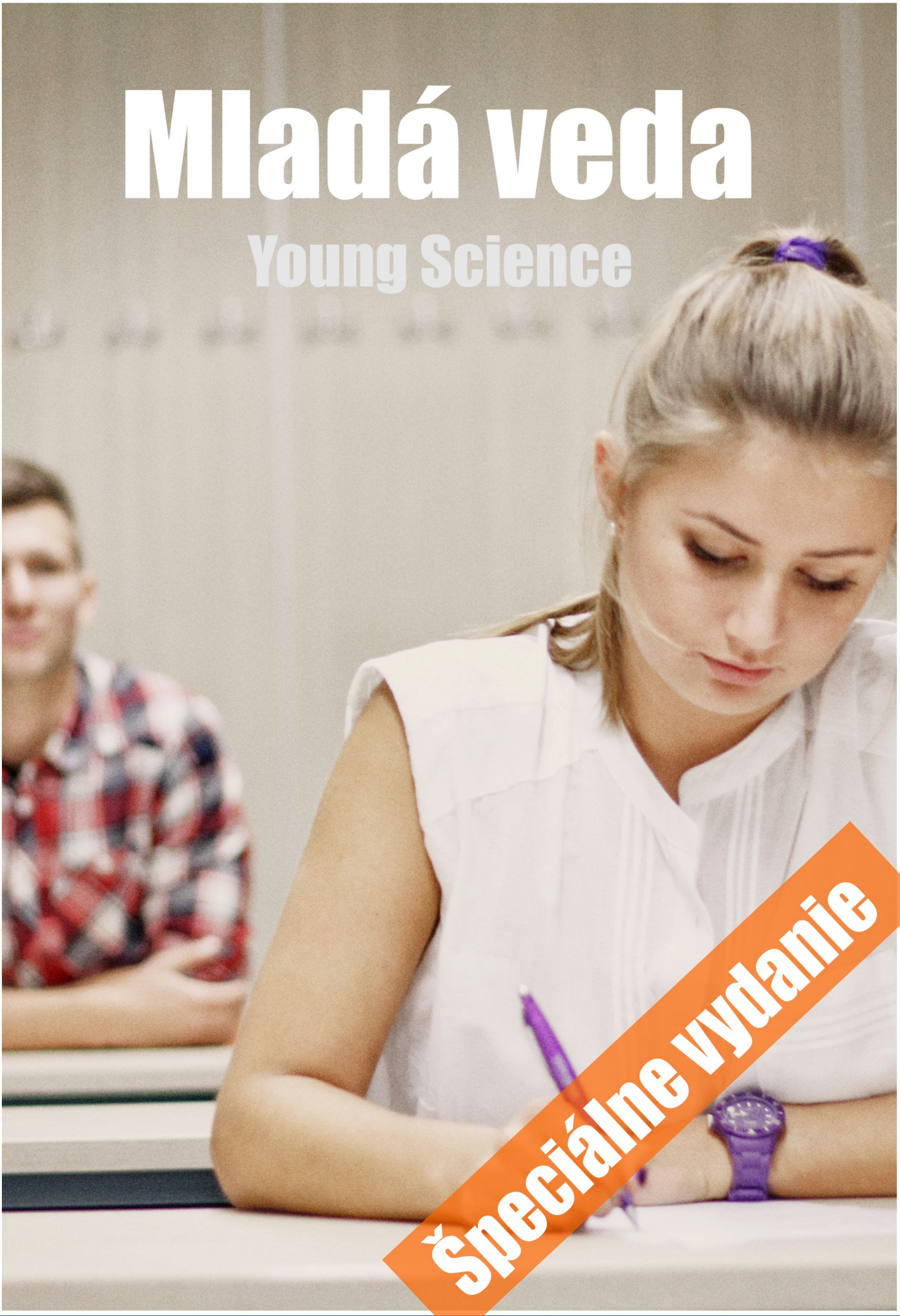
ISSN 1339-3189

10/2017

# Mladá veda

## Young Science



Špeciálne vydanie

www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

**MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE**

Číslo 10, ročník 5., vydané v decembri 2017
ISSN 1339-3189
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Študenti Fakulty manažmentu v Prešove. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

**REDAKČNÁ RADA**
*doc. Ing. Peter Adamišin, PhD.* (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
*doc. Dr. Pavel Chromý, PhD.* (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
*prof. Dr. Paul Robert Magocsi* (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
*Ing. Lucia Mikušová, PhD.* (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
*doc. Ing. Peter Skok, CSc.* (Ekomos s. r. o., Prešov)
*prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D.* (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
*prof. PhDr. Peter Švorc, CSc.*,predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
*doc. Ing. Petr Tománek, CSc.* (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

**REDAKCIA**
*PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD.* (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)
*Mgr. Martin Hajduk* (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
*RNDr. Richard Nikischer, Ph.D.* (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)
*Mgr. Branislav A. Švorc, PhD.*, šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)
*PhDr. Veronika Trstianska, PhD.* (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
*Mgr. Veronika Zuskáčová* (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

**VYDAVATEĽ**
Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 5 (10), pp. 47-62

# PŘEHLED TEPELNÝCH IZOLACÍ VE STAVEBNÍ PRAXI SE ZAMĚŘENÍM NA NOVODOBÉ MATERIÁLY A JEJICH EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

OVERVIEW OF THERMAL INSULATION IN BUILDING PRACTICE WITH FOCUS ON NEW MATERIALS AND THEIR ECONOMIC ASSESSMENT

**Kristýna Mikulecká, Radimír Novotný**

Kristýna Mikulecká studuje na Vysoké škole technické a ekonomické v Českých Budějovicích obor konstrukce staveb. Ve své práci se zabývala novodobými technologiemi tepelných izolací na trhu v České republice pro zlepšení tepelných vlastností stavby. Radimír Novotný působí jako člen katedry stavebnictví.

Kristyna Mikulecká is a student at the Technical and Economic University in České Budějovice in the field of building construction. In her work she dealt with the modern thermal insulation technologies on the market in the Czech Republic to improve the thermal properties of the building. Radimír Novotný is a member of the Department of Construction.

**Abstract**

The main objective of the constribution, entitled Overview of Thermal Insulation in Building Practice with Focus on New Technology, is dealing with thermal insulation using modern materials and methods for easier implementation of construction. Thermal insulation used in wall, floor and attic constructions prevents heat losses from the building autward, and therefore their correct application is very important. In the constribution describes some of the most used materials and completely new thermal insulation together with the companies that are available on the market in the Czech Republic. At the same time, the current insulation status, the energy demands of buildings, heat dissipation and the physical parameters of thermal isulation. At the end of the constribution is mentioned the economic assessment of modern thermal insulation for use in construction.

Key words: modern thermal insulation, insulation, thermal insulation materials, building practices

**Abstrakt**

Hlavním cílem příspěvku, který nese název Přehled tepelných izolací ve stavební praxi se zaměřením na novodobé materiály a jejich ekonomickou výhodnost, je zabývání se tepelnými izolacemi s použitím moderních materiálů a metod pro snadnější realizaci výstavby. Tepelné izolace použité v konstrukcích stěn, podlah a podkroví zabraňují úniku tepelných ztrát

z objektu směrem ven, a proto je jejich správná aplikace velice důležitá. V příspěvku jsou popsány některé nejvíce používané materiály i zcela nové tepelné izolace zároveň s firmami, které jsou k dostání na trhu v České republice. Zároveň je zde zmíněn současný stav zateplování, energetická náročnost budov, šíření tepla a fyzikální parametry tepelných izolací. V závěru příspěvku je uvedeno ekonomické posouzení moderních tepelných izolací pro využití ve stavebnictví.
Klíčová slova: moderní tepelné izolace, zateplení, materiály tepelných izolaci, stavební praxe

**Úvod**

U novostaveb nebo rekonstrukcí se v současné době přikládá velký důraz na zateplení a celkovou energetickou náročnost staveb. V klimatickém pásmu ČR se velkou část roku musí objekt vytápět. Jaké množství energie se spotřebuje na vytápění závisí především na teplotě v interiéru budovy, na teplotě v exteriéru a samozřejmě na velikosti samotné budovy. Větší spotřeba energie na vytápění je u starších budov, oproti tomu novostavby nebo budovy po rekonstrukci disponují zcela výrazně nižší spotřebou energií na vytápění.

Aktuální otázkou, kterou se zabýváme ve stavebnictví je snižování spotřeby energií a úspora energetických zdrojů. Na nepřetržitě rostoucí spotřebu energie, vydala Evropská unie směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (EPDB II). Ve směrnici je uveden hlavní zájem, aby došlo ke změně v oblasti energetiky budov. Zároveň směrnice představuje povinnosti mezi, kterými najdeme hlavně výstavbu pouze domů od roku 2020 se spotřebou energie blízkou nule [35]. U moderních budov s nízkou spotřebou energie je zcela důležité použít tepelnou izolaci, která umožní snížení tepelné ztráty Momentálně se na trhu vyskytuje celá řada tepelných izolací, ať už na bázi umělých nebo přírodních materiálů pro různé účely a konstrukce. Tepelné izolace hodnotíme podle součinitele tepelné vodivosti λ [W/m.K.], a proto si výrobci kladou za cíl dosáhnout co nejnižší hodnoty za současné co nejmenší tloušťky tepelného izolantu.

**Současný stav zateplování**

Budovy spadají do jedné z hlavních oblastí vrcholných možností pro možné docílení požadovaných energetických úspor a významné snížení negativní lidské činnosti, která dopadá na životní prostředí [42].

Dle platného zákona č. 318/2012 Sb., musí být v současné době všechny navrhované novostavby označeny potřebným energetickým štítkem, který udává důkaz o energetické náročnosti stavby. Tento fakt znamená v praxi potřebné funkční zateplení dané stavby. Použijeme-li tepelně izolační materiály do stavebních konstrukcí budovy, může dojít k četné úspoře energie a následné snížení energetické náročnosti. Velkým přínosem je převážně pro ochranu životního prostředí a trvale udržitelný rozvoj. Posouzení musí být provedeno u každé stavby jednotlivě a nevrhnout správné energeticky úsporné řešení, které se vzájemně doplňuje. Dokonalé řešení vyhovující stavbě závisí na vhodně zvoleném izolačním materiálu pro konkrétní konstrukci, na vhodném provedení a na rozsahu samotné izolační vrstvy [22].

Zateplením se zabývá velké množství norem, zákonů a vyhlášek.

- Norma ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov-Část 1: Terminologie – obsahuje všechny termíny a definice potřebné pro stavební tepelnou techniku. Upřesňuje

definice veličin, jejich značky a jednotky. Jedná se o popis šíření vlhkosti, tepla a vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi a v poslední řadě i stav vnitřního a venkovního prostředí [9].

- Norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov-Část 2: Požadavky – slouží pro

stanovení tepelně technických požadavků pro návrh a ověření budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí. Požadavky zaručují správné realizování zcela základních požadavků na stavby. Důraz je kladen na šetrné splnění úspory energie a tepelnou ochranu budov dle mimořádného předpisu a dále zabezpečit ochranu zdraví, životního prostředí a zdravých životních podmínek [10].

- Norma ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov-Část 3: Návrhové hodnoty veličin – jsou zde určeny normové, charakteristické a návrhové hodnoty fyzikálních veličin, které náleží stavebním materiálům, výrobkům, výplňovým otvorům, zdicím prvkům a zdivu. Obsahuje také návrhové hodnoty veličin venkovního a vnitřního prostředí, vzduchu pro návrh a kontrolu stavebních konstrukcí z hlediska šíření vlhkosti a z hlediska jejich tepelné ochrany pro budovy. V normě jsou zároveň stanoveny návrhové hodnoty fyzikálních veličin pro výpočty tepelných ztát budov [11].
- Norma ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov-Část 4: Výpočtové metody – vymezuje a upřesňuje výpočetní metody pro snadnější navrhování a ověřování konstrukcí a budov dle požadavků, které se nacházejí v části dvě této normy [12].
- Zákon č. 38/2012 Sb. – zabývá se posouzením vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví a mění znění zákona č. 100/2001 Sb., o posouzení vlivů na životní prostředí [7].
- Zákon č. 318/2012 Sb. – klade povinnost, aby všechny navrhované novostavby obsahovaly energetický štítek. Zákonem č. 318/2012 Sb., se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií [8].
- Norma ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov – zabývá se poskytováním nástrojů pro posouzení přínosu stavebních prvků a technických systémů pro efektivnější úsporu energií a celkové energetické náročnosti budov. V normě jsou uvedeny možné výpočtové metody pro hodnocení roční spotřeby energie na vytápění a chlazení budov [15].
- Mezinárodní norma ČSN EN ISO 10456 Stavební materiály a výrobky – představuje eventuelní způsoby pro stanovení přínosu stavebních výrobků a provozů budov k možné úspoře energie a všech směrů energetického chování budov [14].
- Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov – zabývá se jmenovanou problematikou. Ve vyhlášce je např. stanoveno nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budov zahrnující i budovy nově navrhované. Jsou zde stanoveny i metody výpočtu a doporučená ustanovení energetické náročnosti budov [6].
- Mezinárodní normy ČSN EN – spousta norem se zabývá problematikou tepelných izolací. Do řady norem ČSN EN zahrnujeme: ISO 7345 Tepelná izolace – Fyzikální veličiny a definice; ISO 9229 Tepelná izolace – Tepelně izolační materiály a výrovky – Slovník; ISO 9251 Tepelná izolace – Podmínky šíření tepla a vlastnosti materiálů – Slovník; ISO 9288 Tepelná izolace – Šíření tepla sáláním – Fyzikální veličiny a definice; ISO 9346 Tepelná izolace – Přenos látky – Fyzikální veličiny a definice.

- Norma ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce-Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla-Výpočtová metoda – určuje metodu výpočtu součinitele prostupu tepla a tepelný odpor stavebních prvků a stavebních konstrukcí [13].

**Energetická náročnost budov**

Energie považujeme v současné době za značně ceněné zboží, které je vázáno spolu s rozkvětem kultury. Nejdůležitějším úkolem v celém procesu je, aby energie byla využívána co nejvíce šetrně. Nutné je hledět zároveň i na vyčerpatelnost zdrojů energie. V nynější době je zcela nutné, aby současná populace navyšovala využití obnovitelných zdrojů.

Podle dopadu na životní prostředí dělíme zdroje energie na obnovitelné a neobnovitelné zdroje. Právě u neobnovitelných zdrojů energie se s rostoucím počtem obyvatel se stále navyšuje jejich potřeba. Po přeměně energie na elektřinu a teplo dochází ke vzniku obrovského množství látek škodlivých pro ovzduší a životního prostředí [45].

19. května 2010 (EPBD 2) vyšla směrnice Evropského parlamentu a rady 2010/31/EU, které se zabývá energetickou náročností budov. Ve směrnici jsou vymezeny čtyři hlavní oblasti a je zde uvedeno přislíbení členských států Evropské unie, pro jejich zaopatření, že: všechny nově stavěné budovy budou do 31. prosince 2020 s téměř nulovou spotřebou energie; jedná-li se o budovy spadající do užívání a vlastnění veřejnou mocí je předchozí uvedený termín zkracuje do roku 2018; do roku 2020 snížit celkové imise skleníkových plynů nejméně o 20 %; zvýšení společné energetické účinnosti o 20 % do roku 2020 a navýšit část energie z obnovitelných zdrojů o hodnotu 20% do roku 2020.

Nyní je uváděno, že podíl budov na celkové spotřebě energie činí v EU přibližně 40 %. Pro snížení spotřeby energie budov a emise skleníkových plynů musí dojít k aplikaci velmi důležitých opatření [44], [34].

Energetická náročnost budov pojednává o vypočteném množství energie, které je zapotřebí pro potřebné pokrytí energie při užívání stavby. V ČR se jedná o energii potřebnou na vytápění či chlazení, větrání, přípravu teplé vody, úpravy vlhkosti vzduchu a osvětlení. Mezi ukazatele energetické náročnosti budov řadíme následující: celková primární energie za rok; celková dodaná energie za rok; neobnovitelná primární energie za rok; průměrný součinitel prostupu tepla; dílčí dodání energie pro technické systémy vytápění, větrání, chlazení, úpravu vlhkosti vzduchu, osvětlení a přípravu teplé vody za rok; účinnost technických systémů a součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici [6].

Výsledkem je průkaz energetické náročnosti budovy s informace o energetické náročnosti budovy a grafické znázornění. Většina ukazatelů energetické náročnosti závisí na výběrů materiálů pro stavbu [8]. Na průkazu je uvedené zařazení dané stavby do jedné ze sedmi kategorií třídy od A do G energetické náročnosti budov. Protokol obsahuje důležité údaje pro následné stanovení energetické náročnosti budovy a její zařazení do kategorie [23]. Pro všechny novostavby a pro rekonstrukce větších budov platí od 1. 1. 2009 nutnost vlastnit energetický průkaz budovy [31].

| TŘÍDA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY | |
|---|---|
| A | MIMOŘÁDNĚ ÚSPORNÁ |
| B | ÚSPORNÁ |
| C | VYHOVUJÍCÍ |
| D | NEVYHOVUJÍCÍ |
| E | NEHOSPODÁRNÁ |
| F | VELMI NEHOSPODÁRNÁ |
| G | MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ |

Obr. 1 – Kategorizace budov do tříd podle průkazu energetické náročnosti budovy
Zdroj: [31]

**Šíření tepla**

Ve stavebních konstrukcích je šíření tepla velice komplikovaný a složitý proces, při kterém si pomáháme celou řadou zjednodušení pro vytvoření matematických modelů s popisem konkrétných dějů. U šíření tepla prostředím je velice důležité splnit jednu ze zásadních podmínek, kterou jsou odlišné teploty na částech totožného prostředí. Správné vyrovnání teplot probíhá pokud se teplo šíří od míst s vyšší teplotou do míst s nižší teplotou[44].

*Způsoby*

Ve většině případech se šíří teplo kombinací uvedených způsobů, kterými jsou:

- Šíření tepla vedením (kondukcí) – teplo se přenáší ve směru klesající teploty. Dochází tak v místě mezi sousedícími částicemi tělesa, ale pouze při rozvíjení rozdílu teplot. Může se jednat i o situaci, kdy dochází k dotyku dvou těles s různými teplotami. Tento proces se hlavně uskutečňuje v pevných látkách, ale může nastat i v plynných či kapalných látkách kde je doplněn o šíření prouděním a sáláním [44], [46]. Vedení tepla dělíme na ustálené (stacionární), které má teplotní rozdíl stálý a neustálené (nestacionární), u kterého nastává zcela postupné vyrovnání teplotních rozdílů mezi jednotlivými úseky tělesa [46].
- Šíření tepla prouděním (konvekcí) – uskutečňuje se pouze u kapalin a plynů. Proces se realizuje za pomoci částic daných látek, které provádějí pohyb pro přenos tepla. Místní ohřátí a ochlazení látky zapříčiní přesunutí částic. Dojde-li tedy k přirozeně volnému proudění, která napomůže k vyrovnání teploty látek v daném prostředí. Rychlost proudění látky je ohraničená, a proto malá intenzita výměny tepla [44]. Proudění tepla v tekutině vždy doplněno o vedení tepla [32]. Proudění dělíme dle druhu sil způsobující proudění na dva typy. První je tzv. volné, které se rozvíjí v důsledku nerovnoměrného rozdělení hmotnostních sil v tekutině a nejznámější je přirozené proudění, vznikající působením gravitačních sil. Druhým typ proudění se nazývá nucené, které vzniká důsledkem povrchových sil (tlakové a třecí síly). Tyto síly se mohou vyvinout působením některých vlivů, jako je např. čerpadlo, ventilátor a tah z komína. V běžné praxi dochází pokaždé ke kombinaci obou způsobů.
- Šíření tepla sáláním (radiací) – u všech těles nastává jejich zahřátí na tzv. termodynamickou teplotu T>0 K, které vydává teplo rozšiřující se průteplivým prostředím ve formě elektromagnetických vln. V praxi se věnujeme převážně sféře 1-1000 μm. Sálání zejména bývá závislé na povrchové teplotě sálajícího a osáleného tělesa. V praxi vždy mluvíme o vzájemném sálání mezi tělesem sálajícím a osáleným [49].

*Prostup tepla konstrukcí*

Je charakteristické pro výměnu tepla mezi povrchem a okolím v podobě prostupu tepla. K prostupu tepla nedochází v situaci, kdy dosahuje teplota u vzduchu a stěny stejné hodnoty. Při prostupu tepla rovinnou stěnou mezi dvěma rovnoběžnými plochami domníváme se, že vznikne teplotní ustálené pole v jednom směru.

- Součinitel prostupu tepla – zobrazuje způsobilost soustavy tvořenou dvěma plynnými či kapalnými prostředími a současně plochou o 1 m², přenášet teplo mezi nimi. Je definován podílem hustoty tepelného toku k rozdílu teplot prostředí, které obklopují stěnu.

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{Q}{(\theta_1 - \theta_2) \cdot S}$$

U–součinitel prostupu tepla [W/m$^2$.K]; $R_T$–odpor konstrukce při prostupu tepla [m².K.W$^{-1}$]; Q–tepelný tok [W]; $\theta_1$–teplota prostředí 1 [K]; $\theta_2$–teplota prostředí 2 [K]; S– plocha [m²].

**Fyzikální parametry tepelných izolací**

Tepelná izolace je z pohledu fyziky látka, která nepříznivě vede teplo. To znamená, že dochází k izolování. Tepelně izolační materiál je v normě ČSN 73 0540-1 charakterizován jako materiál, který napomáhá k výraznému omezení šíření tepla [9].

Hlavním úkolem tepelných izolací je udržet v zimních období v budově teplo a v letním období zase zamezit přehřívání interiéru. V situaci kdy se budeme rozhodovat ve výběru správného tepelného izolantu, při srovnání teplených izolací nebo pro tepelně technické výpočty je nezbytně nutné mít přehled základních fyzikálních parametrů materiálů. Potřebné parametry by měly výrobci tepelných izolací uvádět u každého výrobku zvlášť. Potřebujeme-li dosadit parametry do výpočtu, ale podklad od výrobce nemáme je zde možnost použít parametry uvedené z tabulek v normě.

*Součinitel tepelné vodivosti*

Jedná se o vlastnost materiálu přenášet teplo vedením. Patří mezi nejdůležitější vlastnosti stavebních materiálů. Charakteristickým pro tepelnou vodivost je součinitel tepelné vodivosti λ (lambda), který je v jednotkách W/m.K. Velkou mírou má na λ vliv objemové hmotnosti, směr tepelného toku v anizotropních látkách, vlhkost, teplota a chemické složení [44]. Do výpočtů je nutné rozlišovat λ deklarované, charakteristické a návrhové hodnoty [36], [39].

*Faktor difúzního odporu*

Ztvárňuje poměrnou schopnost daného materiálu propouštět vodní páru za pomoci difúze. Značí se jako μ (mý) a je to bezrozměrná hodnota. Vyjadřuje poměr mezi difúzním odporem materiálu vrstvy vzduchu, které mají totožnou tloušťku za přítomnosti daných podmínek [39].

*Objemová hmotnost*

Značí se řeckým písnem ρ (ró) v jednotkách kg/m$^3$. Převážná část stavebních materiálů vykazuje pórovitou strukturu. Vzduch nebo vlhkost se nachází právě v pórech. ρ jako veličinu uvádíme hlavně pro pórovité a sypké látky [44], [39].

*Měrná tepelná kapacita*

Je důležitou součásti při výpočtech tepelných vlastností u stavebních látek, značí se c a jednotky jsou $J.kg^{-1}.K^{-1}$. U tepelně izolačních materiálů má velký účinek na c vlhkost v závislosti k velikosti pórům. Čím větší jsou v materiálu póry, tím nastává zvýšení způsobilosti absorpce vody a v důsledku toho nárůst měrné tepelné kapacity [44].

*Třída reakce na oheň*

Jedná se o klasifikaci materiálu v závislosti na jeho vliv na zrod a další šíření nežádoucího požáru. Jednoduše řečeno, nám klasifikace dává informace zda a jakým způsobem stavební výrobky napomáhají k šíření požáru. Určuje rychlost hoření daného materiálu a jaké množství tepla se následně uvolní do okolí [33].

**Nejvíce používané tepelné izolace**

- Pěnový polystyren EPS – jedná se o nejvíce používaný tepelně izolační materiál v ČR. Hlavní složkou je styren z ropy. V dalším kroku se za podpory přísad polymerizuje, až do formy polystyrénových perel. Z malých kuliček se vyrábí polymerací styrenu samotné EPS.. Aby byly vyrobeny desky z kuliček je potřeba je spojit horkou parou do tvarů kvádrů, které se ihned po zchladnutí rozřezávají na dané formáty. Řezaní desek EPS se provádí prostřednictvím žhavého drátu, Mezi velmi dobré vlastnosti EPS patří tepelně izolační vlastnosti, parotěsnost, odolnost vůči škůdcům a hnilobě. Nevýhodou materiálu je zhoršování vlastností zvukově izolační a když začne hořet produkuje hustý ostře zapáchající dým. EPS se v praxi velice uplatnil i vzhledem k cenové výhodnosti, $\lambda$= 0,032-0,039 W/m.K [39], [25].
- Extrudovaný polystyren XPS – vyrábí se zahřáním polystyrenu současně s napěňovací přísadou, retardérem hoření a nukleárním činidlem v extrudéru. Vytvoří se tekutá pěna, kterou posléze přes vytvářecí ústí protlačíme. Protlačenou pěnu ihned zchladíme za přítomnosti sníženého tlaku v chladící části extrudéru. XPS se aplikuje nejčastěji ve formě desek, které nadmíru odolávají tlaku. Mezi velké plusy materiálu patří jeho nenasákavost, odolnost vůči zemině a jiným vlivům, odolnost teplot od -150 °C do +70 °C. Jeho velkou nevýhodou je schopen nevzdorovat UV záření. Oproti EPS vlastní lepší objemovou hmotnost a mechanické vlastnosti. $\lambda$= 0,032-0,037 W/m.K [39], [40]. Materiál XPS našel své uplatnění při zateplování spodní části stavby a soklů vzhledem ke své nenasákavosti a velké pevnosti [47].
- Minerální vlna MW – vyrábí se tavením horniny na co nejtenčí vlákna, která se následně prolisují a vznikne tak finální produkt. Pro výrobu se používá jako surovina čedič, křemen a jiné silotvorné příměsi. Výhodou materiálu je velmi nízký difúzní odpor, odolnost proti vysokým teplotám, snadná tvárnost a velkým plusem je požární odolnost $\lambda$ = 0,035-0,041 W/m.K [39], [48]. Je schopen odolat, až teplotám při +700 °C, a proto se využívá pro izolaci vysokoteplotních médií. Minerální vlna může fungovat jako tepelná, požární nebo akustická izolace. Ve formě tepelné izolace se ve stavební praxi používá pro zateplení střech, stěn nebo rozvodů potrubí [40], [26].
- Pěnový polyuretan PUR – je založený hlavně na bázi organické. Existují dva typy PUR. Jedním z typů je měkká (molitan) a druhý typ je tvrdá PUR. Polyuretan lze

zajistit pomocí chemické reakce mezi vícesytnými alkoholy a izokyanáty za účasti vyskytujících se aktivátorů, nadouvadel, katalyzátorů, retardéru hoření a stabilizátorů. Když dojde k exotermní adiční reakci, tak následně nastane napěnění, při kterém se vytvoří buněčné struktury mající uzavřené buňky. U výroby materiálu se potřebné suroviny nalévají do forem nebo se při aplikaci volně vypění. Vytvrzení materiálu zajistí vzdušná vlhkost. λ = u desek 0,022-0,025 W/m.K a pro pěny 0,028-0,050 W/m.K. PUR má k dispozici velmi dobré vlastnosti v podobě chemické odolnosti, odolnost proti kyselinám, organickým rozpouštědlům, louhům, olejům, bakteriím, mikroorganismům a plísním. Nežádoucí účinky na PUR má UV záření a povětrnostní vlivy. Desky z tohoto materiálu mají uplatnění při vnějším i vnitřním zateplení, zateplení stropů a podlah. Polyuretan lze i aplikovat ve formě stříkání, ať už na střechy nebo do půdních prostor [40], [26].

- Fenolická pěna – se vyrábí ve formě desek, které se uskutečňují kontinuálním dotvářením tekuté směsi z fenolformaldehydového polymeru.Výsledný povrch desky vznikne z netkané textilie na bázi skla či reflexní hliníkové fólie, která se musí vkládat mezi dva stavitelné válce. Do prostoru mezi fólii se následně použije fenologická směs ve stavu tekutém. Vytvořené souvrství se pak nechá unášet válci, kde nastane nabývání a vytvrzování dané hmoty. Vznikne tak nekonečně dlouhá tuhá deska konkrétní tloušťky, kterou je zapotřebí nařezat katrem a potřebné rozměry. $\lambda_D$= 0,020 W/m.K. Tento materiál vlastní velmi dobrou požární odolnost. Využívá se při zateplování systémů v obtížných detailech u ostění a nadpraží oken, zateplení podlah, lodžií, teras, střech a balkónů [30].
- Expandovaný perlit – vyrábí se z horniny nesoucí stejný název, u které nastane její nadrcení a umístění do teploty až 1000 °C. V hornině se nachází voda, které se přeměňuje na páru a nastává expanze se zvětšením objemu 15-20krát víc. Hotový produkt je zrnitá, lehká, pórovitá hmota ve formě malých dutých kuliček různorodých rozměrů v bílé nebo šedivé barvě. Perlit se využívá v podobě násypů a příměsí, které se dávají do potěrů. Na tento materiál neútočí škůdci a ani nehnije, usměrňuje vlhkost a je kapilárně vodivý. λ = 0,040-0,050 W/m.K [39], [25].
- Pěnové sklo – základní materiály pro výrobu jsou křemičitý písek, živec, vápno, soda, ale i staré sklo. Nejprve dojde k roztavení skla, následně se zpění za pomoci přidání uhlíku a při teplotě 1000 °C se zahřeje a namele se na výsledný skleněný prášek. Když vychladne, nastane proces řezání do příslušných forem desek. Disponuje řadou výhod, kterými jsou pevnost, nepřijímání vody, stabilita, odolnost proti škůdcům a kyselinám a požární odolnost. Tento tepelný izolant řadíme mezi ekologické a 100% recyklované izolace. λ = 0,045-0,080 W/m.K [39], [25]. Velkou nevýhodou je poměrně vysoká cena. Nejvíce se v praxi využívá pro zateplení střech, podlah, stěn, podhledů, přerušení teplených mostů mezi základovými pasy a zdivem nebo jako drcený ve formě zásypu pod základovou desku [26], [38].
- Vakuová izolace – v tomto materiálu se teplo šíří sáláním. Tepelný odpor se neodvíjí od tloušťky izolace. Princip je založen na běžné izolaci, kterou obalíme vzduchotěsnou obálkou po odsátí vzduchu. Vakuovou izolaci najdeme ve formě izolačních panelů (VIP), do kterých se umístí tuhá síťová struktura jako výplň,

skládající se ze shluků $SiO_2$ rozměrů manometrických a složky ve formě vzduchotěsného mechanického tuhého obalu. VIP panely mají tloušťku 20-80 mm. λ= 0,004 W/m.K [43], [2].

- Celulóza – výroba se zakládá na rozemletí a rozvláknění starého novinového papíru, ze kterého dostaneme celulózové vlákno. Získané vlákno se posléze smíchá s přísadami, které zabezpečují odolnost proti hlodavcům, hnilobě a požáru. Vzniklá tepelná izolace se nejvíce uplatňuje pro zateplení dřevostaveb, kde se aplikuje foukáním za sucha nebo ve formě nástřik. U materiálu dojde k sednutí cca o 10 %. Zateplení stěn se volí ve formě nástřiků tvořených celulózovou izolací společně smíchanou s vodou nebo lepidlem. Dle způsobu aplikace materiálu se odvíjí hodnota λ= 0,035-0,042 W/m.K. Mezi výhody patří jednak nízký difúzní odpor, ale i vyšší měrná tepelná kapacita [18].
- Pěnový polyethylen – jedná se o poměrně drahý materiál. Mezi hlavní výhody izolantu řadíme ohebnost, nenasákavost a odolnost teplot od 40 °C do +80 °C. Vhledem k těmto vynikajícím vlastnostem se aplikuje jako tepelná izolace potrubí či pružná podložka pod plovoucí podlahu díky tomu, že je možné ji mít i v tenkých tloušťkách okolo 2 mm[41].
- Ovčí vlna – patří do skupiny zástupců přírodních živočišných materiálů pro izolace. Tento materiál řadíme mezi obnovitelné a recyklované zdroje. Když materiál získáváme a následně zpracováváme nedochází k znečištění životního prostředí. Jedná se o materiál, ze kterého se vyrábějí vlákna pro oblasti textilního průmyslu a stavebnictví. λ= 0,038-0,050 W/m.K [21], [18], [39]. Ovčí vlnu získáváme ze srsti ovcí. Zvláštní vlastností tohoto materiálu je, že je schopen absorbovat vzdušnou vlhkost v rozsahu, který činí až 33 % vlastní hmotnosti. Vyniká i velice dobrými zvukovými vlastnostmi. Zásluhou vlhkosti a obsahu $CO_2$ patři k těžce hořlavým produktům. Ovčí vlna má sklon k biologické degradaci. Ve stavebnictví se nejčastěji používá ve formě rohoží, plstí nebo měkkých rohoží pro izolaci stropů, stěn a střech [37], [18].

**Novodobé tepelné izolace**

- Aerogel – patří mezi novodobé tepelné izolace. Nejvíce se využívají silikagely založení na křemíkové bázi. Tento izolant se vyrábí z oxidu křemičitého metodou tzv. superkritického sušení. Jedná se o zahřívání gelu na kritickou teplotu kapaliny za přítomnosti vysokého tlaku. V procesu sušení se z gelu uvolní všechna kapalná fáze, ale zůstane zcela nepozměněný tvar a velikost. Aerogel je schopen docílit nízké objemové hmotnosti kolem 100 kg/m$^3$, ale je schopen dosáhnout relativně vyšší pevnosti v tlaku 1 MPa. λ= 0,013-0,020 W/m.K. [3].

Společnost PROPASIV s.r.o. se sídlem v Brně nabízí tepelné izolace Aerogel. Ve svém sortimentu mají výrobky pod názvem Spaceloft, Pyrogel a Cryogel v různých variantách přířezů a potahových vrstev. Jedná se o speciální izolační hmoty, která mají λ= 0,015-0,020 W/m.K.. Aerogels® vyrábí americká firma, která má název Aspen Aerogels®. Tento syntetický, amorfní silicagel se následně rozvrstvuje na flexibilní substrát, který je tvořený

tkaninou. Pro správnou funkčnost a splnění požadovaných kritérií se přidává do materiálu celá řada přísad a substrátů. Výrobky firmy Aspen Aerogels® vlastní nanoporézní struktury, které jsou schopny omezit mechanismy přenášení tepla na úplné minimum. Společnost PROPASIV s.r.o. nabízí aerogelové izolace dle způsoby jejich použití. Jedná se např. o Speceloft určený pro zateplení obytných a administrativních budov, Spaceloft A2 pro zateplení obytných a administrativních budov se splněním nároku na nehořlavost, Pyrogel ®XT při průmyslovém využití za vysokých teplot až do 650 °C, Pyrogel ®XTF při průmyslovém využití za vysokých teplot až do 650 °C splňující požární odolnost 30-90 minut dle dané struktury, Cryogel ®Z pro zateplení mrazících boxů a konstrukcích kladoucí požadavky na vysokou nepropustnost vodních par a zajišťující odolnost za nízkých teplot. Mezi kladné vlastnosti těchto tepelných izolací patří zcela nízký součinitel tepelné vodivosti, látku tvoří až z 99,8% vzduch, pórovitost přesáhne přes 95%, nehořlavý, tvarově stabilní, skrz otevřené póry mohou unikat plyny a odolává teplotám -200 °C - +650 °C. Výrobek Spaceloft se používá ve stavební praxi pro zateplení vnější i vnitřní, ale i pro řešení tepelných mostů stavby. U průmyslu se převážně jedná o izolaci trubního vedení, úschovné a přepravné kontejnery, mrazírny a technologické zařízení. Produkt Pyrogel lze aplikovat do vysokých teplot, a oproti tomu Cryogel zase do nízkých teplot [1].

- Termoreflexní izolace – jedná se o několik mm tlustou bublinkovou nebo pěnovou vrstvu, na kterou potom přiléhá z jedné nebo obou stran značně tenká vrstva hliníku. Vrstvením takovýchto složek se následně vytvoří vícevrstvá reflexní izolace. Tyto izolace dosahují nejlepších účinků společně se vzduchovými mezerami. Mezi základní tepelné vlastnosti řadíme odpor a sálavé povrchové vlastnosti v podobě reflexivity a emisivity [19]. Ve srovnání s ostatními tepelnými izolacemi vynikají vyšším tepelným odporem R a to má za následek nižší součinitel tepelné vodivosti λ [20]. Ve stavební praxi se termoreflexní izolace používají pro zateplení střech, stěn, stropů, podlah nebo pro zateplení víceúčelových hal. U zateplování nízkoenergetických či pasivních budov se projeví jejich výhodnost, vzhledem k dodržení požadovaných hodnot konstrukcí součinitele prostupu tepla U.
- Chytrá izolace® – firma Liko-S, a.s. dováží chytrou izolaci na český trh. Firma má centrálu ve městě Slavkov u Brna. Firma nabízí produkty Chytré izolace® mezí, které patří měkká izolační pěna ICYNENE, polotvrdá izolační pěna SMARTISOL 200, tvrdá izolační pěna SMARTISOL 300, hydroizolace polyurea a fasádní systémy. S tímto materiálem je možnost zcela kompletního zateplení domu od základů až po střechu. V zimním období Vám zajistí ušetření nákladů za vytápění a v letním období zase nepropustí teplo dovnitř. Lze i s touto izolací izolovat rozvody tepla, kontejnerů, nádrží, bazénů a vozidel [5].

<u>Měkká izolační pěna ICYNENE</u> – vzhledem k, že obsahuje otevřenou buněčnou strukturu je difúzně otevřená. Patří mezi  Je schopna aktivně propouštět vzdušnou vlhkost a mimo toho i škodlivé látky směrem ven z domu. Mezi velkou výhodu měkké izolační pěny patří extrémně nízká nasákavost, což umožňuje nepoužít parozábranu a značnou měrou zamezit vzniku bakterie, plísní a šíření škodlivých alergenů pro člověka. Nejčastěji se používá v praxi v podobě nástřiku na střešní konstrukci mezi krokve na difúzní fólii. V místech s horším

přístupem nevznikne sesednutí, smrštění nebo dokonce zrod tepelných mostů v okolí střešních oken či za pozednicí. V důsledku minimální nasákavosti pěny ICYNENE je možné u některých návrhů se nemusí z vnitřní strany izolace nepoužít parozábrana [24].

Polotvrdá izolační pěna SMARTISOL 200 – používá se pro zateplení difúzně uzavřených skladeb ze strany interiéru. Polotvrdá izolační pěna má uzavřenou buněčnou strukturu, a proto vykonává funkci v konstrukci v podobě parobrzdy. Vhledem k nízké tepelné vodivosti je zde alternativa použití materiálu v menších tloušťkách. Mezi výhody produktu náleží vysoká životnost, nesesedání, přilnavost téměř ke všem povrchům a jednotlivé izolační vrstvy zcela bez tepelných mostů. Je zde možná i aplikace ve venkovním použití, ale je nutné ji kombinovat s POLYUREOU. Nanášení pěny lze provádět při běžné vlhkosti vzduchu a teplota musí být nad 10 °C [27].

Tvrdá izolační pěna SMARTISOL 300 – její hlavní použití spočívá v aplikaci na ploché střechy, kde dojde k vytvoření zcela pochozí, bezesparé izolační vrstvy. Nedochází u ní k sesedání a změně tvaru. Plošným nástřikem se úplně utěsní pracné detaily kolem všech prostupů a klimatizačních jednotek umístěných na střeše. Velmi lehkým způsobem je schopna bez napojení plynule přejít na izolování svislých ploch komínů a atik. Pěna má objemovou hustotu v hodnotě 60 kg/m3 a vůbec ji nevadí vysoké zatížení sněhem. Izolační materiál je možné v praxi kombinovat společně s protipožárním nátěrem nebo hydroizolační vrstvou POLYUREA. Vzniklé kombinace je ideální použít pro vytvoření zelených střech nebo teras budov, kvůli vlastnosti pěny odolávat prorůstání kořenů rostlin. Aplikaci lze provádět pouze za suchého počasí, kdy fouká jen minimální vítr a teploty venku dosahují na 10 °C [28].

Hydroizolace POLYUREA – jedná se o tekutou gumu, která byla přímo navrhnuta pro aplikaci na PUR pěnu. Po její aplikaci plní funkci hydroizolace a současně brání konstrukci před UV zářením. Velkou přednost, kterou má je 2 mm silná jednotlivá izolace vytvořená bez použití spojů a spár. Při aplikaci na rovných i svislých plochách se dostane i do zcela nepřístupných míst. Disponuje celou řadou typů povrchových úprav a škálou barev s životností, až 20 let. Dle požadavků je možné ji sladit dle fasády za pomoci dodatečného nátěru podle vzorníku RAL. Lze ji aplikovat u základů domu až po střešní konstrukci. Nanášení je možné provádět pouze při běžné vlhkosti vzduchu a teplotě nad 10 °C [29].

- Skelná vata Climaglass® – jedná se o tepelnou izolaci na bází skelného vlákna, které se aplikuje foukáním. Izolaci vyrábí česká rodinná firma CIUR a.s. nacházející se v městě Brandýs nad Labem. Materiál vlastní velmi dobré tepelně technické vlastnosti. Výroba izolace spočívá v rozvlákňování skla a dalších přísad. Foukaná izolace vyniká svými znamenitými akustickými i protipožárními vlastnostmi a zároveň je schopna lehce propouštět vodní páry. Firma vyrábí izolaci ve dvou variantách, které jsou od sebe odlišné pouze v barvě, objemové hmotnosti a součiniteli tepelné vodivosti. První variantou je Climaglass-W, který má součinitel tepelné vodivosti $\lambda_D$ = 0,032-0,041 W/m.K, objemovou hmotnost pro stropy 14-28 kg/m$^3$ a objemovou hmotnost pro objemové plnění vodorovných, svislých či šikmých konstrukcí 28-50 kg/m$^3$. Druhou variantou izolace je Climaglass-Y, který má $\lambda_D$ = 0,039 W/m.K, objemovou hmotnost

pro stropy 25-34 kg/m$^3$ a objemovou hmotnost pro objemové plnění vodorovných, svislých či šikmých konstrukcí 25-60 kg/m$^3$. Ve stavební praxi se foukaná skelná vata využívá pro tepelné a akustické izolace jak vnějších tak i vnitřních konstrukcí, kterými jsou např. šikmé střechy, stropy, podkroví, dělící stěny, podlahy mezi trámy či podhledy. Aplikace je možná buď volným foukáním nebo objemovým plněním připravených dutin pouze za sucha prostřednictvím strojního zařízení. Izolace je zcela bezespará a umožňuje izolovat místa s těžkým přístupem. Mezi výhody Climaglassu patří pohodlná aplikace, nízká objemová hmotnost, nízký difúzní odpor, třída reakce na oheň A1, vyplnění prostoru do nejmenších detailů a aplikace izolace v tloušťce 60-600 mm [4].

- Grafitový polystyren Climastyren ® – izolaci vyrábí firma CIUR a.s. nacházející se v městě Brandýs nad Labem. Jde o izolaci ve formě foukaného grafitového polystyrenu. Pěnové perličky šedivé barvy si z výroby odnesou uzavřenou strukturu, čím dojde k vytvoření nenasákavého výrobku. Speciální vlastnosti izolace je, že lze použít i do prostor s vlhkostí. Tento produkt má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti díky nízkému λ, který má hodnotu 0,034 W/m.K a je velmi difúzně otevřená. Pěnové perličky jsou vyráběny v zrnitosti 2-4 mm. Ve stavebnictví se využívá foukaná izolace pro zateplení dutin podlah pod zeminou, podhledů, stropů, střech, podkroví, příček nebo stěn. Izolaci lze použít u staticky náročných konstrukcí kvůli nízké objemové hmotnosti 11-14 kg/m³ [16].
- Dřevěná vlákna Climawood ® foukaná – na českém trhu ji vyrábí firma CIUR a.s.. Izolaci tvoří čistá dřevěná vlákna, která mají možnost vyplnit všechny duté prostory mez spár a mezer. Vlákna disponují vlastnostmi přírodního dřeva mezi, které patří trvanlivost, velmi dobré tepelně izolační vlastnosti a stabilita. Výroba je založena na principu rozvlákňování hlavně borového dřeva. Během probíhajícího procesu se přidají minerální přísady, aby byla zajištěna odolnost izolace proti škůdcům a plísním s uvážením na stránku životního prostředí. Lze ji použít pro izolaci konstrukcí ve vnějších i vnitřním prostředí. Aplikace je možná buď volným foukáním nebo objemovým plněním připravených dutin pouze za sucha prostřednictvím strojního zařízení. Do výhod Climawood řadíme rychlé vytvoření, snadný přesun hmot, izolaci těžko přístupných míst a nevzniká žádný odpad. Materiál je možné použít v případě prefabrikované výroby stěnových, střešních či stropních dílců [17].

**Ekonomické posouzení**

Některé moderní materiály tepelných izolací jsou schopny snížit spotřebu energie, až o celých 70 %, co je zapříčiněno jejich dokonalou vlastností v podobě neprůzvučnosti. V zimním období neuniká přes vrstvu teplené izolace žádné teplo směrem ven z objektu, tudíž dochází ke snížení celkových nákladů na vytápění objektu. V letním období zase nepropouští teplo směrem do interiéru objektu. Moderní tepelné izolace jsou schopny zatěsnit i zcela komplikované detaily a tím zcela utěsnit celý objekt. Vzhledem k dlouhodobé životnosti při výužívání stavby u uvedených novodobých izolací je patrné ušetření nákladů na provedení nového zateplení v krátkém časovém intervalu [5]. U vložení investic do zateplení domu a

s jejich rychlou návratností souvisí hlavně správné provedení zateplení podlah v posledním podlaží. Je známé, že stropem uniká přibližně jedna třetina tepla.
U foukaných a nástřikových izolací se neplatí v nákladech prořezy, které u těchto technologií zcela odpadají oproti deskovým izolacím. Dochází tedy k šetrnosti vzhledem k životnímu prostředí, protože není nutné likvidovat vzniklý odpad. Novodobé tepelné izolace z moderních materiálů mají vyšší pořizovací cenu oproti běžně používaným levnějším tepelným izolacím, ale moderní tepelné izolace vykazují lepší tepelně technické vlastnosti vzhledem ke zvyšujícím se požadavkům na současnou výstavbu. Díky těmto vlastnostem získají stavby lepší zařazení do tříd v energetickém štítku.
Ekonomické posuzování návratnosti vložených investic pro energetickou úsporu budovy je velmi ovlivněno podílem nákladů, které bylo nutné vynaložit. Je proto důležité mít perfektní přehled o jednotlivých podílech nákladů pro posouzení návratnosti investic a vědět i jednotlivé náklady, které bude nutné vynaložit pro údržbu budovy v případě vzniku vad a poruch.

## Závěr

Cílem příspěvku bylo zjistit jaké možnosti nabízí český trh v oblasti moderních materiálů a metod tepelných izolací pro použití ve stavebnictví. Ke zjištění aktuální nabídky jsem použila hlavně výrobce konkrétních tepelných izolací.

Byl zjištěn fakt, že v současnosti existuje spousta různých moderních materiálů pro izolace spolu s metodami jejich aplikace, mající vynikající tepelně technické vlastnosti a zároveň dokážou být méně agresivní vůči životnímu prostředí. Novodobé tepelné izolace umožňují rychlejší, snadnější a mnohem efektivnější aplikaci v praxi. Výrobci uvedených jednotlivých tepelných izolantů udávali velmi dobré hodnoty součinitele prostupu tepla, oproti běžným v praxi nejvíce používaným izolacím. I když se cenová hladina těchto izolací pohybuje trochu někde jinde, je nutné při návrhu zateplení budovy zvážit všechny pro a proti a následně se rozhodnout pro správný druh tepelné izolace. Nevolit materiál jen pouze podle ceny, ale i podle dalších vlastností a schopností správného a funkčního provedení. Je jasné, že kritérium v podobě ceny je nejdůležitější, ale nemělo by být tím hlavním podle čeho se budeme rozhodovat.

Při běžném zateplování domu se lidé spíše přikloní ke klasické izolaci, která je vyrobena z polystyrénu vzhledem k její nízké pořizovací ceně. Faktem je, že už nesplňuje tak dobré tepelně technické a požární vlastnosti oproti jiným tepelným izolacím. Přes tento fakt bude i nadále nejvíce používaným tepelným izolantem. Bylo by velice přínosné, kdyby lidé při použití tepelných izolací u svých domů dali i šanci modernějšímu pojetí zateplení i vhledem k narůstajícím požadavkům na zateplení objektů.

*Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:*
*doc. Ing. Ján Kmec, PhD.*

## Použitá literatura

1. Aerogely. *izolace|Aerogel-speciální tepelné izolace* [online]. © 2014 [cit. 19. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.izolace-aerogel.cz/ >

2. BAETENS, Ruben, et al. *Vacuum insulation panels for building applications: A review and beyond.* Energy and Buildings, 2010, 42.2: 147-172.
3. BERGE, Axel a Pär JOHANSSON. *Literature review of high performance thermal insulation.* Bothenburg, SWEDEN: Chalmers University of Technology, 2012. ISSN 1652-9162.
4. Climaglass® - foukaná izolace – skelná vata. *COMPRI® systémy od CIUR a.s.* [online]. © 2017 CIUR a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.compri-izolace.cz/izolace/obsah/climaglass >
5. Co je chytrá izolace. *CHYTRÁ IZOLACE® od společnosti Liko-S* [online]. © 2016, LIKO-S, a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.chytraizolace.cz/cs/o-chytre-izolaci >
6. ČESKO. Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z: < https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78 >
7. ČESKO. Zákon č. 38/2012 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 100/2001 SB., o posouzení vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z: < https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-38 >
8. ČESKO. Zákon č. 318/2012 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2017 [cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z: < https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-318 >
9. ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie.* Nahrazení předchozích norem. ČSN 73 0540-1 z května 1994. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005, s. 68.
10. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.* Nahrazení předchozích norem. ČSN 73 0540-2 z dubna 2007. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2011, s. 56. ISC 91.12010.
11. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin.* Nahrazení předchozích norem. ČSN 73 0540-3 z května 1994. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005, s. 96.
12. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočetní metody.* Nahrazení předchozích norem. ČSN 73 0540-4 z května 1994. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005, s. 60.
13. ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda.* Česká verze evropské normy EN ISO 6946:2007. Nahrazení předchozích norem ČSN EN ISO 6946 z května. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, s. 28.
14. ČSN EN ISO 10456. *Stavební materiály a výrobky – Tepelně vlhkostní vlastnosti – Tabelované návrhové hodnoty a postupy pro stanovení deklarovaných a návrhových tepelných hodnot.* Česká verze evropské normy EN ISO 10456:2007. Nahrazení předchozích norem ČSN EN ISO 10456 z června. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, s. 32.
15. ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení.* Česká verze evropské normy EN ISO 13790:2008. Nahrazení předchozích norem ČSN EN ISO 13790 z listopadu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, s. 140.
16. Foukaný grafitový polystyren Climastyren®. *COMPRI® systémy od CIUR a.s.* [online]. © 2017 CIUR a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.compri-izolace.cz/izolace/obsah/climastyren >
17. Foukaná dřevovláknitá izolace Climawood®. *COMPRI® systémy od CIUR a.s.* [online]. © 2017 CIUR a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.compri-izolace.cz/izolace/obsah/climawood >
18. HAMERNÍK, Ivo. *Pasivní domy* [online]. 2015 [19. 10. 2017]. ISBN 978-80-88058-11-3. Dostupné z: < https://publi.cz/books/92/Cover.html >
19. HEJHÁLEK, RNDr. Jiří. *Termoreflexní izolace a fólie. Princip (či tajemnství) jejich účinnosti. STAVEBNICTVI3000.CZ* [online]. Vega, 2012. © 2014-2017 [cit. 19. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/termoreflexni-izolace-a-folie-princip-jejich-ucinnosti/ >
20. HEJHÁLEK, RNDr. Jiří. *Reflexní tepelná technika a termo-reflexní fólie. STAVEBNICTVI3000.CZ* [online]. Vega, 2007. © 2014-2017 [cit. 19. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/reflexni-tepelna-technika-a-termo-reflexni-folie/ >
21. CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály.*První vydání. Praha: Grada Publishing as, 2009, s. 272. ISBN 978-80-247-2532-1.

22. KOVERDYNSKÝ, PH.D., Ing. Vít. *Technické izolace detailně (II) – potenciál úspor energií v oblasti technických izolací. TZB-info* [online]. © Topinfo s.r.o. 2001-2017 [cit. 6. 10. 2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: < http://vytapeni.tzb-info.cz/izolace/13828-technicke-izolace-detailne-ii-potencial-uspor-energii-v-oblasti-technickych-izolaci >
23. KULHÁNEK, František. *Tepelná ochrana a energetika budov.* Praha: Informační centrum ČKAIT, 2014. ISBN 978-80-87438-48-0.
24. Měkká izolační pěna ICYNENE – Kanadská pěna ICYNENE. *CHYTRÁ IZOLACE® od společnosti Liko-S* [online]. © 2016, LIKO-S, a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.chytraizolace.cz/cs/kanadska-pena-icynene >
25. NAGY, E. *Nízkoenergetický ekologický dům.* Jaga group, vos, Bratislava 2002. ISBN 80-88905-74-5.
26. NOVOTNÝ, Marek et al. *Tepelné izolace a stavební technika.* 1. vyd. Praha: ABF nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, 1994.
27. Ostatní produkty - Polotvrdá izolační pěna SMARTISOL 200. *CHYTRÁ IZOLACE® od společnosti Liko-S* [online]. © 2016, LIKO-S, a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.chytraizolace.cz/cs/polotvrda-izolacni-pena-smartisol-200 >
28. Ostatní produkty – Tvrdá izolační pěna SMARTISOL 300. *CHYTRÁ IZOLACE® od společnosti Liko-S* [online]. © 2016, LIKO-S, a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.chytraizolace.cz/cs/tvrda-izolacni-pena-smartisol-300 >
29. Ostatní produkty-Hydroizolace POLYUREA. *CHYTRÁ IZOLACE® od společnosti Liko-S* [online]. © 2016, LIKO-S, a.s. [cit. 20. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.chytraizolace.cz/cs/hydroizolace-polyurea >
30. PFUNDSTEIN, Margit, et al. *Insulating materials: principles, materials, applications.* Walter de Gruyter, 2008.
31. Průkaz energetické náročnosti budov. *Informační portál Ministerstva průmyslu a obchodu* [online]. © MPO 2008 [cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.mpo-efekt.cz/cz/energeticke-expertizy/prukaz-energeticke-narocn >
32. PŘÍHODA, Miroslav a Miroslav RÉDR. *Sdílení tepla a proudění.* 3. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3192-2.
33. Reakce na oheň. *ROCKWOOL* [online]. © 2012, ROCKWOOL, a.s. [cit. 13. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.rockwool.cz/kamenna-vlna/pozarni-bezpecnost/ohen/reakce-na-ohen >
34. RUBINOVÁ, Olga. *Pasivní domy a trvale udržitelná výstavba.* Brno: Mendlova univerzita, 2014. ISBN 978-80-7375-964-3.
35. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování). *TZB-info* [online]. © Topinfo s.r.o. 2001-2017 [cit. 6. 10. 2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: < http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-prepracovani >
36. Součinitel tepelné vodivosti. *TZB-info* [online]. © Topinfo s.r.o. 2001-2017 [cit. 13. 10. 2017]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: < http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti >
37. SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty.* 2. přeprac. a dopl. vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1, 2007.
38. SVOBODA, Luboš a Zdeněk TOBOLKA. *Stavební izolace.* 1. vyd. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1997. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-238-3913-6.
39. ŠÍPKOVÁ, Veronika; Šárka KORBELOVÁ a Jiří LABUDEK. *Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3661-4.
40. ŠUBRT, Ing. Roman. *Jaké jsou druhy tepelných izolací? Revitalizace.com* [online]. Brno: © Revitalizace.com 2008-2017 [cit. 18. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.revitalizace.com/tepelne-izolace/jake-jsou-druhy-tepelnych-izolaci-/ >
41. ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích.* 2. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. s. 160. ISBN 978-80-7300-234-3.
42. *UCEEB: UNIVERZITNÍ CENTRUM ENERGETICKY EFEKTIVNÍCH BUDOV* [online]. Buštěhrad: © 2014 UCEEB, ČVUT v Praze [cit. 6. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.uceeb.cz/ >

43. Vakuová izolace: Izolace s vysokým tepelným odporem a při malé tloušťce. *STAVEBNICTVI3000.CZ* [online]. © 2014-2017 [cit. 18. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vakuova-izolace/ >
44. VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov.* Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 80-214-2910-0.
45. *Vítejte na Zemi…: multimediální ročenka životního prostředí* [online]. Praha: 2013, © ESF, CENIA [cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z: < http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=index&site=default >
46. VOLF, Ivo; Miroslava JAREŠOVÁ a Miroslav OUHRABKA. *Přenos tepla: Studijní text pro řešitele FO a ostatní zájemce o fyziku* [online]. [cit. 12. 10. 2017]. Dostupné z: < http://fyzikalniolympiada.cz/texty/texttz.pdf >
47. What is the difference between XPS and EPS*? Kingspan.com* [online]. © Kingspan Group [cit. 18. 10. 2017]. Dostupné z: < https://www.kingspan.com/meati/en-in/product-groups/insulation/knowledge-base/faqs/general/what-is-the-difference-between-xps-and-eps >
48. ZACH, Jiří. *Tepelné izolace: BJ13 – Speciální izolace* [online]. © 2017 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 18. 10. 2017]. Dostupné z: < http://slideplayer.cz/slide/2282271/ >
49. ZMRHAL, Vladimír. *Sálavé chladící systémy.* České vysoké učení technické v Praze, 2009. ISBN 978-80-01-04318-9.