

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

Bc. Jitka ZAHRÁDKOVÁ

**UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA EKONOMICKO - SPRÁVNÍ**

**Analýza vhodných materiálů pro výstavbu
energeticky úsporných domů z hlediska
udržitelného rozvoje v rámci ČR**

Bc. Jitka Zahradková

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
2010**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav veřejné správy a práva
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jitka ZAHRÁDKOVÁ**
Studijní program: **N6202 Hospodářská politika a správa**
Studijní obor: **Ekonomika veřejného sektoru**

Název tématu: **Energeticky úsporné domy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- klasifikace energeticky úsporného domu
- srovnání energeticky úsporného domu s běžnou stavbou
- metoda pro energetické porovnání
- analýza a výsledky

Rozsah grafických prací: —
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

FEIST W., KLEIN J.: Nízkoenergetický dům : úspory energie v bytové výstavbě budoucnosti, z něm. orig. přel. Jiří Weniger. - 1. vyd., české. - Ostrava : HEL, 1994. - 183 s.

NOSKIEVIĆ, P., KAMINSKÝ, J.: Využití energetických zdrojů, Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1996, ISBN 80-7078-378-8

PARK, Chris C - Ecology and enviromental management, London: Butterworths, 1980

TYWONIAK, J. a kol.: Nízkoenergetické domy 2: Princip a příklady, 1. vydání - Praha, Grada, 2008 - 193s.: il., plány ISBN 978-80-247-2061-6

Vedoucí diplomové práce: Ing. Robert Baťa, Ph.D.
Ústav veřejné správy a práva

Datum zadání diplomové práce: 29. června 2009

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2010



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



Ing. Robert Baťa, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 4. srpna 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 04. 2010

Jitka Zahradková

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá analýzou u nás dostupných stavebních materiálů, pro výstavbu nízkoenergetických domů. První část práce se zabývá hodnocením nízkoenergetických domů, izolacemi, tepelnými zisky a ztrátami. V druhé části jsou představeny jednotlivé produkty pro stavby domů. Třetí část je věnována analýze těchto materiálů, které jsou ohodnoceny bodovou metodou.

KLÍČOVÁ SLOVA

nízkoenergetické domy, izolační systémy, energetická bilance staveb, tepelné zisky, tepelné ztráty, stavební materiály, stavební systémy, analýza stavebních materiálů, zděné domy, stavby na bázi dřeva, bodové ohodnocení

TITLE

This thesis deals with the analysis in our dostupných building materials, construction of low energy houses. The first part deals with the evaluation of low-energy buildings, insulation, tepelnými gains and losses. The second part presents various products for home construction. The third part is devoted to analyzing these materials, which is evaluated using a dot.

ANNOTATION

low energy houses, insulation systems, energy balance of buildings, heat gains, heat loss, building materials, building systems, analysis of building materials, brick houses, buildings based on wood, scoring

Obsah

Obsah	5
Úvod:	7
1. Nízkoenergetické a pasivní domy	8
1.1. Klasifikace úsporných domů	8
1.2. Nízkoenergetické domy	10
1.3. Pasivní domy	12
1.4. Hodnocení staveb	15
1.5. Izolace.....	16
1.5.1. Izolační systémy - difúzně uzavřený a difúzně otevřený	17
2. Energetická bilance staveb	19
2.1. Tepelné ztráty prostupem tepla.....	19
2.1.1. Přímý prostup tepla do vnějšího prostředí (L_D).....	20
2.1.2. Tepelná propustnost přes zeminu L_S	21
2.1.3. Tepelná ztráta přes nevytápěné prostory H_U	21
2.2. Tepelné ztráty výměnou vzduchu.....	22
2.3. Tepelné zisky	22
2.4. Pasivní solární zisky	23
3. Klasifikace stavebních materiálů	24
3.1. Zděné domy	25
3.1.1. Cihlové bloky HELZ.....	25
3.1.2. KB – blok systém	28
3.1.3. Ytong.....	32
3.1.4. Betonové sendvičové tvárnice.....	35
3.1.5. Keramický materiál Liapor	38
3.1.6. Wienerberger.....	40
3.1.7. H + H pórobeton.....	43
3.1.8. ISOBAU	46
3.1.9. PBC PRAHA.....	49
3.1.10. MERIT	51
3.2. Domy na bázi dřeva	53
3.2.1. KLH [®] – masivní panely z lepeného dřeva	54

3.2.2.	NOVATOP – systém velkoplošných komponentů z masivního dřeva	56
3.2.3.	Stavební systém VELOX	59
3.2.4.	EKOPANELY	62
3.2.5.	DURISOL.....	63
4.	Analýza materiálů	66
4.1.	Bodové ohodnocení zděných materiálů.....	67
4.1.1.	Bodové ohodnocení cihlových bloků HELUZ.....	67
4.1.2.	Bodové ohodnocení systému KB blok.....	69
4.1.3.	Bodové ohodnocení YTONG.....	70
4.1.4.	Bodové ohodnocení betonových sendvičových tvárnic.....	70
4.1.5.	Bodové ohodnocení keramického materiálu LIAPOR.....	70
4.1.6.	Bodové ohodnocení zdiva WIENERBERGER.....	71
4.1.7.	Bodové ohodnocení H + H pórobeton.....	71
4.1.8.	Bodové ohodnocení ISOBAU	71
4.1.9.	Bodové ohodnocení stavebního systému PBC GIMA	72
4.1.10.	Bodové ohodnocení MERIT	72
4.2.	Bodové ohodnocení materiálů na bázi dřeva	72
4.2.1.	Bodové ohodnocení KLH panelů z lepeného dřeva.....	72
4.2.2.	Bodové ohodnocení velkoplošných komponentů z masivního dřeva - NOVATOP	73
4.2.3.	Bodové ohodnocení systému VELOX	73
4.2.4.	Bodové ohodnocení systému EKOPANEL.....	73
4.2.5.	Bodové ohodnocení systému DURISOL	73
5.	Sumarizace bodového ohodnocení.....	75
6.	Slovní vyhodnocení.....	77
	Závěr.....	82
	Přílohy	83
	Seznam literatury	108
	Seznam tabulek.....	111
	Seznam obrázků	114
	Seznam grafů	115

Úvod:

Cílem stavby energeticky úsporného domu je pro každého stavebníka a především majitele postavit dům, který na svůj provoz během let svého trvání nespotřebuje více nákladů na energie, než na kolik vyšla celá stavba. Docílit takové stavby lze jak u nové výstavby, tak i u přestavby domů starších. Výstavba energeticky úsporných domů se v posledních letech značně rozvinula. Dokládají to hodnoty spotřeby energií. Z hlediska ochrany životního prostředí je široké použití energeticky úsporných a nízkoenergetických technologií důležitější než eliminace poslední kilowatthodiny energie spotřeby. Nejde zde jen o sestavení použitých stavebních prvků a hmot, ale jde především o celkovou koncepci, navrženou projektantem.

Nízkoenergetický dům, tedy dům, který spotřebuje za svůj provoz 15 – 50 kWh/m² energie za rok lze jako novostavbu postavit jen za předpokladu, že budou řádně splněny veškeré prvky pro izolaci v každé části projektu. Jde o zateplení podlahy, obvodových stěn, stropů, střechy, vhodné použití oken kde je dán důraz na prostup tepla skly i rámem a především vhodný způsob větrání. Takovýto dům lze dle odborníků postavit z jakéhokoli materiálu. Jde jen o určení tloušťky izolace a dodržení veškerých norem, které se zateplením řídí.

Některé materiály přesto nejsou na výstavbu nízkoenergetických domů vhodné. Požadované hodnoty tepelného odporu $R \geq 2,9 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, které norma předepisuje, sice dosáhnou, ale tloušťka jejich zdí by mohla být i 1,5 metru, což není z jakéhokoli hlediska únosné.

Cílem práce je analýza souboru vybraných stavebních materiálů, dostupných na našem trhu, ke stavbě nízkoenergetických domů. Půjde o zastoupení zděných produktů a materiálů na bázi dřeva. K těmto produktům budou přiřazeny jejich odpovídající hodnoty u čtyř vybraných parametrů k testování. Bodovou metodou budou porovnány a vybrán materiál, který by byl z hlediska ceny pro stavbu nízkoenergetického domu nejvhodnější.

1. Nízkoenergetické a pasivní domy

1.1. Klasifikace úsporných domů

Nízkoenergetický dům je budova s nízkou spotřebou energie. Podle spotřeby energie na vytápění se stavby v souladu s ČSN 730540-2 dělí do několika kategorií. První z nich jsou energeticky úsporné objekty, které spotřebují 70 kWh/m^2 - tato jednotka udává průměrnou měrnou spotřebu energie využitou na vytápění vzhledem k užité ploše za rok.

Druhou kategorií jsou nízkoenergetické domy, jejichž spotřeba činí $15\text{-}50 \text{ kWh/m}^2$ za rok. Jejich variantou, dovedenou téměř k dokonalosti, jsou pasivní domy se spotřebou mezi 5 a 15 kWh/m^2 , což znamená, že dům využívá kromě sluneční energie i energii domácnosti. Jde o energii z provozu spotřebičů (vaření, žehlení, praní, svícení, apod.), dále i tepelné vyzařování osob v něm žijících.

Na nejvyšších příčkách pomyslné pyramidy energeticky úsporných domů pak trumfují domy nulové či dokonce plusové, které pro svůj provoz žádnou vyráběnou energii nepotřebují a dokonce by tomu v některých případech mělo být opačně, což je v našich podmínkách spíše utopie.¹

¹ HUMM, Othmar: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

Tabulka 1: Klasifikace budovy podle její roční potřeby tepla na vytápění

Kategorie	Ohraničení	Potřeba energie na vytápění kWh/(m²a)
Nulové domy	Dolní hranice	0
	Běžná hranice	3
	Horní hranice	5
Nízkoenergetické domy	Dolní hranice	5
	Běžná hranice	28
	Horní hranice	50
Energeticky úsporné domy	Dolní hranice	50
	Běžná hranice	60
	Horní hranice	70
Běžná výstavba	Dolní hranice	75
	Běžná hranice	150
	Horní hranice	180

Zdroj: HUMM, Othmar: Nízkoenergetické domy, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

Realizace energeticky úsporných staveb u nás a nutností vážně se těmito technologiemi zabývat je v současné době nutností a to především s ohledem na ochranu životního prostředí jako jsou například emise.

Pro porovnání spotřeb a cen energií a zároveň pro jednoduché rozhodování, zda je potřeba se zabývat stavební technologií novostaveb může z energetického hlediska sloužit níže uvedená tabulka. Pro výpočty je použito několik proměnných. Proměnnou „a“ v tabulce je, jak je dům dobře izolovaný a v jakém prostředí je postaven (charakterizováno klimatem včetně solárních zisků daného prostředí, zastíněností objektu atd.) – viz řádek Spotřeba energie na m² vytápěné plochy za rok. Druhou proměnnou je velikost domu – zde užitná plocha. V příkladu jsou srovnatelné domy o ploše 130 m². Třetí proměnnou je cena tepelné energie, tj. za kolik je nakupována nebo pořizována tepelná energie na vytápění. V příkladu pro porovnání je použita

hodnota 4,50 Kč/kWh. Výsledkem je spotřeba energie za rok a cena - kolik majitel zaplatí za vytápění za rok provozu v různě postavených domech.²

Tabulka 2: Porovnání roční spotřeby energie v různých stavbách

Parametry		Pasivní dům		Nízko-energetický dům	Úsporný dům	Domy kolem nás			
Spotřeba energie na m ² vytápěné plochy za rok	kWhod/m ² .a	10	15	50	80	100	150	200	250
Velikost domu - užitná plocha	m ²	130	130	130	130	130	130	130	130
Spotřeba energie za rok	kWhod	1.300	1.950	6.500	10.400	13.000	19.500	26.000	32.500
Cena tepelné energie	Kč/kWhod	4,5	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
CENA ENERGIE na vytápění za rok	Kč/kWhod	5.850	8.775	29.250	46.800	58.500	87.750	117.000	146.250

Zdroj: Pasivní stavby Zlín, [online] [citace 28.12.2009]. Dostupné na URL: <<http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm#1>>

1.2. Nízkoenergetické domy

Ekologické stavění šetrné k životnímu prostředí, znamená minimalizaci přírůstku entropie, tedy mírou neuspořádanosti termodynamických systémů. Je mírou nevratnosti probíhajících termodynamických procesů doprovázených znehodnocováním energie. Minimalizace materiálových toků nebyla dosud předmětem zájmu stavebního průmyslu. Recykláty surovin nabývají na zajímavosti až v posledních letech. S nízkoenergetickými domy v budoucnu už

² HUMM, Othmar: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

nevystačíme. Cílem musí být nízkoentropické domy, které budou stavěny a provozovány s minimálními toky materiálů a energií.³

Důsledná nízkoenergetická stavba se zaměřuje především na zlepšenou „obálku“ staveb pro snížení teplených ztrát, tedy na součinitel prostupu tepla k , tepelné mosty a těsnost. Dále na zvýšenou schopnost akumulace tepla stavbou. Důležité je i vhodné umístění oken. Nejvyšší efekt mají okna umístěná na jižní stranu, kde se nejvíce využije pasivní solární energie. Nezanedbatelná je i účinná domovní technika, včetně přípravy TUV a energeticky úsporné osvětlení a úsporné domácí spotřebiče.

Při shrnutí nízkoenergetického domu, tedy konečné spotřeby energie 60 kWh na metr čtverečný, jsou důležité čtyři základní aspekty:

- Vysoký izolační standard
- Předpokladem je vzduchotěsnost stavebních konstrukcí
- Zodpovědná eliminace tepelných mostů
- Nucené větrání, které zvyšuje komfort

Standardně se pro tyto stavby používají tyto hodnoty konečné spotřeby energie:

- Konečná spotřeba energie ve výši 45 kWh na m² obytné plochy pro vytápění a ohřev TUV za rok
- Konečná spotřeba energie ve výši 15 kWh/m²a pro elektřinu v provozu domácnosti

Obvodové stěny nízkoenergetických domů potřebují minimálně 20 cm tepelně izolační vrstvy.

Tepelná izolace pro stěny, podlahy a střechu se předpokládá hodnota mezi 0,1 – 0,2 W/m²K, pro okna 0,4 – 1 W/m²K. Mechanické větrání snižuje spotřebu energie a zároveň zvyšuje komfort bydlení. Při vytápění by se mělo dát přednost nízkoteplotnímu. Pro přípravu teplé vody je vhodná sluneční energie a tepelná čerpadla. Při kombinaci s vytápěním je třeba dbát na vhodnou teplotní úroveň.

³ HUMM, Othmar: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

Tabulka 3: Příklad výpočtu energetické bilance

	plocha m ²	hodnota k W/m ² K	ztráty kWh/a	Zisky kWh/a
Okna jih	15	1,0	1260	1665
Okna východ	5	1,0	420	330
Okna západ	5	1,0	420	345
Okna sever	1	1,0	84	42
Obvodové stěny	150	0,2	2520	
Střecha	120	0,2	2020	
Podlaha	100	0,2	840	
Větrání			2080	
Teplo od osob a přístrojů				1000
Součet zisků a ztrát			9650	3380
Výsledná potřeba tepla na vytápění			62,7	
1 m² obytné plochy				

Zdroj: HUMM, Othmar: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

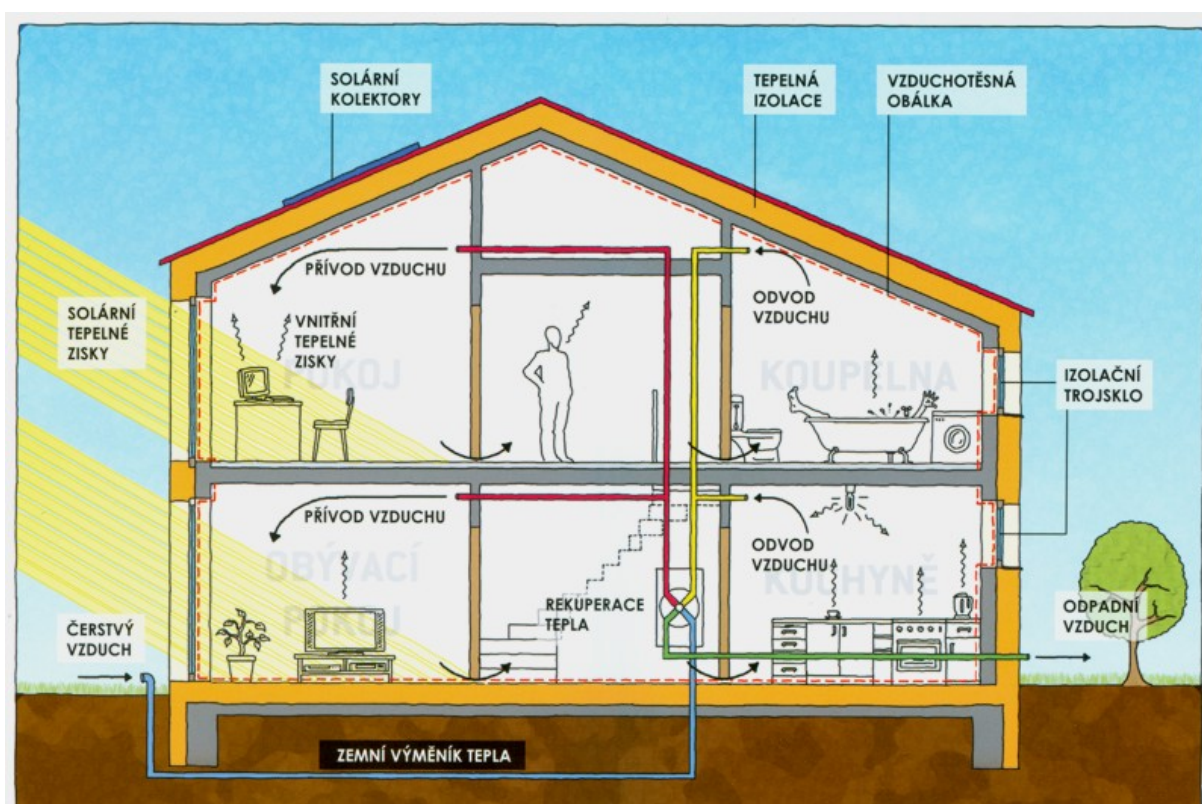
1.3. Pasivní domy

Pasivní dům je pokročilou variantou nízkoenergetického domu. Je schopen, bez aktivního vytápění a tím bez drahého zásobníku tepla udržet potřebnou teplotu. Díky velmi nízké spotřebě tepla je jakékoli další vytápění tohoto typu domu přebytečné. Na výstavbu pasivního domu jsou kladeny vysoké nároky a to především v izolaci obvodových stěn, trojnásobnému tepelně izolačnímu zasklení oken v kvalitních rámech. V součtu těchto kritérií klesá měrná potřeba tepla pod magickou hranici 15 kWh/m²a, což odpovídá maximální měrné tepelné ztrátě do 10 W na čtverečný metr obytné plochy. Právě zde se vytápění již stává přebytečným. Lehký ohřev přiváděného vzduchu, pomocí instalovaného větracího zařízení, které musí být v každém případě provedeno, stačí i v období nejnižších venkovních teplot. Stejný účinek by vydalo pár žárovek, bylo by, ale v takto hospodárně uzpůsobené stavbě zcela nepřijatelné. Největším tepelným zdrojem pasivních domů je sluneční záření. To se získává díky velkoryse dimenzovaným jižním oknům.

Dům, který má být pasivní musí již být jako pasivní projektován a následně realizován. Vyřešit tento projekt znamená v první řadě důslednou eliminaci tepelných mostů a vlivů netěsností v obálce budovy. Projekty těchto staveb bývají nepodsklepené a většinou bez zvláštních zásahů jejich budoucích majitelů. Jsou výhodně sestaveny z prefabrikovaných prvků. Opakováním stejných prvků, nejméně 10 od každého prvku, může být docíleno značných úspor. Nejvyšší úspory lze docílit u domků řadových.

Tepelná izolační vrstva se v tomto případě používá v tloušťce 30 – 40 cm. Vyšší tloušťka neznamená vyšší izolaci. V současné době by ztrácela ekologický i ekonomický význam.

Obrázek 1: Větrací systém pasivního domu



Zdroj: Pasivní stavby Zlín, [online] [citace 29.12.2009]. Dostupné na URL: < <http://www.pasivni-stavby.com/> >

Z pasivního domu uteče tak málo tepla, že nepotřebuje běžný systém vytápění. Energie, kterou získá ze slunce, lidí a elektrických spotřebičů, po většinu roku pohodlně vytopí celý dům. Lze toho dosáhnout především výrazným snížením tepelných ztrát domu a efektivním využíváním tepelných zisků. Při použití silné vrstvy tepelné izolace a velmi kvalitních oken se také zvyšuje komfort a tepelná pohoda v místnostech. Oproti stávajícím budovám, které jsou spíše tepelnými zářiči, spotřebují o 85 – 90% méně energie. V porovnání s novostavbami splňujícími současné národní normy a předpisy činí tato úspora až tři čtvrtiny.

Základní principy při navrhování konceptu, které již od počátku definují možnou energetickou náročnost budov a můžou v konečném důsledku ovlivnit i cenu pasivního domu, jsou všeobecně známé:

- kompaktní tvar budovy – co nejnižší poměr ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy A/V (ideální tvar je koule, ovšem z hlediska využití v praxi pak krychle nebo kvádr)
- omezení volně stojících budov, upřednostňování řadové a blokové výstavby (lze spolu využívat i nákladné technické zařízení)
- pokud možno jižní orientace budovy nezastíněná okolní zástavbou – zvýšení pasivních zisků
- omezení složitých tvarů v konstrukci budovy, které i při realizaci mohou vytvářet komplikované detaily a geometrické tepelné mosty

Respektováním těchto zásad spolu s velmi kvalitní tepelnou izolací obvodového pláště budovy a utěsněním objektu lze výrazně snížit tepelné ztráty prostupem, čímž lze dosáhnout stavu, kdy lze úplně nahradit klasickou vytápěcí soustavu teplovzdušným vytápěním. Tyto budovy pak vystačí s pasivními zisky tepla a řízeným větráním s velice účinnou rekuperací, popřípadě dohřevem vzduchu v nejchladnějších měsících roku. Je-li plášť dobře izolován, převládají ve vnitřních prostorech vysoké povrchové teploty konstrukcí a je tak zajištěn vysoký komfort bydlení. U kompletních projektů je nutné provést podrobný výpočet energetické bilance pasivních domů, který je spolu s jinými dokumentacemi a měřeními nezbytný pro certifikaci. Takový výpočet může současně pomoci optimalizovat použité prvky a řešení.⁴

Významem výstavby pasivních domů v současné době, ale i s výhledem do budoucnosti se zabývá i Evropská unie. Z Evropského fondu pro regionální rozvoj je financován projekt pod názvem Platforma pasivních domů. Iniciátorem tohoto projektu je Centrum pasivního domu, jehož významem je rozšiřování povědomí o principech pasivních domů mezi odbornou a laickou veřejnost. Cílem je snižování poptávky po energii v domácnostech. Jde zde o propojení výzkumu a vývoje s potřebami průmyslu v oblasti pasivních domů. Volné pracovní uskupení Platforma pasivních domů sdružuje průmyslové podniky všech velikostí a

⁴ Pasivní stavby Zlín, [online] [citace 29.12.2009]. Dostupné na URL: < <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm#1> >

akademickou sféru. Technologická platforma pokrývá strategicky významnou technologickou oblast - energeticky úsporné stavebnictví.

Cílem Platformy pasivních domů je vytvoření střednědobé až dlouhodobé vize budoucího technologického vývoje, která by zahrnovala významné otázky týkající se hospodářského růstu, konkurenceschopnosti a udržitelného rozvoje v České republice. Základním nástrojem je tzv. Strategická výzkumná agenda (SRA), interní dokument definující vědecko-výzkumné priority, možný časový harmonogram i potenciální zdroj pro jejich realizaci. SRA popisuje otázky, na které je třeba nalézt odpověď pro dosažení cílů TP. Definiuje okruhy budoucího výzkumu a bude obsahovat technologické návody na poskytování "úrodné půdy" pro další rozvoj pasivních domů. Dokument bude obsahovat příspěvky pracovních skupin, které mají za úkol identifikovat klíčové oblasti výzkumu, omezení a překážky, kterým čelí výzkumníci a navrhnout vylepšení tam kde je to potřeba. V roce 2009 se pracovní skupina Platformy pasivních domů věnovala návrhu Strategické výzkumné agendy, při jejíž tvorbě se sešla již třikrát. Členy pracovní skupiny jsou jak zástupci akademické sféry, architekti a projektanti, tak zástupci firem, které staví pasivní domy nebo pro ně dodávají výrobky či technologie.⁵

1.4. Hodnocení staveb

Hodnocení staveb z hlediska dopadu jejich výstavby a provozu na životní prostředí, představuje exaktní metodu nezávislou na dnešních zcela deformovaných cenách energií a jejich neodhadnutelným vývojem. Proto se ve vyspělých zemích postupně zavádí skutečně objektivní kritérium pro návrh a výběr nejúspornějších stavebních systémů z hlediska udržitelného rozvoje metodou LCA (Life Cycle Assessment). Metodika LCA zahrnuje souhrn všech energetických nároků stavby včetně těžby surovin, výroby materiálu, dopravy, montáž, provozní energie a likvidaci, po celou dobu životního cyklu. Vyjadřuje, mimo souhrnné environmentální dopady výstavby, i analýzu souhrnné energetické náročnosti, spolu s celkovou bilancí svázaných energií a emisí CO₂ pro výstavbu i provoz budov. Ta je zároveň objektivní metodou z celospolečenských hledisek.⁶

⁵Centrum pasivního domu Brno, [online] [citace 05.01.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/projekty/plaforma-pasivnich-domu.html>>

⁶ WALTJEN, T.: *Ökologischer Bauteilkatalog*. Bewertete gängige Konstruktionen, Springer-Verlag/Wien

Současná energetická krize vyspělého světa, kde stavebnictví a provoz budov spotřebují přes 50% všech primárních energetických zdrojů, si nutně vyžádá i zásadní změny v legislativě a povolování staveb, zároveň s povinným hodnocením i celospolečenských aspektů.

Je zde namístě zamezit nárůstu energetických ztrát způsobených provozem domů. Toho lze docílit vhodnou stavbou a izolací a tím zabránit nadměrnému úniku tepla a snížení spotřeby energií.

1.5. Izolace

Dle odborníků je možné postavit nízkoenergetický dům téměř z jakéhokoli, na tuzemském trhu dostupného, materiálu. Důležitou rolí je izolace domu.⁷

Faktorem, který dnes asi nejvíce ovlivňuje konstrukci a skladbu obvodových stěn objektu, je jejich tepelně izolační schopnost. Čím je větší, tím se méně zaplatí za topení. Tím se bude rovněž produkovat méně oxidu uhličitého, který vzniká při každém hoření.

Norma ČSN 73 0540 udává maximální hodnoty součinitele tepla pro konstrukce obvodových stěn. Těžká konstrukce musí splňovat podle požadavků této normy maximální součinitel prostupu tepla $U_{\text{poz}} = 0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$, tedy hodnota tepelného odporu $R = 2,63 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, doporučená hodnota je pak maximálně $U_{\text{dop}} = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, tedy $R = 4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Pro lehkou konstrukci je hodnota podle požadavků normy maximálního součinitele prostupu tepla $U_{\text{poz}} = 0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ tedy $R = 3,33 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, doporučená hodnota je pak maximálně $U_{\text{dop}} = 0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$, tedy hodnota tepelného odporu $R = 5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.⁸

Norma udává minimální hodnotu tepelného odporu pro novostavby $R = 2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ a jako doporučenou hodnotu zohledňující nárůst cen energie v budoucnu $2,9 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Tohoto tepelného odporu nelze dosáhnout při použití obyčejných cihel, protože jen při $R = 2$ by tloušťka zdi byla 1,5 metru. Moderní velkoformátové dutinové cihly - například Porotherm se s ní vyrovnají při tloušťce stěny okolo 40 cm, nejvyšší dosažitelná hodnota je asi 2,6. Oproti tomu tvárnice z pórobetonu - Ytong, Hebel mohou mít tepelný odpor až $3,3 \text{ m}^2\text{K/W}$, ale jen při únosnosti do dvou podlaží, u únosnějších typů už rozdíl není tak výrazný. O obou těchto materiálech lze shodně říci, že mají dobré tepelně izolační, mechanické, akustické i požární vlastnosti. Rovněž po ekologické stránce jsou příznivé, protože jejich výroba patří k

⁷ DŮM A ZAHRADA, *Méně je někdy více - Energeticky úsporný dům se blíží ideálu bydlení*, ročník 9, rok vydání listopad 2006, ISSN 1211-7374

⁸ VEGA s.r.o., [online] [citace 20.02.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/vypocty/tepelny-odpor-zdiva/>>

energeticky méně náročným (to platí zvláště u pórobetonu) a nevznikají při ní škodlivé zplodiny.

Ve ztvárnění fasády je při jejich použití řada možností. Nejobvyklejší je tradiční omítka, ale je také možné obložit dům dřevem, keramickým obkladem nebo fasádu řešit jako vícevrstvý plášť s vnitřní tepelnou izolací a vnější vrstvou z lícových cihel. To fasádu sice prodraží, ale výrazně zlepší hodnoty tepelně izolační a zejména akustické neprůzvučnosti. Méně používány jsou zatím konstrukce dřevěné, přestože mají některé významné klady. Tepelně izolační vlastnosti mohou být díky vkládané tepelné izolaci výrazně lepší než u domů zděných, protože izolace vyplňuje veškerý prostor mezi prvky nosné konstrukce.

U nízkoenergetických domů činí její tloušťka až 20 cm. Vlastní fasáda může být provedena buď rovněž ze dřeva, z lícových cihel nebo i jako omítaná.

Dřevo je jedním z materiálů příznivých k životnímu prostředí. Jednak proto, že jeho úprava na stavební prvky není náročná na energii, ale i proto, že při svém růstu spotřebovává v procesu fotosyntézy značná množství oxidu uhličitého, který pak váže, dokud trvá jeho fyzická podstata.

Další zatím méně běžnou metodou stavění jsou systémy využívající štěpkocementových desek s tepelnou izolací jako ztraceného bednění pro betonové stěny - Velox, Durisol. Sendvičová konstrukce využívá přednosti různých druhů hmot. Betonové jádro zajišťuje únosnost, tepelnou akumulaci a zvukovou izolaci, polystyren tepelnou izolaci $R = 3,2 \text{ } 2,9 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ při stěně tloušťky jen 32 cm. Dřevoštěpkové desky jsou rovněž dobrým podkladem pro omítky.⁹

Izolační systémy při stavbě nízkoenergetických a pasivních domů hrají důležitou roli. V současné době se izolační systémy dají rozdělit do dvou základních směrů: difúzně uzavřený a difúzně otevřený.

1.5.1. Izolační systémy - difúzně uzavřený a difúzně otevřený

Starším systémem je difúzně uzavřený. V tomto systému se teoreticky nepředpokládá, žádný průchod vodních par konstrukcí. Znamená to nutnost dokonalé parotěsné zábrany v interiéru stavby. Takovou vrstvu lze vytvořit z kvalitní parotěsné folie. Pokud je parotěsná vrstva dobře provedená, zajišťuje i vzduchotěsnost vnitřní obálky stavby a snižuje tím i tepelné ztráty.

⁹ DŮM A ZAHRADA, *Méně je někdy více - Energeticky úsporný dům se blíží ideálu bydlení*, ročník 9, rok vydání listopad 2006, ISSN 1211-7374

V následné vrstvě, směrem do exteriéru, bývají použity minerální, skelné, či dřevovláknité izolace jako výplňové izolace mezi nosné stěnové sloupky. Opláštění je pak vhodné sádrovláknitými deskami, které stavbu ztuží z venkovní strany a zároveň vytvoří pevný podklad pro fasádní zateplovací systémy. Poslední venkovní vrstvou je fasádní zateplovací systém, kde se nejčastěji používají polystyrenové nebo minerální izolace. Takto složené konstrukce z více různorodých materiálů jsou funkčně i technologicky poměrně náročné.

Současný trend v konstrukci dřevostaveb ovšem směřuje k materiálově jednoduché, maximálně ekologické, tepelně úsporné a konstrukčně přirozené skladbě střech a stěn – k tzv. difúzně otevřenému systému. Tento systém počítá s regulovaným obousměrným průchodem par konstrukcí. Jednotlivé izolační vrstvy jsou navrženy tak, aby difuzní odpor směrem do exteriéru klesal. Tím je zajištěn snadný prostup par konstrukcí, aniž by se vlhkost srážela uvnitř izolačních částí konstrukcí, kde pak může být příčinou plísní a hnilob. V těchto částech dobře fungují izolace na bázi přírodních materiálů, jakými jsou dřevo, konopí, len a další. Stavba pak přirozeně dýchá. U tohoto systému je nutné vytvořit vzduchotěsnou zábranu, která bude zároveň sloužit i jako vrstva parobrzdná. Tato vrstva nemá funkci zabránit parám přístup do izolace, ale má zajistit dostatečný difuzní odpor, aby mohly vodní páry bezpečně odejít z konstrukce do exteriéru i za extrémních podmínek.¹⁰

Výhodou dřevovláknitých izolací je vysoká schopnost akumulace tepla díky vysoké měrné specifické tepelné kapacitě, která je zhruba třikrát vyšší, než mají současně běžně používané tepelně izolační materiály na bázi kamene a skla. Tato vlastnost přispívá hlavně k zamezení přehřívání interiéru v létě, což se nejvíce projevuje v podkrovních obytných prostorech.

V současné době přírodní materiály doznávají opět své renesance nejen vzhledem k novým výrobním technologiím, které těmto materiálům dávají velmi širokou možnost použití jako tepelně a zvukově izolačních hmot, ale také z hlediska stále většího zájmu uživatelů staveb o použití přírodních ekologických materiálů z obnovitelných zdrojů ve svém životním prostředí. Parametry těchto izolačních materiálů jsou srovnatelné s tepelně izolačními vlastnostmi tradičních izolačních materiálů. Navíc však disponují téměř 3x vyšší tepelnou akumulací, která se zvláště v horkém letním období projevují znatelně příjemným klimatem v interiéru. Teplo dokáží předávat s časovým posunem 10 – 12 hodin, tedy v pozdních nočních hodinách a k ránu. Tyto přírodní materiály jsou navíc zdravotně nezávadné a vytváří zdravé prostředí v obytných místnostech. Elastická vlákna izolačních desek působí jako přirozený pohlcovač

¹⁰ MŮJ DŮM, *Dřevostavba – pohodlné, zdravé, moderní a rychlé bydlení*. Ročník 17, rok vydání: listopad 2009, ISSN 1210-7654

hluku, jsou paropropustné s výbornou akumulací vlhkosti a následnou schopností předávat vlhkost do exteriéru v rámci difúzně otevřených konstrukčních systémů. Snižují tepelné ztráty konstrukcí v zimním období s výraznou eliminací případných tepelných mostů.¹¹

Názory na řešení nízkoenergetických budov se v průběhu let vyvíjely a ani dnes nejsou úplně jednotné. V některých otázkách se však shodují. Je to kladení důrazu na minimalizaci tepelných ztrát, kdy dochází především k úsporám energií.

2. Energetická bilance staveb

I když výstavba nízkoenergetických domů ve větších množstvích nutně směřuje k určitému opakování několika principů, nelze nalézt jediné řešení, které by bylo univerzálně a bez ohledu na místní podmínky možné prohlásit za nejlepší a tudíž jediné hodné opakování. V následující podkapitole bude vysvětleno, o jaké ztráty může v budovách jít. Jde o tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty výměnou vzduchu. Dům však nemusí produkovat jen tepelné ztráty. Značný vliv na celkovou energetickou bilanci má i započtení tepelných zisků.

2.1. Tepelné ztráty prostupem tepla

Výpočet tepelných ztrát je jeden z ukazatelů energetické bilance budov. Tepelné ztráty můžeme rozdělit na ztráty prostupem tepla a ztráty výměnou vzduchu. Prostup tepla může probíhat konstrukcemi přímo, pokud jsou v kontaktu s venkovním vzduchem, nebo nepřímo, pokud je mezi vytápěným prostorem a exteriérem prostor nevytápěný. Složitějším případem je, prostup tepla přes zeminu přiléhající k budově. Sem se řadí situace, kdy je pod vytápěnou budovou jen základová konstrukce na zemině, nevytápěný suterén, otevřený průlezný prostor i suterén v části nebo zcela vytápěný.

Obecně vzato, jsou ztráty prostupem tepla H_T dle ČSN EN ISO 13789 o Tepelném chování budov – měrná ztráta prostupem tepla¹² dána součtem tepelného prostupu obvodovým pláštěm mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím (L_D), ustálenou tepelnou propustností přes zeminu (L_S) a měrnou ztrátou prostupem tepla přes nevytápěný prostor (H_U).

¹¹ MŮJ DŮM, *Dřevostavba – pohodlné, zdravé, moderní a rychlé bydlení*. Ročník 17, rok vydání: listopad 2009, ISSN 1210-7654

¹² ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda, ČSNI 2001

$$H_T = L_D + L_S + H_U$$

Před výpočtem této tepelné ztráty je třeba dopředu určit, vytápěný prostor posuzované budovy. Ztrátu prostupem tepla uvažujeme na hranicích vytápěného prostoru.¹³

2.1.1. Přímý prostup tepla do vnějšího prostředí (L_D)

Tepelná propustnost obvodovým pláštěm budovy oddělujícím vytápěný prostor a vnější vzduch L_D se stanoví jako součet prostupu tepla v ploše konstrukcí, přídatného prostupu tepla v důsledku napojení konstrukce mezi sebou (lineární tepelné mosty) a přídatného bodového prostupu tepla (bodovému tepelnému mostu).

$$L_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

A – plocha prvku i obvodového pláště. Plochy oken a dveří se uvažují rozměry otvoru ve stěně

U_i – součinitel prostupu tepla prvku i obvodového pláště [$W/(m^2K)$], stanovený normou ČSN EN ISO 6946¹⁴ pro neprůsvitné a zasklené prvky

l_k – délka lineárního tepelného mostu k [m]

Ψ_k – lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu k [$W/(mK)$]

χ_j – bodový činitel prostupu tepla tepelného mostu j [W/K]

Důležitou roli v tomto ukazateli hraje izolační vrstva. Pokud je souvislá a bez porušení a má všude stejnou tloušťku mohou být lineární činitele tepelné propustnosti Ψ_k zanedbány, jsou-li používány vnější rozměry. Hlavní izolační vrstvou je myšlena vrstva s nejvyšším tepelným odporem. Paušální přírážky na blíže nespecifikovaný vliv tepelných mostů mohou vést k nesprávným závěrům, zejména v případě konstrukcí pro nízkoenergetické domy. Základní hodnoty součinitele prostupu tepla jsou velmi nízké a každá nehomogenita se zde projeví relativně výrazně více než u konstrukcí dosud obvyklých.

Hodnoty lineárních Ψ_k a bodových χ_j činitelů prostupu tepla se stanoví vyhodnocením výpočtů vícerozměrného vedení tepla. K tomu je k dispozici potřebný software vycházející z mezinárodních norem. Ve výpočtech se pak pracuje s vnějšími rozměry konstrukcí.¹⁵

¹³ TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy*, Principy a příklady, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

¹⁴ ČSN EN ISO 6946 *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda*, ČSNI 1998

¹⁵ TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy*, Principy a příklady, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

2.1.2. Tepelná propustnost přes zeminu L_S

Tepelná propustnost přes zeminu se vypočítá podle normy ČSN EN ISO 13370¹⁶. Zde jsou uvedeny výpočtové vztahy postihující odlišnou „cestu tepelného toku“ z interiéru do exteriéru přes základové konstrukce a přiléhající zeminu v konkrétním případě. Ve výpočtech je zohledněn vliv vícerozměrného vedení tepla při obvodu budovy i případného umístění přídavné tepelně izolační vrstvy při okrajích základové desky i základových pásů (pro pruhy svisle i vodorovně umístěvané izolace).¹⁷

2.1.3. Tepelná ztráta přes nevytápěné prostory H_U

Měrná ztráta prostupem tepla mezi vytápěným a nevytápěným prostorem a vnějším prostředím přes nevytápěné prostory se stanoví podle následujícího vztahu:

$$H_U = L_{iu} b$$

L_{iu} - tepelná propustnost mezi vytápěným a nevytápěným prostorem [W/K]

B – redukční součinitel, který charakterizuje odlišnost teploty nevytápěného prostoru od teploty vnějšího prostředí. Lze jej vypočítat podle vztahu:

$$b = H_{iu} / (H_{iu} + H_{ue})$$

kde H_{iu} je měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do nevytápěného [W/K]

a H_{ue} je měrná tepelná ztráta z nevytápěného prostoru do vnějšího prostředí [W/K]

Šlo by použít i jednodušší způsob výpočtu, kdy se redukční součinitel přímo stanoví z tabulky hodnot podle druhu a konstrukčního řešení přiléhajícího nevytápěného prostoru daný vyhláškou 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách. To však není pro nízkoenergetické domy zpravidla příliš vhodné.¹⁸

¹⁶ ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody ČSN 2001

¹⁷ TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy*, Principy a příklady, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

¹⁸ TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy*, Principy a příklady, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

2.2. Tepelné ztráty výměnou vzduchu

Tepelné ztráty výměnou vzduchu můžeme použít, známe – li množství vzduchu, které je z vytápěné místnosti odváděno a na jehož místo je přiváděn čerstvý vzduch. Měrná tepelná ztráta výměnou vzduchu H_V se stanoví ze vztahu:

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V$$

ρ – hustota vzduchu [kg/m^3]

c – měrná tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]

Tepelná kapacita vzduchu $\rho \cdot c$ se uvažuje hodnotou $1200 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$ což odpovídá $0,33 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K})$.

Množství přiváděného čerstvého vzduchu by mělo odpovídat hygienickým a dalším požadavkům, účelu místnosti, aktuálnímu obsazením osobami a další.

Pro obytné budovy jsou dány požadované intenzity výměny vzduchu normami.

Pro hodnocení potřeby energie na vytápění, například při dimenzování zdrojů či v energetických auditech, se celková intenzita výměny vzduchu v budově nebo její ucelené části stanoví jako vážený průměr podle vzduchových objemů jednotlivých místností.⁶ Norma ČSN 73 0540:2 uvádí i doporučení pro minimální větrání v době nepřítomnosti uživatelů a další podrobnosti.¹⁹

2.3. Tepelné zisky

Kromě tepelných ztrát má značný vliv na celkovou energetickou bilanci budov i započítávání tepelných zisků.

Aby byly výsledky porovnatelné pro odlišné varianty téže budovy nebo při kontrole splnění energetického cíle, musí být i přístup k započítávání vnitřních tepelných zisků jednotný. K tomu lze použít normu ČSN EN ISO 13790²⁰, která jednoznačně říká, že se mají použít údaje na národní úrovni. Metodika pro projektování pasivních domů²¹ uplatňuje současně dva principy:

- a) Užití jednotných smluvních hodnot [W/m^2]
- b) Zjištění co nejpřesnější hodnoty vnitřních zisků podle vybavení elektrickými spotřebiči a jejich předpokládaného využití v čase. Současně se použijí buď obvyklé

¹⁹ ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky, ČSN 2002

²⁰ ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění. ČNI 2005

²¹ FEIST, W. a kol. *Passivhaus Projektierungs Paket 2004*, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser, Fachinformation PHI 2004/1

hodnoty standardního obsazení, nebo konkrétní údaje o počtu osob, pro které je dům navrhován.²²

2.4. Pasivní solární zisky

Pasivní solární zisky jdou z energie, která proniká do interiéru budovy prosklenými plochami v obvodovém plášti, jako jsou okna nebo zasklení atrií, prosklené plochy zimních zahrad a jiné. Pro základní výpočet jsou zásadní údaje:

- Celková plocha zaskleného prvku A [m^2]
- Celková energetická propustnost slunečního záření g . Ta charakterizuje zasklení včetně případné trvalé sluneční ochrany. Udává podíl energie pronikající skrz zasklení do interiéru.
- Korekční činitel rámu F_F , podíl průsvitné plochy a celkové ploch okenní konstrukce.
- Korekční činitel stínění F_S – vyjadřuje vliv okolních budov a dalších vyvýšených objektů a horizontu
- Korekční činitel clonění F_C charakterizuje vliv clonících prostředků na oknech, jako jsou závěsy, žaluzie apod.

Účinná sběrná plocha A_S [m^2] okna nebo jiného zaskleného prvku se pak stanoví:

$$A_S = A \cdot F_S \cdot F_C \cdot F_G \cdot g^{23}$$

²² TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy, Principy a příklady*, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

²³ TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy, Principy a příklady*, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

3. Klasifikace stavebních materiálů

Ještě nedávno byly nízkoenergetické domy záležitostí buď ekologických nadšenců, nebo movitějších osvědčených podnikatelů. O pasivním domu se říkalo, že něco takového snad už někde existuje, ale nikdo to neviděl. Nyní se situace změnila, neboť díky stoupajícím cenám energií a rostoucím výdajům z rodinných rozpočtů právě za energie se začíná nízkoenergetické stavění stále více prosazovat. Přispěla k tomu také legislativa, kdy je k žádosti o stavební povolení nutné doložit průkaz energetické náročnosti budovy.

Někteří výrobci stavebních materiálů a hlavně izolací informují stavebníky o tom, že nízkoenergetický dům se bez zateplení nedá postavit. Další zase představují materiál z říše snů s nejlepšími tepelně izolačními parametry, který se dobře opracovává a má stejné vlastnosti ve všech směrech, avšak o jeho pevnosti, schopnosti akumulace a vlhkostních poměrech ve zdivu se mlčí.

Na trh vstoupily firmy, nabízející zcela odlišné stavební konstrukce. Do té doby téměř jediný stavební prvek u nás, klasická cihla, tak začala mít silnou konkurenci. Šlo o monolitové stavby, stavby na bázi dřeva, či celodřevěné domy. Každý materiál se v průběhu času vyvíjí a technologové hledají způsob, jak materiálu dodat ještě lepší vlastnosti, aby na trhu uspěl v boji s konkurencí.

Pro projekt nízkoenergetického domu nevystačí jen porovnat jednotlivé materiály na obvodové zdivo. Jde o kompletní sestavu základové desky, použitého zdiva, izolace, střechy a především okenních otvorů s vhodnou volbou oken a dveří. V důsledku jde i o vhodně zvolený druh vytápění a větrání.

V následující kapitole bude proveden přehled jednotlivých stavebních materiálů. Materiály budou rozděleny do zděných produktů a stavebních materiálů na bázi dřeva. U každého vybraného výrobce budou základními kritérii pro porovnání tloušťka stěny, tepelný odpor R, součinitel tepelné vodivosti U, hmotnost a cena jednotlivých nabízených produktů. Hodnoty budou brány pouze pro materiál bez jakékoli tepelné izolace a omítek.

3.1. Zděné domy

U pojmu cihlová stavba se již dávno upustilo od jednoho typu cihlových produktů. Stejně tak jako ve vývoji jiných produktů, i tyto, mají své nové inovace a stále dokonalejší specifika. Zdíci materiály pro konstrukci obvodového zdiva dělíme na pálené a nepálené. Pro porovnání použijí několik stavebních produktů a to cihlové bloky Heluz, vápenopískové bloky KB Sendvič, pórobetonová tvárnice Ytong, betonové sendvičové tvárnice ISO, keramický materiál Liapor, cihlářské výrobky Wienerberger, pórobeton H+H, odlehčené bednění ISOBAU, broušené cihly P.B.C a betonové tvárnice MERIT.

3.1.1. Cihlové bloky HELUZ

Pálené cihly jsou nejstarším stavebním materiálem, který si člověk vyrábí sám. Cihelné zdivo je přírodní materiál, který velmi dobře izoluje i akumuluje teplo a bezproblémově zvládá kolísání vlhkosti vzduchu. Tyto faktory příznivě ovlivňují klima v interiéru objektu, čímž je dán základ pro zdravá bydlení.

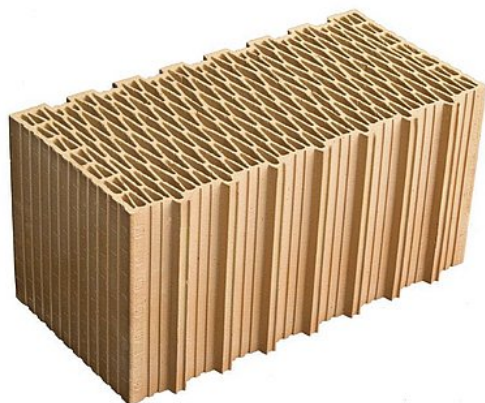
Firma HELUZ cihlářský průmysl v. o. s. vyrábí a na trh dodává komplexní cihelný systém pro hrubou stavbu. V současné době je společnost druhým největším výrobcem a dodavatelem cihelného materiálu na českém trhu. V posledních letech investovala společnost do modernizace a automatizace provozů nemalé finanční prostředky. Byly vynaloženy na zlepšení životního prostředí v okolí cihelen, neboť bylo na každé cihelně vybudováno zařízení na čištění spalin.

Cihelné děrované zazubené bloky HELUZ jsou určeny pro obvodové zdivo. Vyrábí se s objemovou hmotností 600-800 kg/m³. Tím je docíleno vysokého tepelného odporu zdiva a to k hodnotám R až 6,0 m²K/W (u součinitele tepelné vodivosti U až 0,16 W/m²K). Cihelné bloky HELUZ dosahují i při vysokém vylehčení pevnost v tlaku 6–15 MPa.

Pro vnitřní nosné zdivo, u něhož není rozhodující tepelný odpor, ale naopak vyšší pevnost, se vyrábějí cihelné bloky s objemovou hmotností 700-1200 kg/m³, které mají díky vyšší hmotnosti zvýšený zvukový útlum.

Objemová hmotnost cihel má výrazný vliv na tepelný odpor konečného zdiva. Cihelné bloky HELUZ pro venkovní zdivo se vyrábějí s objemovou hmotností 600-800 kg/m³.²⁴

Obrázek 2: Cihelný blok HELUZ



Zdroj: HELUZ, cihlářský průmysl [online] [citace 10.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.heluz.cz/pdf/prirucka09/prirucka09.pdf>>

Tabulka 4: Základní parametry stavebního systému Heluz

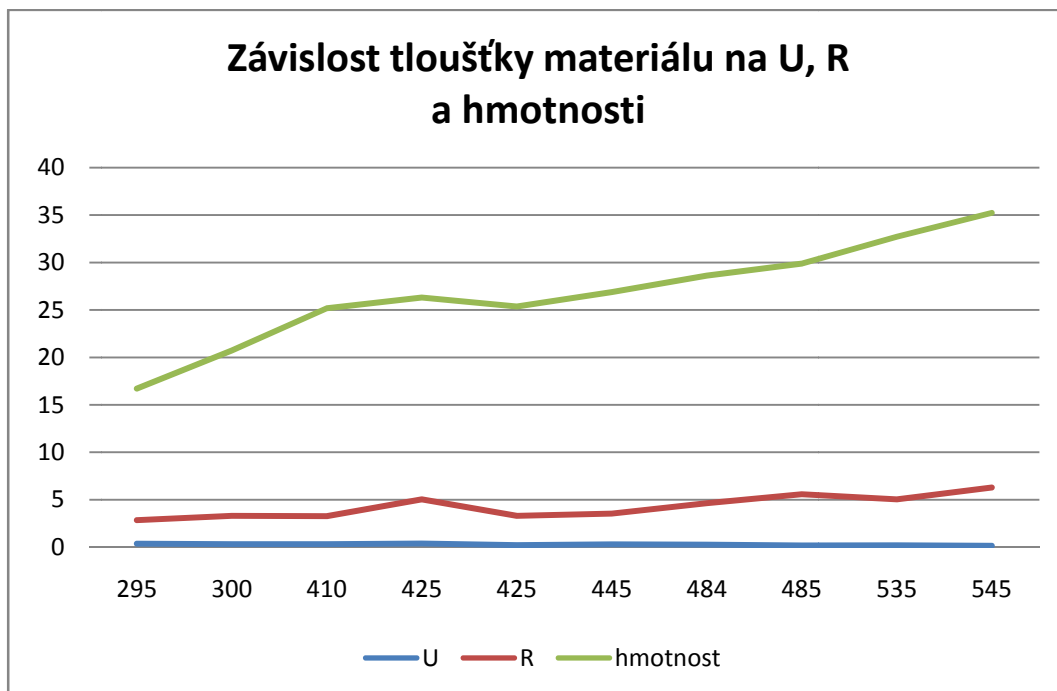
Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U W/(m ² K)	R (m ² K)/W	hmotnost kg/m ²	
Family 50	545	0,15	6,13	289,6	1 118
Family 44	485	0,18	5,39	243,2	1 013
Family 38	425	0,21	4,66	220,8	907
Thermo STI 49	535	0,20	4,84	276,8	1 128
Thermo STI 44	484	0,27	4,35	240	1 022
Plus 40	445	0,29	3,24	233,6	874
Plus 38	425	0,38	3,08	212,8	829
Plus 36,5	410	0,31	2,95	219,2	792
STI 30	300	0,32	2,97	174,4	710
STI 25	295	0,37	2,47	138,7	582

Zdroj: HELUZ, cihlářský průmysl [online] [citace 10.02.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.heluz.cz/pdf/prirucka09/prirucka09.pdf>, <http://www.heluz.cz/pdf/cenik3.3.2010.pdf>>

²⁴ HELUZ, cihlářský průmysl [online] [citace 10.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.heluz.cz/pdf/prirucka09/prirucka09.pdf>>

Pro porovnání závislosti tloušťky materiálu na tepelné vodivosti U a tepelném odporu R budou u každého materiálu předloženy grafy.

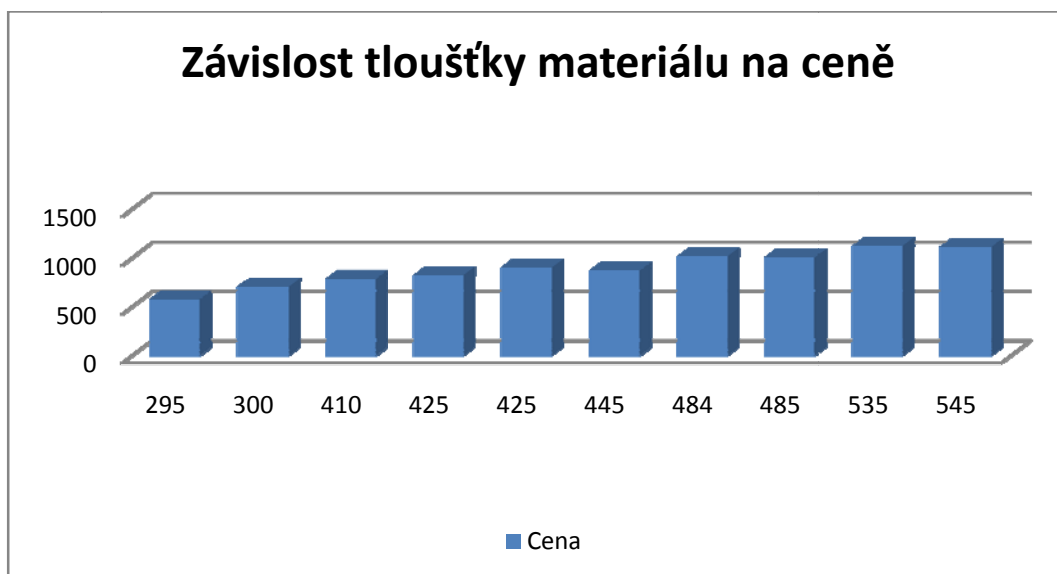
Graf č. 1: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Důležitým faktorem je i závislost tloušťky materiálu na ceně.

Graf č. 2: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším porovnávaným materiálem je KB blok systém od tradičního výrobce pálené tašky KM Beta.

3.1.2. KB – blok systém

V současné době jsou výrobci dodávány na trh materiály z jejich vlastních produktových řad. Mezi ně patří tradiční dodavatel střešní krytiny KM BETA, a.s. Hodonín, který přinesl nový sendvičový blok SENDWIX.

KMB SENDWIX je první ucelený certifikovaný systém vícevrstevných konstrukcí na českém trhu, který vychází z moderních evropských trendů ve stavebnictví.

Celý systém sestává ze tří základních variant obvodových konstrukcí, které se navzájem liší použitými materiály i výsledným vzhledem fasádní vrstvy. Přednosti tohoto sendvičového systému spočívají v jeho dokonalých tepelně technických, akustických a statických parametrech, jejichž úroveň si může projektant a investor libovolně vybrat podle konkrétních požadavků.

Parametry dosahované jednotlivými konstrukcemi KMB SENDWIX přitom začínají na hodnotách, kde možnosti tradičního jednoplášťového zdiva končí. To vše při výrazně menších tloušťkách stěn, čímž dochází k významnému nárůstu užité plochy. Při relativně malých tloušťkách zdi 240 mm vykazuje tento materiál velmi příznivou hodnotu neprůzvučnosti a zvukové pohltivosti.

Parametry, na které se tato konstrukce dostává, jsou: tepelný odpor $R = 5,37 \text{ m}^2\text{K/W}$, $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, index vzduchové průzvučnosti $R'w = 54 \text{ dB}$, radioaktivita $I = 0,2$, pevnost 40 MPa, požární třída A - nehořlavé, prachnost - 0,52 h/m².

Díky skladbě celého programu a výrobním možnostem se dostává velmi variabilní využití tepelných odporů při různé tloušťce stěn. Stavebník si tak může vybrat materiály od tloušťky stěny 360 – 510 mm a k ní přiřadit patřičný tepelný odpor pro nízkoenergetické stavby v rozmezí $R = 2,8 - 5,36 \text{ [m}^2\text{K/W]}$. Lze tedy zkomponovat dům, který se se svými hodnotami blíží k pasivnímu domu.²⁵

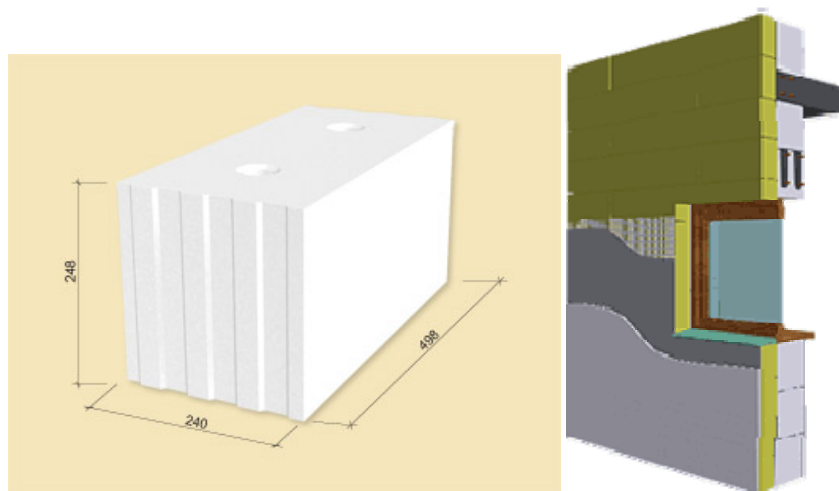
Pro porovnání je použit základní materiál – vápenopísková cihla a to ve třech nabízených tloušťkách produktu vápenopísková cihla: 175, 240 a 290 mm. Jelikož jde o základní

²⁵ KM BETA, Skladba materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <<http://www.sendwix.cz/sortiment/SENDWIX/P/tepelnna-technika.html>>

materiál, který se v tomto standardu bez izolace nenabízí, uvádí firma pouze součinitel tepelné vodivosti λ .

Hodnoty λ jsou: pro tloušťku 175 mm – 0,37 W/mK, 240 mm – 0,37 W/mK a pro tloušťku 290 mm – 0,82 W/mK.²⁶

Obrázek 3: Vápenopísková cihla KB blok a systém SENDWIX



Zdroj: KM BETA, Sortiment materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <<http://www.kmbeta.cz/sortiment/VPC/detail/1.7.html>>

Z něho pomocí vztahu λ / tloušťka materiálu je vypočten součinitel prostupu tepla U a dále dle vztahu $1 / U$ je dosaženo hodnoty tepelného odporu R:

Tabulka 5: Základní parametry stavebního materiálu vápenopísková cihla

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U W/(m ² K)	R (m ² K)/W	hmotnost kg/ks	
16DF-LD	175	2,11	0,47	24,4	195,20
12DF-LD	240	1,54	0,65	36,5	592,00
5DF-P	290	2,83	0,35	15	848,10

Zdroj: KM BETA, Skladba materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <>

Pokud bychom však chtěli hodnotit celkové parametry dodávaného materiálu, je třeba použít nabízený typ SENDWIX, který je skladbou základní vápenopískové cihly včetně s minerální tepelnou izolací o tloušťce 100 – 240 mm:

²⁶ KM BETA, Sortiment materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <http://www.kmbeta.cz/sortiment/info_VPC.html>

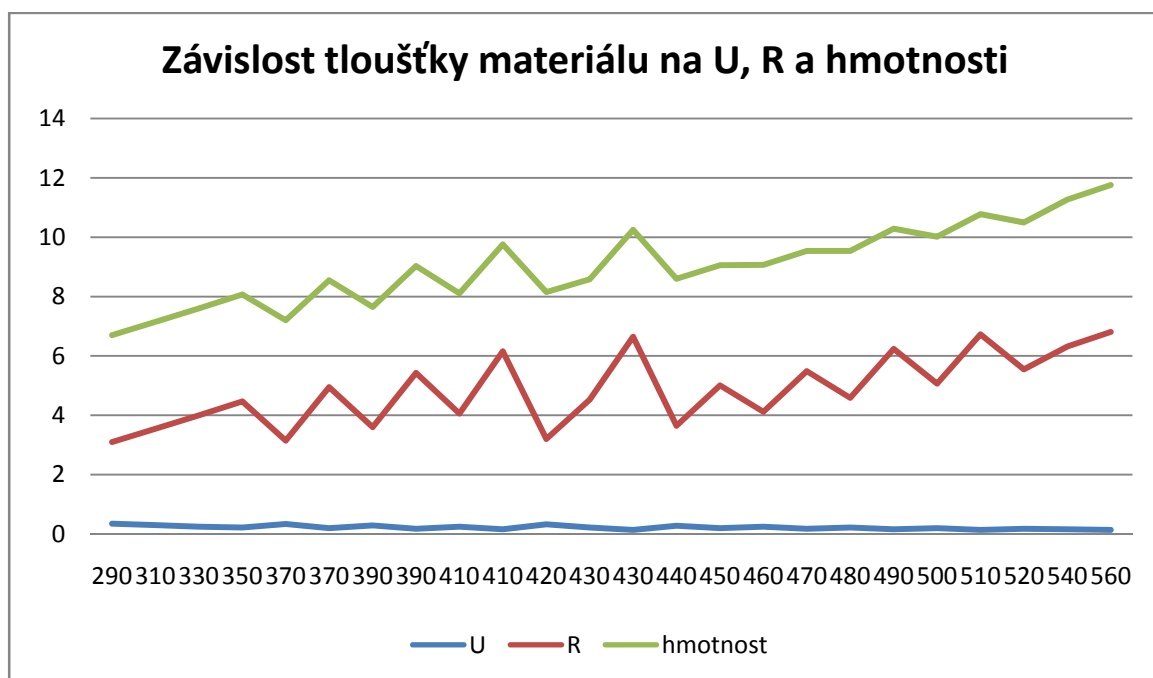
Tabulka 6: Základní parametry stavebního systému Sendwix

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
M 1710 100 mm izol.	290	0,35	2,75	360	1306,21
M 2410 100 mm izol.	370	0,34	2,81	405	1512,99
M 2910 100 mm izol.	420	0,33	2,87	495	1562,31
M 1712 120 mm izol.	310	0,30	3,25	360	1406,21
M 2412 120 mm izol.	390	0,29	3,31	405	1612,99
M 2912 120 mm izol.	440	0,28	3,37	495	1662,31
M 1714 140 mm izol.	330	0,25	3,75	360	1506,21
M 2414 140 mm izol.	410	0,25	3,81	405	1712,99
M 2914 140 mm izol.	460	0,25	3,87	495	1762,31
M 1716 160 mm izol.	350	0,22	4,25	360	1606,21
M 2416 160 mm izol.	430	0,22	4,31	405	1812,99
M 2916 160 mm izol.	480	0,22	4,37	495	1862,31
M 1718 180 mm izol.	370	0,20	4,75	360	1706,21
M 2418 180 mm izol.	450	0,20	4,81	405	1912,99
M 2918 180 mm izol.	500	0,20	4,87	495	1962,31
M 1720 200 mm izol.	390	0,18	5,25	360	1806,21
M 2420 200 mm izol.	470	0,18	5,31	405	2012,99
M 2920	520	0,18	5,37	495	2062,31

200 mm izol.					
M 1722 220 mm izol.	410	0,16	6,00	360	1906,21
M 2422 220 mm izol.	490	0,16	6,08	405	2112,99
M 2922 220 mm izol.	540	0,16	6,16	495	2162,31
M 1724 240 mm izol.	430	0,14	6,51	360	2006,21
M 2424 240 mm izol.	510	0,14	6,59	405	2212,99
M 2924 240 mm izol.	560	0,14	6,67	495	2262,31

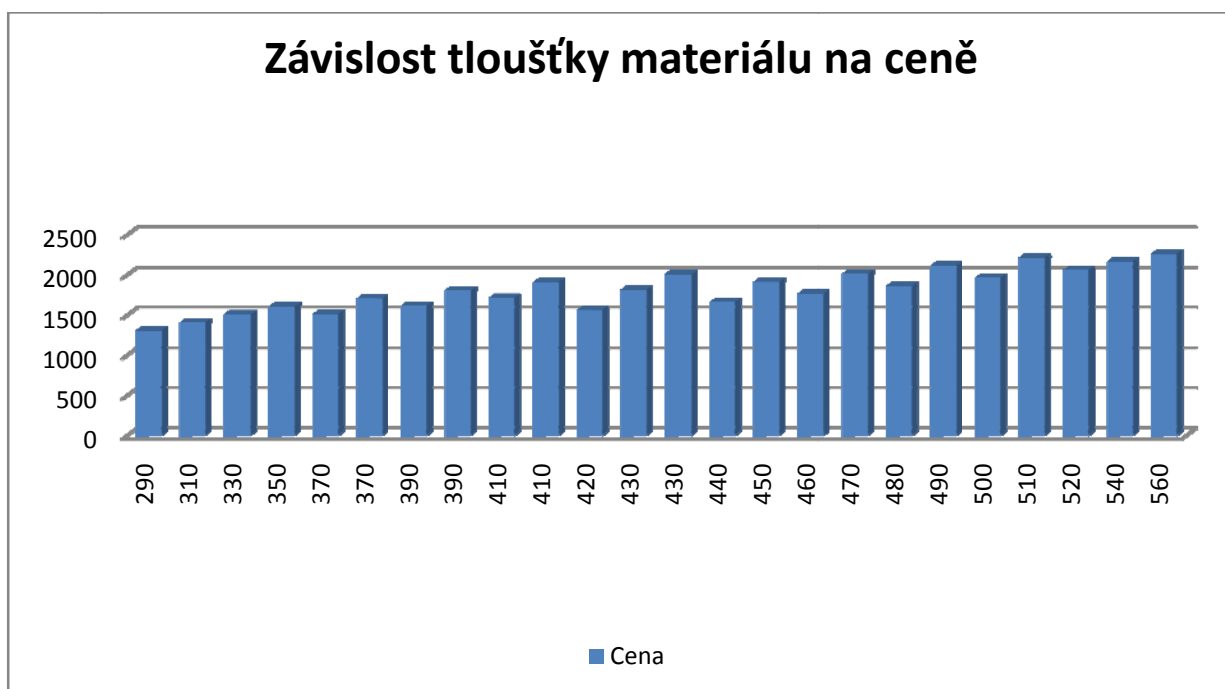
Zdroj: KM BETA, Skladba materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <<http://www.sendwix.cz/sortiment/SENDWIX/P/tepelna-technika.html>, <http://www.sendwix.cz/sortiment/SENDWIX/M/spotreba.html> >

Graf č. 3: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 4: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším porovnávaným výrobkem bude cihlový blok Ytong.

3.1.3. Ytong

Více než 75 let výzkumu a vývoje umožnilo firmě vyvinout systém, s jehož pomocí je možné realizovat hrubou stavbu domu od sklepa po střechu z různých dílců Ytong.

Mezi základní přednosti materiálu Ytong patří nízká objemová hmotnost, velmi dobrá tepelná izolace, vysoká únosnost, nehořlavost a snadná opracovatelnost. Doplnkové prvky se jednoduše přiřezávají, otvory pro zásuvkové krabice se vyvrtají a drážky pro elektrické vedení vyfrézují. Výstavba z přesných tvárnic s perem a drážkou je rychlá, stejně jako osazování stropních a střešních desek. S tvárnicemi lze při jejich relativně nízké hmotnosti snadno manipulovat pomocí úchopových kapes. Systém je doplněn speciálními omítkami, jejichž pevnost, objemová hmotnost a difuzní schopnost odpovídají zhruba hodnotám materiálu Ytong. Omítky a zdivo tak tvoří homogenní celek, ve kterém nevznikají rozdílná napětí.

Obrázek 4: Cihlový blok YTONG



Zdroj: YTONG pórobetonové zdivo [online] [citace 20.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.xella.cz/html/czk/cz/ytong-lambda.php>>

Pórobeton je vlastně vylehčený beton, jehož vlastnosti a tím i použití závisí na poměru mezi póry a pevnou hmotou. Objemová hmotnost může být až o polovinu nižší, než u vylehčených cihel a konkrétně u Ytongu dosahuje 400 až 700 kg/m³. Podle ní se výrobky rozlišují na pět pevnostních tříd s únosností od 2 MPa u P2-400 do 6 MPa u P6-700. Čím má materiál nižší hmotnost, tím větší je jeho tepelně izolační schopnost a naopak. Tak například tvárnice třídy P2-400 o tloušťce 365 mm má vynikající tepelný odpor $R=3,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, a lze z ní stavět do výšky dvou podlaží. Naproti tomu zeď z tvárnic třídy P4-600 stejné tloušťky má stále ještě podle normy vyhovující $R=2,03$, může však nést ještě další tři podlaží. Z toho plyne, že co se týče tepelné izolace, je použití pórobetonu nejvýhodnější u jedno až dvoupodlažních staveb nebo jako výplňové zdivo do skeletů. Tedy právě v případě rodinných domů, u nichž lze pak ušetřit značné prostředky za vytápění.

Zvukově izolační parametry a schopnost materiálu akumulovat teplo jsou rovněž závislé na objemové hmotnosti. Zde platí čím větší, tím lepší. Ytong s hodnotami indexu akustické neprůzvučnosti pro zdivo tloušťky 365 mm od 42 (P2-400) do 52 dB (P6-700) normě vyhovuje. Jednoduchá bytová příčka (P3-550) má při tloušťce 100 mm $R_w=37 \text{ dB}$, při 150 mm 38 dB. Společné štítové zdi se provádějí vždy zdvojené s průběžnou dělicí spárou vyplněnou izolací.

Pórobeton lze označit jako ekologický materiál. Průmyslově se vyrábí z písku, vápna a cementu jako pojiva, vody a přísady hliníkového prášku pro tvorbu vzduchových pórů. Těžba ani zpracování těchto surovin nenarušuje přírodní rovnováhu.²⁷

Výrobce neudává hmotnost za kus, byl tedy proveden výpočet dle udané spotřeby zdiva na m³ při celkové hmotnosti zdiva [kg/m³]:

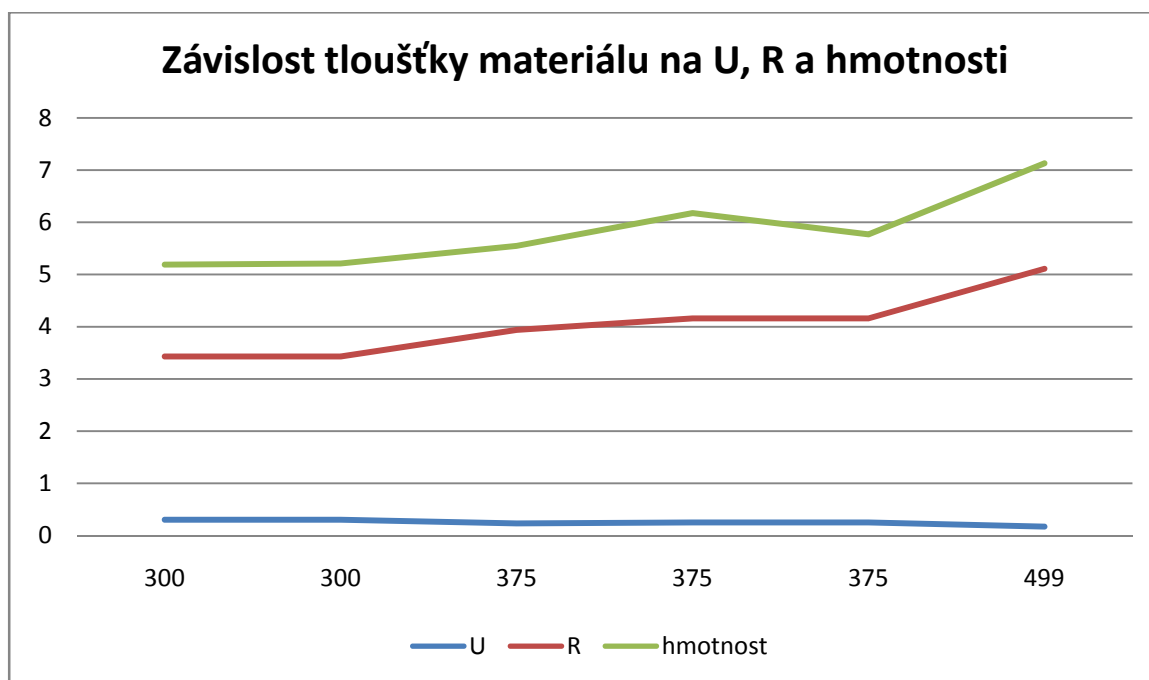
²⁷ YTONG pórobetonové zdivo [online] [citace 20.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.xella.cz/html/czk/cz/ytong-cenik-obvodove-zdivo.php>>

Tabulka 7: Základní parametry stavebního systému Ytong

Konstrukce	Tloušťka celkem	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
typové označení	mm	W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
P2 - 350 PDK	375	0,23	3,71	176,2	1 069
P2 350	499	0,17	4,94	178	1 472
P2 400	300	0,30	3,13	160,8	789
P2 375	375	0,25	3,91	201,7	986
P2 400 PDK	300	0,30	3,13	160,8	795
P2 400 PDK	375	0,25	3,91	201,7	994

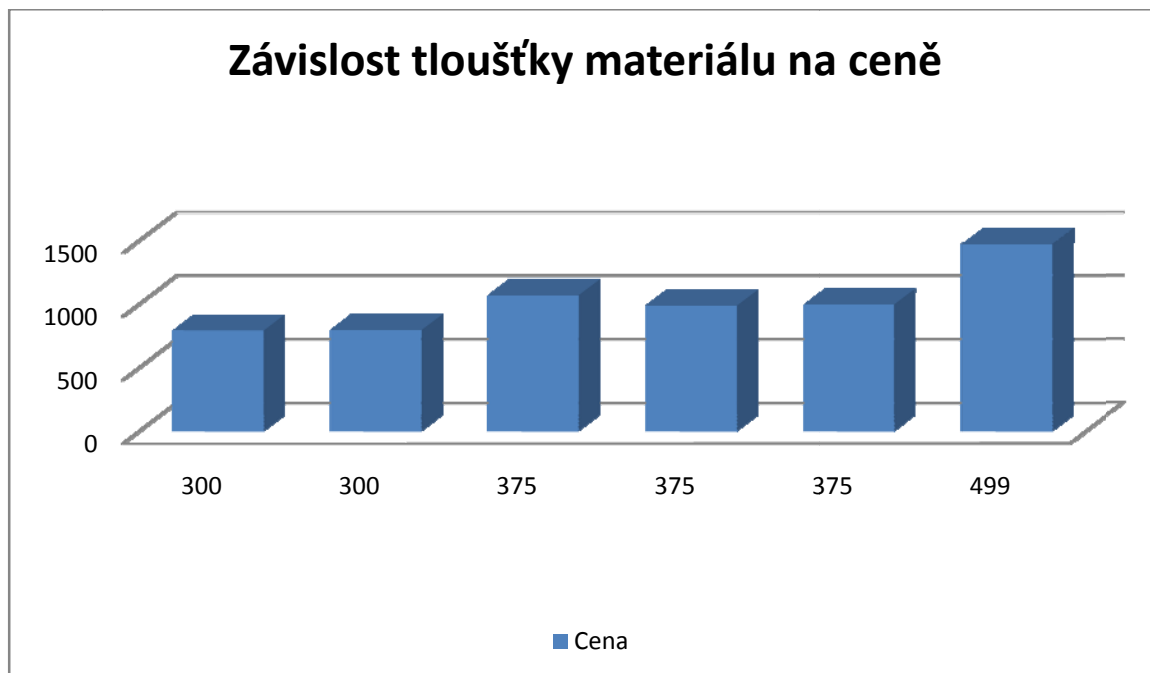
Zdroj: YTONG pórobetonové zdivo [online] [citace 20.2.2010]. Dostupné na [www URL http://www.xella.cz/html/czk/cz/ytong-cenik-obvodove-zdivo.php](http://www.xella.cz/html/czk/cz/ytong-cenik-obvodove-zdivo.php)

Graf č. 5: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 6: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším výrobkem budou betonové tvárnice SUPER IZO a IZO PLUS od firmy Betonové stavby Klatovy.

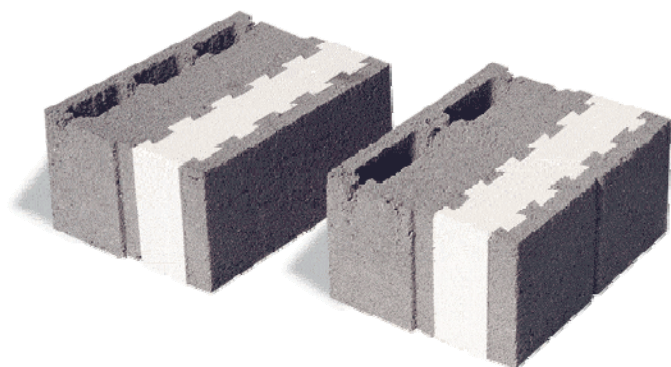
3.1.4. Betonové sendvičové tvárnice

Betonové sendvičové tvárnice od české firmy Betonové stavby – group s.r.o. Klatovy se zaměřují na výrobu drobného betonářského zboží. Stěnové dílce SUPER IZO (SIP) a stěnové dílce IZO PLUS jsou betonové alt. liaporbetonové sendvičové tvárnice určené pro jednovrstvé obvodové nosné i výplňové zdivo tloušťky 300 mm, určené pro stavby s požadavkem na vysoký tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny při zachování malé tloušťky obvodového zdiva zajišťující maximální využití obestavěného prostoru. Zdivo z tvárnic SUPER IZO a IZO PLUS je možné použít i pro rodinné domy.

Základním materiálem použitým pro výrobu stěnových dílců SUPER IZO je mezerovitý liaporbeton (u stěnových dílců IZO PLUS je to mezerovitý beton). Pro jeho výrobu je použito výhradně přírodních pálených (liapor) a nepálených materiálů – tj. křemičitého písku, kamenné drtě (alt. liaporu), cementu a vody. Podle patentem chráněného postupu se k této směsi přikládá ve vibrolisovacím zařízení vložka z tvrzeného stabilizovaného samozhášivého

polystyrénu (styroporu) a tím vzniká základní konstrukční sendvičový prvek. Takto vytvořený výrobek není nutné dále upravovat vytvrzováním párou ani vypalováním v peci při vysokých teplotách. Díky tomuto výrobnímu postupu je výroba stěnových dílců SUPER IZO a IZO PLUS (TIP) energeticky nenáročná a šetrná k životnímu prostředí. Při výrobě nevzniká žádný druhotný odpad ani škodliviny poškozující vzduch.

Obrázek 5: Betonová sendvičová tvárnice



Zdroj: Betonové stavby – group s.r.o. Klatovy [online] [citace 26.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.betonstavby.cz/1_normal.htm>

Jejich předností je výborná tepelná izolace zdiva nové generace SUPER IZO, která dosahuje hodnot - bez omítek $R = 3,44 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Zdivo z původního výrobního programu IZO PLUS dosahuje tepelného odporu bez omítek $R=2,72 \text{ m}^2\text{K/W}$. Při užití tepelně izolačních omítek jsou tyto hodnoty na výšeny na $R=3,01 \text{ m}^2\text{K/W}$.²⁸

Tabulka 8: Základní parametry stavebního systému Betonové stavby – group

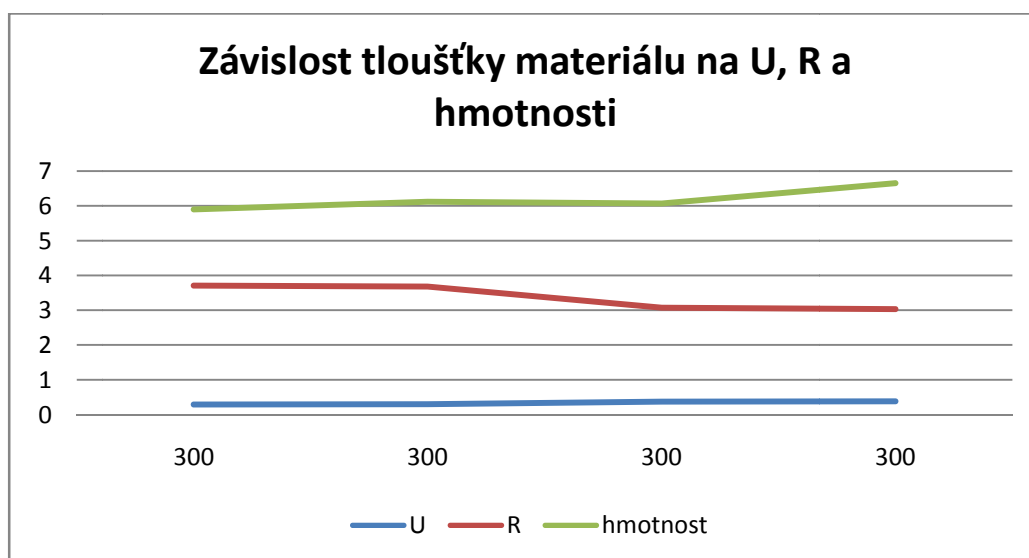
Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
SIP-N/4 P5 100mm izol.	300	0,29	3,42	218,8	888
SIP-NC P10 100mm izol.	300	0,30	3,38	243,8	950
TIP-N/4 P5 100mm izol.	300	0,37	2,70	300	763

²⁸ Betonové stavby – group s.r.o. Klatovy [online] [citace 26.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.betonstavby.cz/1_normal.htm>

TIP-NC P10 100mm izol.	300	0,38	2,65	362,5	813
---------------------------	-----	------	------	-------	-----

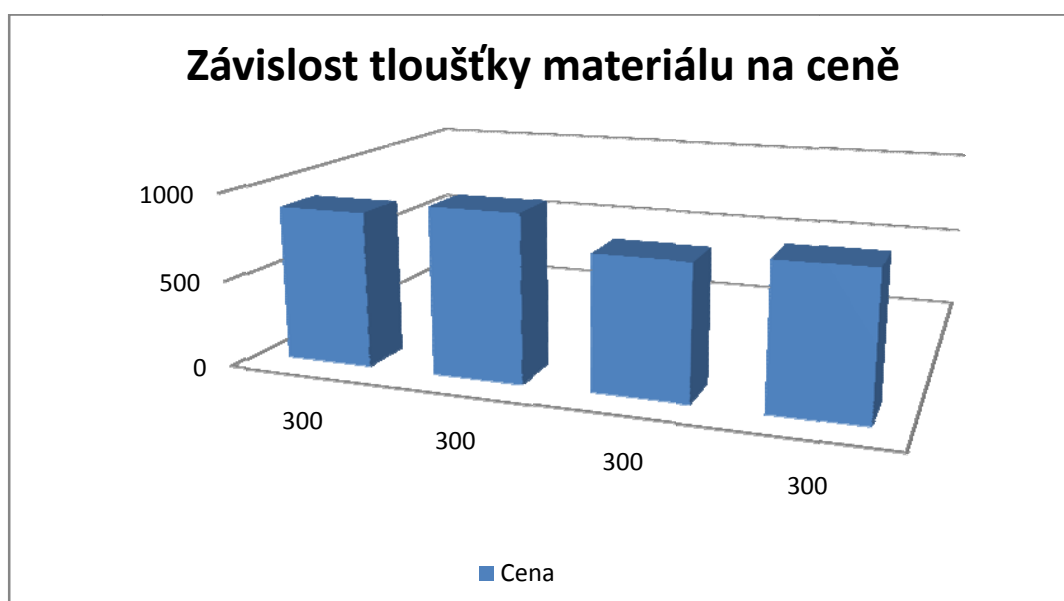
Zdroj: Betonové stavby – group s.r.o. Klatovy [online] [citace 26.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.betonstavby.cz/1_normal.htm, http://www.betonstavby.cz/cenik_cihly.htm>

Graf č. 7: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 8: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

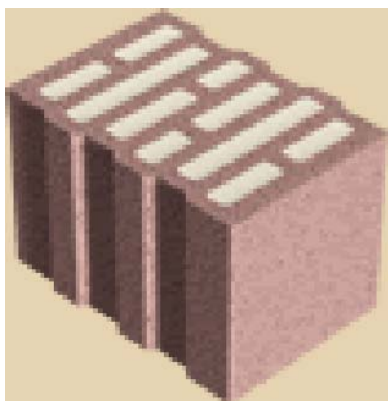
Další neméně významný výrobek pro obvodové zdivo je keramický materiál tvárnice LIAPOR z Vintířova.

3.1.5. Keramický materiál Liapor

Liapor je velmi lehký granulát vyráběný expandováním přírodního jílu. Svou podstatou se řadí mezi keramické hmoty, které jsou jedním z nejstarších a nejosvědčenějších stavebních materiálů. Jedná se však o vyšší stupeň zpracování výchozího materiálu, což umožňuje, že k základním vlastnostem keramických materiálů, jako je pevnost, malá nasákavost, stálost, zdravotní nezávadnost, přistupují u Liaporu ještě další, jako např. velmi nízká objemová hmotnost a vynikající tepelně izolační schopnosti.

Stěny Liapor zajišťují v každém ročním období správné vnitřní klima, jsou tepelně izolační, ale současně teplo dobře akumulují a bezpečně tak vyrovnávají teplotní výkyvy vnějšího prostředí. Tvárnice Liapor SL a Liatherm se nemusí dodatečně tepelně izolovat, splňují požadované normy na tepelnou izolaci. Jsou konstruovány tak, aby dosáhly vysoké hodnoty tepelného odporu při zachování povahy jednovrstvé konstrukce. Díky specifické konstrukci mají tvarovky výborné zvukoizolační vlastnosti, jsou staticky a požárně odolné a hygienicky nezávadné. Svým řešením jsou vhodné především pro stavby rodinných domů, kde je kladen vysoký důraz na hospodárnost budoucího provozu.²⁹

Obrázek 6: Tvárnice LIAPOR



Zdroj: LIAPOR Vintířov, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.liapor.cz/component.php?cocode=section&seid=106>

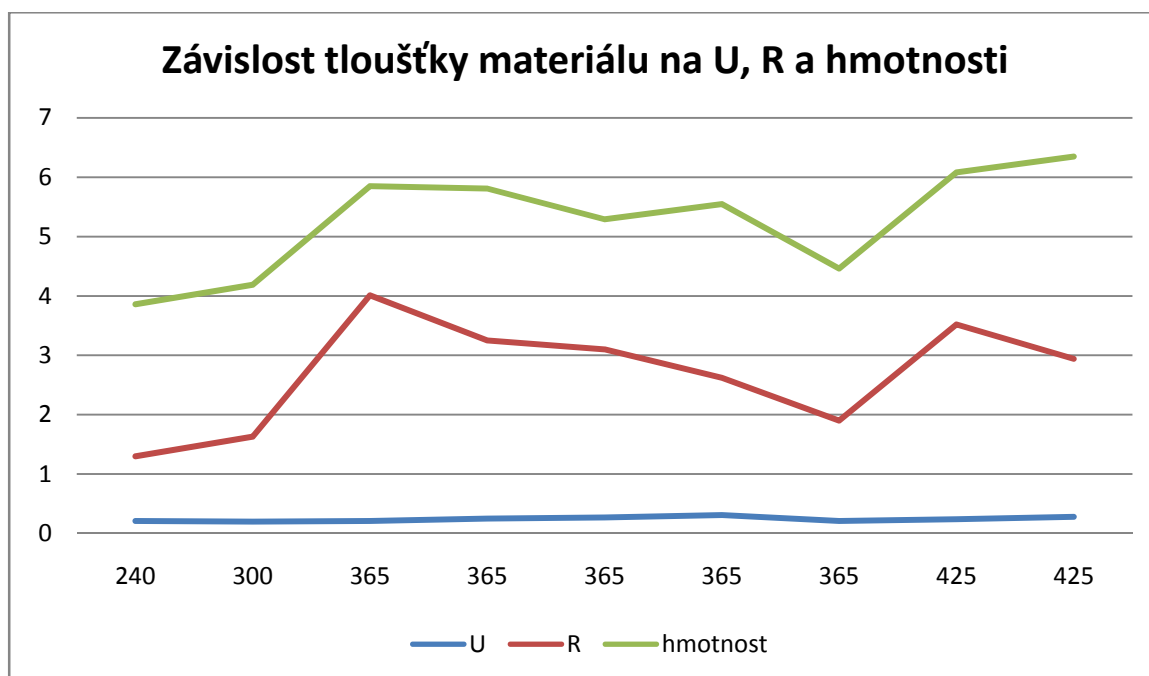
²⁹ LIAPOR Vintířov, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.liapor.cz/component.php?cocode=section&seid=78>

Tabulka 9: Základní parametry stavebního systému LIAPOR

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
LIAPOR SL-2	365	0,21	3,80	184	1200
LIAPOR SL-4	365	0,25	3,0	256	1248
LIATHERM 365-2	365	0,27	2,83	219	800
LIATHERM 365-4	365	0,31	2,31	292,8	816
LIATHERM 425-2	425	0,24	3,28	256	896
LIATHERM 425-4	425	0,28	2,66	340,8	928
LIAPOR M-6	240	0,21	1,09	256	664
LIAPOR M-6	300	0,2	1,43	256	800
LIAPOR M-6	365	0,21	1,69	256	944

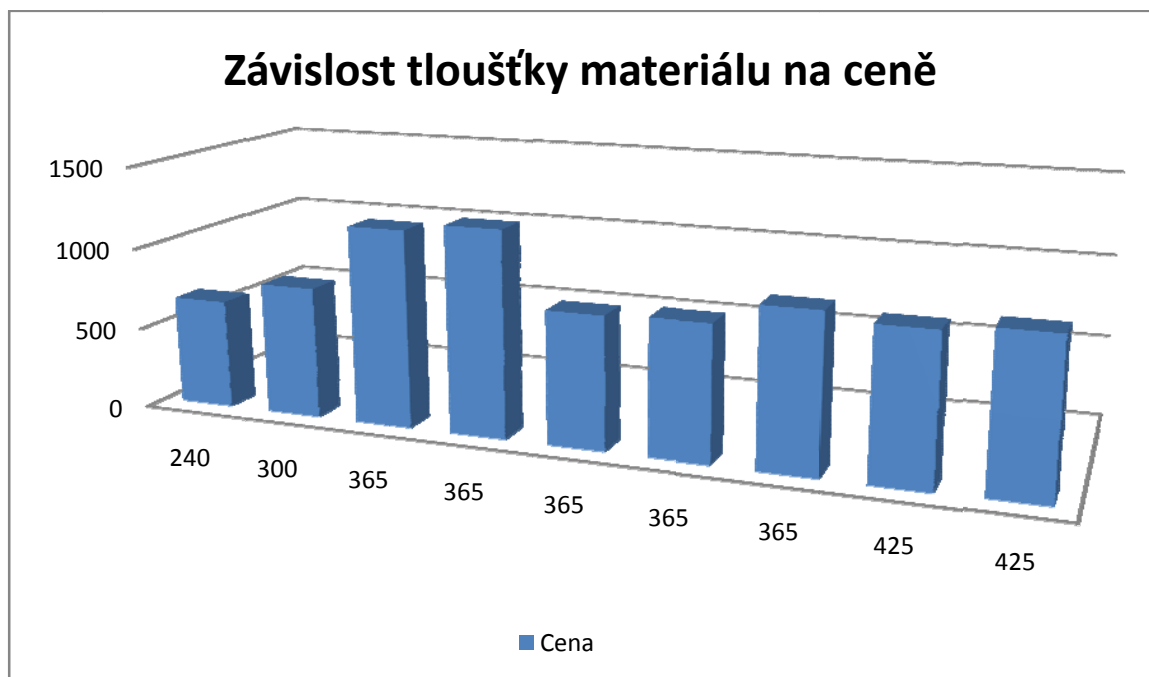
Zdroj: LIAPOR Vintířov, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL
<http://www.liapor.cz/component.php?cocode=section&seid=78>,
<http://www.liapor.cz/component.php?cocode=section&seid=107>

Graf č. 9: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 10: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Mezi významné výrobce cihlářských výrobků řadíme i firmu WIENERBERGER České Budějovice s výrobkem Porotherm.

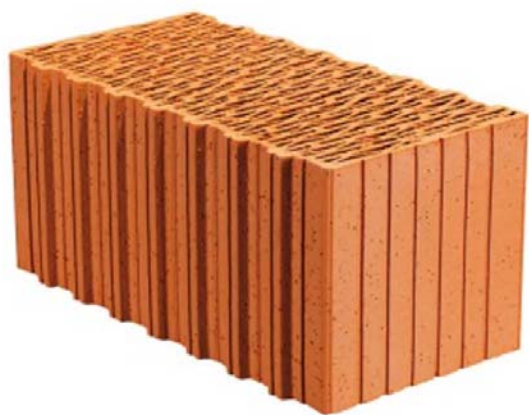
3.1.6. Wienerberger

Firma Wienerberger je specialista na cihlářské výrobky POROTHERM. Jde o svisle děrovaný pálený cihelný blok využívající netradičního propojení zazuběním a maltové kapsy. Je zaměřen nejen na dobrý tepelný odpor, ale na zvýšení zvukové izolace při zachování stejné tloušťky stěn. Jsou určeny pro omítané vnitřní zdivo o tloušťce 250 mm, případně pro vnitřní chráněnou část obvodových vrstvených stěn. K významným výhodám nové zvukoizolační cihly patří také nízký odpor proti difuzi vodních par, výborná akumulace tepla a rozměry v modulovém systému, což je optimálním předpokladem pro možnost využití dalších prvků zdicího systému POROTHERM.

Systém broušených cihel POROTHERM CB umožňuje, díky ložné spáře zbroušené do roviny vyzdívání na speciální maltu pro tenké spáry. Nejen díky tomu mají tyto cihly mnoho unikátních výhod. Vyrábějí se v zásadě stejným způsobem jako klasické cihly

POROTHERM, ovšem s tím rozdílem, že se ložné spáry cihle po vysušení, případně vypálení, zbrousí do roviny na speciálním zařízení se dvěma navzájem rovnoběžnými brusnými kotouči. Takto upravené cihly mají stejnou výšku s odchylkou maximálně 1 mm a dvě navzájem rovnoběžné a dokonale rovné ložné plochy. Cihly POROTHERM EKO jsou určeny pro omítané jednovrstvé obvodové nosné i nenosné zdivo tloušťky 440 mm s vysokými nároky na tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny. EKOnomické - tepelný odpor zdiva lepší až o 10 % přináší úspory v nákladech na vytápění. EKologické - snížení ekologického zatížení životního prostředí výrobou změnou výrobní receptury, zlepšení podmínek pro zdravé bydlení. Cihly POROTHERM 50 Hi jsou určeny pro omítané jednovrstvé obvodové nosné i nenosné zdivo tloušťky 500 mm s nejvyššími nároky na tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny.³⁰

Obrázek 7: Blok WIENERBERGER



Zdroj: WIENERBERGER České Budějovice, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL http://www.wienerberger.cz/servlet/util/getDownload.jsp?blobtable=WBDownload&blobcol=urldataupload&blobkey=id&blobwhere=1264368028222&blobheader=multipart/octet-stream&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment;filename=cenik_PTH_1-3-2010_scrH.pdf&sl=wb_cz_home_cs

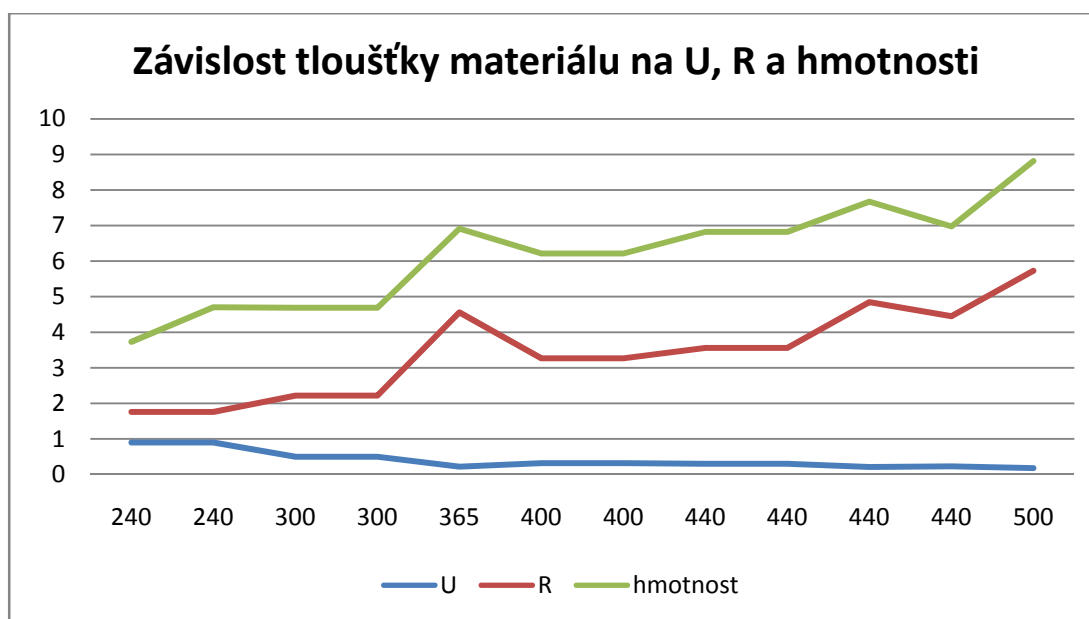
³⁰ WIENERBERGER České Budějovice, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL http://www.wienerberger.cz/servlet/Satellite?pagename=Wienberger/SR_Product/ProductStandard05&c=SR_Product&cid=1254735573775&lpi=1119439164442&sl=wb_cz_home_cs

Tabulka 10: Základní parametry stavebního systému Wienerberger

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
CB DF 44	440	0,30	3,26	326,4	914
CB DF 40	400	0,32	2,95	294,4	826
CB DF 30	300	0,5	1,72	246,4	677
CB DF 24	240	0,9	0,86	294,4	549
CB 44	440	0,3	3,26	326,4	875
CB 40	400	0,32	2,95	294,4	789
CB 30	300	0,5	1,72	246,4	619
CB 24	240	0,9	0,86	196,9	498
44 EKO	440	0,21	4,64	282,2	1064
40 EKO	440	0,23	4,22	252,8	952
50 HI	500	0,18	5,55	308,8	1115
PROFI 36,5	365	0,22	4,34	235,2	1824

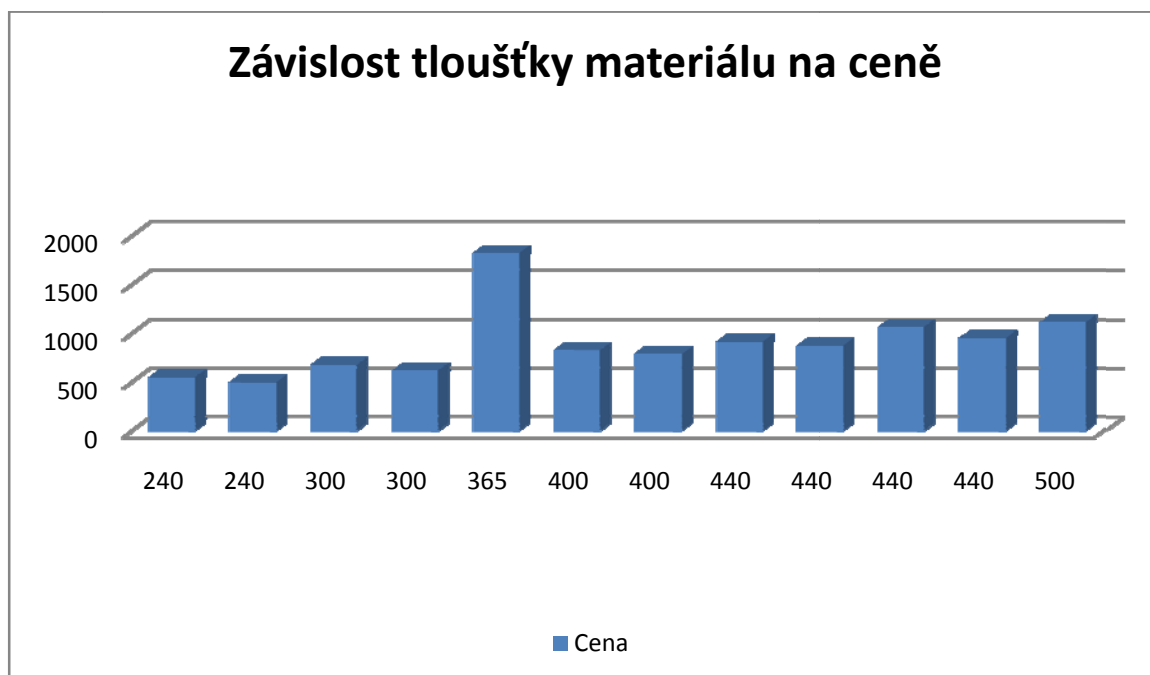
Zdroj: WIENERBERGER České Budějovice, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL http://www.wienerberger.cz/servlet/util/getDownload.jsp?blobtable=WBDownload&blobcol=urlimageupload&blobkey=id&blobwhere=1264368028222&blobheader=multipart/octet-stream&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=attachment;filename=cenik_PTH_1-3-2010_scrH.pdf&sl=wb_cz_home_cs

Graf č. 11: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 12: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším porovnávaným výrobkem jsou přesné tvárnice H + H pórobeton.

3.1.7. H + H pórobeton

Tvárnice s obchodním názvem Přesná tvárnice H+H Greenblock je určena pro zdivo s vysokou hodnotou tepelného odporu. Při použití těchto stavebních prvků není nutné dodatečné zateplení. Jedná se tedy o zdící materiál splňující nejvyšší nároky energeticky úsporných staveb.

Nový Greenblock je vyráběn ve dvou provedeních, přesná tvárnice P2 350 PDK 600/375/250 a přesná hladká tvárnice 300/500/250, obě s hodnotou $\lambda = 0,09$ W/mK. Tyto parametry umožňují realizaci nízkoenergetických a pasivních staveb. Práce s H+H Greenblock je technicky nenáročná, materiál je určen k přesnému zdění na tenké maltové lože. Díky úchopové kapse u provedení PDK (pero, drážka, kapsa) je s výrobkem jednoduchá manipulace.

H+H Greenblock se pro celou Českou republiku, Slovensko, Rakousko a také část německého trhu vyrábí v českém závodě v Mostě Kopistech.

Novinkou sortimentní řady Classic vyráběné z šedého porobetonu je pro IBF přesná tvárnice P2 400 PDK. S hodnotou $\lambda = 0,095$ W/mK je i tento výrobek vhodný k nízkoenergetické a

pasivní výstavbě.³¹

Obrázek 8: Blok H + H



Zdroj: H + H Česká republika, Most, [online] [citace 16.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.hplush.cz/tc>>

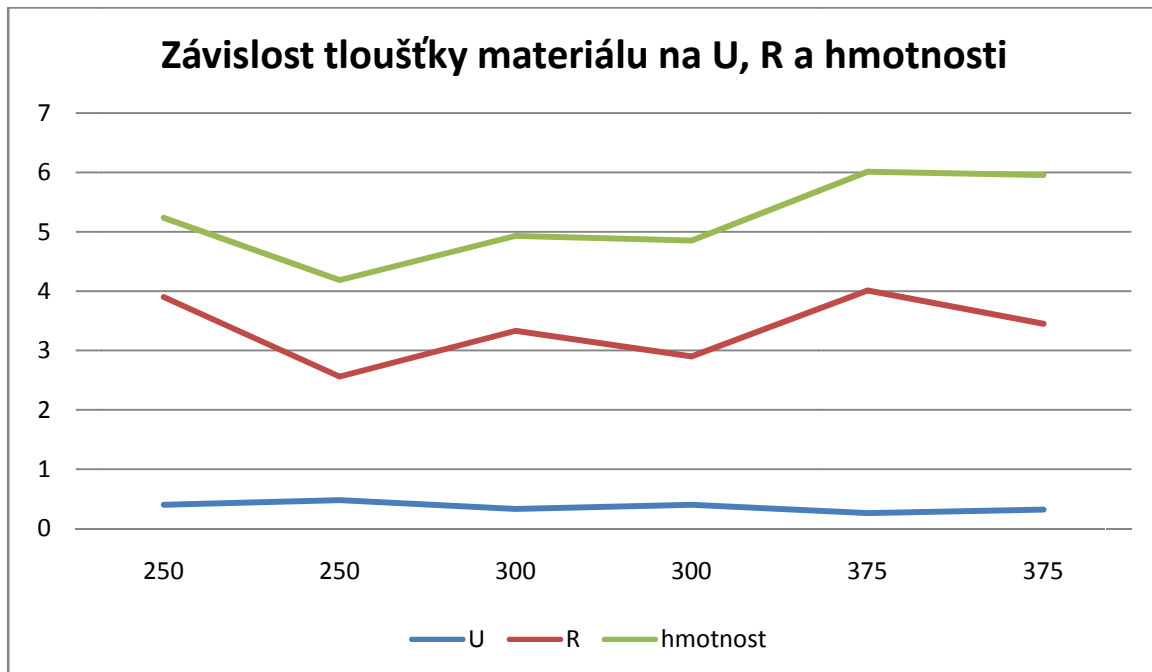
Tabulka 11: Základní parametry stavebního systému H + H

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu v Kč
		U W/(m ² K)	R (m ² K)/W	hmotnost kg/m ²	
P2 400	250	0,4	2,5	133,4	605
P2 400	300	0,33	3	160,1	726
P2 400	375	0,26	3,75	200,1	908
P4 500	250	0,48	2,08	162,6	605
P4 500	300	0,4	2,5	195,1	726
P4 500	375	0,32	3,13	250,5	908

Zdroj: H + H Česká republika, Most, [online] [citace 16.03.2010]. Dostupné na URL
<http://www.hplush.cz/technicke_listy,
http://www.hplush.cz/c/document_library/get_file?folderId=1103058&name=DLFE-13980.pdf>

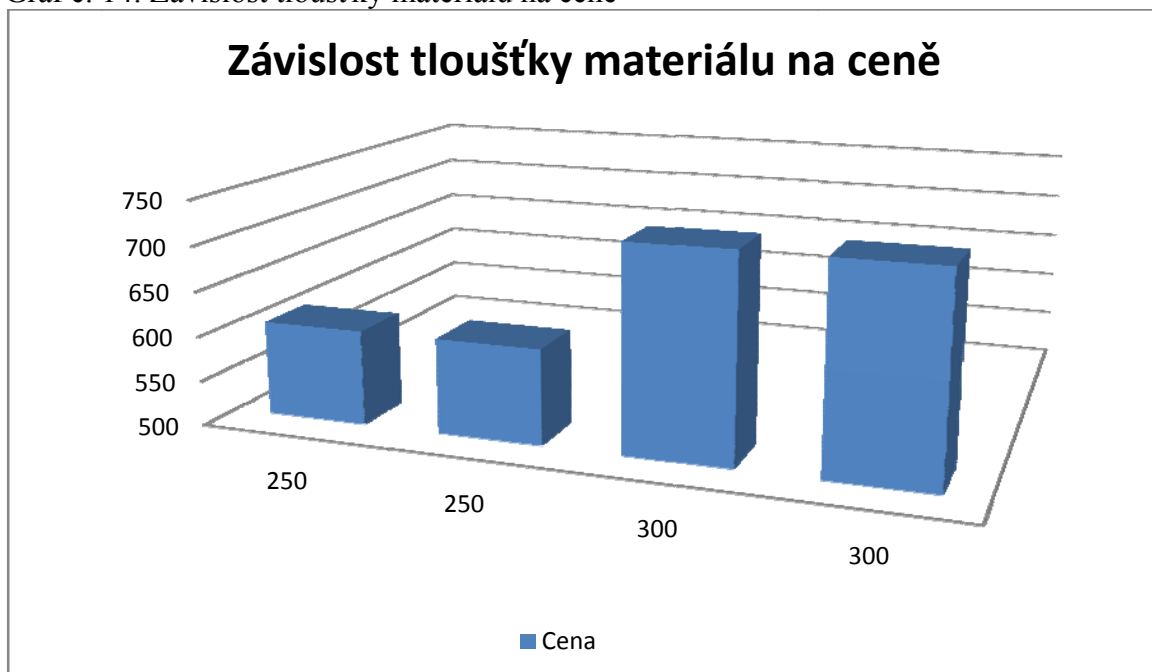
³¹ H + H Česká republika, Most, [online] [citace 16.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.hplush.cz/tc>>

Graf č. 13: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 14: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Mezi další výrobce patří systém se ztraceným bedněním ISOBAU.

3.1.8. ISOBAU

ISOBAU představuje lego systém se ztraceným styroporovým (tepelně izolačním lehčeným betonem) bedněním, kde železobetonová výplň tvoří nosnou konstrukci.

Je tvořen ucelenými stavebními prvky, kde základním materiálem je styropor.

ISOBAU patří mezi nízkoenergetické systémy a přináší výrazné výhody a finanční úspory. V podstatě eliminuje vzrůstající náklady na energie oproti klasickým a dodatečně nezatepleným stavebním materiálům, výrazně spoří náklady na teplo.

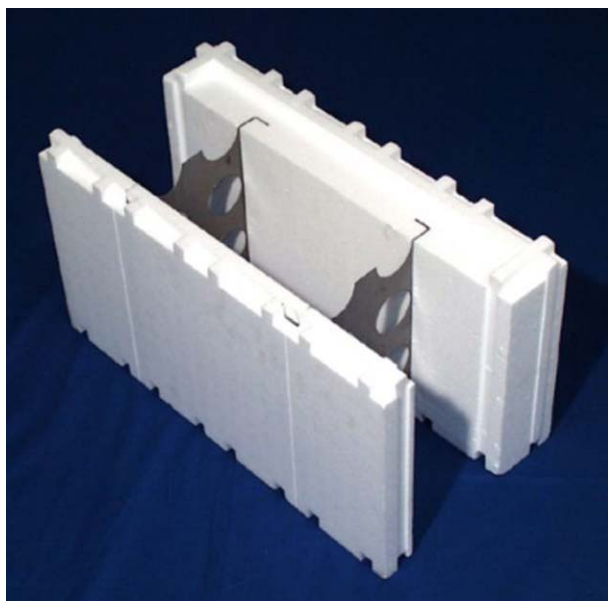
V případě aplikace jiných zdrojů tepla a ohřevu užitkové vody, např. tepelných čerpadel, se výhody provozních úspor ještě znásobí. ISOBAU je určen k výstavbě rodinných domů, viladomů, bytových domů, nebytových objektů různého charakteru, výrobních objektů, skladů, hal, garáží, bazénů a dalších staveb. Je certifikován, má všechny povinné atesty, prohlášení o shodě a vyrábí se v ČR

Umožňuje realizovat stavbu rychleji, levněji a přitom v nadstandardní kvalitě oproti běžným materiálům. Patří mezi nejprogresivnější stavební systémy a má naději stát se materiálem pro budoucnost.

Systém je plně architektonicky variabilní. Výstavba je rychlejší, oproti klasickým stavebním materiálům, cca o 50%. Atesty dokladují splnění norem ČSN EN o hygienické nezávadnosti materiálu. Systém odpovídá principům LEGA a je současně ztraceným bedněním, tzn., že stavba z tohoto systému je kompletní a stává se natrvalo integrální součástí (nosné zdivo, příčky, stropy, střecha, příp. schodiště stavby). Technologický postup je takový, že se ještě před betonáží vyskládá na půdorys stavby obvodové zdivo a příčky, patro se uzavře tzv. věncovkou a stropem s kari sítí a střecha s dřevěnými krokviemi se pokryje střešními panely s následným položením těžké střešní krytiny. Stavba je velmi rychlá, náklady na instalace a práci jsou oproti klasickým materiálům nižší min. o 30%. Nezanedbatelná úspora je i v nákladech na dopravu materiálu a jeho manipulaci. Díky malé hmotnosti a optimálnímu balení lze materiál na rodinný dům o užitné ploše 150m² dopravit na jednom nákladním voze.³²

³² ISOBAU INVEST Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.isobau.cz/15-stavebni-system/>>

Obrázek 9: Ztracené bednění ISOBAU



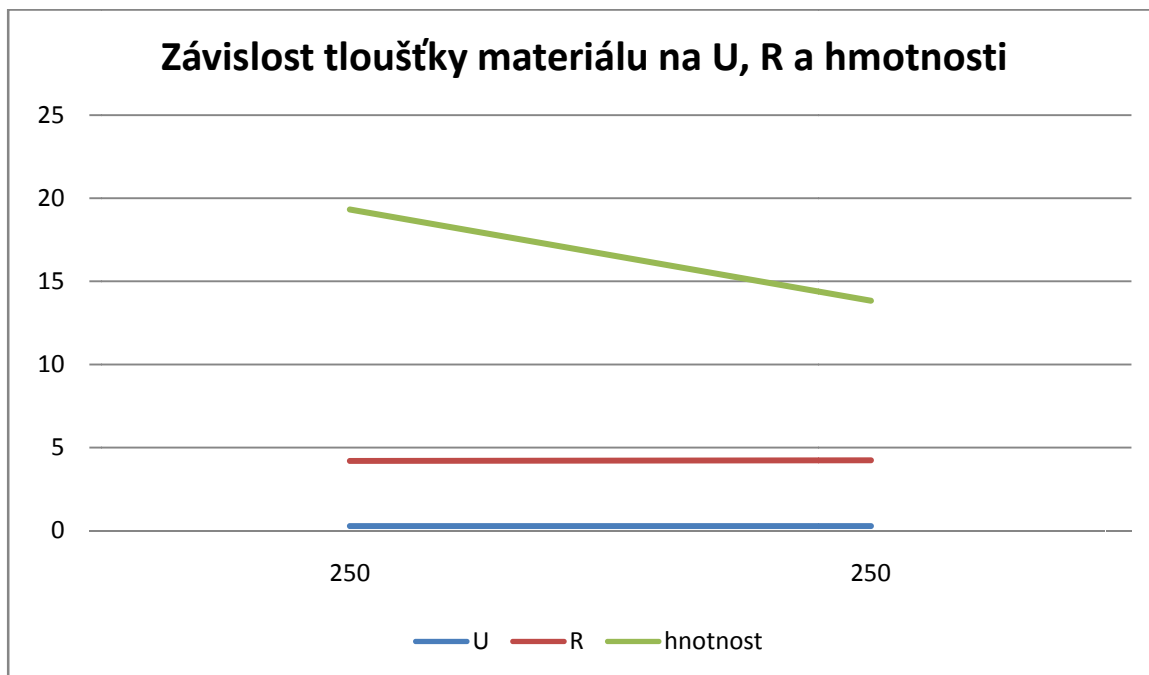
Zdroj: ISOBAU INVEST Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na: http://www.isobau.cz/_data_app_downloads/technicke_listy.pdf

Tabulka 12: Základní parametry stavebního systému ISOBAU

Konstrukce	Tloušťka celkem	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu v Kč
		U	R	hmotnost	
typové označení	mm	W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
T4425 40+40mm izol.	250	0,28	3,92	15,12	605
T8425 40+80mm izol.	250	0,28	3,95	9,6	668

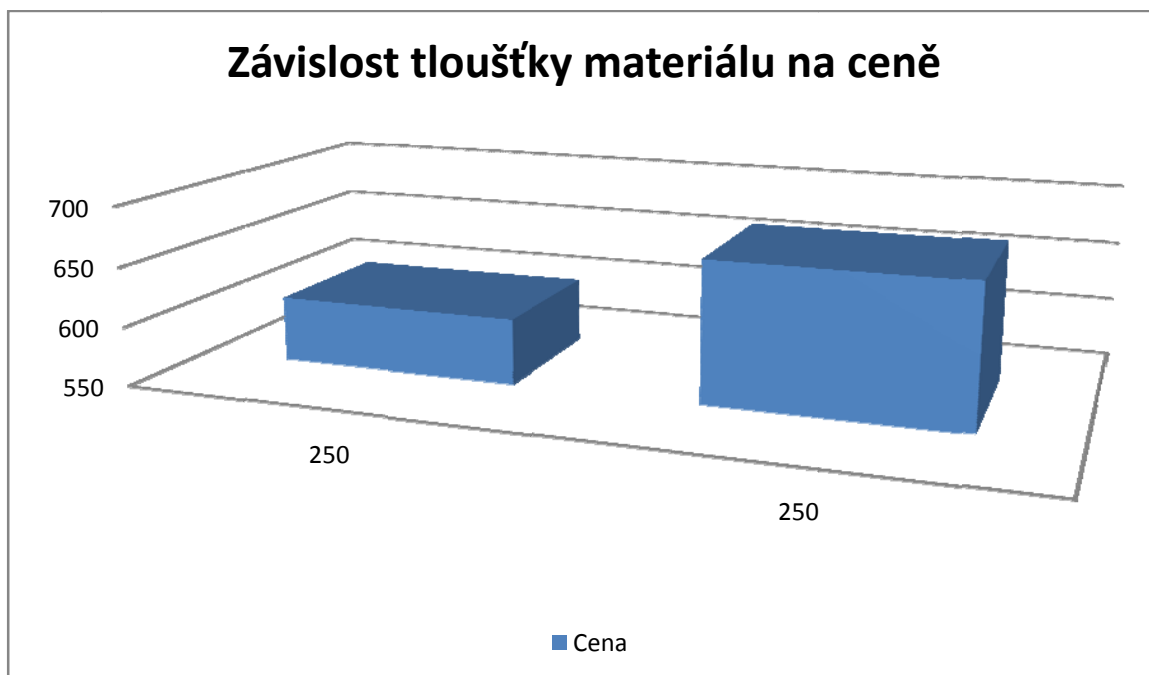
Zdroj: ISOBAU INVEST Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL
< <http://www.isobau.cz/18-vyrobní-program/>, http://www.isobau.cz/_data_app_downloads/technicke_listy.pdf>

Graf č. 15: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 16: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Další firmou, která své výrobky řadí mezi cihlené je firma PBC Praha.

2.1.9 PBC PRAHA

Firma PBC Praha navázala na zkušenosti a tradice německých rodinných cihelen. Přenáší se tím bohaté zkušenosti generací aplikované na dnešní dobu. Nabízí cihelný systém pro hrubou stavbu celého domu – od sklepa až po střechu. Zákazník tak nemusí složitě vyhledávat, u jednoho dodavatele pořídí pro hrubou stavbu celého domu.

Mezi nesporné přednosti těchto broušených cihel patří zejména úspora času oproti klasickému zdění, spotřeba malty - používá se lepidlo, které je součástí dodávky, zlepšené tepelné vlastnosti, výhodnější ekonomická kalkulace.

Moderní technologie jdou neustále dál a cílem firmy P.B.C. - Praha, s.r.o. je nabízet to nejlepší, čím moderní stavebnictví disponuje.³³

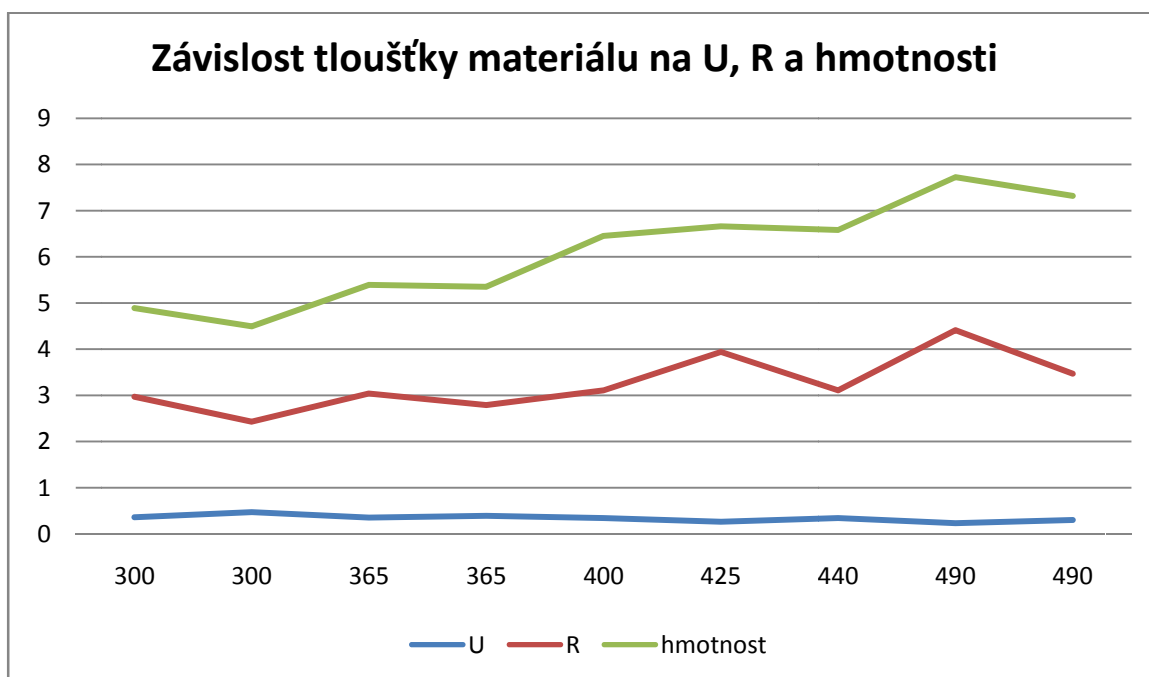
Tabulka 13: Základní parametry stavebního systému PBC GIMA

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
PL 41	490	0,23	4,18	313,6	1864
PL 17	425	0,26	3,68	272	1615,20
PL 44	365	0,35	2,69	235,2	1387,20
PL 48	300	0,36	2,61	192	1140,80
PL 61	490	0,30	3,17	385,6	1647,20
PL 43	440	0,34	2,77	347,2	1008
PL 40	400	0,34	2,77	334,4	915,20
PL 64	365	0,39	2,40	256	1227,20
PL 68	300	0,47	1,96	206,4	1088

Zdroj: PBC Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.pbc-gima.cz/images/gima.pdf>>

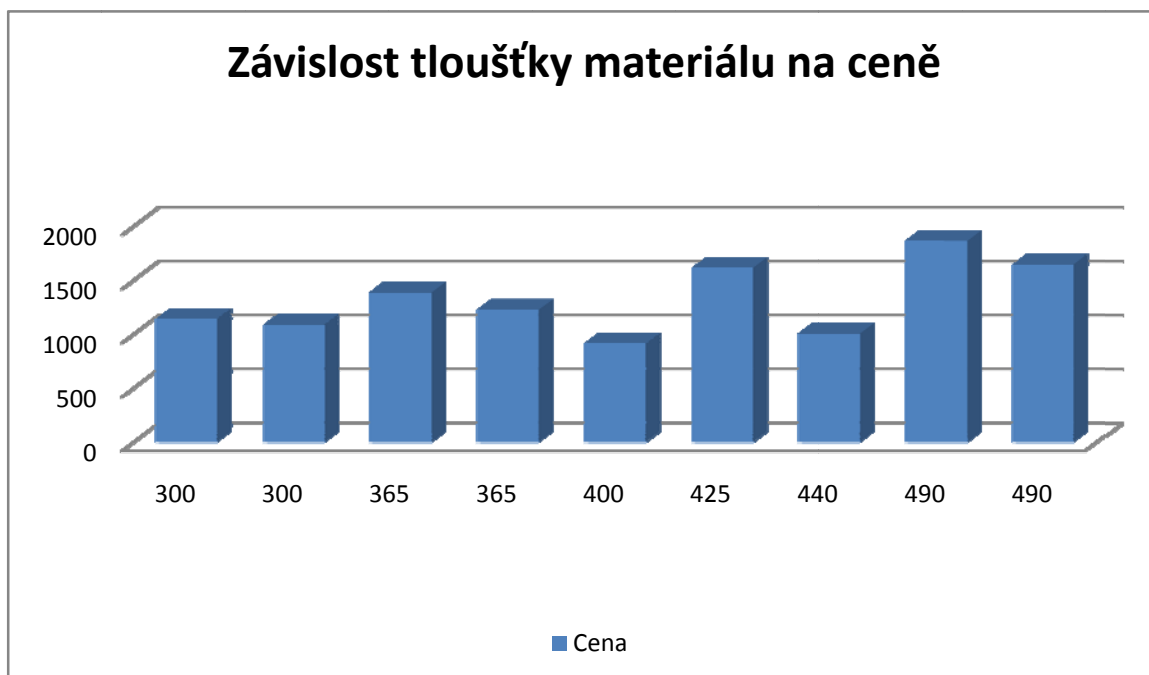
³³ PBC Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL <http://www.pbc-gima.cz/images/gima.pdf>

Graf č. 17: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 18: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Posledním sledovaným výrobkem je tradiční betonářská firma MERIT Slatiňany.

2.1.10 MERIT

Nosné tepelně izolační tvárnice od firmy MERIT Slatiňany, tradičního výrobce betonu a betonového ztraceného bednění Merit, se vyrábějí v provedení BIO PLUS EXTRA a EXTRA SUPER. Jde o nosné betonové tvárnice s průběžnou polystyrenovou vložkou, která může být 80 – 100 mm. Používá se pro nosné i výplňové, tepelně izolační obvodové zdivo. To v sobě sjednocuje všechny výhody sendvičového pláště:

- Silná vnitřní nosná betonová část tvárnice akumuluje teplo a uvolňuje ho zpět do místnosti, čímž vhodně vyrovnává kolísání teplot
- Tenká vnější betonová vrstva je ideálním podkladem pro vnější tenkovrstvé omítky
- Řešení veškerých spár zdiva je bez tepelných mostů s maltováním pouze v ložných spárách, svislé styčné spáry jsou řešeny zámkovým spojem tvárnic bezmaltově pouze na sražení
- Provedení sendvičové konstrukce je bez dodatečného zateplení jedním pracovním cyklem
- Sendvič má dobrou zvukovou izolaci
- Díky nenasákavosti zdiva se tato tvárnice dá uplatnit v zátopových oblastech
- Bytové domy z tohoto materiálu se dají bezproblémově stavět do 4 podlaží³⁴

Obrázek 10: Ztracené bednění MERIT



Zdroj: MERIT Slatiňany, [online] [citace 23.03.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.merit-slatinany.cz/jpg/bio%20n%20foto.jpg>>

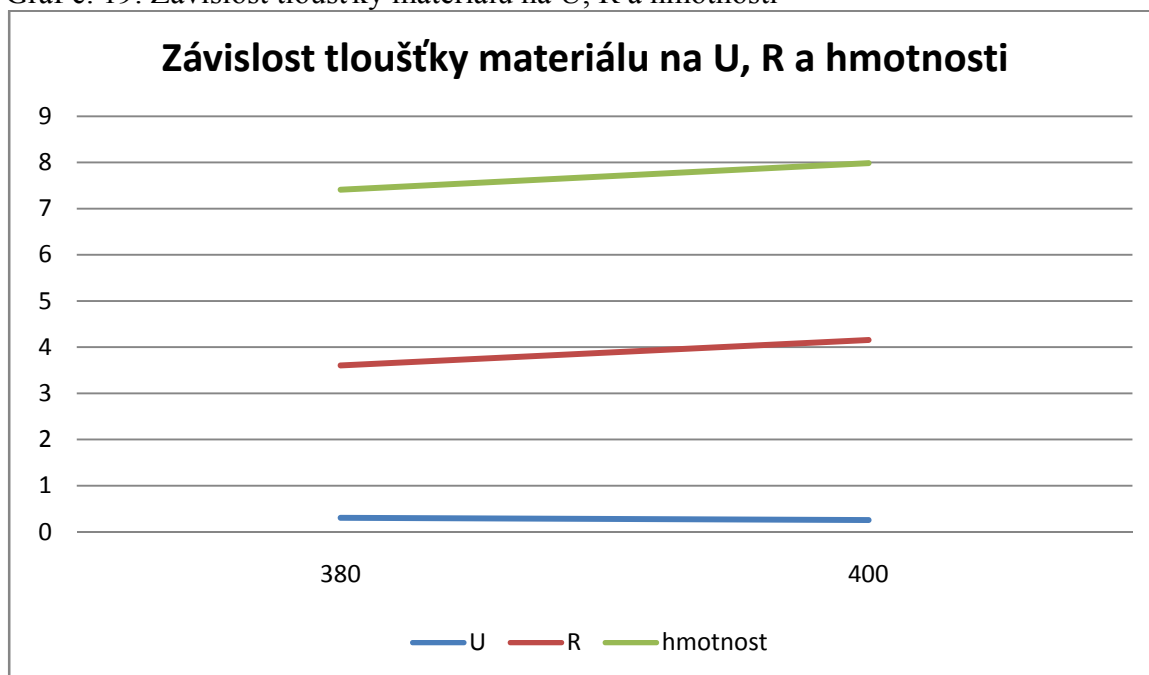
³⁴ MERIT Slatiňany, [online] [citace 23.03.2010]. Dostupné na URL: <http://www.merit-slatinany.cz/jpg/bio%20n%20foto.jpg>, vlastní zpracování

Tabulka 14: Základní parametry stavebního systému MERIT

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² materiálu v Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
BIO PLUS EXTRA 80mm izol.	380	0,303	3,3	380,8	660
EXTRA SUPER 100mm izol.	400	0,256	3,9	382,7	720

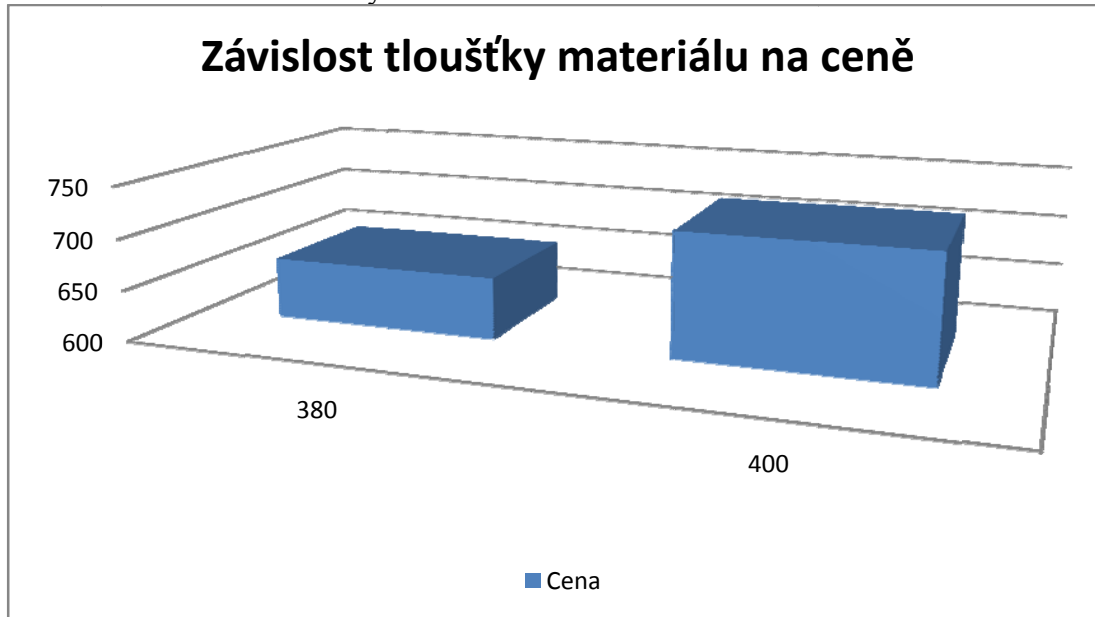
Zdroj: MERIT Slatiňany, [online] [citace 23.03.2010]. Dostupné na URL: < <http://www.merit-slatinany.cz/produkty.html> >

Graf č. 19: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 20: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

V další kapitole budou porovnávány stavební materiály pro obvodové zdivo a to na bázi dřeva.

3.2. Domy na bázi dřeva

V současné době se výstavba nízkoenergetických domů obrací na materiály na bázi dřeva. Sice oproti světu v procentu dřevostaveb zaostáváme, její podíl se každým rokem zvyšuje. V porovnání máme v Čechách jen 4% dřevostaveb, Skandinávie, kde je dřevo, nejrozšířenějším stavebním prvkem má 70%, USA a Kanada mají po 65%.

Mezi stavby na bázi dřeva jsou do porovnání zařazeny výrobky firmy KLH s masivními panely z lepeného dřeva, NOVATOP panely s lepenými masivními deskami, stavební systém VELOX, Ekopanely a bloky DURISOL.

3.2.1. KLH[®] – masivní panely z lepeného dřeva

Stavební systém KLH se řadí mezi masivní panelové konstrukce z lepeného dřeva. Je vyrobený slepením smrkového řeziva ve 3, 5 nebo 7 vrstvách. Sousední vrstvy jsou uloženy vždy kolmo k sobě. Hoblované a vysušené smrkové desky v tloušťkách 19–40 mm jsou lepeny PUR lepidlem, bez formaldehydu, ve velkoformátovém lisu. Po slepení se panely opracovávají na CNC strojích. Tato nová technologie nachází v posledním desetiletí stále širší uplatnění ve všech oborech stavebnictví. Od realizace rodinných domů přes řadovou zástavbu, hotely, stavby veřejně prospěšné jako jsou domovy důchodců nebo školy až po několika podlažní bytové komplexy.

KLH panely se na stavbu přivážejí speciálně upravenými kamiony. Rychlá a přesná montáž je i u vícepodlažních objektů otázkou několika dnů. Suchá hrubá stavba je tak ve velmi krátkém čase zajištěna proti povětrnostním vlivům. Po montáži hrubé stavby se z vnější strany aplikuje tepelná izolace. Vhodné jsou materiály s nízkým difuzním odporem, jako jsou minerální nebo dřevovláknité izolace. Při použití těchto materiálů je možné vytvořit difúzně otevřený plášť budovy bez parozábrany. Konečnou úpravou může být fasáda na bázi silikátových omítek, obložení dřevem, profilovaným plechem a podobně.

Z vnitřní strany mohou být panely pohledové, nebo se aplikují různé druhy obložení. Nosná konstrukce z KLH panelů je díky své vzduchotěsnosti a nenáročnosti na rizikové detaily kvalitním základem pro nízkoenergetické a pasivní budovy. Stěna o tloušťce 22 cm se skladbou 9,5 cm KLH + 12 cm izolace má součinitel prostupu tepla $U = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Panely mají také velmi příznivou ekologickou bilanci. Na výrobu panelů se používá chemicky neošetřené dřevo pocházející z lesů obhospodařovaných trvale udržitelným způsobem.

KLH panely nezatěžují obytné prostředí žádnými škodlivými emisemi, naopak vytvářejí příjemné mikroklima., které působí příznivě na zdraví lidí. Panely jsou doporučeny pro užití v bioarchitektuře.³⁵

³⁵ ABETE dřevostavby s.r.o., Nový Jičín, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/klh-masivni-panely-z-lepeneho-dreva/>, <http://www.abete.cz/KLH.html>, vlastní konzultace p. Dorazil tel.: 556 701 160

Konstrukce je velmi individuální a její hmotnost i cena je odvislá od projektu. Proto jsou uváděny jen základní údaje bez ceny a hmotnosti a tento produkt nebude zahrnován do souhrnné analýzy dat.

Obrázek 11: Stavba domu z KLH panelů



Zdroj: ABETE dřevostavby s.r.o., Nový Jičín, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/klh-masivni-panely-z-lepeneho-dreva/>, <http://www.abete.cz/KLH.html>>

Tabulka 15: Základní parametry stavebního systému z KLH panelů

Konstrukce	Tloušťka celkem	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
typové označení	mm	W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
KLH 120mm izol.	220	0,27	3,7	50	3200

Zdroj: ABETE dřevostavby s.r.o., Nový Jičín, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/klh-masivni-panely-z-lepeneho-dreva/>, <http://www.abete.cz/KLH.html>>, vlastní konzultace p. Dorazil tel.: 556 701 160

Dalším materiálem je systém velkoplošných komponentů z masivního dřeva NOVATOP.

3.2.2. NOVATOP – systém velkoplošných komponentů z masivního dřeva

NOVATOP je stavební a konstrukční systém velkoformátových komponentů lepených z masivního smrkového dřeva, který díky svým vlastnostem splňuje náročné normy nízkoenergetických a pasivních staveb a je plně v souladu s přírodou. Systém má tři základní konstrukční prvky – SOLID pro stěny, ELEMENTS pro stropy a střechy a STATIC pro střešní přesahy. Všechny komponenty se vyznačují vysokou pevností a stabilitou při namáhání tlakem i tahem a mimořádnou statickou únosností.

Hlavní výhodou NOVATOP systému je zaručená vzduchotěsnost a možnost vytvoření difúzně otevřeného pláště budovy bez parozábran. NOVATOP jednoduše řeší tepelnou izolaci, a to bez nežádoucích tepelných mostů, opravdu spolehlivě si poradí s tolik obávaným hlukem, stejně jako s požární odolností. Detailní příprava projektu umožňuje připravit trasy pro veškeré instalace popř. je i předmontovat. Systém lze kombinovat se sklem, ocelí i betonem. Umožňuje navrhovat moderní a nápadité projekty s libovolným uspořádáním bez omezení nosnými stěnami, je vhodný pro stavbu rodinných i bytových domů, školských, sportovních a administrativních budov, výrobních a průmyslových hal, ale také pro rekonstrukce, přístavby, nadstavby apod. Jeho výhodou je vysoká efektivnost, a to díky jednoduchosti a rychlosti montáže a přesnosti každého detailu. Montáž hrubé stavby je i u vícepodlažních objektů otázkou několika dnů.

Vyrábí se převážně ze dřeva českých jehličnanů za dodržování přísných ekologických předpisů. Celá výroba je neustále dozorována tuzemskými i zahraničními nezávislými kontrolními orgány a splňuje přísná kritéria pro celou řadu certifikací. Celý systém byl vyvinut a ověřen ve Švýcarsku.

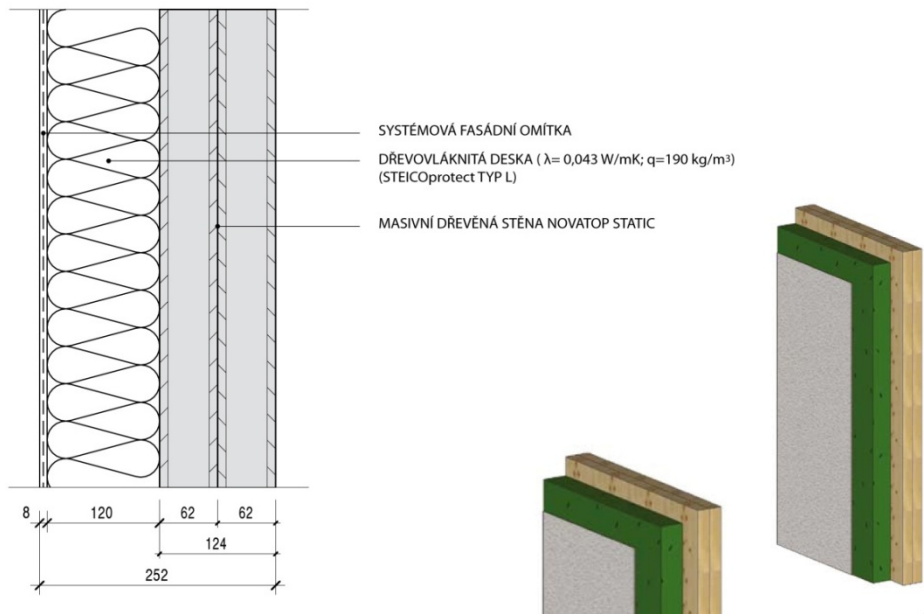
Dřevo je jedinou masově použitelnou obnovitelnou surovinou na území naší republiky, je to jediný stavební materiál, který má pasivní bilanci CO₂, v celém životním cyklu od pěstování až po recyklaci více CO₂ pohltí, než vyprodukuje.³⁶

Sendvičová deska NOVATOP se skládá ze dvou částí masivních dřevěných desek o šířce 124 mm, dále dřevovláknitá deska 120 mm a na ni již jen fasádní omítka. Tloušťka stěny je tak 252 mm se součinitelem prostupu tepla odporem 0,26 W/m²K. Další typy sendvičů mohou

³⁶ AGROP NOVA Ptení, [online] [citave 01.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.novatop-system.cz/cs/co-je-novatop/>>

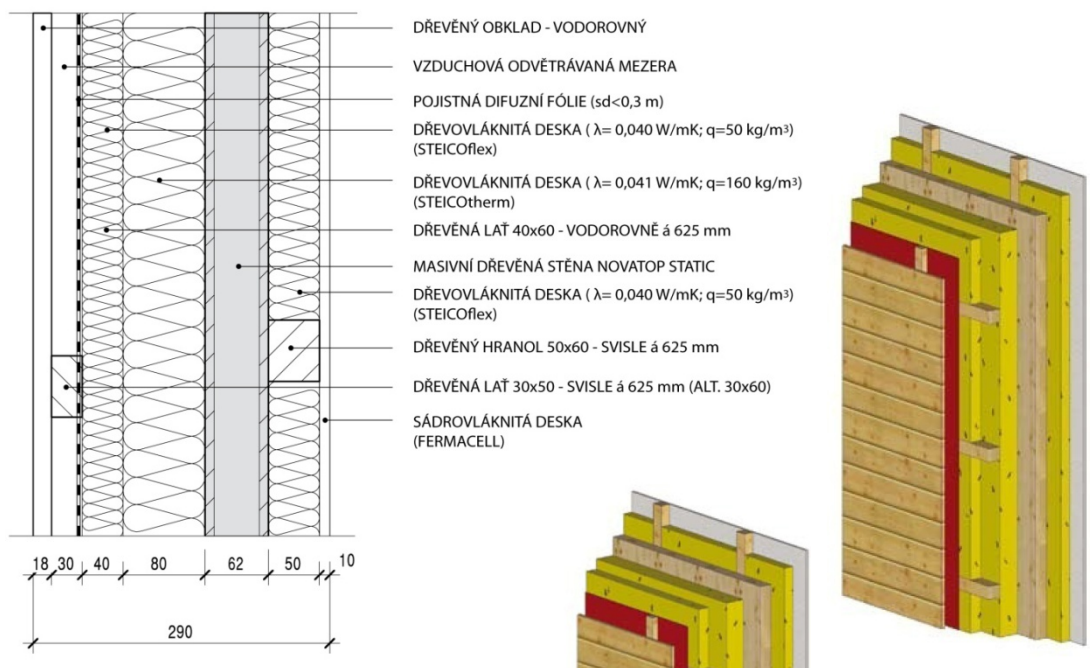
být kombinovány s přídatnou dřevovláknitou deskou nebo se sádkartonem. Může se použít i jen jedna deska masivu, zvýší se tím však tepelná prostupnost.

Obrázek 12: Sendvičová stěna ze dvou masivních desek



Zdroj: AGROP NOVA Ptení, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.novatop-system.cz/cs/co-je-novatop/>>

Obrázek 13: Sendvičová stěna s jednou masivní deskou



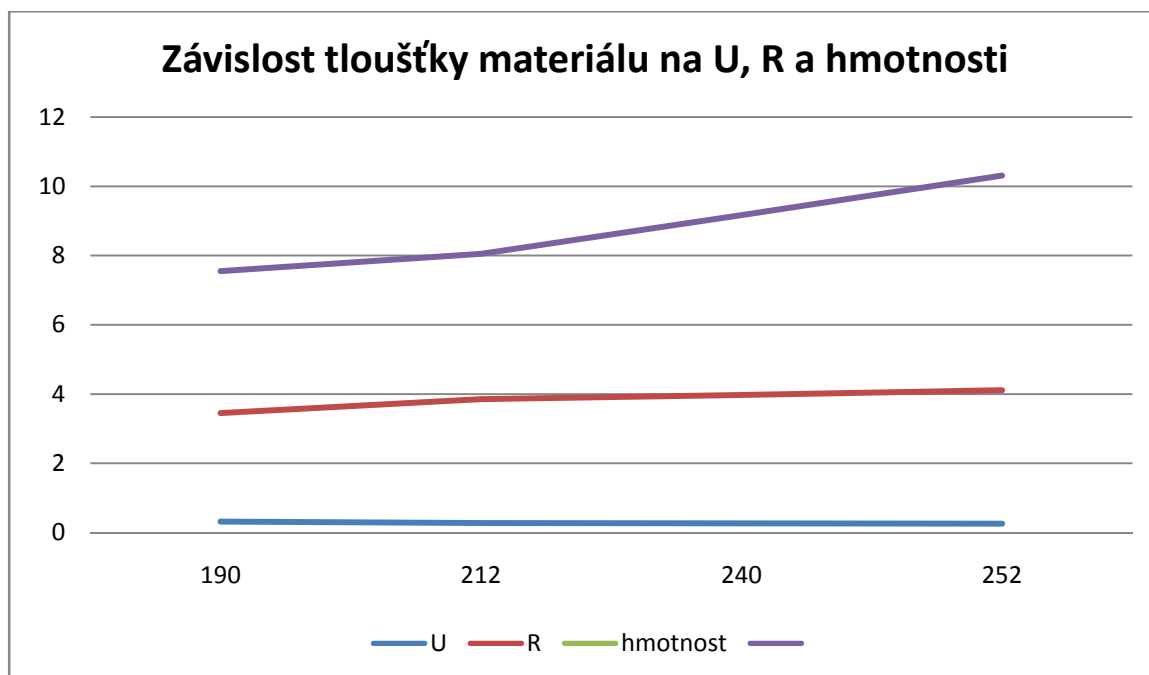
Zdroj: AGROP NOVA Ptení, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.novatop-system.cz/cs/co-je-novatop/>>

Tabulka 16: Základní parametry stavebního systému NOVATOP

Konstrukce	Tloušťka celkem	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
typové označení	Mm	W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
Konstrukt 62 120mm – izol.	190	0,32	3,13	31	1203
Konstrukt 84 120mm – izol.	212	0,28	3,57	42	1555
Konstrukt 111 120mm – izol.	240	0,27	3,7	52	1973
Konstrukt 124 120mm – izol.	252	0,26	3,85	62	2080

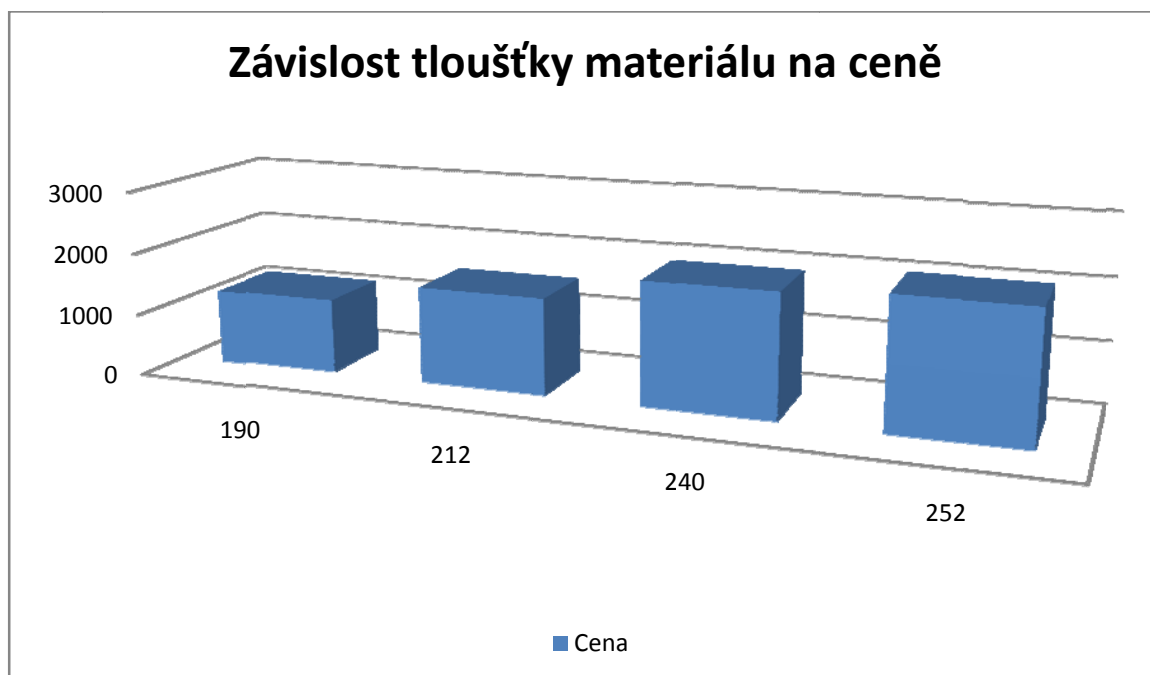
Zdroj: AGROP NOVA Ptení, [online] [citave 01.03.2010]. Dostupné na URL <http://www.novatop-system.cz/cs/co-je-novatop/>, vlastní konzultace

Graf č. 21: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 22: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším výrobkem je štěpkocementová deska VELOX.

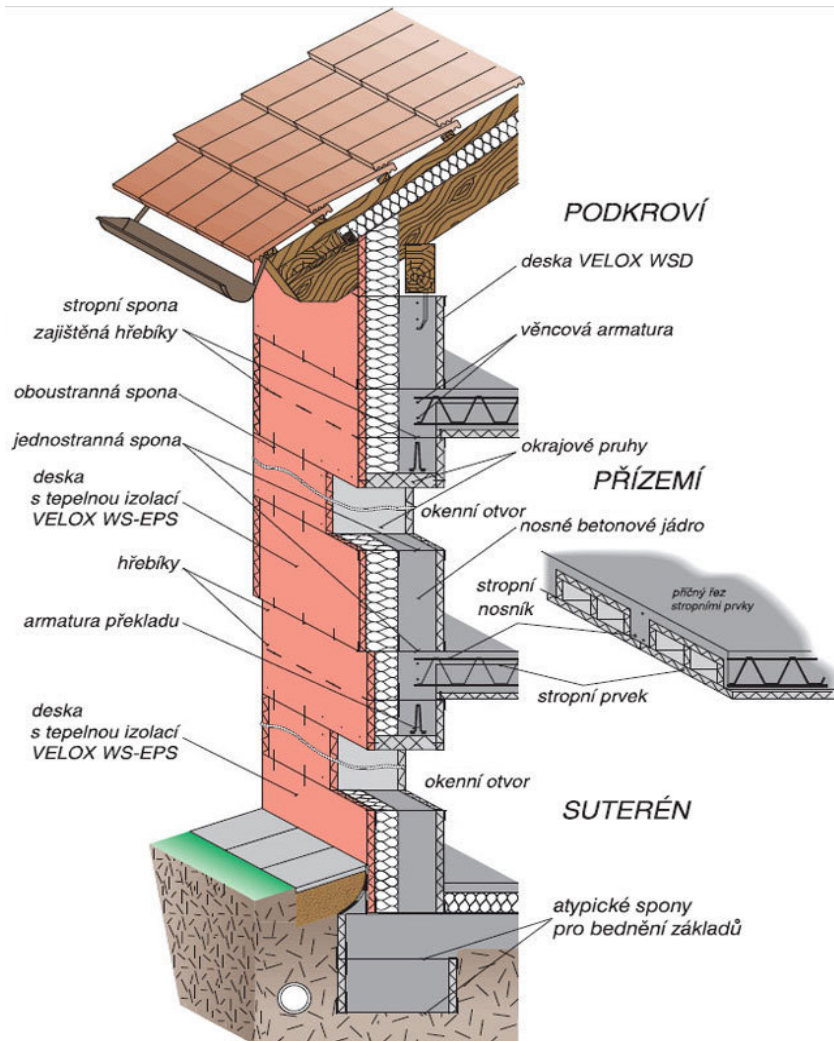
3.2.3. Stavební systém VELOX

Základním prvkem univerzálního stavebního systému VELOX je štěpkocementová deska VELOX. Výchozí surovinou pro její výrobu je kulatina jehličnatého dřeva, tzv. dřevitá štěpka, která z celkového objemu desky činí 89 %. Dalšími komponenty jsou cement zajišťující pevnost a soudržnost desek a roztok vodního skla, který stabilizuje desky proti vlhkosti a zvyšuje jejich odolnost proti plísním a hlodavcům. Desky VELOX přebírají vlastnosti dřeva, takže jsou velmi dobře opracovatelné - lze je řezat, vrtat, sbíjet hřebíky, frézovat, šroubovat bez hmoždinek. Poréznost jejich povrchu zajišťuje jednak vynikající spojení s omítkou a betonem a zároveň dokonalé tlumící vlastnosti a pohlcování hluku.

Tepelně izolační vlastnosti desky VELOX se ve spojení s tepelně izolačním materiálem (polystyrenem) mnohonásobně zvyšují. Vyrábí se v široké škále provedení vzhledem k individuálním požadavkům na tepelnou a zvukovou izolaci staveb. Komplexnost stavebního systému je zaručena vlastní výrobou štěpkocementových stropních a příčkových prvků,

speciálních spojovacích spon pro výstavbu bednění a dodávkou ocelových prostorových nosníků pro vyztužení stropů.³⁷

Obrázek 14: Využití systému Velox při výstavě domu



Zdroj: VELOX – WERK s.r.o. Hranice, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.velox.cz/cs/ztracene-bedneni/#popis-stavebniho-systemu-4b0a9a11bb678>>

Celkové vlastnosti této konstrukce se odvíjí od typu sendviče s použitou tloušťkou izolačního materiálu – polystyrenu.

³⁷ VELOX – WERK s.r.o. Hranice, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.velox.cz/cs/ztracene-bedneni/>>

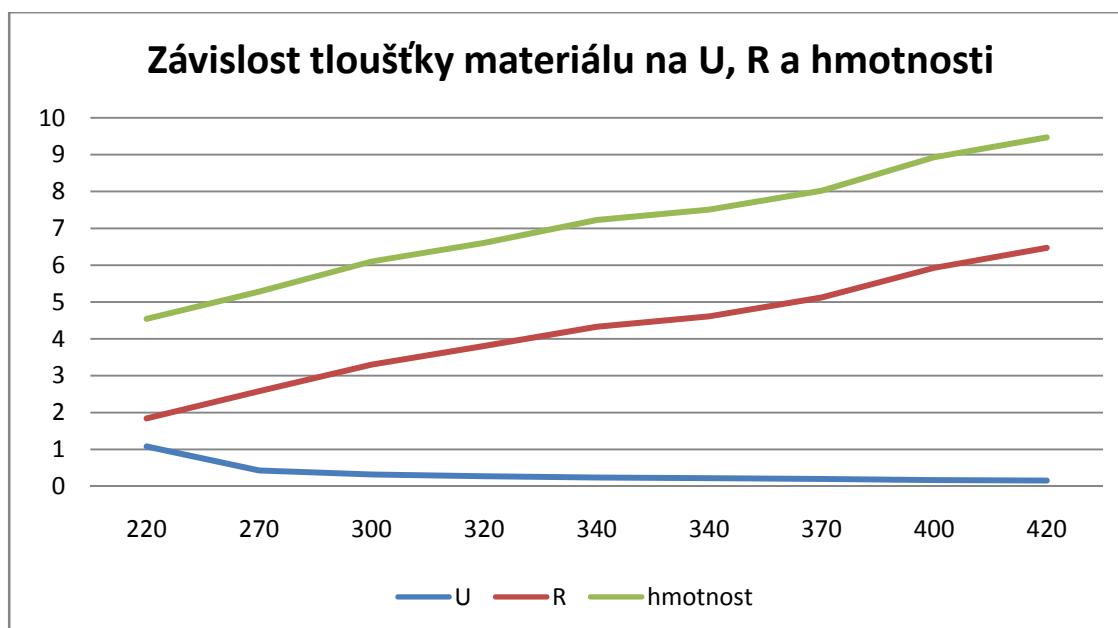
Tabulka 17: Základní parametry stavebního systému VELOX

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
LL22 bez. Izolace	220	1,08	0,76	27	390
EL27 50mm iz.	270	0,43	2,15	27	411
OL30 80mm iz.	300	0,318	2,981	28	476
UL32 100mm iz.	320	0,27	3,536	28	519
YL34 120mm iz.	340	0,235	4,092	29	562
YL34 ⁺ 120mm iz.	340	0,22	4,39	29	562
AL37 150mm iz.	370	0,196	4,925	29	627
ZL40 180mm iz.	400	0,169	5,758	30	692
XL42 200mm iz.	420	0,154	6,314	30	735

Zdroj: VELOX – WERK s.r.o. Hranice, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL
<<http://www.velox.cz/cs/steny/>, <http://www.velox.cz/content/image.php?uid=4967210ab2178>>

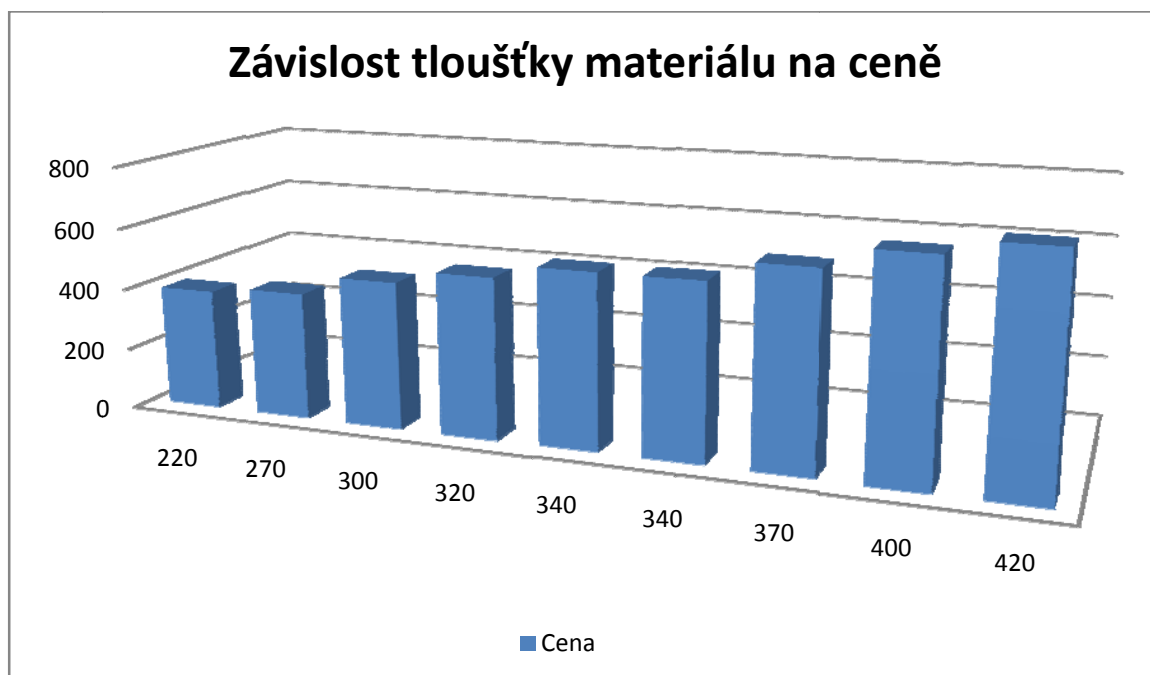
Řada kombinací materiálu VELOX s polystyrenem umožňuje výstavbu jak standardních domů – do tloušťky stěny 340 mm, tak domů nízkoenergetických – do tloušťky 400 mm až po domy značené jako pasivní.

Graf č. 23: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 24: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším výrobkem jsou EKOPANELY Přelouč.

3.2.4. EKOPANELY

Ekopanel je klasifikován jako výrobek příznivý k životnímu prostředí. Vyrábí se z obnovitelných surovin bez použití pojiv a nátěrů. Jeho výroba je pro životní prostředí nenáročná, neprodukuje toxické odpady a nevyžaduje chemii. Je plně recyklovatelný a k jejich výrobě jsou použity odřezky z montáže pro opětovné použití. Ekopanelu je z recyklovaného papíru s čistou obilnou slámou, kde papír je oboustranně přilepen na slaměné jádro hygienicky nezávadným lepidlem. To dává materiálu řadu vynikajících vlastností. Mezi ně lze řadit mechanickou odolnost, je dostatečně robustní a pevný, aby umožňoval realizaci samonosných příček, půdních vestaveb a obvodových stěn. Zhuštěné jádro ze slámy dává materiálu nejen dobré tepelně – izolační vlastnosti, ale i dobrou schopnost akumulovat do sebe teplo vzniklé topením daném prostoru. Má i dobré akustické vlastnosti. Přestože je ekopanel lisován ze slámy je díky zhuštěnému jádru vysoce požárně odolný. Neobsahuje ani chemické látky, jejichž výpary by byly hořlavé.

Ekopanel bývá použit pro klasickou sendvičovou stavbu. Na dřevěné konstrukci je uchycen panel z vnější části, z vnitřní je možné využít sádkartón. Výplň je provedena některým druhem tepelné izolace. Její tloušťka pak přinese požadované tepelné izolační vlastnosti.³⁸

Tabulka 18: Základní parametry stavebního produktu EKOPANEL

Konstrukce	Tloušťka celkem	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
typové označení	mm	W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
VP 01	58	1,04	0,588	27	269

Zdroj: EKOPANELY Přelouč, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL < <http://www.ekopanely.cz/ke-stazeni> >

Posledním sledovaným výrobkem je materiál z dřevní štěpky DURISOL.

3.2.5. DURISOL

Durisol tvoří komplexní ucelený systém pro výstavbu, vhodný pro budování jak rodinných domů nebo větších staveb, včetně mnohapatrových domů. Tento materiál prošel mnohaletým vývojem a v dnešní době je propracován do maximálních detailů. Optimální klima je zaručené vhodnou skladbou zdiva Durisol z hlediska difúze vodní páry. Dřevo jako biologický stavební materiál zabezpečuje svými vlastnostmi přirozené pro člověka. Složení tvárnic Durisol umožňuje cirkulaci vodních par, čímž se zabraňuje jejich srážení na stěnách nebo ve zdivu. Cirkulace vlhkosti je natolik účinná, že v místnostech nevzniká suchý vzduch.

Dřevo, které tvoří až 90% objemu tvárnic Durisol zabezpečuje příjemné bydlení. Mineralizací se dřevní štěpka zušlechťuje, čímž Durisol získává odolnost vůči povětrnostním vlivům, solím a vodě. Cement spolu s minerály zabezpečuje jeho nehořlavost. Všechny detaily této stavební technologie jsou propracované tak, že na stavbě nevznikají žádné tepelné mosty. Součástí obvodových tvárnic je polystyren různé tloušťky podle jednotlivých typů tvárnic, který garantuje velmi vysoké hodnoty tepelného odporu. Tím, že je umístěný na vnější straně tvárnice, výrazným způsobem izoluje betonové jádro, které je ze všech materiálů nejlepším akumulátorem tepla. Během topení se jádro nahřeje a po ukončení topení uvolňuje do

³⁸ EKOPANELY Přelouč, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL < <http://www.ekopanely.cz/> >

místností naakumulované teplo. Právě proto se nové způsoby získávání energie (solární kolektory, tepelná čerpadla apod.) nejučinněji využijí ve stavbách z Durisolu.

Na dosažení stejného tepelného odporu je možné použít menší tloušťku stěn, čímž se při stejných vnějších rozměrech objektu získá větší obytný prostor. Tím, že Durisol má výbornou akumulaci tepla, je energeticky méně náročný a umožňuje šetřit rostoucí náklady na vytápění.

Pórovitost materiálu a výplňový beton ve tvárnících durisol tvoří dokonalou izolaci proti hluku. Proto mají stěny z Durisolu nejvyšší hodnoty neprůzvučnosti. Zvýšením objemové hmotnosti je možné dosáhnout podstatně vyšších hodnot zvukové absorpce. Díky vysokým hodnotám zvukové absorpce se tvárnice s oblibou používají nejen na dělicí příčky v obytných domech, izolování schodišť, výtahových šachet, ale také na protihlukové bariéry u silnic, železnic nebo průmyslových zdrojů hluku.³⁹

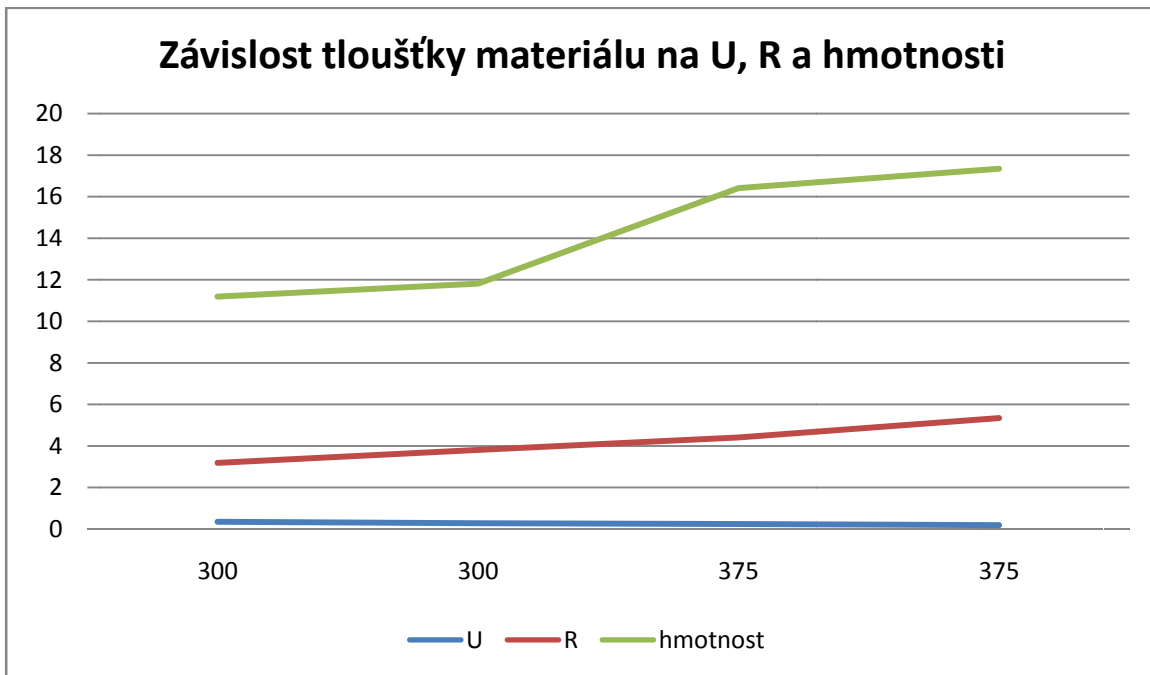
Tabulka 19: Základní parametry stavebního systému DURISOL

Konstrukce typové označení	Tloušťka celkem mm	Tepelně technické parametry			Cena Za 1 m ² Materiálu V Kč
		U	R	hmotnost	
		W/(m ² K)	(m ² K)/W	kg/m ²	
DSs 30/15n – 75 mm polyst.	300	0,35	2,84	80	872
DSs 30/12n- 105 mm polyst.	300	0,28	3,53	80	952
DSs 37,5/14n – 155 mm polyst.	375	0,24	4,17	120	1192
DSs 37,5/12n – 175 mm polyst.	375	0,19	5,15	120	1336

Zdroj: DURISOL-CZECH Praha, [online] [citace 14.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.durisol-czech.cz/sortiment.html>>

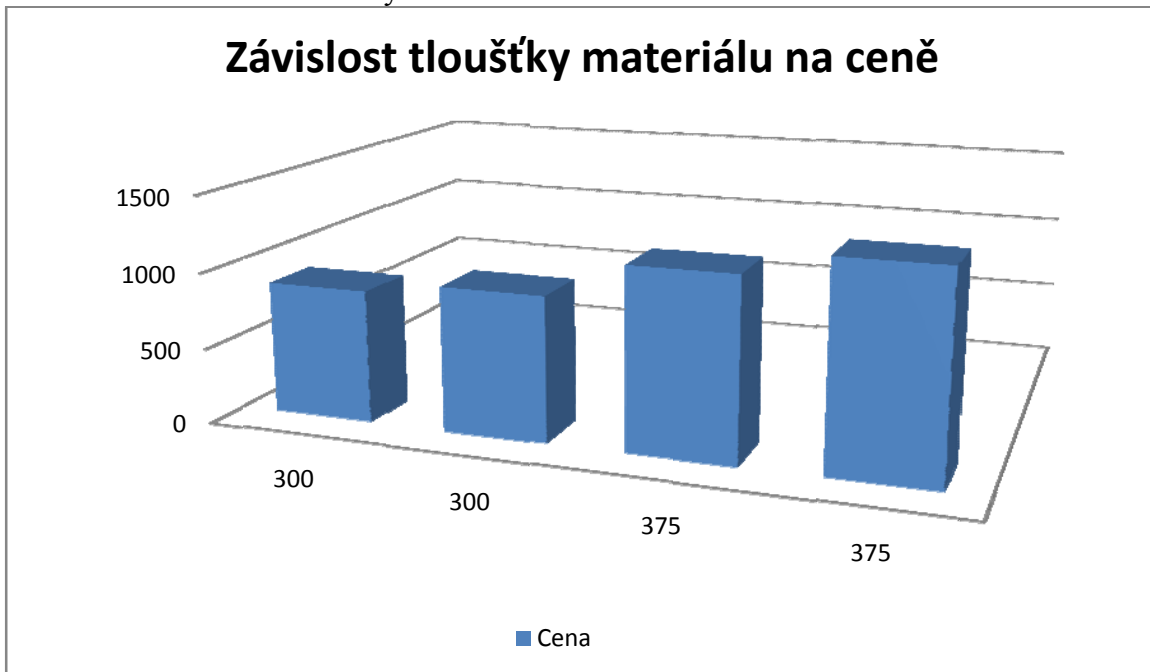
³⁹ DURISOL-CZECH Praha, [online] [citace 14.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.durisol-czech.cz/vlastnosti.html>>

Graf č. 25: Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 26: Závislost tloušťky materiálu na ceně



Zdroj: Vlastní zpracování

V následující kapitole bude provedena analýza jednotlivých stavebních materiálů.

4. Analýza materiálů

Jmenované materiály od jednotlivých výrobců budou postupně analyzovány vícekriteriální rozhodovací metodou. Zvolena je bodovací metodou, na základě preferencí jednotlivých kritérií. Rozhodujícími kritérii bude tloušťka materiálu – kde se bere za optimální minimální rozměr, velikost tepelného odporu – kde je preferována maximální hodnota, hmotnost materiálu – maximalizace hmotnosti zaručuje lepší stabilitu stavby a jeho cena – preferuje se co nejnižší hodnota.

Při zvolení úrovní nároku (tab. 20) je vypracována tabulka rozhodování pro výběr (tab. 22), kam jsou zaneseny údaje jednotlivých výrobců z rozhodovací matice (tab. 21). Tabulka rozhodování pro výběr je stejná pro všechny typy materiálů. Zjištěné hodnoty od jednotlivých výrobců jsou ohodnoceny bodovací škálou 1 – 15 (tab. 23). Určení vah jednotlivých kritérií je dáno preferencemi důležitosti, které daná hodnota ve výběru obsahuje (tab. 24). Váhy jednotlivých kritérií $w_1 - w_4$ jsou u všech porovnávaných materiálů stejné. V dalším kroku je přistoupeno k přepočtu váhy kritéria a ohodnocením z bodovací škály (tab. 25). Výsledkem je celková minimální hodnota daného materiálu z jednotlivých typů od daného výrobce, která se rovná součtu vah jednotlivých kritérií.

Cíle a kritéria:

Cíle:

- C1 – minimalizace tloušťky
- C2 – maximalizace tepelného odporu
- C3 – maximalizace hmotnosti
- C4 – minimalizace ceny

Kritéria:

- K1 – tloušťka zdiva v [kg/m^2]
- K2 – velikost tepelného odporu R [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
- K3 – hmotnost [kg/m^2]
- K4 – cena [$\text{Kč}/\text{m}^2$]

Tabulka 20: Úroveň nároků

Kritérium	Limity pro naplnění
K1 – tloušťka zdiva v [kg/m ²]	max 400 [kg/m ²]
K2 – velikost tepelného odporu R [m ² K/W]	min 3,3 [m ² K/W]
K3 – hmotnost [kg/m ²]	min 300 [kg/m ²]
K4 – cena [Kč/m ²]	max 1 000 [Kč/m ²]

4.1. Bodové ohodnocení zděných materiálů

Všechny materiály budou zkoumány bodovací metodou. Z každého materiálu bude vybrán ten, který nejlépe odpovídá požadované úrovni nároků (tab. 20) a v tabulce výpočtu užítku (tab. 25) získá minimální hodnotu.

4.1.1. Bodové ohodnocení cihlových bloků HELUZ

Materiál HELUZ dle kapitoly 3.1.1 má a1 – a9 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 4 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v [kg/m²], K2 - velikost tepelného odporu R [m²K/W], K3 - hmotnost [kg/m²], K4 - cena [Kč/m²])

Tabulka 21: Rozhodovací matice HELUZ

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	545	485	425	535	484	445	425	410	300
K2	6,13	5,39	4,66	4,84	4,35	3,24	3,08	2,95	2,97
K3	289,6	243,2	220,8	276,8	240	233,6	212,8	219,2	174,4
K4	1118	1013	907	1128	1022	874	829	792	710

Zdroj: Vlastní zpracování

Zjištěné hodnoty od výrobců u jednotlivých druhů materiálů a1 – a9 z tab. 21 jsou označeny v tabulce 22 – rozhodování pro výběr, která je pro všechny typy materiálu nastavena stejnými parametry. Jednotlivé parametry jsou zde označeny hodnotou 1 – 15. (nejlepší ohodnocení je rovno 1)

Tabulka 22: Rozhodování pro výběr HELUZ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky rozhodování (tab. 22) jsou hodnoty 1 – 15 zaneseny do tabulky 23 – bodovací škála.

Tabulka 23: Bodovací škála HELUZ

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	12	10	8	12	10	9	8	8	4
K2	3	5	6	6	7	9	10	10	10
K3	10	11	12	11	12	12	12	12	13
K4	7	6	5	7	6	5	5	4	3

Zdroj: Vlastní zpracování

K jednotlivým kritériím K1 – K4 jsou nastaveny váhy kritérií. Ty jsou nastaveny pro všechny testované materiály stejně.

Tabulka 24: Určení vah jednotlivých kritérií HELUZ

Váha	w1 (K1)	w2 (K2)	w3 (K3)	w4 (K4)
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Zdroj: Vlastní zpracování

K jednotlivým typům materiálu od výrobce a1 – a9 jsou přeneseny hodnoty z tabulky bodovací škály (tab. 23) a přepočteny hodnotou váhy kritéria dle vztahu

$$K_{ij} = a_i \cdot w_j \quad [1.1]$$

Tabulka 25: Výpočet užitku HELUZ

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	12	3	10	7	
a2	10	5	11	6	
a3	8	6	12	5	
a4	12	6	11	7	
a5	10	7	12	6	
a6	9	9	12	5	
a7	8	10	12	5	
a8	8	10	12	4	
a9	4	10	13	3	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	2,4	0,9	1	2,8	7,1
a2	2	1,5	1,1	2,4	7
a3	1,6	1,8	1,2	2	6,6
a4	2,4	1,8	1,1	2,8	8,1
a5	2	2,1	1,2	2,4	7,7
a6	1,8	2,7	1,2	2	7,7
a7	1,6	3	1,2	2	7,8
a8	1,6	3	1,2	1,6	7,4
a9	0,8	3	1,3	1,2	6,3

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledkem matice je hodnota

$$a_i = \sum K_j, \text{ kde nejlepší hodnotou je } \min(a_i) \quad [1.2]$$

Tímto způsobem budou testovány všechny výrobky od jednotlivých výrobců z kapitol 3.1.1. – 3.1.10 a 3.2.1. – 3.2.5. Podrobné výpočty jsou uvedeny v příloze.

4.1.2. Bodové ohodnocení systému KB blok

Stavební materiál KB blok dle kapitoly 3.1.2 má a1 – a24 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 6 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v [kg/m²], K2 - velikost tepelného odporu R [m²K/W], K3 - hmotnost [kg/m²], K4 - cena [Kč/m²]).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze A.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu KB blok je produkt pod označením a3 (jelikož hodnoty jsou společné s a2, bere se v úvahu nižší kritérium K1, které má vyšší preference).

4.1.3. Bodové ohodnocení YTONG

Stavební materiál YTONG dle kapitoly 3.1.3 má a1 – a6 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 7 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze B.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu YTONG je produkt pod označením a3 (jelikož hodnoty jsou společné s a5, bere se v úvahu nižší kritérium K1, které má vyšší preference).

4.1.4. Bodové ohodnocení betonových sendvičových tvárníc

Stavební materiál – betonové sendvičové tvárnice dle kapitoly 3.1.4 má a1 – a4 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 8 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze C.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu betonových sendvičových tvárníc je produkt pod označením a1.

4.1.5. Bodové ohodnocení keramického materiálu LIAPOR

Stavební materiál LIAPOR dle kapitoly 3.1.5 má a1 – a9 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 9 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze D.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu LIAPOR je produkt pod označením a3.

4.1.6. Bodové ohodnocení zdiva WIENERBERGER

Stavební materiál WIENERBERGER dle kapitoly 3.1.6 má a1 – a12 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 10 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze E.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu WIENERBERGER je produkt pod označením a7 (jelikož hodnoty jsou společné s a4, bere se v úvahu nižší kritérium K2, které má vyšší preference).

4.1.7. Bodové ohodnocení H + H pórobeton

Stavební materiál H + H pórobeton dle kapitoly 3.1.7 má a1 – a6 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 11 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze F.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu H + H pórobeton je produkt pod označením a1.

4.1.8. Bodové ohodnocení ISOBAU

Stavební materiál ISOBAU dle kapitoly 3.1.8 má a1 – a2 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 12 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze G.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu ISOBAU je produkt pod označením a1.

4.1.9. Bodové ohodnocení stavebního systému PBC GIMA

Stavební materiál PBC GIMA dle kapitoly 3.1.9 má a1 – a9 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 13 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze H.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu PBC GIMA je produkt pod označením a7.

4.1.10. Bodové ohodnocení MERIT

Stavební materiál MERIT dle kapitoly 3.1.10 má a1 – a2 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 14 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze I.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu MERIT je produkt pod označením a1.

4.2. Bodové ohodnocení materiálů na bázi dřeva

Stejnou metodou budou ohodnoceny i stavení materiály na bázi dřeva.

4.2.1. Bodové ohodnocení KLH panelů z lepeného dřeva

Stavební materiál KLH panely dle kapitoly 3.2.1 má a1 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 15 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze J.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu KLH panely je produkt pod označením a1.

4.2.2. Bodové ohodnocení velkoplošných komponentů z masivního dřeva - NOVATOP

Stavební materiál NOVATOP dle kapitoly 3.2.2 má a1 – a4 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 16 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze K.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu NOVATOP je produkt pod označením a1.

4.2.3. Bodové ohodnocení systému VELOX

Stavební materiál VELOX dle kapitoly 3.2.3 má a1 – a9 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 17 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze L.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu NOVATOP je produkt pod označením a8.

4.2.4. Bodové ohodnocení systému EKOPANEL

Stavební materiál EKOPANELY dle kapitoly 3.2.4 má a1 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 18 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4 jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze M.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu NOVATOP je produkt pod označením a1.

4.2.5. Bodové ohodnocení systému DURISOL

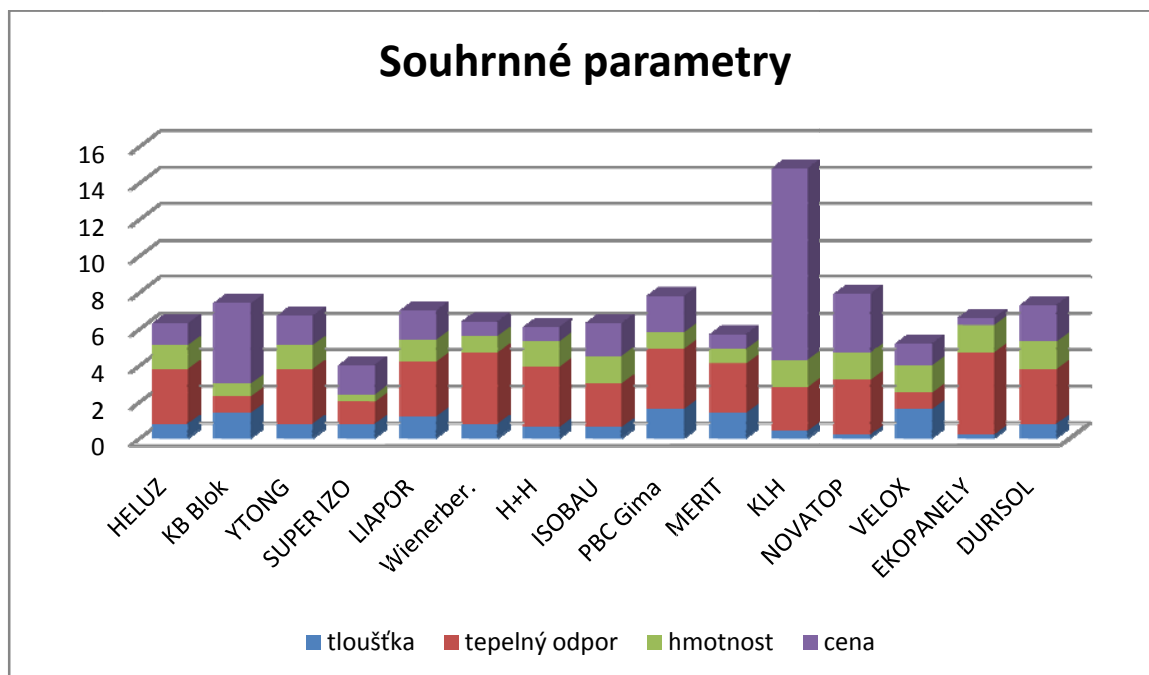
Stavební materiál DURISOL dle kapitoly 3.2.5 má a1 – a4 zkoumaných typů stavebního materiálu. Zjištěné hodnoty z tabulky č. 19 jsou zaneseny do rozhodovací matice. K1 – K4

jsou kritéria nároků (K1 – tloušťka zdiva v $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K2 - velikost tepelného odporu R $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$, K3 - hmotnost $[\text{kg}/\text{m}^2]$, K4 - cena $[\text{Kč}/\text{m}^2]$).

Veškeré hodnoty a výpočty jsou uvedeny v příloze N.

Nejlépe vyhovujícím typem materiálu DURISOL je produkt pod označením a1.

Graf č. 27 – Souhrnné parametry materiálů



Zdroj: Vlastní zpracování

V grafu č. 27 jsou zobrazeny veškeré souhrnné parametry hodnocených materiálů dle přepočtené hodnoty užitku podle vztahu [1.1.].

5. Sumarizace bodového ohodnocení

Tabulka 26: Sumarizace ohodnocení jednotlivých materiálů

	Tloušťka materiálu	Tepelný odpor R	Hmotnost materiálu	Cena materiálu	Hodnocení užítku	Jednotné umístění
	Poměr užítku	Poměr užítku	Poměr užítku	Poměr užítku		
4.1.1.	300	2,97	174,4	710	6,3	6.
	0,8	3	1,3	1,2		
4.1.2.	370	2,81	405	1513	7,4	12.
	1,4	0,9	0,7	4,4		
4.1.3.	300	3,13	161	795	6,7	9.
	0,8	3	1,3	1,6		
4.1.4.	300	3,42	219	880	4	1.
	0,8	1,2	0,4	1,6		
4.1.5.	365	2,83	219	800	7,1	10.
	1,2	3	1,2	1,6		
4.1.6.	300	1,72	246	619	6,4	7.
	0,8	3,9	0,9	0,8		
4.1.7.	250	2,5	133	605	6,1	5.
	0,6	3,3	1,4	0,8		
4.1.8.	250	3,92	15	605	5,3	3.
	0,6	2,4	1,5	0,8		
4.1.9.	400	2,77	334	916	7,8	13.
	1,6	3,3	0,9	2		
4.1.10	380	3,3	381	660	5,7	4.
	1,4	2,7	0,8	0,8		
4.2.1.	220	3,7	50	3200	15,1	15.
	0,4	2,4	1,5	10,5		
4.2.2.	190	3,13	31	1203	7,9	14.
	0,2	3	1,5	3,2		
4.2.3.	400	5,8	30	692	5,2	2.
	1,6	0,9	1,5	1,2		
4.2.4.	58	0,6	27	269	6,6	8.
	0,2	4,5	1,5	0,4		
4.2.5.	300	2,84	80	872	7,3	11.
	0,8	3	1,5	2		

Zdroj: Vlastní zpracování

Úroveň nároků

K1 – tloušťka zdiva max 400 [kg/m²]

K2 – velikost tepelného odporu R min 3,3 [m²K/W]

K3 – hmotnost min 300 [kg/m²]

K4 – cena max 1000 [m²]

Odpovídající shody s hodnotami úrovní nároků:

K1 - všechny

K2 - 4.1.4., 4.1.8., 4.1.10., 4.2.1., 4.2.3.

K3 – 4.1.2., 4.1.9., 4.1.10.,

K4 – 4.1.1., 4.1.3., 4.1.4., 4.1.5., 4.1.6., 4.1.7., 4.1.8., 4.1.9., 4.1.10., 4.2.3., 4.2.4., 4.2.5

Nalezená shoda u všech parametrů – u materiálu 4.1.10. – stavební betonová tvárnice

MERIT.

6. Slovní vyhodnocení

Ze sumarizační tabulky č. 26 vyplývá následující hodnocení jednotlivých materiálů, ke kterým je v některých případech okomentována případná korekce:

6.1.1. Cihelné bloky HELUZ – STI 30 – umístění na 6. místě:

V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 5,67 m²K/W a cena naroste o 350 Kč na 1 060 Kč. Hodnota užitku klesne z 6,3 na 6,1. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu, ne však hmotnosti a ceny.

6.1.2. KB Blok systém M2410 – umístění na 12. místě:

V tomto materiálu je započtena 100 mm izolace. Tento materiál splňuje jen kritérium tloušťky materiálu a hmotnosti. Není možné zlepšení vybraných kritérií.

6.1.3. Pórobetonový YTONG P2 400 – umístění na 9. místě:

V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 5,83 m²K/W a cena naroste o 350 Kč na 1 139 Kč. Hodnota užitku klesne z 6,7 na 6,1. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu, ne však hmotnosti a ceny.

6.1.4. Betonové sendvičové tvárnice – SIP-N/4 P5 - umístění na 1. místě:

V tomto materiálu je započtena 100 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, tepelného odporu a ceny, ne však hmotnosti. Není možné zlepšení vybraných kritérií.

6.1.5. Keramický materiál Liapor – Liatherm 365-2 - umístění na 10. místě:

V tomto materiálu je započtena 100 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny, ne však tepelného odporu a hmotnosti. Není možné zlepšení vybraných kritérií.

6.1.6. Cihly Wienerberger - CB 30 – umístění na 7. místě:

V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 4,42 m²K/W a cena naroste o 350 Kč na 969 Kč. Hodnota užitku klesne z 6,7 na 6,3. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu, ceny ne však hmotnosti.

6.1.7. Pórobeton H + H - P2 400 – umístění na 5. místě:

V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 5,2 m²K/W a cena naroste o 350 Kč na 955 Kč. Hodnota užitku klesne z 6,1 na 5,9. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu, ceny ne však hmotnosti.

6.1.8. ISOBAU T4425 – umístění na 3. místě:

V tomto materiálu je započtena 100 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, tepelného odporu a ceny, ne však hmotnosti. Konstrukce materiálu ISOBAU se plní betonovou směsí B25 S3. Cena tohoto betonu je 1 985 Kč/m³. Hmotnosti 1m³ je 2000 kg/m³⁴⁰. Výplň pro beton je v ISOBAU 0,17 m³. Po započtení betonu budou hodnoty kritérií následující: Tloušťka: nezměněna. U a R nezměněno: hodnoty jsou již s betonovou směsí. Hmotnost: bude navýšena o 400 kg/m² na 415 kg/m². Cena: bude navýšena o 400 Kč/m² na 1005 Kč/m². Kritéria budou splněna všechna. Hodnota užitku stoupne z 5,3 na 6,1. Tato hodnota je však horší než materiál MERIT, který taktéž splňuje všechna kritéria.

6.1.9. Cihelný systém PBC Gima – PL40 – umístění na 13. místě:

V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, hmotnosti a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 5,47 m²K/W a cena naroste o 350

⁴⁰ LIAS Vintřov, [online] [citace 02.04.2010]. Dostupné na URL: <http://www.liaporbeton.cz/normy_predpisy.php3>

Kč na 1 266 Kč. Hodnota užitku klesne ze 7,8 na 7,4. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu a hmotnosti, ne však ceny.

6.1.10. Ztracené bednění MERIT – Bio Plus Extra – umístění na 4. místě:

V tomto materiálu je započtena 80 mm izolace. Tento materiál splňuje všechna kritéria.

6.2.1. Masivní panely KLH – umístění na 15. místě:

V tomto materiálu je započtena 120 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, tepelného odporu, ne však hmotnosti a ceny. Není možné zlepšení vybraných kritérií.

6.2.2. NOVATOP – konstrukt 62 – umístění na 14. místě:

V tomto materiálu je započtena 120 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, ne už tepelného odporu hmotnosti a ceny. Není možné zlepšení vybraných kritérií.

6.2.3. Stavební systém VELOX – ZL40 – umístění na 2. místě:

V tomto materiálu je započtena 180 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu, tepelného odporu a ceny, ne však hmotnosti. Konstrukce materiálu VELOX se plní betonovou směsí B25 S3. Cena tohoto betonu je 1 985 Kč/m³. Hmotnosti 1m³ je 2000 kg/m³. Výplň pro beton je u VELOXu 0,15 m³. Po započtení betonu budou hodnoty kritérií následující: Tloušťka: nezměněna. U a R nezměněno: hodnoty jsou již s betonovou směsí. Hmotnost: bude navýšena o 350 kg/m² na 380 kg/m². Cena: bude navýšena o 350 Kč/m² na 1 042 Kč/m². Kritéria budou splněna všechna. Hodnota užitku stoupne z 5,2 na 6,1. Tato hodnota je však horší než materiál MERIT, který taktéž splňuje všechna kritéria.

6.2.4. EKOPANELY – umístění na 8. místě:

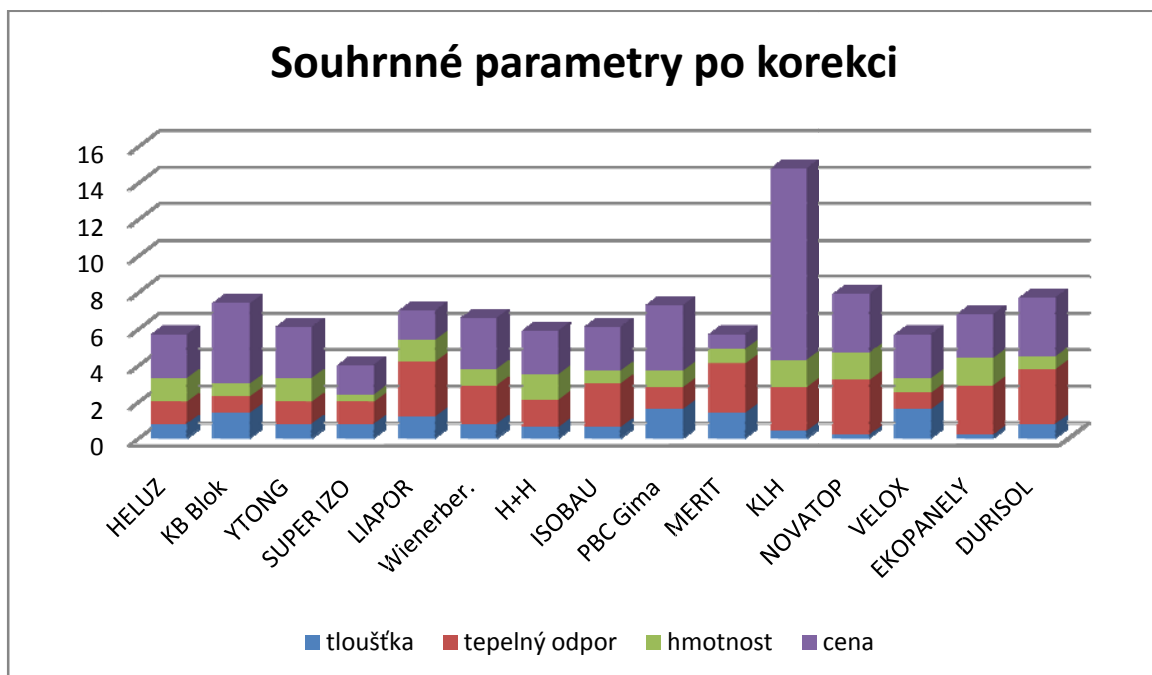
V tomto materiálu není započtena jakákoli izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny. Pokud bude připočtena 100 mm izolační vrstva, zvýší se tepelný odpor R o hodnotu 2,7 m²K/W, tedy na celkovou hodnotu 3,3 m²K/W a cena naroste o 350 Kč na 619 Kč. Jelikož se použijí i dřevěné rámy a vzpěry navýší se cena ještě o 0,5 m³ dřeva v hodnotě 400 Kč/m². Celková cena bude tedy 1 019 Kč. Hodnota užitku stoupne z 6,6 na 6,8. Bude splněno kritérium tloušťky, tepelného odporu a ceny, ne však hmotnosti.

6.2.5. Stavební systém DURISOL – DSs 30/15n – umístění na 11. místě:

V tomto materiálu je započtena 75 mm izolace. Tento materiál splňuje kritérium tloušťky materiálu a ceny, ne však tepelného odporu a hmotnosti. Konstrukce materiálu DURISOL se plní betonovou směsí B25 S3. Cena tohoto betonu je 1 985 Kč/m³. Hmotnosti 1m³ je 2000 kg/m³. Výplň pro beton je u DURISOLu 0,15 m³. Po započtení betonu budou hodnoty kritérií následující: Tloušťka: nezměněna. U a R nezměněno: hodnoty jsou již s betonovou směsí. Hmotnost: bude navýšena o 350 kg/m² na 430 kg/m². Cena: bude navýšena o 350 Kč/m² na 1 222 Kč/m². I tak nebude splněno kritérium tepelného odporu. Hodnota užitku klesne z 7,3 na 6,9. Tato hodnota je horší než materiál MERIT, který taktéž splňuje všechna kritéria.

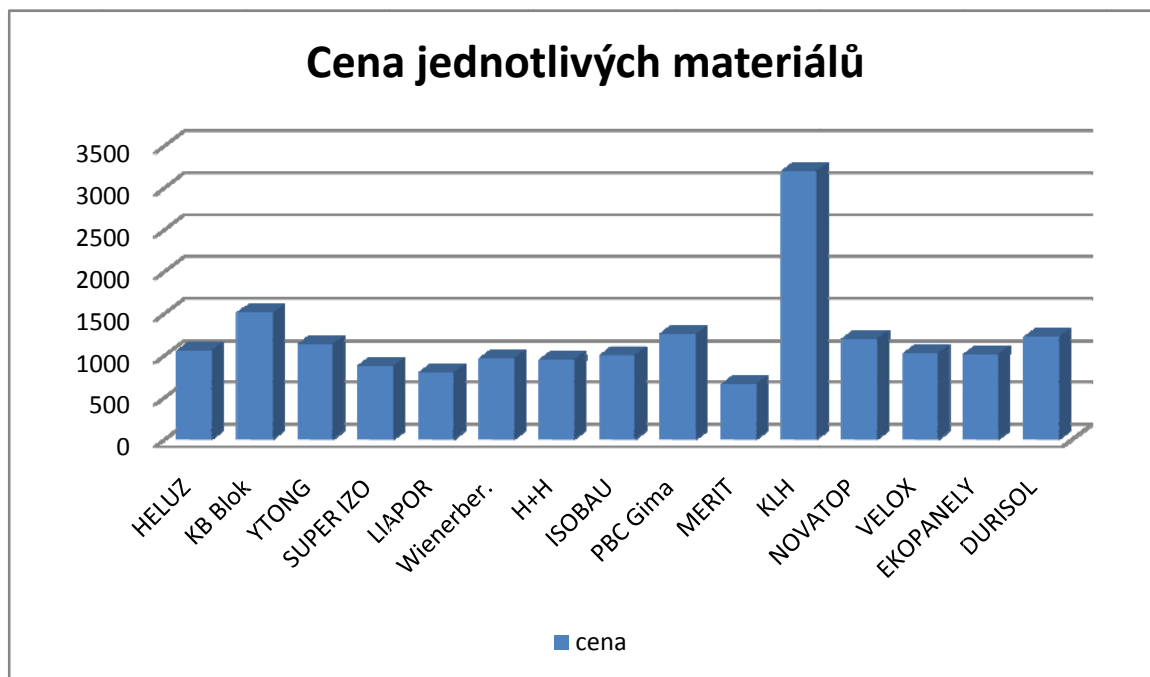
V grafu č. 28 jsou zobrazeny veškeré souhrnné parametry hodnocených materiálů dle přepočtené hodnoty užitku podle vztahu [1.1.] po zanesení korekčních parametrů.

Graf č. 28 – Souhrnné parametry materiálů po zanesení korekčních parametrů



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 29: Porovnání ceny jednotlivých materiálů po redukci



Zdroj: Vlastní zpracování

V grafu č. 29 jsou zaneseny ceny jednotlivých porovnávaných materiálů po zanesení veškerých redukčních hodnot. Tyto ceny jsou k hodnocení konečné.

Závěr

Porovnáno bylo celkem patnáct stavebních produktů. Vybranými testovacími parametry byly tloušťka materiálu. Byla preferována nízká tloušťka materiálu z důvodu vyššího užitého prostoru v budoucí stavbě. Dále součinitel prostupu tepla U , který slouží k výpočtu tepelného odporu R , pokud jej výrobce neuvádí. Tepelný odpor R je z důvodu velikosti prostupu tepla konstrukcí. Preferována je jeho vyšší hodnota, neboť tím je i vyšší možnost udržení tepla v konstrukci. Dalším parametrem je hmotnost materiálu. Vyšší hmotnost zajišťuje vyšší stabilitu stavby. Nejdůležitějším parametrem, který byl testován, byla cena materiálu.

Vzhledem k výstavbě energeticky úsporných domů z hlediska udržitelného rozvoje nelze, dle výsledků, brát v úvahu pouze cenu materiálu. Důležitým faktorem je i to, kolik stavba spotřebuje energie a to nejen pro provoz jeho uživatele, ale i pro úsporu energií, které stavba bude v budoucnu spotřebovávat. Z tohoto důvodu by bylo vhodné vybrat materiál s nejvyšší hodnotou tepelného odporu.

V úvodu bylo citováno, že nízkoenergetická stavba se dá postavit téměř z jakéhokoli materiálu. Dle analýzy materiálů mohu tuto citaci sice potvrdit, ovšem nejednalo by se o stavby v souladu s udržitelným rozvojem. Tyto stavby by spotřebovaly nejen více obestavěného prostoru, ale i více tepelně izolačních materiálů.

Nejvhodnějším stavebním materiálem, dle vybraných parametrů, byla vyhodnocena tepelně izolační betonová tvárnice s polystyrenovou vložkou MERIT. Její tepelný odpor byl na hranici požadovaných kritérií $3,3 \text{ m}^2\text{K/W}$, ale celková cena za 1m^2 je 660 Kč. V analýze materiálů bylo dosaženo nejlepšího tepelného odporu u pórobetonového zdiva YTONG se zateplením 100 mm – $5,83 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Při zhodnocení zděných výrobků a materiálu na bázi dřeva bylo zjištěno, že průměrná hodnota bodového hodnocení daných kritérií je u zděných výrobků 6,14, u výrobků na bázi dřeva je tato hodnota 8,64. Pokud nebudeme brát z důvodů objektivnosti v úvahu KLH panely, které z hodnot zcela vyčnívají, bude tato hodnota 7,025.

Z daných zjištění vyplývá, že zděné materiály jsou dle daných kritérií pro stavbu domu vhodnější nežli u staveb na bázi dřeva.

Přílohy

Seznam příloha:

Příloha A: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál KB blok

Příloha B: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál YTONG

Příloha C: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál betonových sendvičových tvárnic

Příloha D: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál LIAPOR

Příloha E: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál WIENERBERGER

Příloha F: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál H + H pórobeton

Příloha G: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál ISOBAU

Příloha H: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál PBC Gima

Příloha I: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál MERIT

Příloha J: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál KLH panelů

Příloha K: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál NOVATOP

Příloha L: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál VELOX

Příloha M: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál EKOPANEL

Příloha N: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál DURISOL

Příloha A: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál KB blok

Tabulka 27: Rozhodovací matice KB blok

	Izolace 100 mm			Izolace 120 mm			Izolace 140 mm		
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
V1	290	370	420	310	390	440	330	410	460
V2	2,75	2,81	2,87	3,25	3,31	3,37	3,75	3,81	3,87
V3	360	405	495	360	405	495	360	405	495
V4	1306	1513	1562	1406	1613	1662	1506	1713	1762

	Izolace 160 mm			Izolace 180 mm			Izolace 200 mm		
	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
V1	350	430	480	370	450	500	390	470	520
V2	4,25	4,31	4,37	4,75	4,81	4,87	5,25	5,31	5,37
V3	360	405	495	360	405	495	360	405	495
V4	1606	1813	1862	1706	1913	1962	1806	2013	2062

	Izolace 220 mm			Izolace 240 mm		
	a19	a20	a21	a22	a23	a24
V1	410	490	540	430	510	560
V2	6	6,08	6,16	6,51	6,59	6,67
V3	360	405	495	360	405	495
V4	1906	2113	2162	2006	2213	2262

Tabulka 28: Rozhodování pro výběr KB blok

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 29: Bodovací škála KB blok

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	4	7	8	5	7	9	5	8	10
K2	11	3	3	10	9	9	8	8	8
K3	9	7	5	9	7	5	9	7	5
K4	9	11	11	10	12	12	10	13	13

	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18
K1	6	9	10	7	9	11	7	10	12
K2	7	7	7	6	6	6	5	5	5
K3	9	7	5	9	7	5	9	7	5
K4	12	14	14	13	15	15	18	16	16

	a19	a20	a21	a22	a23	a24
K1	8	11	12	9	11	13
K2	3	3	3	2	2	1
K3	9	7	5	9	7	5
K4	15	17	17	16	18	18

Tabulka 30: Určení vah jednotlivých kritérií KB blok

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 31: Výpočet užítku KB Blok

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	4	11	9	9
a2	7	3	7	11
a3	8	3	5	11
a4	5	10	9	10
a5	7	9	7	12
a6	9	9	5	12
a7	5	8	9	10
a8	8	8	7	13
a9	10	8	5	13
a10	6	7	9	12
a11	9	7	7	14
a12	10	7	5	14
a13	7	6	9	13
a14	9	6	7	15
a15	11	6	5	15
a16	7	5	9	18
a17	10	5	7	16
a18	12	5	5	16
a19	8	3	9	15
a20	11	3	7	17
a21	12	3	5	17
a22	9	2	9	16
a23	11	2	7	18

a24	13	1	5	18	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,8	3,3	0,9	3,6	8,6
a2	1,4	0,9	0,7	4,4	7,4
a3	1,6	0,9	0,5	4,4	7,4
a4	1	3	0,9	4	8,9
a5	1,4	2,7	0,7	4,8	9,6
a6	1,8	2,7	0,5	4,8	9,8
a7	1	2,4	0,9	4	8,3
a8	1,6	2,4	0,7	5,2	9,9
a9	2	2,4	0,5	5,2	10,1
a10	1,2	2,1	0,9	4,8	9
a11	1,8	2,1	0,7	5,6	10,2
a12	2	2,1	0,5	5,6	10,2
a13	1,4	1,8	0,9	5,2	9,3
a14	1,8	1,8	0,7	6	10,3
a15	2,2	1,8	0,5	6	10,5
a16	1,4	1,5	0,9	7,2	11
a17	2	1,5	0,7	5,6	9,8
a18	2,4	1,5	0,5	5,6	10
a19	1,6	0,9	0,9	6	9,4
a20	2,2	0,9	0,7	6,8	10,6
a21	2,4	0,9	0,5	6,8	10,6
a22	1,8	0,6	0,9	5,6	8,9
a23	2,2	0,6	0,7	7,2	10,7
a24	2,6	0,3	0,5	7,2	10,6

Zdroj tabulek přílohy A: Vlastní zpracování

Příloha B: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál YTONG

Tabulka 32: Rozhodovací matice YTONG

	a1	a2	a3	a4	a5	a6
V1	375	499	300	375	300	375
V2	3,71	4,94	3,13	3,91	3,13	3,91
V3	176	178	161	202	161	202
V4	1069	1472	789	986	795	994

Tabulka 33: Rozhodování pro výběr YTONG

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 34: Bodovací škála YTONG

	a1	a2	a3	a4	a5	a6
K1	7	11	4	7	4	7
K2	8	5	10	8	10	8
K3	13	13	13	13	13	13
K4	7	11	4	6	4	6

Tabulka 35: Určení vah jednotlivých kritérií YTONG

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 36: Výpočet užítku YTONG

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	7	8	13	7
a2	11	5	13	11
a3	4	10	13	4

a4	7	8	13	6	
a5	4	10	13	4	
a6	7	8	13	6	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	1,4	2,4	1,3	2,8	7,9
a2	2,2	1,5	1,3	4,4	9,4
a3	0,8	3	1,3	1,6	6,7
a4	1,4	2,4	1,3	2,4	7,5
a5	0,8	3	1,3	1,6	6,7
a6	1,4	2,4	1,3	2,4	7,5

Zdroj tabulek přílohy B: Vlastní zpracování

Příloha C: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál betonových sendvičových tvárnic

Tabulka 37: Rozhodovací matice betonových sendvičových tvárnic

	a1	a2	a3	a4
V1	300	300	300	300
V2	3,42	3,38	2,7	2,65
V3	219	243	300	362
V4	880	950	763	813

Tabulka 38: Rozhodování pro výběr betonových sendvičových tvárnic

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 39: Bodovací škála betonových sendvičových tvárnic

Izolace 100 mm				
	a1	a2	a3	a4
K1	4	4	4	4
K2	9	9	11	11
K3	12	11	10	8
K4	5	6	4	4

Tabulka 40: Určení vah jednotlivých kritérií betonových sendvičových tvárnic

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 41: Výpočet užitku betonových sendvičových tvárnic

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	4	4	4	4	
a2	9	9	11	11	
a3	12	11	10	8	
a4	5	6	4	4	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,8	1,2	0,4	1,6	4
a2	1,8	2,7	1,1	4,4	10
a3	2,4	3,3	1	3,2	9,9
a4	1,8	1,8	0,4	1,6	5,6

Zdroj tabulek přílohy C: Vlastní zpracování

Příloha D: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál LIAPOR

Tabulka 42: Rozhodovací matice LIAPOR

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
V1	365	365	365	365	425	425	240	300	365
V2	3,8	3	2,83	2,31	3,28	2,66	1,09	1,43	1,69
V3	184	256	219	293	256	341	256	256	256
V4	1200	1248	800	816	896	928	664	800	944

Tabulka 43: Rozhodování pro výběr LIAPOR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 44: Bodovací škála LIAPOR

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	6	6	6	6	8	8	2	4	6
K2	8	10	10	12	9	11	15	14	13
K3	13	11	12	10	11	9	11	11	11
K4	8	8	4	4	5	5	3	4	6

Tabulka 45: Určení vah jednotlivých kritérií

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 46: Výpočet užitku LIAPOR

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4

a1	6	8	13	8	
a2	6	10	11	8	
a3	6	10	12	4	
a4	6	12	10	4	
a5	8	9	11	5	
a6	8	11	9	5	
a7	2	15	11	3	
a8	4	14	11	4	
a9	6	13	11	6	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	1,2	2,4	1,3	3,2	8,2
a2	1,2	3	1,1	3,2	8,5
a3	1,2	3	1,2	1,6	7,1
a4	1,2	3,9	1	1,6	7,7
a5	1,6	2,7	1,1	2	7,4
a6	1,6	3,3	0,9	2	7,8
a7	0,4	4,5	1,1	1,2	7,2
a8	0,8	4,2	1,1	1,6	7,7
a9	1,2	3,9	1,1	2,4	8,6

Zdroj tabulek přílohy D: Vlastní zpracování

Příloha E: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál WIENERBERGER

Tabulka 47: Rozhodovací matice WIENERBERGER

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
V1	440	400	300	240	440	400	300	240	440	440	500	365
V2	3,26	2,95	1,72	0,86	3,26	2,95	1,72	0,86	4,64	4,22	5,55	4,34
V3	326	294	246	294	326	294	246	197	282	253	309	235
V4	914	826	677	549	875	789	619	498	1064	952	1115	1824

Tabulka 48: Rozhodování pro výběr WIENERBERGER

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 49: Bodovací škála WIENERBERGER

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10	a11	a12
K1	9	8	4	2	9	8	4	2	9	9	11	6
K2	9	10	13	15	9	10	13	15	6	7	4	7
K3	9	10	11	10	9	10	9	13	10	11	10	12
K4	5	4	3	1	5	4	2	1	6	6	7	14

Tabulka 50: Určení vah jednotlivých kritérií

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 51: Výpočet užítku WIENERBERGER

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	9	9	9	5
a2	8	10	10	4
a3	4	13	11	3
a4	2	15	10	1
a5	9	9	9	5

a6	8	10	10	4	
a7	4	13	9	2	
a8	2	15	13	1	
a9	9	6	10	6	
a10	9	7	11	6	
a11	11	4	10	7	
a12	6	7	12	14	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	1,8	2,7	0,9	2	7,4
a2	1,6	3	1	1,6	7,2
a3	0,8	3,9	1,1	1,2	7
a4	0,4	4,5	1	0,4	6,4
a5	1,8	2,7	0,9	2	7,4
a6	1,6	3	1	1,6	7,2
a7	0,8	3,9	0,9	0,8	6,4
a8	0,4	4,5	1,3	0,4	6,6
a9	1,8	1,8	1	2,4	7
a10	1,8	2,1	1,1	2,4	7,4
a11	2,2	1,2	1	2,8	7,2
a12	1,2	2,1	1,2	5,6	10,1

Zdroj tabulek přílohy E: Vlastní zpracování

Příloha F: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál H + H pórobeton

Tabulka 52: Rozhodovací matice H + H pórobeton

	a1	a2	a3	a4	a5	a6
V1	250	300	375	250	300	375
V2	2,5	3	3,75	2,08	2,5	3,13
V3	133	160	200	163	195	251
V4	605	726	908	605	726	908

Tabulka 53: Rozhodování pro výběr H + H pórobeton

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 54: Bodovací škála H + H pórobeton

	a1	a2	a3	a4	a5	a6
K1	3	4	7	3	4	7
K2	11	10	8	12	11	10
K3	14	13	12	13	12	11
K4	2	3	5	2	3	5

Tabulka 55: Určení vah jednotlivých kritérií H + H pórobeton

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 56: Výpočet užitku H + H pórobeton

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	3	11	14	2
a2	4	10	13	3
a3	7	8	12	5
a4	3	12	13	2
a5	4	11	12	3

a6	7	10	11	5	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,6	3,3	1,4	0,8	6,1
a2	0,8	3	1,3	1,2	6,3
a3	1,4	2,4	1,2	2	7
a4	0,6	3,6	1,3	0,8	6,3
a5	0,8	3,3	1,2	1,2	6,5
a6	1,4	3	1,1	2	7,5

Zdroj tabulek přílohy F: Vlastní zpracování

Příloha G: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál ISOBAU

Tabulka 57: Rozhodovací matice ISOBAU

	a1	a2
V1	250	250
V2	3,92	3,95
V3	15	10
V4	605	668

Tabulka 58: Rozhodování pro výběr ISOBAU

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 59: Bodovací škála ISOBAU

	a1	a2
K1	3	3
K2	8	8
K3	15	15
K4	2	3

Tabulka 60: Určení vah jednotlivých kritérií ISOBAU

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 61: Výpočet užitku ISOBAU

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	3	8	15	2	
a2	3	8	15	3	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,6	2,4	1,5	0,8	5,3
a2	0,6	2,4	1,5	1,2	5,7

Zdroj tabulek přílohy G: Vlastní zpracování

Příloha H: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál PBC Gima

Tabulka 62: Rozhodovací matice PBC GIMA

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
V1	490	425	365	300	490	440	400	365	300
V2	4,18	3,68	2,69	2,61	3,17	2,77	2,77	2,4	1,96
V3	314	272	235	192	386	347	334	256	206
V4	1864	1614	1387	1141	1674	1008	915	1227	1088

Tabulka 63: Rozhodování pro výběr PBC GIMA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 64: Bodovací škála PBC GIMA

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	11	8	6	4	11	9	8	6	4
K2	7	8	11	11	10	11	11	12	13
K3	10	11	12	13	8	9	9	11	12
K4	15	12	10	7	13	6	5	8	7

Tabulka 65: Určení vah jednotlivých kritérií PBC GIMA

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 66: Výpočet užitku PBC GIMA

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	11	7	10	15
a2	8	8	11	12
a3	6	11	12	10
a4	4	11	13	7
a5	11	10	8	13
a6	9	11	9	6

a7	8	11	9	5	
a8	6	12	11	8	
a9	4	13	12	7	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	2,2	2,1	1	6	11,3
a2	1,6	2,4	1,1	4,8	9,9
a3	1,2	3,3	1,2	4	9,7
a4	0,8	3,3	1,3	2,8	8,2
a5	2,2	3	0,8	5,2	9,2
a6	1,8	3,3	0,9	2,4	8,4
a7	1,6	3,3	0,9	2	7,8
a8	1,2	3,6	1,1	3,2	9,1
a9	0,8	3,9	1,2	2,8	8,7

Zdroj tabulek přílohy H: Vlastní zpracování

Příloha I: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál MERIT

Tabulka 67: Rozhodovací matice MERIT

	a1	a2
V1	380	400
V2	3,3	3,9
V3	381	383
V4	660	720

Tabulka 68: Rozhodování pro výběr MERIT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 69: Bodovací škála MERIT

	a1	a2
K1	7	8
K2	9	8
K3	8	8
K4	2	3

Tabulka 70: Určení vah jednotlivých kritérií MERIT

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 71: Výpočet užítku MERIT

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	7	9	8	2	
a2	8	8	8	3	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	1,4	2,7	0,8	0,8	5,7
a2	1,6	2,4	0,8	1,2	6

Zdroj tabulek přílohy I: Vlastní zpracování

Příloha J: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál KLH panelů

Tabulka 72: Rozhodovací matice KLH panely

	a1
V1	220
V2	3,7
V3	50
V4	3200

Tabulka 73: Rozhodování pro výběr KLH panely

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 74: Bodovací škála KLH panely

	a1
K1	2
K2	8
K3	15
K4	27

Tabulka 75: Určení vah jednotlivých kritérií KLH panely

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 76: Výpočet užítku KLH panely

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	2	8	15	27	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,4	2,4	1,5	10,5	15,1

Zdroj tabulek přílohy J: Vlastní zpracování

Příloha K: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál NOVATOP

Tabulka 77: Rozhodovací matice NOVATOP

	a1	a2	a3	a4
V1	190	212	240	252
V2	3,13	3,57	3,7	3,85
V3	31	42	52	62
V4	1203	1555	1973	2080

Tabulka 78: Rozhodování pro výběr NOVATOP

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 79: Bodovací škála NOVATOP

	a1	a2	a3	a4
K1	1	1	2	3
K2	10	9	8	8
K3	15	15	15	15
K4	8	12	20	20

Tabulka 80: Určení vah jednotlivých kritérií NOVATOP

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 81: Výpočet užítku NOVATOP

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	1	10	15	8	
a2	1	9	15	12	
a3	2	8	15	20	
a4	3	8	15	20	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,2	3	1,5	3,2	7,9
a2	0,2	2,7	1,5	4,8	9,2
a3	0,4	2,4	1,5	8	12,2
a4	0,6	2,4	1,5	8	12,5

Zdroj tabulek přílohy K: Vlastní zpracování

Příloha L: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál VELOX

Tabulka 82: Rozhodovací matice VELOX

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
V1	220	270	300	320	340	340	370	400	420
V2	0,76	2,15	3	3,5	4,1	4,4	4,9	5,8	6,3
V3	27	27	28	28	29	29	29	30	30
V4	390	411	476	519	562	562	627	692	753

Tabulka 83: Rozhodování pro výběr VELOX

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 84: Bodovací škála VELOX

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9
K1	2	3	4	5	6	6	7	8	8
K2	15	12	10	9	8	7	6	3	2
K3	15	15	15	15	15	15	15	15	15
K4	1	1	1	1	2	2	2	3	4

Tabulka 85: Určení vah jednotlivých kritérií VELOX

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 86: Výpočet užítku VELOX

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4
	K1	K2	K3	K4
a1	2	15	15	1
a2	3	12	15	1
a3	4	10	15	1
a4	5	9	15	1
a5	6	8	15	2
a6	6	7	15	2
a7	7	6	15	2

a8	8	3	15	3	
a9	8	2	15	4	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,4	4,5	1,5	0,4	6,8
a2	0,6	3,6	1,5	0,4	6,1
a3	0,8	3	1,5	0,4	5,7
a4	1	2,7	1,5	0,4	5,6
a5	1,2	2,4	1,5	0,8	5,9
a6	1,2	2,1	1,5	0,8	5,6
a7	1,4	1,8	1,5	0,8	5,5
a8	1,6	0,9	1,5	1,2	5,2
a9	1,6	0,6	1,5	1,6	5,3

Zdroj tabulek přílohy L: Vlastní zpracování

Příloha M: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál EKOPANEL

Tabulka 87: Rozhodovací matice EKOPANEL

	a1
V1	58
V2	0,6
V3	27
V4	269

Tabulka 88: Rozhodování pro výběr EKOPANEL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 89: Bodovací škála EKOPANEL

	a1
K1	1
K2	15
K3	15
K4	1

Tabulka 90: Určení vah jednotlivých kritérií EKOPANEL

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 91: Výpočet užitku EKOPANEL

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	1	15	15	1	
	K1	K2	K3	K4	Celkem
a1	0,2	4,5	1,5	0,4	6,6

Zdroj tabulek přílohy M: Vlastní zpracování

Příloha N: Ohodnocení bodovou metodou pro materiál DURISOL

Tabulka 92: Rozhodovací matice DURISOL

	a1	a2	a3	a4
V1	300	300	375	375
V2	2,84	3,53	4,17	5,15
V3	80	80	120	120
V4	872	952	1192	1336

Tabulka 93: Rozhodování pro výběr DURISOL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K1	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470	500	530	560	590	620
K2	6,8	6,4	6	5,6	5,2	4,8	4,4	3,8	3,4	3	2,6	2,2	1,8	1,4	1
K3	660	620	580	540	500	460	420	380	340	300	260	220	180	140	100
K4	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

Tabulka 94: Bodovací škála DURISOL

	a1	a2	a3	a4
K1	4	4	7	7
K2	10	9	7	5
K3	15	15	14	14
K4	5	6	8	9

Tabulka 95: Určení vah jednotlivých kritérií DURISOL

Váha	w1	w2	w3	w4
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4

Tabulka 96: Výpočet užitku DURISOL

Váha	w1	w2	w3	w4	
Poměr	0,2	0,3	0,1	0,4	
	K1	K2	K3	K4	
a1	4	10	15	5	
a2	4	9	15	6	
a3	7	7	14	8	
a4	7	5	14	9	
	K1	K2	K3	K4	Celkem

a1	0,8	3	1,5	2	7,3
a2	0,8	2,7	1,5	2,4	7,4
a3	1,4	2,1	1,4	3,2	8,1
a4	1,4	1,5	1,4	3,6	7,9

Zdroj tabulek přílohy N: Vlastní zpracování

Seznam literatury :

ABETE dřevostavby s.r.o., Nový Jičín, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/klh-masivni-panely-z-lepeneho-dreva/>, <http://www.abete.cz/KLH.html>>, vlastní konzultace p. Dorazil tel.: 556 701 160

AGROP NOVA Ptení, [online] [citave 01.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.novatop-system.cz/cs/co-je-novatop/>>

Betonové stavby – group s.r.o. Klatovy [online] [citace 26.02.2010]. Dostupné na URL <http://www.betonstavby.cz/1_normal.htm>

Centrum pasivního domu Brno, [online] [citace 05.01.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.pasivnidomy.cz/projekty/plaforma-pasivnich-domu.html>>

ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda, ČSNI 2001

ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČSNI 1998

ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody ČSNI 2001

ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky, ČSNI 2002

ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění. ČNI 2005

DURISOL-CZECH Praha, [online] [citace 14.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.durisol-czech.cz/vlastnosti.htm>>

EKOPANELY Přelouč, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.ekopanely.cz/>>

FEIST, W. a kol. *Passivhaus Projektierungs Paket 2004*, Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser, Fachinformation PHI 2004/1

HUMM, Othmar: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, spol. s r. o., 1999, ISBN 80-7169-657-9

H + H Česká republika, Most, [online] [citace 16.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.hplush.cz/tc>>

HELUZ, cihlářský průmysl [online] [citace 10.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.heluz.cz/pdf/prirucka09/prirucka09.pdf>>

ISOBAU INVEST Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.isobau.cz/15-stavebni-system/>>

KM BETA, Skladba materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <<http://www.sendwix.cz/sortiment/SENDWIX/P/tepelna-technika.html>>

KM BETA, Sortiment materiálu [online] [citace 20.2.2010] Dostupné na www URL <http://www.kmbeta.cz/sortiment/info_VPC.html>

LIAPOR Vintřov, [online] [citace 27.02.2010]. Dostupné na URL <<http://www.liapor.cz/component.php?cocode=section&seid=78>>

MERIT Slatiňany, [online] [citace 23.03.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.merit-slatinany.cz/jpg/bio%20n%20foto.jpg>>, vlastní zpracování

MŮJ DŮM, *Dřevostavba – pohodlné, zdravé, moderní a rychlé bydlení*. Ročník 17, rok vydání: listopad 2009, ISSN 1210-7654

Pasivní stavby Zlín, [online] [citace 29.12.2009]. Dostupné na URL: < <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm#1>>

PBC Praha, [online] [citace 17.03.2010]. Dostupné na URL <<http://www.pbc-gima.cz/images/gima.pdf>>

TYWONIAK, Jan: *Nízkoenergetické domy*, Principy a příklady, Grada Publishing, spol. s r.o., dostisk 2007, ISBN 80-247-1101-X

VEGA s.r.o., [online] [citace 20.02.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.stavebnictvi3000.cz/vypocty/tepelny-odpor-zdiva/>>

VELOX – WERK s.r.o. Hranice, [online] [citace 12.03.2010]. Dostupné na URL: <<http://www.velox.cz/cs/ztracene-bedneni/>>

WALTJEN, T.: *Ökologischer Bauteilkatalog*. Bewertete gängige Konstruktionen, Springer-Verlag/Wien

WIENERBERGER České Budějovice, [online] [citace 01.03.2010]. Dostupné na URL <http://www.wienerberger.cz/servlet/Satellite?pagename=Wienberger/SR_Product/ProductStandard05&c=SR_Product&cid=1254735573775&lpi=1119439164442&sl=wb_cz_home_cs>

YTONG pórobetonové zdivo [online] [citace 20.2.2010]. Dostupné na www URL <<http://www.xella.cz/html/czk/cz/ytong-cenik-obvodove-zdivo.php>>

Seznam tabulek

- Tabulka 1: Klasifikace budovy podle její roční potřeby tepla na vytápění
- Tabulka 2: Porovnání roční spotřeby energie v různých stavbách
- Tabulka 3: Příklad výpočtu energetické bilance
- Tabulka 4: Základní parametry stavebního systému Heluz
- Tabulka 5: Základní parametry stavebního materiálu vápenopísková cihla
- Tabulka 6: Základní parametry stavebního systému Sendwix
- Tabulka 7: Základní parametry stavebního systému Ytong
- Tabulka 8: Základní parametry stavebního systému Betonové stavby – group
- Tabulka 9: Základní parametry stavebního systému LIAPOR
- Tabulka 10: Základní parametry stavebního systému Wienerberger
- Tabulka 11: Základní parametry stavebního systému H + H
- Tabulka 12: Základní parametry stavebního systému ISOBAU
- Tabulka 13: Základní parametry stavebního systému PBC GIMA
- Tabulka 14: Základní parametry stavebního systému MERIT
- Tabulka 15: Základní parametry stavebního systému z KLH panelů
- Tabulka 16: Základní parametry stavebního systému NOVATOP
- Tabulka 17: Základní parametry stavebního systému VELOX
- Tabulka 18: Základní parametry stavebního produktu EKOPANEL
- Tabulka 19: Základní parametry stavebního systému DURISOL
- Tabulka 20: Úroveň nároků
- Tabulka 21: Rozhodovací matice HELUZ
- Tabulka 22: Rozhodování pro výběr HELUZ
- Tabulka 23: Bodovací škála HELUZ
- Tabulka 24: Určení vah jednotlivých kritérií HELUZ
- Tabulka 25: Výpočet užítku HELUZ
- Tabulka 26: Sumarizace ohodnocení jednotlivých materiálů
- Tabulka 27: Rozhodovací matice KB blok
- Tabulka 28: Rozhodování pro výběr KB blok

Tabulka 29: Bodovací škála KB blok

Tabulka 30: Určení vah jednotlivých kritérií KB blok

Tabulka 31: Výpočet užitku KB Blok

Tabulka 32: Rozhodovací matice YTONG

Tabulka 33: Rozhodování pro výběr YTONG

Tabulka 34: Bodovací škála YTONG

Tabulka 35: Určení vah jednotlivých kritérií YTONG

Tabulka 36: Výpočet užitku YTONG

Tabulka 37: Rozhodovací matice betonových sendvičových tvárníc

Tabulka 38: Rozhodování pro výběr betonových sendvičových tvárníc

Tabulka 39: Bodovací škála betonových sendvičových tvárníc

Tabulka 40: Určení vah jednotlivých kritérií betonových sendvičových tvárníc

Tabulka 41: Výpočet užitku betonových sendvičových tvárníc

Tabulka 42: Rozhodovací matice LIAPOR

Tabulka 43: Rozhodování pro výběr LIAPOR

Tabulka 44: Bodovací škála LIAPOR

Tabulka 45: Určení vah jednotlivých kritérií

Tabulka 46: Výpočet užitku LIAPOR

Tabulka 47: Rozhodovací matice WIENERBERGER

Tabulka 48: Rozhodování pro výběr WIENERBERGER

Tabulka 49: Bodovací škála WIENERBERGER

Tabulka 50: Určení vah jednotlivých kritérií

Tabulka 51: Výpočet užitku WIENERBERGER

Tabulka 52: Rozhodovací matice H + H pórobeton

Tabulka 53: Rozhodování pro výběr H + H pórobeton

Tabulka 54: Bodovací škála H + H pórobeton

Tabulka 55: Určení vah jednotlivých kritérií H + H pórobeton

Tabulka 56: Výpočet užitku H + H pórobeton

Tabulka 57: Rozhodovací matice ISOBAU

Tabulka 58: Rozhodování pro výběr ISOBAU

Tabulka 59: Bodovací škála ISOBAU

Tabulka 60: Určení vah jednotlivých kritérií ISOBAU

Tabulka 61: Výpočet užitku ISOBAU

Tabulka 62: Rozhodovací matice PBC GIMA

Tabulka 63: Rozhodování pro výběr PBC GIMA
Tabulka 64: Bodovací škála PBC GIMA
Tabulka 65: Určení vah jednotlivých kritérií PBC GIMA
Tabulka 66: Výpočet užitku PBC GIMA
Tabulka 67: Rozhodovací matice MERIT
Tabulka 68: Rozhodování pro výběr MERIT
Tabulka 69: Bodovací škála MERIT
Tabulka 70: Určení vah jednotlivých kritérií MERIT
Tabulka 71: Výpočet užitku MERIT
Tabulka 72: Rozhodovací matice KLH panely
Tabulka 73: Rozhodování pro výběr KLH panely
Tabulka 74: Bodovací škála KLH panely
Tabulka 75: Určení vah jednotlivých kritérií KLH panely
Tabulka 76: Výpočet užitku KLH panely
Tabulka 77: Rozhodovací matice NOVATOP
Tabulka 78: Rozhodování pro výběr NOVATOP
Tabulka 79: Bodovací škála NOVATOP
Tabulka 80: Určení vah jednotlivých kritérií NOVATOP
Tabulka 81: Výpočet užitku NOVATOP
Tabulka 82: Rozhodovací matice VELOX
Tabulka 83: Rozhodování pro výběr VELOX
Tabulka 84: Bodovací škála VELOX
Tabulka 85: Určení vah jednotlivých kritérií VELOX
Tabulka 86: Výpočet užitku VELOX
Tabulka 87: Rozhodovací matice EKOPANEL
Tabulka 88: Rozhodování pro výběr EKOPANEL
Tabulka 89: Bodovací škála EKOPANEL
Tabulka 90: Určení vah jednotlivých kritérií EKOPANEL
Tabulka 91: Výpočet užitku EKOPANEL
Tabulka 92: Rozhodovací matice DURISOL
Tabulka 93: Rozhodování pro výběr DURISOL
Tabulka 94: Bodovací škála DURISOL
Tabulka 95: Určení vah jednotlivých kritérií DURISOL
Tabulka 96: Výpočet užitku DURISOL

Seznam obrázků

Obrázek 1: Větrací systém pasivního domu

Obrázek 2: Cihelný blok HELUZ

Obrázek 3: Vápenopísková cihla KB blok a systém SENDWIX

Obrázek 4: Cihlový blok YTONG

Obrázek 5: Betonová sendvičová tvárnice

Obrázek 6: Tvárnice LIAPOR

Obrázek 7: Blok WIENERBERGER

Obrázek 8: Blok H + H

Obrázek 9: Ztracené bednění ISOBAU

Obrázek 10: Ztracené bednění MERIT

Obrázek 11: Stavba domu z KLH panelů

Obrázek 12: Sendvičová stěna ze dvou masivních desek

Obrázek 13: Sendvičová stěna s jednou masivní deskou

Obrázek 14: Využití systému Velox při výstavě domu

Seznam grafů

- Graf č. 1: HELUZ - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 2: HELUZ - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 3: KB Blok systém - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 4: KB Blok systém - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 5: YTONG - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 6: YTONG - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 7: Betonové sendvičové tvárnice - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 8: Betonové sendvičové tvárnice - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 9: LIAPOR - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 10: LIAPOR - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 11: Wienerberger - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 12: Wienerberger - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 13: H+H porobeton - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 14: H+H porobeton - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 15: ISOBAU - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 16: ISOBAU - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 17: PBC GIMA - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 18: PBC GIMA - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 19: MERIT - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 20: MERIT - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 21: NOVATOP - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 22: NOVATOP - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 23: VELOX - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 24: VELOX - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 25: DURISOL - Závislost tloušťky materiálu na U, R a hmotnosti
- Graf č. 26: DURISOL - Závislost tloušťky materiálu na ceně
- Graf č. 27: Souhrnné parametry materiálů
- Graf č. 28: Souhrnné parametry materiálů po zanesení korekčních parametrů
- Graf č. 29: Porovnání ceny jednotlivých materiálů