

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra Ekonomiky a řízení ve stavebnictví



Diplomová práce

leden 2017

Bc. Jakub Pařízek



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pařízek Jméno: Jakub Osobní číslo: 468402
Zadávatel katedra: Ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Studijní program: Stavební inženýrství - N3607
Studijní obor: Projektový management a inženýring

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Technicko ekonomické porovnání tepelných izolací z organických látek

Název diplomové práce anglicky: Technical economic comparison of thermal insulation from organic matter

Pokyny pro vypracování:

Tepelné izolace vyráběné z organických materiálů

Stanovení kritérií porovnání

Multikritériální srovnání

Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené literatury:

CHYBÍK, J. Přírodní stavební materiály 1. vyd. Praha : Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2532-1.

HUDEC, M. Pasivní domy z přírodních materiálů. 1. vyd. Praha : Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4243-4.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Zita Prostějovská, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, které tvoří přílohu této práce.

V Praze 1. ledna 2018

.....

Jakub Pařízek



Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Zitě Prostějovské, Ph.D. za vedení při vypracování diplomové práce, za její cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při celém mém studiu, a také Bc. Kateřině Andreasové za finální jazykovou korekci.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra Ekonomiky a řízení ve stavebnictví



Technicko ekonomické porovnání tepelných izolací z organických látek

Technical economic comparison of thermal insulation
from organic matter

Vypracoval: Bc. Jakub Pařízek

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Zita Prostějovská, Ph.D.



Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním tepelných izolací, jejichž hlavní složkou je organický materiál, pro zateplení všech obvodových konstrukcí rodinných domů. V teoretické části je nejprve stručně shrnuta problematika udržitelného rozvoje ve stavebnictví a dopad výrobku na životní prostředí (životní cyklus, recyklace). Dále jsou obecně popsány typy zateplovacích systémů, důležité fyzikální vlastnosti tepelných izolací a používané tepelně-izolační materiály s důrazem na ty z organických látek. Nakonec jsou teoreticky popsány metody, které budou použity k porovnávání. Ve druhé části této práce jsou vybrány již konkrétní tepelné izolace z těchto materiálů: celulóza, len, konopí, dřevěné vlákno a korek. Tyto konkrétní tepelné izolace jsou v této části nejprve popsány, přičemž jsou zdůrazněny jejich silné a slabé stránky. Následně jsou porovnávány ze tří úhlů pohledu: z autorova studentského pohledu, z pohledu investora a z pohledu odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb. Porovnání je prováděno pomocí multikriteriální analýzy, ke které byla použita metoda váženého součtu a metoda TOPSIS. Z výsledků těchto metod jsou pak určeny nejhodnější tepelné izolace.

Klíčová slova

tepelná izolace, porovnání, organický stavební materiál, kritéria

Abstract

This master's thesis deals with a comparison of thermal insulations based on organic materials for all perimeter structures of family houses. The theoretical part briefly summarizes the issue of sustainable development in the construction industry and the impact of the product on the environment (life cycle, recycling). Next there are described types of thermal insulation systems, important physical properties of thermal insulation and commonly used thermal insulating materials with focus on those from organic materials. Finally, the methods used for the comparison are theoretically described. In the second part of this thesis there are selected particular thermal insulations containing cellulose, flax, hemp, wood fibre and cork. These particular thermal insulations are at first described in this section, highlighting their strengths and weaknesses. Next they are compared from three points of view: from the author's student perspective, from the perspective of the investor and from the point of view of experts representing the general contractor. Comparison is performed using multiple-criteria decision analysis, in particular the weighted sum model and the TOPSIS method. The results of these methods determine the most suitable thermal insulation.

Keywords

thermal insulation, comparison, organic building material, criteria



Obsah

1. Úvod.....	1
2. Teoreticko-metodologická část	3
2.1 Udržitelný rozvoj	3
2.2 Life cycle assessment	4
2.3 Recyklace stavebních materiálů	5
2.3.1 Typy stavebního odpadu	6
2.4 Zateplování budov	7
2.4.1 Typy zateplovacích systémů svislých konstrukcí	8
2.4.2 Zateplení střešních konstrukcí.....	11
2.4.3 Zateplení podlahových konstrukcí	12
2.4.4 Vlastnosti tepelných izolací a zateplovacích systémů.....	12
2.4.5 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla.....	14
2.4.6 Problematika tepelného mostu	15
2.5 Tepelně-izolační materiály	15
2.5.1 Organické izolace	17
2.6 Vícekriteriální analýza variant.....	22
2.6.1 Výběr kritérií	23
2.6.2 Preference kritérií.....	23
2.6.3 Stanovení pořadí variant.....	25
3. Praktická část	28
3.1 Celulóza Climatizer Plus	28
3.2 Termo konopí Plus.....	30
3.3 Dřevovláknité desky STEICO Flex	32
3.4 XPLD Expandovaná izolační korková deska	34
3.5 Lněná izolace NATURIZOL	36
3.6 Výběr nejvhodnější tepelné izolace	38



3.6.1	Stanovení vah kritérií	42
3.6.2	Výběr kompromisní varianty tepelné izolace.....	44
3.6.3	Dílčí souhrn výsledků.....	48
3.7	Výběr kompromisní varianty skladby s tepelnou izolací	49
3.7.1	Svislé konstrukce – cena skladeb	49
3.7.2	Střešní konstrukce – cena skladeb.....	51
3.7.3	Podlahové konstrukce – cena skladeb	54
3.8	Shrnutí výsledků	55
4.	Závěr	56
	Seznam tabulek	58
	Seznam grafů.....	59
	Seznam obrázků	59
	Seznam příloh.....	60
	Seznam použitých zdrojů	61
	Přílohy	64



1. Úvod

V současné době se společnost velmi zajímá o to, jaký budou mít dopad její nynější činy a rozhodnutí na životní prostředí a budoucnost naší planety. S celkovým technologickým posunem ve všech oborech se stále více zmiňuje pojem udržitelný rozvoj. Tento pojem je znám již dvě desetiletí a je zmiňován i v legislativě, ovšem jeho důležitost si člověk uvědomil až v 21. století, kdy si začínáme plně pociťovat nenávratnost neobnovitelných zdrojů. Z těchto důvodů jsou napříč všemi obory podepisovány mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí.

Na základě Pařížské dohody se Česká republika zavázala ke snížení produkce skleníkových plynů, snížení spotřeby primární energie a zvýšení produkce energie z obnovitelných zdrojů (MMR, 2012). Značně se tento závazek dotýká stavebnictví, jako jednoho z největších hospodářských odvětví, a to nejen stavbou energeticky úsporných budov, budov s téměř nulovou spotřebou energie a pasivních budov. Velký důraz se klade na úspory při provozu těchto budov, ale nemělo by se zapomenout na ostatní fáze stavby, především na realizaci stavby a nakonec na její likvidaci a případnou recyklaci.

Náročná, neekologická výroba a nemožnost recyklace či dalšího využití je znakem velkého množství stavebních materiálů. Jedná se především o zeminu vytěženou, kontaminovanou či jinak znehodnocenou, dále o keramické a betonové výrobky, asfaltové směsi a ostatní stavební demoliční odpady, především plastové a izolační výrobky.

Právě tato diplomová práce by měla odpovědět na otázku jaká je nejvhodnější tepelná izolace, jejíž hlavní složkou je organický materiál, který je snadno recyklovatelný, do novostaveb rodinných domů. Jako organické materiály byly vybrány tyto: celulóza, dřevěné vlákno, len, konopí a korek. Pro porovnání byly vybrány nejznámější produkty na bázi těchto rostlinných látek, které jsou certifikované, tudíž volně prodejné a navíc mají i mezinárodní certifikát zdravotní nezávadnosti a environmentálního přínosu Natureplus® a zároveň jsou tyto produkty snadno recyklovatelné.

Tato diplomová práce by měla především představit tyto tepelné izolace, odhalit jejich přínosy, výhody a nevýhody, a to v oblastech technických, ekonomických a environmentálních. Vybrat z výše zmíněných tepelných izolací tu nejvhodnější pro zateplení rodinných domů.

Touto prací bych stejně tak chtěl apelovat na projektanty a investory, aby při návrhu a výběru materiálů na stavbu uvažovali i nad alternativními materiály, které jsou šetrnější k životnímu prostředí při výrobě a likvidaci těchto materiálů, a nezapomínali, že i tyto procesy patří do životního cyklu stavby.



Cíl práce

Cílem této diplomové práce je porovnat konkrétní produkty tepelné izolace, jejichž hlavní složkou je organická látka, z hlediska technického, ekonomického a ekologického. Porovnání probíhá ze tří úhlů pohledu, z autorova odborného pohledu, z pohledu investora a pohledu odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb.



2. Teoreticko-metodologická část

V této části je nejdříve obecně popsána problematika udržitelného rozvoje a souvisejících pojmů. Následně je popsáno, jaký význam mají v této problematice tepelné izolace a jaké jsou důležité vlastnosti tepelných izolací. Nakonec jsou představeny tepelné izolace z organických materiálů a popsána metodika vícekritériální analýzy variant.

2.1 Udržitelný rozvoj

První zmínky o pojmu „trvale udržitelný rozvoj“ se objevily v roce 1972, kdy vyšla kniha *Limits to Growth* (Meze růstu), kde autoři poprvé zmiňují slovo „udržitelný“ v souvislosti s dalším odhadovaným rozvojem napříč všemi hospodářskými odvětvími. Na základě ekonomických a demografických dat sestavili možné scénáře vývoje budoucnosti v oblasti vývoje populace a dostupnosti přírodních zdrojů (Meadows, 1972, str 158).

V roce 1972 také proběhla konference Spojených národů o lidském životním prostředí, která se konala ve Stockholmu a bylo to jedno z prvních mezinárodních shromáždění zabývajícím se životním prostředím a jeho znečišťováním bez ohledu na hranice. Z tohoto shromáždění vznikl Program OSN pro životní prostředí UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP zodpovídá za environmentální stránku udržitelného rozvoje a jeho propojení s ekonomickou a sociální dimenzí. UNEP také zaštiťuje sjednávání důležitých mezinárodních smluv týkajících se životního prostředí (MMR, 2012).

Téma trvale udržitelného rozvoje se v průběhu času dále rozvíjelo a bylo zařazeno i do legislativy jednotlivých států a dalších politických uskupení. V současné době se již ustupuje od označení „trvale udržitelný rozvoj“, ale používá se pouze „udržitelný rozvoj“. Právě díky legislativnímu zařazení dostal trvale udržitelný rozvoj několik různých definic. Například v české legislativě, konkrétně v zákoně č. 17/1992 Sb., o životním prostředí je trvale udržitelný rozvoj definován takto: „*Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.*“ (Česko, 1992). Dále například Evropský parlament definoval trvale udržitelný rozvoj takto: „*Udržitelný rozvoj znamená zlepšování životní úrovně a blahobytu lidí v mezích kapacity ekosystémů při zachování přírodních hodnot a biologické rozmanitosti pro současné a příští generace.*“ (Ministerstvo životního prostředí, 2008).



V souvislosti s trvale udržitelným rozvojem Česká republika podepsala množství mezinárodních environmentálních smluv, které je možno členit dle věcného zaměření:

- změnu klimatu - Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, Pařížská dohoda, Kjótský protokol,
- ochranu přírody a krajiny - Evropská úmluva o krajině, Karpatská úmluva, Ramsarská úmluva o mokřadech, Smlouva o Antarktidě - Česká antarktická stanice, Úmluva o biologické rozmanitosti, Úmluva o boji proti desertifikaci,
- ochranu druhů - AEWA - Dohoda o ochraně africko-euroasijských stěhovavých vodních ptáků, Bernská úmluva, CITES - Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, EURO-BATS - Dohoda o ochraně populací evropských netopýrů, Memorandum o droptovi, Úmluva o regulaci velrybářství, Bonnská úmluva,
- ochranu ovzduší - Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší,
- ochranu ozonové vrstvy - Vídeňská úmluva a Montrealský protokol,
- ochranu vod - Úmluva o ochraně hraničních toků a jezer,
- chemické látky a rizika pro životní prostředí - Rotterdamská úmluva, Stockholmská úmluva, Minamatská úmluva o rtuti, Kartaginský protokol,
- odpady - Basilejská úmluva,
- průmyslové havárie - Úmluva o účincích průmyslových havárií,
- horizontální otázky - přístup veřejnosti k informacím o životním prostředí, posuzování vlivů na životní prostředí - Aarhuská úmluva, Protokol o PRTR, Espoo úmluva, Protokol o SEA (Ministerstvo životního prostředí, 2008).

Pro stavebnictví jsou relevantní smlouvy týkající se především změny klimatu, ochrany ovzduší a ozonové vrstvy, chemických látek a nakládání s odpady. Tyto oblasti jsou ve stavebnictví provázány a hodnoceny metodou Life cycle assessment neboli posuzování životního cyklu (Hudec, 2013, str. 47).

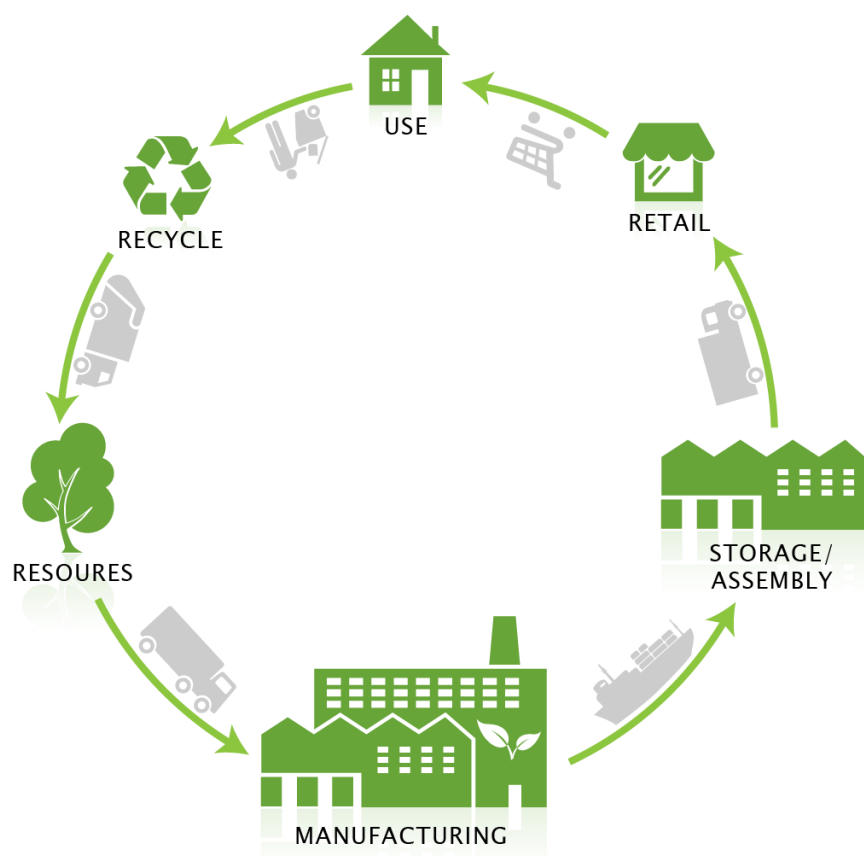
2.2 Life cycle assessment

Tato metoda je zpravidla také označována zkratkou LCA. Podstatou této metody je posouzení celého životního cyklu výrobku a jeho dopadu na životní prostředí. Celým životním cyklem, tedy od výroby materiálu včetně získání jednotlivých složek nutných pro výrobu tohoto materiálu ať už těžbou, recyklací či jiným způsobem, přes jeho užívání, ve stavebnictví je tím míněna realizace stavby a její užívání až po jeho likvidaci a případnou recyklaci. LCA



metoda zohledňuje i vzdálenost dopravních cest při různých přesunech tohoto materiálu například od továrny, kde se materiál vyrábí, na místo realizace stavby. Celý tento přístup k hodnocení materiálů se také někdy nazývá „cradle to grave“ (od kolébky do hrobu). Grafické znázornění této metody je vidět na obrázku č. 1 (Stanford Social Innovation Review, 2017).

Obrázek 1: LCA



Zdroj: Stanford Social Innovation Review, 2017

Ideálním cílem této metody je optimalizace celého tohoto procesu a eliminace škodlivých stavebních materiálů ve výstavbě, ovšem slouží pouze jako podpůrný nástroj pro rozhodování při výběru stavebního materiálu, nikoli jako samostatná metoda pro výběr vhodného materiálu, jelikož do této metody nevstupují ekonomické aspekty materiálů. Uplatnění metody vyžaduje velké množství dat, jejichž sběr je velmi náročný, tento problém se snaží překonat různé databáze materiálů (Stanford Social Innovation Review, 2017).

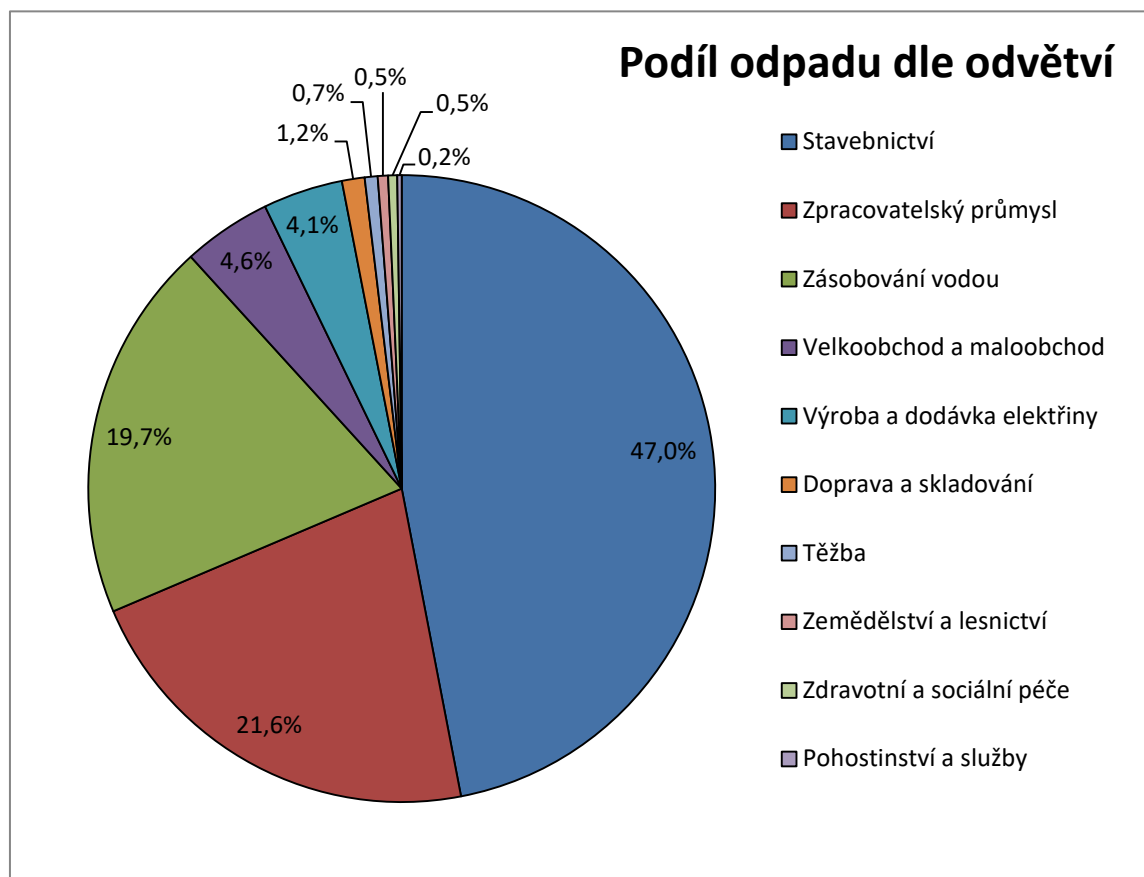
2.3 Recyklace stavebních materiálů

Dle Českého statistického úřadu bylo v loňském roce, tj. v roce 2016 v České republice vyprodukováno 21 801 816 tun podnikového odpadu. Z tohoto množství pocházelo



10 141 986 tun ze stavebnictví a tím nejsou myšleny odpadní látky z výroby stavebních materiálů, ale pouze stavební odpad vzniklý při realizaci staveb a především odpady vzniklé při rekonstrukcích a demolicích staveb (ČSÚ, 2017).

Graf 1: Podíl odpadu



Zdroj: ČSÚ 2017

V tomto grafu je zdůrazněno, jak velký podíl z celkového množství odpadu vyprodukuje stavebnictví. Tento podíl odpadu produkovaného stavebnictví tvoří zhruba 47 % z celé produkce podnikových odpadů.

2.3.1 Typy stavebního odpadu

Odpad vzniklý ve stavebnictví je možné dále dělit dle fáze cyklu stavby, ve které odpad vznikl, na odpad vzniklý při realizaci stavby, odpad vzniklý při provozu a údržbě stavby a na odpad vzniklý při demolicí stavby.

Dále je možno dělit odpad dle materiální povahy:

- Beton, cihly, tašky a jiná keramika,
- asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu,



- zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina,
- plastové a minerální odpady,
- jiné stavební a demoliční odpady. (ČSÚ, 2017)

Z těchto skupin odpadů jsou zde například zeminy, které jsou velice těžko regulovatelné, a po určité době, či určité úpravě se dá tento „odpad“ znovu využívat. A pak jsou odpady jako plastové a minerální odpady, jejichž opětovné použití je možné, ovšem pouze za určitých podmínek a ve velmi vzácných případech. Recyklace těchto materiálů je též velmi náročná či nemožná.

Právě ve skupině plastových a minerálních odpadů je velmi velké zastoupení odpadů v podobě tepelných izolací z demoličních prací, a to 32 715 tun (ČSÚ, 2017). Ve srovnání s celkovou produkcí odpadu ve stavebnictví je to pouze malý zlomek ovšem právě zde je velký potenciál nahrazovat tyto materiály jinými, které jsou snáze recyklovatelné, například tepelnými izolacemi z organických látek.

2.4 Zateplování budov

Pro dosažení ideálního mikroklimatu uvnitř budov se vnější konstrukce obkládají tepelnými izolacemi. Tyto materiály zabraňují přenosu tepla ať už vedením (kondukcí), či sáláním (radiací), nebo prouděním (konvekci). Přenos tepla prouděním se nejlépe eliminuje pevnou látkou, naopak přenos tepla vedením se eliminuje kapalinou či plynem. Zateplení obvodových konstrukcí budov udržuje vnitřní prostředí teplotně oddělené od exteriéru. Zjednodušeně řečeno v zimě brání úniku tepla z interiéru a tím snížení vnitřní teploty na teplotu venkovní, a naopak v létě brání přehřátí objektu. To vede ke značným úsporám za energii pro vytápění či chlazení (Šubrt R., 1998, str. 32).

Důvod pro zateplování budov není jen teplotní oddělení interiéru od exteriéru a udržení vnitřního mikroklimatu, ale také slouží jako ochrana konstrukce budovy před opotřebením materiálu vlivem tepelných změn. Nosné i nenosné konstrukce jsou tak chráněné proti vnějším vlivům a tím se prodlužuje jejich životnost. Stejně tak dobře provedené zateplení zabraňuje průsaku vody do nosných konstrukcí, tepelná izolace má tedy i hydroizolační funkci, která také prodlužuje životnost konstrukce. Zateplení budov má mimo jiné i hygienickou funkci. Udržením vnitřní stálé vnitřní teploty a vlhkosti a také při správném provedení možnosti větrání, ať už přirozeně okny nebo nuceně, dochází ke zvýšení pohody bydlení, kterou tvoří kombinace teploty vzduchu a jeho proudění, povrchové teploty předmětů a stěn, vlhkosti



vzduchu a zamezení možnosti výskytu mikroorganismů a vzniku plísní, řas a mechů (Rebustav, 2015). Při zateplování budovy se nesmí zapomínat, že se jedná o zateplení všech obvodových konstrukcí, svislé obvodové konstrukce, střešního pláště i podlahy přilehlé k zemině.

2.4.1 Typy zateplovacích systémů svislých konstrukcí

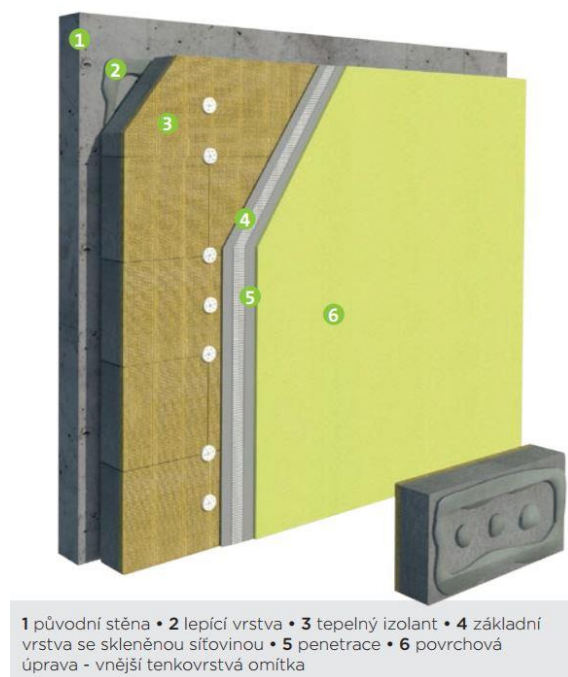
Zateplení budov může být realizováno několika způsoby:

- Kontaktní zateplovací systém (ETICS),
- větraný zateplovací systém (difuzně otevřený),
- sendvičový systém (výplňový systém dřevostaveb), (Šubrt R., 1998, str. 52).

Kontaktní zateplovací systém (ETICS)

V ČR je to nejběžnější používaný zateplovací systém. Pro tento zateplovací systém se používají deskové izolační materiály, které se lepí či mechanicky kotví k podkladové stěně. Na izolační materiál se pak nanáší omítkové vrstvy. Tento zateplovací systém je prováděn bez jakýchkoliv mezer. Tento systém se využívá jak pro zateplení z vnější strany obvodové konstrukce, tak i pro zateplení z vnitřní strany konstrukce, tedy v interiéru. Kontaktní zateplovací systém se používá pro novostavby i rekonstrukce a je možné i provést dodatečné zateplení na již provedený kontaktní zateplovací systém lze tedy vrstvit při následné rekonstrukci (Hazucha, 2016, str. 40).

Obrázek 2: Kontaktní zateplovací systém



Zdroj: ISOVER, 2014



Výhody tohoto zateplovacího systému jsou:

- Tradiční a dobře známý zateplovací systém,
- souvislé zateplení bez tepelných mostů,
- levnější nežli varianta provětrávané fasády (Isover, 2014).

Větraný zateplovací systém (zavěšené fasády s izolací v roštu)

Dalším zateplovacím systémem je větraná konstrukce, ta se vyznačuje tím, že svrchní vrstva, která chrání proti povětrnostním vlivům, je oddělena od zbytku konstrukce provětrávanou mezerou. Pak následuje tepelná izolace, nejčastěji v podobě rohoží vsazených do roštu ukotveného do dalších vrstev konstrukce. Rohože tepelné izolace jsou mechanicky kotvené do stěnové konstrukce (Hazucha, 2016, str. 40).

Obrázek 3: Difuzně otevřený zateplovací systém



1 původní stěna • 2 nosný svislý rošt • 3 tepelný izolant
4 kašír či dodatečná hydroizolační folie • 5 větraná mezera
6 vnější obložení

Zdroj: ISOVER, 2014

Výhody tohoto zateplovacího systému jsou:

- Větraná mezera zajišťuje trvale odvod vlhkosti z povrchu izolace, proto jsou tyto fasády vhodné i pro rekonstruované domy s vyšší vlhkostí,
- montážní práce nejsou závislé na venkovní teplotě,



- jsou akusticky velmi účinné,
- opláštění těchto fasád bývá velmi estetické a moderní (Isover, 2014).

Výplňový systém

Tento systém se využívá u dřevostaveb a dalších „sloupkových“ konstrukcí. Podstatou tohoto systému je vyplnění mezery mezi sloupky nosné konstrukce tepelnou izolací. Nejčastěji se pro tento systém využívají tepelné izolace ve formě rohoží nebo foukané a sypané tepelné izolace. Celý výplňový systém tepelné izolace včetně nosné konstrukce může vznikat na stavbě z jednotlivých materiálů nebo existují možnosti úplné či částečné prefabrikace předem připravených panelů, které se na stavbě jen smontují. Při prefabrikaci těchto panelů je velkou výhodou rychlost montáže a minimalizace chyb při realizaci na stavbě (Isover, 2014).

Obrázek 4: Sendvičový systém



1 vnitřní nátěr • 2 sádrokartonová konstrukční deska RigiStabil
3 instalační mezera • 4 parobrzda • 5 minerální izolace v hlavním roštu • 6 minerální izolace v pomocném roštu • 7 difuzní fólie
8 provětrávaná mezera • 9 obklad

Zdroj: ISOVER, 2014

Výhody tohoto zateplovacího systému jsou:

- Velmi energeticky účinné,
- díky suché technologii je možné tyto konstrukce provádět celý rok,
- celkově má konstrukce nižší hmotnost, díky tomu jsou kladeny nižší nároky na základovou konstrukci,



- je možný přírodní, dřevěný vzhled či klasický omítnutý vzhled (Isover, 2014).

Tento zateplovací systém nabízí další výhodu, a to větší obytný prostor bez nutnosti zvětšování obestavěného prostoru, právě díky velké tepelné účinnosti a nízké hmotnosti při zachování stejných statických požadavků.

2.4.2 Zateplení střešních konstrukcí

Tato práce se při zateplení střešní konstrukce soustředí pouze na šikmé střechy. Šikmé střešní konstrukce jsou zateplovány třemi způsoby, které se odlišují umístěním izolantu vůči krokvím, případně kombinací těchto třech způsobů. Jedná se o zateplení mezi krokvy, nad krokvy a pod krokvy (Chybík, 2014, str. 103).

Zateplení střešní konstrukce mezi krokvy, nebo jak je často označováno „mezikrokevní“ izolace, je nejčastěji používaný systém zateplení šikmé střechy. Jak název napovídá, izolace se umísťuje mezi krokve a nejčastěji jsou to tepelné izolanty v podobě rohoží. Výhodou tohoto systému je především, že tato izolace nijak nezvětšuje tloušťku celé skladby, neboť tloušťku určuje staticky navržená tloušťka krokve. Tato výhoda je pak zároveň i nevýhodou, jelikož maximální tloušťka izolace je právě tloušťka krokve, tato skladba pak často neodpovídá normovým hodnotám součinitele prostupu tepla. Také se v této skladbě nachází tepelné mosty právě skrz krokve, z tohoto důvodu se často tento systém doplňuje další vrstvou izolace pod krokvy či nad krokvy (Chybík, 2014, str. 103).

Zateplení střechy s podkrokevní izolací se používá především pro doplnění mezikrokevní izolace. Podstatou je umístění vrstvy izolace pod krokve do roštu kolmo ke krokvím, posléze zakryté podhledovou konstrukcí. Často se může podkrokevní izolací označit i vyplnění konstrukční dutiny podhledu. Výhodou tohoto systému je odstranění tepelného mostu vznikajícího při mezikrokevním zateplení. Nevýhodou je pak zmenšení vnitřního prostoru podkrovní právě o přidanou izolaci (R. Šubrt, 1998, str. 48).

Izolace střešního pláště realizovaná nad krokvy je používána pokud se pro izolaci používají tvrdé desky tepelných izolantů nebo v případě, kdy je navržen pohledový krov a není možné zateplit střechu jiným způsobem. Tepelné izolace používané v tomto systému jsou buď vkládány do roštu nad krokvy, na které se potom montují střešní kontralatě a latě, případně je provedené zateplení tvrdými deskami, na které jsou pak montované další vrstvy. Výhodou nadkrokevní izolace je nezmenšení vnitřního prostoru a odstranění tepelných mostů. Nevýhodou je pak zvednutí celého střešního pláště o tloušťku tepelné izolace (R. Šubrt, 1998, str. 48).



2.4.3 Zateplení podlahových konstrukcí

Teplota zeminy se pod podlahou na terénu pohybuje mezi 4 a 8 °C, tato teplota závisí na druhu zeminy a hloubce. Proto by se nemělo zapomínat na plošné zateplení podlahových konstrukcí na terénu, aby se zamezilo tepelným ztrátám (Isover, 2014). V praxi se nejčastěji umísťuje tepelný izolant nad základovou desku a hydroizolaci. Ovšem v poslední době se plošně zatepluje i základová deska zesponu ve styku se zeminou, zde se ale musí použít naprosto nenasákavé materiály. Pro zateplení podlahy nad hydroizolací se vybírá izolace především dle pevnosti v tlaku, aby nedocházelo k deformaci vlivem zatížení podlahové konstrukce. Pokud zvolená izolace nevyhovuje pevností v tlaku, je nutné ji doplnit nosným rámem, v rodinných domech nejčastěji dřevěnými polštáři, mezi kterými je položena daná tepelná izolace a celá tato skladba je zaklopená roznášecími deskami, na které následují další vrstvy podlah (Chybík, 2014, str. 104). V tomto případě se zvyšuje pracovní i náklady na materiál.

2.4.4 Vlastnosti tepelných izolací a zateplovacích systémů

Druhy zateplovacích systémů a samotné tepelné izolace se posuzují z několika fyzikálních hledisek:

- Tepelný odpor konstrukce,
- součinitel prostupu tepla,
- součinitel tepelné vodivosti,
- difuzní odpor.

Tepelný odpor konstrukce (R)

Tento pojem vyjadřuje tepelněizolační vlastnosti konstrukce. Tato fyzikální veličina je definována jako podíl rozdílu průměrných povrchových teplot konstrukce a ustáleného tepelného toku. Udává se v jednotkách [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]. Značí tedy, jaký odpor klade 1 m^2 konstrukce prostupu tepelné energie při rozdílu teplot 1 kelvin. Touto veličinou je možné definovat základní vlastnost konstrukce a na tomto základě se používají určité materiály dle jejich vlastností (Šubrt R., 1998, str. 12).

Tepelný odpor prostupu tepla konstrukcí se vypočítá dle vzorce:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad [1]$$

R_T ... tepelný odpor konstrukce

R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce



R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [2]$$

R ... Tepelný odpor konstrukce

d ... tloušťka vrstvy

λ ... součinitel tepelné vodivosti

Součinitel prostupu tepla (U)

Tento ukazatel je důležitý především pro energetické hodnocení budovy. Vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K (TZB-info, 2017). Udává se v jednotkách $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$. Součinitel prostupu tepla je možno vyjádřit vzorcem:

$$U = \frac{1}{R} \quad [3]$$

R ... Tepelný odpor všech jednotlivých vrstev konstrukce

U ... Součinitel prostupu tepla

Z tohoto vztahu je vidět, že součinitel prostupu tepla je závislý na tepelném odporu konstrukce. Díky součtu všech jednotlivých tepelných odporů vrstev uvažuje i tepelné mosty, které se často zanedbávají při výpočtech, pokud je jejich souhrnné působení menší než 5 % součinitele prostupu tepla vypočteného s vlivem tepelných mostů.

Součinitel tepelné vodivosti (λ)

Jednou z nejdůležitějších vlastností tepelné izolace je součinitel tepelné vodivosti, který se udává v jednotkách $[\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$ (watt na metr a kelvin). Tato fyzikální veličina je definována jako: „*množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád, přitom se předpokládá, že teplo se šíří pouze v jednom směru.*“ (TZB-info, 2017). Součinitel tepelné vodivosti materiálů je přímo závislý na mnoha jiných faktorech například na tloušťce materiálu, vlhkosti materiálu, objemové hmotnosti materiálu a dalších.

Faktor difuzního odporu

Vodní pára je plyn, který se stejně jako všechny plyny snaží vyplnit všechny dostupné prostory a vyskytovat se v nich rovnoměrně. Z tohoto důvodu se vodní pára „tlačí“ z interiéru do exteriéru, protože pokud je uvnitř například 20°C a relativní vlhkost 50 % je zde více vod-



ní páry než v exteriéru kde je teplota -10°C a relativní vlhkost 70 %. Právě při tomto průniku vlhkosti ven dochází k tomu, že vodní pára proniká i skrz materiály a pokud teplota uvnitř konstrukce poklesne pod teplotu rosného bodu, difundující vodní pára kondenzuje, nepříznivě ovlivňuje konstrukci a tím snižuje její životnost, podporuje tvorbu plísní a snižuje tepelně-izolační vlastnosti materiálů. Faktor difuzního odporu značí, kolikrát je daný materiál nepropustnější pro vodní páru než vzduch. Jinak tedy čím větší číslo, tím méně propustný pro vodní páry. V praxi toto znamená, že ve skladbě obvodových konstrukcí by na straně exteriéru měly být materiály s nižším faktorem difuzního odporu, ale velkým tepelným odporem a na straně interiéru by se měly používat materiály s velkým difuzním odporem. Často se proto do obvodových konstrukcí na stranu interiéru umisťuje parozábrana (Růžička, 2014, str. 112).

2.4.5 Normové hodnoty součinitele prostupu tepla

Problematika zateplování je i legislativně ošetřena. Každá novostavba by měla splňovat minimální doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla přes obvodové konstrukce. Zároveň také norma ČSN 73 0540-2 (2011) udává doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla a doporučené hodnoty pro pasivní domy. Tyto hodnoty jsou shrnuty v tabulce č. 1: normové hodnoty součinitele prostupu tepla.

Tabulka 1: Normové hodnoty U

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	hodnoty pro pasivní domy
Stěna vnější	0,30	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	0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	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	0,85	0,60	0,45 až 0,30

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011), zpracování vlastní



Tato tabulka není úplná jako v normě ČSN. Tabulka v originální podobě obsahuje ještě normové požadavky na součinitele prostupu tepla výplní otvorů, jejich rámců a lehkých obvodových plášťů. V těchto konstrukcích se však nevyskytují zkoumané tepelné izolace, proto nejsou pro tuto práci relevantní.

2.4.6 Problematika tepelného mostu

Výsledkem správného provedení tepelně-izolačního systému je zlepšení vnitřního mikroklimatu a odstranění nežádoucích tepelných mostů. Tepelné mosty jsou místa, kde dochází k mnohanásobně většímu úniku tepelné energie. Tato místa se zpravidla vyskytují v rozích konstrukcí a v místech, kde byly použity kovové nebo jiné materiály s vysokou tepelnou vodivostí. Tepelným mostům se nepřikládá velká váha, jelikož se jedná o malé úniky tepla a v celkové bilanci spotřeby energie na vytápění jsou tyto hodnoty nepatrné. Ovšem v těchto místech často dochází ke kondenzaci vodní páry, jelikož rosný bod je v konstrukci posunutý více do interiéru právě působením tepelného mostu (Hastings, 2007, str. 100). I když je tepelně-izolační systém zvolen správně, velmi záleží na jeho realizaci, právě kvůli eliminaci tepelných mostů. Při špatném provádění detailů zateplení budovy vznikají tepelné mosty a jejich působením ztrácí celá konstrukce na životnosti a zvyšuje se energie na vytápění.

2.5 Tepelně-izolační materiály

Jako tepelnou izolaci je obecně označován materiál, který má součinitel tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,20 \text{ Wm}^{-1}/\text{K}^{-1}$ (Šubrt R., 1998, str. 32). Jak bylo uvedeno výše, zpravidla se jedná o pórovité materiály s nízkou objemovou hmotností, nejčastěji ve formě desek či rohoží, případně ve formě sypkých materiálů. Nejúčinnější tepelné izolace mají pak součinitel tepelné vodivosti $\lambda \leq 0,05 \text{ Wm}^{-1}/\text{K}^{-1}$ (Vaverka, 2008, str. 149).

Typy tepelných izolací se dají dělit podle několika kritérií, například dle autora Valdy (2015) můžeme rozdělit tepelné izolace dle těchto typů dle základní materiální povahy:

- Minerální,
- syntetické,
- speciální,
- organické.



Minerální izolace

Do této skupiny patří především minerální vlny jako například kamenná vlna, skelná vlna, keramická vlna. Tyto tepelné izolace se vyrábí ve dvou variantách, jako tvrdé desky, které se používají především pro zatíženou tepelnou izolaci, a jako rozvlákněné rohože používané pro nezatížené zateplení. Do této skupiny izolací patří také pěnové sklo vyráběné oxidací recyklovaného skla. Tato tepelná izolace má velmi vysokou únosnost v tlaku, používá se proto především ve stavbách, kde je nutné přenést velké namáhání tlakem. Minerální izolace se vyrábějí rozvlákněním základních materiálů za vysokých teplot, jejich výroba je tedy energeticky velmi náročná. Tyto izolace mají velmi dobrou odolnost proti požáru, jsou nehořlavé, třídy reakce na oheň A1, a tudíž se používají v konstrukcích se zvýšenými požadavky na požární bezpečnost, také jsou často používány jako požárně dělící pásy v kontaktních zateplovacích systémech (TZB-info, 2017).

Syntetické izolace

Tato skupina izolací se dále ještě může rozdělit na izolace polystyrenové a izolace pěnové. Polystyrenové izolace jsou asi nejběžnějšími izolacemi v kontaktních zateplovacích systémech. Vyrábí se buď ve formě desek, nebo ve formě rozvolněných kuliček, které se foukají do konstrukcí. Polystyrenové desky mohou být z expandovaného polystyrénu (EPS - bílý) nebo expandovaného polystyrénu s příměsí grafitu (EPS – šedý). Expandované polystyreny se vyrábějí v několika variantách, kdy jsou polystyreny označeny názvem EPS a číslem, které udává napětí v kPa při 10% stlačení. Expandovaný polystyren s příměsí grafitu má lepší tepelně izolační vlastnosti, ale jeho problém je velká teplotní roztažnost na přímém slunci, náročnost montáže je tedy o něco větší, než u klasických bílých desek. Dalším syntetickým polystyrenem je extrudovaný polystyren (XPS). Tento polystyren má oproti EPS uzavřené póry a díky tomu má nulovou nasákavost a také se vyznačuje velkou pevností v tlaku. Používá se především v konstrukcích, které jsou namáhány tlakem a exponovány vodou. Vhodný je tedy nejčastěji pro izolaci soklů a zdiva, které je v kontaktu se zemí (Šubrt R., 1998, str. 37). Velkou nevýhodou těchto izolací je vysoká hořlavost, nejčastěji třída hořlavosti E.

Mezi izolace pěnové je možné zařadit PUR a PIR izolace a fenolovou pěnu. Polyuretanová i polyisokianurátová pěna se používá ve dvou variantách. Tyto pěny se mohou aplikovat stříkáním přímo do konstrukcí nebo se vyrábí jako deskové materiály. Tyto deskové materiály se vyztužují z obou stran kovovými fóliemi, nejčastěji se používá hliník. Tyto desky se vyrábějí napěňováním do finální tloušťky mezi kovové fólie. Takto vzniklé kompozitní desky se



používají k zateplení všech obvodových konstrukcí. PUR pěna existuje dvojího druhu, měkká a tvrdá, měkká je známa jako „molitan“ a ve stavebnictví se využívá právě pěna tvrdá. PUR a PIR stříkaná pěna se pak využívá především k izolaci střech a dutin, často také k vyplnění lehkých obvodových plášťů. PIR pěna má oproti PUR pění menší tepelnou vodivost a vyšší pevnost v tlaku, proto se ve stavebnictví k zateplování využívá častěji (TZB-info, 2017).

Další pěnovou izolací je fenolová pěna. To je poměrně málo rozšířená tepelná izolace s dobrou odolností proti ohni třídy C až B. Také má lepší tepelně izolační vlastnosti oproti PIR a PUR pěnám. Vyrábí se napěněním fenolformaldehydových pryskyřic (TZB-info, 2017).

Speciální izolace

Mezi speciální izolace se řadí například vakuové izolace. Tyto izolace jsou z vysoce porézního a pevného materiálu, ale dutiny jsou místo vzduchu vyplněné vakuem. Celá deska je pak obalená pevnou hliníkovou fólií. Tyto izolace mají až 10x lepší tepelné vlastnosti než ostatní izolace, součinitel prostupu tepla $\lambda = 0,008 - 0,004 \text{ Wm}^{-1}/\text{K}^{-1}$. Používají se tedy hlavně tam, kde je málo prostoru pro dobré zateplení. Naopak velkou nevýhodou je složitá výroba a především nemožnost úpravy na stavbě (Růžička, 2014, str. 125).

Další speciální izolací je aerogel, který se zatím moc nevyužívá, ale jeho potenciál je opravdu velký díky jeho vlastnostem. Dle serveru NASA (2016) je aerogel nejporéznější známý materiál, obsah vzduchu tohoto materiálu je 99,8 % zbylé 0,2 % tvoří oxid křemičitý. Izolační vlastnosti tohoto materiálu jsou výborné, ovšem tato izolace je velmi drahá a momentálně se používá pouze v zateplení detailu u oken pro odstranění tepelných mostů. Tento materiál bývá označován jako tepelná izolace budoucnosti.

2.5.1 Organické izolace

Právě skupina organických tepelných izolací je z hlediska udržitelného rozvoje velmi zajímavá. Tyto izolace jsou poměrně jednoduše recyklovatelné a tedy dobře hodnocené z hlediska LCA a především tepelné izolace, jejichž hlavní složkou je rostlinný materiál, mají minimální dopad na životní prostředí. Další nespornou výhodou těchto izolací je, že jsou všechny z obnovitelných zdrojů, jsou tedy velkým příslibem do budoucna. Organické izolace jsou:

- Ovčí vlna,
- sláma,
- celulóza,
- dřevovláknité desky,



- konopí,
- korek,
- len.

Tepelná izolace z ovčí vlny je poměrně zajímavá, ovšem zatím není prokázána její životnost a diskutabilní je také zdravotní nezávadnost. Sláma se využívá také jako tepelná izolace, ovšem zatím není relevantní certifikovaný výrobek pro stavebnictví (Hudec, 2013).

Celulóza

Celulózová izolace se vyrábí ze starého papíru. Výroba není náročná, každý výrobce má svůj postup, ale důležité je, aby se při výrobě co nejméně porušila buněčná vlákna. Tento materiál se doplňuje různými látkami zpomalujícími hoření a působícími proti biologickým škůdcům, například boraxem nebo kyselinou boritou (Šubrt, 1998, str 39).

Obrázek 5: Celulóza



Zdroj: WoodStav Veselý, 2015

Tento materiál je buď ve formě pro aplikaci foukáním viz obrázek 5, nebo s příměsí lepidla pro lepší přilnavost k povrchům. Nevýhodou tohoto materiálu je jeho nasákavost, proto se tento materiál používá pouze v suchém prostředí. Z tohoto důvodu je v obvodových konstrukcích potřeba dbát na důkladně provedenou parozábranu. Celulóza nemá žádnou únosnost v tlaku, je proto nutné, pokud je tento materiál používán v obvodových konstrukcích, zakrýt



deskovým materiálem. Výhodou tohoto materiálu je jeho aplikace foukáním, z tohoto důvodu je perfektní pro vyplňování dutin a vhodný především pro dřevostavby nebo zateplení střešních plášťů.

Dřevovláknité desky

Dřevovláknité desky jsou tepelně izolační materiály na bázi dřeva. Dřevovláknitých desek existuje mnoho druhů, rozlišují se hlavně dle objemové hmotnosti a tím související tvrdosti desek či rohoží. Tyto tepelné izolace se vyrábí z krátkých vláken měkkého dřeva za současného působení páry a vysoké teploty. Dřevěná vlákna jsou k sobě pojena ligninem, tedy pojivem obsaženém v rostlinném dřevě, proto jsou dřevovláknité desky naprosto ekologické a zdravotně nezávadné (Chybík, 2014, str. 95).

Obrázek 6: Dřevovláknité rohože



Zdroj: Stavebniny DEK, 2017

Dřevovláknitá izolace vyniká svými variantami a je možné ji použít ve všech obvodových konstrukcích a u všech druhů zateplení. Další výhodou je jednoduchá montáž, ke které není zapotřebí žádné speciální vybavení. Tvrdé desky s vyšší objemovou hmotností mohou mít i spojovací drážky pro lepší překryv tepelné izolace proti vzniku tepelných mostů (Hudec, 2013, str. 51).



Konopná izolace

Konopná tepelně-izolační rohož je tepelná izolace, ve které je základním materiálem technické konopí, tedy konopí neobsahující návykové látky. Výroba tohoto materiálu spočívá ve zpracování konopí na vlákno, které je impregnováno roztokem sody a smícháno s pojivem, kterým je dle výrobce buď umělé pojivé vlákno, nebo kukuřičný škrob. Poté je takto připravený materiál tepelně zpracován a následně nařezán do požadovaných rozměrů (Pfundstein, 2008, str. 48).

Obrázek 7: Konopná izolace



Zdroj: Izolace – Konopí, 2011

Konopná izolace má poměrně dobré tepelně-technické vlastnosti, vyniká především svými difuzními vlastnostmi a vysokou tepelnou kapacitou. Další zajímavostí je odolnost proti hlodavcům a hmyzím škůdcům, jelikož konopné vlákno neobsahuje žádnou bílkovinu. Další dobrou vlastností je pozitivní bilance CO₂, při pěstování přemění konopí více oxidu uhličitého na kyslík, než kolik oxidu uhličitého vzniká při finální výrobě této izolace (Izolace – Konopí, 2011).

Korková izolace

Korek je přírodní materiál získávaný oloupaním kůry z korkového dubu. Výhodou výroby korku je právě korkový dub, který obnovuje svou kůru a tak strom při získávání korku není poškozen. Díky specifické buněčné struktuře lze korek použít k hlukové izolaci, tepelné izolaci i proti vibracím. Korkové pletivo tvoří z 89,7 % plynné látky a jeho hustota je proto velmi



nížká. Z tohoto důvodu má korek velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti. Korek pro izolaci je vhodný do všech obvodových konstrukcí a vhodný je i pro zateplení z interiéru (Korek Jelínek, 2016).

Obrázek 8: Korkové desky



Zdroj: Korek Jelínek, 2016

Mezi výhody korkové tepelné izolace patří především rozměrová stálost, také jinak korek se nesmršťuje a tím pádem u této izolace nehrozí vznik tepelných mostů. Další výhodou je životnost a odolnost i v extrémních klimatických podmínkách. Korek je i odolný vlhkosti, může se tedy používat i ve vlhčím prostředí. Korek je naprosto zdravotně nezávadný, je antibakteriální a tudíž nepodporuje šíření plísní a hub (Pfundstein, 2008, str. 46).

Lněná izolace

Len setý je domácí, obnovitelná rostlina, která se pěstuje v mírném klimatickém pásmu v podhůří. Předností této rostliny je především její nenáročnost na pěstování. Surový len je tvořen svazkem vláken, tyto svazky se lámou a oddělují se dlouhá a krátká vlákna. Právě z dlouhých vláken se vyrábí tepelná izolace. Pojivem v tomto materiálu je bramborový škrob. Vlákna s bramborovým škrobem se zplstňují a vznikají tenké pláty, které se navrstvují do požadované tloušťky (Chybík, 2014, str. 145).



Obrázek 9: Lněná izolace



Zdroj: Chybík, 2014

Izolace na bázi lnu je snadno recyklovatelná a snadno kompostovatelná. Len je naprosto zdravotně nezávadný a neobsahuje vlákna, která by zhoršovala dýchání. Lněná izolace je také odolná vůči škůdcům. Izolace ze lnu je ovšem poměrně náchylná na vlhkost a velmi rychle degraduje ve vlhkém prostředí (Hudec, 2013, str. 54).

2.6 Vícekriteriální analýza variant

Vícekriteriální analýza variant nebo vícekriteriální hodnocení variant je jednou z metod vícekriteriálního rozhodování a zabývá se výběrem nejvhodnější varianty z množiny přípustných variant, kterou doporučuje následně k realizaci. Přípustnými variantami jsou myšleny realizovatelné a relevantní varianty (Šubrt T., 2015). Analýza variant se od ostatních způsobů vícekriteriálního rozhodování liší tím, že množina variant je zde dána ve formě konečného seznamu variant, které jsou porovnávány dle konečného seznamu kritérií.

Podstatou vícekriteriální analýzy variant je nalezení jedné nejvhodnější varianty, pokud jsou uvažována veškerá zadaná kritéria. Výsledkem vícekriteriální analýzy variant je tedy nalezení nejvhodnější varianty, nebo alespoň seřazení všech variant dle zadaných kritérií (Soukupová, 2013).



2.6.1 Výběr kritérií

Výběr vhodných kritérií je v tomto hodnocení klíčový. (Šubrt T., 2015) Kritéria by měla být na sobě nezávislá a měla by pokrývat všechna důležitá hlediska výběru. Těchto kritérií by naopak nemělo být zbytečně velké množství, aby výběr nebyl nepřehledný.

Po výběru kritérií a jejich kvantifikace se varianty a kritéria uspořádají do tzv. „kriteriální matice Y“, kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i-té varianty podle j-tého kritéria.

[4]

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ a_1 & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ a_2 & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_m & y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{matrix}$$

Kritéria se dělí z několika hledisek:

- Podle povahy:
 - Kritéria maximalizační, čím vyšší je toto kritérium varianty tím lépe.
 - Kritéria minimalizační, čím nižší je toto kritérium varianty tím lépe.
- Dle kvantifikovatelnosti:
 - Kritéria kvantitativní, tato kritéria tvoří objektivně měřitelné údaje, často se jim také říká kritéria objektivní.
 - Kritéria kvalitativní, tato kritéria variant nelze objektivně změřit a jsou tedy především subjektivním hodnocením uživatelů. Pro jejich vyčíslení se používají různé bodové stupnice nebo relativní hodnocení variant. (ŠUBRT 2015)

2.6.2 Preference kritérií

„Preference kritéria vyjadřuje důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními“
(Šubrt T., 2015, str. 164)

Preference kritérií je možné určit několika metodami, tyto metody jsou vybírané dle toho, jaký typ informace má hodnotitel o preferencích mezi kritérii a variantami k dispozici.

K dispozici mohou být tyto informace:

- Nominální informace – tato informace je vyjádřena aspiračními úrovněmi, tyto úrovně určují nejkrajnější přípustné hodnoty kritérií, tím rozděluje varianty na akceptovatelné a neakceptovatelné.



- Ordinální informace – tato informace vyjadřuje pořadí podle důležitosti. Metody vyžadující ordinální informace kritérií jsou metoda pořadí a Fullerova metoda.
- Kardinální informace – je informace, která má kvantitativní i kvalitativní charakter a vyjadřuje jak moc nebo o kolik je jedno kritérium podstatnější než to druhé. Metody založené na tomto principu jsou bodovací metoda a Saatyho metoda (Šubrt T., 2015).

V této diplomové práci jsou použity: bodovací metoda, tzv. Metsfelova alokace bodů, dále metody postupného rozvrhu vah a Saatyho metoda. Výstupem z těchto metod jsou váhy kritérií, které jsou v intervalu $(0,1)$. Součet všech vah pak musí být 1.

Metsfelova alokace bodů funguje na principu přidělení celkem sto bodů k jednotlivým kritériím. Normované hodnoty vah jsou pak stokrát menší než přidělené body.

Metoda postupného rozvrhu vah je často používána v situacích, kdy je potřeba rozvrhnout váhy většímu počtu kritérií. Tato metoda má tři kroky, v prvním kroku hodnotitel či odborník rozdělí kritéria do skupin. Těmto skupinám pomocí například bodovací metody určí váhy. Ve druhém kroku určí, třeba opět bodovací metodou, váhy kritérií v jednotlivých skupinách. Ve třetím kroku pomocí normalizace přepočítá váhy tak, aby odpovídali vahám jednotlivých skupin (Fiala, P., Jablonský, J., & Mañas, M., 1994).

Saatyho metoda rozvrhu vah je poměrně komplexní metoda rozvrhu vah, která porovnává mezi sebou každé dvě kritéria zvlášť. V prvním kroku této metody se tedy porovnávají mezi sebou každé dvě kritéria zvlášť a určí se velikost preference obodováním na stupnici 1 – 9 (Fotr, Souček, 2011, str. 313).

1 – kritéria jsou mezi sebou rovnocenná

3 – první kritérium je slabě preferované než druhé

5 – první kritérium je silně preferované než druhé

7 – první kritérium je velmi silně preferované než druhé

9 – první kritérium je absolutně preferované než druhé

Mezistupňové body 2,4,6,8 se používají k jemnějšímu rozlišení velikosti preferencí dvojic kritérií. Druhým krokem této metody je sestavením matice s jednotlivými body přiřazenými



mi ke dvojicím kritérií. Následně se vypočítá v každém řádku geometrický průměr vypočteny váhy jednotlivých kritérií dle vzorce:

$$V_i = \frac{G_i}{\sum_1^n G_i} \quad [5]$$

V_i ... normované hodnoty i-tého kritéria

G_i ... geometrický průměr i-tého kritéria

n ... počet kritérií

Tímto vzorcem se tedy vypočtou normované hodnoty vah souboru kritérií (Šubrt T., 2015, str. 174).

2.6.3 Stanovení pořadí variant

Metod pro určení pořadí variant lze v literatuře dohledat několik, dle T. Šubrta (2015) jsou děleny do kategorií dle typu informace:

- Metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií
 - bodovací metoda
 - metoda pořadí
- Metody vyžadující aspirační úroveň kritérií
 - konjunktivní a disjunktivní metoda (PRIAM)
 - metoda bazické varianty
- Metody vyžadující ordinální informaci o preferenci kritérií
 - Lexikografická metoda
- Metody vyžadující kardinální informaci o preferenci kritérií
 - Funkce užitku
 - Metoda váženého součtu
 - Metoda AHP (Saatyho metoda)
 - Metoda TOPSIS

2.6.3.1 Metoda váženého součtu

Tato metoda je často označována jako metoda WSA. Metoda váženého součtu je založena na konstrukci lineární funkce užitku s definičním oborem $\langle 0,1 \rangle$, kde nula náleží nejhorší variantě (D_j) dle daného kritéria a nejlepší varianta (H_j) má užitek 1. Hodnoty ostatních vari-



ant se pak pohybují v tomto intervalu. Vstupní kritériální matice $Y = (y_{ij})$ je převedena na normalizovanou kritériální matici $R = (r_{ij})$ pomocí následujícího transformačního vztahu

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad [6]$$

Celkový užitek varianty X_i lze vypočítat jako vážený součet dílčích užiteků vzhledem k jednotlivým kritériím podle vzorce:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad [7]$$

kde w_j vyjadřuje normované váhy jednotlivých variant a r_{ij} normovaný užitek i -té varianty vůči j -tému kritériu. Na závěr jsou varianty seřazeny sestupně dle $u(X_i)$ a varianta s nejvyšší hodnotou je považována za ideální (Fiala, P., Jablonský, J., & Mañas, M., 1994).

2.6.3.2 Metoda TOPSIS

Neboli také „The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution“ od toho zkratka TOPSIS. „Metoda posuzuje varianty z hlediska jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty, za kompromisní variantu je pak považována varianta nejbližší k variantě ideální“ (Šubrt T., 2015, str. 192). Tato metoda vyžaduje kardinální informace o kritériích. Postup metody TOPSIS spočívá ve výpočtu následujících kroků (Šubrt T., 2015, str. 193):

Krok 1: Zkonstruování normalizované kritériální matice $R=(r_{ij})$ dle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_1^p y_{ij}^2}} \quad [8]$$

Sloupce matice R jsou po této normalizaci vektory jednotkové délky.

Krok 2: Vypočítání normalizované kritériální matice $W=(w_{ij})$ dle vztahu:

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad [9]$$

Dále se určí ideální varianta H s ohodnocením (h_1, \dots, h_m) a bazální varianta D s ohodnocením (d_1, \dots, d_m) z hodnot vypočítané matice W .

Krok 3: Vypočítají se vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_1^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad [10]$$



a od bazální varianty

$$d_i^- = \sqrt{\sum_1^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad [11]$$

Krok 4: Spočítají se relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad [12]$$

Hodnoty těchto ukazatelů se pohybují mezi 1 a 0, přičemž hodnotu 1 nabývá, pokud se jedná o ideální variantu a hodnotu 0 pokud se jedná o bazální variantu. Varianty se seřadí dle hodnot c_i a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami tohoto ukazatele se považují za kompromisní variantu.



3. Praktická část

V praktické části této diplomové práce jsou nejprve podrobně popsány jednotlivé tepelně izolační výrobky, jejichž hlavní složkou je organický materiál. V další části je prováděn výběr nejvhodnější, respektive nejkompromisnější, varianty pro zateplení novostavby dle vybraných kritérií pomocí vícekritériální analýzy. Nejprve je provedena vícekritériální analýza za podmínky, že je uvažována cena pouze materiálu samotného a následně bude proveden nový výběr, kdy je uvažována cena z rozpočtu, kdy je započítána kompletní skladba konstrukce včetně montáže a dalších specifikací jednotlivých materiálů, je-li uvažována skladba vhodná pro rodinné domy. Aby byl proveden co nejobjektivnější výběr, je použito několik metod pro získání vah jednotlivých kritérií, včetně odborného posudku několika expertů a autorova vlastního odborného posudku. Pro co nejkomplexnější výběr varianty je proveden výběr dvěma vhodnými metodami. Veškeré výsledky jsou porovnávány a následně je prováděn konečný výběr tepelné izolace.

3.1 Celulóza Climatizer Plus

Pro porovnání byl z výrobků na bázi dřevěné celulózy vybrán tepelně izolační materiál s názvem Climatizer Plus. Jedná se o celulóзовou vlnu, která je primárně tvořena recyklovaným novinovým papírem, doplněná je impregnací proti škůdcům a proti hořlavosti, díky tomu má velmi dobré protipožární vlastnosti. Tato tepelná izolace je zdravotně nezávadná a začala se poprvé vyrábět pod tímto označením v Kanadě v sedmdesátých letech. Jedna specifická vlastnost typická pro tuto izolaci je její vlhkostní nasákavost, která činí 10 % až 20 % a dokáže tuto vlhkost rozprostřít rovnoměrně, tím dokáže vytáhnout vlhkost z mokrých procesů stavby. Vysychání celulózy je pak rychlejší než vysychání z ostatních konstrukcí (Climatizer, 2017).

Porovnávané vlastnosti

Technické vlastnosti této tepelné izolace lze dohledat v technických listech výrobce Climatizer plus (viz Příloha č. 13), shrnuté jsou v následující tabulce (Tabulka č.2).



Tabulka 2: Climatizer Plus vlastnosti

Typ tepelné izolace	Celulóza
Obchodní název	Climatizer PLUS
Certifikáty	CE, ETA, Natureplus
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	0,0365 - 0,0396
Klasifikace reakce na oheň	třída reakce na oheň - B - s1
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	7,14
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	0,36779
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,00264
Objemová hmotnost volně foukané izolace	30 - 55 kg/m ³
Plánovaná sesedavost při volném foukání na rovné neuzavřené ploše	Cca 5 % až max 20 %
Faktor difúzního odporu	1,36
Tloušťky izolace	10 - 1000 mm
Montáž	Foukaná izolace, detail parozábrany a hydroizolace
Skladby	izolace dřevostaveb, nelze překrýt klasickou omítkou bez dřevěného bednění, podlahy na sucho mezi fólie a rošt
Umístění izolací	Střechy, stěny, podlahy
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	179,30 Kč

Zdroj: Technický list Climatizer PLUS, zpracování vlastní (příloha č. 13)

Z těchto údajů jsou zjevné přednosti tohoto materiálu a naopak má tento materiál také slabé stránky tohoto materiálu.

- **Silné stránky**

- Cena – tento materiál je nejlevnější ze všech porovnávaných
- Reakce na oheň – reakce na oheň třídy B.
- Výplňová izolace – povaha této izolace umožňuje aplikovat tuto izolaci do všech dutin.
- Svázaná energie – tento materiál má druhou nejnižší svázanou energii z porovnávaných výrobků.

- **Slabé stránky**

- Povaha izolace – právě sypká povaha izolace je slabou stránkou této izolace, je náchylná k sedání a tím mohou vznikat slabá místa v zateplovacím systému.
- Umístění izolace – tato izolace není vhodná pro zateplení podlahy přilehlé k zemině.



- Výplňová izolace – tato vlastnost je i nevýhodou, pokud použijeme celulózu ve skladbě, měla by být vždy zakryta deskovým materiálem, to se promítá na pracnosti a ceně.

Montáž

Dřevěná celulóza Climatizer plus se aplikuje do dutin všech obvodových konstrukcí. Aplikuje se speciálním foukacím strojem, proto ji vždy musí provádět specializovaná firma. Nelze tedy rozsáhlejší zateplení provádět svépomocí a to stavbu může prodražit oproti zateplování tepelnými izolacemi z rohoží či desek. Nafoukaná izolace by se neměla nijak dotýkat vlhkých konstrukcí, je vždy nutné tento materiál od vlhkých prostor oddělit (Climatizer, 2017).

Skladby

Foukaná celulóza se používá u novostaveb, dřevostaveb, rekonstrukcí, téměř všude, kde je možné tuto tepelnou izolaci aplikovat do dutiny. Foukanou celulózu je možné použít do stěn a střech. Ve střešních konstrukcích se celulóza může umístit jak do šikmých částí, tak i do rovných částí nad podhled mezi trámy nebo dolní pásnice příhradových vazníků. Ve střešních konstrukcích, kde není využíván půdní prostor, se fouká volně a již se nijak nepřekrývá, pokud je půdní prostor využíván, mohou se vybudovat lávky pro občasné přejití nebo se může překrýt OSB deskami pro stálé využívání půdního prostoru (Climatizer, 2017).

3.2 Termo konopí Plus

Jako další tepelně izolační výrobek byl vybrán výrobek s názvem Termo konopí Plus. Hlavním prvkem této tepelné izolace je zemědělsky pěstované technické konopí, pojivem v této tepelné izolaci je pak bio vlákno na bázi polyesteru. Tento výrobek je vyráběn v Německu od roku 1996, kdy bylo povoleno pěstování konopí bez návykových látek. Tato tepelná izolace je zdravotně nezávadná a byla oceněna několika certifikáty, kromě Natu-replus® i R-symbol, který přesně definuje podíl přírodních látek v tomto výrobku. Dalším oceněním je německé Klima Sucht Schutz, toto ocenění deklaruje pozitivní bilanci CO₂, což v praxi znamená, že při výrobě tohoto výrobku není produkován žádný CO₂ a naopak při této výrobě vzniká O₂ (Izolace konopí, 2011).



Porovnávání vlastností

Technické vlastnosti této tepelné izolace jsou shrnuty v tabulce 3. Tyto informace jsou převzaty z technického listu této tepelné izolace (Příloha č. 16). Informace, které nebyly k nalezení v prospektech, poskytl výrobce na základě e-mailové komunikace.

Tabulka 3: Termo konopí Plus vlastnosti

Typ tepelné izolace	Konopí
Obchodní název	Termo konopí plus
Certifikáty	CE, natureplus, ETA
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	0,040
Klasifikace reakce na oheň	třída reakce na oheň - E -
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	27,1
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	-0,377
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,00672
Objemová hmotnost volně foukané izolace	30 - 42 kg/m ³
Plánovaná sesedavost při volném foukání na rovné neuzavřené ploše	max 6 %
Faktor difúzního odporu	0,5
Tloušťky izolace	30 - 220 mm
Montáž	Rohože vkládané do roštu
Skladby	izolace dřevostaveb, nelze překrýt klasickou omítkou bez dřevěného bednění, podlahy na sucho mezi fólie a rošt
Umístění izolací	Střechy, stěny, podlahy
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	471,90 Kč

Zdroj: Technický list Termo konopí, zpracování vlastní (příloha č. 16)

V tabulce 3 jsou shrnuty základní vlastnosti deklarované výrobcem. Z těchto údajů jsou patrné přednosti tohoto materiálu a naopak jsou zde také patrné slabé stránky tohoto materiálu.

- **Silné stránky**

- Pozitivní bilance svázaných emisí CO₂.
- Dobře mezinárodně hodnocený výrobek – několik mezinárodních certifikátů.
- Lehká izolace, která je dobře aplikovatelná.
- Zdravotně nezávadná.

- **Slabé stránky**

- Součinitel tepelné vodivosti – z porovnávaných materiálů má nejhorší právě tuto vlastnost.



- Náchylnost k navlhnutí – tento materiál musí být velmi dobře oddělen od vlhkých konstrukcí.
- Třída reakce na oheň – třída E.
- Vysoká spotřeba primární energie při výrobě.

Montáž

Tepelná izolace Termo konopí plus se vyrábí v rohožích či rolích je vhodná do všech obvodových konstrukcí včetně podlahy. Termo konopí plus je výplňová izolace, která se ve stěnách vkládá do dutin či roštů, stejně tak se ve střešních konstrukcích hodí pro mezikrokevní izolaci a podkrokevní izolaci. Velmi vhodná je tato izolace pro zavěšené fasády. Pro montáže této tepelné izolace nejsou potřeba žádné speciální nástroje a je vhodná i pro provedení svépomocí (Izolace konopí, 2011).

Skladby

Termo konopí plus se používá jak u novostaveb, tak při rekonstrukcích, ale nejčastěji se tento izolační materiál využívá u dřevostaveb. Tato tepelná izolace je vhodná do dutin dřevěných stěn i do vnějších zateplení, kde je konopná rohož vkládaná do roštu. Tento zateplovací systém pak může být difuzně otevřený či difuzně uzavřený. Ve střešní konstrukci jsou pak skladby obdobné jako u klasické minerální vlny. V podlaze nad zeminou se konopná tepelná izolace nedoporučuje kvůli citlivosti izolace na vlhkost (Izolace konopí, 2011).

3.3 Dřevovláknité desky STEICO Flex

Zástupcem dřevovláknitých tepelných izolací pro toto porovnání je výrobek s názvem STEICO Flex. Hlavní složkou tohoto materiálu je dřevěné vlákno, které je z pilařského řeziva z borových lesů. Dřevovláknité izolace mají stejně jako konopné izolace pozitivní bilanci CO₂. Tato tepelná izolace je zdravotně nezávadná a obsahuje menší množství než je nejmenší povolené množství formaldehydu použitého jako pojivo. Materiál STEICO flex dostal také několik ocenění a certifikátů, kromě Natureplus také certifikát FSC®, který dokládá, že dřevěné vlákno je těženo z lesů udržitelného lesního hospodářství (STEICO, 2017).

Porovnávané vlastnosti

Shrnutí porovnávaných vlastností dřevovláknitých desek (Tabulka 4) je převzato z technických listů tohoto materiálu (Příloha č. 14).



Tabulka 4: STEICO Flex

Typ tepelné izolace	Dřevovláknité desky
Obchodní název	STEICO flex
Certifikáty	CE, natureplus
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	0,038
Klasifikace reakce na oheň	třída reakce na oheň - E -
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	13,7
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	-0,183
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,00478
Objemová hmotnost	50 kg/m ³
Plánovaná sesedavost při volném foukání na rovné neuzavřené ploše	Cca 5 %
Faktor difúzního odporu	0,5
Tloušťky izolace	20 - 240 mm
Montáž	Rohože vkládané do rámu, nenáročná montáž
Skladby	Možné překrýt klasickou sěrkovou omítkou se skelnou síťovinou, i do roštů dřevostaveb
Umístění izolací	Střechy, stěny, podlahy, podlahy na zemině
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	206,10 Kč

Zdroj: Technický list STEICO flex, zpracování vlastní (příloha č. 14)

Z těchto údajů vyplývají přednosti, neboli silné stránky tohoto materiálu a naopak jsou zde zdůrazněny slabé stránky tohoto materiálu (STEICO, 2017).

- **Silné stránky**

- Cena – cenově téměř stejně srovnatelný jako výrobek celulóza Climatizer Plus
- Pozitivní bilance svázaných emisí CO₂.
- Zdravotně nezávadná izolace.
- Velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti v porovnání s ostatními porovnávanými materiály.
- Největší tepelná kapacita z porovnávaných výrobků.
- Použitelný materiál ve všech obvodových konstrukcích.

- **Slabé stránky**

- Třída reakce na oheň – E.
- Poměrně těžký materiál – druhá největší objemová hmotnost.
- Vysoká svázaná primární energie.



Montáž

Tepelná izolace STEICO Flex se vyrábí v rohožích, její montáž je proto vcelku jednoduchá. Rohože dřevovláknité izolace se vkládají do roštů. Rohož by se měla zaříznout na požadovaný rozměr dle roštu, doporučuje se o centimetr větší přířez a do roštu se napěchuje, to umožňuje pružnost této izolace (STEICO, 2017).

Skladby

Rohože tepelné izolace se používají v novostavbách i rekonstrukcích a svou ekologickou podstatou je tato tepelná izolace vhodná pro dřevostavby. Dřevovláknité rohože se mohou vkládat jak mezi trámy nosné konstrukce dřevostaveb, tak mohou být umístěny v rostech jako kontaktní zateplovací systém. Zateplovací systém s touto tepelnou izolací může být difuzně otevřený, ale více se doporučuje skladba difuzně otevřená s provětrávanou difuzní mezerou (STEICO, 2017).

3.4 XPLD Expandovaná izolační korková deska

Jediným výrobkem z korku je expandovaná korková izolační deska XPLD a XPMD pro porovnání byl vybrán materiál XPLD, je levnější a má menší objemovou hmotnost. Výroba korkové izolace je obdobná jako výroba ostatních korkových výrobků. Nejprve se ručně se sbírá korková kůra, strom se nepoškozuje, jelikož má schopnost kůru obnovovat, zhruba za 10 let je kůra znovu obnovena a připravena ke sběru. Sebraná korková kůra se drtí a vytřídí se zrna, která se expandují při teplotě 350°C - 370°C. Při expandování se korková zrna spojují vlastní pryskyřicí a není proto potřeba přidávat jiná syntetická lepidla nebo rozpouštědla. Expandované bloky se několik dní chladí vodou a následně se řezou na požadované rozměry. Výroba korkových izolačních desek tedy není nijak náročná, ovšem problémem je právě získávání základní suroviny. Z důvodu dlouhé obnovovací doby kůry korkového stromu jsou izolační korkové desky nejdražší organickou tepelnou izolací (Korek Jelínek, 2016).

Porovnávání vlastností

Vybrané vlastnosti, které budou mezi tepelnými izolacemi z organických materiálů porovnávány, jsou převzaty z technických listů. Informace o ekologických vlastnostech nebyly doložené v technických listech a jsou převzaty z databáze SBTool CZ.



Tabulka 5: XPLD Korek

Typ tepelné izolace	Korek
Obchodní název	XPLD, XMLD
Certifikáty	CE, Natureplus
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	0,035 - 0,040
Klasifikace reakce na oheň	třída reakce na oheň - E -
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	7,1
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	-1,23
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,0029
Objemová hmotnost volně foukané izolace	145 - 160 kg/m ³
Plánovaná sesedavost při volném foukání na rovné neuzavřené ploše	max 1 %
Faktor difúzního odporu	0,5
Tloušťky izolace	10 - 300 mm
Montáž	Desky montované jako KZS
Skladby	Možné překrýt klasickou s ^t ěrkovou omítkou se skelnou síťovinou
Umístění izolací	Střechy, stěny, podlahy, podlahy na zemině
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	1 340,00 Kč

Zdroj: Technický list – Korek Jelínek, 2016, zpracování vlastní (příloha č. 15)

V tabulce 5 jsou shrnuty základní vlastnosti deklarované výrobcem. Z těchto údajů jsou patrné přednosti tohoto materiálu a naopak z této tabulky vyplynuly slabé stránky tohoto materiálu. (Korek Jelínek, 2016)

- **Silné stránky**

- Nejlepší součinitel tepelné vodivosti z porovnávaných tepelných izolací.
- Jediný materiál, který lze použít jako kontaktní zateplovací systém bez potřeby zakrytí deskovým materiálem.
- Použitelnost ve všech obvodových konstrukcích.
- Životnost – velmi odolný materiál.
- Možnost objednat naprosto libovolné tloušťky.
- Velmi dobrá ekologická kritéria.

- **Slabé stránky**

- Cena – absolutně nejdražší materiál ze všech porovnávaných.
- Nemožnost použít jako mezikrokevní izolaci.
- Třída reakce na oheň – E.
- Nejtěžší materiál ze všech porovnávaných.



Montáž

Expandovaná korková izolace XPLD je tvrdý a pružný deskový materiál. Proto je montáž těchto desek identická jako montáž polystyrenových desek. Korkové desky jsou vhodné do všech obvodových konstrukcí novostaveb i rekonstrukcí. Ve stěnách se korkové izolace montují jako kontaktní zateplovací systém, který ovšem nestačí lepit na stěnu, ale je potřeba je připevnit mechanickými kotvami. V podlahových skladbách se korkové desky pokládají stejně jako tvrzený podlahový polystyren. Korkové desky jsou velmi vhodné pro ploché pochozí střechy. Do šikmých střech se hodí především jako nadkrokevní izolace (Korek Jelínek, 2016).

Skladby

Kontaktní zateplovací systém z deskové korkové izolace je možné přetáhnout základní vrstvou ze stěrkové hmoty, do které se vtačuje síťovina a poté se na tuto vrstvu aplikuje tenkovrstvá omítka. V podlaze se korkové desky umísťují nad podlahovou hydroizolaci a překrývají se anhydritovou nebo betonovou podlahou, případně je možné tuto izolaci překrýt OSB deskami a dřevěnou podlahou. Korkové desky nejsou úplně vhodné ve střešních skladbách, jelikož jsou vhodné pouze pro nadkrokevní izolování, a tedy s touto izolací se již musí počítat při projektování budovy, protože použitím nadkrokevní izolace se zvětšuje celková výška budovy (Korek Jelínek, 2016).

3.5 Lněná izolace NATURIZOL

Lněné izolace jsou asi nejméně rozšířené izolace, ovšem nejpoužívanějším výrobkem tepelné izolace na bázi lnu v České republice je lněná izolace Naturizol. Len je tradiční plodina v našich zeměpisných šířkách a je jednou z velmi odolných rostlin, které nevyžadují hnojení ani žádnou speciální péči proti škůdcům. Jako ostatní porovnávané tepelné izolace je zdravotně a ekologicky nezávadná. Lněná izolace Naturizol je složena z 82% – 86% lněného vlákna, 11% - 13% BiCo vláken kvůli soudržnosti a z 3% - 5% sody, která funguje jako retardant hoření (Přírodní izolace, 2017).

Porovnávané vlastnosti

Jelikož se jedná o méně rozšířenou tepelnou izolaci, technické listy byly nedostačujícím zdrojem informací. Proto bylo nutné zkontaktovat výrobce, aby doplnil porovnávané vlastnosti pro tuto diplomovou práci.



Tabulka 6: Naturizol

Typ tepelné izolace	Len
Obchodní název	NATURIZOL
Certifikáty	CE, natureplus
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	0,039
Klasifikace reakce na oheň	třída reakce na oheň - E - B2
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	33,2
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	0,22
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,00764
Objemová hmotnost volně foukané izolace	$32 \pm 10\% \text{ kg/m}^3$
Plánovaná sesedavost při volném foukání na rovné neuzavřené ploše	max 10 %
Faktor difúzního odporu	5,7
Tloušťky izolace	40 - 160 mm
Montáž	Rohože vkládané do roštu
Skladby	izolace dřevostaveb, nelze překrýt klasickou omítkou bez dřevěného bednění, podlahy na sucho mezi fólie a rošt
Umístění izolací	Střechy, stěny, podlahy
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	248,00 Kč

Zdroj: Technický list Naturizol, zpracování vlastní

V tabulce 6 jsou shrnuty základní vlastnosti deklarované výrobcem. Z těchto údajů jsou zřejmé silné a slabé stránky materiálu, další informace o vhodnosti tohoto materiálu jsou v technických listech tohoto materiálu (Příloha č. 17).

- **Silné stránky**

- Lehký materiál.
- Cena – poměrně levný materiál
- Nejvyšší faktor difúzního odporu

- **Slabé stránky**

- Součinitel tepelné vodivosti – z porovnávaných materiálů má nejhorší právě tuto vlastnost.
- Nejmenší vyráběná tloušťka z porovnávaných materiálů.
- Nejnáročnější materiál z hlediska spotřeby primární energie.
- Životnost – nejmenší životnost z porovnávaných materiálů.
- Velmi náchylný materiál k navlhnutí a tím ztrátě tepelných vlastností při kontaktu s vlhkou konstrukcí.



- Náročnost montáže – tento materiál je velmi náchylný k fyzickému poškození, vlákna této izolace jsou velmi málo odolná.

Montáž

Lněná tepelná izolace Naturizol je dodáván v rohožích, které jsou objemově stálé a jejich montáž je obdobná jako rohože minerální vlny s tím rozdílem, že pro montáž těchto rohoží nejsou potřeba žádné ochranné pomůcky, lněné rohože nepráší a neškrábou (Přírodní izolace, 2017).

Skladby

Lněná tepelná izolace Naturizol je výplňová izolace doporučovaná výrobcem do všech obvodových konstrukcí kromě podlahy nad terénem. Ve stěnách se využívá ve skladbách dřevostaveb jako výplňový materiál v dřevěné konstrukci, případně se vkládá do roštu z exteriéru či interiéru. V exteriéru se nejčastěji využívá jako difuzně otevřené zateplení. Ve střešních skladbách se lněná izolace používá jako podkrokevní, mezikrokevní i nadkrokevní izolace. Výrobce doporučuje lněné rohože především do izolace nad podhledy v bungalovech a také mezi dolní pásnice sbíjených vazníků (Přírodní izolace, 2017).

3.6 Výběr nejvhodnější tepelné izolace

Z výše popsaných materiálů byla vybrána nejvhodnější tepelná izolace pomocí vícekritériální analýzy. Nejprve byl porovnán pouze materiál se všemi vlastnostmi a cenou za 1 m². Druhé porovnání uvažuje cenu celé skladby zateplovacího systému s použitím těchto materiálů. Porovnání je prováděno ze třech pohledů, z pohledu autora, tedy studenta a jeho odbornosti, z pohledu investora a z pohledu vah odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb. Tyto tři pohledy jsou promítnuty do vícekritériální analýzy prostřednictvím vah preferencí vybraných kritérií.

Vybraná kritéria jsou:

- Součinitel tepelné vodivosti,
- měrná tepelná kapacita,
- faktor difuzního odporu,
- klasifikace reakce na oheň,
- životnost,
- svázaná energie (PEI),
- svázané emise CO₂ (GWP),



- svázané emise SO₂ (AP),
- vyráběné tloušťky izolace,
- náročnost na provedení,
- umístění izolací,
- použitelnost v ostatních obvodových konstrukcích,
- cena.

Součinitel tepelné vodivosti

Jedna z nejdůležitějších vlastností tepelných izolací. Udává základní představu o tepelně-izolačních vlastnostech materiálu. Menší součinitel tepelné vodivosti ukazuje lepší tepelně-izolační vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti udává (Růžička, 2014, str. 118).

Měrná tepelná kapacita

Toto kritérium udává míru akumulace tepla materiálu. Materiál s vysokou tepelnou kapacitou do sebe nasťádá teplo a při poklesu teploty do prostoru toto teplo předává a tím dochází ke stabilizaci vnitřní teploty. U tepelných izolací, které jsou na straně exteriéru, tato vlastnost není tolik podstatná, ale u izolací montovaných z interiéru už tepelná kapacita relevantní je, stejně tak u konstrukcí s výplňovou izolací (Chybík, 2009, str. 15).

Faktor difuzního odporu

Faktor difuzního odporu je u tepelných izolací poměrně důležitá vlastnost, v případě že vodní páry procházejí konstrukcí a dochází k jejich kondenzaci, právě vlhkost tepelné izolace totiž snižuje součinitel tepelné vodivosti a tím zmenšuje její účinnost. Faktor difuzního odporu také určuje vhodnost izolace pro určitý zateplovací systém (Růžička, 2014, str. 112).

Klasifikace reakce na oheň

Třída reakce na oheň (dříve stupeň hořlavosti) je velmi podstatný údaj, důležitý především pro projekční návrh. Reakce na oheň je ukazatel toho, jak výrobky přispívají svou hořlavostí k rozvoji a intenzitě vznikajícího požáru. Výrobky jsou nejčastěji na základě kombinace několika laboratorních zkoušek klasifikovány dle evropských norem do jedné ze sedmi tříd s označením A1, A2, B, C, D, E nebo F. (ČSN EN 13501-1, 2007).

Třídění klasifikace reakce na oheň dle ČSN EN 13501-1 (2007), třídy:

F – Materiály označené jako „F“ jsou neklasifikovatelné nebo ještě nebyly klasifikované do žádné ze tříd.



- E – Takto označené výrobky jsou schopné odolávat působením malého plamene po krátký časový interval bez významného šíření plamene.
- D – Tyto vyhovují kritériím třídy „E“ a jsou schopné odolávat působení malého plamene po delší časový interval bez významného rozšíření plamene. Dále jsou schopny odolávat působení tepla od hořícího předmětu za podstatného zpoždění a omezení uvolňování tepla.
- C – Vyhovuje kritérium „E“, navíc vyhovuje přísnějším požadavkům a při tepelném působení hořícího předmětu vykazuje omezené rozšíření plamene.
- B – Vyhovuje přísnějším požadavkům než „C“.
- A2 – Vyhovující stejným kritériím jako třída „B“. Navíc tyto výrobky nebudou při plně rozvinutém požáru významně přispívat ke kalorickému zatížení ani dalšímu růstu požáru.
- A1 – Tyto výrobky žádnou měrou nepřispívají k šíření požáru, ani k tomu již rozvinutému. Takto označené materiály vyhovují i požadavkům nižších tříd.

Životnost

Každý stavební materiál má svou výrobcem deklarovanou životnost. Po vypršení životnosti dochází k degradaci materiálu či ztrátě jeho základních vlastností. V případě tepelných izolací je životnost dána kvalitou provedení celého zateplovacího systému. Tepelné izolace mají životnost deklarovanou zhruba 20 let. Ani tepelné izolace z organických materiálů nejsou výjimkou, zpravidla mají životnost i vyšší.

Svázaná energie (PEI)

Svázaná energie nebo také spotřeba primární energie (Primary Energy Input) udává celkovou spotřebu primární energie, neboli energie, která je získávána z neobnovitelných přírodních zdrojů, během celého životního cyklu výrobku, tedy od zisku materiálů přes výrobu až po likvidaci. Svázaná energie se obvykle udává v megajoulech (Envimat.cz, 2010).

Svázané emise CO₂ (GWP)

Svázané emise CO₂ nebo také Global Warming Potential (potenciál globálního oteplování) udává emise CO₂ a ekvivalentních plynů vyprodukovaných během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části. Ekvivalentní plyny jsou v tomto případě plyny, které způsobují skleníkový efekt, například metan oxid dusný a další. Svázané emise CO₂ se udávají



v kilogramech ekvivalentu CO₂, tedy i ostatní plyny se přepočítávají na úroveň skleníkového efektu CO₂ (Envimat.cz, 2010).

Svázané emise SO₂ (AP)

Potenciál acidifikace prostředí (Acidification Potential) udává ekvivalentní emise během celého životního cyklu způsobující okyselování (acidifikaci) prostředí. Ekvivalentní v tomto případě znamená, že se nejedná pouze o emise SO₂, ale také o emise jiných plynů způsobující okyselení prostředí. Potenciál acidifikace prostředí se udává v gramech či kilogramech SO₂ ekvivalentních (Envimat.cz, 2010).

Vyráběné tloušťky izolace

Tato informace slouží především při montáži. Pokud se standardně vyrábí menší tloušťky izolace, než je navržená tloušťka izolace ve skladbě se musí izolace vrstvit a montáž je tak náročnější a též mohou vznikat tepelné mosty.

Náročnost na provedení

Toto kritérium vyjadřuje především náročnost ve smyslu, jak často se u těchto skladeb mohou vyskytovat chyby nebo spíše náchylnost montáže k chybám. Chybami je v tomto případě myšleno, vznik tepelných mostů vlivem tepelně vodivých částí ve skladbě, sedání izolace, náchylnost materiálu na vlhkost a snižování životnosti vlivem špatné montáže.

Umístění izolací

Kritérium umístění je pouze informativní kritérium udávající, ve kterých skladbách může být izolace použita. Zda je izolace vhodná do difuzně otevřených nebo uzavřených zateplovacích systémů, jestli se izolace dá použít ve střešních konstrukcích jako mezikrokevní, pokrokevní či nadkrokevní izolace, nebo zda se daná izolace dá použít ve výplňových systémech či při izolaci z interiéru.

Použitelnost v ostatních obvodových konstrukcích

Toto kritérium udává, ve kterých obvodových konstrukcích je možné tuto izolaci použít. Zda je možné danou izolaci použít v kontaktních zateplovacích systémech stěn, zda je možné izolaci použít ve střešních konstrukcích a zda je možné použít izolaci i ve skladbě podlahy přilehlé k zemině.

Cena

Kritérium ceny je v této práci rozděleno do dvou částí. První část je cena samotného materiálu při tloušťce 100 mm a plochy 1 m². Druhá část je oceněná skladba zateplovacího sys-



tému při použití daného materiálu. Oceněné jsou zde jen specifické části skladby typické pro daný materiál lišící se od ostatních. Oceněné jsou základní skladby doporučované výrobcí jako nejvhodnější pro zateplení daných konstrukcí. Touto cenou se dosáhne objektivního porovnání dané izolace.

3.6.1 Stanovení vah kritérií

Pro stanovení vah kritérií bylo využito několik metod a různých úhlů pohledů:

- Metodu Metsfelovy alokace bodů (rozdělení 100 bodů a následná normalizace),
- Metodu postupného rozvrhu vah,
- Saatyho metodu určení vah kritérií.

Metoda Metsfelovy alokace bodů byla zpracována z pohledu autora této práce, tedy z pohledu studenta. Metoda postupného rozvrhu vah byla zpracována dle investora a vstupem pro Saatyho metodu určení vah byly zkušenosti přípravitelů a stavbyvedoucích, tedy odborníků z firmy generálního dodavatele.

3.6.1.1 Výsledky Metsfelovy alokace bodů

Bylo provedeno rozdělení celkem 100 bodů mezi všechna porovnávaná kritéria podle osobních preferencí a odborného uvážení autora této práce. Následně byla provedena normalizace pro určení výsledných vah preferencí kritérií.

Tabulka 7: Metsfelova alokace

Metsfelova alokace bodů (dle autora)		
Kritéria	Body	Váhy
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	10	0,1
Měrná tepelná kapacita [J/kgK]	4	0,04
Faktor difúzního odporu	3	0,03
Klasifikace reakce na oheň	5	0,05
Životnost	7	0,07
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	7	0,07
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	6	0,06
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	4	0,04
Vyráběné tloušťky izolace	1	0,01
Náročnost na provedení	3	0,03
Umístění izolací	2	0,02
Použitelnost v ostatních obvodech kcích	3	0,03
Cena	45	0,45
	100	1

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní



Z výsledků Metsfelovy alokace bodů je možné vidět, že cena je jasně mnohem preferovanější kritérium než ostatní a má téměř poloviční vliv na konečný výběr. Dále můžeme vidět, že ekologická kritéria, svázaná energie, svázané emise CO₂ a SO₂ jsou méně preferované než součinitel tepelné vodivosti a naopak mírně preferovanější než náročnost na montáž.

3.6.1.2 Metoda postupného rozvrhu vah

V této metodě určení vah byla nejprve rozdělena kritéria do tří skupin dle jejich typu, na technická kritéria, ekologická kritéria a ekonomická kritéria, (tato skupina obsahuje pouze cenu materiálu). Do těchto třech skupin byla zařazena všechna kritéria. Následně investor určil důležitost jednotlivých kritérií ve skupinách a pak byly pomocí normalizace spočítány jejich jednotlivé váhy, tak aby odpovídaly skupinovým vahám.

Tabulka 8: Určení vah rozložením do skupin

Rozložení do skupin (dle investora)			
Typ kritérií	Váha typu	Konkrétní kritérium	Váha
Technická kritéria	0,3	Součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	0,09
		Faktor difúzního odporu	0,01
		Měrná tepelná kapacita [J/kgK]	0,045
		Klasifikace reakce na oheň	0,04
		Životnost	0,055
		Použitelnost v ostatních obvodech	0,01
		Vyráběné tloušťky izolace	0,01
		Náročnost na provedení	0,03
		Umístění izolací	0,01
Ekonomické kritérium	0,6	Cena	0,6
Ekologická kritéria	0,1	Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	0,04
		Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	0,035
		Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,025
Celkem	1	Celkem	1

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Z tabulky č. 8 lze vyčíst váhy skupin kritérií. Ekonomické kritérium, respektive kritérium ceny je podstatně preferovanější než ostatní, tato preference ceny nad ostatními kritérii jasně odpovídá dnešním trendům ve stavitelství. Nejméně preferované je ekologické kritérium, jelikož investor je orientován na developerskou výstavbu bytových domů, které se neucházejí o certifikaci budov SBTool, BREAM nebo LEAD.



3.6.1.3 Saatyho metoda rozvrhu vah

Saatyho metoda pro určení vah je komplexnější metoda, která porovnává jednotlivě každá dvě kritéria vzájemně. Byla vytvořena takzvaná Saatyho matice, ve které je vidět, jak jsou kritéria navzájem mezi sebou preferována. Preference kritérií mezi sebou jsou ohodnoceny body 1 – 9. Pokud je mezi kritérii přidělen 1 bod znamená to, že jsou kritéria naprosto rovnocenná a naopak pokud je mezi kritérii přiděleno 9 bodů, znamená to, že první kritérium je absolutně mnohem preferovanější kritérium než druhé. Na hlavní diagonále jsou z tohoto důvodu jedničky. Nad hlavní diagonálou jsou pak hodnoty inverzní oproti hodnotám pod hlavní diagonálou. Tyto body přiřadili do matice odborníci, stavbyvedoucí a přípravitelé staveb. Po vytvoření Saatyho matice byl vypočítán geometrický průměr z bodů přiřazených ke každé dvojici porovnávaných kritérií. Následně pomocí normalizačního vzorce byly vypočítány váhy jednotlivých kritérií.

Tabulka 9: Saatyho metoda

Saatyho metoda (dle odborníků)																
Kritéria		Saatyho matice													geom. průměr	normovaná váha
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	bi	vi
K1	Součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	1	3	7	1	1/2	6	6	6	7	7	8	7	1/5	2,943	0,141
K2	Měrná tepelná kapacita [J/kgK]	1/3	1	4	1/3	1/6	1/2	1/2	1/2	5	1/3	3	2	1/8	0,710	0,034
K3	Faktor difúzního odporu	1/7	1/4	1	1/5	1/6	1	1	1	3	1/3	4	2	1/8	0,596	0,029
K4	Klasifikace reakce na oheň	1	3	5	1	1	6	7	7	5	4	5	7	1/7	2,718	0,130
K5	Životnost	2	6	6	1	1	5	5	6	6	3	5	6	1/7	2,854	0,137
K6	Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	1/6	2	1	1/6	1/5	1	2	2	1	1/5	1	1	1/9	0,587	0,028
K7	Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	1/6	2	1	1/7	1/5	1/2	1	1	2	1/4	1/2	2	1/9	0,531	0,025
K8	Svázané emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	1/6	2	1	1/7	1/6	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1	1/9	0,470	0,023
K9	Vyráběné tloušťky izolace	1/7	1/5	1/3	1/5	1/6	1	1/2	1	1	1/5	1	1	1/9	0,381	0,018
K10	Náročnost na provedení	1/7	3	3	1/4	1/3	5	4	4	5	1	5	5	1/7	1,473	0,071
K11	Umístění izolací	1/8	1/3	1/4	1/5	1/5	1	2	2	1	1/5	1	1	1/8	0,460	0,022
K12	Použitelnost v ostatních obvodových kcích	1/7	1/2	1/2	1/7	1/6	1	1	1	1	1/5	1	1	1/9	0,433	0,021
K13	Cena	5	8	8	7	7	9	9	9	9	7	8	9	1	6,671	0,320
Součet															20,827	1,000

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Z této metody vyšly obdobné výsledky jako v předchozích metodách, cena je opět dominantní kritérium, ovšem ne tolik jako v předchozích metodách určení vah. Kritéria životnost a reakce na oheň se mnohem více přiblížila svými vahami ke kritériu součinitel tepelné vodivosti. Naopak ekologická kritéria, svázaná energie, svázané emise CO₂ a SO₂ jsou mnohem méně podstatná. Dalším kritériem mírně výraznějším než v předchozích metodách je náročnost montáže.

3.6.2 Výběr kompromisní varianty tepelné izolace

V této části je prováděn výběr kompromisní varianty pomocí dvou metod výběru kompromisních variant. Konkrétně metodou váženého součtu a metodou TOPSIS. Pro objektivní



výběr jsou prováděny obě metody výběru pro všechny metody určení vah spočítané výše. V této části je vybírána kompromisní varianta z tepelných izolací, kdy je uvažována pouze cena samotného materiálu na 1 m² při tloušťce 100 mm, neuvažuje se cena celé skladby. Tepelná izolace je vybírána pro novostavbu rodinného domu.

Tabulka 10: Výsledné váhy

Kritéria	Metody určení vah		
	Metsfelova alokace (autor)	Postupný rozvrh (investor)	Saatyho matice (odborníci)
Součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	0,1	0,09	0,141
Měrná tepelná kapacita [J/kgK]	0,04	0,05	0,034
Faktor difúzního odporu	0,03	0,01	0,029
Klasifikace reakce na oheň	0,05	0,04	0,130
Životnost	0,07	0,055	0,137
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	0,01	0,01	0,018
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	0,03	0,03	0,071
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	0,02	0,01	0,022
Vyráběné tloušťky izolace	0,03	0,01	0,021
Náročnost na provedení	0,07	0,04	0,028
Umístění izolací	0,06	0,03	0,025
Použitelnost v ostatních obvodových kcích	0,04	0,025	0,023
Cena 1 m ² při tloušťce 100mm	0,45	0,6	0,320
Celkem	1	1	1

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

V tabulce č. 10 jsou shrnuté výše spočítané váhy kritérií. Jsou zde jasně vidět rozdíly v preferencích dle posuzovatelů. Dle očekávání se cena stala dominantním kritériem, kterému největší váhu přiřadil investor. Naopak nejméně preferovanými kritérii se stala ekologická kritéria, kterým výraznější váhy přiřadil pouze autor této práce. Rozdíly v přiřazených kritériích, ale nezpůsobila jen rozdílná mentalita, ale také zvolené metody určení vah preferencí kritérií.

Některá porovnávaná kritéria jsou pouze kvalitativní povahy, proto autor zvolil bodovací metodu pro kvantifikování kvalitativních kritérií. V tabulce č. 11 je stupnice, podle které autor přiřazoval číselné hodnoty kvalitativním kritériím. Tato kritéria jsou všechna maximalizační.

Tabulka 11: Přidělení bodů slovním kvalitativním kritériím

Bodování slovních kritérií							
body	1	2	3	4	5	6	7
Životnost	Standardní			Dlouhá			Velmi dlouhá
Klasifikace reakce na oheň	F	E	D	C	B	A2	A1
Náročnost na provedení	velmi náročné			hodně náročné			standardně náročné
Umístění izolací	KZS/nadkroevní			výplňové			výplňové/mezikroevní, KZS, nad a podkroevní
Použitelnost v ostatních obvodových kcích	stěna			stěna, střecha			Stěna, střecha, podlaha

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní



Po kvantifikaci kvalitativních kritérií je v tabulce č. 12 zobrazena již nová kvantifikovaná kritériální matice. Tato matice je pak použita pro metody výběru kompromisní varianty.

Tabulka 12: Kritériální matice (ceny pouze materiálů)

Kritériální matice						
		Celulóza	Dřevovláknité desky	Korek	Konopí	Len
Součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]	K1	0,038	0,038	0,035	0,04	0,039
Měrná tepelná kapacita [J/kgK]	K2	1907	2100	1670	1600	1550
Faktor difúzního odporu	K3	1,36	0,48	0,5	0,5	0,57
Klasifikace reakce na oheň	K4	5	2	2	2	2
Životnost	K5	4	4	7	4	1
Maximální vyráběné tloušťky izolace [mm]	K6	1000	200	300	220	140
Náročnost na provedení	K7	1	4	7	4	4
Umístění izolací	K8	4	7	1	7	7
Použitelnost v ostatních obvodových kcích	K9	4	7	7	7	4
Svázaná energie (PEI) [MJ/kg]	K10	7,14	13,7	7,1	27,1	33,2
Svázané emise CO ₂ (GWP) [kg CO ₂ ekv./kg]	K11	0,36779	-0,183	-1,23	-0,377	0,22
Svázaná emise SO ₂ (AP) [g SO ₂ ekv./kg]	K12	0,00264	0,00478	0,0029	0,00672	0,00764
Cena 1 m ²	K13	179,30 Kč	206,10 Kč	1 340,00 Kč	471,90 Kč	248,00 Kč

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

V této tabulce (tabulka č. 12) jsou uvedené ceny pouze čistého materiálu při tloušťce 100 mm. Porovnání je pak prováděno dvěma metodami, metodou váženého součtu a metodou TOPSIS. Tyto metody vyberou ideální či nejvíce kompromisní variantu dle určených vah.

Metoda váženého součtu

Tato metoda porovnává vzdálenost varianty od ideální varianty. Z kritériální matice je nejprve nutné určit ideální variantu. Ideální varianta je určena dle povahy maximalizační a minimalizační, v ideální variantě jsou tedy vybrány nejlepší hodnoty ze všech kritérií a všech porovnávaných variant. Po určení ideální varianty je nutné také určit variantu bazální, ta je přesným opakem ideální varianty, tedy jsou vybrány hodnoty označené jako nejhorší.

Dalším krokem je určení míry užitku jednotlivých variant. Z těchto měr užitku je vytvořena matice užitku (tabulka č. 13). Z matice užitku je již jasné, které varianty za určitých vah, mají největší užitek s přirovnáním k ideální variantě.

Tabulka 13: Výsledky metody váženého součtu

	Matice užitku dle:			pořadí dle:		
	Metsfelovy alokace (autor)	postupného rozvržení (investor)	Saatyho metody (odborníci)	autora	investora	odborníků
Celulóza	0,731	0,816	0,678	2.	1.	1.
Dřevovláknité desky	0,746	0,800	0,623	1.	2.	2.
Korek	0,438	0,301	0,484	5.	5.	3.
Konopí	0,522	0,554	0,442	3.	4.	4.
Len	0,511	0,619	0,415	4.	3.	5.

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní



Z metody váženého součtu je dáno výsledné pořadí variant. Dle vah autora jsou nejvhodnější variantou dřevovláknité desky STEICO flex. Jen o málo horší je varianta s celulózou CLIMATIZER plus. Ostatní varianty jsou dle matice užítku o něco horší než první dvě varianty. Nejmenší užitek dle této metody a podle vah určené autorem má varianta korkových desek XPLD.

Dle vah investora je kompromisním materiálem foukaná celulóza Climatizer Plus. Jen opravdu těsně za touto variantou se umístila dřevovláknitá rohož STEICO flex. Z pohledu investora se jako nejhorší varianta jeví korkové desky XPLD.

Z pohledu odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb se kompromisní variantou dle metody váženého součtu stala Celulóza Climatizer Plus. Pořadí ostatních variant jsou identické s vahami dle investora. Zajímavostí na tomto řešení je, že korkové desky XPLD již nejsou absolutně nejhorší variantou, ale výsledkem se přibližuje izolačním materiálům z konopí a lnu.

TOPSIS

Metoda TOPSIS byla zpracována přesně dle výše uvedené teorie a uvedených vzorců. V prvním kroku byla zpracována Matice R, viz tabulka 10.

Obrázek 10: Matice R

Matice R													
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
Celulóza	0,2	0,216	0,399	0,385	0,2	0,538	0,05	0,154	0,154	0,081	0,269	0,107	0,073
Dřevovláknité desky	0,2	0,238	0,141	0,154	0,2	0,108	0,2	0,269	0,269	0,155	0,207	0,194	0,084
Korek	0,184	0,189	0,147	0,154	0,35	0,161	0,35	0,038	0,269	0,080	0,088	0,118	0,548
Konopí	0,211	0,181	0,147	0,154	0,2	0,118	0,2	0,269	0,154	0,307	0,184	0,272	0,193
Len	0,205	0,176	0,167	0,154	0,05	0,075	0,2	0,269	0,154	0,376	0,252	0,310	0,101

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Matice R je normalizovaná kritériální matice. Z matice R se pak vzorcem:

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad [9]$$

vypočítá matice W, která již uvažuje váhy preferencí souboru kritérií. Váhy jsou opět identické a jsou opět ze tří úhlů pohledu. Každý soubor vah preferencí kritérií má vlastní matici W, kritériím se doplní povaha, tedy zda jsou minimalizační nebo maximalizační. Z této matice W se určí za pomoci povah ideální varianta, neboli výběr ideálních hodnot napříč maticí W, a bazální varianta, výběr nejhorších hodnot napříč maticí W. Dalším krokem jsou vypočteny vzdálenosti od ideální a bazální varianty.



Tabulka 14: TOPSIS 1 výsledky

Pořadí dle TOPSIS a vah z Metsfelovy alokace bodů (autor)				
	di+	di-	ci	pořadí
Celulóza	0,020	0,215	0,916	1
Dřevovláknité desky	0,020	0,210	0,913	2
Korek	0,214	0,035	0,140	5
Konopí	0,059	0,161	0,730	4
Len	0,037	0,201	0,844	3

Pořadí dle TOPSIS a vah z rozvržení do skupin (investor)				
	di+	di-	ci	pořadí
Celulóza	0,014	0,215	0,940	1
Dřevovláknité desky	0,016	0,210	0,928	2
Korek	0,285	0,035	0,109	5
Konopí	0,074	0,161	0,685	4
Len	0,030	0,201	0,871	3

Pořadí dle TOPSIS a vah ze Saatyho metody (odbroniči)				
	di+	di-	ci	pořadí
Celulóza	0,031	0,157	0,835	1
Dřevovláknité desky	0,039	0,151	0,794	2
Korek	0,155	0,048	0,237	5
Konopí	0,055	0,116	0,678	4
Len	0,055	0,144	0,724	3

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

V posledním kroku jsou vypočítány relativní ukazatele od bazální varianty. Hodnoty blíží se k jedné jsou kompromisnější varianty než hodnoty blíží se k nule. Tímto způsobem je určeno pořadí variant metodou TOPSIS.

Pomocí této metody vyšly všechny výsledky, všech typů vah, co se pořadí týče naprosto shodné. Nejlepší izolací na bázi organických látek je celulóza Climatizer Plus, druhým se stala dřevovláknitá rohož STEICO flex, v pořadí třetí tepelnou izolací jsou lněné rohože NATURIZOL, následují, Termo konopí plus a korkové desky XPLD.

3.6.3 Dílčí souhrn výsledků

Pokud jsou tepelné izolace na bázi organických látek porovnávány pouze jako samotné materiály, tedy s cenou pouze samotného materiálu bez dalších nákladů na montáž a specifických materiálů nutných pro skladbu zateplovacích systémů, je nejkompromisnější variantou foukaná celulóza Climatizer Plus. Hlavním důvodem tohoto výsledku je především nízká cena tohoto materiálu. Cena je kritérium, kterému byly přiřazeny největší váhy všemi hodnotiteli. V pořadí druhým nejlépe hodnoceným materiálem jsou dřevovláknité desky. Tento materiál je



dražší než celulóza, ale v ostatních kritériích je tento materiál nadprůměrný. Tepelné izolace na bázi konopí a lnu mají poměrně stejné výsledky, ovšem len vychází mírně lepší dle hodnotících metod, a to opět kvůli ceně, kdy izolace Naturizol je dvakrát levnější nežli materiál Termo konopí. Konopí má ovšem mnohem lepší technické vlastnosti a tím je téměř srovnatelné s lněnou izolací. Nejhorší variantou vyplývající z výše uvedených metod vícekritériální analýzy jsou korkové desky XPLD, mají sice nejlepší tepelně-technické vlastnosti, jedná se o jedinou izolaci, která nepotřebuje zakrytí deskovými materiály a lze na ni aplikovat omítku přímo, ale zároveň jde o nejdražší porovnávanou izolaci a tím i nejhorší variantu.

3.7 Výběr kompromisní varianty skladby s tepelnou izolací

V této části jsou porovnávány stejné materiály jako v předchozí části, s tím rozdílem, že cena zde není už jen za samotný materiál při tloušťce 100 mm na 1 m², ale je počítáno navíc s cenou specifických materiálů potřebných pro realizaci zateplovacího systému, včetně montáže a přesunu hmot.

Ceny skladby byly určeny následovně: cena tepelné izolace je převzata z katalogů výrobců, ceny ostatních materiálů a ceny montáže a přesunů hmot jsou oceněny směrnými cenami z databáze URS. Rozpočty byly zpracovány v programu euroCALC 3.

Oceněné skladby jsou pro všechny obvodové konstrukce, stěny, střechu i podlahy na zemině (pro podlahy na zemině nejsou vhodné všechny materiály, proto jsou v tomto případě porovnávány pouze ty tepelné izolace pro podlahy na zemině vhodné).

3.7.1 Svislé konstrukce – cena skladeb

V tabulce č. 15 jsou shrnuté ceny zateplovacích systémů stěn, ceny jsou zde rozdělené na ceny za materiál, montáž těchto materiálů a přesuny hmot. Skladby byly zvolené difuzně uzavřené a dle výrobců a projektantů nejjednodušší možné vhodné pro všechny jednotlivé materiály. Rozepsané skladby do rozpočtu jsou uvedeny v přílohách této práce (Přílohy č. 1 – 5). Tloušťka tepelné izolace ve skladbě byla zvolena 100 mm. Tato tloušťka nezajišťuje normovou hodnotu součinitele prostupu tepla, ale při kombinaci s tepelně-izolačním zdívem nebo jiným doplňujícím zateplovacím systémem dosáhne i na doporučené hodnoty dle normy. Tato tloušťka byla zvolena především pro toto porovnání a návrh tloušťky izolace není předmětem této práce.



Tabulka 15: Cena zateplení stěn

Zateplovací systém stěn					
Rozpočet	Climatizer Plus	STEICO flex	Termo konopí plus	Korek XPLD	Len NATURIZOL
Materiály	921,10 Kč	947,90 Kč	1 213,70 Kč	1 635,13 Kč	989,80 Kč
Montáž	211,56 Kč	134,77 Kč	134,77 Kč	178,22 Kč	167,23 Kč
Přesuny hmot	38,00 Kč	28,00 Kč	31,00 Kč	62,00 Kč	41,00 Kč
Celkem	1 170,66 Kč	1 110,67 Kč	1 379,47 Kč	1 875,35 Kč	1 198,03 Kč

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Z výsledků rozpočtů (tabulka 15) můžeme vidět, že pořadí materiálů dané těmito cenami se oproti předchozímu případu (cena za samostatný materiál) změnilo. Nejlevnější jsou dřevovláknité desky STEICO flex a až na „druhém“ místě je celulóza Climatizer Plus, také lněná izolace NATURIZOL je nyní cenově více rovnocenná s ostatními porovnávanými izolacemi. Nejdražší izolace i se skladbou je stejně jako u samotného materiálu korková izolace XPLD, ovšem už není desetinásobně dražší jako v případě samotného materiálu, ale pouze zhruba o polovinu.

Metoda váženého součtu – stěna – výsledky

Pro objektivní výběr kompromisní tepelné izolace byly opět použity dvě metody, metoda váženého součtu a metoda TOPSIS. Výsledky metody váženého součtu jsou vyobrazeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Metoda váženého součtu - stěna - výsledky

	Matice užítku dle:			pořadí dle:		
	Metsfelovy alokace (autor)	postupného rozvržení (investor)	Saatyho metody (odborníci)	autora	investora	odborníků
Celulóza	0,706	0,774	0,664	2.	2.	1.
Dřevovláknité desky	0,737	0,804	0,608	1.	1.	2.
Korek	0,458	0,311	0,506	5.	5.	3.
Konopí	0,477	0,495	0,410	4.	4.	4.
Len	0,486	0,586	0,397	3.	3.	5.

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Výsledky metody váženého součtu vyšly rozdílné pro různé váhy. Dle vah autora a investora vyšly výsledky stejné, kompromisní varianta jsou dřevovláknité rohože STEICO flex. je Foukaná celulóza je dle matice užítku jen o málo horší. Nejhorším materiálem je dle vah investora a autora této práce korek XPLD. Dle vah odborníků, zastupujících generálního dodavatele staveb, je na prvním místě celulóza a hned za ní dřevovláknité rohože. Zajímavostí je pak korková izolace, která je na třetím místě, a to téměř srovnatelně s lépe umístěnými izolacemi. Tento výsledek je důkazem toho, že generálnímu dodavateli na ceně materiálu tolik nezáleží.



Metoda TOPSIS – stěna – výsledky

V tabulce 17 jsou výsledky metody TOPSIS opět pro všechny tři soubory vah. Pro kritérium ceny byly použity ceny z rozpočtů skladeb stěn.

Tabulka 17: TOPSIS skladba stěn

Pořadí dle TOPSIS a vah z Metsfelovy alokace bodů (autor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,020	0,055	0,732	2
Dřevovláknité desky	0,020	0,056	0,738	1
Korek	0,053	0,035	0,400	5
Konopí	0,031	0,037	0,543	4
Len	0,036	0,046	0,565	3
Pořadí dle TOPSIS a vah z rozvržení do skupin (investor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,015	0,055	0,787	2
Dřevovláknité desky	0,015	0,056	0,788	1
Korek	0,069	0,035	0,337	5
Konopí	0,030	0,037	0,553	4
Len	0,026	0,046	0,642	3
Pořadí dle TOPSIS a vah ze Saatyho metody (odborníci)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,031	0,051	0,623	1
Dřevovláknité desky	0,039	0,044	0,530	2
Korek	0,048	0,048	0,504	3
Konopí	0,042	0,034	0,450	4
Len	0,054	0,035	0,392	5

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Výsledky vyšly identické jako v případě metody váženého součtu. Tedy pro váhy investora a autora byla označena jako nejlepší varianta při použití dřevovláknitých rohoží, naopak z pohledu odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb vyšla nejideálnější varianta při použití foukané celulózy.

3.7.2 Střešní konstrukce – cena skladeb

Střešní konstrukce byly také oceněny zvlášť, aby bylo porovnání i pro jednotlivé obvodové konstrukce. Pro skladby střešních konstrukcí byly zvoleny šikmé úseky podkrovních střech. Skladby byly zvoleny dle doporučení výrobců či z jejich katalogu. Byly vybrány nejobvyklejší a zároveň nepoužívanější skladby střešních konstrukcí. Tloušťka izolace byla zvolena 160 mm, a pokud to bylo možné, použil se mezikrokevní zateplovací systém.



Tabulka 18: Cena zateplení střech

Zateplovací systém střech					
Rozpočet	Climatizer Plus	STEICO flex	Termo konopí plus	Korek XPLD	Len NATURIZOL
Materiály	763,62 Kč	642,50 Kč	1 067,30 Kč	2 354,74 Kč	709,54 Kč
Montáž	392,04 Kč	281,87 Kč	281,87 Kč	402,53 Kč	281,87 Kč
Přesuny hmot	46,00 Kč	30,00 Kč	36,00 Kč	84,00 Kč	70,00 Kč
Celkem	1 201,66 Kč	954,37 Kč	1 385,17 Kč	2 841,27 Kč	1 061,41 Kč

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

V tabulce 18 jsou shrnuté ceny za 1 m² skladeb střešních konstrukcí při použití výše uvedených typů tepelných izolací, kompletní rozpočty skladeb jsou uvedeny v přílohách č. 6 - 10. Oproti zateplení stěny je zde mnohem markantnější rozdíl mezi cenami jednotlivých skladeb. Nejlevnější je zateplení střechy materiálem STEICO flex, o něco dražší je zateplení lněnými rohožemi Naturizol, poměrně drahá je zde skladba s celulózou - tento rozdíl způsobuje především dražší montáž a také nutnost zakrytí tohoto sypkého materiálu. Cena konopné izolace se promítla i do skladby a je tak druhým nejdražším materiálem. Zateplení střešní konstrukce korkovými deskami je absolutně nejdražší, jedná se o nadkroevní izolaci, která se musí pokládat na prkenné bednění.

Metoda váženého součtu – střecha – výsledky

V následující tabulce (Tabulka 19) jsou zobrazeny výsledky metody váženého součtu pro skladby střešních pláštěů.

Tabulka 19: Metoda váženého součtu - střecha - výsledky

	Matice užítku dle:			pořadí dle:		
	Metsfelovy alokace (autor)	postupného rozvržení (investor)	Saatyho metody (odborníci)	autora	investora	odborníků
Celulóza	0,682	0,742	0,647	2.	2.	1.
Dřevovláknité desky	0,737	0,804	0,608	1.	1.	2.
Korek	0,458	0,311	0,506	5.	5.	3.
Konopí	0,533	0,569	0,449	3.	4.	4.
Len	0,512	0,621	0,416	4.	3.	5.

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Výsledky metody váženého součtu porovnání střešních konstrukcí jsou velmi podobné jako předchozí porovnání zateplení stěn. Dle vah autora a vah investora je shodně označena jako ideální varianta zateplovacího systému s dřevovláknitými deskami, jen o něco méně užítku dle matice užítku přináší varianta zateplení celulózou. Další pořadí se již liší, dle autora je třetí variantou zateplení střech konopím a čtvrtou variantou lněná izolace, dle investora jsou tyto varianty přesně naopak, ovšem rozdíly jsou opravdu minimální. Nejméně vhodnou variantou je pak opět shodně zateplení korkovými deskami. Dle vah odborníků zastupující gene-



rálního dodavatele staveb se jako nejlepší varianta jeví zateplení celulózou a o málo horší je zde varianta s dřevovláknitými rohožemi. Jako třetí varianta co se do vhodnosti týče, se umístilo zateplení korkovými deskami, dále zateplení konopnými rohožemi a nejméně vhodnou variantou je zateplení lněnými rohožemi.

Metoda TOPSIS – střecha – výsledky

Pro dosažení větší objektivitby byla opět použita ještě metoda TOPSIS pro vícekritériální porovnání tepelných izolací pro zateplovací systém střech.

Tabulka 20: TOPSIS skladba střechy

Pořadí dle TOPSIS a vah z Metsfelovy alokace bodů (autor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,025	0,103	0,807	2
Dřevovláknité desky	0,020	0,116	0,854	1
Korek	0,115	0,035	0,234	5
Konopí	0,036	0,089	0,712	4
Len	0,036	0,108	0,752	3

Pořadí dle TOPSIS a vah z rozvržení do skupin (investor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,024	0,103	0,809	2
Dřevovláknité desky	0,015	0,116	0,886	1
Korek	0,152	0,035	0,187	5
Konopí	0,039	0,089	0,697	4
Len	0,026	0,108	0,806	3

Pořadí dle TOPSIS a vah ze Saatyho metody (odborníci)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Celulóza	0,033	0,081	0,711	1
Dřevovláknité desky	0,039	0,085	0,684	2
Korek	0,087	0,048	0,358	5
Konopí	0,044	0,067	0,606	3
Len	0,054	0,078	0,590	4

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Výsledky metody TOPSIS (Tabulka 20) pro porovnání střešních konstrukcí vyšly obdobně jako metoda váženého součtu (Tabulka 19). Dle vah autora a investora vyšly výsledky naprosto identicky, ideální varianta je dřevovláknitá izolace, ovšem pouze velmi těsně před celulózou. Naopak nejméně vhodnou variantou je dle těchto vah zateplení korkovými deskami. Dle vah odborníků zastupujícího generálního dodavatele staveb jsou výsledky naprosto identické jako výsledky v předchozí metodě váženého součtu, tedy zateplení celulózou je kompromisní variantou a naopak nejméně vhodnou variantou je varianta zateplení korkovými deskami.



3.7.3 Podlahové konstrukce – cena skladeb

Kompletně oceněné skladby podlahy nad zeminou jsou v příloze této práce. Jelikož některé z porovnávaných materiálů nejsou vhodné do vlhčího prostředí, kterým podlaha na zemině i přes kvalitně provedenou hydroizolaci bývá, jsou zde oceněny pouze dva materiály, dřevovláknité rohože a korkové desky. Tloušťka tepelných izolací ve skladbě byla navržena 100 mm.

Tabulka 21: Cena zateplení podlahy na zemině

Zateplovací systém podlah na zemině		
Rozpočet	STEICO flex	Korek XPLD
Materiály	450,38 Kč	1 504,00 Kč
Montáž	153,79 Kč	92,63 Kč
Přesuny hmot	30,00 Kč	84,00 Kč
Celkem	634,17 Kč	1 680,63 Kč

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

V tabulce 21 jsou shrnuté ceny skladeb podlahových konstrukcí, celé rozpočty jsou v přílohách č. 11 - 12. Cena při použití dřevovláknitých desek je zde téměř třikrát menší než cena skladby zateplení podlahy korkovými deskami XPLD.

Metoda váženého součtu – podlaha – výsledky

V tabulce 22 jsou výsledky metody váženého součtu pro podlahy na zemině při použití cen skladeb podlah.

Tabulka 22: Metoda váženého součtu - podlaha - výsledky

	Matice užítku dle:			pořadí dle:		
	Metsfelovy alokace (autor)	postupného rozvržení (investor)	Saatyho metody (odborníci)	autora	investora	odborníků
Dřevovláknité desky	0,524	0,663	0,385	1.	1.	2.
Korek	0,402	0,291	0,467	2.	2.	1.

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Dle výsledků metody váženého součtu a vah autora je lepší variantou dřevovláknitá izolace. Dle vah investora je vhodnost dřevovláknité izolace ještě markantnější nežli u vah autora. Naopak dle vah odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb je vhodnější variantou korek, tento výsledek je ale způsoben především zvolenou metodou váženého součtu a faktem, že se porovnávají pouze dva materiály.

Metoda TOPSIS – podlaha – výsledky

Lepší metodou pro vícekritériální porovnání dvou variant je metoda TOPSIS. V tabulce 23 jsou zvýrazněné výsledky této metody.



Tabulka 23: TOPSIS skladba podlah

Pořadí dle TOPSIS a vah z Metsfelovy alokace bodů (autor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Dřevovláknité desky	0,153	0,209	0,577	1
Korek	0,332	0,071	0,176	2

Pořadí dle TOPSIS a vah z rozvržení do skupin (investor)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Dřevovláknité desky	0,176	0,209	0,542	1
Korek	0,438	0,071	0,140	2

Pořadí dle TOPSIS a vah ze Saatyho metody (odborníci)				
	d_i^+	d_i^-	c_i	pořadí
Dřevovláknité desky	0,127	0,170	0,572	1
Korek	0,243	0,122	0,335	2

Zdroj: Vlastní, zpracování vlastní

Z výsledků metody TOPSIS vychází naprosto dominantní varianta a to dřevovláknité desky STEICO flex. Důvod tohoto výsledku je vcelku prostý, zateplení podlahy korkovými deskami je zhruba třikrát dražší než zateplení podlahy dřevovláknitými deskami.

3.8 Shrnutí výsledků

Z výsledků všech metod vícekriteriálních analýz je vidět, že pokud se uvažuje pouze samotný materiál a jeho vlastnosti, je nejvhodnější variantou tepelná izolace na bázi foukané celulózy Climatizer plus. Rozhodně se ale nejedná o dominantní variantu, dřevovláknité desky STEICO flex jsou dle výsledků jen mírně horší a v některých případech, dle vah autora a metody váženého součtu, je dřevovláknitá izolace dokonce vybrána jako lepší varianta než foukaná celulóza Climatizer plus. Za průměrnou izolaci se dají označit konopné rohože a lněné rohože, respektive výrobek Termo konopí a NATURIZOL plus. Naopak nejhůře dopadla korková tepelná izolace XPLD, pouze pokud uvažujeme váhy odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb a použijeme metodu váženého součtu, je korková izolace průměrnou izolací, ale rozhodně není nejvhodnější variantou.

Druhá část vícekriteriálního výběru se soustředila na tepelnou izolaci včetně skladby. Z výsledků je jasné, že ani při uvažování ceny skladby nevyjde jediná dominantní varianta. Ovšem z výsledků vyplývá, že kompromisní variantou můžeme označit dřevovláknitou izolaci STEICO flex, která je nejvhodnější variantou dle vah autora, vah investora i vah odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb.



4. Závěr

Tepelné izolace se dnes používají ve veškeré obytné a komerční výstavbě, proto jsou to velmi zajímavé materiály a tvoří značnou část používaných stavebních materiálů. Proto i původ těchto materiálů a jejich dopad na životní prostředí za celý jejich životní cyklus, tedy od výroby až po jejich likvidaci a případnou recyklaci. Z tohoto důvodu jsou tepelné izolace, jejichž hlavní složkou jsou organické látky, které jsou ekologicky šetrné a snadno recyklovatelné, budoucností tepelných izolací. Neznamená to, že se v budoucnu budou používat pouze tyto izolace. Dá se však předpokládat, že s růstem použití tepelných izolací, i tepelné izolace na bázi organických materiálů, budou mít stejné zastoupení jako má dnes izolace typu polystyren či minerální vlny.

Tato práce vybírá mezi pěti konkrétními tepelnými izolacemi, jejichž hlavní složkou jsou různé organické látky. Nepokrývají všechny možné dostupné výrobky, ale jedná se pouze o vzorek těch nejpoužívanějších tepelných izolací na bázi organických materiálů, existuje více typů tepelných izolací na organické bázi a také mnohem více konkrétních výrobků od různých výrobců z těchto organických materiálů. Také tato práce uvažuje pouze tepelné izolace, jejichž hlavní složkou jsou rostlinné materiály, jelikož není úplně prokázána zdravotní nezávadnost a životnost materiálů živočišného původu, dalším důvodem je autorovo přesvědčení o etickém výrobním postupu živočišných materiálů.

V této práci bylo pro zjištění výsledků a zajištění objektivitu použito několik metod pro určení vah kritérií a především byly použity dvě metody pro vícekritériální výběr. U metody TOPSIS byly dokonce zjištěny nedostatky této metody, o kterých se nelze dočíst ani v odborné literatuře. Nedostatek této metody nastává v případech, kdy se kardinální informace kritérií pohybují kolem nuly, tedy některé mají kladné hodnoty a některé záporné hodnoty, metoda TOPSIS v těchto případech záporná čísla nezohledňuje a hodnoty se musí přepočítat tak, aby byly všechny kladné, ale se stejným rozdílem mezi sebou.

Z výsledků vícekritériální analýzy nelze jednoznačně určit, že jeden jediný materiál je ten nejlepší, ovšem bylo zjištěno, že některé izolace jsou dle určených kritérií vhodnější než ostatní. Z multikritériální analýzy vyšly zajímavě dvě varianty, a to varianty foukaná celulóza Climatizer plus a dřevovláknité rohože STEICO flex. Foukaná celulóza především díky nejnížší ceně a široké oblasti použití a dřevovláknité rohože díky svým technickým vlastnostem a vhodnosti použití do všech obvodových konstrukcí.



Nejvhodnější variantou zateplení rodinného domu, pokud se měla použít tepelná izolace z organických látek, by byla zřejmě kombinace těchto materiálů pro zateplení celého domu, dle jejich vhodnosti do různých obvodových konstrukcí.

Zajímavostí dřevovláknitých izolací, jako obecného materiálu, je jejich variabilita. Variabilitou, jsou myšleny různé druhy tepelné izolace, používané ve vícero konstrukcích a lišící se tvrdostí desek a jejich únosností v tlaku nebo další odolností, například proti vlhkosti nebo jinému namáhání. Tyto vlastnosti dělají z dřevovláknitých tepelných izolací velmi flexibilní materiál použitelný téměř všude. Z těchto důvodů by se dal považovat tento materiál za nejlepší.

Důležitým aspektem při výběru tepelné izolace je postoj hodnotitele, tedy z jaké pozice hodnotitel vybírá tepelnou izolaci. V této práci byly zohledněny tři pohledy na výběr izolace, z autorova studentského pohledu, z pohledu investora a z pohledu odborníků zastupujících generálního dodavatele staveb. Do výběru to bylo zohledněno pomocí určení preferencí vah kritérií, kdy první soubor vah určoval autor této práce, druhý soubor vah určil investor, který momentálně vybírá vhodné materiály pro stavbu menších bytových domů, a třetí soubor kritérií určovali odborníci z kanceláře dodavatele staveb.

Při výběru nejvhodnější tepelné izolace je velmi důležité si určit priority výběru, tedy co se od tepelné izolace očekává. Rozhodujícím je potom typ budovy, ve které se tepelná izolace použije. Tepelné izolace z organických látek jsou v porovnání s momentálně nejpoužívanějšími tepelnými izolacemi z technického hlediska velmi srovnatelné, jsou naopak mnohem ekologičtější, ale ekonomicky a dostupností stále zaostávají, dalo by se však predikovat jejich značné rozšíření na stavební trh.



Seznam tabulek

Tabulka 1: Normové hodnoty U.....	14
Tabulka 2: Climatizer Plus vlastnosti.....	29
Tabulka 3: Termo konopí Plus vlastnosti.....	31
Tabulka 4: STEICO Flex.....	33
Tabulka 5: XPLD Korek	35
Tabulka 6: Naturizol.....	37
Tabulka 7: Metsfelova alokace	42
Tabulka 8: Určení vah rozložením do skupin	43
Tabulka 9: Saatyho metoda	44
Tabulka 10: Výsledné váhy.....	45
Tabulka 11: Přidělení bodů slovním kvalitativním kritériím	45
Tabulka 12: Kriteriaální matice (ceny pouze materiálů)	46
Tabulka 13: Výsledky metody váženého součtu.....	46
Tabulka 14: TOPSIS 1 výsledky	48
Tabulka 15: Cena zateplení stěn.....	50
Tabulka 16: Metoda váženého součtu - stěna - výsledky.....	50
Tabulka 17: TOPSIS skladba stěn.....	51
Tabulka 18: Cena zateplení střech	52
Tabulka 19: Metoda váženého součtu - střecha - výsledky	52
Tabulka 20: TOPSIS skladba střechy.....	53
Tabulka 21: Cena zateplení podlahy na zemině.....	54
Tabulka 22: Metoda váženého součtu - podlaha - výsledky	54
Tabulka 23: TOPSIS skladba podlah	55



Seznam grafů

Graf 1: Podíl odpadu	6
----------------------------	---

Seznam obrázků

Obrázek 1: LCA	5
Obrázek 2: Kontaktní zateplovací systém	8
Obrázek 3: Difuzně otevřený zateplovací systém	9
Obrázek 4: Sendvičový systém	10
Obrázek 5: Celulóza	18
Obrázek 6: Dřevovláknité rohože	19
Obrázek 7: Konopná izolace	20
Obrázek 8: Korkové desky	21
Obrázek 9: Lněná izolace	22
Obrázek 10: Matice R	47



Seznam příloh

Příloha č. 1: Rozpočet zateplení stěny celulózou	64
Příloha č. 2: Rozpočet zateplení stěny materiálem STEICO flex	64
Příloha č. 3: Rozpočet zateplení stěny materiálem Termo konopí plus	65
Příloha č. 4: Rozpočet zateplení stěny materiálem Naturizol	65
Příloha č. 5: Rozpočet zateplení stěny korkovými deskami XPLD	66
Příloha č. 6: Zateplení střechy celulózou	66
Příloha č. 7: Rozpočet zateplení střechy materiálem STEICO flex	67
Příloha č. 8: Rozpočet zateplení střechy materiálem Termo konopí plus	67
Příloha č. 9: Rozpočet zateplení střechy materiálem Naturizol	68
Příloha č. 10: Rozpočet zateplení střechy korkovými deskami	68
Příloha č. 11: Rozpočet zateplení podlahy korkovými deskami	69
Příloha č. 12: Rozpočet zateplení podlahy materiálem STEICO flex	69
Příloha č. 13: Technický list Climatizer plus	70
Příloha č. 14: Technický list STEICO flex	71
Příloha č. 15: Technický list korkové izolace XPLD	73
Příloha č. 16: Technický list Termo konopí plus	75
Příloha č. 17: Technický list NATURIZOL	76



Seznam použitých zdrojů

Odborná literatura

DIAMANT, R. M. E. *Thermal and acoustic insulation*. Boston: Butterworths, 1986. ISBN 04-080-1394-X.

FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekritériální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-707-9748-7.

FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.

HASTINGS, Robert a Maria. *Sustainable solar housing*. Sterling, VA: Earthscan, ©2007. ISBN 978-1-84407-325-2.

HAZUCHA, Juraj. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4551-0.

HUDEEC, M. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. 1. vyd. Praha : Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4243-4.

CHYBÍK, J. *Přírodní stavební materiály* 1. vyd. Praha : Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2532-1.

MEADOWS, Donella H. *The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. 2d ed. New York: Universe Books, 1972. ISBN 08-766-3165-0.

PFUNDSTEIN, Margit. *Insulating materials: principles, materials, applications*. Munich: Edition Detail, 2008. ISBN 3764386541.

RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. 332 s. ISBN 978-80-7380-563-0.

ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9566-1.

VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

VALDA, Vojtěch. *Stavba domu svépomocí*. V Praze: Venkovský dům, 2015. ISBN 978-80-906031-0-3.



Právní předpisy a normy

ČESKO, 1992. Zákon č. 17/1992 ze dne 12. května 1992 o životním prostředí. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 68. ISSN 1211-1244.

ČESKO, 1992, Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ze dne 6. března 2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky. ISSN: 1211-1244. Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-163>

ČSN 73 0540-2, *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*, Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 13501-1, *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. Praha: Český normalizační institut, 2007.

Ostatní zdroje

CLIMATIZER. *Celulóza Climatizer plus* [online]. Copyright © 2017 [cit. 30.12.2017]. Dostupné z: <https://www.climatizer.cz/>

ČSÚ. Český statistický úřad, *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2016 ČSÚ* [online]. [cit. 25.11.2017]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>

ENVIMAT.CZ, Katalog fyzikálních a environmentálních profilů stavebních konstrukcí [online]. Copyright © 2010 ČVUT [cit. 11.12.2017] Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy/#potencial-globalniho-oteplovani>

ISOVER, *Tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright ©2014 [cit. 28.11.2017]. Dostupné z: http://www.isover.cz/sites/isover.cz/files/assets/documents/prospekt_fasady_9-2017.pdf

IZOLACE – INFO. *Izolace – info* [online]. Copyright © 2011 [cit. 30.12.2017]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/>

IZOLACE KONOPÍ. *Izolace Konopí* [online]. Copyright © 2011 IZOLACE KONOPÍ CZ, s.r.o. [cit. 29.12.2017]. Dostupné z: <http://www.konopi-izolace.cz>

KOREK JELÍNEK. *Korkové desky XPLD* [online]. Copyright © 2016 [cit. 30.12.2017]. Dostupné z: <https://www.korek.cz/>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, *Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí* -. Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © 2008 [cit. 25.11.2017]. Dostupné z: http://www.env.cz/cz/mezinarodni_smlouvy



MMR - *Základní pojetí konceptu udržitelného rozvoje*. [online]. Copyright © 2012 Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, všechna práva vyhrazena [cit. 25.11.2017]. Dostupné z: <http://www.mmr.cz/cs/Microsites/PSUR/Uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/Zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelného-rozvoje>

NASA. *Aerogels: Thinner, Lighter, Stronger*, [online]. Copyright ©2007, [cit. 09. 12. 2017] Dostupné z: <https://www.nasa.gov/vision/earth/technologies/aerogel.html>

PŘÍRODNÍ IZOLACE. *Lněná izolace NATURIZOL* [online]. Copyright ©2017 [cit. 01.12.2018]. Dostupné z: <http://www.prirodni-izolace.cz/>

REBUSTAV. *Důvody pro zateplení domu* [online]. Copyright 2015 [cit. 28.11.2017]. Dostupné z: <http://www.rebustav.cz/duvody-pro-zatepleni-domu.htm>

SOUKOPOVÁ, Jana. *Vícekritériální metody hodnocení* [online]. Copyright 2013 [cit. 2017-10-12]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1456/jaro2013/MPV_VZVP/um/33148301/Studijni_text_metody_vicekriterialniho_rozhodovani.pdf

SSIR - Stanford Social Innovation Review, *There Is No Such Thing as a Green Product* Stanford Social Innovation Review: Informing and Inspiring Leaders of Social Change [online]. Copyright © 2017 Stanford University. [cit. 25.11.2017]. Dostupné z: https://ssir.org/articles/entry/there_is_no_such_thing_as_a_green_product

STAVEBNINY DEK,. *Stavebniny DEK - Vše pro Váš dům* [online]. Copyright © 2017 DEK a.s. [cit. 11.12.2017]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/5228-drevovlaknitezolace>

STEICO. *Das Naturbausystem | Home*. [online]. Copyright ©2017 [cit. 01.12.2018]. Dostupné z: <http://www.steico.com>

TZB-INFO. *Součinitel tepelné vodivosti*, [online]. Copyright ©2017, ISSN 1801-4399 [cit. 28.11.2017]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>

TZB-INFO. *Součinitel prostupu tepla* [online]. © 2001 - 2017 [cit. 06. 12. 2017]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>

TZB-INFO. *Minerální izolace*, [online]. Copyright ©2017, ISSN 1801-4399 [cit. 09. 12. 2017]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

WOODSTAV VESELÝ. *WoodSTAV VESELÝ* [online]. Copyright © 2015 [cit. 11.12.2017]. Dostupné z: http://www.woodstav.cz/sluzby/foukana_izolace_isocell



Přílohy

Příloha č. 1: Rozpočet zateplení stěny celulózou

Zateplení stěny celulózou		
Materiál	rozměr	cena
Climatizer Plus	1 m ² tl. 100 mm	179,30 Kč
Dřevěný rošt	40x100 mm	215,00 Kč
Heraklith desky	1 m ² tl. 35 mm	245,00 Kč
Difuzně otevřená omítka weber	1 m ² tl. 3 mm	298,68 Kč
armovací tkanina	1 m ²	24,80 Kč
celkem		962,78 Kč
Montáž	plocha	cena
Foukání celulózy	1m ² tl 100 mm	71,33 Kč
montáž dřevěného roštu	1m	41,51 Kč
montáž heraklithové desky	1m ²	66,26 Kč
provádění omítky	1m ²	45,00 Kč
celkem		224,10 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		16,00 Kč
Přesun tesařských kcí		22,00 Kč
přesun hmot HSV		28,00 Kč
celkem		38,00 Kč
Cena zateplení		1 224,88 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 2: Rozpočet zateplení stěny materiálem STEICO flex

Zateplení stěny dřevovláknitými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
STEICO Flex	1 m ² tl. 100 mm	206,10 Kč
Dřevěný rošt	40x100 mm	215,00 Kč
Heraklith desky	1 m ² tl. 35 mm	245,00 Kč
Difuzně otevřená omítka	1 m ² tl. 3 mm	257,00 Kč
armovací tkanina	1 m ²	24,80 Kč
celkem		947,90 Kč
Montáž	plocha	cena
vládání rohoží	1m ² tl 100 mm	27,00 Kč
montáž dřevěného roštu	1m	41,51 Kč
montáž heraklithové desky	1m ²	66,26 Kč
provádění omítky	1m ²	32,46 Kč
celkem		134,77 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		6,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		22,00 Kč
přesun hmot HSV		10,00 Kč
celkem		28,00 Kč
Cena zateplení		1 110,67 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní



Příloha č. 3: Rozpočet zateplení stěny materiálem Termo konopí plus

Zateplení stěny konopnými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
Termo konopí plus	1 m ² tl. 100 mm	471,90 Kč
Dřevěný rošt	40x100 mm	215,00 Kč
Heraklith desky	1 m ² tl. 35 mm	245,00 Kč
Difuzně otevřená omítka weber	1 m ² tl. 3 mm	298,68 Kč
armovací tkanina	1 m ²	24,80 Kč
celkem		1 255,38 Kč
Montáž	plocha	cena
vkładání rohoží	1m ² tl 100 mm	27,00 Kč
montáž dřevěného roštu	1m	41,51 Kč
montáž heraklithové desky	1m ²	66,26 Kč
provádění omítky	1m ²	45,00 Kč
celkem		134,77 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		6,00 Kč
Přesun tesařských kcí		22,00 Kč
přesun hmot HSV		28,00 Kč
celkem		28,00 Kč
Cena zateplení		1 418,15 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 4: Rozpočet zateplení stěny materiálem Naturizol

Zateplení stěny lněnými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
lněná rohož naturizol	1 m ² tl. 100 mm	248,00 Kč
Dřevěný rošt	40x100 mm	215,00 Kč
Heraklith desky	1 m ² tl. 35 mm	245,00 Kč
Difuzně otevřená omítka weber	1 m ² tl. 3 mm	298,68 Kč
armovací tkanina	1 m ²	24,80 Kč
celkem		1 031,48 Kč
Montáž	plocha	cena
vkładání rohoží	1m ² tl 100 mm	27,00 Kč
montáž dřevěného roštu	1m	41,51 Kč
provádění omítky	1m ²	45,00 Kč
montáž heraklithové desky	1m ²	66,26 Kč
celkem		179,77 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		9,00 Kč
přesun hmot HSV		28,00 Kč
Přesun tesařských kcí		22,00 Kč
celkem		59,00 Kč
Cena zateplení		1 270,25 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní



Příloha č. 5: Rozpočet zateplení stěny korkovými deskami XPLD

Zateplení stěny korkovými deskami		
Materiál	rozměr	cena
desky XPLD	1 m ² tl. 100 mm	1 340,00 Kč
omítka silikátová	1 m ² tl. 3 mm	270,33 Kč
armovací tkanina	1 m ²	24,80 Kč
celkem		1 635,13 Kč
Montáž	plocha	cena
montáž izolačních desek lepením	1m ² tl 100 mm	133,22 Kč
provádění omítky	1m ²	45,00 Kč
celkem		178,22 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		46,00 Kč
přesun hmot HSV		16,00 Kč
celkem		62,00 Kč
Cena zateplení		1 875,35 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 6: Zateplení střechy celulózou

Zateplení střechy celulózou		
Materiál	rozměr	cena
Climatizer Plus	1 m ² tl. 160 mm	286,88 Kč
Vaznice	100x160 mm	114,00 Kč
OSB desky 2x	1 m ² tl. 15 mm	328,00 Kč
Sádrokarton včetně roštu	1 m ² tl. 12 mm	123,94 Kč
parotěsná fólie	1 m ²	24,80 Kč
celkem		877,62 Kč
Montáž	plocha	cena
Foukání celulózy	1m ² tl 160 mm	60,60 Kč
montáž dřevěného záklopu OSB 2x	1m	152,86 Kč
montáž parotěsné fólie	1m ²	42,87 Kč
montáž SDK podhledu včetně roštu	1m ²	135,71 Kč
celkem		392,04 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		17,00 Kč
Přesun tesařských kcí		49,00 Kč
přesun hmot montovaných konstr.		10,00 Kč
celkem		66,00 Kč
Cena zateplení		1 335,66 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní



Příloha č. 7: Rozpočet zateplení střechy materiálem STEICO flex

Zateplení střechy dřevovláknitými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
STEICO Flex	1 m ² tl. 160 mm	329,76 Kč
OSB desky 1x	1 m ² tl. 15 mm	164,00 Kč
Sádrokarton včetně roštu	1 m ² tl. 12 mm	123,94 Kč
parotěsná fólie	1 m ²	24,80 Kč
celkem		642,50 Kč
Montáž	plocha	cena
vkładání rohoží spodem	1 m ² tl 160 mm	26,86 Kč
montáž dřevěného záklopu OSB	1 m	76,43 Kč
montáž parotěsné fólie	1 m ²	42,87 Kč
montáž SDK podhledu včetně roštu	1 m ²	135,71 Kč
celkem		281,87 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		11,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		19,00 Kč
přesun hmot montovaných konstr.		10,00 Kč
celkem		30,00 Kč
Cena zateplení		954,37 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 8: Rozpočet zateplení střechy materiálem Termo konopí plus

Zateplení střechy konopnými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
Termo konopí plus	1 m ² tl. 160 mm	754,56 Kč
OSB desky 1x	1 m ² tl. 15 mm	164,00 Kč
Sádrokarton včetně roštu	1 m ² tl. 12 mm	123,94 Kč
parotěsná fólie	1 m ²	24,80 Kč
celkem		1 067,30 Kč
Montáž	plocha	cena
vkładání rohoží spodem	1m ² tl 160 mm	26,86 Kč
montáž dřevěného záklopu	1m	76,43 Kč
montáž parotěsné fólie	1m ²	42,87 Kč
montáž SDK podhledu včetně roštu	1m ²	135,71 Kč
celkem		281,87 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		17,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		19,00 Kč
přesun hmot montovaných konstr.		10,00 Kč
celkem		36,00 Kč
Cena zateplení		1 385,17 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní



Příloha č. 9: Rozpočet zateplení střechy materiálem Naturizol

Zateplení střechy lněnými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
lněná rohož naturizol	1 m ² tl. 160 mm	396,80 Kč
OSB desky 1x	1 m ² tl. 15 mm	164,00 Kč
Sádrokarton včetně roštu	1 m ² tl. 12 mm	123,94 Kč
parotěsná fólie	1 m ²	24,80 Kč
celkem		709,54 Kč
Montáž	plocha	cena
ukládání rohoží spodem	1m ² tl 160 mm	26,86 Kč
montáž dřevěného záklopu	1m	76,43 Kč
montáž parotěsné fólie	1m ²	42,87 Kč
montáž SDK podhledu včetně roštu	1m ²	135,71 Kč
celkem		281,87 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		21,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		49,00 Kč
přesun hmot montovaných konstr.		10,00 Kč
celkem		70,00 Kč
Cena zateplení		1 061,41 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 10: Rozpočet zateplení střechy korkovými deskami

Zateplení střechy korkovými deskami		
Materiál	rozměr	cena
desky XPLD	1 m ² tl. 160 mm	2 144,00 Kč
prkenné bednění	1 m ² tl. 20 mm	62,00 Kč
Sádrokarton včetně roštu	1 m ² tl. 12 mm	123,94 Kč
parotěsná fólie	1 m ²	24,80 Kč
celkem		2 354,74 Kč
Montáž	plocha	cena
montáž nadkrokevní izolace deskami	1m ² tl 160 mm	138,00 Kč
montáž prkenného záklopu	1m ²	85,95 Kč
montáž parotěsné fólie	1m ²	42,87 Kč
montáž SDK podhledu včetně roštu	1m ²	135,71 Kč
celkem		402,53 Kč
Přesuny hmot		cena
Přesun izoalcí		45,00 Kč
Přesun tesařských kcí		39,00 Kč
přesun hmot montovaných konstr.		10,00 Kč
celkem		84,00 Kč
Cena zateplení		2 841,27 Kč



Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 11: Rozpočet zateplení podlahy korkovými deskami

Zateplení podlahy korkovými deskami		
Materiál	rozměr	cena
desky XPLD	1 m ² tl. 100 mm	1 340,00 Kč
OSB desky 1x	1 m ² tl. 15 mm	164,00 Kč
celkem		1 504,00 Kč
Montáž		
	plocha	cena
montáž podlahové izolace deskami	1 vrstva	16,20 Kč
montáž dřevěného záklopu OSB	1 m	76,43 Kč
celkem		92,63 Kč
Přesuny hmot		
		cena
Přesun izoalcí		45,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		39,00 Kč
celkem		84,00 Kč
Cena zateplení		1 680,63 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní

Příloha č. 12: Rozpočet zateplení podlahy materiálem STEICO flex

Zateplení podlahy dřevovláknitými rohožemi		
Materiál	rozměr	cena
STEICO Flex	1 m ² tl. 100 mm	206,10 Kč
OSB desky 1x	1 m ² tl. 15 mm	164,00 Kč
dřevěné polštáře	KVH 60x100	80,28 Kč
celkem		450,38 Kč
Montáž		
	plocha	cena
vkładání rohoží spodem	1 m ² tl 160 mm	26,86 Kč
montáž dřevěného záklopu OSB	1 m	76,43 Kč
montáž podlahových polštářů	osová vzdálenost 100 cm	50,50 Kč
celkem		153,79 Kč
Přesuny hmot		
		cena
Přesun izoalcí		6,00 Kč
Přesun tesařských konstrukcí		24,00 Kč
celkem		30,00 Kč
Cena zateplení		634,17 Kč

Zdroj: URS, zpracování vlastní



Příloha č. 13: Technický list Climatizer plus



Špičková tepelná izolace

TECHNICKÝ LIST

CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Climatizer Plus® je unikátní tepelná a akustická izolace, která je vyrobena na bázi přírodního celulóзовého vlákna. Technologie výroby, jejímž základním materiálem je výběrový recyklovaný novinový papír, je založena na suchém rozvláknění a současně impregnaci vláken dalšími přísadami (kyselina boritá a síran hořečnatý). Ty zlepšují odolnost proti ohni, plísni i drobným hlodavcům. Výhodou této přírodní vlny je přirozená schopnost vyrovnávat vlhkost a akumulovat teplo v mnohem větší míře než umělé vyráběné izolace.

POUŽITÍ, APLIKACE

Climatizer Plus® je určen pro stavební tepelná a akustická izolace v oblasti vnějších i vnitřních konstrukcí - šikmých střeš, podkrovní, stropů, podlah mezi trámy nebo poštáří, dělicích stěn, podhledů a dalších.

Aplikace se provádí s pomocí strojního zařízení za sucha nebo formou nástřiku. Aplikace izolace za sucha je možná tzv. volným foukáním (například pody) nebo mnohem častěji tzv. objemovým plněním do připravených dutin stěn, střeš nebo stropů. Systém umožňuje izolovat bez spár a nalézt řešení i u komplikovaných a těžko dostupných míst. Během aplikace nevznikají odězky a jiný odpad. Technologie foukání zajišťuje rychlou práci a snadný přesun hmot. Při aplikaci volným foukáním je nutné počítat se sedavostí cca 10% - 15% (již při aplikaci se tl. zvětšuje o 10% - 15% více, po sesednutí si již materiál dále nesedá). Pokud je izolace aplikována do dutiny, musí být dodrženy pokyny výrobce týkající se přesné objemové hmotnosti, materiál si potom ani po mnoha letech nesedne.

Nástřik celulóзовé izolace (dle tloušťky smícháno s vodou nebo lepidlem Sokrat, Karsil, atd.) je možné použít pro interiéru i exteriéru až do tloušťky 15 cm.

Objemová hmotnost při aplikaci celulóзовé izolace za sucha se pohybuje:

- při volném foukání na volné vodorovné plochy: 30 - 48 kg/m³
- při objemovém plnění do vodorovných, šikmých nebo svislých konstrukcí: 34 - 70 kg/m³

Objemová hmotnost nástřiku se pohybuje

- při nástřiku s lepidlem: 45 - 90 kg/m³
- při nástřiku s vodou: 38 - 50 kg/m³

ROZMĚRY

Označení	Váha (kg)
CLIMATIZER PLUS	13,6

TECHNICKÉ PARAMETRY

Parametr	Hodnota	Jednotka	Norma
TEPELNÉ VLASTNOSTI			
Součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{0,0100}$ - suchý materiál	0,038 ¹	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	ČSN EN 12667, ČSN EN ISO 10456
Součinitel tepelné vodivosti λ - nástřikáný s vodou (pojlivem)	0,039 (0,042)	W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	ČSN EN ISO 8990, ČSN EN 675
Měrná tepelná kapacita c_d	2020 ± 6%	J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹	ČSN EN ISO 8990, ČSN EN 675
FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI			
Objemová hmotnost	30-90 ¹	kg·m ⁻³	ČSN EN 1602
Slehnutí materiálu (volné foukání na vodorovnou plochu)	≤10 - 15	%	-
Slehnutí materiálu (objemové plnění - střešy, stropy, přičky)	neměřitelné (≤1)	%	-
PROTIPOŽÁRNÍ VLASTNOSTI			
Reakce na oheň - suchý materiál	C-s1, d0	-	ČSN EN 13501-1
Reakce na oheň - suchý materiál v dutině za stanovených podmínek	B-s1, d0	-	
Reakce na oheň - nástřikáný s pojlivem Karsil ED1	B-s1, d0	-	
Reakce na oheň - nástřikáný s pojlivem Sokrat 2802A	D-s2, d0	-	
Index šíření plamene λ_i	0,00	mm·min ⁻¹	ČSN 73 0863
Maximální teplota použití	80 (105 krátkodobě)	°C	-
OSTATNÍ VLASTNOSTI			
Faktor difusního odporu μ	1,1-3 ¹	-	ČSN EN 12086

¹ Deklarovaná hodnota udávaná pro střední teplotu 10°C a obsah vlhkosti rovný vlhkosti materiálu při rovnovážném stavu při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50%

² Dle způsobu aplikace pro různé konstrukce a jejich sklon.

21. 11. 2016 Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo uvedené údaje měnit.

BALENÍ, TRANSPORT, SKLADOVÁNÍ

Climatizer Plus® je balen v PE pytlích a může být stohován na EUR paletách nebo volně na suchém podkladu v krytém skladu. Pro bezproblémovou dopravu jsou doporučovány EUR palety, kdy je celá paleta obalena smršťovací fólií. Tepelné izolační materiál je v originálním označeném obalu od výrobce s identifikačními údaji.

Výrobek musí být dopravován v krytých dopravních prostředcích za podmínek vylučujících jejich navhnutí nebo jiné znehodnocení.

Skládá se v krytých skladových prostorách chráněn proti povětrnostním vlivům bez působení lokálních zdrojů tepla s teplotou nad 80°C. Balení izolantu není vodotěsné. Při skladování venku je nutno tuto skutečnost uvést do objednávky. Dodávka pro tento účel je možná pouze na paletách a palety jsou překryty speciálními obaly přímo ve výrobě. Toto balení, v neporušeném stavu, je možné ponechat ve venkovním prostředí po dobu cca 3 měsíců (doba UV stabilizace pytle) na vyvýšeném místě bez nebezpečí zatopení palet.

PŘEDNOSTI

- velmi dobré tepelné izolační parametry izolace ($\lambda_{0,0100} = 0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- významné zlepšení akustiky stavby
- vysoká hodnota měrné tepelné kapacity materiálu ($C_d = 2020 \pm 6\% \text{ J}\cdot\text{kg}\cdot\text{K}^{-1}$)
- zlepšení akumulačních vlastností a snížení teploty prostor v létě
- nízký difusní odpor, umožňující realizaci konstrukce s difúzně otevřenou skladbou
- dokonalé vyplnění všech detailů stavby
- dobré protipožární parametry
- odolnost vůči houbám, plísni, hlodavcům a hmyzu
- libovolné aplikační tloušťky v rozmezí od 1 do 100 cm
- ekologicky šetrný výrobek (známka propůjčena již v roce 1994)



CIUR a.s.
Pražská 1012, 250 01 Brandýs nad Labem
Tel.: +420 326 901 411, Fax: +420 326 901 456
E-mail: info@ciur.cz, www.ciur.cz, www.climatizer.com



CIUR a.s.
Brandýs nad Labem

Zdroj: Climatizer (2016)



Příloha č. 14: Technický list STEICO flex

STEICO flex
elastická tepelná izolace

stavební materiály ze dřeva šetrné
k životnímu prostředí



DOPORUČENÉ POUŽITÍ

elastická izolace do prostor mezi
stánovými, středními
a stropními konstrukcemi

izolace volných prostor vnitřních
průčkových stěn a plošných instalací



- elastická tepelná izolace
- eliminace tepelných mostů
- dokonalé izolační vlastnosti v zimě i v létě
- dokonalá difúze vodních par
- regulace mikroklimatu místnosti
- snadné zpracování
- ekologická a šetrná k životnímu prostředí
- vhodná k opětovnému zpracování

více informací a návod na zpracování najdete v příslušných brožurách
nebo na internetových stránkách www.steico.com



BALENÍ

STEICOflex desky

tloušťka [mm]	formát [mm]	hmotnost/m ² [kg]	kusů v balíku	balíků na paletě	paleta [m ²]	hmotnost palety [kg]
40	1.220 * 575	2,00	10	12	84,2	cca 200
50	1.220 * 575	2,50	9	10	63,1	cca 190
60	1.220 * 575	3,00	8	10	56,1	cca 200
80	1.220 * 575	3,60	6	10	42,1	cca 180
100	1.220 * 575	4,50	4	12	33,7	cca 180
120	1.220 * 575	5,40	4	10	28,1	cca 180
140	1.220 * 575	6,30	4	8	22,4	cca 170
160	1.220 * 575	7,20	3	10	21,0	cca 180
180	1.220 * 575	9,00	3	8	16,8	cca 180
200	1.220 * 575	10,00	2	12	16,8	cca 200

TECHNICKÉ PARAMETRY STEICOflex

vyráběna a kontrolována podle normy	EN 13171
označení desek	WF – EN 13171 – T2 – TR1 – AF5
požární odolnost podle normy EN 13501-1	E
deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ_D [W/(m*K)]	0,038
jmenovitá hodnota součinitele prostupu tepla R_D [(m ² *K)/W]	1,05/1,30/1,55/2,10/2,60/3,15/3,70/4,20/4,75/5,25
tloušťka [mm]	40/50/60/80/100/120/140/160/180/200
hustota [kg/m ³]	cca 50
faktor difuzního odporu μ	1/2
měrná tepelná kapacita c [J/(kg*K)]	2100
pevnost v tahu σ_t [kPa]	≥ 1
odpor proti průchodu vzduchu [(kPa*s)/m ²]	≥ 5
prísadové materiály	dřevěná vlákna, fosforečnan amonný, polyolefinové vlákno
kod odpadu (EAK)	030105/170201

SKLADOVÁNÍ/DOPRAVA

uložte naplocho v suchém prostředí
hrany chráňte před poškozením
foliový obal odstraňte teprve tehdy,
kdy je paleta na stabilním
a rovném místě



STEICO
stavět a bydlet ve shodě s přírodou

Distributor:

www.steico.com

Právo na technické změny vyhrazeno. 03/2009. Platné je vždy aktuální vydání.





Příloha č. 15: Technický list korkové izolace XPLD

TECHNICKÝ LIST / TECHNICAL DATA SHEET

CORKTHERM

Popis:

ekologické fasádní izolační korkové desky XPLD a XPMD z čistého expandovaného korku (EN 13170).

Číslo povolení:

ETA-05/0125

Certifikační číslo:

1139-CPD-0162/B4



délka 1000mm (± 0,5mm)

šířka 500mm (± 0,5mm)

Oblast' použití

Systémově testovaná, difúzní izolační deska pro vonkajšiu tepelnú izoláciu (podľa ETAG 004). Je určená pre staršie budovy aj novostavby. Ekologická oblasť využitia vďaka prírodnej, opätovne dorastajúcej surovine (korková kôra), ktorá si počas celej doby životnosti zachováva svoju biologickú štruktúru.

Základný materiál

Prírodný izolačný materiál z vybranej korkovej kôry, stlačený pôsobením vodnej pary, bez použitia akéhokoľvek spojovacieho materiálu okrem vlastnej živice, následne spracovaný a narezaný na korkové desky. Bez rozpínajúcich prísad. Bez použitia FCKW a HFCKW.

Vlastnosti korku

Je ekologicky vhodný, vysoko difúzny, zvukovo-izolačné vlastnosti, tepelno-izolačné vlastnosti, odolný voči opotrebovaniu.

Podmienky použitia

Počas aplikácie a počas fázy sušenia nesmie teplota okolia, respektíve teplota podkladovej vrstvy klesnúť pod +5° C.

Podkladová vrstva

Odstráňte náterové adhezívne prostriedky (oddeľňovací olej atď.). Kriedové a zplieskované plochy spevnite podkladom alebo odstráňte. Na starých alebo nedostatočne nosných podkladoch je nutné izolačné desky spravidla dodatočne ukotviť.

Spracovanie

Odstráňte náterové adhezívne prostriedky (oddeľňovací olej atď.). Kriedové a zplieskované plochy spevnite podkladom alebo odstráňte. Na starých alebo nedostatočne nosných podkladoch je nutné izolačné desky spravidla dodatočne ukotviť.

Lepenie

Naneste lepiacu maltu na okraj dosky bodovou metódou (cca 40 % lepiacej plocha). Šírka nánosu malty cca 5 centimetrov. Výška nánosu malty cca 2 centimetre. Ak chcete na nárožie budov použiť tabule s hrúbkou viac ako 20 cm, použite montážne lepidlo (napr. AC-Contact TEMPO).

Skladovanie

Na suchom mieste, chráňte pred vlhkom a intenzívnym UV-žiarením (slnko, svetlo).
Možno skladovať min. 12 mesiacov.



TECHNICKÝ LIST / TECHNICAL DATA SHEET

PARAMETER	JEDNOTKA	071639	005924	005925	005926	005927	005919	005920	005921	005928	005929	005930
Spôsob balenia		vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum	vacuum
Počet kusov v balení	ks	15	10	8	6	5	4	3	2	2	2	2
Pokrytie balenia	m ²	7,5	5	4	3	2,5	2	1,5	1	1	1	1
Hrúbka izolácie	mm	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180
Tepelný odpor	R _s (m ² KW ⁻¹)	0,528	0,792	1,055	1,319	1,583	2,111	2,639	3,166	3,691	4,222	4,749

Kód: ICB-EN13170-L2-W2-T2-CS(10)100-TR(50)-WS

Atest: ETA-05/0125 (ETAG 004)

Skúšobný certifikát: CSTB Marne-la-Vallee

PARAMETER	NORMA / ATEST	JEDNOTKA	HODNOTA
Rozmer		mm	1000 × 500
Hustota XPLD	EN1015-10	kg/m ³	105 – 125
Hustota XPMD	EN1015-10	kg/m ³	145 – 160
Koeficient tepelnej vodivosti	EN 1745:2002	W/mK	0,035 – 0,040
Tepelná difúzia		m ² /s	1,4×10 ⁻⁷ – 1,9×10 ⁻⁷
Tepelná kapacita		kJ/kgK	1,67
Pevnosť v ohybe		kg/cm ²	1,4 – 2,0
Pevnosť v tlaku 10%	EN 826	kPa	≥ 100
Pevnosť v ťahu	EN 1607	kPa	≥ 60
Difúzia vodnej pary	EN 1015-19	μ	2 – 8
Modul pružnosti		N/mm ²	5
Absorpčný koeficient P/500Hz		α	0,33
Absorpcia vody	EN 1609	kg/m ²	< 0,3
Požiarne odolnosť	EN 13501-1	euroclass	E / B2
Tepelná odolnosť		°C	-200 až +140

Všeobecné pokyny

Naše technické poradenstvo je Vám k dispozícii v prípade Vašich otázok ohľadne použitia, spracovania ako aj v prípade prezentácie našich výrobkov. Aktuálne technické návody si môžete vyžiadať na našich predajných miestach, ktoré sú umiestnené na našej internetovej stránke www.korok.sk. Tento produkt bol testovaný vo viacerých skúšobných inštitútoch v rôznych častiach EU.



Korok Jelínek, spol. s r. o., Pri Šajbách 4/8, 831 06 Bratislava
 tel.: 02 53 410 060, fax: 02 53 418 012
 info@korok.sk, izolacie@korok.sk, www.korok.sk



Zdroj: Korek Jelínek (2017)



Příloha č. 16: Technický list Termo konopí plus

Technický list

Stav 09/2010

TERMO-KONOPI[®] PLUS



Popis :

- izolační materiál schválený pro stavebnictví
- izolační rohože z konopných vláken
- jako pojivo použit kukuřičný škrob
- vyrobeno suchým procesem
- kompostovatelné
- certifikováno z hlediska stavební biologie a ekologie
- vyrobeno výlučně alternativním zdrojem elektřiny

Vlastnosti :

- nejlepší ochrana tepla díky minimální tepelné vodivosti
- nejlepší ochrana proti horku v létě díky vysoké schopnosti akumulovat teplo
- dobré protihlukové vlastnosti
- jednoduché zpracování pomocí nože Hock na TERMO-KONOPI[®] nebo pomocí běžných elektrických řezacích nástrojů – vhodné pro zpracování vlastními silami
- schopnost vyrovnávat vlhkost díky vysoké sorpční schopnosti



Oblast použití :

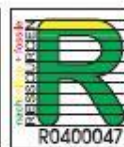
- mezikrokevní izolace
- nadkrokevní izolace mezi pomocnými krokvemi
- podkrokevní izolace
- izolace dřevěných trámových stropů
- izolace vnějších a vnitřních stěn v dřevěných roštech
- izolace stěn s kovovými sloupky
- izolace předsazených konstrukcí
- vnější izolace stěn se vzduchovou mezerou

Všeobecná upozornění :

- TERMO-KONOPI[®] Plus musí být skladováno a zpracováno v suchu
- skladovat ve svislé poloze
- při zpracování dbát na dostatečné odvětrání
- montáž se provádí bez mezer a s montážní rezervou 20 – 30 mm
- po montáži celistvě uzavřít

Technická data :

Povolení	ETA 05/0037
Obsažené látky	83-87 % konopné vlákno, 10-12 % kukuřičný škrob, 3-5% soda jako protipožární ochrana
Objemová hmotnost [kg/m ³]	30-42
Výpočtová hodnota tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,040
Tepelný odpor R [m ² ·K/W] bei Dicke [mm]	0,75 1,00 1,25 1,50 2,00 2,50 3,00 3,50 4,00 4,50 5,00 5,50 30 40 50 60 80 100 120 140 160 180 200 220
Specifická tepelná kapacita [J/(kg·K)]	1600
Číslo difúzního odporu μ	1-2
Hydrodynamický odpor [kPa·s/m ²]	3,0
Třída hořlavosti	B2, evropská třída E
Maximální snesitelná teplota [°C]	120
Náchylnost k plísním (podle EN ISO 846)	nebyl zjištěn žádný růst plísní
Forma izolace	rohože
Tloušťka [mm]	30 – 220
Standardní rozměry [mm]	rohože: 1200 x 625 1200 x 580 (rozměr pro dřevostavby) 2400 x 1000
Řezání na míru	od 40-ti rohoží stejné šířky nabízíme zhotovení na míru bez přírážky ceny



IZOLACE KONOPI CZ, s. r. o.

Husovo náměstí 591, 390 02 Tábor

tel./fax: +420 381 523 599, mobil: +420 774 616 602

www.izolace-konopi.cz, e-mail: info@izolace-konopi.cz

Tento technický list odpovídá technickému stavu k datu jeho vytištění a ztrácí svou platnost vydáním nového technického listu. Platí v souvislosti s dalšími podklady HOCK GmbH & Co. KG. Při zpracování dbajte prosím našich pokynů ke zpracování. Je nutno dodržet platná národní stavební zákony. Ručení Hock GmbH & Co. KG je vyloučeno. Tato se vztahuje také na tiskové chyby a dodatečné změny v technických údajích.



Příloha č. 17: Technický list NATURIZOL

NATURIZOL



JUTA

NATURIZOL | technické parametry

NATURIZOL

Stavební tepelná a zvuková izolace z přírodních vláken

Složení výrobku	82 - 86 % lněná vlákna
	11 - 13 % BiCo vlákna jako pojivo
	3 - 5 % soda jako retardant hoření
Rozměr (výška x šířka)	120 cm x 60 cm
Tloušťka	40 - 120 mm
Deklarovaná λ_D	0,039 W/(mK)
Výsledky zkoušek λ	0,035 W/(mK) tl. 40 mm - 0,038 W/(mK) tl. 120 mm
Reakce na oheň	třída E (B2)
Tepelná akumulace	c = cca. 1550 J/kg*K
Faktor difúzního odporu	$\mu = 5,7$
Zvuková pohltivost	$\alpha W = 0,95$

Proč si kupujete přírodní izolaci?

Použitím přírodní tepelně akustické izolace NATURIZOL získáte tyto výhody:

- Vynikající tepelně izolační vlastnosti → $\lambda_K = (\text{max. } 0,039) \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- Lepší akumulační schopnosti v porovnání s minerální vlnou
- Přírodní materiály optimálně regulují vlhkost
- Přírodní materiály poskytují vysoký stupeň zvukové izolace
- Úpravou izolačního materiálu sodou dosahujeme její maximální odolnosti vůči ohni - třída E (B2)
- Je zcela odolná proti plísním, hnilobě a škůdcům
- Výrobek je tvarově stabilní a má téměř neomezenou životnost
- Je naprosto zdravotně a ekologicky nezávadná, jednoduchá a rychlá montáž
BEZ NUTNOSTI POUŽITÍ OCHRANNÝCH POMŮCEK

NATURIZOL se úspěšně prodává již několik let na holandském trhu, kde je vysoce oceňován a ob stojí i v tvrdé konkurenci.

ŽIJTE V SOULADU S PŘÍRODOU!

JUTA, a. s.
Palackého 457
511 01 Turnov
Česká republika

Tel.: +420 **481 351 111**
Fax: +420 **481 351 118**
E-mail: men@juta.cz
<http://www.juta-tumov.cz>

