

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Posouzení vlivu tepelných izolací
na energetickou náročnost budov**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor práce: Jakub Uher

PRAHA 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Uher

Zemědělská specializace
Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Posouzení vlivu tepelných izolací na energetickou náročnost budov

Název anglicky

Assessment of the impact of thermal insulation on the energy performance of buildings

Cíle práce

Cílem práce je analyzovat vliv druhu tepelných izolací neprůsvitných obvodových stavebních konstrukcí, oken a dveří na spotřebu energie pro vytápění. Dále pak ekonomické vyhodnocení použití vybraných tepelných izolací z hlediska investičních a provozních nákladů na vytápění.

Metodika

1. Rešerše o současném stavu řešení problematiky v ČR a v zahraničí.
2. Analýza poznatků z rešerše.
3. Specifikace prognózy dalšího vývoje.
4. Diskuse a závěr.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

stavebnictví; tepelné izolace; součinitel tepelné vodivosti; tepelný odpor; součinitel prostupu tepla; energetická náročnost budov

Doporučené zdroje informací

ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 44 s. Třídící znak 730559.

ČSN EN ISO 50001. Systémy managementu hospodaření s energií – Požadavky s návodem k použití. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. 40 s. Třídící znak 011501.

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005. 76 s. Třídící znak 060206.

Inflow: tzbinfo-stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online časopis]. 2010 – 2014. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/>. ISSN 1801-4399

KOLÁŘ Karel, REITERMAN Pavel. Stavební materiály pro SPŠ stavební. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. 192 s. ISBN 978-80-247-4070-6.

ŘEHÁNEK, Jaroslav a kolektiv. Tepelně technické a energetické vlastnosti budov. Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 80-7169-582-3.

Vytápění větrání instalace. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2000 – 2015. ISSN 1801-4399

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2016

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 29. 02. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Posouzení vlivu tepelných izolací na energetickou náročnost budov jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Radomíru Adamovského, DrSc. za odborné vedení a cenné rady.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při psaní této práce.

Abstrakt: Cílem bakalářské práce je posouzení tepelných izolací obvodových stěn budov včetně oken a dveří na spotřebu energie pro vytápění a podává ucelený pohled na problematiku energetické náročnosti budov. Teoretická část bakalářské práce se zabývá současnou problematikou tohoto oboru u nás i v zahraničí. Dále porovnávám nejvíce používané tepelné izolace z hlediska jejich fyzikálních vlastností a ekonomické náročnosti. V práci je řešen tepelný výkon budov, který zásadním způsobem ovlivní užívání budov z hlediska provozního, ekonomického i ekologického. Praktická část bakalářské práce hodnotí tepelně izolační materiály, které minimalizují prostup tepla obálkou budovy a mají významný vliv na energetickou náročnost provozu budovy.

Klíčová slova: stavebnictví; tepelné izolace; součinitel tepelné vodivosti; tepelný odpor; součinitel prostupu tepla; energetická náročnost budov

Assessment of the impact of thermal insulation on the energy performance of buildings

Abstract: The purpose of my bachelor's thesis is an assessment of the impact of thermal insulation on the energy performance of buildings, including windows and doors. The energy consumption for heating shows comprehensive data regarding the building's energy efficiency. The theoretical part of my thesis will inform real world issues about energy efficiency in our region and worldwide. This work compares various thermal insulations according to physical properties and economic efficiency. My work is investigating how the thermal performance of buildings affect their use in economical, operational and ecological terms. The out come of that evaluation will serve to identify those materials that demonstrate minimal penetration of heat through the building and therefore will have significant effect on it's energy efficiency.

Keywords: construction, thermal insulation; coefficient of thermal conductivity; thermal resistance; heat transfer coefficient; energy performance of buildings

Obsah

1 Úvod	1
Cíl práce a metodika	2
1.1 Cíl práce.....	2
1.2 Metodika.....	2
2 Současný stav řešené problematiky.....	3
2.1 Současná legislativa	3
2.2 Energetická náročnost budov.....	4
2.2.1 Průkaz energetické náročnosti budov.....	5
2.2.2 Hodnocení tepelných vlastností konstrukcí.....	6
2.2.3 Hodnocení energetické náročnosti budov	7
2.2.4 Ukazatele energetické náročnosti budov	8
3 Tepelně izolační materiály.....	15
3.1 Přírodní tepelně izolační materiály	16
3.1.1 Dřevovláknité izolace.....	16
3.1.2 Celulóza.....	16
3.1.3 Sláma.....	17
3.1.4 Ovčí vlna	18
3.1.5 Technické konopí.....	18
3.2 Minerální tepelně izolační materiály.....	19
3.2.1 Kamenná vlna	19
3.2.2 Minerální vlna.....	19
3.2.3 Skelná vlna	19
3.2.4 Pěnové sklo.....	20
3.3 Syntetické tepelně izolační materiály.....	20
3.3.1 Expandovaný polystyren	20
3.3.2 Extrudovaný polystyren	21
3.3.3 Polyuretanová pěna	21
3.3.4 Polyisokyanurátová pěna.....	22
3.3.5 Fenolická pěna	22
3.4 Porovnání nejvíce používaných druhů tepelné izolací.....	23

4	Tepelný výkon budovy	24
4.1	Výpočet tepelného výkonu	24
4.1.1	Návrhový tepelný výkon budovy.....	24
4.1.2	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru.....	24
4.1.3	Měrný tepelný tok prostupem tepla	25
4.1.4	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy.....	25
4.1.5	Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí	25
4.1.6	Měrný tepelný tok prostupem do zeminy.....	26
4.1.7	Teplotní opravný činitel	26
4.2	Návrhová tepelná ztráta větráním	27
4.2.1	Tepelná ztráta větráním budovy.....	27
4.2.2	Stanovení zátopového výkonu vytápěného prostoru.....	27
4.3	Tepelné ztráty výplněmi otvorů	27
4.3.1	Prostup tepla výplněmi otvorů.....	27
4.3.2	Prostup tepla rámem.....	28
4.3.3	Prostup tepla zasklením – dvojsklo.....	28
4.4	Tepelné mosty	29
5	Vlastní řešení	30
5.1	Tepelné ztráty nezateplené budovy	32
5.1.1	Prostup tepla obálkou budovy.....	33
5.1.2	Prostup tepla vnější obvodovou konstrukcí.....	34
5.2	Hodnocení prostupu tepla zateplenou budovou.....	35
5.3	Návrh ekonomického zateplení.....	36
5.3.1	Tepelné ztráty zateplené budovy	37
6	Zhodnocení výsledků	38
6.1.1	Ekonomické řešení	38
6.2	Kalkulace nákladů na zateplení	38
6.3	Vývoj energetické náročnosti budov.....	39
7	Diskuse a závěr	40
8	Seznam použitých zdrojů	41
9	Seznam vzorců	45
10	Seznam obrázků	46
11	Seznam tabulek	47
12	Přílohy	48

1 Úvod

Jedním z největších problémů lidstva v současné době je enormní úbytek zásob neobnovitelných zdrojů energie. Proto je snahou tuto skutečnost alespoň zpomalit.

Ve své práci budu analyzovat jednu z možností, jak dosáhnout snížení energetických ztrát budov, protože právě budovy v Evropské unii spotřebují až čtyřicet procent veškeré vyrobené energie. Budovy potřebují energii k vytápění, větrání, klimatizování, ohřevu teplé vody a osvětlení. (1)

K největším únikům energie dochází právě obálkou budov, tomu je třeba předejít již v samotné fázi navrhování budov, případně provést dodatečnou úpravu objektu v podobě zateplení. Většina budov v EU je starší více než 50 let a jsou především postaveny z neefektivního stavebního materiálu, což si žádá vyšší spotřebu energie, tudíž i vypouštění emisí CO₂, která se přibližně pohybuje okolo 36 % v rámci EU. (2)

Proto si Evropská unie dává postupné cíle, jak toho dosáhnout. Pomoci s šetřením energie by mohly i samotné budovy v rámci automatizace budov. Kdy do roku 2030 bychom měli navýšit podíl spotřebované energie z obnovitelných zdrojů, přičemž nyní se Česká republika pohybuje okolo 13 % spotřebované energie a navýšení spotřeby by mělo být až o dvojnásobek stávající spotřeby. (3)

Dále do roku 2050 bychom měli vystupovat jako bezuhlíková společnost. (2)
To vše si žádá nové postupy výstavby, ale také účinnosti energetických systémů a samotných zdrojů energie. V neposlední řadě také především zdokonalení tepelně izolačních vlastností stavebních materiálů.

Proto je důsledkem navrhování budov s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi podmínkou.

Cíl práce a metodika

1.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je analyzovat vliv druhu tepelných izolací neprůsvitných obvodových stavebních konstrukcí, ale také oken a dveří a jejich vliv na spotřebu energie pro vytápění.

Dále pak ekonomické vyhodnocení použití vybraných tepelných izolací z hlediska investičních a provozních nákladů na vytápění.

1.2 Metodika

1. Současný stav řešené problematiky.
2. Analýza poznatků z rešerše.
3. Specifikace prognózy dalšího vývoje.
4. Diskuse a závěr.

2 Současný stav řešené problematiky

2.1 Současná legislativa

V současné době se legislativa o energetické náročnosti budov řídí směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844 ze dne 30. května roku 2018, kterou se měnily předešlé směrnice Evropského parlamentu a to směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti. (4)

Dalším zákonem, zabývajícím se stejnou problematikou je zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, s pozdější změnou téhož zákona č. 3/2020 Sb.

Energetická náročnost budov se řídí vyhláškou č. 78/2013 Sb., s pozdějším změnovým předpisem této vyhlášky č. 230/2015 Sb., o energetické náročnosti budov. Ta zpracovává požadavky ze směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/844, pro naši vnitrostátní potřebu s ohledem na typ budovy, technické systémy budov, ale i zohlednění klimatického pásma či orientace budov. (5) (6)

Stejnou problematikou se zabývají i další zákony, vyhlášky, předpisy, ale i technické normy, které vycházejí z evropských norem a jsou závazné v rámci Evropské unie, tedy i v České republice.

Energetická náročnost budov bude splněna, pokud energetická náročnost všech energetických systémů v budově jako je vytápění, chlazení, větrání, úprava vlhkosti, ohřev teplé vody a osvětlení bude nižší než hodnoty referenční budovy.

Z uvedené legislativy vyvstávají povinnosti, které je třeba dodržovat ať už při výstavbě či pouhé rekonstrukci stávající budovy. Zejména povinnost od 1. 1. 2020 stavět i rodinné domy podléhající standardu budov s téměř nulovou spotřebou energie. Ve shrnutí to jsou jen přísnější kvalitativní požadavky na obálku budovy, vytápění, větrání, klimatizování, ohřev vody a osvětlení. (5)

2.2 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budov vyjadřuje celkové množství skutečně spotřebované energie za rok dle potřeby pro vytápění, větrání, klimatizování, ohřev vody a osvětlení či její odhadovaná spotřeba dle standardů užívání budov. (6)

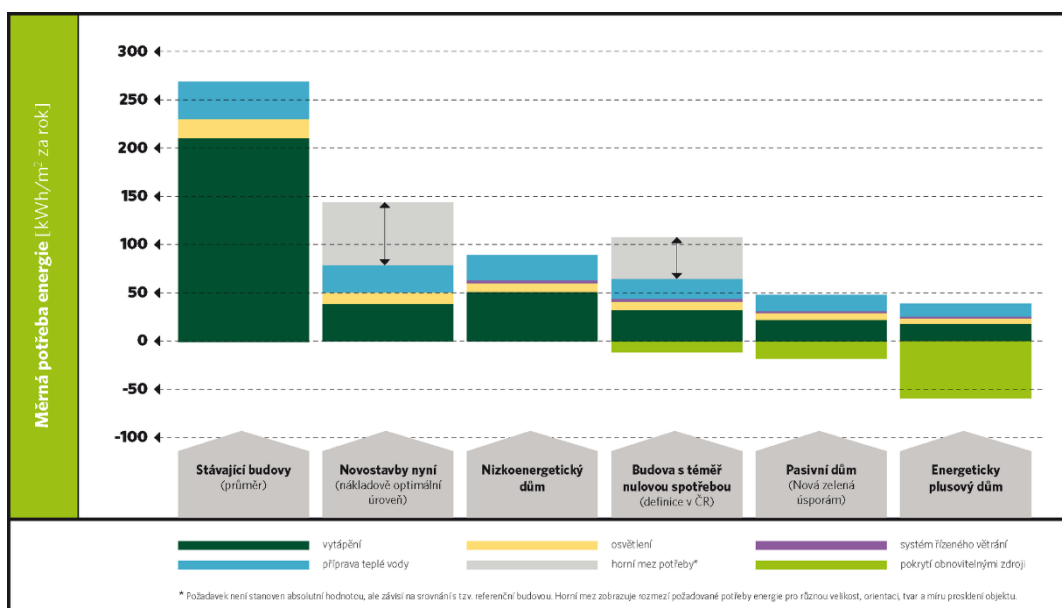
To ovlivňuje všechny systémy podílející se na výrobě energie či její spotřebě spojené s užíváním budovy a udržení tepelné pohody během celého ročního období.

Energetická náročnost budov se tedy hodnotí celkovou spotřebovanou energií za rok dále průměrným součinitelem prostupu tepla, který je především ovlivněn tepelně izolačními vlastnostmi obvodové konstrukce. V neposlední řadě spotřebou neobnovitelné primární energie za celý rok. (6)

Posuzují se následující vlastnosti, jako je lokalita či celková orientace a umístění budovy i klimatické podmínky uvnitř i venku. Celkové konstrukční provedení, ale i účinnost jednotlivých technických systému zajišťující vytápění, větrání, klimatizování, ohřev vody a osvětlení. Jde tedy o soubor požadavků a opatření vedoucích k zachování energie v určitém prostoru. (6)

Můžeme posuzovat všechny typy budov, jako jsou bytové a rodinné domy, vzdělávací zařízení, administrativní budovy, nemocnice, hotely, restaurace, prodejny a velkoobchody či jiný druh budov, který spotřebovává energii.

Obrázek 1: Porovnání potřeb energií pro rodinné domy v ČR



Zdroj: (7)

2.2.1 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budov - (PENB), je rozdělen do dvou částí. Grafická část a podrobný protokol, které slouží majiteli nemovitosti, ale především hlavně pro spotřebitele jako ochrana při koupi nemovitosti či pouhém jejím pronájmu a poskytuje informace o energetické náročnosti provozu budovy k jejímu snadnému a rychlému porovnání a posouzení z hlediska provozních nákladů životního cyklu budovy. (6)

Povinnost mít zpracovaný průkaz o energetické náročnosti budovy podléhá zákonu č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií s pozdějším změnovým předpisem zákona č. 3/2020 Sb., a jeho povinným ustanovením. Musí se jím řídit každý stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek, při výstavbě nových budov či větším zásahům v již dokončených a užívaných budovách, které mají celkovou energeticky vztahnou plochu větší než 50 m². Totéž platí i pro samostatné byty, pokud má vlastní zdroje tepla. (8)

Nutnost nechat vyhotovit průkaz energetické náročnosti budov - PENB, je i při větší změně konstrukčního pláště budovy, který je obměněn alespoň z 25 % plochy celé obálky budovy nebo změně technického systému v budově. (6)

Platnost takového průkazu je 10 let ode dne jeho vyhotovení. Oprávnění k posouzení energetické náročnosti budov může provádět pouze energetický specialista, který může být jak fyzickou, i právnickou osobou, která splní povinné náležitosti, podá-li žádost a složí odborné zkoušky k získání oprávnění. (9)

Oprávnění uděluje Ministerstvo průmyslu a obchodu a opravňuje energetické specialisty ke zpracování energetického auditu, energetického posudku či samotného průkazu, ale také provádění kontroly provozovaných kotlů, rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů. (6)

PENB nemusejí mít stavby pro rodinnou rekreaci, průmyslové a výrobní provozy či kulturní památky. Také stavby, které se nacházejí v památkové zóně nebo jsou neopravitelně poškozené a nejsou proto považovány za funkční budovy ve smyslu vyhlášky č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií či katastrálního zákona. (8)

Veřejností je spíš znám pod grafickou podobou, která barevně znázorňuje klasifikační třídy hospodárnosti budovy A - G. Třída A značí velmi úspornou budovu zato třída G, spadá do kategorie mimořádně nehospodárných budov. (6)

Začlenění budovy dle její energetické náročnosti, která se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v MWh/rok potřebné pro vytápění, chlazení, větrání, ohřev teplé vody, klimatizaci a osvětlení při jejím užívání. (6)

Součástí průkazu jsou i doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. (6)

2.2.2 Hodnocení tepelných vlastností konstrukcí

Tepelná vodivost

- je schopnost daného materiálu vést teplo. Představuje šíření tepla z teplé části do ostatních chladnějších částí, kdy tepelná vodivost je vyjadřována součinitelem tepelné vodivosti λ .

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{(\theta_1 - \theta_0) \cdot S \cdot \tau} \quad [\text{W/m} \cdot \text{K}] \quad (1)$$

λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]
Q	množství tepla	[J]
d	tloušťka materiálu	[m]
θ_1	teplejší prostředí	[°C]
θ_0	chladnější prostředí	[°C]
S	plocha	[m ²]
τ	čas	[sec]

Tepelný odpor

- je vlastnost daného materiálu, která vyjadřuje jeho izolační schopnost snižovat prostup tepla

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (2)$$

R	tepelný odpor	[m ² ·K/W]
d	tloušťka materiálu	[m]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W/m·K]

Součinitel prostupu tepla

- vyjadřuje jaké množství tepla projde obálkou budovy plochou 1 m²

$$U = \frac{1}{R} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3)$$

U součinitel prostupu tepla [W/m²·K]

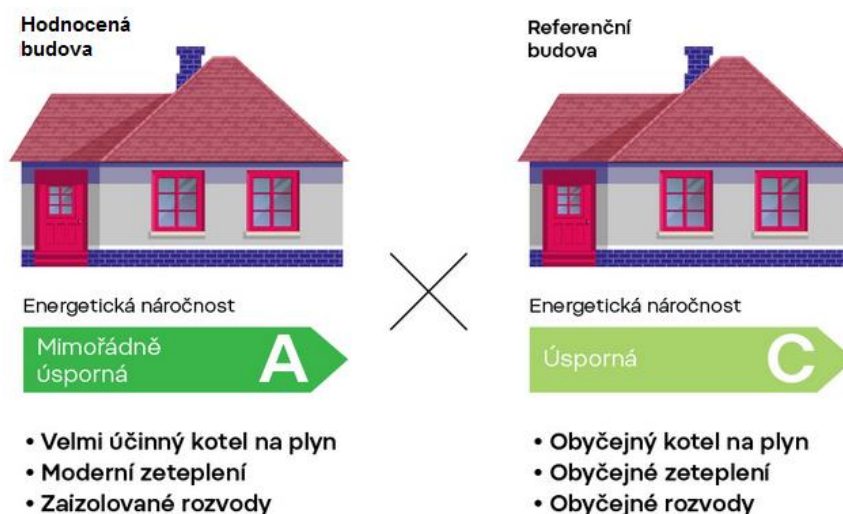
R tepelný odpor materiálu obálky budovy [m²·K/W]

2.2.3 Hodnocení energetické náročnosti budov

Problematiku hodnocení energetické náročnosti budov upravuje vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, v příloze č. 1 této vyhlášky. Hodnocení energetické náročnosti budov spočívá v hodnocení porovnávané budovy s budovou referenční.

Referenční budovou se rozumí budova stejného charakteru i geometrického uspořádání, která je i stejně orientována ke světovým stranám. Také se bere v úvahu i její míra zastínění okolní zástavbou či zelení. Dále i stejný charakter užívání a vnitřní dispozice stěn a příček. Liší se pouze typem zateplení a způsobem vytápění a jeho účinností, které je stanoveno pro referenční budovu. Přičemž mají i tyto budovy stejné klimatické podmínky, pouze se pracuje s referenčními hodnotami budovy. Proto je nutné, aby hodnocená budova byla vždy úspornější v řádu procent než referenční budova.

Obrázek 4: Porovnání hodnocené budovy s budovou referenční



Zdroj: (10)

2.2.4 Ukazatele energetické náročnosti budov

Ukazatele energetické náročnosti budovy jsou stanoveny vyhláškou 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, § 3, která odkazuje na výpočet jednotlivých ukazatelů jako celku pro posouzení technické, ekonomické a ekologické stránky s ohledem na dodávku energií pro vytápění, chlazení, větrání, ohřev teplé vody, klimatizování a osvětlení. (6)

a) celková primární energie za rok

- je vypočítána jako součet celkové energie obsažené v jednotlivých primárních zdrojích energie, kterými mohou být zemní plyn, černé a hnědé uhlí, propan-butan, topné oleje, elektřina, dřevěné pelety, kusové dřevo, dřevní štěpka a energie okolního prostředí. Jsou stanoveny na základě dílčí dodané energie na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení. Podle příslušných faktorů primární energie uvedených v příloze č. 3 k vyhlášce č. 78/2013 Sb. (6)

Tabulka 1: Příloha č. 3: Faktory primární energie hodnocené budovy

Tab. – Hodnoty faktoru primární energie pro hodnocenou budovu

Energonositel	Faktor celkové primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie (-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	1,0	0,0
Elektřina - dodávka mimo budovu	-3,2	-3,0
Teplo - dodávka mimo budovu	-1,1	-1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem obnovitelných zdrojů	1,1	1,0
Ostatní neuvedené energonositele	1,2	1,2

Zdroj: (6)

b) neobnovitelná primární energie za rok

- je vypočítána jako součin spotřebované energie, pomocných energií pro jednotlivé technické systémy a násobena faktory neobnovitelné primární energie podle typů spotřeb primární energie o hodnotu uvedenou v tabulce č. 5 z přílohy č. 1 této vyhlášky (6)

Tabulka 2: Tab. 5: Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu

Tab. 5 - Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu (dosažitelné zvýšením využití obnovitelných zdrojů nebo zvýšením parametrů stavebních prvků obálky budovy nebo technických systémů budovy)

Parametr	Označení	Jednotky	Druh budovy nebo zóny	Referenční hodnota		
				Dokončená budova a její změna po 1.1. 2015	Nová budova po 1. 1. 2015	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta e_{p,R}$	%	Rodinný dům	3	10	25
			Bytový dům	3	10	20
		%	Ostatní budovy	3	8	10

Zdroj: (6)

c) celková dodaná energie za rok

- výpočet celkové dodané energie za rok se určí součtem dílčích dodaných energií a také po jednotlivých nositelích energie (6)

d) dílčí dodané energie pro technické systémy jako vytápění, chlazení, větrání, klimatizace, ohřev teplé vody a osvětlení za rok

- jsou vypočítány jako součet již vypočtené spotřeby energie na vytápění a další pomocné energie pro provoz technického systému vytápění dle ČSN EN ISO 13 790 - Výpočet potřeby energie pro vytápění a chlazení a dále dle ČSN EN 15316-1 - Tepelné soustavy v budovách s využitím hodnot typického užívání budov (6)

e) průměrný součinitel prostupu tepla

- tento součinitel se stanoví na základě referenční hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy $U_{em,R}$, která se vyjádří následujícím vztahem: (6)

$$U_{em,R} = U_{em,N,20,R} \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (4)$$

- kdy návrhová vnitřní teplota θ_{im} , převládá u většiny prostor v objektu od 18 °C do 22 °C. U budov s téměř nulovou spotřebou energie, u kterých platí předešlý vztah, ze kterého vyplývá pro θ_{im} od 18 °C, včetně následujícího vztahu: (6)

$$U_{em,R} = U_{em,N,20,R} \cdot 16 / (\theta_{im}-4) \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (5)$$

$U_{em,R}$	referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla vícezónové budovy	$[W/m^2 \cdot K]$
$U_{em,N,20,R}$	požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy	$[W/m^2 \cdot K]$
θ_{im}	návrhová vnitřní teplota, dle tabulky 3 níže	$[^{\circ}C]$

Tabulka 3: Tab. 3 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Tabulka 3 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou Θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,20	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,70	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50 ²⁾	1,20	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40 ⁷⁾	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,50	2,30	1,70
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,50	2,30	1,70
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,60	1,70	1,40
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde	$f_w \leq 0,50$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,15 + 0,85 · f_w
A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ;	$f_w > 0,50$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
A_w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ²			
Kovový rám výplně otvoru	-	1,80	1,00
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,30	0,90 - 0,70
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,80	1,20

Zdroj: (11)

$U_{em,N,20,R}$ - je základní požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla, která je požadovaná u jednozónové budovy. Tento součinitel se stanoví jako vážený průměr normových požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla $U_{N,20}$ všech teplosměnných konstrukcí obálky jednozónové budovy podle následujícího vztahu: (6)

$$U_{em,N,20,R} = f_R \cdot (\sum(U_{N,20,j} \cdot A_j \cdot b_j) / \sum A_j + \Delta U_{em,R}) \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (6)$$

A_j plocha j-té teplosměnné konstrukce, stanovená z vnějších rozměrů [m^2]

b_j činitel teplotní redukce j-té konstrukce podle ČSN 73 0540-2:2011

$\Delta U_{em,R}$ přírážka na vliv tepelných vazeb podle tabulky 1 této přílohy je referenční hodnota $0,02 W/m^2 \cdot K$

$U_{N,20j}$ požadovaná hodnota normou pro součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce pro kterou převládá návrhová vnitřní teplota $20 \text{ }^\circ\text{C}$, dle ČSN 730540-2:2011 [$W/m^2 \cdot K$]

f_R redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla dle Tab. 1 - Parametry a hodnoty referenční budovy

Tabulka 4: Tab. 1: Parametry a hodnoty referenční budovy

Tab. 1 - Parametry a hodnoty referenční budovy

Parametr	Označení	Jednotky	Referenční hodnota		
			Dokončená budova a její změna	Nová budova	Budova s téměř nulovou spotřebou energie
Redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	f_R	-	1,0	0,8	0,7

Zdroj: (6)

Pro nové budovy je požadována základní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy $U_{em,N,20,R}$ stanovená: (6)

a) pro obytné budovy

$$U_{em,N,20,R,max} = 0,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \quad (8)$$

b) pro ostatní budovy

$$U_{em,N,20,R,max} = 1,05 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}, \text{ je-li } A/V \leq 0,2 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (9)$$

$$U_{em,N,20,R,max} = 0,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}, \text{ je-li } A/V > 1,0 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (10)$$

$$U_{em,N,20,R,max} = 0,30 + 0,15 / (A/V), \text{ pro ostatní hodnoty } A/V \quad (11)$$

A je teplosměnná plocha obálky zóny podle ČSN 730540-2:2011 [m²]

V objem zóny budovy, stanovený z vnějších rozměrů [m³]

f) součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici

- součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí se vypočítá podle ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody
- pokud hodnota ukazatele energetické náročnosti hodnocené budovy pro všechny měněné stavební prvky obálky budovy, není vyšší než referenční hodnota tohoto ukazatele, je použit součinitel prostupu tepla U_R dle vyhlášky 78/2013 Sb., Tab.2 - Referenční parametry a hodnoty pro měněné stavební prvky obálky budovy. Jeho referenční hodnota se určí dle ČSN 730540-2:2011 a současně pro všechny měněné technické systémy uvedené níže (6)

Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla vícezónové budovy $U_{em,R}$ se určí jako vážený průměr hodnot pro jednotlivé zóny dle vztahu: (6)

$$U_{em,R} = \sum(U_{em,Rj} \cdot V_j) / \sum V_j \quad [\text{W/m}^2\cdot\text{K}] \quad (12)$$

$U_{em,Rj}$ referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla j-té zóny budovy, stanovená obdobným postupem jako hodnota $U_{em,R}$ pro jednozónovou budovu [W/m²·K]

V_j objem j - té zóny budovy, stanovený z vnějších rozměrů [m³]

g) účinnost technických systémů

- výpočty jednotlivých účinnosti technických systémů, které jsou určeny pro vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení se provádí dle příslušných českých technických norem (6)

Tabulka 5: Tab. 3 Referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy

Tab. 3 – Referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy

Parametr	Označení	Jednotka	Referenční hodnota
Účinnost výroby energie zdrojem tepla pro vytápění a/nebo přípravu teplé vody ¹⁾	$\eta_{H,gen,R}$	%	80
Chladicí faktor kompresorového zdroje chladu	$EER_{C,gen,R}$ ²⁾	W/W	2,7
Chladicí faktor ostatních zdrojů chladu	$EER_{C,gen,R}$ ²⁾	W/W	0,5

Topný faktor tepelného čerpadla	$COP_{H,gen,R}$ ³⁾	W/W	3,0
Účinnost zpětného získávání tepla - rovnotlaký systém nuceného větrání	$\eta_{H,hr,sys}$ ⁴⁾	(%)	60

Zdroj: (6)

3 Tepelně izolační materiály

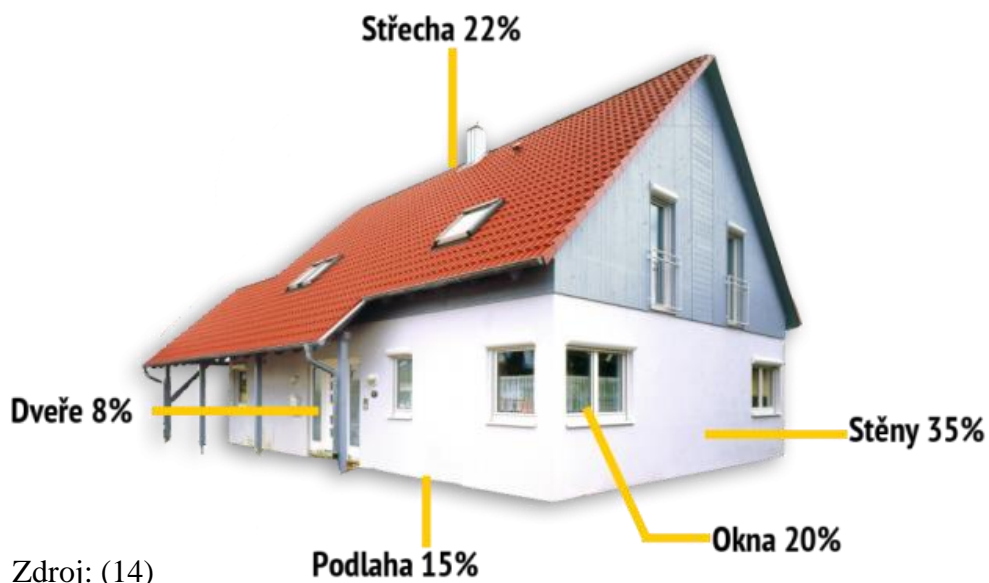
Hlavní funkcí tepelně izolačních materiálů je zabránit ztrátám tepla nebo naopak zabránit nežádoucím tepelným ziskům v letním období. Tuto schopnost mají materiály, jejichž součinitel tepelné vodivosti λ má nízkou hodnotu. Za kvalitní izolační materiály jsou považovány materiály již součinitel tepelné vodivosti λ je menší než $0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Tepelně izolační materiály mohou být původu organického nebo anorganického či kombinací obou druhů. Tepelně izolační materiály současně zajišťují ochranu staveb proti nežádoucím vlivům z okolního prostředí ať už jde o hluk či ještě méně žádanou vlhkost pro udržení tepelné pohody. (12)

Druhy tepelných izolací mohou mít jak vnitřní, tak vnější formu zateplení. Dalším důležitým prvkem je samotné uchycení izolace, proto rozlišujeme dvě formy způsobu uchycení. Kontaktní či bezkontaktní způsob aplikace tepelné izolace, kdy je stavba provětrávána či odvětrávána. Proto je důležitým faktorem při realizaci tepelné izolace mít jasnou představu o způsobu jejího uchycení a použitého tepelně izolačního materiálu. Všechny tyto faktory je nezbytné dodržet nebo může dojít k tepelným ztrátám.

Všechny druhy tepelných ztrát vznikají převážně prostupem stavebními konstrukcemi jako je střecha, strop, podlaha ale také stěny či jednotlivými prvky stavební konstrukce jako jsou okna, dveře ale také větráním a prostupem tepla do nevytápěných prostor. (13)

Obrázek 6: Ztráty tepla stavebními konstrukcemi



Zdroj: (14)

3.1 Přírodní tepelně izolační materiály

Již v dávné minulosti se vědělo o tepelně izolačních vlastnostech některých přírodních materiálů. Které byly běžně dostupné, ale i šetrné k životnímu prostředí i k samotným uživatelům. V dnešní době se poptávka po přírodních tepelných izolacích opět navrácí. Nejvíce používané tepelně izolační materiály na přírodní bázi.

3.1.1 Dřevovláknité izolace

Dřevovláknité izolace se vyrábějí z dřevěných vláken či lignocelulózových surovin. Jejich výroba začíná již při zpracování jehličnatého dřeva, ze kterého vzniká velké množství odpadu. Ten je následně rozřezán na dřevní štěpku a využit právě na dřevovláknité izolace. Za pomoci působení vodní páry a ocelových kotoučů je dále dřevní hmota rozvlákněna na jednotlivá vlákna, která spolu zplstnatí a získávají svou soudržnost.

Vlákna jsou následně spolu se speciálními lepidly a zpevňujícími plnidly lisována za určitých tlaků a teplot, které mají významný vliv na vlastnosti samotné desky. Její součinitel tepelné vodivosti λ se pohybuje v rozmezí od 0,039 do 0,045 W/m·K, v závislosti na výrobcu a jeho technologii výroby a samozřejmě na kvalitě použitého materiálu. Objemová hmotnost ρ je udávána okolo 50 kg/m³. (15)

Při suchém procesu výroby, který je založen na obalování vlákna do polyuretanové pryskyřice, která ale snižuje hustotu materiálu a je tak nevyužívána jako tepelná izolace. (16) Dřevovláknité izolační materiály se většinou používají ve formě desek či jako foukaná izolace dřevních vláken. (15)

3.1.2 Celulóza

Výroba celulózy spočívá v recyklaci starého vytříděného novinového papíru. Samotná výroba probíhá nasekáním na menší kusy s následným rozemletím a rozvlákněním na cupaninu. Spolu s přísadami jako kyselinou boritou a solím proti škůdcům a plísním spolu s impregnací, která zpomaluje hoření a surovina tak získá potřebné vlastnosti. Směs je dle potřeby uskladněna v pytlích jako stlačená sypká hmota pro pozdější aplikaci foukáním. Celulózová izolace má schopnost po čase sesednout a je tedy nutné nafoukat o něco větší vrstvu než požadovanou.

Aplikovat celulózovou izolaci můžeme dvěma způsoby. První způsob spočívá v suché aplikaci foukané izolace, kdy je náchylná na povětrnostní vlivy a je proto lehce rozmíchatelná a tudíž nevhodná pro jiné uložení než jako výplň otvorů a stavebních dutin.

Její špatnou vlastností je nasákavost materiálu, což pro tepelnou izolaci není moc vhodné. (17) Součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí 0,040 až 0,050 W/m·K, při hustotě ρ je 30 až 60 kg/m³. (15)

Druhý způsob je založen také na principu foukání izolace, ale s podstatným rozdílem, kdy je do vstříkovací trysky spolu s rozvlákněným papírem přiváděna voda a v malém množství jsou společně vyfoukávány na místo, které chceme zateplit. Způsob tak eliminuje náchylnost k povětrnostním vlivům díky schopnosti okamžitého přichycení na aplikovaný materiál a vytvoří neprostupnou vrstvu. (15)

Najdeme jí většinou pod obchodními názvy jako je Climatizer nebo Isocell. (17)

3.1.3 Sláma

Sláma je jedním z nejstarších izolačních materiálů, který se používal již odedávna i jako tepelná izolace především kvůli své snadné dostupnosti. Dnes se k ní lidstvo opět navrácí díky ekologickému stavitelství především při zateplování dřevostaveb.

Slaměnou izolaci můžeme rozdělit na několik forem aplikace, drcenou slámu, která je přímo pěchována mezi vrstvy nosné stěny dřevostaveb. (18)

Také se dá využít v její nejznámější formě, ve formě balíku, kdy součinitel tepelné vodivosti λ závisí na orientaci jednotlivých stébel v konstrukci balíku. Balíkem slámy na výšku je tok tepla veden kolmo na stébla se tak λ pohybuje okolo 0,05 W/m·K. Při směru balíku na plochu se stébly orientovanými rovnoběžně je součinitel tepelné vodivosti λ okolo 0,06 W/m·K. Přičemž rozměry balíku slámy jsou 40 cm na výšku, 50 cm na šířku a 70 cm dlouhé. Další možné použití ve formě konstrukčních desek, které si lisují a jejich povrchová úprava je tvořena z kartonového papíru. (19)

3.1.4 Ovčí vlna

Ovčí vlna je jedním ze zástupců živočišné tepelné izolace. Jejím základním materiálem je ovčí vlna, která je získávána ze srsti ovcí. Následně je zbavena nečistot a opakovaně vyprána, pak jsou přidány příměsi proti molům a biologickému rozkladu jako je soda. Její výhodou je především ve vlastnosti pohlcování a následném vysychání vzdušné vlhkosti bez zhoršení součinitele tepelné vodivosti λ . (20)

Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v rozmezí od 0,038 do 0,050 W/m·K. Objemová hmotnost je velmi rozdílná v závislosti na původu zpracovávané vlny, pohybuje se tak od 13 kg/m³ do 30 kg/m³. (15)

Patří mezi vysoce hořlavé produkty, pokud nemají opatření z výroby proti vznícení. Nejčastěji se používá ve formě rohoží či plstí pro izolaci stěn i stropů. (20)

3.1.5 Technické konopí

Technické konopí provází především ekologický způsob využití jako tepelné izolace. Jeho bezesporu hlavní výhodou je jeho schopnost rychlého vegetačního růstu bez přídavku živin. Jedná se tedy o nejméně náročnou plodinu, co se týká hnojení, která roste i tam kde jiné plodiny, jako je například len, se nedají vůbec pěstovat.

Technické konopí je před zpracováním na finální izolaci rozvlákněno a následně jsou přidány přísady ke zvýšení bodu vzplanutí a zabránění vzniku plísní. Používá se především ve formě desek či rohoží a objemová hmotnost se pohybuje okolo 30 až 100 kg/m³. Její součinitel tepelné vodivosti λ je 0,045 W/m·K, což je obdobné jako u ostatní přírodních materiálů. (15)

3.2 Minerální tepelně izolační materiály

Minerální tepelně izolační materiály pocházejí z nerostných surovin, jako je čedič a křemen, s příměsí dalších hornin dle druhu izolace. Vyznačují se především svou prodyšností a schopností odvádět vlhkost z konstrukce budovy.

3.2.1 Kamenná vlna

Pro výrobu kamenné vlny je hlavní surovinou čedič, který je taven za vysokých teplot. Materiál je rozvlákněn na jemná vlákna a následným lisováním do forem se docílí požadovaného tvaru a velikosti. Součinitel tepelné vodivosti λ se pohybuje v rozmezí od 0,035 do 0,045 W/m·K a objemová hmotnost v závislosti na typu použití a způsobu výroby materiálu je od 30 do 100 kg/m³. Většinou je k dostání ve formě desek či v měkkých rohožích jako role. Minerální vlna vyniká svou vysokou odolností vůči hoření a je lehce tvarovatelná. Její hlavní předností je, recyklovatelnost materiálu, který se může znovu využít.

3.2.2 Minerální vlna

Podobně jako u kamenné vlny je stejná výrobní surovina čedič spolu s křemenem a dalšími příměsemi jako je vápenec a živec. Její výroba spočívá v tavení hornin, kterým vznikají jemná vlákna a následně je vstřikováváno pojivo s dalšími přísadami, například proti plísní. Dlouhodobě je schopna odolávat vlhku. Díky přísadám je schopna odolávat teplotám okolo 700 °C. Její součinitel tepelné vodivosti λ je 0,035 až 0,041 W/m·K. (20)

3.2.3 Skelná vlna

Vstupními surovinami pro výrobu skelné vlny jsou křemičitý písek, vápenec a soda. Je možné použití nového nebo recyklovaného skla. Všechny suroviny jsou roztaveny a sklo se vyfoukává na jednotlivá vlákna, která jsou následně spojena ve formě lisu vlivem přidání pryskyřice. Výroba je poněkud nákladná a spotřebuje velké množství energie. (21)

Finální výrobek je následně vyráběn ve formě rohoží a desek. Objemová hmotnost je závislá na výsledném produktu a nabývá hodnot od 15 do 35 kg/m³. Jejich součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí od 0,030 do 0,045 W/m·K. Výhody jsou především v její prodyšnosti, ale je také vodoodpudivá s vynikajícími protipožárními vlastnostmi. (22)

3.2.4 Pěnové sklo

Mezi hlavní materiály při výrobě pěnového skla je křemičitý písek a živec společně s vápnem a sodou ale i recyklované sklo. Suroviny se roztaví v ocelových pecích až na 1 000 °C. Do taveniny se přidá uhlíkový prach pro následné zpěnění materiálu, který několikanásobně zvětší svůj objem, přičemž objemová hmotnost je 120 až 190 kg/m³. Součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí od 0,040 do 0,060 W/m·K. (20) (23)

Materiál je schopen odolávat vysokým tlakům, ale i teplotám či velkým výkyvům počasí. Je plně recyklovatelný, tudíž ekologický.

3.3 Syntetické tepelně izolační materiály

3.3.1 Expandovaný polystyren

Expandovaný polystyren neboli EPS je nejvíce používaným tepelně izolačním materiálem, který se vyznačuje především tepelně izolačními vlastnostmi, ale také odolností proti hluku, hnilobě a hlodavcům a je parotěsný. (20)

Hlavní surovinou pro výrobu expandovaného polystyrenu jsou perle velikostí odpovídající následné zrnitosti dle použití. Perle jsou ropným produktem a dále se polymerizují společně s nadouvadlem, které obsahuje 4-7 % pentanu, za účasti vodní páry reaguje s perlemi, a následně zvětší svůj objem až na padesátinásobek svého původního objemu. (24)

Jeden způsob výroby produktu spočívá ve vypěňování finální formy produktu směsí perlí, které jsou rozpínány za pomoci vodní páry a reagují s nadouvadlem obsaženým v perlích. Formy mohou mít různé tvary či pera a zámky. Tento druh polystyrenu má o něco lepší celkové vlastnosti než pěnový polystyren. Může za to celistvé a neporušené buněčné jádro polystyrenové kuličky, které vlivem výroby pěnového polystyrenu, hromadně zpěněného do bloků s následným vytvrzením, které se musí řezat.

Bloky je třeba nechat odležet a ochladit, jinak hrozí mechanické poškození jednotlivých perlí. Následně jsou bloky řezány odporovým drátem na požadovaný formát desek. (24)

Součinitel tepelné vodivosti λ je 0,040 W/m·K a objemová hmotnost od 15 do 40 kg/m³. (25)

Expandovaný polystyren může být i šedé barvy, kterou docílíme přidáním grafitových nanočástic ve fázi výroby, ještě před samotným zpěněním polystyrenu.

Tento polystyren má lepší tepelně izolační vlastnosti než bílý polystyren při stejné tloušťce materiálu. Jeho objemová hmotnost se pohybuje od 10 do 40 kg/m³. Součinitel tepelné vodivosti λ je 0,030 až 0,033 W/m·K. (25)

Další forma expandovaného polystyrenu, také běžně dostupná, ve formě jednotlivých polystyrenových kuliček, které nejsou při výrobě ve formě perlí k sobě stlačeny zpěněním. Proto je lze použít i jako foukanou izolaci. Jeho vlastnosti jsou obdobné jako u deskového bílého polystyrenu. (25)

3.3.2 Extrudovaný polystyren

Extrudovaný polystyren neboli XPS, se vyrábí obdobně jako expandovaný polystyren, jen s výjimkou, že polystyrenové perle jsou extrudovány za pomoci rozpínavých plynů namísto vodní páry. U tohoto způsobu výroby dochází k uzavření jednotlivých pórů v celém objemu materiálu a tím je téměř nenasákavý a velmi pevný v tlaku oproti ostatním druhům polystyrenu. Jeho objemová hmotnost se pohybuje od 30 do 150 kg/m³ a součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí od 0,030 do 0,038 W/m·K. (25)

3.3.3 Polyuretanová pěna

Polyuretanovou pěnu známe většinou jako molitan, to je její měkká forma. Tvrdá forma, která se především používá ve stavebnictví, nese název PUR. (17)

Výroba probíhá za pomoci chemické reakce, ke které dojde smícháním chemických látek v následnou přeměnu na pěnu. Pěnou je následně vyplněn prostor formy, kdy po jejím obvodu je většinou hliníkové opláštění a chrání materiál před poškozením i UV zářením. To by mohlo zapříčinit degradaci, jak tepelně izolačních vlastností, ale i samotného materiálu. Pěna se po pár vteřinách začne rozpínat a přizpůsobuje se výsledné formě až do jejího vytvrdnutí, které trvá o pár vteřin déle. Její objemová hmotnost ρ je 30 až 100 kg/m³ v závislosti na způsobu využití. (26)

Výsledná izolace je ve formě desek či panelů, ale také je možná aplikace nástřikem. Polyuretanová pěna je velmi odolná vůči teplotě, dokáže snášet teplotní rozmezí od - 50 °C do + 130 °C, bez výrazných tepelně izolačních změn, není však nehořlavá. (17) Přičemž její součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí od 0,022 až do 0,075 W/m·K. (26)

3.3.4 Polyisokyanurátová pěna

Polyisokyanurátová pěna neboli PIR, je podobný materiál jako polyuretanová pěna. Postup její výroby je obdobný, jen je pozměněn vstupní materiál, chemická látka. Na rozdíl od polyuretanové pěny má polyisokyanurátová pěna lepší fyzikální, ale i tepelně izolační vlastnosti. Její součinitel tepelné vodivosti λ se drží při spodní hranici 0,022 W/m·K. (26)

Obsahuje také příměsi zamezující hoření, které zapříčiní zuhelnatění materiálu namísto odkapávajících hořících kapek z roztaveného materiálu. Její výpary jsou však vysoce toxické. (27)

3.3.5 Fenolická pěna

Fenolická pěna je vyráběna napěněním fenolformaldehydových pryskyřic do bloků podobně jako polystyren. Následně se blok rozřeže na jednotlivé desky a ty jsou obaleny z obou stran hliníkovou reflexní folií či skelným vláknem. Fenolická pěna dosáhne podobných tepelně izolačních vlastností jako polystyren, ale i při menší tloušťce izolačního materiálu. To má samozřejmě vliv na její pořizovací cenu, která je několikrát vyšší. Její součinitel tepelné vodivosti λ je v rozmezí od 0,021 do 0,024 W/m·K při objemové hmotnosti ρ 35 kg/m³. (26)

3.4 Porovnání nejvíce používaných druhů tepelné izolací

Tabulka 6: Porovnání nejvíce používaných izolačních materiálů a jejich vlastností

DRUHY IZOLACE	SOUČINITEL TEPELNÉ VODIVOSTI λ [W/m·K]	TEPELNÝ ODPOR R [m ² ·K/W]	OBJEMOVÁ HMOTNOST ρ [kg/m ³]	CENA za m ² při tloušťce 100 mm [Kč]
Dřevovláknité izolace	0,045	23,8	100	280
Celulóza	0,045	22,22	45	80
Sláma	0,055	18,18	50	30
Ovčí vlna	0,044	22,72	15	130
Technické konopí	0,045	22,22	36	290
Kamenná vlna	0,035	28,57	40	210
Minerální vlna	0,038	26,31	45	180
Skelná vlna	0,037	27,02	25	140
Pěnové sklo	0,05	20	155	230
Expandovaný polystyren	0,04	25	26	130
Extrudovaný polystyren	0,034	29,41	90	280
Polyuretanová pěna	0,035	20,40	65	450
Polyisokyanurátová pěna	0,022	45,45	65	500
Fenolická pěna	0,021	47,61	35	1 100

Zdroj: (16) (22) (23) (25) (26), Vlastní zpracování

4 Tepelný výkon budovy

Tepelný výkon je počítán dle ČSN EN 12831-1:2018 (28)

4.1 Výpočet tepelného výkonu

4.1.1 Návrhový tepelný výkon budovy

$$\Phi_{HL,build} = \Sigma(\Phi_{Tie} + \Phi_{Tiae} + \Phi_{Tig}) + \Phi_{V,build} + \Sigma(\Phi_{hu,i}) - \Sigma(\Phi_{gain,i}) \quad [W] \quad (13)$$

$\Phi_{HL,build}$	návrhový tepelný výkon budovy	[W]
Φ_{Tie}	tepelné ztráty prostupem všemi ochlazovanými stěnami	[W]
Φ_{Tiae}	tepelné ztráty prostupem do okolních chladnějších prostorů	[W]
Φ_{Tig}	tepelná ztráta do přilehlé okolní zeminy	[W]
$\Phi_{V,build}$	tepelná ztráta větráním budovy	[W]
$\Phi_{hu,i}$	zátopový tepelný výkon	[W]
$\Phi_{gain,i}$	trvalý tepelný zisk	[W]

4.1.2 Celková návrhová tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (14)$$

$\Phi_{T,i}$	součet všech tepelných ztrát prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	[W]
$H_{T,ie}$	měrný tepelný tok z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí	[W/K]
$H_{T,ia}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního vytápěného prostoru	[W/K]
$H_{T,iae}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného do venkovního prostředí přes sousední nevytápěný prostor nebo přilehlou budovu	[W/K]
$H_{T,iaBE}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousední funkční části budovy	[W/K]
$H_{T,ig}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru zeminy	[W/K]
$\theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota	[°C]
θ_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]

4.1.3 Měrný tepelný tok prostupem tepla

$$H_T = \sum (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + A \cdot \Delta U_{tbm} \quad [\text{W/K}] \quad (15)$$

A_j	plocha j-té ochlazované konstrukce	$[\text{m}^2]$
U_j	součinitel prostupu tepla j-té konstrukce	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
b_j	činitel teplotní redukce j-té konstrukce	
A	teplosměnná plocha všech konstrukcí, které ohraničují celkový objem budovy či její zóny	$[\text{m}^2]$
ΔU_{tbm}	průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi na systémové hranici budovy	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$

4.1.4 Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}] \quad (16)$$

Průměrný součinitel prostupu tepla musí splnit následující podmínku: $U_{em} \leq U_{em,N}$

H_T	měrná ztráta prostupem tepla	$[\text{W/K}]$
A	teplosměnná plocha všech konstrukcí, které ohraničují celkový objem budovy či její zóny	$[\text{m}^2]$

4.1.5 Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum (A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}) \quad [\text{W/K}] \quad (17)$$

$H_{T,ie}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí	$[\text{W/K}]$
A_k	plocha stavební části	$[\text{m}^2]$
U_k	součinitel prostupu tepla stavební částí	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
ΔU_{TB}	přirážka na vliv tepelných vazeb	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$
$f_{U,k}$	opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy	
$f_{ie,k}$	teplotní opravný činitel	

4.1.6 Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta_{ann}} \cdot \sum (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k}) \quad [W/K] \quad (18)$$

$H_{T,ig}$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do zeminy	[W/K]
$f_{\theta_{ann}}$	opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku (opravný činitel dle NP8 - 1,45)	
A_k	plocha stavební části, která je v přímém kontaktu se zeminou	[m ²]
$U_{equiv,k}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí v kontaktu se zeminou	[W/m ² ·K]
$f_{ig,k}$	teplotní opravný činitel	
$f_{GW,k}$	opravný činitel zohledňující vliv spodní vody	

4.1.7 Teplotní opravný činitel

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2 \quad (19)$$

$$f_{ix,k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad \text{pro } f_1 \quad (20)$$

$$f_{ix,k} = \frac{\theta_{int,k} - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad \text{pro } f_2 \quad (21)$$

$f_{ix,k}$	teplotní opravný činitel pro výpočet tepelně korigovaných měrných tepelných toků z vytápěného prostoru do jiného prostředí nebo prostoru přes stavební část umožňující stanovení rozdílu mezi: <ul style="list-style-type: none">- teplotou prostoru a venkovní výpočtovou teplotou- vnitřní výpočtovou teplotou a průměrnou vnitřní povrchovou teplotou stavební části	
f_1	opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí nebo prostoru a venkovní výpočtovou teplotou podle rovnice 15	
f_2	opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru a průměrnou povrchovou teplotou stavební části podle rovnice 16	
$\theta_{int,i}$	vnitřní výpočtová teplota uvažovaného vytápěného prostoru	[°C]
θ_x	teplota sousedního prostoru	[°C]
θ_e	venkovní výpočtová teplota ($f_1 = 1$)	[°C]
$\theta_{int,k}$	průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části	[°C]

4.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

4.2.1 Tepelná ztráta větráním budovy

$$\Phi_{V,\text{build}} = V_{\text{build}} \cdot n_{\text{build}} \cdot \rho_a \cdot C_{p,a} \cdot (\theta_{\text{int,build}} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (22)$$

$\Phi_{V,\text{build}}$	tepelná ztráta větráním budovy	[W]
V_{build}	vnitřní objem budovy (objem vzduchu)	[m ³]
n_{build}	intenzita větrání budovy	[h ⁻¹]
$\rho_a \cdot C_{p,a}$	součin hustoty a měrné tepelné kapacity vzduchu (součin dle NP25 je 0,34)	[Wh/m ³ ·K]
$\theta_{\text{int,build}}$	vnitřní výpočtová teplota uvažované vytápěné budovy	[°C]
θ_e	venkovní výpočtová teplota	[°C]

4.2.2 Stanovení zátopového výkonu vytápěného prostoru

$$\Phi_{\text{hu},i} = A_i \cdot \varphi_{\text{hu},i} \quad [\text{W}] \quad (23)$$

$\Phi_{\text{hu},i}$	celkový zátopový výkon místnosti	[W]
A_i	podlahová plocha místnosti	[m ²]
$\varphi_{\text{hu},i}$	měrný zátopový výkon místnosti	[W/m ²]

4.3 Tepelné ztráty výplněmi otvorů

4.3.1 Prostup tepla výplněmi otvorů

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \psi \cdot l_g}{A_w} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (24)$$

U_w	součinitel prostupu tepla otvorovou výplní	[W/m ² ·K]
U_g	součinitel prostupu tepla zasklením	[W/m ² ·K]
U_f	součinitel prostupu tepla rámem	[W/m ² ·K]
A_g	plocha zasklení	[m ²]
A_f	plocha rámu	[m ²]
A_w	celková plocha	[m ²]
ψ	lineární činitel prostupu tepla	[W/m·K]
l_g	délka zasklívací spáry	[m]

4.3.2 Prostup tepla rámem

$$\Psi = L\Psi - U_p \cdot b_p - U_f \cdot b_f \quad [\text{W/m}\cdot\text{K}] \quad (25)$$

Ψ	lineární činitel prostupu tepla	$[\text{W/m}\cdot\text{K}]$
$L\Psi$	tepelná propustnost	$[\text{W/m}\cdot\text{K}]$
U_p	součinitel prostupu tepla izolačního panelu	$[\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$
b_p	šířka izolačního panelu	$[\text{m}]$
U_f	součinitel prostupu tepla rámem	$[\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$
b_f	šířka rámu	$[\text{m}]$

4.3.3 Prostup tepla zasklením – dvojsklo

$$U_g = \frac{1}{R_{si} + R_{gl} + R_m + R_{g2} + R_{se}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_{g1}}{\lambda_g} + \frac{1}{h_s} + \frac{d_{g2}}{\lambda_g} + \frac{1}{h_e}} \quad [\text{W/m}^2\cdot\text{K}] \quad (26)$$

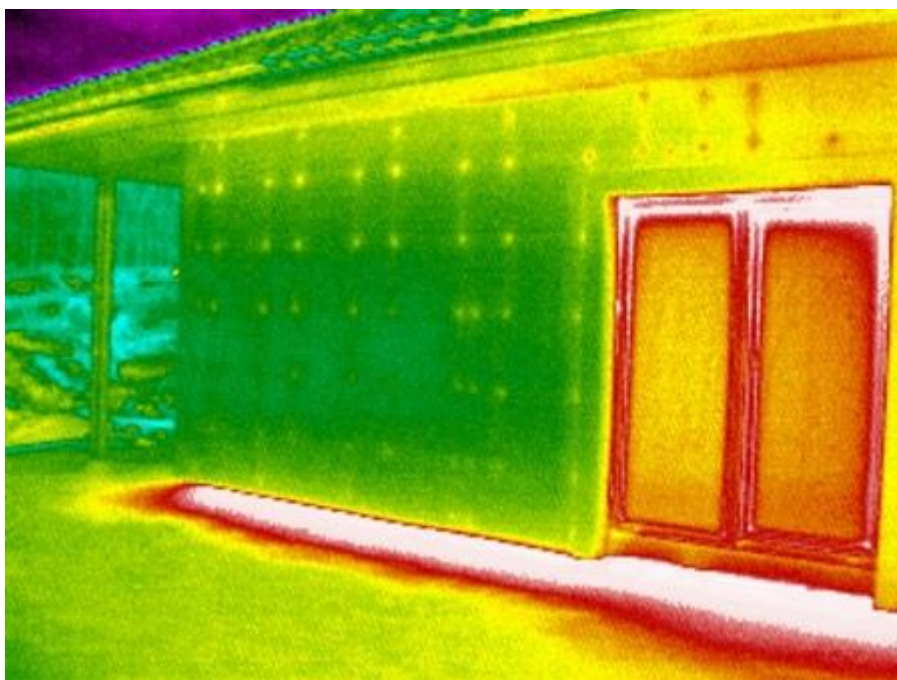
U_g	součinitel prostupu tepla zasklením	$[\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$
R_{si}, R_{se}	odpor při přestupu tepla	$[\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$
R_{g1}, R_{g2}	tepelný odpor tabule skla	$[\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$
R_m	tepelný odpor mezery mezi skly	$[\text{m}^2\cdot\text{K/W}]$
h_i, h_e	součinitel přestupu tepla	$[\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$
h_s	tepelná propustnost mezery	$[\text{W/m}^2\cdot\text{K}]$
d_{g1}, d_{g2}	tloušťka skla	$[\text{m}]$
λ_g	tepelná vodivost skla	$[\text{W/m}\cdot\text{K}]$

4.4 Tepelné mosty

Tepelné mosty jsou místa, kde dochází k výrazným tepelným ztrátám úniku tepla skrze obálku budovy. Tento děj se odehrává v závislosti na vnitřní a venkovní teplotě, kdy uvnitř interiéru je povrch studenější než povrch okolních konstrukcí. Ovlivní to i vlhkost okolního vzduchu, která zapříčiní navlhnutí konstrukce a tím dojde k tepelným mostům a také plísním.

Tepelné mosty rozdělujeme do dvou kategorií, bodové a lineární. Bodové tepelné mosty mohou vznikat i nevědomě, za použití špatné kotvicí techniky zateplení domu tepelnou izolací s kotvicími prvky pro budoucí úsporu energie. Lineární tepelné mosty souvisí především s výměnou oken, ale také jako špatné napojení zdiva či navazující přístavba.

Obrázek 7: Úniky tepla tepelnými mosty



Zdroj: (29)

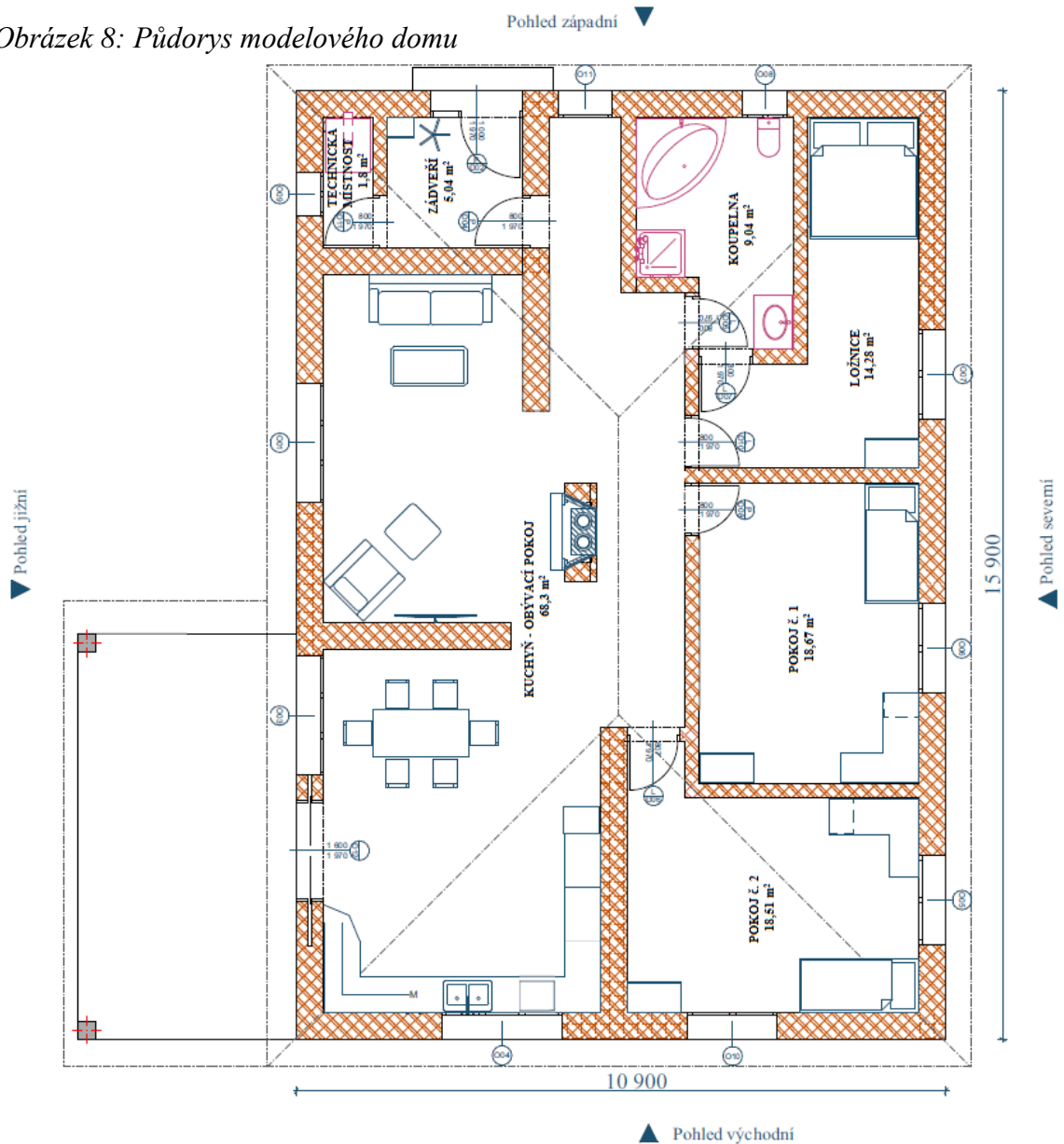
5 Vlastní řešení

Pro vlastní řešení byl navrhnout modelový dům, který demonstruje starou zástavbu z minulého století. Dům typu bungalov, má navržené obvodové nosné zdi z plných pálených cihel tloušťky 450 mm. Zdivo bylo vybráno s ohledem k vysokému počtu starých budov z cihelných materiálů a smíšeného zdiva této tloušťky. Tyto materiály nebyly konstruovány jako tepelně izolační, a proto je dnes neustálá snaha o nápravu ve formě zateplení budov.

Posuzování bude z hlediska rozdílných druhů tepelných izolací obvodových stěn, oken a dveří na spotřebu energie pro vytápění a porovnání tepelné ztráty s referenční budovou.

Zdroj: Vlastní zpracování

Obrázek 8: Půdorys modelového domu



Tabulka 7: Popis místností modelového domu

Popis místností	[m²]
Zádveří	5,04
Technická místnost	1,8
Koupelna	9,04
Ložnice	14,28
Pokoj č. 1	18,67
Pokoj č. 2	18,51
Kuchyň - obývací pokoj	68,3

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 8: Parametry budovy

Půdorys domu	15,9 × 10,9 m
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	502,6 m ³
Celková energeticky vztažná podlahová plocha budovy:	173,3 m ²
Užitná podlahová plocha:	137,4 m ²
Plocha obvodových stěn:	155,4 m ²
Plocha okenních otvorů:	19,7 m ²
Plocha vstupních dveří:	5,1 m ²
Plocha k zateplení obvodových stěn:	130,6 m ²
Faktor tvaru budovy A/V:	0,65 m ² /m ³
Výpočtové teploty venkovní:	-12 °C
Výpočtové teploty vnitřní:	20 °C

Zdroj: Vlastní zpracování

5.1 Tepelné ztráty nezateplené budovy

Tabulka 9: Tepelné ztráty

	Hodnocená budova [W/K]	Referenční budova [W/K]
Průměrný měrný tepelný tok větráním:	68,799	68,803
Měrný tok prostupem do exteriéru, celk. měrný tok prostup. tep. vazbami:	324,144	130,230
Měrný ustálený tok zeminou $H_{T,ig}$:	76,546	
Výsledný měrný tepelný tok H_T:	469,489	199,033

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

Tabulka 10: Průměrné roční tepelné toky rozdělené dle konstrukcí

Průměrné roční tepelné toky rozděleny dle konstrukcí:	Plocha [m ²]	Měrný tok hodnocené budovy [W/K]	Procentuální podíl [%]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]
Základní betonová deska:	173,3	76,546	16,3	4,76
Cihla plná pálená 450 mm severní orientace:	39,36	74,941	15,96	1,9
Cihla plná pálená 450 mm východní orientace:	26,36	50,189	10,69	1,9
Cihla plná pálená 450 mm jižní orientace:	36,4	69,297	14,76	1,9
Cihla plná pálená 450 mm západní orientace:	27,33	52,042	11,08	1,9
D02 - vstupní dveře - západ:	3,15	5,232	1,11	1,66
D12 - dveře na terasu - jih:	3,15	5,232	1,11	1,66
10 - okno: 1.5x1.5 - východ	2,25	3,848	0,82	1,71
8, 11 - okno: 0.75x0.75 - západ	1,13	2,07	0,44	1,84
1, 3 - okno: 2x1.5 - jih	6	10,56	2,25	1,76
4 - okno: 2x1.5: východ	3	5,28	1,12	1,76
6 - okno: 0.75x0.75: jih	0,56	1,035	0,22	1,84
5, 6, 7 - okno: 1.5x1.5: sever	6,75	11,543	2,46	1,71

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

5.1.1 Prostup tepla obálkou budovy

Tabulka 11: Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

	Hodnocená budova	Referenční budova
Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy:	400,7 W/K	130,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	328,7 m ²	328,7 m ²
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,20}$:	0,30 W/m ² ·K	
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{,em}$:	1,22 W/m²·K	0,40 W/m²·K
Klasifikační třída:	G (mimořádně ne hospodárná)	

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

Tabulka 12: Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

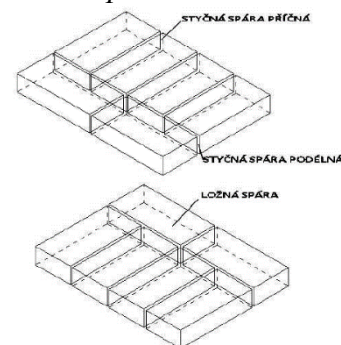
	Hodnocená budova	Referenční budova
Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	42,625 MWh	15,532 MWh
	153,450 GJ	55,914 GJ
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	84,8 kWh/m ³ ·rok	30,9 kWh/m ³ ·rok
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	246 kWh/m²·rok	90 kWh/m²·rok

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

5.1.2 Prostup tepla vnější obvodovou konstrukcí

Obvodová konstrukce se skládá z plných pálených cihel o rozměru $290 \times 140 \times 65$ mm.

Obrázek 9: Vazba polokřížová



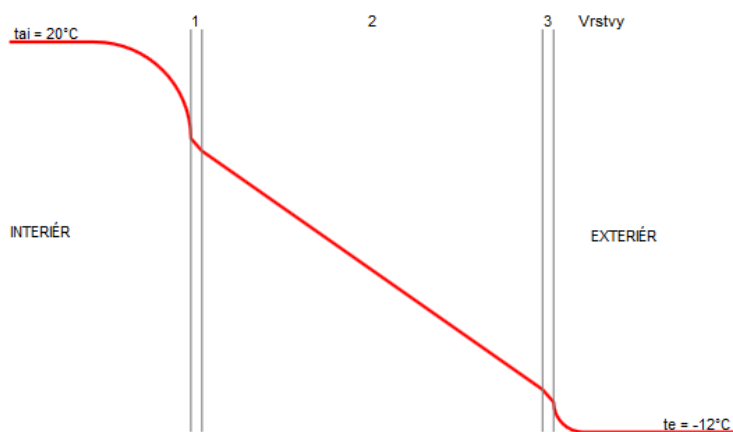
Zdroj: (31)

Tabulka 13: Hodnocení skladby konstrukce

Označení konstrukce	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/m·K]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]
1	Omítka vápenná	0,0150	0,8700	840,0	1600,0
2	Plná pálená cihla	0,4500	1,4000	920,0	2000,0
3	Břízolitová omítka	0,0150	0,9000	840,0	1900,0

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

Obrázek 10: Graf: průběhu teplot konstrukcí před zateplením



Zdroj: (32)

Tabulka 14: Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla před zateplením

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0,13 m ² ·K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0,04 m ² ·K/W
Tepelný odpor konstrukce R:	0,355 m²·K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	1,904 W/m²·K

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

5.2 Hodnocení prostupu tepla zateplenou budovou

Zateplení modelového domu bude posouzeno pro jednotlivé tepelně izolační materiály. Plocha zateplené části obvodových zdí je 130,6 m².

Přehled v tabulce znázorňuje prostup celou obvodovou konstrukcí spolu se základním nosným obvodovým zdivem, plnou pálenou cihlou tloušťky 450 mm a novou venkovní perlitovou omítkou v tloušťce 15 mm.

Tabulka 15: Porovnávání tepelně izolačních materiálů

Tepelně izolační materiál	Měrná potřeba energie [kWh/m ² ·rok]	Tepelný odpor konstrukce R [m ² ·K/W]	Součinitel prostupu tepla konstrukcí U [W/m ² ·K]	Cena izolačního materiálu [Kč/m ²]	Cena izolačního materiálu budovy [Kč]
Expandovaný polystyren Isover EPS 70 F, tl. 200 mm	114	5,592	0,174	289	37 743
Puren AL-K, tl. 100 mm	116	4,811	0,201	637	83 192
Extrudovaný polys. XPS, tl. 200 mm	112	6,346	0,153	745	97 297
Dřev.vláknitá deska PAVATEX ISOLAIR PD, tl. 160 mm	117	4,366	0,22	941	122 895

Zdroj: (30) Vlastní zpracování

5.3 Návrh ekonomického zateplení

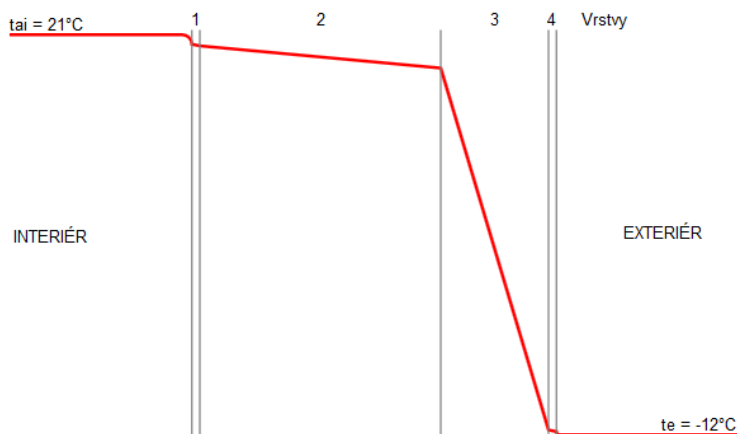
Z výsledků předchozí tabulky č. 18 je patrné, který materiál při zateplení převládá u většiny budov v ČR. Proto byl vybrán právě expandovaný polystyren Isover EPS 70F, tloušťky 200 mm. Ovlivňuje celkovému posouzení prostupu tepla obvodovou zdi a také energetickou náročnost budovy.

Tabulka 16: Hodnocení skladby konstrukce zateplené budovy

Označení konstrukce	Skladba konstrukce	d [m]	λ [W/m·K]	c [J/kg·K]	ρ [kg/m ³]
1	Omítka vápenná	0,0150	0,8700	840	1600
2	Plná pálená cihla	0,4500	1,4000	920	2000
3	Expandovaný polystyren, Isover EPS 70F	0,20	0,04	2060	26
4	Omítka perlitová	0,0150	0,9000	840	1900

Zdroj: (30), Vlastní zpracování

Obrázek 11: Graf průběhu teplot konstrukcí po zateplení



Zdroj: (32)

Tabulka 17: Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla po zateplení

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} :	0,13 m ² ·K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} :	0,04 m ² ·K/W
Tepelný odpor konstrukce R:	5,36 m²·K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	0,181 W/m²·K

Zdroj: (30), Vlastní zpracování

5.3.1 Tepelné ztráty zateplené budovy

Tabulka 18: Průměrný součinitel prostupu tepla zateplené budovy

	Hodnocená budova	Referenční budova
Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy:	177,6 W/K	130,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	328,7 m ²	328,7 m ²
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,20}$:	0,30 W/m ² ·K	
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em}:	0,54 W/m²·K	0,40 W/m²·K
Klasifikační třída:	E (nehospodárná)	

Zdroj: (30), Vlastní zpracování

Tabulka 19: Celková a měrná potřeba tepla zateplené budovy na vytápění

	Hodnocená budova	Referenční budova
Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	19,795 MWh	15,532 MWh
	71,260 GJ	55,914 GJ
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	39,4 kWh/m ³ ·rok	30,9 kWh/m ³ ·rok
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	114 kWh/m²·rok	90 kWh/m²·rok

Zdroj: (30), Vlastní zpracování

6 Zhodnocení výsledků

6.1.1 Ekonomické řešení

Při porovnání vybraných tepelně izolačních materiálů je zřejmé, že jejich pořizovací cena se výrazně liší v závislosti na daném materiálu a jeho tloušťce. Přesto je součinitel prostupu tepla konstrukcí srovnatelný s dalšími porovnávanými tepelně izolačními materiály, které byly hodnoceny.

Vzhledem k ekonomickému zhodnocení zateplení budovy, je nutno si uvědomit, že cena tepelně izolačního materiálu není cenou konečnou.

6.2 Kalkulace nákladů na zateplení

Tabulka 20: Orientační přehled jednotlivých nákladů na zateplení budovy

Pracovní operace	Jednotky	Množství	Cena s DPH
Pronájem lešení	m ² /měsíc	65,3	4 571
Montáž/demontáž	m ²	130,6	7 836
Mech. očištění	m ²	130,6	11 750
Tepelný izolant	m ²	130,6	Dle tab. 15
Kotvící prvky	ks/m ²	4	1 560
Lepící hmota	kg	420	2 520
Stěrková hmota	kg	520	3 120
Perlinka	m ²	130,6	2 574
Rohový profil	m	43	854
Penetrační nátěr	kg	130,6	1 300
Perlitová omítka	kg	156	8 693
Cena celkové práce	m ²	130,6	86 156
Celková cena materiálu a prací bez tepelného izolantu			130 934 Kč + cena tepelného izolantu v tab. 15

Zdroj: (33), Vlastní zpracování

6.3 Vývoj energetické náročnosti budov

V následujících dnech dojde k novelizaci vyhlášky č. 78/2013 Sb., která zpracovává výraznou změnu některých kritérií pro hodnocení energetické náročnosti budov. Je to především změna parametrů referenční budovy a také faktorů primární neobnovitelné energie. Upravena byla také definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie a udává jednotnou metodiku pro hodnocení bytových a rodinných domů.

Změna se dotkne také energetického průkazu budovy včetně jeho příloh.

Klasifikační třídy A-G budou mít nastaveny jiná kritéria pro hodnocení.

Změní se i stanovení a samotné hodnocení U_{em} i samotný přístup k přístavbám již stávajících budov. Změna se dotkne také doporučených opatření pro zlepšení energetické náročnosti budov. (34)

7 Diskuse a závěr

Hodnocený dům z plných pálených cihel má měrnou potřebu tepla $246 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$, což představuje $84,8 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{rok}$ na 1 m^3 objemu budovy spotřebované energie pro vytápění.

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy je $42,625 \text{ MWh}$, která představuje roční náklady, které činí přibližně $40\,000 \text{ Kč}$ v závislosti na daném dodavateli zemního plynu.

Při ekonomickém výběru zateplení domu expandovaným polystyrenem Isover EPS 70F, tloušťky 200 mm , dosáhneme měrné potřeby tepla $114 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$, což představuje $39,4 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{rok}$ na 1 m^3 objemu budovy spotřebované energie pro vytápění.

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy je $19,795 \text{ MWh}$, která představuje roční náklady, které činí přibližně $20\,000 \text{ Kč}$ v závislosti na daném dodavateli zemního plynu.

Celková úspora při zateplení polystyrenem představuje úsporu oproti původní nezateplené budově ve výši $53,65 \%$. Z použití různých tepelně izolačních materiálů vyplývá, že prostup tepla stěnami budovy se výrazně neliší. Představují však velkou úsporu na spotřebované energii i úsporu nákladů na vytápění budovy.

8 Seznam použitých zdrojů

1. **Ing. Jiří Labudek, Ph.D., Ing. Lenka Michnová, Ing. Jan Neuwir.** Energetická náročnost budov. *Energetická gramotnost*. [Online] [Citace: 28. 2. 2020.] <http://www.energetickagramotnost.cz/wp-content/uploads/2013/05/ENERGETIKA-NAROCNOST-BUDOV.pdf>.
2. **European, Commission.** Clean energy for all Europeans package. *Ec Europa*. [Online] 3. 12. 2020. [Cited: 2. 29. 2020.] https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en.
3. **Česká, tisková kancelář.** Svaz moderní energetiky představil plán Nová energie Česka. *oEnergetice*. [Online] 2019. [Citace: 23. 1. 2020.] <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/svaz-moderni-energetiky-predstavil-plan-nova-energie-ceska>.
4. **Evropský parlament, Rada EU.** EUR-Lex. *Eur-lex Europa*. [Online] Evropská unie, 19. 6. 2018. [Citace: 29. 2. 2020.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844>.
5. **Ministerstvo, průmyslu a obchodu.** Požadavky na energetickou náročnost budov se stavebním povolením od 1. 1. 2020. *Stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info, 10. 12. 2019. [Citace: 2. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/19978-pozadavky-na-energetickou-narocnost-budov-se-stavebnim-povolenim-od-1-1-2020>.
6. **Ministerstvo, průmyslu a obchodu.** Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. *Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky*. [Online] 1. 4. 2013. [Citace: 2. 3. 2020.] <https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=78&r=2013>.
7. **Šance, pro budovy.** Energetické standardy budov. *sanceprobudovy*. [Online] [Citace: 15. 3. 2020.] <https://sanceprobudovy.cz/energeticke-standardy/>.
8. **Parlament, ČR.** Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. *Zákony pro lidi*. [Online] 1. 1. 2001. [Citace: 28. 2. 2020.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>.
9. **Ministerstvo, průmyslu a obchodu.** Jak se stát energetickým specialistou? *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 1. 4. 2019. [Citace: 29. 2. 2020.] <https://www.mpo.cz/cz/energetika/energeticka-ucinnost/odborne-cinnosti/jak-se-stat-energetickym-specialistou---36333/>.

10. **Ušetřeno.cz.** Požadavky na energetickou náročnost budov v roce 2020. *ušetřeno*. [Online] [Citace: 15. 3. 2020.] <https://odpovedi.usetreno.cz/support/solutions/articles/44001905644-po%C5%BEadavky-na-energetickou-n%C3%A1ro%C4%8Dnost-budov-v-roce-2020>.
11. **Izolace-info.** Požadavky na součinitel prostupu tepla. *Izolace-info*. [Online] 26. 3. 2018. [Citace: 15. 3. 2020.] <https://www.izolace-info.cz/aktuality/21465-pozadavky-na-soucinitel-prostupu-tepla-a.html>.
12. **Kolář Karel, Reiterman Pavel.** *Stavební materiály pro SPŠ stavební*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2012. 978-80-247-4070-6.
13. **hc.** Porovnejte kontaktní a bezkontaktní zateplení. *České stavby*. [Online] 6. 1. 2010. [Citace: 8. 3. 2020.] <https://www.ceskestavby.cz/clanky/zateplovaci-systemy-6254.html>.
14. **Sto, s.r.o.** Rodinný dům únik tepla. *zateplit dum*. [Online] Sto s.r.o. [Citace: 12. 3. 2020.] <https://zateplitdum.cz/10-duvodu-proc-zateplit-rodinny-dum/rodinny-dum-unik-tepla-e1457450087105/>.
15. **TZB-info.** Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma). *Stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info. [Citace: 8. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>.
16. **Izolace-info.** Dřevovláknité izolace. *Izolace-info*. [Online] [Citace: 8. 3. 2020.] <https://www.izolace-info.cz/katalog/drevovlaknite-izolace/>.
17. **Ing., Roman Šubrt.** Tepelné izolace. *Ministerstvo průmyslu a obchodu*. [Online] 9. 2004. [Citace: 9. 3. 2020.] <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/4201.pdf>.
18. **Jiří Teslík, Petr Waldstein, Martina Vodičková.** Výsledky vědeckých projektů zaměřených na přírodní stavební materiály. *Poruchy a obnova obalových konstrukcí budov*. [Online] 2. 4. 2014. [Citace: 8. 3. 2020.] https://www.researchgate.net/profile/Dusan_Katunsky/publication/302333724_ZBORNIK_z_konferencie_s_medzinarodnou_ucastou_PORUCHY_A_OBNOVA_OBALOVYCH_KONSTRUKCII_BUDOV/links/572fa12c08aee022975b6c6a/ZBORNIK-z-konferencie-s-medzinarodnou-ucastou-PORUCHY-A-OBNOVA.
19. **Ing., Daniel Grmela.** Sláma jako stavební materiál - tepelná izolace. *Estav*. [Online] 15. 9. 2015. [Citace: 9. 3. 2020.] <https://www.estav.cz/cz/2262.slama-jako-stavebni-material-tepelna-izolace>.
20. **Mladá, veda.** Nejvíce používané tepelné izolace. *Mladá veda*. [Online] 10. 2017. [Citace: 9. 3. 2020.] http://www.mladaveda.sk/casopisy/19/19_2017_07.pdf.

21. **Izolace-info.** Minerální skelná vata. *Izolace-info*. [Online] [Citace: 10. 3. 2020.] <https://www.isolace-info.cz/katalog/vlknite-izolace/skelna-vata/>.
22. **TZB-info.** Minerální izolace. *Stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info. [Citace: 11. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>.
23. **TZB-info.** Pěnové sklo. *Stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info. [Citace: 11. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>.
24. **Isover.** Výroba pěnového polystyrenu. *Isover*. [Online] Saint-Gobain, 6. 9. 2016. [Citace: 11. 3. 2020.] <https://www.isover.cz/aktuality/vyroba-penoveho-polystyrenu>.
25. **TZB-info.** Polystyrenové izolace. *stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info. [Citace: 11. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>.
26. **TZB-info.** Izolace PUR, PIR a fenolická pěna. *Stavba.tzb-info*. [Online] TZB-info. [Citace: 12. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>.
27. **Karel, Murtinger.** Izolace a zateplení domu – přehled plastových pěnových materiálů. *Nazeleno*. [Online] 15. 4. 2013. [Citace: 12. 3. 2020.] <https://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/izolace-a-zatepleni-domu-prehled-plastovych-penovych-materialu.aspx>.
28. **Centrum technické normalizace, ČVUT, Ing. Jindřich Boháč.** *Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
29. **Štěpán, Radek.** Kontrola zateplení odhalí tepelné mosty. *Náš dům*. [Online] 30. 11. 2015. [Citace: 18. 3. 2020.] <https://www.nasdum.eu/kontrola-zatepleni-odhali-tepelne-mosty/>.
30. **doc., Dr. Ing. Zbyněk Svoboda.** *Energie 2019 EDU*. [program] 2019.
31. **Jihlava, Střední škola stavební.** Cihelné zdivo. [Online] [Citace: 21. 3. 2020.] https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=imgres&cd=&ved=2ahUKEwjg2tfOjfXoAhXRjKQKHaoZCJwQjRx6BAGBEAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ssstavji.cz%2Fassets%2FFile.ashx%3Fid_org%3D400032%26id_dokumenty%3D3198&psig=AOvVaw3ktStCXp0nxcAl5Gjj17j3&ust=1587406.
32. **TZB-info.** Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *stavba.tzb-info.cz*. [Online] [Citace: 20. 3. 2020.] <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>.

33. **Ceníky řemesel.cz.** Ceníky zednických prací - Zateplení fasád. *Ceníky řemesel.* [Online] [Citace: 22. 3. 2020.] <https://www.cenikyremesel.cz/ceniky/zednici>.
34. **Čejka, Michal.** Legislativní požadavky na energetickou náročnost budov. *Šance pro budovy.* [Online] 9. 2019. [Citace: 22. 3. 2020.] https://eccb.info/wp-content/uploads/2019/09/8_%C4%8Cejka-78_2013.pdf.
35. **UTB Zlín, Fakulta technologická.** Dřevovláknité izolace. *Izolace-info.* [Online] 19. 8. 2018. [Citace: 8. 3. 2020.] <https://www.izolace-info.cz/aktuality/21685-drevovlaknite-izolace-pouziti-a.html>.
36. **CEN/TC, 228 Otopné soustavy pro budovy technická komise.** *ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu.* místo neznámé : Česká agentura pro standardizaci, 2018.

9 Seznam vzorců

Vzorec 1:	Tepelná vodivost
Vzorec 2:	Tepelný odpor
Vzorec 3:	Součinitel prostupu tepla
Vzorec 4:	Průměrný součinitel prostupu tepla - vnitřní teplota od 18 °C do 22 °C
Vzorec 5:	Průměrný součinitel prostupu tepla - jiná vnitřní teplota
Vzorec 6:	Průměrný součinitel prostupu tepla - jednozónové budovy
Vzorec 7:	Průměrný součinitel prostupu tepla - budovy s lehkým pláštěm
Vzorec 8:	Základní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla nové jednozónové obytné budovy
Vzorec 9;10;11:	Základní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónovými ostatními budovy než obytnými
Vzorec 12:	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla vícezónové budovy
Vzorec 13:	Návrhový tepelný výkon budovy
Vzorec 14:	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru
Vzorec 15:	Měrný tepelný tok prostupem tepla
Vzorec 16:	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy
Vzorec 17:	Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí
Vzorec 18:	Měrný tepelný tok prostupem do zeminy
Vzorec 19:	Teplotní opravný činitel
Vzorec 20:	Opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousední a venkovní výpočtové teploty
Vzorec 21:	Opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou s průměrnou povrchovou teplotou stavební části
Vzorec 22:	Tepelná ztráta větráním budovy
Vzorec 23:	Stanovení zátopového výkonu vytápěného prostoru
Vzorec 24:	Prostup tepla výplněmi otvorů
Vzorec 25:	Prostup tepla rámem
Vzorec 26:	Prostup tepla zasklením – dvojsklo

10 Seznam obrázků

Obrázek 1: Porovnání potřeb energií pro rodinné domy v ČR	4
Obrázek 2: Porovnání hodnocené budovy s budovou referenční	4
Obrázek 4: Porovnání hodnocené budovy s budovou referenční	7
Obrázek: 5: Příloha č. 3: Faktory primární energie hodnocené budovy	7
Obrázek 6: Ztráty tepla stavebními konstrukcemi	15
Obrázek 7: Úniky tepla tepelnými mosty	29
Obrázek 8: Půdorys modelového domu	30
Obrázek 9: Vazba polokřížová.....	34
Obrázek 10: Graf: průběhu teplot konstrukcí před zateplením.....	34
Obrázek 11: Graf průběhu teplot konstrukcí po zateplení.....	36

11 Seznam tabulek

- Tabulka 1: Příloha č. 3: Faktory primární energie hodnocené budovy
- Tabulka 2: Tab. 5: Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu
- Tabulka 3: Tab. 3 Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla
- Tabulka 4: Tab. 1 Parametry a hodnoty referenční budovy
- Tabulka 5: Tab. 3 Referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy
- Tabulka 6: Porovnání nejvíce používaných izolačních materiálů a jejich vlastností
- Tabulka 7: Popis místností modelového domu
- Tabulka 8: Parametry budovy
- Tabulka 9: Tepelné ztráty
- Tabulka 10: Průměrné roční tepelné toky rozdělené dle konstrukcí
- Tabulka 11: Průměrný součinitel prostupu tepla budovy
- Tabulka 12: Celková a měrná potřeba tepla na vytápění
- Tabulka 13: Hodnocení skladby konstrukce
- Tabulka 14: Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla před zateplením
- Tabulka 15: Porovnávání tepelně izolačních materiálů
- Tabulka 16: Hodnocení skladby konstrukce zateplené budovy
- Tabulka 17: Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla po zateplení
- Tabulka 18: Průměrný součinitel prostupu tepla zateplené budovy
- Tabulka 19: Celková a měrná potřeba tepla zateplené budovy na vytápění
- Tabulka 20: Orientační přehled jednotlivých nákladů na zateplení budovy


12 Přílohy

Příloha č. 1 Průkaz energetické náročnosti nezateplené budovy Zdroj: (30)

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

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

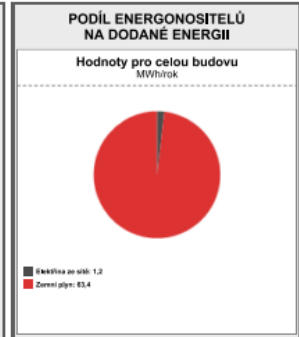
Ulice, číslo: Příbyslavská 606
 PSČ, místo: 32401 Kolín
 Typ budovy: Rodinný dům
 Plocha obálky budovy: 328,7 m²
 Objemový faktor tvaru A/V: 0,65 m²/m³
 Energeticky vztáhná plocha: 173,3 m²



DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

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



ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																												
Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)																												
<table border="1"> <tr><td>Mimořádně úsporná A</td><td>← 83</td></tr> <tr><td>Velmi úsporná B</td><td>← 125</td></tr> <tr><td>Úsporná C</td><td>← 166</td></tr> <tr><td>Méně úsporná D</td><td>← 249</td></tr> <tr><td>Nehospodárná E</td><td>← 332</td></tr> <tr><td>Velmi nehospodárná F</td><td>← 416</td></tr> <tr><td>Mimořádně nehospodárná G</td><td>← 416</td></tr> </table>	Mimořádně úsporná A	← 83	Velmi úsporná B	← 125	Úsporná C	← 166	Méně úsporná D	← 249	Nehospodárná E	← 332	Velmi nehospodárná F	← 416	Mimořádně nehospodárná G	← 416	<table border="1"> <tr><td>← 105</td><td>A</td></tr> <tr><td>← 157</td><td>B</td></tr> <tr><td>← 209</td><td>C</td></tr> <tr><td>← 314</td><td>D</td></tr> <tr><td>← 416</td><td>E</td></tr> <tr><td>← 523</td><td>F</td></tr> <tr><td>← 523</td><td>G</td></tr> </table>	← 105	A	← 157	B	← 209	C	← 314	D	← 416	E	← 523	F	← 523	G
Mimořádně úsporná A	← 83																												
Velmi úsporná B	← 125																												
Úsporná C	← 166																												
Méně úsporná D	← 249																												
Nehospodárná E	← 332																												
Velmi nehospodárná F	← 416																												
Mimořádně nehospodárná G	← 416																												
← 105	A																												
← 157	B																												
← 209	C																												
← 314	D																												
← 416	E																												
← 523	F																												
← 523	G																												
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok																												
64,532	73,225																												

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U_g, W/(m²·K)	Dičí dodané energie	Dičí dodané energie	Dičí dodané energie	Dičí dodané energie	Dičí dodané energie	Dičí dodané energie
1,22	349					7
Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)
					17	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok
	60,47				2,88	1,18


Zpracovatel: Jakub Uher
 Kontakt: Příbyslavská 606, 32401 Kolín
 Osvědčení č.:
 Vyhотовeno dne: 20.2.2020
 Podpis:

Příloha č. 2: Průkaz energetické náročnosti zateplené budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

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

Ulice, číslo: Příbyslavská 606
 PSČ, místo: 32401 Kolin
 Typ budovy: Rodinný dům
 Plocha obálky budovy: 328,7 m²
 Objemový faktor tvaru A/V: 0,65 m³/m²
 Energeticky vztázná plocha: 173,3 m²




DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Příprava teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

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

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGIÍ

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok



■ Elektřina ze sítě: 1,2
 ■ Zelení plyn: 33,3

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vše provozu budovy na životní prostředí)																				
Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)	Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)																				
<table border="1"> <tr><td>Mimořádně úsporná A</td><td>83</td></tr> <tr><td>Velmi úsporná B</td><td>125</td></tr> <tr><td>Úsporná C</td><td>166</td></tr> <tr><td>Méně úsporná D</td><td>249</td></tr> <tr><td>Nehospodárná E</td><td>332</td></tr> <tr><td>Velmi nehospodárná F</td><td>416</td></tr> <tr><td>Mimořádně nehospodárná G</td><td>416</td></tr> </table>	Mimořádně úsporná A	83	Velmi úsporná B	125	Úsporná C	166	Méně úsporná D	249	Nehospodárná E	332	Velmi nehospodárná F	416	Mimořádně nehospodárná G	416	<table border="1"> <tr><td>105</td></tr> <tr><td>157</td></tr> <tr><td>209</td></tr> <tr><td>314</td></tr> <tr><td>418</td></tr> <tr><td>523</td></tr> </table>	105	157	209	314	418	523
Mimořádně úsporná A	83																				
Velmi úsporná B	125																				
Úsporná C	166																				
Méně úsporná D	249																				
Nehospodárná E	332																				
Velmi nehospodárná F	416																				
Mimořádně nehospodárná G	416																				
105																					
157																					
209																					
314																					
418																					
523																					
183	214																				
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	31,686																				
	37,095																				

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U_{obj} W/(m²·K)	Díličí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)
7	159				17	7
0,53						
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	27,63				2,88	1,18

Zpracovatel: Jakub Uher
 Kontakt: Příbyslavská 606
 32401 Kolin

Osvědčení č.:
 Vyhотовeno dne: 20.2.2020
 Podpis:

Zdroj: (30)