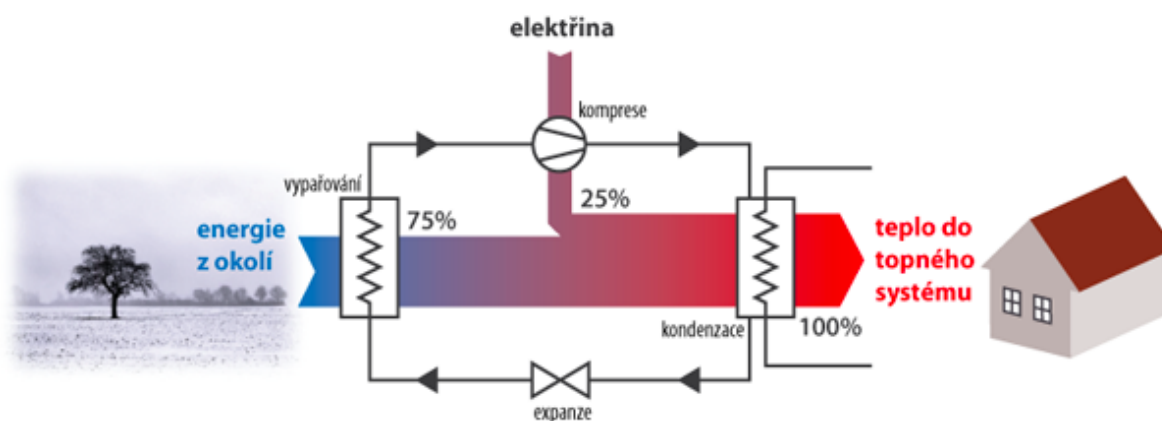
6.5 SYSTÉM VYTÁPĚNÍ S TEPELNÝM ČERPADLEM

Jedná se o alternativní zdroj energie, který využívá teplo okolního prostředí. Přijaté teplo lze následně účelně využít pro ohřev vody, nebo pro vytápění. Tomuto procesu je zapotřebí dodat určité množství energie. Okolní prostředí, ze kterého je teplo přejímáno, může být spodní voda, vzduch, nebo půda. [34]

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z okolí a vzniklé teplo za užití chladiv je možné použít na vytápění objektu a ohřev teplé vody. Fungování tepelného čerpadla je obdobné jako u chladničky na potraviny, ale je zde využit obrácený princip. Tepelná čerpadla dodávají přibližně 75 % energie a zbylých 25 % je třeba dodat jako energii potřebnou pro přeměnu.

Základní části čerpadla jsou kompresor, výparník, expanzní ventil a kondenzátor. (34)

Následující obrázek znázorňuje zjednodušený princip fungování tepelného čerpadla a přenosu energie z okolního prostředí do domu.



obr. č. 20 Princip tepelného čerpadla. (35)

7 TEORIE CENY

Cenu lze definovat jako hodnotu určitého druhu zboží, vyjádřenou v penězích. Souvisí především s aktuální situací na trhu. Není fixní, ale ovlivňuje ji aktuální nabídka a poptávka po daném druhu zboží. Cena odráží základní ekonomické vztahy a vyjadřuje stávající poměry v ekonomice a na jejích trzích. (36)

7.1 TVORBA CEN STAVEBNÍCH PRACÍ

Stavební podniky při cenotvorbě z pravidla využívají více metod určení ceny a provádějí cenovou politiku komplexně a s ohledem na řadu hledisek.

Při tvorbě cen stavebních prací se využívají tři nejpoužívanější metody pro určení nabídkové ceny:

- **poptávkově orientovaná cena:** Tvorba cen poptávkově orientovanou metodou je založena na pozorování trhu a je úzce provázána s marketingem podniku. Zásadně ji tedy ovlivňuje chování zákazníka.
- **nákladově orientovaná cena:** Stanoví se připočtením požadované míry zisku k vypočteným celkovým nákladům na výrobu.
- **konkurenčně orientovaná cena:** Při použití této metody cenu sami nestanovujeme, ale přizpůsobujeme se ceně, kterou již stanovila konkurence.

7.1.1 Položkový rozpočet

Položkový rozpočet detailně popisuje jednotlivé konstrukce stavby. Jedná se o podrobné vyjádření jednotlivých stavebních a montážních prací. Rozpočet obsahuje číselný kód, popis položky, její množství a zvolenou jednotkovou cenu. Rozpočet je důležitý nejen pro tvorbu nabídky, ale i během samotného provádění stavby a k její následné fakturaci. (37)

Výkaz výměr

Zobrazuje objem kalkulovaných jednotlivých stavebních prací. Vyšší podrobnost výkazu výměr umožňuje lepší kontrolu rozpočtu a hledání případných chyb. Je vždy určen měrnou jednotkou (metry, kusy, balení apod.)

Hlavní části rozpočtu:

- Hlavní stavební výroba (HSV)
- Přidružená stavební výroba (PSV)
- Montážní práce, specifikace a materiál.
- Přesuny hmot nebo suti.

Rozpočtové položky

- **Montážní položka:** Tyto položky oceňují montáž společně s dodávkou potřebného materiálu.
- **Specifikace:** Položka obsahuje vlastní materiál k montážním položkám.
- **Přesun hmot:** Položka zahrnuje náklady spojené s přesunem materiálu. Tyto náklady nejsou obsaženy v jeho ceně. Pro položky HSV jsou stanoveny jednou položkou za celou stavbu a pro položky PSV jsou stanoveny zvlášť pro každý stavební díl.

7.1.2 Agregované položky

Tyto položky oceňují ucelené konstrukce, nebo jejich části. Ceníky agregovaných položek obsahují díly stavebních prací pro stanovení ceny běžně užívaných konstrukcí. (36)

Tato metoda je určena pouze pro orientační výpočet budoucích nákladů a její výhodou je rychlost a jednoduchost výpočtu. Pro přesný výpočet ceny stavby ale není vhodná z důvodů vysoké míry nepřesnosti. Stupeň agregace výrazně ovlivňuje přesnost kalkulace.

8 OBJEKT PERNINK

Praktická část mé diplomové práce se zabývá návrhy a následným posouzením zateplení objektu pro rodinnou rekreaci v obci Pernink. Jedná se o objekt bez tepelné izolace. Absence zateplovacího systému není vhodná z důvodů vysokých tepelných ztrát a s tím spojenými vysokými náklady na vytápění objektu v průběhu topné sezóny, která je vzhledem k horské poloze stavby velmi dlouhá a finančně náročná. Objekt je v současné době užíván za účelem rodinné rekreace a způsob užívání se po provedení zateplovacích prací nezmění. Stavba není určena k celoročnímu obývání, nevztahují se na ni proto některá zákonem o hospodaření s energiemi předepsaná kritéria, která by ovlivňovala rozsah a charakter prováděných zateplovacích úprav. Z informací poskytnutých vlastníkem nemovitosti vyplývá, že rekreační objekt je využíván širším okruhem rodinných příslušníků a přátel, až na výjimky, po celý rok.



obr. č. 21 Fotografie objektu Pernink.

8.1 POPIS OBJEKTU

Jedná se o zděný objekt obdélníkového půdorysu o rozměrech přibližně 12,5 m × 9,6 m. Objekt sestává z dvou nadzemních podlaží, kde druhé nadzemní podlaží tvoří neobytná půda a jednoho podzemního podlaží pod částí půdorysu. Na stavbu navazuje přístavba o rozměrech 4,8 m × 3,6 m, která slouží jako lyžárna a sklad. Tato přístavba je podsklepená. Podlahová plocha prvního nadzemního podlaží je 89,2 m². Celková podlahová plocha stavby včetně nevyužitého půdního prostoru a lyžárny, je 196,4 m².

Poloha stavby

Stavba se nachází v Karlovarském kraji, okrese Karlovy Vary, na jižním okraji zastavěné části obce Pernink. Průměrná nadmořská výška stavby je 820 metrů nad mořem. Nachází se v VIII. sněhové oblasti.

Samotná stavební parcela je v katastru nemovitostí evidována jako zastavěná plocha a nádvoří, pozemek okolo stavby je evidován jako trvalý travní porost. Pozemek je situován ve stávající zástavbě. Podél západní hranice pozemku je situována obecní komunikace.

Stáří stavby

Stávající objekt byl dle dostupných informací postaven přibližně v první polovině 20. století a následně byl v průběhu 2. poloviny 20. století upraven do současné podoby. Poslední rekonstrukcí prošel objekt v roce 2003, kdy byla vyměněna okna přístavby objektu a provedena částečná rekonstrukce vnitřních prostorů.

Technologie výstavby

Nosnou konstrukci objektu tvoří cihelné zdivo tloušťky 450 mm. Stavba je založena na původních kamenných blocích. Vnitřní zdivo tloušťky 300 mm a 150 mm je vyzděno z plných pálených cihel. Stavba je bez dodatečného zateplení. Zastropení nad přízemím je provedeno dřevěnými trámovými stropy. Nášlapné vrstvy objektu jsou z velké části tvořeny keramickou dlažbou. Zastřešení je provedeno sedlovou střechou se sklonem střešního pláště 40°, střešní konstrukci tvoří klasický dřevěný vaznicový krov se stojatou stolicí. Výška hřebene nad přilehlým terénem v místě vstupu činí přibližně 8,1 m.

Vytápění objektu

Vytápění objektu je řešeno plynovým kotlem o výkonu 25 kW. Kotel je propojen se zásobníkem na teplou vodu o kapacitě až 320 litrů. Kotel byl osazen při rekonstrukci objektu v roce 2003.

Rekonstrukce a přístavby

V průběhu druhé poloviny 20. století byla provedena přístavba k jižní štítové stěně objektu. Přístavba o půdorysných rozměrech přibližně 4,2 m × 5,1 m, která sestává z jednoho nadzemního a jednoho podzemního podlaží. Přístavba je využívána jako– lyžárna, sklad a uhelna. Přístavba je zastřešena rovněž sedlovou střechou s výškou hřebene nad přilehlým terénem přibližně 4,0 m. Na počátku 21. století byla v celém objektu vyměněna dřevěná špaletová okna za nová plastová. Rovněž byla provedena plynofikace objektu a další drobné stavební zásahy udržovacího charakteru.

8.2 ZHODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCÍ

Nosné konstrukce

Svislé zděné konstrukce obvodového zdiva nevykazují žádné známky vypovídající o poruše základových konstrukcí nebo o špatném založení objektu. I přes to, že základové konstrukce jsou s největší pravděpodobností vyzděné z kamene, jeví se být v dobrém stavu a jsou nadále využitelné. Obvodové zdivo z plných pálených cihel má velmi dobrou akumulaci schopnost a dokáže tak velmi rychle pojmout, jak teplý, tak i studený vzduch ze svého okolí. V zimním období nepříznivý chlad a v létě teplo. Riziko představuje pouze mírně zvýšená vlhkost zdiva v některých částech objektu. Ta byla zjištěna v části západní obvodové stěny objektu.

Výplně otvorů

Okna jsou plastová po rekonstrukci v roce 2003. Tepelně izolační vlastnosti oken nejsou na dobré úrovni. Starší plastová okna mají součinitel prostupu tepla $2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Při porovnání se současnými standardy ($0,5$ až $1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) je tato hodnota velmi špatná. Hlavní vstupní dveře do objektu a vedlejší v zadní části stavby jsou shodně dřevěné plné. Uvažovaný prostup tepla konstrukcí je $2,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, hodnoty jsou opět nedostačující v porovnání se současnými standardy ($1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Z důvodů nevyhovujících tepelně izolačních vlastností bude v rámci zateplení objektu provedena i výměna oken a dveří.

Stropní a střešní konstrukce

Stropní konstrukce objektu a konstrukce krovu nevykazují žádné známky mechanického poškození ani působení plísní, dřevokazných hub nebo poškození dřevokazným hmyzem. Konstrukce je tedy bezpečná a využitelná. Minimální zateplení stropu a střešní konstrukce bude řešeno taktéž spolu se zateplením objektu.

Konstrukce podlah

Nejčastěji používaným materiálem nášlapné vrstvy podlah v objektu je keramická dlažba. Použitý materiál nese známky dlouhodobého užívání objektu, ale v žádné místnosti není poškozená. Zastarání je tedy spíše morální, než funkční a nevyžaduje výměnu.

8.3 TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Tepelné ztráty objektu ve stávající podobě jsou velmi vysoké. Absence zateplení obvodového pláště je pouze jednou z příčin značných úniků tepla a spojených nákladů na vytápění objektu. Dalšími příčinami vysokých tepelných ztrát jsou– absence zateplení spodní stavby objektu, absence izolace při stropu prvního podzemního podlaží a minimální tloušťka izolace střešního pláště. Pro dosažení optimálního výsledku by bylo třeba provést celkové zateplení stavby a vytvořit nový komplexní zateplovací systém stávajícího objektu. Zateplení obvodového pláště a stropní konstrukce je z hlediska tepelných ztrát považováno za zateplení nejnehospodárnější částí stavby. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl navrhnout možná řešení právě pro tyto dvě části stavby.

Tepelné ztráty stávající obvodové konstrukce

Stávající obvodová konstrukce je zděná z plných cihel. Tloušťka zdiva je 440 mm. Pomocí kalkulátoru z internetové stránky www.tzbinfo.cz jsem stanovil tepelné ztráty obvodového pláště stavby v aktuálním stavu. (40)

Zjištěné údaje jsou uvedeny v příloze č. 1 této diplomové práce. Pro přehlednost jsem zobrazil nejzásadnější zjištěné údaje do následující tabulky č. 3.

Tab. č. 3 Okrajové podmínky stavby a součinitel prostupu tepla stávající obvodové stěny.

Informace o stávající konstrukci stavby	
Obec	Pernink
Nadmořská výška [m n.m.]	820
Návrhová teplota venkovního prostředí	-20 °C
Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny U [$W/m^2 \cdot K$]	1,31
Požadovaná hodnota U_{n20} [$W/m^2 \cdot K$]	0,30
Doporučená hodnota U_{rec20} [$W/m^2 \cdot K$]	0,25
Doporučená hodnota pro pasivní domy $U_{pas,20}$ [$W/m^2 \cdot K$]	0,18
Odpor při prostupu tepla konstrukce R_t [$m^2 \cdot K/W$]	0,76

Z tabulky č. 3 vyplývá, že hodnota součinitele prostupu tepla stávající obvodovou stěnou je nepříjemně vysoká. Z porovnání výsledků lze vyčíst, že vypočtená hodnota stávajícího stavu mnohonásobně převyšuje požadovanou a doporučenou hodnotu prostupu tepla konstrukcí pro obvodovou stěnu rodinného domu. Hodnota je více než 4krát vyšší, než je požadovaná hodnota.

Tepelné ztráty objektu Pernink

Na základě informací poskytnutých vlastníkem nemovitosti se pro potřeby výpočtu uvažuje, že objekt je vytápěn nepřetržitě. Tato skutečnost je zohledněna i v následujících výpočtech.

Pro stanovení tepelných ztrát objektu jsem použil kalkulačku dotačního programu zelená úsporám. Tento program stanoví tepelné ztráty objektu, náklady potřebné pro vytápění stavby v daných podmínkách a ztráty jednotlivých konstrukcí. (42)

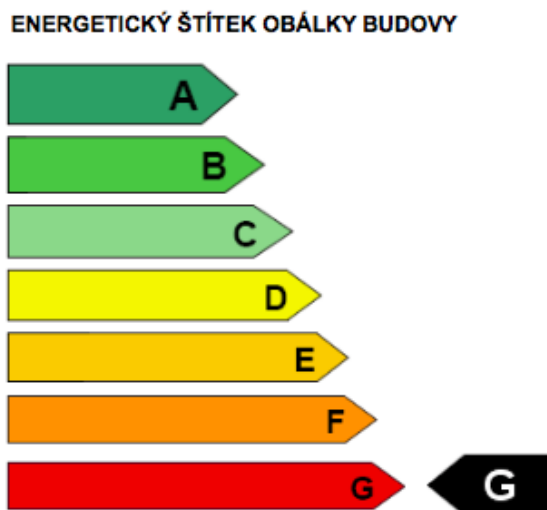
Následující tabulka č. 4 zobrazuje základní informace o zatřídění stavby a tepelných ztrátách.

Tab. č. 4 Tepelné ztráty stávajícího objektu.

Tepelné ztráty objektu Pernink	
Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/m^2]	803,7
Roční potřeba tepla na vytápění na celý objekt [kWh]	71 690,04
Maximální tepelná ztráta [W]	32 165
Zatřídění budovy	G

Energetický štítek obálky budovy

Zjištěná data tepelných ztrát celého objektu zařazují stavbu do nejméně hospodárné skupiny. Skupina G tedy mimořádně neekonomická stavba. Vzhledem k použité technologii výstavby, užitým materiálům, minimálnímu zateplení objektu a horské poloze stavby lze označit výsledek za očekávaný. Grafické znázornění zařazení stavby do třídy G– mimořádně neekonomická stavba na následujícím obr. č. 21.



obr. č. 21 Zařazení stavby dle energetické náročnosti. (42)

Rozdělení tepelných ztrát dle konstrukčních dílů

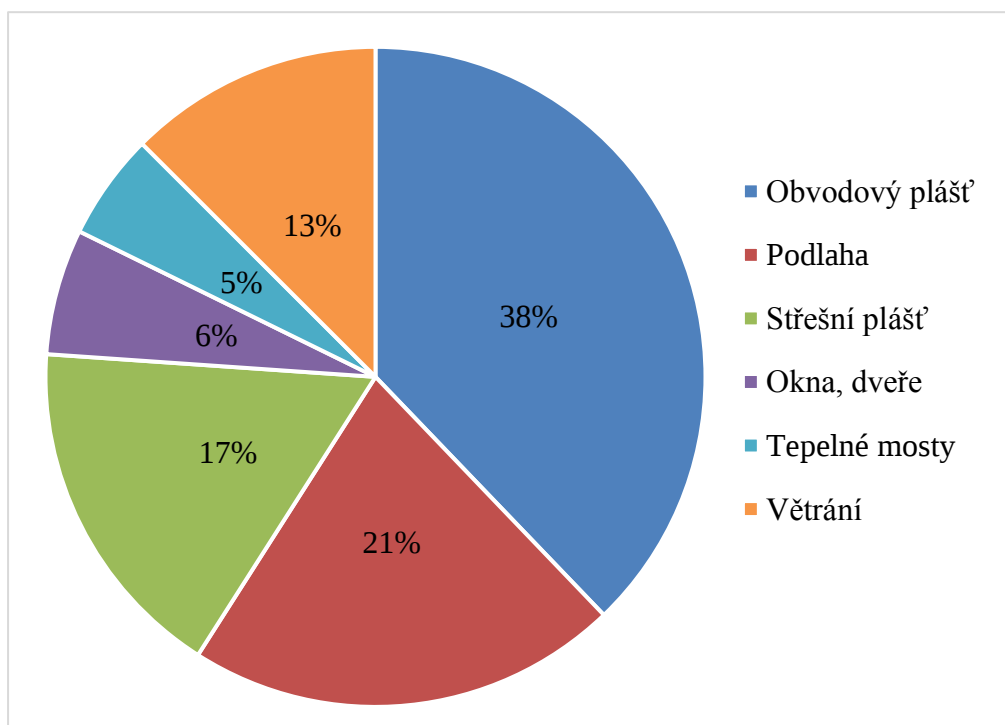
Výslednou tepelnou ztrátu stavby ovlivňují zejména hodnoty prostupu tepla obvodovým pláštěm, spodní stavbou objektu a střešní konstrukcí. Tyto tři konstrukční části stavby jsou výrazně ztrátovější než zbylé konstrukce. Údaje jsou pro přehlednost zpracovány do tabulky č. 5, celý výpočet bude zobrazen v příloze č. 2 této diplomové práce.

Tab. č. 5 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů.

Konstrukce	Maximální tepelné ztráty [W]
Obvodový plášť	12 219
Podlaha	5 926
Střecha	5 486
Okna, dveře	1 984
Tepelné mosty	2 525
Ztráta větráním stavby	4 024
Maximální tepelná ztráta celého objektu	32 165
Energetická náročnost stavby	G

Podíl tepelných ztrát dle konstrukčních dílů

Podíl jednotlivých konstrukčních prvků na celkové ztrátě objektu vychází dle očekávání. Více než jedna třetina tepelných ztrát objektu je způsobena absencí zateplení obvodové nosné konstrukce stavby. Následující dvě nejztrátovější položky jsou zateplení spodní stavby objektu (21 %) a střešní plášť (17 %). Jako střešní plášť jsou v tabulce a v navazujícím grafu označeny střešní krytina objektu a stropní konstrukce nad prvním nadzemním podlažím. Zbýlá čtvrtina tepelných ztrát je rozložena mezi okna, dveře, ztráty způsobené větráním objektu a tepelnými mosty. Následující graf č. 2 zobrazuje maximální tepelné ztráty objektu Pernink ve stávajícím nezatepleném stavu.



Graf č. 2 Tepelné ztráty objektu ve stávajícím stavu.

9 NÁVRH ZATEPLOVACÍCH SYSTÉMŮ

Rozhodl jsem se navrhnout pro vybraný objekt Pernink tři varianty zateplovacího systému objektu. Vybraná řešení se liší volbou zateplovacího materiálu obvodových stěn stavby a použitými technologiemi. Shodná pro všechna řešení jsou zateplení stropu nad prvním nadzemním podlažím, výměna oken a dveří objektu. Pro každé řešení stanovím prostupy tepla konstrukcí, procentuální podíly tepelných ztrát dle konstrukčních dílů a náklady na vytápění objektu. Následně provedu finanční analýzu nákladů na provedení zateplovacích prací každého řešení. Vybrané alternativy porovnám a navrhnou nejvhodnější variantu.

Zateplení obvodového pláště stavby:

- Řešení A: Izolační materiál EPS Isover Greywall 180 mm.
- Řešení B: Izolační desky z minerálních vláken Isover TF Profi 180 mm.
- Řešení C: Izolace z konopných vláken desky Vicarius canna 180 mm.

Výměna oken a dveří:

Výměna oken a dveří objektu bude provedena při zateplovacích pracích na obvodovém plášti, použitá okna jsou uvažována pro všechna tři řešení shodná. Okna budou použita od společnosti Vekra model Prima součinitel prostupu tepla oknem je dle výrobce $0,92 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Okna mají dobrý poměr tepelně izolačních vlastností a pořizovací ceny. (43)

Dveře budou použity plastové od společnosti Vekra, modelová řada Prima- shodně jako okna. Součinitel prostupu tepla dveřní výplně stanovuje výrobce na $1,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Zateplení konstrukce stropu nad prvním nadzemním podlažím:

Zateplení stropní konstrukce bude provedeno pěnovým polystyrenem. Materiál je podobný řešení A obvodového pláště, tedy izolace Isover Greywall. Pro zateplení stropu bude použita verze s vyšší únosností v tlaku, nikoliv fasádní varianta. Bude použita deska o tl. 140 mm. Tepelný odpor materiálu je dle výrobce $4,45 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Tepelná izolace bude zakryta OSB deskami ECO tloušťky 22 mm. Prostory nad prvním nadzemním podlažím nejsou využity. Není plánováno zatížení této nově vytvořené konstrukce.

9.1 ŘEŠENÍ A

Pro první řešení jsem navrhl zateplovací materiál, který je nejčastěji užívaný v České republice a tím je polystyren. Jedná se o nejvíce užívaný materiál především z důvodu výhodného poměru nízké pořizovací ceny a dobrých tepelně izolačních vlastností.

Skladba řešení A je kontaktní zateplovací systém, všechny vrstvy budou tedy propojeny v jeden celek bez provětrávané mezery. Při provádění zateplovacích prací je nezbytné dodržet postupy předepsané výrobcem pro systémy ETICS. Před provedením penetračního nátěru je třeba odstranit nesoudržné části omítky. Do výšky 30 cm je třeba zateplit stavbu extrudovaným polystyrenem, který je odolný vůči vodě.

Pro zateplení stavby prvního řešení jsem tedy vybral pěnový polystyren (EPS). Tloušťka vybrané izolace bude 180 mm. Rozhodl jsem se zvolit izolační materiál od společnosti Isover, modelová řada Greywall 180. (38)

Isover Greywall

Jedná se o vylepšený zateplovací materiál pro kontaktní zateplovací systémy. Šedý fasádní polystyren má až o 20 % lepší izolační vlastnosti než bílý polystyren. Obsah stopového množství grafitu má za následek charakteristickou barvu materiálu. (38)

Z důvodu přítomnosti zmiňovaného grafitu je třeba volit pouze tmely doporučené výrobcem. Při nedodržení postupu hrozí špatné propojení izolantu s nosnou stěnou stavby.

Izolační materiál Isover Greywall je jedním z nejlepších tepelně izolačních materiálů, které lze na trhu vybrat. Výhodou EPS je snadná manipulace s materiálem. Izolant je velmi lehký a snadno přemístitelný. Objemová hmotnost materiálu je přibližně šestkrát nižší než minerální izolace. Bezproblémové je i přizpůsobení dílů pro atypické části obvodového pláště, protože je možno materiál velmi snadno řezat. Provádění samotných zateplovacích prací je rychlé, protože systém se skládá z velkorozměrových dílců.

Vedle řady výhod materiálu, jsou tu i nevýhody. Je třeba dbát na správné uskladnění materiálu. Materiál je citlivý na teplotu, která by neměla překročit 70 stupňů Celsia. Nedoporučuje se tedy materiál vystavovat přímému slunečnímu záření, aby nedošlo k jeho poškození. Zvýšená opatrnost se vztahuje i na montáž dílců při provádění zateplovacích prací. Výrobce doporučuje opatřit lešení sítěmi, zachycující sluneční svit v průběhu montáže.

Další nevýhodou je nižší odolnost materiálu proti požáru. Izolace EPS nenabízí tak dobré akustické tlumení jako desky z minerální vlny a konopné izolační panely. Nevýhodou je nižší paropropustnost vzniklé konstrukce.

Vlastnosti materiálu:

- Tloušťka izolantu: 180 mm
- Rozměry desek: 1000 mm × 500 mm
- Tepelný odpor: $5,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
- Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti: $0,032 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Návrhový součinitel tepelné vodivosti: $0,033 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Třída reakce na oheň: E
- Objemová hmotnost: 13,5 až $15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Postup při provádění dodatečného zateplení s využitím tepelné izolace EPS:

- Odstranění stávajících nesoudržných vrstev omítky.
- Demontáž klempířských prvků (hromosvody, žlaby, apod.).
- Provedení penetračního nátěru pro zajištění soudržnosti lepících složek a zdiva.
- Osazení zakládacích lišt z hliníku hmoždinkami.
- Nalepení izolačních desek a ukotvení za pomoci kotev, minimálně 4 ks na m².
- Osazení nároží, parapetů a okenních otvorů krycími rohovými lištami.
- Nanesení stěrkové hmoty a vložení sklovláknité tkaniny.
- Příprava podkladu pro omítku– přebroušení, penetrační nátěr před aplikací omítky a nátěrem.
- Nanesení tenkovrstvé omítky. Osazení klempířských prvků, včetně výměny kotvících prvků za delší z důvodů navýšení délky o tloušťku izolantu.

Tepelné ztráty obvodové konstrukce řešení A

Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny vlivem zateplení výrazně klesl, řádově je po zateplení polystyrenem tl. 180 milimetrů polystyrenu na 1/8 původní hodnoty. Výrazně lepší výsledek splňuje doporučené hodnoty pro obvodové stěny pasivního rodinného domu. Tabulka č. 6 popisuje okrajové podmínky stavby a porovnává vypočtené hodnoty pro konstrukci obvodové stěny řešení A s normovými hodnotami. V porovnání se stávajícím řešením dochází k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností objektu.

Tab. č. 6 Okrajové podmínky a součinitel prostupu tepla obvodovou stěnou– řešení A.

Obec	Pernink
Nadmořská výška [m n.m.]	820
Návrhová teplota venkovního prostředí	-20 °C
Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodovou stěnou U [W/m ² ·K]	0,16
Požadovaná hodnota U _{n20} [W/m ² ·K]	0,30
Doporučená hodnota U _{rec20} [W/m ² ·K]	0,25
Doporučená hodnota pro pasivní domy U _{pas,20} [W/m ² ·K]	0,18
Odpor při prostupu tepla konstrukce R _t [m ² ·K/W]	6,22

Tepelné ztráty objektu Pernink po zateplení řešení A

Roční potřeba tepla na vytápění objektu po zateplení stavby klesla přibližně o 500 kWh/m². V celém objektu uspoříme téměř 50 000 kWh. Vliv provedených opatření je tedy značný. Rozsah provedených prací změnil zařazení stavby dle energetické náročnosti o 3 třídy, při volbě řešení A je stavba zařazena do skupiny D. Tepelné ztráty objektu a potřeba tepla na vytápění objektu je zobrazena v tabulce č. 7.

Tab. č. 7 Tepelné ztráty objektu po zateplení– řešení A.

Tepelné ztráty objektu Pernink	
Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/m ²]	256
Roční potřeba tepla na vytápění na celý objekt [kWh]	22 835,2
Maximální tepelná ztráta [W]	10 742
Zařídění budovy	D

Podíl tepelných ztrát dle konstrukčních dílů

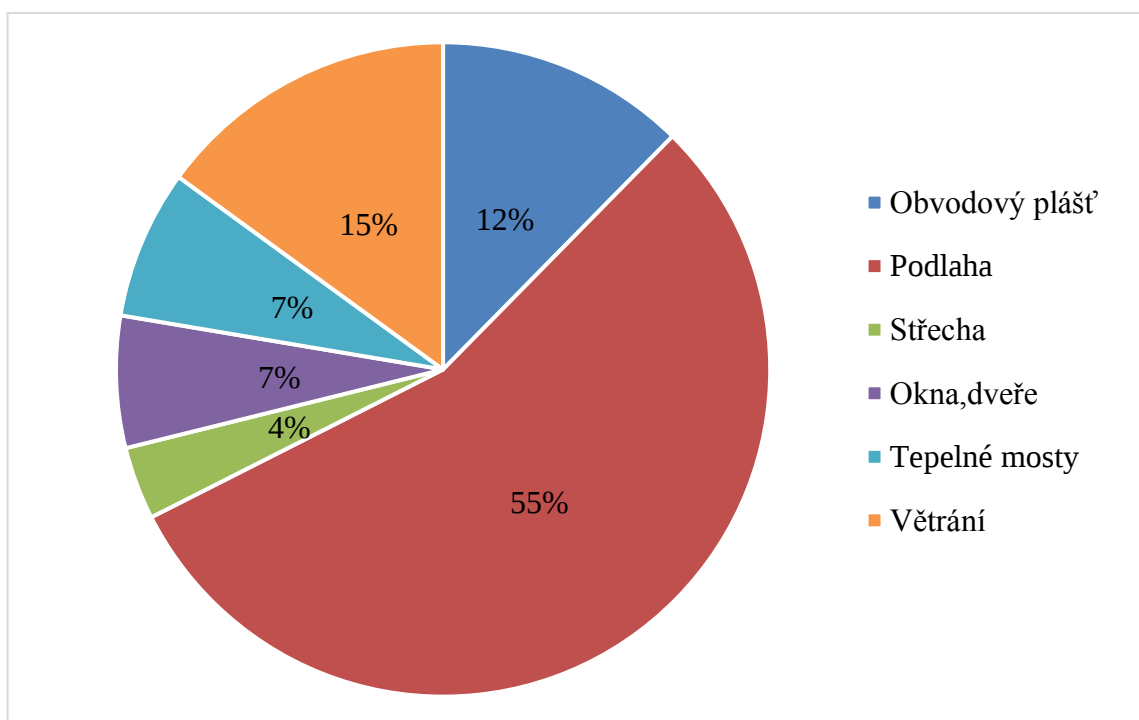
Zateplením obvodového pláště stavby byla eliminována tepelná ztráta nejnehospodárnější konstrukce. Ztráty obvodového pláště klesly z původních 38 % na 12 %. Zateplení stropní konstrukce se projevilo na snížení ztráty ze 17 % na 4 %. Největší nárůst ztrát se projevil navýšením poměru tepelných ztrát u konstrukce podlahy. Nejztrátovější konstrukce nyní činí více než polovinu celkové tepelné ztráty objektu. Procentuální poměr při zateplení oken a dveří se z důvodu nižšího objemu prací výrazně nezměnil, ale přispěl k celkové úspoře energie potřebné pro vytápění objektu. Tabulka č. 8 zobrazuje tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí stavby při využití řešení A.

Tab. č. 8 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů– řešení A.

Konstrukce	Maximální tepelné ztráty [W]
Obvodový plášť	1 329
Podlaha	5 926
Střecha	386
Okna, dveře	700
Tepelné mosty	791
Ztráta větráním stavby	1 610
Maximální tepelná ztráta celého objektu	10 742
Energetická náročnost stavby	D

Grafické vyjádření podílu jednotlivých tepelných ztrát

Následující graf č. 3 zobrazuje podíl jednotlivých konstrukcí na celkové ztrátě objektu Pernink při zateplení 180 mm polystyrenu Isover Greywall.



Graf č. 3 Tepelné ztráty po zateplení– řešení A.

9.2 ŘEŠENÍ B

Druhá varianta zateplení obvodového pláště stavby využívá tradiční izolační materiál hojně využívaný pro dodatečná zateplení objektu, a to minerální vlnu. Jedná se rovněž o vnější kontaktní zateplovací systém využívající pevné izolační desky. Při provádění zateplovacích prací je nezbytné dodržet certifikované pracovní postupy vhodné pro systémy ETICS. Izolaci je třeba lepit na suchý, pevný a soudržný podklad, který by měl být bez výrazných nerovností.

Uvažovaná tloušťka izolačních desek použitých pro zateplení objektu bude shodně s prvním řešením A 180 mm. Izolační materiál pro druhé řešení je zvolen Isover TF Profi. Izolační materiál Isover TF Profi splňuje požadavky na ETICS dle normy EN 13500, ETAG 004 a kvalitativní třídu A dle CZB. (39)

Isover TF Profi

Jedná se o izolační desky z minerální vlny s podélně orientovanými vlákny. Zásadní výhodou minerální vlny je nízký difúzní odpor a s tím související vynikající paropropustnost materiálu. Schopnost materiálu propouštět vodní páry je výrazně lepší, než u polystyrenu. Při užití minerální vlny se snažíme o snižování difuzního odporu použitých materiálu směrem od nosného zdiva po vnější povrchovou úpravu. Tím zajistíme postupné odvádění vodních par od nosného zdiva. Minerální izolace mají oproti polystyrenu a konopné izolaci velmi dobré protipožární vlastnosti, zařazením spadají do nejméně hořlavé skupiny materiálů, skupiny A. Další výhodou jsou velmi dobré akustické vlastnosti materiálu a vysoká životnost zateplovacího systému. Materiál je odolný proti dřevokazným škůdcům, hlodavcům a hmyzu. Je ekologický a zdravotně nezávadný.

I přes velmi dobré mechanické vlastnosti materiálu je třeba dbát na správné provedení zateplovacích prací a na uskladnění materiálu. Při styku s vodou dochází ke ztrátám tepelně izolačních vlastností. Je proto třeba izolaci v konstrukci ochránit před působením vody. Materiál je sice z výroby hydrofobizován a měl by tedy částečně odpuzovat vodu, ale není vhodné, aby přišel do kontaktu s nadměrnou vlhkostí. Pokud izolant během montáže přijde do styku s vodou, je třeba nechat materiál důkladně vyschnout. Navlhlý materiál je náchylný na poškození, které může být nevratné. (39) Nevýhodou je i mírně vyšší objemová hmotnost, která ztěžuje manipulaci s materiálem.

Vlastnosti materiálu Isover TF Profi:

- Tloušťka izolantu: 180 mm
- Rozměry desek: 1000 mm × 600 mm
- Tepelný odpor: 5,0 [m²·K/W]
- Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti: 0,036 W/m²·K
- Návrhový součinitel tepelné vodivosti: 0,038 W/m²·K
- Třída reakce na oheň: A
- Objemová hmotnost: 160 kg·m⁻³

Postup při dodatečném zateplení fasády pomocí izolace Isover TF Profi:

- Odstranění stávajících nesoudržných vrstev omítky.
- Demontáž klempířských prvků (hromosvody, žlaby, apod.).
- Provedení penetračního nátěru pro zajištění soudržnosti lepících složek a zdiva.
- Osazení zakládacích lišt z hliníku hmoždinkami.
- Nalepení izolačních desek a ukotvení za pomoci kotev, minimálně 4 ks na m².
- Osazení nároží, parapetů a okenních otvorů krycími rohovými lištami.
- Nanesení stěrkové hmoty a vložení sklovláknité tkaniny.
- Příprava podkladu pro omítku– přebroušení, penetrační nátěr před aplikací omítky a nátěrem.
- Nanesení tenkovrstvé omítky. Osazení klempířských prvků, včetně výměny kotvicích prvků za delší z důvodů navýšení délky o tloušťku izolantu.

Tepelné ztráty obvodové konstrukce– řešení B

Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny po provedení zateplení minerální izolací tl. 180 mm dosahuje velmi dobrých tepelně izolačních vlastností, součinitel prostupu tepla klesl na hodnotu 0,17 W/m²·K. Porovnáním vlastností navrženého systémového řešení B a stávajícího stavu objektu dochází k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností objektu. Výsledek splňuje doporučené hodnoty pro obvodové stěny pasivního rodinného domu. Naměřené hodnoty tepla potřebného pro vytápění objektu jsou mírně vyšší, než bylo kalkulováno u řešení A.

Tabulka č. 9 popisuje okrajové podmínky stavby a porovnává vypočtené hodnoty pro konstrukci obvodové stěny, řešení B a doporučené hodnoty.

Tab. č. 9 Okrajové podmínky a součinitel tepelného prostupu obvodovou stěnou– řešení B.

Obec	Pernink
Nadmořská výška [m n.m.]	820
Návrhová teplota venkovního prostředí	-20 °C
Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodovou stěnou U [W/m ² ·K]	0,17
Požadovaná hodnota U _{n20} [W/m ² ·K]	0,30
Doporučená hodnota U _{rec20} [W/m ² ·K]	0,25
Doporučená hodnota pro pasivní domy U _{pas,20} [W/m ² ·K]	0,18
Odpor při prostupu tepla konstrukce R _t [m ² ·K·W ⁻¹]	5,72

Tepelné ztráty objektu Pernink po zateplení, řešení B

Celková tepelná ztráta objektu Pernink při zateplení obvodového pláště minerální vlnou klesla přibližně o 16 000 watů. Procentuálně vyjádřeno– spotřeba tepla na vytápění objektu klesla na 35 % původní hodnoty. Zateplení obvodového pláště změnilo zařazení stavby z třídy G na hospodárnější třídu D, tedy nevhodná stavba. Tepelné ztráty objektu a potřeba tepla na vytápění objektu po aplikaci řešení B jsou zobrazeny v následující tabulce č. 10.

Tab. č. 10 Tepelné ztráty objektu po zateplení– řešení B.

Tepelné ztráty objektu Pernink	
Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/m ²]	258,2
Roční potřeba tepla na vytápění na celý objekt [kWh]	23 031,44
Maximální celková tepelná ztráta [W]	10 825
Zařazení budovy	D

Podíl tepelných ztrát dle konstrukčních dílů

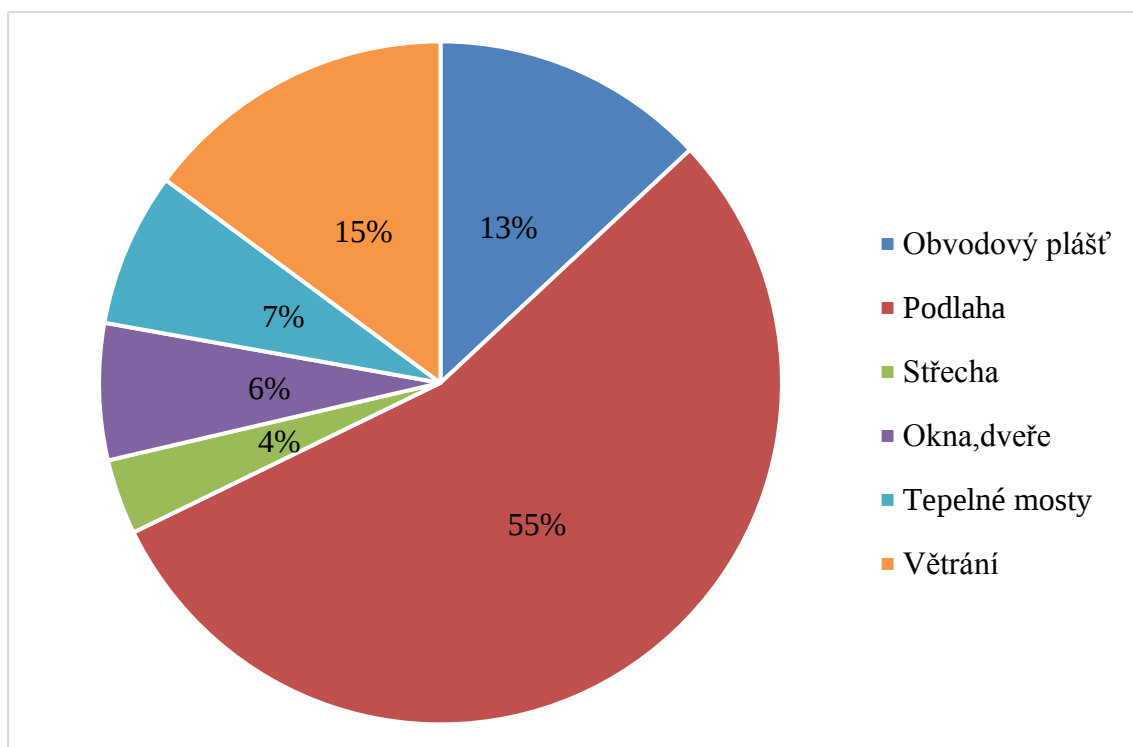
Zateplením obvodového pláště stavby jsou eliminovány tepelné ztráty nejnevhodnější konstrukce. Ztráty obvodového pláště klesly z původních 38 % na příznivých 8 %. Hodnoty zateplení řešení B jsou velmi podobné hodnotám prvního zateplovacího systému (řešení A). Hodnoty tepelných ztrát a prostupy tepla obvodovým pláštěm jsou srovnatelné. Následující tabulka č. 11 zobrazuje maximální okamžité ztráty jednotlivých konstrukcí stavby při zateplení 180 mm minerální izolace. (42)

Tab. č. 11 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů– řešení B.

Konstrukce	Tepelné ztráty [W]
Obvodový plášť	1 412
Podlaha	5 926
Střecha	386
Okna, dveře	700
Tepelné mosty	791
Ztráta větráním stavby	1 610
Maximální celková tepelná ztráta	10 825
Energetická náročnost stavby	D

Grafické vyjádření podílu jednotlivých tepelných ztrát

Procentuální podíl konstrukcí je srovnatelný s řešením A. Došlo k minimálnímu navýšení objemu ztrát obvodovým pláštěm o 1 % v porovnání s řešením A. Zbylé konstrukce vykazují minimální odchylky. Následující graf č. 4 zobrazuje tepelné ztráty objektu Pernink po zateplení minerální izolací Isover TF Profit 180 mm.



Graf č. 4 Tepelné ztráty po zateplení– řešení B.

9.3 ŘEŠENÍ C

Pro třetí variantu zateplení obvodového pláště stavby jsem vybral materiál z řad zástupců přírodních izolačních materiálů. V České republice není užívání těchto materiálů příliš obvyklé v porovnání se západní Evropou není naplno využít jejich potenciál a výhody. I přes aktuálně nižší oblibu přírodních ekologických izolačních materiálů u nás si myslím, že tímto směrem by mohl v brzké budoucnosti směřovat trend zateplování staveb i u nás v České republice. Z řady zástupců přírodních izolačních materiálů jsem vybral jako nejvhodnější tepelně izolační materiál konopnou izolaci.

Jedná se o vnější kontaktní zateplovací systém, skladba materiálu odpovídá systému ETICS. Tloušťka použitého izolantu bude 180 mm. Izolace je vyráběna formou stlačených desek, které se nalepují a kotví na soudržný podklad. Do izolace jsou předvrtány otvory pro snazší kotvení izolantu.

Konopná izolace Vicarius canna panel

Termoizolační desky Vicarius canna jsou vyrobené z konopných vláken s příměsí pojivých dvousložkových vláken a roztoku sody, který slouží jako ochrana proti hoření a plísním. (41)

Materiál je vhodný pro použití v rodinných domech, zejména díky naprosté zdravotní nezávadnosti. Při zateplovacích pracích nejsou zapotřebí žádné ochranné pomůcky. Další předností konopí je maximálně ekologická výroba a využití obnovitelnosti výrobních materiálů. Konopí roste mnohem rychleji než například dřevo a obnovitelnost zdrojů je opravdu vysoká. Vyznačuje se odolností vůči dřevokazným škůdcům, dřevokazným houbám a plísním. Konopná izolace má velice dobré difúzní vlastnosti, nedochází ke kondenzaci vodních par na povrchu konstrukce, ale odvádí vlhkost od stavby, tím pádem je eliminován vznik a šíření plísní mezi jednotlivými vrstvami izolace. Konopná izolace vykazuje velmi dobrý klimatizační účinek a akumulační schopnosti. V porovnání s minerální vlnou má dvojnásobnou tepelnou kapacitu. Izolace zvládá naakumulovat teplo a zadržet ho na delší časový úsek, než běžně užívané izolace. Izolant chrání stavbu před horkem v létě a chladem v zimě. Konopná izolace velice dobře vyrovnává vlhkost a hodí se tak tedy do míst, kde je vyšší hladina vlhkosti zdiva.

Nevýhodou konopné izolace je její hořlavost a vyšší pořizovací cena, která je dána zejména menším rozsahem užívání v České republice. (41)

Další nevýhodou izolantu je i vyšší objemová hmotnost, která je srovnatelná s deskami z minerální vlny. Manipulace s izolantem je tedy namáhavější oproti EPS. Materiál spadá do nepříznivé třídy hořlavosti E, odolnost proti požáru není příliš vysoká. Materiál je z důvodu zlepšení protipožárních vlastností impregnován roztokem přírodní sody.

Vlastnosti materiálu Vicarius canna panel:

- Tloušťka izolantu: 180 mm
- Rozměry desek: 800 mm × 625 mm
- Tepelný odpor: 3,9 m²·K/W
- Deklarovaný součinitel tepelné vodivosti: 0,039 W/m²·K
- Návrhový součinitel tepelné vodivosti: 0,040 W/m²·K
- Třída reakce na oheň: E
- Objemová hmotnost: 100 kg·m⁻³

Postup při dodatečném zateplení fasády pomocí izolace Vicarius canna panel:

- Odstranění stávajících nesoudržných vrstev omítky.
- Demontáž klempířských prvků (hromosvody, žlaby, apod.).
- Provedení penetračního nátěru pro zajištění soudržnosti lepících složek a zdiva.
- Osazení zakládacích lišt z hliníku hmoždinkami.
- Nalepení izolačních desek a ukotvení za pomoci kotev, minimálně 4 ks na m².
- Osazení nároží, parapetů a okenních otvorů krycími rohovými lištami.
- Nanesení sítěkové hmoty a vložení sklovláknité tkaniny.
- Příprava podkladu pro omítku– přebroušení, penetrační nátěr před aplikací omítky a nátěrem.
- Nanesení tenkovrstvé omítky. Osazení klempířských prvků, včetně výměny kotvicích prvků za delší z důvodů navýšení délky o tloušťku izolantu.

Tepelné ztráty obvodové konstrukce řešení C

Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny vlivem zateplení pomocí konopné izolace tl. 180 mm dosahuje obdobných tepelně izolačních vlastností jako při využití minerální izolace ve variantě B. Hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce je 0,18 W/m²·K. Výsledek splňuje doporučené hodnoty pro obvodové stěny pasivního rodinného domu.

Při porovnání se stávajícím stavem objektu dochází i u třetího navrženého řešení k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností objektu. Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce je mírně vyšší než u předešlých řešení. Tabulka č. 12 popisuje okrajové podmínky stavby a porovnává vypočtené hodnoty pro konstrukci obvodové stěny řešení C a normové hodnoty.

Tab. č. 12 Okrajové podmínky a součinitel tepelného prostupu obvodovou stěnou– řešení C.

Obec	Pernink
Nadmořská výška [m n.m.]	820
Návrhová teplota venkovního prostředí	-20 °C
Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny U [W/m ² ·K]	0,18
Požadovaná hodnota U _{n20} [W/m ² ·K]	0,30
Doporučená hodnota U _{rec20} [W/m ² ·K]	0,25
Doporučená hodnota pro pasivní domy U _{pas,20} [W/m ² ·K]	0,18
Odpor při prostupu tepla konstrukce R _t [m ² ·K/W]	5,45

Tepelné ztráty objektu Pernink po zateplení, řešení C

Celková roční potřeba tepla na vytápění při využití řešení C klesla přibližně o 43 000 wattů. Provedená zateplovací opatření shodně s předchozími řešeními zařadila stavbu do kategorie D. Maximální okamžitá tepelná ztráta objektu klesá o téměř 20 000 wattů. Tepelné ztráty objektu a potřeba tepla na vytápění objektu je zobrazena v tabulce č. 13.

Tab. č. 13 Tepelné ztráty objektu po zateplení– řešení C.

Tepelné ztráty objektu Pernink	
Roční potřeba tepla na vytápění [kWh/m ²]	260,3
Roční potřeba tepla na vytápění na celý objekt [kWh]	23 218,76
Maximální celková tepelná ztráta [W]	10 908
Zatřídění budovy	D

Podíl tepelných ztrát dle konstrukčních dílů

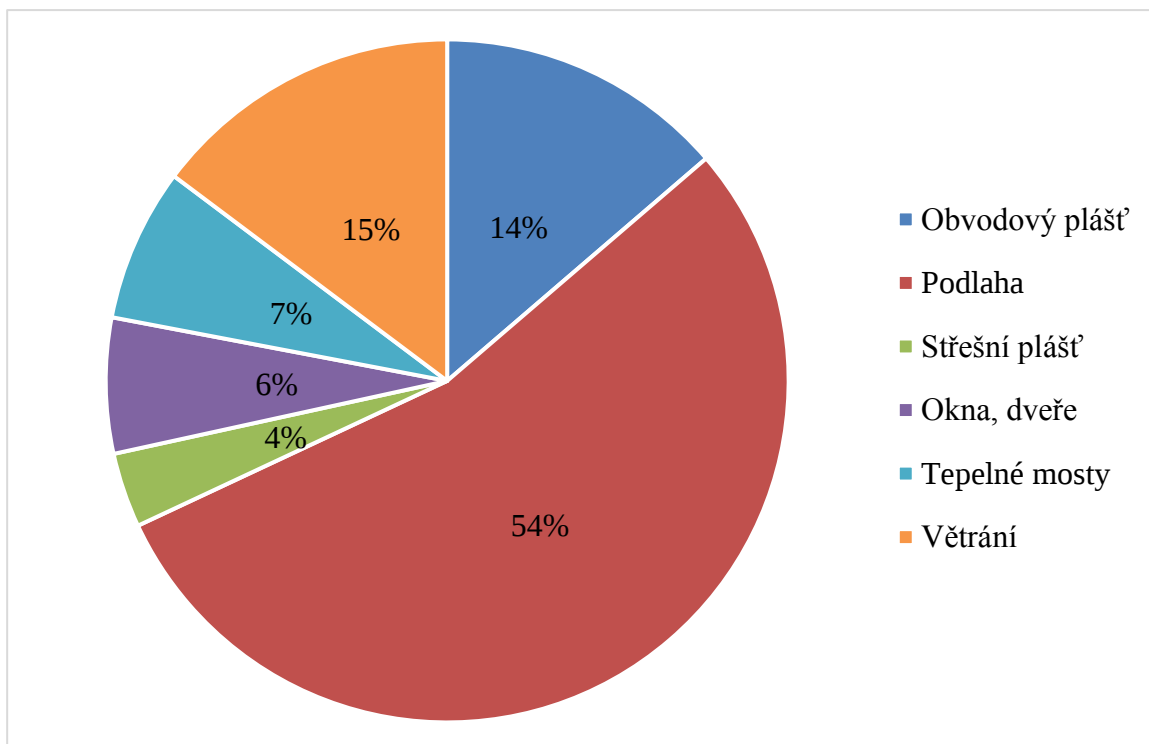
Zateplením obvodového pláště stavby jsou eliminovány tepelné ztráty nejnehospodárnější konstrukce. Ztráty obvodového pláště klesly z původních 38 % na 13 %. Následující tabulka č. 14 zobrazuje ztráty jednotlivých konstrukcí stavby při zateplení tl. 180 mm pomocí tepelné izolace z konopí. (42)

Tab. č. 14 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů– řešení C.

Konstrukce	Maximální tepelné ztráty [W]
Obvodový plášť	1 495
Podlaha	5 926
Střecha	386
Okna, dveře	700
Tepelné mosty	791
Ztráta větráním stavby	1 610
Maximální celková tepelná ztráta	10 908
Energetická náročnost stavby	D

Grafické vyjádření podílu jednotlivých tepelných ztrát

Následující graf č.5 zobrazuje tepelné ztráty objektu Pernink při zateplení 180 mm přírodní konopnou izolací.



Graf č. 5 Tepelné ztráty po zateplení– řešení C.

9.4 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Z provedených výpočtů prostupu tepla konstrukcemi jednotlivých navržených řešení vyplývá, že u všech uvažovaných zateplovacích systémů dochází k výraznému zlepšení tepelně izolačních vlastností rekreačního objektu Pernik.

Součinitel prostupu tepla obvodovou konstrukcí stavby

Při porovnání součinitelů prostupu tepla obvodových konstrukcí stavby dosahuje nejlepších výsledků šedý fasádní polystyren Isover Greywall, který je použitý v navrhovaném řešení A. Následuje řešení B, které využívá izolačních desek Isover TF Profi. Nejvyšší hodnota součinitele prostupu tepla obvodovou konstrukcí stavby byla zjištěna u řešení C, tedy konopných izolačních panelů Vicarius Canna. Hodnoty všech tří systémů byly ale velmi vyrovnané, rozdíl mezi nejlepší a nejhorší konstrukcí jsou jen dvě setiny. Zjištěné hodnoty a podrobné výpočty jsou součástí příloh diplomové práce.

Tabulka č. 15 na následující straně zobrazuje zjištěné hodnoty součinitelů prostupu tepla obvodovou stěnou stavby navržených řešení a aktuálního stavu objektu.

Zatřídění stavby dle energetické náročnosti

Vlivem provedených zateplovacích opatření vychází zatřídění stavby po aplikaci všech tří řešení shodně do kategorie D. Došlo tedy k výraznému zlepšení o tři třídy. Dle Zákona o hospodaření s energiemi č. 406/2000 Sb. by měl být rozsah zateplovacích prací (opatření) takový, aby výsledná kategorie odpovídala kategorii C, nebo lepší. Objekt Pernink není celoročně využívaný objekt, proto se na tyto zateplovací práce nevztahují některé zákonem předepsané podmínky. Rekreační chata nemusí splňovat kategorii C, nebo lepší. Průkazy energetické náročnosti budovy pro jednotlivá řešení byly vypracovány zejména pro představu předpokládané úpory tepla při vytápění a pro výpočet návratnosti investice do zateplení objektu.

Potřeba tepla na vytápění stavby

Potřeba množství tepla na vytápění objektu ve stávajícím stavu je opravdu vysoká, odpovídá spotřebě 803,7 kWh/m². Pro celý objekt je to 71 690, 04 kWh. Potřeby tepla na vytápění objektu při využití navržených řešení jsou velmi podobné, dochází zde opět k minimálním odlišnostem v řádu stovek kWh na celý objekt. Malý rozdíl je dán zejména velmi podobným součinitelem prostupu tepla konstrukce a aplikací stejného zateplení oken, dveří a stropu nad prvním nadzemním podlažím. Nejúspornější varianta A dosahuje úspory přibližně 48 835 kWh, potřeby tepla na vytápění po provedení zateplovacích opatření jsou tedy třetinové v porovnání se současným stavem. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce č. 15.

Tab. č. 15 Porovnání vypočtených hodnot zateplovacích systémů.

Řešení	Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny [W/m ² ·K]	Zatřídění stavby dle energetické náročnosti	Potřeba tepla na vytápění- celý objekt [kWh]	Úspora tepla [kWh]
Stávající stav	1,31	G	71 690,04	×
Řešení A	0,16	D	22 835,20	48 854,84
Řešení B	0,17	D	23 031,44	48 658,60
Řešení C	0,18	D	23 218,76	48 471,28

10 FINANČNÍ ANALÝZA ZATEPLENÍ

Pro jednotlivá řešení byla zpracována kalkulace nákladů na provádění vybraných zateplovacích prací za účelem zjištění finanční nákladnosti jednotlivých posuzovaných řešení. Kalkulace byla provedena využitím položkových rozpočtů stavebních prací za účelem zjištění výše předpokládané investice. K vytvoření položkových rozpočtů byl použit rozpočtovací software BUILDpower S poskytnutý společností RTS, a. s. Zpracované stavební rozpočty pro jednotlivá řešení jsou součástí příloh této diplomové práce.

V následující části této kapitoly jednotlivě popíši a okomentuji každou variantu vybraných řešení a následně tato řešení vzájemně porovnam.

10.1 FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ A

Stanovené náklady na provedení zateplovacího systému řešení A, které využívá tepelnou izolaci Isover Greywall tl. 180 mm byly v porovnání s ostatními navrhovanými řešeními dle očekávání nejnižší. Nejnižší pořizovací cena tohoto zateplovacího systému (řešení A) je způsobena nízkou cenou základního izolačního materiálu, tedy izolačních desek Isover Greywall tl. 180 mm. Ostatní položky rozpočtu se zásadně cenově neliší, ale úspora na izolačních deskách je značná.

Tepelně izolační materiál použitý u řešení A na rozdíl od tepelných izolací použitých v ostatních dvou řešení lze nakoupit za méně než 100 tis. Kč bez daně z přidané hodnoty (DPH). Následující tabulka č. 16 zobrazuje jednotlivé skupiny nákladů dle stavebních prací. Rozdělení dílů na hlavní stavební výrobu (HSV), přidruženou stavební výrobu (PSV) a přesun sutí (PSU). Dále zobrazuje cenu jednotlivých dílů stavebních prací bez DPH, s DPH a celkovou cenu zateplovacího řešení včetně započítání DPH.

Tab. č. 16 Finanční analýza– řešení A.

Číslo	Název	Díl	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	294 034,89	355 922,99
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	25 682,67	31 076,03
96	Bourání konstrukcí	HSV	2 720,80	3 292,17
99	Staveništní přesun hmot	HSV	2 221,91	2 692,00
713	Izolace tepelné	PSV	132 591,12	160 435,26
763	Dřevostavby	PSV	32 389,18	39 190,91
764	Konstrukce klempířské	PSV	12 604,46	15 251,40
766	Konstrukce truhlářské	PSV	65 672,85	79 464,15
D96	Přesuny sutí a vybouraných hmot	PSU	297,18	359,59
Cena celkem [Kč]			568 215,06	687 540,48

10.2 FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ B

Stanovené náklady na provedení zateplovacího systému řešení B, které využívá tepelně izolační desky z minerální vlny Isover TF Profi tl. 180 mm jsou vyšší než náklady řešení A. Cenové navýšení zateplovacího systému je dáno zejména vyšší pořizovací cenou izolačního materiálu.

Pořizovací cena desek Isover TF profi je přibližně o 90 000 Kč vyšší, než při použití izolantu polystyren Isover Greywall stejné tloušťky. Ostatní položky rozpočtu se zásadně cenově neliší. Cenový rozdíl mezi řešeními A a B je přibližně 100 tis. Kč. Následující tabulka č. 17 zobrazuje jednotlivé skupiny nákladů dle stavebních prací. Rozdělení dílů na HSV, PSV a PSU. Dále zobrazuje cenu jednotlivých dílů stavebních prací bez DPH, s DPH a celkovou cenu zateplovacího řešení včetně započítání sazby DPH.

Tab. č. 17 Finanční analýza– řešení B.

Číslo	Název	Díl	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	462 998,67	560 369,16
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	25 682,67	31 076,03
96	Bourání konstrukcí	HSV	2 720,80	3 292,17
99	Staveništní přesun hmot	HSV	4 211,57	5 099,48
713	Izolace tepelné	PSV	41 733,58	50 497,63
763	Dřevostavby	PSV	32 389,18	39 190,91
764	Konstrukce klempířské	PSV	12 604,46	15 251,40
766	Konstrukce truhlářské	PSV	65 672,85	79 464,15
D96	Přesuny suti a vybouraných hmot	PSU	297,18	359,59
Cena celkem [Kč]			647 816,71	783 859,00

Pozn.: na rozdíl od varianty A a C je v této variantě obsažena cena základního izolačního materiálu (desky Isover TF Profi) obsažena v položce Úpravy povrchů vnější, protože materiál není vložen ve specifikaci. Dochází tedy ke snížení položky Izolace tepelné a navýšení položky Úpravy povrchů vnější.

10.3 FINANČNÍ ANALÝZA ŘEŠENÍ C

Stanovené náklady na provedení zateplovacího systému řešení C, které využívá tepelně izolační panely z konopí Vicarius Canna tl. 180 mm jsou nejvyšší z porovnávaných řešení. Navýšení ceny zateplovacího systému je zapříčiněno cenou použitých tepelně izolačních panelů, které jsou znatelně dražší než předcházející dva izolační materiály.

Pořizovací cena panelů Vicarius Canna je výrazně vyšší než při použití izolantu Isover Greywall, případně desek z minerální vlny Isover TF profi. Ostatní položky rozpočtu se zásadně cenově neliší. Cenový rozdíl mezi řešeními A a C je přibližně 300 tis. Kč tedy přibližně jedna třetina celkové ceny.

Následující tabulka č. 18 zobrazuje jednotlivé skupiny nákladů rozdělené dle stavebních prací. Rozdělení dílů na HSV, PSV a PSU. Dále zobrazuje cenu jednotlivých dílů stavebních prací bez DPH, s DPH a celkovou cenu zateplovacího řešení včetně započítání sazby DPH.

Tab. č. 18 Finanční analýza– řešení C.

Číslo	Název	Díl	Cena bez DPH [Kč]	Cena s DPH [Kč]
62	Úpravy povrchů vnější	HSV	294 034,89	355 922,99
94	Lešení a stavební výtahy	HSV	25 682,67	31 076,03
96	Bourání konstrukcí	HSV	2 720,80	3 292,17
99	Staveništní přesun hmot	HSV	2 221,91	2 692,00
713	Izolace tepelné	PSV	363 831,28	440 235,85
763	Dřevostavby	PSV	32 389,18	39 190,91
764	Konstrukce klempířské	PSV	12 604,46	15 251,40
766	Konstrukce truhlářské	PSV	65 672,85	79 464,15
D96	Přesuny suti a vybouraných hmot	PSU	297,18	359,59
	Cena celkem [Kč]		798 940,97	966 719,00

10.4 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Výsledné náklady na provedení zateplovacích prací jednotlivých řešení se výrazně odlišují, rozdíl mezi nejlevnějším řešením a finančně nejnáročnějším řešením je přibližně 280 tis. Kč, tedy téměř 40 % ceny finančně nejvýhodnějšího řešení.

Nejnižších finančních nákladů potřebných na provedení tepelné izolace objektu bylo dosaženo při volbě řešení A, tedy volbou polystyrenu Isover Greywall tl. 180 mm. Pořizovací cena tohoto řešení je 687 tis. Kč.

Druhé nejlevnější řešení bylo kalkulováno s využitím tepelné izolace Isover Profi TF z mineralní vlny, náklady na provedení zateplovacích prací byly vypočteny na 784 tis. Kč, tedy přibližně o 100 tis. Kč více než při volbě řešení A.

Nejméně ekonomicky výhodná je volba zateplení C. Řešení, které využívá konopné tepelně izolační panely Vicarius Canna tl. 180 mm. Cena zateplení objektu byla vykalkulována na 967 tis. Kč. Uvedené ceny jsou včetně sazby DPH 21 %.

Vysoké rozdíly v cenách jednotlivých řešení zateplení objektu jsou způsobeny zejména značnými rozdíly v pořizovacích cenách použitých tepelně izolačních materiálů. Extrudovaný polystyren je nejlevnějším použitým materiálem a na druhé straně konopná izolace výrazně nejdražší.

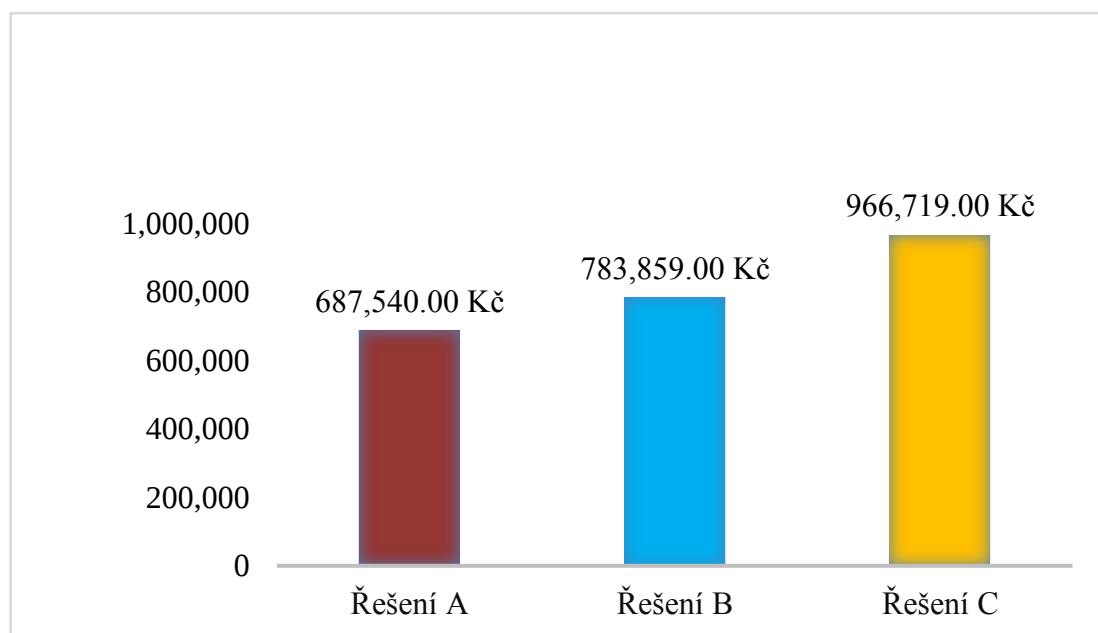
Následující tabulka č. 19 zobrazuje pořizovací ceny jednotlivých navržených řešení, dále cenu za jeden metr čtvereční izolačního systému obvodového pláště stavby a rozdíl pořizovací ceny celkového zateplení stavby při využití jednotlivých řešení v porovnání s nejlevnějším navrženým řešením A.

Tab. č. 19 Porovnání nákladů na provedení zateplovacích prací.

Řešení	Cena za m [Kč]	Celková cena bez DPH [Kč]	Celková cena s DPH [Kč]	Rozdíl [Kč]
Řešení A	1 990,45	568 215,06	687 540,00	×
Řešení B	2 432,10	647 816,71	783 859,00	96 319,00
Řešení C	3 225,86	798 940,97	966 719,00	279 179,00

Grafické znázornění pořizovacích nákladů

Následující graf č. 6 zobrazuje grafické porovnání pořizovacích cen navržených řešení.



Graf č. 6 Pořizovací ceny zateplovacích systémů.

11 EKONOMICKÁ NÁVRATNOST INVESTICE A FINANCOVÁNÍ

V této kapitole provedu výpočet nákladů na vytápění objektu, navrhnu možné způsoby financování investice do zateplení objektu a následně propočtu ekonomickou návratnost vložených finančních prostředků.

11.1 NÁVRATNOST INVESTICE

Prostá návratnost investice

Hodnota udávající čas, za který se přínosy plynoucí z investice vyrovnají vynaloženým nákladům vloženým do zateplení objektu. Podmínkou výhodnosti investice je, aby doba návratnosti byla kratší, než je předpokládaná životnost zateplovacího systému.

Pro výpočet doby prosté návratnosti investice bude uvažována životnost zateplení shodně u všech navrhovaných řešení 30 let. Životnost je závislá na správném provedení zateplovacích prací a předepsané údržbě. Při dodržení postupů stanovených výrobcem, by měla být předpokládaná životnost vyšší, ale pro výpočet bude uvažována záměrně nižší hodnota, a to z důvodu náročných klimatických podmínek, které panují v místě, kde se stavba nachází.

Vzorec pro výpočet prosté návratnosti:

$$\text{Návratnost investice} = \frac{\text{Pořizovací náklady investice}}{\text{Úspora nákladů na vytápění objektu}}$$

Cena energie

Objekt je vytápěn zemním plynem. Uvažovaná cena energie potřebné na vytápění objektu činí 1,59 Kč za 1kWh tepla potřebného na vytápění objektu. Tato cena je stanovena dle provedeného průzkumu aktuálních cen energií největších poskytovatelů v České republice (Innogy a E.ON). (46) Cena energie je uvažována pro výpočet prosté doby návratnosti investice konstantní.

Výpočet nákladů na vytápění

Dalším parametrem potřebným pro výpočet nákladů na vytápění je předpokládaná účinnost kotle na spalování zemního plynu. Kotel byl v objektu osazen při rekonstrukci objektu, která proběhla v roce 2003. Uvažovaná účinnost kotle je 89 %. Množství potřebné energie na vytápění je proto třeba navýšit o odpovídající hodnotu ztráty.

Vzorec pro výpočet nákladů na vytápění objektu:

$$\text{Náklady na vytápění objektu} = \text{Cena energie} \times \text{Množství energie}$$

Vypočtené náklady potřebné na vytápění objektu v aktuálním stavu a náklady při zateplení stavby navrhovanými řešeními jsou zobrazeny v následující tabulce č. 20.

Tab. č. 20 Finanční náklady potřebné na vytápění objektu.

Řešení	Potřeba tepla na vytápění [kWh]	Náklady na vytápění [Kč]	Úspora nákladů na vytápění [Kč]
Stávající stav	71 690,04	128 075,46	×
Řešení A	22 835,20	40 795,47	87 280,00
Řešení B	23 031,44	41 146,06	86 929,41
Řešení C	23 218,76	41 480,71	86 594,76

Z tabulky č. 20 je zřetelné, že úspora finančních prostředků na vytápění objektu je značná. Úspora nákladů na vytápění objektu je přibližně 87 tis. Kč za jeden rok, tedy více než dvě třetiny původní částky. Výše úspory je přibližně srovnatelná u všech navržených řešení, protože úspora nákladů úzce souvisí s tepelnými ztrátami stavby, které jsou u všech navržených řešení srovnatelné.

11.2 FINANCOVÁNÍ

V následující části diplomové práce bude provedena analýza možných způsobů financování zateplovacích prací. Porovnání varianty využití vlastních finančních zdrojů a varianty hypotečního úvěru, tedy cizích finančních prostředků.

11.2.1 FINANCOVÁNÍ Z VLASTNÍCH FINANČNÍCH PROSTŘEDKŮ

Výhodou varianty financování zateplovacích prací z vlastních zdrojů je, že nedochází k navýšení pořizovací ceny o hodnotu úroků z úvěru. Tato varianta vyžaduje velké množství volných finančních prostředků použitelných na zateplení objektů a je nepravděpodobné, že by stavebník byl schopen uhradit náklady na investici z vlastních finančních zdrojů.

Prostá doba návratnosti při financování z vlastních finančních zdrojů

Doba návratnosti investice bude tedy nejvíce ovlivněna pořizovací cenou jednotlivých řešení. Následující tabulka č. 21 zobrazuje vypočtenou prosté doby návratnosti investice vložené do zateplovacího systému pro každé vybrané řešení.

Tab. č. 21 Prostá doba návratnosti vložené investice při využití vlastních finančních prostředků.

Řešení	Úspora nákladů na vytápění [Kč]	Pořizovací náklady [Kč]	Prostá doba návratnosti [počet let]
Řešení A	87 280,00	687 540 Kč	7,9
Řešení B	86 929,41	783 859 Kč	9,0
Řešení C	86 594,76	966 719 Kč	11,2

Prostá doba návratnosti investice je nejkratší u řešení A, po uplynutí přibližně 7 let a deseti měsíců se finanční prostředky vložené do zateplení objektu vrátí úsporou nákladů na vytápění. Následující nejkratší doba prosté návratnosti investice je u řešení B tedy 9 let. Prostá doba návratnosti u investičně nejnáročnějšího řešení C činí 11 let a dva měsíce.

Z vypočtených údajů lze odvodit, že návratnost investice je u všech navržených systémů velmi dobrá. S výjimkou řešení C dojde k navrácení vložených finančních prostředků před uplynutím méně než jedné třetiny životnosti zateplovacího systému.

Úspora provozních nákladů v průběhu životnosti stavby

Po uplynutí prosté doby návratnosti investice až do uplynutí doby předpokládané životnosti zateplovacího systému bude investice do zateplení stavby šetřit náklady potřebné pro vytápění objektu v průběhu dlouhé a finančně náročné topné sezóny. Úspora provozních nákladů v průběhu předpokládané životnosti zateplovacího systému je vypočtena v tabulce č. 22.

Tab. č. 22 Úspora provozních nákladů při využití vlastních zdrojů financování.

Řešení	Úspora nákladů na vytápění za rok [Kč]	Zbytková životnost systému [počet let]	Úspora nákladů [Kč]
Řešení A	87 280,00	22,12	1 930 860,00
Řešení B	86 929,41	20,98	1 824 023,30
Řešení C	86 594,76	18,84	1 631 123,80

Z tabulky č. 22 je patrné, že u všech navržených řešení dochází k výraznému zhodnocení investice do zateplovacího systému. Předpokládaná úspora finančních nákladů po uplynutí doby potřebné pro splacení nákladů na provádění zateplovacích prací je u všech navržených řešení velmi vysoká. U nejúspornějšího řešení A dosahuje téměř trojnásobné hodnoty počáteční investice.

11.2.2 HYPOTEČNÍ FINANCOVÁNÍ

Druhá, pravděpodobnější, varianta financování investice do zateplení objektu je využití cizích finančních prostředků. Při využití hypotečního financování není nezbytně nutné odkládat provedení zateplovacích prací do okamžiku, kdy bude stavebník schopen uhradit celou výši investice z vlastních zdrojů. Nevýhodou varianty je, že zde dochází k navýšení pořizovací ceny o hodnotu úroku.

Ve výpočtu hypotečního financování je uvažováno pokrytí nákladů v plné výši.

Úroková sazba

Úroková sazba pro výpočet je uvažována 3,5 %. Sazba byla zvolena na základě poskytnutých informací získaných při konzultaci s hypotečním specialistou Československé obchodní banky (ČSOB). Úroková sazba je ovlivněna charakterem stavby. Protože se nejedná o objekt určený k trvalému bydlení, dochází k navýšení úrokové sazby.

Roční procentní sazba nákladů (RPSN) je rovna úrokové sazbě a poplatky spojené s vyřízením úvěru jsou již obsaženy a započítány v uvedené úrokové sazbě.

Podmínky úvěrového financování

Předpokládaná doba splácení úvěru je 10 let. Začátek čerpání finančních prostředků je červen 2018 a konec čerpání srpen 2018. Pro výpočet jsou uvažovány dva druhy anuity, čtvrtletní a měsíční. Počet čtvrtletních splátek je 40 a měsíčních splátek 120. Výše splátek se liší v závislosti na výši úvěru, jednotlivých řešení. Přehled měsíčních splátek je zobrazen v tabulce č. 23 na následující straně.

Navýšení pořizovací ceny

Vlivem připočtení úrokové sazby dochází k navýšení pořizovací ceny zateplovacího systému, výpočty úvěrového financování objektu Pernink jsou obsaženy v příloze č. 10 až 12 této diplomové práce. Ceny jednotlivých navržených řešení při využití financování hypotečním úvěrem jsou zobrazeny v tabulce č. 23.

Tab. č. 23 Pořizovací ceny jednotlivých řešení při využití financování hypotečním úvěrem.

Řešení	Měsíční splátka [Kč]	Čtvrtletní splátka [Kč]	Celková cena úvěru a [Kč]	Celková cena úvěru b [Kč]	Navýšení cena a [Kč]	Navýšení cena b [Kč]
Řešení A	6 803,0	20 460,0	816 402,0	818 384,0	128 862,0	130 844,0
Řešení B	7 753,0	23 314,0	930 318,0	932 577,0	146 459,0	148 718,0
Řešení C	9 562,0	28 756,0	1 147 472,0	1 150 258,0	180 753,0	183 539,0

Cena a označuje v tabulce č. 23 cenu při využití měsíčních splátek, cena b označuje využití možnosti čtvrtletního splácení úvěru.

Navýšení pořizovací ceny je závislé na volbě způsobu splácení úvěru. Měsíční splácení je nepatrně výhodnější než čtvrtletní úhrady. Měsíční splátka se pohybuje v rozmezí 6803 až 9560 Kč a navýšení pořizovací ceny zateplení objektu v rozmezí 130 844 až 183 539 Kč v porovnání s financováním z vlastních zdrojů.

Prostá doba návratnosti investice při využití úvěrového financování

Následující tabulka č. 24 zobrazuje přepočtenou hodnotu prosté doby návratnosti investice vložené do zateplení objektu při využití úvěrového financování. Výpočet je pro přehlednost zpracován pro volbu měsíčního financování, které je pro stavebníka výhodnější.

Tab. č. 24 Prostá doba návratnosti investice při využití úvěrového financování.

Řešení	Úspora nákladů na vytápění [Kč]	Pořizovací náklady [Kč]	Prostá doba návratnosti [počet let]
Řešení A	87 280,00	816 402,0	9,4
Řešení B	86 929,41	930 318,0	10,7
Řešení C	86 594,76	1 147 472,0	13,3

Při využití hypotečního financování dochází k navýšení doby prosté návratnosti v porovnání s vlastními finančními zdroji následovně: řešení A– navýšení o 1 rok a 6 měsíců, řešení B– navýšení o 1 rok a 9 měsíců a při volbě řešení C vzrostla doba návratnosti investice o 2 roky a 1 měsíc.

Úspora provozních nákladů v průběhu životnosti stavby při využití hypotečního financování

Úspora provozních nákladů při volbě hypotečního financování bude poměrově snížena z důvodu nárůstu přímo související doby prosté návratnosti investice. Nárůstem doby návratnosti investice dochází tím pádem ke snížení zbytkové životnosti stavby. Úspora nákladů při využití hypotečního financování investice je zobrazena v tabulce č. 25.

Tab. č. 25 Úspora provozních nákladů při využití hypotečního financování.

Řešení	Úspora nákladů na vytápění za rok [Kč]	Zbytková životnost systému [počet let]	Úspora nákladů [Kč]
Řešení A	87 280,00	20,64617324	1 801 998,00
Řešení B	86 929,41	19,29800628	1 677 564,30
Řešení C	86 594,76	16,74894416	1 450 370,80

Z tabulky č. 25 je patrné snížení úspory nákladů v průběhu zbytkové životnosti zateplovacího systému v porovnání s financováním z vlastních zdrojů. Snížení úspory je přibližně 130 tis. Kč u řešení A, 146 tis. Kč řešení B a nejvíce se projevilo snížení úspor na řešení C 180 tis. Kč.

Zhodnocení návratnosti investice

Vypočtené hodnoty doby prosté návratnosti investice a úspory budoucích nákladů na vytápění pro obě zvolené varianty financování dokazují, že investice do zateplení objektu Pernink je velmi výhodná. Finanční prostředky vložené do zateplení objektu se brzy navrátí formou ušetřených nákladů na vytápění stavby.

12 ZÁVĚR A VYHODNOCENÍ

Cílem diplomové práce bylo provedení návrhu tepelné izolace rekreačního objektu v obci Pernink a posouzení vlivu této stavební úpravy na náklady spojené s budoucím užíváním nemovitosti.

V teoretické části diplomové práce byl popsán úvod do problematiky zateplování staveb, význam zateplení stavby a výhody spojené s provedením této stavební úpravy. Byla popsána energetická náročnost budov, výpočet a minimalizace tepelných ztrát objektu. Věnoval jsem se nejčastěji užívaným materiálům a technologiím, které jsou využívány pro zateplování staveb v České republice.

V praktické části diplomové práce byla navržena tři řešení zateplení obvodového pláště stavby, spojené s výměnou oken a dveří objektu. Dále bylo navrženo zateplení stropu nad prvním nadzemním podlažím. Následně byla provedena kalkulace pořizovacích nákladů jednotlivých řešení s využitím rozpočtovacího softwaru Buildpower S. Pro navržená řešení i pro původní stav objektu byla stanovena hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí a stanoveny náklady na vytápění objektu. Následně byly hodnoty porovnány a z úspory nákladů na vytápění stanovena prostá doba návratnosti investice finančních prostředků, vložených do zateplení rekreačního objektu. Výpočet byl proveden pro variantu financování z vlastních finančních prostředků a variantu s využitím hypotečního financování.

Zateplení stropní konstrukce nad prvním nadzemním podlažím je provedeno z extrudovaného polystyrenu Isover Greywall tl. 140 mm zakrytého OSB deskami. Okna a dveře byla vybrána od společnosti Vekra modelová řada Prima, jedná se řadu s velmi dobrým poměrem mezi pořizovací cenou a tepelně izolačními vlastnostmi. Okna, dveře a zateplení stropní konstrukce nad prvním nadzemním podlažím jsou pro všechna navržená řešení zateplení stavby shodná.

Navržená řešení zateplení obvodového pláště stavby měla tloušťku izolačního materiálu shodně 180 milimetrů. Řešení A až C se liší zejména použitým základním tepelně izolačním materiálem.

Řešení A využívá zateplení extrudovaným polystyrenem Isover Greywall. Řešení A vyniká nejnižší pořizovací cenou a nejlepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Nevýhodou tohoto řešení je pouze horší propustnost vodních par a s tím související horší regulace odvodu vlhkosti od nosné cihelné konstrukce.

Řešení B využívá izolační desky Isover TF Profi, jedná se desky vyrobené z minerální vlny. Varianta minerální izolace je finančně náročnější, přibližně o 100 tis. Kč. Z hlediska součinitele prostupu tepla konstrukce je řešení B srovnatelné s první variantou a dochází zde k minimálním rozdílům v úspoře nákladů na vytápění. Výhodou minerální vlny je výrazně lepší regulace vnitřní vlhkosti, odvod par od konstrukce stavby a protipožární vlastnosti izolantu.

Řešení C řeší zateplení konopnými izolačními deskami Vicarius Canna. Toto řešení vyšlo v porovnání s předchozími návrhy výrazně finančně náročnější. Investice do zateplení objektu je přibližně o 300 tis. Kč nákladnější než u řešení A. Součinitel prostupu tepla konstrukce zateplené konopnou izolací je mírně vyšší v porovnání s předcházejícími řešeními A a B. Regulace vnitřní vlhkosti je naproti tomu výrazně lepší než lze předpokládat u řešení A i B.

Vyhodnocení navržených řešení jsem zvolil formou tabulky č. 26, která obsahuje nejzásadnější informace o navržených variantách zateplení rekreačního objektu v obci Pernink.

Tab. č. 26 Vyhodnocení navržených řešení.

Navrhované řešení	Úspora provozních nákladů [Kč]	Pořizovací cena [Kč]	Návratnost investice [počet let]	Návratnost investice při využití hypotečního fin. [počet let]
A	87 280,00	687 540	7,88	9,35
B	86 929,41	783 859	9,02	10,70
C	86 594,76	966 719	11,16	13,25

Ekonomické vyhodnocení zateplení stavby prokázalo, že z hlediska úspory nákladů, spojených s provozem nemovitosti je nejvýhodnější volba řešení A. Toto řešení je výhodné nejnižší pořizovací cenou a zároveň nejvyšší úsporou nákladů na provoz této nemovitosti. Návratnost investice při využití vlastních finančních prostředků je při volbě řešení A méně než 8 let, při využití hypotečního financování 9,35 let.

Pro zateplení stavby navrhuji zvolit variantu A, případně B. Návrh C je oproti prvnímu a druhému návrhu výrazně finančně nákladnější. Volba mezi variantou A a B by měla být ovlivněna prioritami stavebníka. Varianta A nabízí nejlepší ekonomické zhodnocení investice a nejvyšší úspory při budoucím užívání rekreačního objektu. Varianta izolačního materiálu použitého v řešení B nabízí lepší propustnost vodních par a lepší akustické a protipožární vlastnosti.

Na základě výsledků zjištěných v praktické části méj diplomové práce bych doporučil tuto investici neodkládat. Realizaci navrženého zateplení stavby lze výrazně snížit náklady spojené s budoucím užíváním této nemovitosti.

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č. 1 Součinitel prostupu tepla stávající obvodovou stěnou.

Příloha č. 2 Celková Tepelná ztráta stávajícího objektu.

Příloha č. 3 Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny řešení A.

Příloha č. 4 Celková tepelná ztráta objektu řešení A.

Příloha č. 5 Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny řešení B.

Příloha č. 6 Celková tepelná ztráta objektu řešení B.

Příloha č. 7 Součinitel prostupu tepla konstrukce obvodové stěny řešení C.

Příloha č. 8 Celková tepelná ztráta objektu řešení C.

Příloha č. 9 Součinitel prostupu tepla stropní konstrukce.

Příloha č. 10 Výkresová dokumentace rekreačního objektu v obci Pernink.

Příloha č. 11 Položkový rozpočet řešení A.

Příloha č. 12 Položkový rozpočet řešení B.

Příloha č. 13 Položkový rozpočet řešení C.

Příloha č. 14 Výpočet hypotečního financování řešení A.

Příloha č. 15 Výpočet hypotečního financování řešení B.

Příloha č. 16 Výpočet hypotečního financování řešení C.

POUŽITÉ ZDROJE:

- (1) *Zateplování staveb: Snižování nákladů na vytápění*. [online]. [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni.html>
- (2) *Kondenzace vodních par* [online]. [cit. 2017-12-25]. Dostupné z: www.tzb-info.cz/3285-vodni-para-a-jeji-kondenzace-v-konstrukcich
- (3) *Technická příručka tepelné mosty* [online]. [cit. 2017-12-25]. Dostupné z: http://www.kmbeta.cz/images1/pdf/tepelne_mosty.
- (4) *Termovizní měření*. [online]. In: . [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: http://www.infravize.cz/ukazky_mereni
- (5) *Zateplování staveb v minulosti*. [online]. [cit. 2017-12-25]. Dostupné z: <http://jakzateplitstarydum.cz>
- (6) VLČEK, Milan a Petr BENEŠ. *Zateplování staveb*. Brno: CERM, 2000. ISBN 80-7204-164-9.
- (7) *Tepelné ztráty: Spotřeba energie* [online]. [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/
- (8) Energetický průkaz náročnosti budovy. *Energetická náročnost budov* [online]. [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: <http://energeticka-narocnost-budov.cz/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
- (9) *PENB*. [online]. [cit. 2017-12-26]. Dostupné z: <http://www.budovyprukaz.cz/co-to-je-penb.html>
- (10) *Energetický Audit* [online]. In: . [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://www.aea.cz/energeticky-audit>
- (11) *Kjótský protokol. Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol
- (12) *Zelená úsporám: Popis programu. Zelená úsporám* [online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/>
- (13) *Minerální izolace. Isover* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-domo>
- (14) *Minerální izolace. Isover* [online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: <http://www.isover-eshop.cz/zatepleni-fasady>
- (15) *XPS: Vlastnosti. DEK stavebniny* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/28-extrudovany-polystyren?page=1>
- (16) *EPS: Vlastnosti. DEK stavebniny* [online]. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/detail/1415204897-polystyren-greywall-140mm-1-5m2-bal?lm=25>
- (17) *ETICS. Tzb-info* [online]. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/303-zateplovaci-systemy-etics>
- (18) *XPS: Vlastnosti. DEK stavebniny* [online]. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/28-extrudovany-polystyren?page=1>
- (19) *PUR pěna. Izolace-Info* [online]. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://www.isolace-info.cz/katalog/polyuretan/pur-izolace/740735-izolace-z-lehke-polyuretanove-peny-pur-izolace-soft-p.html>

- (20) *Keramické bloky. Wienerberger Porotherm* [online]. [cit. 2018-01-22]. Dostupné z: <http://www.wienerberger.cz/porotherm-50-eko-profi-dryfix.html>
- (21) *Přírodní izolační materiály: Zahraničí* [online]. [cit. 2018-01-22]. Dostupné z: https://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/alternativy/prirodni-izolace-ve-stavebnictvi_238.html
- (22) *Přírodní izolační materiály: Ovčí vlna* [online]. [cit. 2018-01-22]. Dostupné z: <https://www.naturwool.cz/izolace-z-ovci-vlny/>
- (23) *Přírodní izolační materiály: Konopná izolace* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.prirodnistavba.cz/konopna-izolace/>
- (24) *Přírodní izolační materiály: Lněná izolace* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.prirodnistavba.cz/lnena-izolace/>
- (25) *Izolační omítky. Satsys* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.izolace-sanace.cz/uploads/stranka-prilohy/7/CZ%20CE%20ThermoUM%20Xtra.pdf>
- (26) *Okna: Izolace. Tzb-info* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/6425-koncentrace-inertniho-plynu-ve-vztahu-k-ug>
- (27) *Plastová okna. Ri-Okna* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.ri-okna.cz/streamline7>
- (28) *Hliníková okna. Otherm* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.otherm.cz/1485-jaka-okna-vybrat.html>
- (29) *Dřevěná okna. Lima Group* [online]. [cit. 2018-01-24]. Dostupné z: <http://www.limagroup.cz/okna>
- (30) *Vnitřní zateplovací systém Rigitherm* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/systemy-vnitřního-zateplení-a-jejich-funkčnost_41713.html
- (31) *Vnější zateplovací systém* [online]. In: . [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.izomat.cz/cs/fasadni-zateplovaci-systemy/>
- (32) *Izolace spodní stavby* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/files/tl-isover-eps-perimetr-18.pdf>
- (33) *Řízené větrání* [online]. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <https://www.inventer.cz/rizene-vetrani>
- (34) *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla>
- (35) *Tepelná čerpadla: Princip* [online]. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <http://www.wattprojekt.cz/princip-tepelneho-čerpadla>
- (36) MARKOVÁ, Leonora. *Ceny ve stavebnictví* [studijní opora]. 1. Brno: CERM s.r.o., Brno, 2006.
- (37) *Rozpočtování staveb* [online]. [cit. 2018-01-31]. Dostupné z: http://www.rts.cz/rozpoctovani_staveb.html
- (38) *Isover: EPS Greywall* [online]. [cit. 2018-02-11]. Dostupné z: <http://www.isover-eshop.cz/isover-eps-greywall?v=365>
- (39) *Isover TF Profi* [online]. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-tf-profi>
- (40) *Kalkulace prostupů tepla: stávající stav* [online]. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>

- (41) *Konopná izolace: Termo plus* [online]. [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://www.izolace-konopi.cz/pictures/images/products/1/tl_termo-konopi_plus.pdf
- (42) *Tepelné ztráty objektu Pernink: Výpočet* [online]. In: . [cit. 2018-03-07]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- (43) *Vekra okna: Prima* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/produkt/dvere-prima/>
- (44) *ETICS: Zateplovací systémy* [online]. In: . [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/reseni-pro-kazdeho/zateplovaci-systemy/>
- (45) *Provětrávaná fasáda* [online]. In: . [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <http://www.knaufinsulation.cz/provetravana-fasada>
- (46) *Náklady na vytápění* [online]. In: . [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://www.mujskotel.cz/kalkulace-vytapeni/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:

PENB	Průkaz ekonomické náročnosti budov
EN	Energetická náročnost
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
EUA	European Union Allowance
RD	Rodinný dům
EPS	Extrudovaný polystyren
XPS	Expandovaný polystyren
PUR	Polyuretan
TI	Tloušťka
mm	Jednotka délky- milimetr
m	Jednotka délky- metr
m ²	Jednotka plochy- metr čtvereční
ks	Počet kusů
P+D	Systém zdění přesných bloků (Pero a Drážka)
ETICS	Vnější kontaktní zateplovací systém
HSV	Hlavní stavební výroba
PSV	Přidružená stavební výroba
PSU	Přesun suti
TSKP	Třídník stavebních konstrukcí a prací
NP	Nadzemní podlaží
RPSN	Roční procentní sazba nákladů
DPH	Daň z přidané hodnoty
Kč	Korun českých

SEZNAM TABULEK:

- Tab. č. 1 Tabulka vybraných vlastností vzduchu v místnosti. (2)
- Tab. č. 2 Klasifikační třídy EN (měrná spotřeba energie v kWh/m².rok). (8)
- Tab. č. 3 Okrajové podmínky stavby a součinitel prostupu tepla stávající obvodové stěny.
- Tab. č. 4 Tepelné ztráty stávajícího objektu.
- Tab. č. 5 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů.
- Tab. č. 6 Okrajové podmínky a součinitel prostupu tepla obvodovou stěnou– řešení A.
- Tab. č. 7 Tepelné ztráty objektu po zateplení, řešení A.
- Tab. č. 8 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů řešení A.
- Tab. č. 9 Okrajové podmínky a součinitel tepelného prostupu obvodovou stěnou– řešení B.
- Tab. č. 10 Tepelné ztráty objektu po zateplení, řešení B.
- Tab. č. 11 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů řešení B.
- Tab. č. 12 Okrajové podmínky a součinitel tepelného prostupu obvodovou stěnou– řešení C.
- Tab. č. 13 Tepelné ztráty objektu po zateplení, řešení C.
- Tab. č. 14 Rozbor tepelných ztrát dle jednotlivých konstrukčních dílů řešení C.
- Tab. č. 15 Porovnání vypočtených hodnot zateplovacích systémů.
- Tab. č. 16 Finanční analýza– řešení A.
- Tab. č. 17 Finanční analýza– řešení B.
- Tab. č. 18 Finanční analýza– řešení C.
- Tab. č. 19 Porovnání nákladů na provedení zateplovacích prací.
- Tab. č. 20 Finanční náklady potřebné na vytápění objektu.
- Tab. č. 21 Prostá doba návratnosti vložené investice při využití vlastních finančních prostředků.
- Tab. č. 22 Úspora provozních nákladů při využití vlastních zdrojů financování.
- Tab. č. 23 Pořizovací ceny jednotlivých řešení při využití financování hypotečním úvěrem.
- Tab. č. 24 Prostá doba návratnosti investice při využití úvěrového financování.
- Tab. č. 25 Úspora provozních nákladů při využití hypotečního financování.
- Tab. č. 26 Vyhodnocení navržených řešení.

SEZNAM GRAFŮ:

- Graf č. 1 Podíl tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí.
- Graf č. 2 Tepelné ztráty objektu ve stávajícím stavu.
- Graf č. 3 Tepelné ztráty po zateplení, řešení A.
- Graf č. 4 Tepelné ztráty po zateplení, řešení B.
- Graf č. 5 Tepelné ztráty po zateplení, řešení C.
- Graf č. 6 Pořizovací ceny zateplovacích systémů.

SEZNAM OBRÁZKŮ:

- obr. č. 1 Nezateplený rodinný dům. (4)
- obr. č. 2 Termovizní snímek nezatepleného rodinného domu. (4)
- obr. č. 3 Průkaz energetické náročnosti budovy. (9)
- obr. č. 4 Metodický postup energetického auditu. (10)
- obr. č. 5 Vnitřní zateplovací systém Rigitherm. (30)
- obr. č. 6 Vnější kontaktní zateplovací kontaktní systém. (31)
- obr. č. 7 Provětrávaná fasáda. (45)
- obr. č. 8 Minerální izolace Isover Domo (vlevo) [13] a Multiplat (v pravo). (14)
- obr. č. 9 Expandovaný Polystyren Isover Greywall. (16)
- obr. č. 10 Extrudovaný polystyren Fribranxps ETICS GF. (18)
- obr. č. 11 Aplikace Pěnového polyuretanu přímo na stavbě. (19)
- obr. č. 12 Keramický blok Porotherm 50 EKO Profi Dryfix. (20)
- obr. č. 13 Izolace z ovčí vlny. (22)
- obr. č. 14 Izolace z konopného vlákna. (23)
- obr. č. 15 Izolace z lněného vlákna. (24)
- obr. č. 16 Tepelně izolační omítka Satsys ThermoUM Xtra. (25)
- obr. č. 17 Řez plastovým oknem s izolačním trojsklem. (30)
- obr. č. 18 Řez dřevěného okna s izolačním dvojsklem (v levo) (29) a řez hliníkového okna s izolačním trojsklem (v pravo). (28)
- obr. č. 19 Izolace soklu Isover Perimetr. (33)
- obr. č. 20 Princip tepelného čerpadla. (35)
- obr. č. 21 Fotografie objektu Pernink.
- obr. č. 22 Zatřídění stavby dle energetické náročnosti. (42)