

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucí diplomové práce **Doc. Ing. Dany Měšťanové, CSc.**, a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v seznamu použitých zdrojů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 12.12.2014

.....
podpis

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucí diplomové práce **Doc. Ing. Dany Měšťanové, CSc.**, zejména za její čas a hodnotné rady při řešení dané problematiky. V neposlední řadě bych rád poděkoval respondentům, kteří mi poskytli velmi hodnotné informace.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ekonomiky a managementu

Studijní obor: Ekonomika a řízení ve stavebnictví

**ROZHODOVACÍ PROCES VARIANT
KONSTRUKCÍ A VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH
DOMŮ**

THE DECISION-MAKING PROCESS VARIANTS
PARTS AND HEATING OF FAMILY HOUSES

Bc. Pavel Hořeňovský

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je multikriteriální rozhodovací proces ve věci výběru nejvhodnějších variant konstrukcí a forem vytápění objektů určených k bydlení, zejména rodinných domů. V době zpracování této diplomové práce probíhá rozhodování na základě aktuální módy či doporučení od příbuzných a není dostupný žádný objektivní nástroj pro výběr.

Výstupy z práce jsou nástrojem pro projektanty či potenciální investory, kteří mohou za pomoci objektivního modelu hodnocení srovnávat jednotlivé varianty konstrukcí. Výsledkem práce je určení pořadí pro jednotlivé varianty a finální doporučení optimálního výběru konstrukcí a forem vytápění, zejména pro potenciální investory ze zpracovaného průzkumu mého souhrnu respondentů.

Abstract

The subject of this thesis is a multi-criteria decision-making process regarding the selection of the most suitable variant construction and forms of heating buildings for housing, especially family houses. At the time of this thesis, decisions are made based on the current fashion or recommendations from relatives and there is no available objective selection tool.

Outputs from thesis are a tool for planners and potential investors who can use objective evaluation model to compare different construction variants. Result of the thesis is to determine ranking for the criteria and the final recommendation of the optimal choice construction and forms of heating for potential investors from processed summary of survey respondents.

OBSAH

Abstrakt.....	6
1. Úvod.....	10
2. Popis hodnoceného objektu.....	12
2.1. Základní informace.....	12
2.1.1. Identifikace stavby.....	12
2.1.2. Charakteristika, účel a kapacita stavby.....	13
2.2. Charakteristika území stavby.....	13
2.2.1. údaje o stavebním pozemku.....	13
2.2.2. Napojení na dopravní a tech. infrastrukturu.....	13
2.3. Základní rozměrové parametry, orientace.....	13
2.4. Technické a konstrukční řešení.....	14
2.4.1. Svislé konstrukce.....	14
2.4.2. Vodorovné konstrukce.....	14
2.4.3. Izolace.....	15
2.4.3.1. Umístění tepelného izolantu.....	18
2.4.3.2. Výběr tepelné izolace.....	19
2.4.4. Výplně otvorů.....	19
3. Požadavky na energetickou náročnost budov, optimalizace projektu.....	19
3.1. Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti.....	19
3.2. Hodnocení energetické náročnosti budov.....	20
3.3. Nákladově optimální úroveň požadavků na ENB.....	23
3.4. Výpočet dodané energie do objektu.....	24
3.4.1. Primární energie.....	25
3.4.2. Referenční budova k výpočtu ENB.....	26
3.5. Dílčí shrnutí.....	27
4. Třídění rodinných domů dle energetické náročnosti.....	29
4.1. Třídění objektu dle potřeby energie na vytápění.....	30
4.2. Obvyklá novostavba.....	31
4.3. Mimořádně úsporné rodinné domy.....	31
4.4. Optimalizace projektu domu.....	32
4.4.1. Volba místa.....	33
4.4.2. Tvar a dispozice domu.....	34
4.4.3. Obvodové stěny.....	34
4.4.4. Výplně otvorů.....	34
4.4.5. Tepelné mosty.....	35
4.4.6. Těsnost budovy.....	35
4.4.7. Větrání.....	36
5. Popis jednotlivých variant konstrukcí a forem vytápění rodinných domů	38
5.1. Obvodové konstrukce.....	38

5.1.1.	Keramické tvárnice.....	40
5.1.1.1.	Tvárnice superizolační.....	41
5.1.1.2.	Tvárnice „2in1“.....	42
5.1.1.3.	Standardní tvárnice se systémem ETICS.....	43
5.1.2.	Dřevostavby.....	45
5.1.2.1.	Srubové a roubené stavby.....	47
5.1.2.2.	Hrázděné konstrukce.....	47
5.1.2.3.	Systém Two by Four.....	48
5.1.2.4.	Prefabrikovaná montovaná dřevostavba.....	49
5.1.3.	Pórobeton.....	51
5.1.4.	Stavební systém Velox.....	52
5.2.	Výplně otvorů - okna.....	54
5.2.1.	Hliníková okna.....	58
5.2.2.	Dřevěná okna (Eurookna).....	59
5.2.3.	Plastová okna.....	59
5.2.4.	Plastová okna pro pasivní domy.....	61
5.2.5.	Protihluková okna.....	62
5.2.6.	Výplně otvorů s integrovanými rámy.....	63
5.3.	Střešní konstrukce.....	65
5.3.1.	Ploché střechy.....	66
5.3.1.1.	Pochozí plochá střecha.....	67
5.3.1.2.	DUO střecha.....	68
5.3.1.3.	Zelená plochá střecha.....	70
5.3.2.	Šikmé střechy.....	72
5.3.2.1.	Šikmá střecha s podkroevní izolací.....	73
5.3.2.2.	Šikmá střecha s nadkroevní izolací.....	74
5.3.2.3.	Střecha Ytong komfort.....	76
5.3.3.	Strmé střechy.....	77
5.4.	Varianty vytápění.....	77
5.4.1.	Podlahové topení	78
5.4.2.	Teplá užitková voda.....	80
5.4.3.	Tuhá paliva.....	81
5.4.3.1.	Hodnocená tuhá paliva.....	82
5.4.3.2.	Automatický kotel na tuhá paliva.....	82
5.4.3.3.	Ceny jednotlivých kotlů na tuhá paliva.....	83
5.4.4.	Zemní plyn.....	84
5.4.4.1.	Plynový kondenzační kotel.....	84
5.4.5.	Elektřina.....	85
5.4.5.1.	Přímotopy.....	85
5.4.5.2.	Elektrokotel.....	85
5.4.6.	Alternativní zdroje vytápění.....	86
5.4.6.1.	Fotovoltaický zdroj energie.....	86
5.4.6.2.	Automatický kotel na biomasu.....	87

5.4.6.3.	Manuální kotel na palivové dřevo.....	89
5.4.6.4.	Tepelné čerpadlo.....	90
5.4.7.	Doplňkové zdroje tepla.....	92
6.	Rozhodovací proces – Multikriteriální hodnocení.....	92
6.1.	Rozhodovací proces.....	92
6.1.1.	Definice rozhodovacího problému.....	92
6.1.2.	Určení váhy kritérií.....	94
6.1.3.	Metody stanovení vah kritérií.....	94
6.1.3.1.	Párové porovnání.....	94
6.1.3.2.	Saatyho metoda.....	94
6.1.3.3.	Metoda alokace 100 bodů.....	95
6.1.3.4.	Shrnutí výsledků vah kritérií.....	95
6.1.4.	Hodnocení variant kritérií.....	96
6.1.4.1.	Metoda bodovací s vahami.....	97
6.1.4.2.	Metoda bazické varianty.....	98
6.2.	Obvodové konstrukce.....	99
6.2.1.	Definování kritérií.....	99
6.2.2.	Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování.....	101
6.2.3.	Určení váhy jednotlivých kritérií.....	101
6.2.3.1.	Párové porovnání.....	101
6.2.3.2.	Saatyho metoda.....	102
6.2.3.3.	Metoda alokace 100 bodů.....	102
6.2.3.4.	Shrnutí výsledků vah kritérií.....	102
6.2.4.	Hodnocení variant kritérií.....	103
6.2.4.1.	Metoda bodovací s vahami.....	104
6.2.4.2.	Metoda bazické varianty.....	105
6.2.5.	Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a doporučení.....	106
6.3.	Výplně otvorů - Okna.....	107
6.3.1.	Definování kritérií.....	107
6.3.2.	Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování.....	109
6.3.3.	Určení váhy jednotlivých kritérií.....	110
6.3.3.1.	Párové porovnání.....	110
6.3.3.2.	Saatyho metoda.....	110
6.3.3.3.	Metoda alokace 100 bodů.....	110
6.3.3.4.	Shrnutí výsledků vah kritérií.....	111
6.3.4.	Hodnocení variant kritérií.....	111
6.3.4.1.	Metoda bodovací s vahami.....	113
6.3.4.2.	Metoda bazické varianty.....	114
6.3.5.	Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a doporučení.....	115
6.4.	Střešní konstrukce.....	116
6.4.1.	Definování kritérií.....	116
6.4.2.	Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování.....	118
6.4.3.	Určení váhy jednotlivých kritérií.....	118

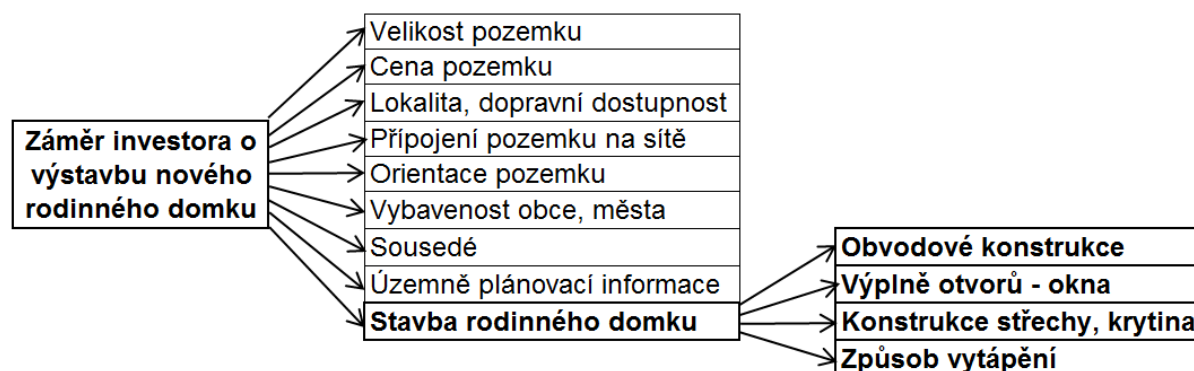
6.4.3.1. Párové porovnání.....	118
6.4.3.2. Saatyho metoda.....	119
6.4.3.3. Metoda alokace 100 bodů.....	119
6.4.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií.....	119
6.4.4. Hodnocení variant kritérií.....	120
6.4.4.1. Metoda bodovací s vahami.....	121
6.4.4.2. Metoda bazické varianty.....	122
6.4.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a doporučení.....	123
6.5. Varianty vytápění.....	125
6.5.1. Definování kritérií.....	125
6.5.2. Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování.....	127
6.5.3. Určení váhy jednotlivých kritérií.....	127
6.5.3.1. Párové porovnání.....	127
6.5.3.2. Saatyho metoda.....	128
6.5.3.3. Metoda alokace 100 bodů.....	128
6.5.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií.....	128
6.5.4. Hodnocení variant kritérií.....	129
6.5.4.1. Metoda bodovací s vahami.....	130
6.5.4.2. Metoda bazické varianty.....	131
6.5.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a doporučení.....	132
Závěr.....	134
Literatura.....	135
Klíčová slova, zkratky, definice.....	140
Seznam tabulek a obrázků.....	142

1. ÚVOD

V dnešní době si zejména drobní investoři, kteří se rozhodli postavit si rodinný domek jako místo pro trvalé bydlení, stále častěji pokládají otázky, z jakých materiálů jejich budoucí domov postavit či jaký způsob vytápění zvolit. Rodinné domy jsou zejména pro český venkov neodmyslitelnou součástí. V menší míře se objevují i na periferiích měst a slouží pro obrovské množství uživatelů jako místo k bydlení. Proto je práce zaměřena právě na jejich výstavbu.

Vzhledem k velmi širokým možnostem a složitosti vhodného výběru materiálů a konstrukcí, je vhodné vytvoření multikriteriálního rozhodovacího procesu ve věci nevhodnějšího výběru variant obvodových konstrukcí, střešních konstrukcí, volby oken a forem vytápění objektů určených k bydlení. Tento rozhodovací model je možné využít pro projektanty, ale též i pro investory. Důležitým parametrem pro rozhodování je anketa, ve které si potenciální investor určí pro jednotlivá kritéria konstrukcí a formy vytápění své osobní preference a váhy. Za pomoci multikriteriálního hodnocení zpracovaného v programu MS Excel je pak možné velmi rychle a přehledně vybrat ty nevhodnější materiály, konstrukce či formy vytápění.

Zaměření diplomové práce



Zdroj: Vlastní anketa mezi respondenty

V rámci ankety jsem položil respondentům základní otázky, z nichž jsem vytvořil rozhodovací model. Má práce je soustředěna zejména na investiční část stavby objektů určených pro bydlení a zajištění vytápění a ohřevu teplé vody. Model lze při drobné úpravě použít i na podobné typy staveb, například pro sídla menších firem, malé školky, penziony apod. Na výstupy z této práce lze navázat vhodným modelem i pro ostatní části výstavbového projektu v rámci LCC či zaměřením na pozemky a jejich významné vlastnosti pro potenciální investory.

Předmětem práce je v teoretické části analyzování reálného projektu. Na úvod diplomové práce bych rád popsal hodnocený vzorový rodinný dům.

2. POPIS HODNOCENÉHO OBJEKTU

V současné době je hlavním požadavkem investorů v rámci provozu objektu jeho ekonomika. Určení optimální velikosti, výběr konstrukcí, oken či konstrukce střechy, to vše hraje roli pro snížení nákladů na provoz, avšak hlavním výdajem při provozu domu je jeho vytápění a ohřev teplé vody. Ztráty tepla prostupem konstrukcí jsou definovány pomocí ukazatele U (součinitel prostupu tepla). Pokud bychom při stavbě rodinného domu postupovali podle normou [2] požadovaných hodnot na parametr U (pro stěny $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ a pro střechy $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$), pak bychom získali dům, který bude mít měrnou spotřebu tepla na vytápění okolo $100 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$. V případě, že bychom dále zvyšovali tepelně – technické vlastnosti obvodových konstrukcí domu a dostali bychom se s měrnou spotřebou tepla na vytápění pod $50 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$, pak se jsme na úrovni stavby nízkoenergetické. Cílem této práce je zhodnotit konstrukce pro právě takový rodinný dům.

Základními požadavky na tepelně technické vlastnosti jednotlivých stavebních konstrukcí a staveb je možno rozumět jako požadavky na tepelný stav interiéru v jednotlivých budovách. Tento stav je nutný pro tepelnou pohodu, hygienický a zdravý neškodný pobyt lidí budovu obývajících. Nedostatečná tepelná izolace interiéru může například způsobit kondenzaci vodní páry na prochlazených stěnách a vznik plísně. Abychom předešli špatným tepelně technickým vlastnostem jednotlivých konstrukcí, musí tyto konstrukce splňovat normu ČSN 73 0540 [3].

2.1. Základní informace o objektu

2.1.1. Identifikace stavby

Název stavby:	Stavba RD Svárov
Místo stavby:	pozemek č. 77/12 a 77/13 v k. ú. Svárov u Unhoště
Projektant:	Ing. arch. Jaroslav Suchan, ČKA 1954, A
Projekční kancelář:	SH studio Brno, s.r.o., Cejl 480/12, 602 00 Brno

2.1.2. Charakteristika, účel a kapacita stavby

Záměrem investora je výstavba nového nízkoenergetického rodinného domku do 150 m² zastavěného území včetně přípojek, který by sloužil k trvalému bydlení. Objekt je navržen jako nízkoenergetický s měrnou spotřebou tepla na vytápění pod 50 kWh/m²rok. Pro splnění této podmínky je objekt navržen s dobrou orientací obytných místností a vhodným zasklením ke světovým stranám. Rodinný dům je navržen v zástavbě rodinných domků na periférii obce Svárov u Unhoště. Součástí objektu je 1 nadzemní podlaží a podkroví se sedlovou či plochou střechou.

2.2. Charakteristika území stavby

2.2.1. Údaje o stavebním pozemku

Stavba rodinného domku je navržena na pozemku č. 77/12 v k. ú. Svárov u Unhoště o výměře 811 m², který je v majetku investora. Pozemek je převážně rovinný s mírným svahováním k severozápadní straně. Pozemek je situován v území zastavěném rodinnými domky.

2.2.2. Napojení na dopravní a technickou infrastrukturu

Rodinný dům musí být napojen na veřejný vodovod, plynovod, kanalizaci a síť nízkého napětí. Přípojky na technickou infrastrukturu budou vybudovány na pozemku č. 77/12 a 77/13 v k. ú. Svárov u Unhoště. Objekt je dopravně napojen přes hospodářskou uličku, která vede na hlavní komunikaci.

2.3. Základní rozměrové parametry, orientace

rozměry objektu:	14,25 x 8,50 m
výška hřebene střechy:	6,8 - 8,6 m
zastavěná plocha rodinným domem:	119,99 m ²
podlahová plocha:	182,02 m ²
orientační hodnota stavby:	3 200 tis. Kč

Objekt je orientován k jihozápadu tak, aby v obytných místnostech bylo co nejvíce využito sluneční záření pro vytápění objektu. Vjezd na pozemek je zajištěn

z jihozápadu. Detailně je orientace vyřešena v situaci, která je součástí této projektové dokumentace.

2.4. Technické a konstrukční řešení

2.4.1. Svislé konstrukce

Obvodové konstrukce jsou navrženy tak, aby splňovaly všechny aktuální normy a vyhlášky platné v době zpracování této projektové dokumentace. Obvodové konstrukce by měly zejména splňovat dostatečnou kvalitu materiálu, tepelněizolační vlastnosti, požadovanou pevnost dle návrhu statika, jednoduchou údržbu, zvukovou neprůzvučnost a další základní vlastnosti. Svislé obvodové konstrukce musí být navrženy tak, aby splňovaly kritéria součinitele prostupu tepla v minimální hodnotě $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní dělicí příčky splňují podobně jako obvodové zdivo předepsanou pevnost, kvalitu materiálu a mají dostatečné zvukové izolační schopnosti.

Při volbě materiálů musíme též zohledňovat energetickou náročnost výstavby z jednotlivých materiálů. Nejméně náročné jsou konstrukce ze dřeva, naopak několikanásobně více energie se spotřebuje zejména na výrobu polystyrenu či oceli. Též výroba hojně užívaných pálených keramických tvárnic je energeticky velmi náročná a proto jej není vhodné považovat za ekologický materiál.

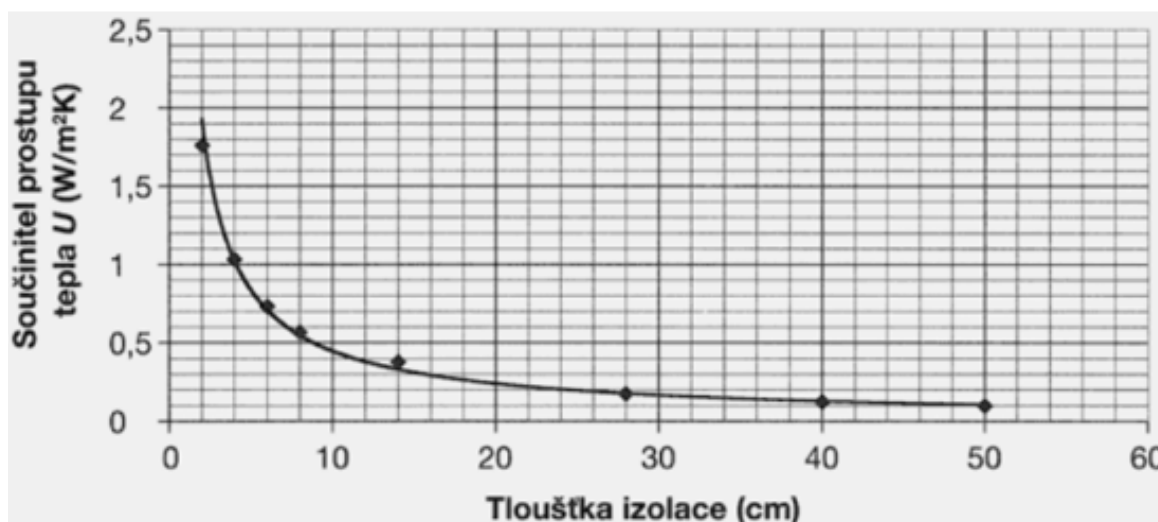
2.4.2. Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce jsou navrženy jako prefamonolické. Skládají se z filigránových nosníků doplněnými keramickými vložkami Miako, vloženou ocelovou výztuží a zmonolitněné vrstvou betonu podle šířky rozponu stropní konstrukce. Podkladem pro podlahu je výše uvedená stropní deska. Další skladba podlahy je následující: kročejová izolace z polystyrenu pro kročejový útlum tl. 30 mm, separační fólie z PE, trubky podlahového topení, betonová mazanina tl. 60 - 65 mm a konečná nášlapná vrstva dle konečného využití místnosti.

2.4.3. Izolace

Zmenšování tepelných ztrát a spotřeby tepla při vytápění lze dosáhnout snižováním součinitele prostupu tepla konstrukcemi U . Z toho tedy plyne, že čím nižší hodnota součinitele prostupu tepla, tím menší tepelné ztráty. Snižování u obvodových konstrukcí je možno dosáhnout zvyšováním tloušťky izolantů. Z průběhu křivky je vidět, že od určité tloušťky izolantu součinitel prostupu tepla klesá pouze minimálně. (Obr. 1) Z ekonomicko efektivního hlediska je tedy vhodné použít izolant odpovídající tloušťky pro dosažení co nejefektivnějšího snižování tepelných ztrát konstrukcí. Pro investora by tedy nemělo být cílem hnát se pouze za co nejnižší hodnotou součinitele prostupu tepla ale co nejnižší efektivní hodnotou. Je tedy vhodné využít konstrukci s maximální možnou tepelnou izolací dostupnou na trhu? Úspory v provozních nákladech by měli v dohledné době vrátit vícenásobky s pořízením izolace spojené. Od určité tloušťky izolantu je však snižování součinitele prostupu tepla velmi pomalé a neefektivní. Z ekonomického hlediska je tedy vhodnější určit vyváženě vstupní investici na nákup tepelného izolantu s ohledem na snížení provozních nákladů.

Obr. 1 Graf závislosti hodnoty U na tloušťce izolantu



Zdroj: www.archiweb.cz

Při zabudování tepelného izolantu musíme postupovat pečlivě, se zaměřením zejména na detaily. Tlustší tepelný izolant je také vhodnější aplikovat ve dvou tenších vrstvách tak, aby spáru v jedné vrstvě překryla izolace druhá. Tím zajistíme lepší tepelněizolační vlastnosti.

Za nejúčinnější tepelné izolace lze považovat takové izolace, jejichž součinitel tepelné vodivosti je pod 0,05 W/mK. Tyto materiály jsou schopny i při relativně malých tloušťkách velmi dobře izolovat stávající konstrukce a snižovat celkový součinitel prostupu tepla. Pro tuto práci budu uvažovat s nejběžnějšími z nich:

- **pěnový polystyren EPS,**
- **pojená minerální vlákna MW,**
- **MV desky,**
- **sklovláknité izolace,**
- **extrudovaný polystyren XPS,**
- **pěnový polyuretan,**
- **pěnové sklo.**

Pěnový polystyren (EPS) je osvědčená tepelněizolační hmota vyrobená ze zpěnovaného polystyrenu ve formě perlí. Důležitou surovinou pro výrobu polystyrenu je ropa. Vyrábí se ve formě desek libovolné tloušťky, je velmi lehce zpracovatelný, poměrně levný a váhově velmi lehký. EPS je vysoce hořlavý, vhodný pro použití na konstrukce s nízkým vlhkostním zatížením, je nutné chránit před difúze par organických rozpouštědel, delším přímým slunečním zářením. Na trhu je možno najít ještě grafitový pěnový polystyren (Obr. 2), kde za pomoci příměsy grafitu, získá polystyren ještě lepší tepelněizolační vlastnosti.

Obr. 2 Grafitový pěnový polystyren



Zdroj: www.zatepleni-fasad.eu

Pojená minerální vlákna MW (Obr. 3) je univerzální tepelný izolant vhodný pro kontaktní systémy s podobnými vlastnostmi jako EPS, avšak s lepšími požárními a akustickými vlastnostmi. Jedná se o materiál vhodný pro zateplení požárně únikových cest a objektů s požární výškou vyšší než 22,5 m. Izolant je třeba chránit před vlhkým prostředím, je těžší než polystyren a pro jeho montáž je třeba mít ochranné pomůcky a roušku. Cena minerální vaty je vyšší než u polystyrenu.

Obr. 3 Minerální vata



Zdroj: www.nejstavebniny.cz

MV desky jsou méně častý ale vhodný tepelný izolant plochých i šikmých střech, dobře se snáší s většinou hydroizolací a mají vyšší průvzdušnost. Díky těmto vlastnostem se výborně hodí do dřevostaveb nebo podkroví obytných staveb. Mají vyšší požární odolnost a jsou tedy vhodné i do prostor požárních únikových cest nebo do odvětrávaných zateplovacích systémů. Využívají se jako izolace potrubí. Desky nejsou vhodné do vlhkého prostředí.

Extrudovaný polystyren (XPS) je podstatně hutnější než EPS a jeho hlavní využití je jako tepelný izolant do vlhkých prostředí, kam se EPS nehodí. (sokl domu, okenní ostění, sokly teras). Výhody oproti ostatním izolantům jsou lepší mechanické vlastnosti, nenasákavost a nižší tepelná vodivost. Tyto vlastnosti jsou však vykoupeny výrazně vyšší cenou a velkou hořlavostí. Extrudovaný polystyren je vhodný při nedostatku místa (je tenčí než EPS) nebo jako izolant do tzv. zelených střech, kde při vhodném umístění slouží i jako drenážní vrstva

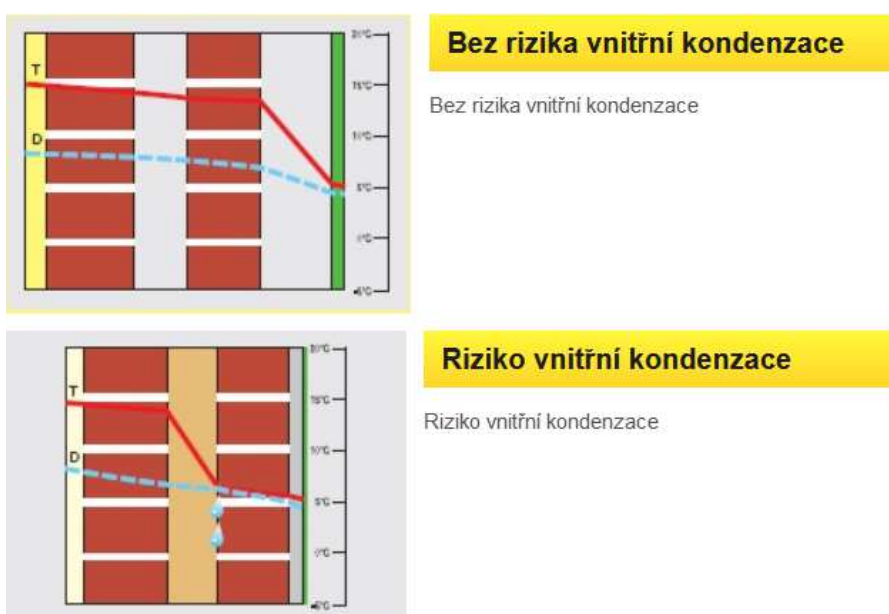
Pěnový polyuretan (PUR) je tepelný izolant na organické bázi, který se nejčastěji využíván na střechy či podlahové topení. Je většinou složen z desek s hliníkovou fólií, která zlepšuje tepelněizolační vlastnosti. Může být však také aplikována nástřikem, kde ve velmi krátké době po aplikaci zvětší svůj objem až stonásobně. Nástřik se využívá pro špatně přístupné a nestandardní povrchy či do dutin. Izolant je velmi pevný, má výborné hydroizolační vlastnosti, minimální nasákavost. Suroviny na výrobu izolantu jsou 100% ekologické.

Pěnové sklo je nehořlavý, téměř nepropustný pro vodní páru a velmi drahý tepelný izolant, který se používá do vlhkých prostředí jako jsou střechy nad bazény. Má vynikající únosnost a pevnost v tlaku, je tedy vhodný i na pochůzí střechy. Materiál je zcela recyklovatelný. Z důvodu velmi vysoké ceny se používá pouze výjimečně.

2.4.3.1. Umístění tepelného izolantu

Tepelný izolant může být na konstrukci umístěn z exteriéru, přímo ve zdivu nebo v interiéru. V případě volby izolantu v interiéru je třeba vhodný návrh od specialisty, abychom zabránili kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce (Obr. 4). V současné době se izolant umísťuje převážně do exteriéru a pro svou jednoduchost a specifické vlastnosti se začíná rozšiřovat i varianta tepelného izolantu uvnitř konstrukce.

Obr. 4 Riziko kondenzace uvnitř konstrukce



Zdroj: www.tzb-info.cz

2.4.3.2. Výběr tepelné izolace

Nabídka tepelných izolantů je obrovská a není jednoduché vybrat právě tu nejvíce vyhovující. V izolaci neizoluje přímo materiál, ale vzduch, kterému izolant zabraňuje proudit. Ve velké nabídce izolací není jednoduché vybrat vždy tu nejlépe vyhovující. U tepelných izolantů platí, že čím větší hmotnost, tím lepší akustická a protipožární odolnost, ale klesají tepelněizolační vlastnosti.

Při výběru izolantu je vždy třeba zvážit účel užití. V současné době jsou nejčastěji využívanými tepelnými izolanty polystyren a minerální vata. Ve srovnání s těmito dvěma jsou ostatní tepelné izolanty využívány minimálně.

2.4.4. Výplně otvorů

Okna v objektu by měla být navržena tak, aby uživateli dostatečně umožnila kontakt s okolím, prosvítily interiér a zajistila dostatečnou výměnu vzduchu. Materiál na rámy výplní otvorů jsou ze dřeva, hliníku či plastu. Okna musí být zasklena minimálně dvojsklem a splňovat součinitel prostupu tepla okna U_w v minimální výši $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, což je hodnota doporučená pro nízkoenergetické domy. Musí též dostatečně zvukově izolovat interiér od vnějších zdrojů hluku. Zasklení může být provedeno dle požadavků investora jako bezpečnostní či se zatmavením proti slunečnímu záření.

Výplně otvorů je třeba zabudovat pečlivě se zaměřením na detaily, aby plně a dlouhodobě plnilo svou funkci. Hloubka místnosti by neměla být více jak dvakrát delší, než výška nadpraží okna v místnosti.

3. POŽADAVKY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV, OPTIMALIZACE PROJEKTU

3.1. Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti [17]

V rámci akceptování závazku evropské směrnice 2010/31/EU [8] o energetické náročnosti budov došlo od 1. dubna 2013 ke změně některých legislativních předpisů v České republice týkajících se energetické náročnosti budov. Pro zpřehlednění uvedeme pouze ty změny, které se týkají hospodaření s energiemi nebo s tímto tématem úzce souvisí.

Vyhláška č. 148/2007 Sb., [11] nahrazená vyhláškou č. 78/2013 Sb., [9] Vyhláška č. 480/2012 Sb., [12] o energetickém auditu a posudku, která nahradila vyhlášku č. 213/2001 Sb. [13] Obě tyto výše uvedené vyhlášky nabyly účinnosti dne 1. dubna 2013. Dále s problematikou souvisí změna zákona č. 406/2000 Sb., [14] o hospodaření energií, který byl pozměněn vyhláškou č. 318/2012 Sb. [15] a vyhláškou č. 310/2013 Sb. [20]. Tato poslední novelizace významně přispěla k upřesnění některých definic, zpřehlednila problematiku hospodaření s energií. Zákon řeší zejména specifikaci pravidel pro tvorbu Státní energetické koncepce, Státního programu na podporu úspor energie, využití obnovitelných zdrojů a druhotných zdrojů energie a lepší informovanost, specifikaci, označení a požadavků na výrobky spojené se spotřebou energie.

K zákonu patří též prováděcí vyhlášky, které podrobněji rozebírají jednotlivé okruhy zákona a specifikují jeho provádění. Mezi nejdůležitější prováděcí vyhlášky patří:

- nová vyhláška o energetických specialistech a osobě oprávněné provádět instalaci zařízení vyrábějící energii z OZE (obnovitelné zdroje energie),
- nová vyhláška č. 441/2012 Sb., [16] o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie.

3.2. Hodnocení energetické náročnosti budov

Podle novely zákona č. 350/2012 Sb., [18] kterým se mění stávající stavební zákon č. 183/2006 Sb. [19] o územním plánování a stavebním řádu, musí mít každá

novostavba rodinného domku zpracován průkaz energetické náročnosti budovy. Zpracování tohoto průkazu mohou dělat pouze osoby k tomu oprávněné a specifikované v příslušném zákoně o energetických specialistech dle §10 zákona č. 406/2000 Sb. [14] o hospodaření s energiemi.

Způsob zpracování energetické náročnosti budovy je upraven vyhláškou č. 78/2013 Sb. [9] a od předešlého způsobu výpočtu došlo k několika změnám. Pro určení referenční hodnoty minimálního požadavku na energetickou náročnost se postupuje dle ČSN EN 15 217 [20] - Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov a jí odkazovaných platných norem a předpisů. ENB (energetická náročnost budov), jež je mezi odborníky nazývána pod zkratkou EPBD (tj. Energy Performance of Buildings Directive), je v české legislativě zpracována v souladu se směrnicemi Evropské unie.

Nový postup se provádí za pomoci tzv. „referenční budovy“ ve smyslu odrážky 2 odst. b) článku 6.3.1 normy ČSN EN 15 217. Podle této normy *„Referenční hodnota energetické náročnosti je hodnota energetické náročnosti vypočtená pro budovu, která má stejné umístění, funkci, velikost apod., ale s vlastnostmi jako je izolační úroveň, účinnost topné soustavy, rozvrhy činností, vnitřní tepelné zisky apod. nahrazenými referenčními hodnotami.“*

Co je referenční budova?

„Referenční budova je výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy“

pozn.: dle §2 odst. a) vyhláška 78/2013 Sb. [9] o energetické náročnosti budov

Hodnocení energetické náročnosti závisí na splnění některých ukazatelů energetické náročnosti, dále jen „EN“. Podle vyhlášky č. 78/2013 Sb., [9] jsou ukazatele energetické náročnosti budovy:

- **celková primární energie za rok,**
- **neobnovitelná primární energie za rok,**
- **celková dodaná energie za rok,**
- **dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,**
- **průměrný součinitel prostupu tepla,**
- **součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,**
- **účinnost technických systémů.**

pozn.: §3 odst. a) vyhláška 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Nové budovy musí splnit současně tři ukazatele EN. Jedná se o splnění ukazatele:

- **spotřeby neobnovitelné primární energie za rok,**
- **celkové dodané energie za rok,**
- **průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy.**

V případě rekonstrukcí budov či významnější stavební úpravě již postavené budovy, existuje možnost výběru případně sloučení variant ukazatelů, které je potřeba splnit. Například při rozsáhlejší stavební úpravě objektu je nutné splnit:

- **požadavek na spotřebu neobnovitelné primární energii za rok,**
- **průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy,**
- **celkovou dodanou energii za rok,**
- **součinitel prostupu tepla obálkou budovy.**

Za určitých okolností (například stavební úprava obálky budovy nebo změna technických zařízení stavby) je možné splnit pouze podmínky, které souvisí se změněnými složkami a to:

- součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- účinnost technických zařízení budovy.

Tab.1 Požadavky na splnění energetické náročnosti pro nové a rekonstruované budovy

Ukazatel energetické náročnosti	Požadavek na splnění ukazatele energetické náročnosti				
	Typ stavby 1	Typ stavby 2			
		možnost 1	možnost 2	možnost 3	možnost 4
Neobnovitelná primární energie	x	x			
Celková dodaná energie	x		x		
U_{em}	x	x	x		
Účinnosti měněných prvků TZB				x	
Dílčí U měněných prvků					x
Poznámka: 1 - nová budova nebo přístavba, či nástavba zvětšující energeticky vztažnou plochu o více než 25 % 2 - větší změna dokončené budovy nebo jiná, než větší změna dokončené budovy					

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>

Zhodnocovaný objekt musí celkově splnit požadavky uvedené výše. Tyto požadavky jsou následně zatříděny do různých klasifikačních tříd A-G. Následně se jednotlivé klasifikační třídy spočítají i pro jednotlivé technické systémy např. vytápění, chlazení, příprava teplé vody nebo osvětlení.

Tyto jednotlivé technické systémy nemají samostatné podmínky na splnění, pouze se zatřídí do jednotlivých klasifikačních tříd. Celkové hodnocení se provede zohledněním všech těchto dílčích technických systémů do jednoho celku.

Pokud je Průkaz energetické náročnosti budovy vypracován pouze z povinnosti vlastnit tento průkaz podle zákona č. 406/2000 Sb. [14] o hospodaření s energiemi, potom hodnocený objekt nemusí splnit podmínky výše uvedené. Za těchto podmínek Průkaz energetické náročnosti budovy slouží pouze jako informativní dokument o energetické náročnosti stávající budovy.

3.3. Nákladově optimální úroveň požadavků na ENB

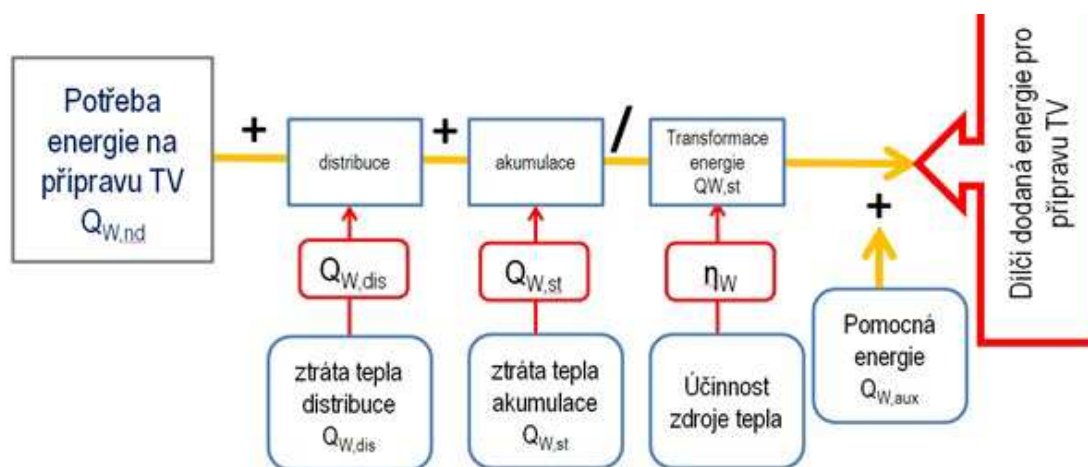
Vyhláška o hospodaření s energiemi se snaží nastavit podmínky a jednotlivé parametry na energetickou náročnost objektu tak, aby energetická náročnost budov v očekávaném ekonomickém životním cyklu byla maximálně nákladově vyhovující požadavkům jednotlivých stavebníků.

Tato vyhláška též definovala stavbu za pomoci specifických ukazatelů pod nově definovaným názvem: „Referenční budova“ (viz popis výše). Tato referenční budova má ve vyhlášce přesně specifikované hodnoty popisující obálku budovy (např. průměrný součinitel prostupu tepla, zohlednění vlivu tepelných vazeb, celková propustnost slunečního záření nebo chránění stavebními prvky proti přehřátí). Referenční budova má pevně dané hodnoty pro účinnost vytápění, chlazení, větrání či přípravy teplé vody nebo osvětlení objektu. Při výpočtech této budovy se nepočítá s žádným ziskem elektrické energie pomocí soběstačné technologie či využitím vlastního obnovitelného zdroje energie (např. solární panely).

3.4. Výpočet dodané energie do objektu

Výpočet energetické náročnosti objektu spočívá v několika krocích. Výpočet se zakládá zejména na spotřebě energie v objektu, způsobu dodávky energie a případných ztrátách během dodávky či přeměny energie. Dále je třeba zohlednit pomocnou energii, kterou využívají např. oběhová čerpadla, ventilátory konvektorů nebo systémy regulace. (např. energie pro ohřev teplé vody viz Obr. 5).

Obr. 5 – Princip stanovení dílčí dodané energie pro přípravu TV



Zdroj: www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov

Dle nového výpočtu je do celkově dodané energie započítávána i energie získané z okolního prostředí (slunce, vítr, tepelné čerpadlo). Tato energie z OZE je ovšem započítána pouze pro hodnocenou budovu. Referenční budova má energii z OZE rovnou nule. S energií okolního prostředí, získanou např. za pomoci tepelného čerpadla, a využívanou v objektu se počítá pouze pro hodnocenou budovu.

Systemy, které vyrábějí energii a jsou schopny (jsou propojeny s distribuční sítí) energii exportovat do sítě (např. fotovoltaický systém) upravuje vyhláška množství započítatelného množství exportované energie do distribuční sítě. Pro výpočet energetické bilance budov se může započíst maximálně dvojnásobek celkové energie dodané do budovy pro daný měsíc.

Pro systémy, které nejsou schopny exportovat energii do sítě, je postup jednodušší. Do hodnocení „primární energie“ (viz. odstavec níže) je možné započíst pouze spotřebovaná energie, jež byla vyrobena ve zdroji, maximálně však celková energie dodaná do budovy pro daný měsíc.

3.4.1. Primární energie [22]

„Svázaná energie, udávající celkovou spotřebu přírodních zdrojů energie během životního cyklu výrobku. Obvykle se udává v megajoulech [MJ].“ [21]

Primární zdroje energie jako takové je možno definovat jako zdroje, které neprošly žádnou přeměnou za pomoci člověka. Jsou to tedy zdroje volně dostupné v přírodě. Primární zdroje energie je možno rozdělit na primární obnovitelné zdroje (např. energie ze slunce, vody, větru) a primární neobnovitelné zdroje energie (uhlí, ropa, zemní plyn, uran). Primární energie je součtem těchto dvou zdrojů energie.

Pojem primární energie se používá zejména pro hodnocení energetické náročnosti budovy z hlediska posouzení efektivnosti využití paliv (důležitý parametr pro pasivní a nulové domy). Neobnovitelná primární energie je zhodnocována ve výpočtech za pomoci tzv. energonositelých, viz Tabulka 2.

Tab. 2 – Vybrané hodnoty faktoru celkové primární energie pro některé energonositele

Ergonositel	Faktor celkové primární energie (-)	Faktor neobnovitelné primární energie (-)
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé a hnědé uhlí	1,1	1,1
Elektrina	3,2	3
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektrina a teplo)	1	0

Zdroj: Příloha č. 3 vyhlášky č. 78/2013 Sb.,

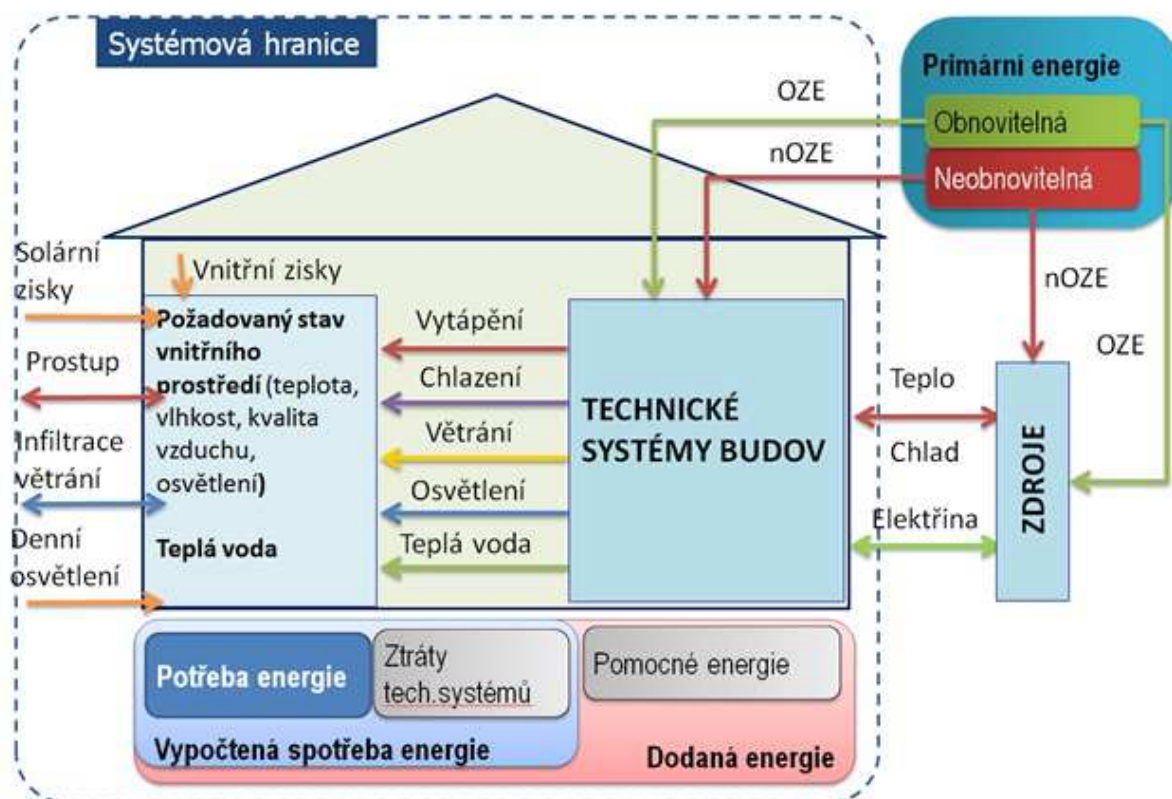
3.4.2. Referenční budova k výpočtu ENB

Pro výpočet ENB je referenční budova definována jako budova stejná k budově hodnocené. Liší se pouze v tloušťce a skladbě obálky budovy, v technických parametrech (zejména technické zařízení budovy jako zdroj tepla). Technické zařízení u referenční budovy je přesně definováno vyhláškou č. 78/2013 Sb., [9] a nelze je upravovat. Mezi toto technické zařízení budovy nepatří fotovoltaické systémy a nejsou ve výpočtu energetické náročnosti zohledňovány.

3.5. Dílčí shrnutí

Nová vyhláška o energetické náročnosti budov upravuje podmínky řešení energetické náročnosti zejména za pomoci tzv. referenční budovy. Namísto původní metody hodnocení přes jednu hodnotu se nyní bude používat více kritérií, které spolu souvisí. Mezi nejdůležitější kritéria patří obálka budovy, technické zařízení objektu a jeho účinnost, množství dodané energie do objektu a množství vytvořené energie (např. solárními panely). Metoda výpočtu zůstává v podstatě stejná jako dosavadní postup. Schematický postup výpočtu energetické náročnosti je zobrazen na obrázku č. 6. Výpočet probíhá dvakrát a to jednou pro hodnocený objekt a podruhé pro objekt referenční a následně dochází k jejich srovnání.

Obr. 6 Princip výpočtu energetické náročnosti budov



Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>

4. TŘÍDĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ DLE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Pro lepší odlišení jednotlivých novostaveb ale i starších rodinných domků z hlediska energetické náročnosti slouží Průkaz energetické náročnosti budovy. (Obr. 7). Na základě tohoto průkazu by měl běžný člověk snadno rozpoznat, jak je novostavba energeticky úsporná. V průkazu se hodnotí mimo potřeby tepla na vytápění i např. energie potřebná na ohřev teplé vody, na osvětlení, větrání či na chlazení objektu.

Od 1. ledna 2009 musí být každá novostavba vybavena právě takovým průkazem pro účely získání povolení ke stavbě. Aby objekt splnil zákonné podmínky musí dosáhnout na úroveň A,B nebo C (Obr. 8). Pro nízkoenergetické novostavby platí stejné předpisy, jako pro klasickou výstavbu. Pravidla pro stavbu pasivního domu už jsou přísnější. Doporučené parametry pro stavby nízkoenergetických domů je možno najít v ČSN 730 540 [32].

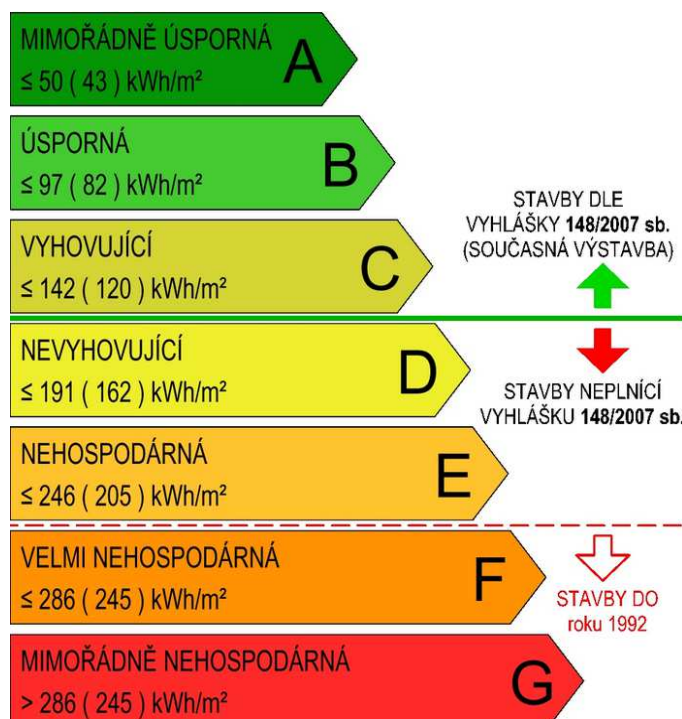
Obr. 7 Průkaz energetické náročnosti budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení		Hodnocení budovy		
Adresa budovy		stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:				
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok		XY	XY	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		XY	XY	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu:				
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č.		

Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 148/2007 Sb. (Zdroj www.EkoWATT.CZ)

Hodnocený objekt je zařazen do jedné z těchto sedmi kategorií značených písmeny A - G dle obrázku číslo 8.

Obr. 8 Stupně A - G v PENB



Zdroj: www.stavebníklub.cz

4.1. Třídění objektu dle potřeby energie na vytápění

Všechny hodnocené objekty lze podle přesně uvedených pravidel roztrždit do několika skupin. Hlavním kritériem pro zatřídění je roční spotřeba energie na vytápění v kWh/m². Dle tohoto parametru je možno objekty rozdělit na:

- obvyklá novostavba (klasický dům),
- nízkoenergetický dům,
- pasivní dům,
- téměř nulový dům,
- aktivní dům (pasivní či téměř nulový dům s velkými zisky energie ze solárních panelů, nebudu dále zmiňovat).

V dalších řádcích se budeme věnovat popisu objektů dle roční spotřeby energie na vytápění.

4.2. Obvyklá novostavba

V současné době, kdy zažíváme významný růst energií, většina investorů volí již energeticky úsporné domy nízkoenergetické, bez tepelných mostů s kontaktním zateplovacím systémem, kvalitními okny a izolacemi v podlaze i v podkroví. Z tohoto důvodu se již s tzv. „obvyklou novostavbou“ téměř nesetkáme. Dnešní „obvyklá novostavba“ je již spíše na úrovni nízkoenergetického domu. Pro tuto práci ji však definujeme jako stavbu, postavenou z tepelněizolačního obvodového konstrukčního systému bez významnějších tepelných mostů pouze tak, abychom splnili zákonnou normu energetické náročnosti budov (dle Tab. 3) Tyto objekty mají většinou roční spotřebu energie na vytápění v rozmezí 80 – 130 kWh/m²a.

Tab. 3 Součinitele prostupu tepla dle ČSN 730540-2

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla U_N [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Stěna k nevytápěné půdě (se střešou bez tepelné izolace)	0,30	těžké: 0,25	0,18 až 0,12
		lehké: 0,20	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Kovový rám výplně otvoru	--	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru	--	1,3	0,9 až 0,7
Rám lehkého obvodového pláště	--	1,8	1,2

Zdroj: ČSN 730 540-2

4.3. Mimořádně úsporné rodinné domy

Koncept velmi úsporných rodinných domků vznikl jako odpověď na stále se zvyšující zákonné podmínky a v poslední době zejména dramatický růst energií. Do této kategorie bych rád zařadil všechny objekty, které mají roční spotřebu energie na vytápění menší než 50 kWh/m² (nízkoenergetický <50, pasivní <15, nulový <5). Zejména z důvodů, že podmínky pro výstavbu, materiály a technologie se již

významně neliší. Všechny tyto domy mají projektovány kvalitní izolace, které mají zabránit tepelným mostům, přes něž z interiéru uniká teplo.

U všech typů mimořádně úsporných domů je soustředěna pozornost na způsob výměnu vzduchu bez ztrát tepla. Rozdíly tedy nastávají zejména v tloušťce izolace, výplních stavebních otvorů, drahých technologiích a množství obnovitelných zdrojů energií. Větší rozdíly jsou mezi domem nízkoenergetickým a domy pasivním a téměř nulovým. Domy pasivní a téměř nulové již disponují často složitými technologiemi a úspornými energetickými opatřeními, které nízkoenergetické domy nemají. Ve finále se tedy výše nákladů na výstavbu poměrně liší.

Nízkoenergetický, pasivní a nulový dům mají několik základních znaků:

- dobrý architektonický návrh,
- pečlivě vypracovaný projekt,
- precizní stavební práce (hlavně detaily),
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků,
- velmi silné vrstvy tepelné izolace,
- dokonalou ochranu před tepelnými mosty,
- větší prosklené plochy orientované na jih,
- nejmodernější okna a jejich zasklení,
- vytápění využívající tepelné zisky případně alternativní zdroje,
- vysoká vzduchotěsnost,
- centrální nebo lokální větrání s rekuperací tepla.

Velmi důležité je též výše uvedená opatření co nejlépe zkombinovat, abychom dosáhli co nejlepšího možného výsledku. Je vhodné též uvážit vliv jednotlivých opatření na jiná. Tyto vlivy jsou nejvíce vidět u vztahů vytápění – konstrukční systém, nebo vzduchotěsnost – větrání. Otázku větrání je třeba řešit zejména u pasivních a téměř nulových domů, kde je dokonce zákonem daná podmínka vnitřního nuceného větrání s rekuperací. Pro následující multikriteriální hodnocení, které je součástí této diplomové práce uvažujeme objekt nízkoenergetický, tedy se spotřebu energie na vytápění na úrovni 50 kWh/m².

4.4. Optimalizace projektu domu [28]

Návrh rodinného domku je třeba měnit a upravovat zejména v části přípravné a projektové. V případě velmi úsporných rodinných domků už je třeba požádat specialisty z oboru. Návrh opravdu kvalitního projektu pasivního či dokonce nulového nebo aktivního rodinného domku zvládne zatím pouze hrstka specialistů a nechají si za svou práci řádně zaplatit.

Volba umístění a velikost oken, jejich součinitel propustnosti tepla a zároveň světla, vhodné umístění obytných místností, technických místností, schodiště, koupelen, vhodných materiálů, izolací, vytápění, všechny tyto důležité otázky je třeba řešit s projektantem. Při návrhu by se nemělo zapomenout na vytápění.

Zdroj vytápění rodinného domku může mít velký vliv i na ostatní provozní náklady v objektu. Pokud zvolíme vytápění elektřinou, dosáhneme na levnější tarif a elektřina pro spotřebiče či větrání významně zlevní. Tato volba vytápění se ovšem vyplatí pouze při nízké spotřebě energie na vytápění.

Při optimalizaci projektu domu bychom měli zohledňovat domek jako celek a nikoliv jako dílčí části. Při stavbě rodinného domku zohledňujeme investiční náklady (a zdroje financování), spotřebu energií, teplé vody a dalších investičních a provozních nákladů. V optimalizaci bychom neměli zapomenout na v poslední době zásadní růst cen energií nebo vysoké investiční náklady do moderních technologií, které ovšem nejsou dostatečně vyzkoušené a ověřené (riziko kratší životnosti, vyšší výskyt poruch).

4.4.1. Volba místa

Volba vhodného pozemku je základním předpokladem pro plánování mimořádně úsporných rodinných domků. Důležité je zejména, aby budoucí objekt byl orientován obytnými místnostmi spíše k jihu (možnost pasivních solárních zisků, fotovoltaika).

4.4.2. Tvar a dispozice domu

Při návrhu rodinného domku bychom se měli snažit zajistit co nejkompaktnější tvar domu. Nejlepší možný je klasický kvádr. Co se týče dispozice místností, měli bychom se snažit umístit obytné místnosti spíše na jižní stranu a technické a komunikační místnosti na stranu severní.

4.4.3. Obvodové stěny

Pro nízkoenergetický dům neexistuje jediný možný (či dokonce ideální) konstrukční systém. Důležité je, aby stěna dobře izolovala, a to i v místě tepelných mostů, které je třeba minimalizovat či úplně eliminovat.

Při otázce volby vhodné obvodové nosné konstrukce je třeba pohlížen na celou řadu aspektů. Například při volbě systému pro moderní dřevostavby musíme počítat i s naprosto dokonalou hydroizolací této konstrukce. Při jakémkoliv zatékání hrozí poškození konstrukce i jejich tepelně izolačních vlastností. Nemůžeme na obvodové zdivo pohlížet tedy pouze ekonomicky, ale v širokém spektru. Při vypracovávání této diplomové práce se soustředíme na kategorie, které se v anketě mezi potenciálními uživateli vyskytovali nejčastěji.

Stěny domu nemusí mít vždy nosnou funkci. Dům může mít nosný železobetonový skelet z vnitřních zdí a stropů, který nese venkovní stěny. Zde odpadají potíže s řešením tepelných mostů tvořených nosnými prvky v obvodových stěnách. Tento systém však není při stavbě rodinných domků běžný, a proto jej nebudeme posuzovat.

4.4.4 Výplně otvorů

Nízkoenergetický dům bývá často bohatě prosklen kvůli solárním ziskům. Toto zasklení musí být kvalitní, aby ztráty nebyly vyšší než solární zisky. Používají se proto okna s trojsklem, případně systém, kde je prostřední tabule skla nahrazena odrazivou fólií. Ta sluneční záření propustí do interiéru, kde se přemění na teplo. Tepelné záření však již sklem do exteriéru neprojde a odráží se zpět do místnosti.

Pro dosažení podmínek prostupu tepla konstrukcí se do pasivních domů umísťují minimálně trojskla. Tato okna jsou však poměrně dražší oproti klasickým oknům s izolačním dvojsklem, které jsou pro nízkoenergetické domy dostačující.

4.4.5. Tepelné mosty

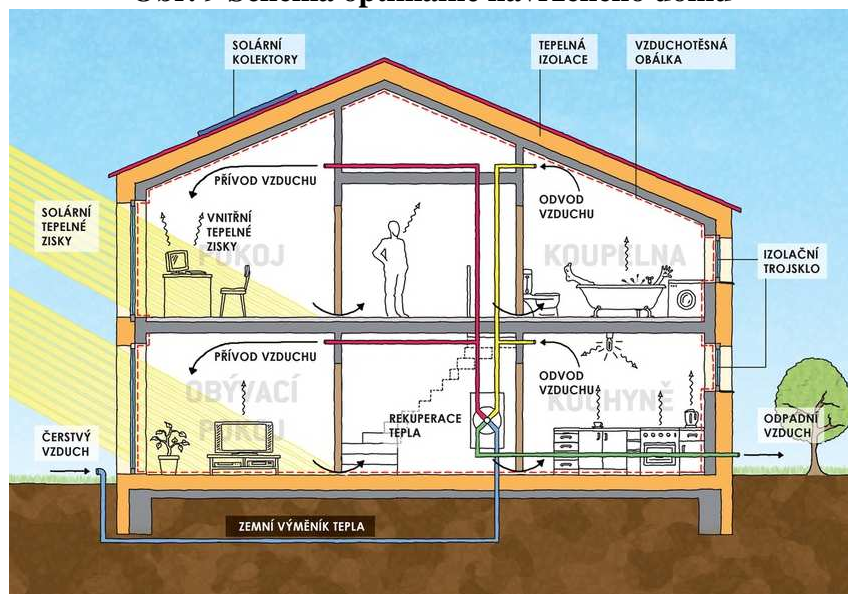
Dokonalý projekt a preciznost stavebních prací jsou základem pro zamezení úniku tepla tepelnými mosty v konstrukci. V případě nedokonalostí hrozí ztráty v měřítku desítek procent celkové ztráty prostupem tepla. Důležité je zejména dohlížet na stavební práce v místech styku různých konstrukcí, materiálů a zejména při instalaci oken.

4.4.6. Těsnost budovy

V rámci požadavku na neprůvzdušnost budovy vznikají pro investory značná omezení jako nevhodnost krbu v dokonale zaizolovaném domě. Do pasivních a nulových domů se krb nedoporučuje (ačkoliv je možné jej do objektu umístit, ovšem za speciálních podmínek).

Při uzavření veškerých možných prostupů vzduchu vzniká v objektu značně nevětraný prostor, který je nutné doplnit technologií rekuperace vzduchu, pro přívod čerstvého a odvod vydýchaného vzduchu (Obr. 9). Systém centrálního řízení rekuperace vzduchu je podmínkou pro pasivní či téměř nulové domy.

Obr. 9 Schéma optimálně navrženého domu



Zdroj: Centrum pasivního domu

4.4.7. Větrání

Přívod čerstvého vzduchu je v pasivním a nulovém domě nutností. Při instalaci rekuperace vzduchu zvýšíme výrazně komfort bydlení a nemusíme otvírat okna, což vede ke snížení prašnosti v interiéru. Vzduch může procházet přes filtry a zaručit dokonalé podmínky pro pobyt v místnostech. Při použití rekuperačního výměníku můžeme získat též zdroj vytápění. Odpadní vzduch předá teplo vzduchu čerstvému a tedy nedochází ke ztrátám tepla. Bohužel tyto systémy jsou velmi drahé a zatím dostatečně nevyzkoušené.

5. POPIS JEDNOTLIVÝCH VARIANT KONSTRUKCÍ A FOREM VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ.

Předmětem diplomové práce je multikriteriální rozhodovací proces ve věci výběru nejvhodnějších variant konstrukcí a forem vytápění objektů určených k bydlení zejména rodinných domů. Pro objektivní srovnání jednotlivých variant byl vypracován dotazník, ve kterém 43 respondentů vybralo a zhodnotilo čtyři hlavní součásti rodinného domu a to:

- **obvodové konstrukce,**
- **výplně otvorů (okna),**
- **konstrukce střechy,**
- **způsob vytápění.**

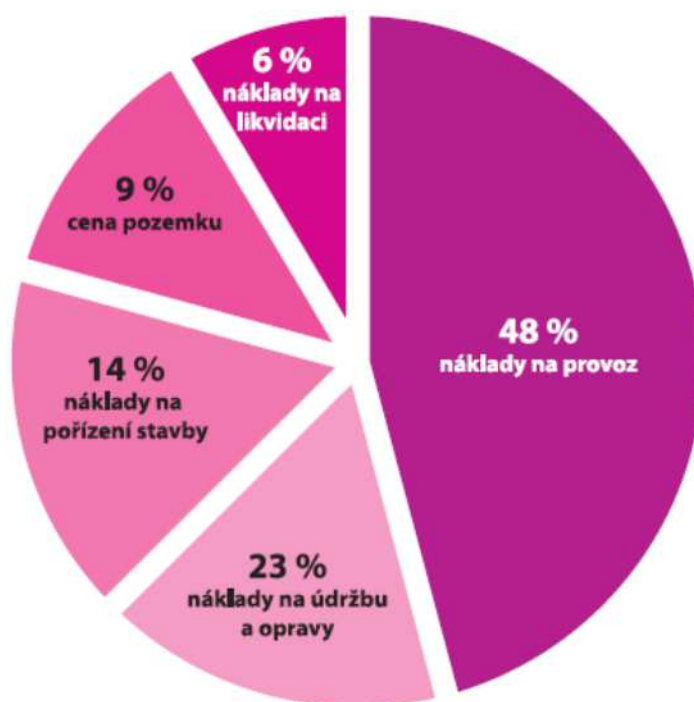
V této části diplomové práce budou pro každou z těchto součástí popsány nejčastěji se vyskytující konstrukce či varianty vytápění a objektivně zhodnoceny s využitím multikriteriálního hodnocení. Všechny konstrukce a varianty vytápění jsou vhodné pro výše demonstrováný rodinný dům. Výstupy z popisné části budou zapracovány do modelu, který bude jednotlivé varianty porovnávat dle vybraných kritérií podle ankety.

5.1. Obvodové konstrukce

Volba materiálu zdiva (svislé nosné konstrukce) je jedno ze zásadních rozhodnutí před vlastní realizací stavby. Rozsah tohoto rozhodnutí nejvýrazněji ovlivňuje stavební a provozní náklady zamýšlené stavby. Tepelně izolační vlastnosti těchto konstrukcí zásadně ovlivňují náklady na vytápění a současně tvoří vhodné mikroklimatické podmínky v interiéru. Pro srovnatelnost v rámci této práce je stanoven součinitel prostupu tepla vybraných konstrukcí na minimálně $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, který je zároveň i minimální doporučenou hodnotou pro svislé obvodové konstrukce nízkoenergetických domů.

Při volbě konstrukčního systému bychom měli znát především účel objektu, druh a velikost zatížení a zejména charakter základového podloží. Investora by neměla zajímat pouze pořizovací cena, ale z pohledu nákladů životního cyklu stavebních objektů (Obr. 10) je zřejmé, že by se měl z ekonomického hlediska soustředit zejména na provozní náklady objektu, které můžou zejména svislé obvodové konstrukce velmi ovlivnit.

Obr. 10 Procentuální vyjádření nákladů životního cyklu stavebních objektů



Zdroj: www.tzb-info.cz

Pro minimalizaci provozních nákladů by měly platit co nejpřísnější podmínky při volbě obvodových nosných stěn. Vhodná volba není však jednoduchá. Konstrukce by měla plnit statickou funkci, stejně tak jako tepelně izolační. Zejména tepelně izolační funkce je klíčová pro snižování provozních nákladů za vytápění objektu.

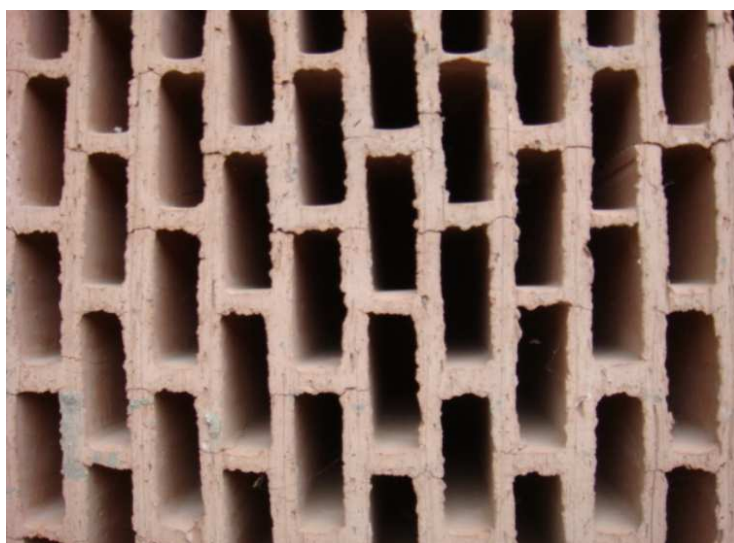
Z pohledu tepelně izolačního, je při tloušťce stěny 50 cm, určitě vhodnější varianta 30 cm zdivo a 20 cm tepelný izolant, nežli 44 cm zdivo a 6 cm tepelný izolant. Je to způsobeno zejména významně vyšším tepelným odporem tepelného izolantu, nežli zdiva. V České republice je nepřehledné množství možností, z čeho postavit rodinný dům. Nejvíce jsou využívány tyto materiály:

- keramické tvárnice,
- dřevostavby,
- pórobeton,
- systém Velox.

5.1.1. Keramické tvárnice

Rodinné domy lze v dnešní době stavět z různých materiálů, k těm tradičním u nás patří pálené keramické tvárnice. V současné době se již významně ustoupilo od stavby rodinných domků z plných pálených cihel a nahradili je moderní, keramické tvárnice s dutinami (Obr. 11). Tyto tvárnice se vyrábějí stejně jako klasické pálené cihly, avšak díky dutinám mají lepší tepelně izolační vlastnosti a významně nižší hmotnost. Vzhledem k jejich většímu rozměru oproti klasické plné cihle došlo i ke zrychlení procesu výstavby. Tvárnice zajišťuje namísto malty smykovou pevnost ve svislém směru systém pero – drážka a snížení spotřeby malty ve vodorovném směru umožňují díky své přesnosti broušené cihly.

Obr. 11 Typické dutiny pro keramické tvárnice



Zdroj: www.svetbydleni.cz

Životnost tohoto materiálu je skutečně vysoká, uvádí se hodnoty vyšší než sto let. Ve skutečnosti mohou být hodnoty při správné a pravidelné údržbě daleko vyšší. Jedná se o nejpoužívanější a nejžádanější materiál na stavbu rodinných domů. Tvárnice mají výbornou pevnost, malou nasákavost, dobré akumulční schopnosti a zejména vynikající tepelně izolační schopnosti. Mezi kladné vlastnosti materiálu patří také výborná protipožární odolnost. Vzhledem ke své jednoduchosti při zdění existuje reálná možnost provádět stavbu i svépomocí bez dodavatelské firmy. Na výrobu tvárnic je však zapotřebí velké množství energie, takže není příliš ekologická a stavbu není možné provádět pod bodem mrazu. Svislé konstrukce z keramických tvárnic můžeme rozdělit dle umístění izolantu na:

- **tvárnice superizolační bez tepelného izolantu,**
- **tvárnice „2in1“ s tepelnou izolací uvnitř,**
- **standardní tvárnice v kombinaci s exteriérovou tepelnou izolací.**

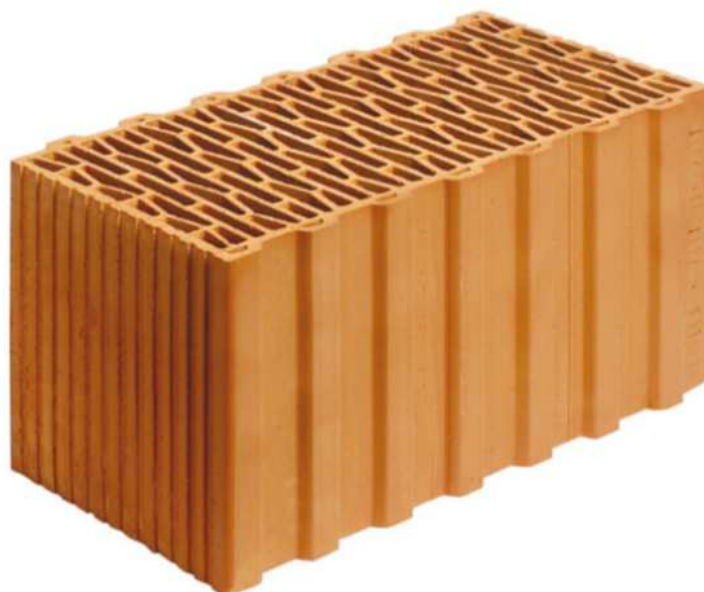
Můžeme uvažovat i variantu se základní tvárnicí a tepelnou izolací v interiéru domu. Tato konstrukce však není odborníky příliš doporučována vzhledem k možnosti vzniku rosného bodu uvnitř konstrukce a následném výskytu vlhkosti uvnitř konstrukce. Při delším období venkovních nízkých teplot dochází ke snížení tepelné akumulace obvodové konstrukce, při přerušení vytápění vnitřní pobytové místnosti interiér velmi rychle prochladne. Zároveň, vzhledem k montáži uvnitř objektu, dochází ke snížení obyvatelné plochy místnosti.

5.1.1.1. Tvárnice superizolační

Tyto tvárnice vynikají výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. Lze s nimi dosáhnout velmi nízké hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí i bez použití klasického tepelného izolantu. Tato varianta konstrukce vytváří velmi kvalitní mikroklima uvnitř objektu. Keramické zdivo má velké akumulční schopnosti, takže se při vytápění objektu nejdříve teplo naakumuluje do zdiva a poté při zastavení vytápění je teplo uvolňováno zpátky do interiéru.

Pro splnění srovnávacích parametrů na součinitel prostupu tepla konstrukcí je vhodná varianta zdiva Heluz family 50 broušená o tloušťce 50 cm (Obr. 12). Tato keramická tvárnice má natolik dobré tepelně izolační vlastnosti, že nepotřebuje žádný přidaný tepelný izolant. Je proto velmi jednoduchá na zdění, má výborné protipožární vlastnosti a její cena patří ve srovnání s ostatními spíše k průměrným.

Obr. 12 Heluz family 50 broušená



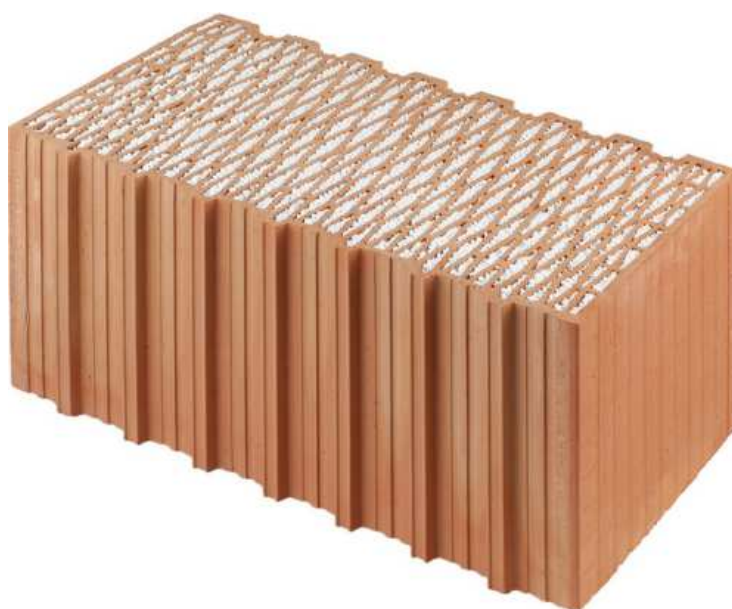
Zdroj: www.homebydleni.cz

5.1.1.2. Tvárnice „2in1“

Keramické tvárnice „2in1“ (Obr. 13) patří k nejmodernějším technologiím zděných materiálů. Princip spočívá v zabudování polystyrenu či minerální vaty dovnitř vzduchových otvorů zdiva. Navzájem tvoří konstrukci, která uplatňuje výhody keramické cihly (pevnost, ochrana proti hluku, požáru) a tepelného izolantu, jež chrání zejména interiér objektu před ztrátou tepla prostupem konstrukcí. Díky této kombinaci stavebník nemusí objekt dodatečně zateplovat a to samozřejmě snižuje náklady na stavbu. Keramika i tepelná izolace jsou z přírodních materiálů a jsou ekologicky nezávadné. Vzhledem k izolantu uvnitř stačí pro splnění podmínky součinitele prostupu tepla konstrukcí pouhých 38 cm šířky tvárnice.

Izolant je chráněn uvnitř tvárnice hydrofobizací a nehrozí mu proto mechanické či biotické poškození, ani nenabírá vlhkost. Zároveň je umožněno průchodu difúzních vodních par podobně jako u klasických keramických tvárníc. Ve zdivu je možné provádět klasické drážky pro instalace, ovšem v případě vedení kanalizační trubky konstrukcí, je lepší variantou zabudování trubky přímo při výstavbě, než následné frézování. Jelikož se však jedná o moderní nezkoušenou technologii, až čas ukáže, jak systém doopravdy funguje, či jaké má nedostatky. Pořizovací náklady patří ve zděných konstrukcích k nejvyšším, avšak oproti variantám z ostatních materiálů je pořizovací cena mírně nižší.

Obr. 13 Heluz 2in1 38 broušená



Zdroj: www.heluz.cz

5.1.1.3. Standardní tvárnice se systémem ETICS

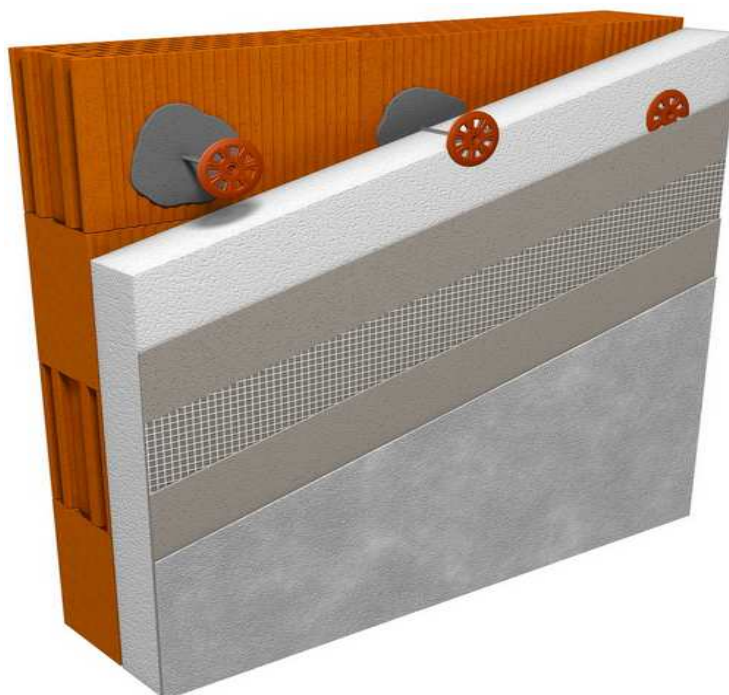
Nejčastěji využívanou variantou obvodové konstrukce je v posledních letech kombinace standardní nejlevnější keramické tvárnice s dostatečnou únosností dle návrhu statika, doplněnou o vnější kontaktní zateplovací systém (Obr. 14), mezinárodně označovaný zkratkou ETICS (external thermal insulation composite system). Tato varianta je nejvíce výhodná z pohledu nízkých vstupních nákladů na pořízení keramické tvárnice a následné doplnění o tepelnou izolaci (nejčastěji

z fasádního polystyrenu), která zaručí výborné tepelně izolační vlastnosti obvodové konstrukce. Pro účely srovnání byla navržena kombinace keramické tvárnice Heluz Plus 30 Uni v kombinaci s vnějším kontaktním zateplovacím systémem z fasádního polystyrenu EPS 70f o tloušťce 140 mm. Díky této kombinaci dosáhne součinitel prostupu tepla konstrukcí požadované hodnoty.

Celá tloušťka konstrukce je i včetně fasádního lepidla kolem 45 cm. Dle interních dat stavební firmy X-servis, s. r. o. se jedná o nejlevnější variantu svislé obvodové konstrukce pro malé objekty určené k bydlení, při splnění požadovaných parametrů. Na fasádní polystyren totiž není třeba nahazovat omítku, jako u předchozích variant zděných konstrukcí, ale stačí pouze kombinace fasádního tmelu, armovací tkaniny a na ní už může přijít po penetraci fasádní barva či omítky. Fasádní polystyren je však nutné kotvit do zdi pomocí talířových hmoždinek.

Ve srovnání s ostatními konstrukcemi je tak stavba mírně pomalejší, zejména z nutnosti dodržení technologických přestávek. Tuto variantu můžou využít svépomocní stavebníci, avšak je lepší ji přenechat certifikovaným stavebním firmám.

Obr. 14 Skladba systému ETICS



Zdroj: www.tzb-info.cz

5.1.2. Dřevostavby

Stavby postavené ze dřeva jsou v některých, zejména severských státech (Skandinávie) standardem. V zemích jako je Švédsko, Finsko ale i USA či Kanada je podíl dřevostaveb větší než 60%. V České republice je tento podíl na rodinných domcích zhruba kolem 10%, ale stabilně roste. Důvodem může být ekologičtější smýšlení obyvatel, neboť při používání dřeva můžeme zachovat pro budoucí generace zbývající zdroje vyčerpatelných surovin. Pro dřevo a materiály na bázi dřeva je možnost opětovného použití či získání energie při minimálním odpadu. Též spotřeba energie na výrobu stavebních prvků ze dřeva je několika násobně nižší než při výrobě železobetonu či keramické tvárnice.

Mezi investory je rozšířena představa, že dřevěné konstrukce se snadno vznítí. Dřevo je snadno zápalné, ale prvky konstrukcí je možné ošetřit impregnací nebo jinou povrchovou úpravou pro zabránění šíření požáru. Větší odolnost mají dřevěné prvky o průřezu větším než 50 mm. Nosné prvky dřevostavby jsou schopny odolávat požáru v řádu hodin.

Mezi všeobecně kladné vlastnosti dřevostaveb patří: rychlá výstavba, příjemné vnitřní prostředí a nízké provozní náklady na vytápění (můžou být i nižší než u zděné stavby). Rovněž doba výstavby je kratší než u klasických zděných konstrukcí. Další výhodou představuje stavba suchým způsobem, tedy možnost provádět výstavbu i v zimním období.

Na druhou stranu je pro výstavbu nutný velmi kvalitní konstrukční návrh, dodržování technologické kázně – zejména u hydroizolace, neboť dřevostavby jsou velmi náchylné na vlhkost a zatékání. Vzhledem k vyšší náročnosti na detaily a správnou odbornou instalaci detailů a izolací, je vhodné využít služeb certifikovaného a zkušeného dodavatele. Jedině tak je možné dosáhnout podobné životnosti jako například u zděných objektů.

Při stavbě objektů ze dřeva je nutné počítat se skutečností, že dřevo neustále pracuje a podle toho dřevěné konstrukce navrhovat. Dřevo je nutné ošetřit (zakonzervovat) různými nátěry, abychom zabránili napadení dřevoškůdci či hnilobou. Obvodové konstrukce dřevostaveb můžeme rozdělit na:

- **difúzně uzavřené konstrukce,**
- **difúzně otevřené konstrukce.**

Difúzně uzavřená konstrukce se nejvíce využívá při návrhu nízkoenergetických a pasivních dřevostaveb, protože při tomto systému můžeme dosahovat lepších součinitelů prostupů tepla a tedy větší úspore za vytápění. Nejdůležitějším parametrem při návrhu difúzně uzavřené konstrukce je vhodná tloušťka izolantu a skladba nosné konstrukce, neboť se vlhkost z vnitřního prostředí nesmí dostat do konstrukce, kde by mohla kondenzovat a poškodit izolant. Pro zabránění pronikání vlhkosti z interiéru můžeme využít parozábranu, která má vysoký difúzní odpor a nepropustí vodní páru. Vlhkost z interiéru musí být odvedena pomocí větrání. Vhodným řešením pro tyto typy dřevostaveb je tedy rekuperace vzduchu.

Difúzně otevřená konstrukce má naproti tomu lepší schopnost „dýchat“ Jedná se o konstrukci, ve které přes stěnu neustále prochází molekuly vodní páry a to oběma směry. Tento systém se u dřevostaveb chová velmi podobně jako u klasických zděných konstrukcí s izolantem z polystyrenu. V interiéru těchto konstrukcí je nutné zajistit větrání. Hlavní nevýhodou difúzně otevřené konstrukce jsou vyšší pořizovací náklady.

Typy konstrukcí ze dřeva

V současnosti existuje několik desítek variant konstrukcí dřevostaveb, pro porovnání vyberu pouze nejpoužívanější z nich:

- **srubové a roubené stavby,**
- **hrázděné konstrukce,**
- **system „two by four“,**
- **prefabrikované montované dřevostavby.**

5.1.2.1. Srubové a roubené stavby (Obr. 15)

Jsou složeny zejména z hraněných trámů uloženými na sebe, které tímto tvoří masivní stěnu. Rohy těchto objektů mají typický tvar, který je tvořen skládáním jedné vrstvy na druhou nejčastěji s rybinovým tesařským spojem v rozích objektu. Pro splnění tepelně izolačních požadavků na novostavby jsou stěny uvnitř doplněny tepelnou izolací a netěsnosti vypěněny.

Obr. 15 Novostavba roubenky s rybinovým spojem



Zdroj: www.e-chalupy.cz

Tradiční české roubenky se staví nejvíce z jehličnatých stromů (smrku). Dřevo určené pro roubenky musí minimálně několik měsíců schnout. Po nařezání na trámy by mělo několik měsíců zrát. Teprve potom je vhodné z dřeva začít stavět. Nosná svislá konstrukce bývá ukotvena ocelovými trny do předem připraveného betonového základu. Cena roubených domů či srubů je všeobecně velmi vysoká.

5.1.2.2. Hrázděné konstrukce (Obr. 16)

Hrázděná konstrukce dřevostaveb je velmi populární u našich západních sousedů v Německu. V České republice zatím příliš hojná není. Konstrukce je tvořena dřevěnými sloupky s vyplněným vyzděným prostorem. Ve srovnání se srubovou konstrukcí je zde zapotřebí méně dřeva. Dřevostavba s hrázděnou konstrukcí je mírně levnější než sruby či roubenky. Objekty s touto konstrukcí mají svůj nenapodobitelný vzhled a často zdobí historické části měst.

Obr. 16 „Hrázděnka“ v centru Mohuče (Německo)

Zdroj: www.iereus.wz.cz

5.1.2.3. Systém Two by Four

Konstrukční systém „two by four“ vznikl v USA na konci 19. století. Konstrukce je rámová se sloupky o příčném průřezu 2 x 4 palce, což v metrických jednotkách odpovídá zhruba 50 x 100 mm. V dnešní době však tyto rozměry nejsou z důvodu tepelně izolačních i statických dodržovány. Dá se říci, že v současné době, zejména v zahraničí, jde o nejpoužívanější systém pro dřevostavby.

Principem výstavby metodou „two by four“ je, že celá výstavba dřevostavby probíhá na staveništi z dovezeného materiálu. Pro tuto metodu výstavby je nutné využít služeb odborníků. Jako stavební materiál bývají použity dřevěné fošny stejné tloušťky, ale různé šířky a délky. Do stěn se přidává tepelná izolace (nejčastěji minerální plst' či polystyren) a zakrývají se oboustranným opláštěním. V exteriéru se na desku používá libovolná fasádní úprava (např. omítka či dřevěný obklad).

5.1.2.4. Prefabrikovaná montovaná dřevostavba

Rozdíl mezi ostatními typy dřevostaveb a dřevostavbou montovanou tkví v její výrobě již ve fabrice a na staveništi dochází pouze ke smontování celých stěn (Obr. 17). Prefabrikované dílce jsou již předem navržené a vyrobené jako díly, včetně vedení instalací. Tyto předem připravené a hotové díly pouze dorazí na staveniště, kde jsou pomocí skupiny řemeslníků a jeřábové techniky umístěny na předem připravené betonové základy. V současné době působí v Čechách asi dvacet výrobců dřevěných montovaných domů.

Celý stavební proces od podpisu smlouvy po montáž dobu netrvá běžně déle než 6 měsíců a je tedy značně rychlejší než klasické zděné konstrukce. Samotná doba montáže domu, na již provedených betonových základech, trvá dva až čtyři týdny. V této době probíhají zejména vnitřní dokončovací práce jako napojení inženýrských sítí, malířské práce, atd.

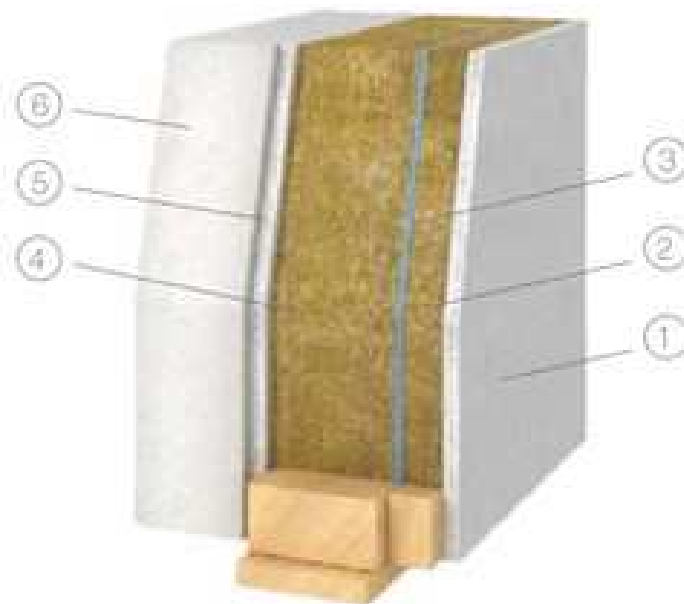
Základní montáž samotného obvodového zdiva se dá zvládnout i za dva dny. Díky tomu je možné se vyhnout špatným klimatickým vlivům. Jelikož ve fázi montáže nedochází k žádným mokřým procesům, je možnost smontovat stavbu i v zimním období.

System prefabrikovaných montovaných dřevostaveb představuje významnou úsporu času a nákladů během výstavby. Nejvíce se snížení nákladů projeví v každodenním dojíždění či ubytování dělníků v okolí staveniště. Prefabrikované panely mají dostatečnou nosnou i tepelně izolační funkci. Skládají se z nosného rámu a tepelně izolační vrstvy.

Obr. 17 Montáž prefabrikovaných panelů

Zdroj: www.rdrymarov.cz

Další výhodou rychlé výstavby je minimalizace možnost krádeže materiálu, jednoduchý dozor nad celým procesem výstavby a díky strojní přípravě i velmi vysoká přesnost. Investor by si však měl před zadáním zakázky velmi dobře promyslet všechny detaily jako: umístění osvětlení, zásuvek, vypínačů apod., neboť v průběhu výroby ve fabrice, již není možné dělat žádné úpravy v projektu. Případné úpravy je možné poté udělat na stavbě, ale jde o velmi pracnou činnost a zároveň hrozí poškození vysoké jakosti výrobku. Montování dřevostavby provádí výhradně certifikované dodavatelské firmy, tato metoda není vhodná pro stavebníky realizující stavbu svépomocí. Stavby také není možné realizovat v místech se špatnou přístupností pro těžkou techniku, která je pro realizaci klíčová. V případě splnění požadavku na součinitel prostupu tepla konstrukcí $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$, je nutné si připlatit za speciální konstrukci s přidáním rámem a zvýšeným množstvím izolace (Obr. 18). Tato varianta konstrukce je díky velké poptávce investorů zahrnuta do výpočtu.

Obr. 18 Schéma obvodové stěny s izolační předstěnou

Zdroj: www.rdrymarov.cz

1. Fermacell - sádrovláknitá deska 15 mm
2. Dřevěný rám (vyplněn tepelnou izolací) 40 mm
3. Parozábrana
4. Dřevěný rám (vyplněn tepelnou izolací) 120 mm
5. Fermacell - sádrovláknitá deska 15 mm
6. Termofasáda 107 mm

Celá konstrukce má vyšší pořizovací náklady než například zděná konstrukce, ale je nutné zohlednit i značnou úsporu, zejména díky rychlosti výstavby, téměř nulovým nákladům na dojíždění na stavbu, ubytování dělníků a mnoho investorů, kteří žijí v nájemních bytech, může též připočítat úsporu na nájemném.

5.1.3. Pórobeton

Další možností obvodového nosného zdiva zděného je pórobeton. Při poptávce u dodavatele mi byla jako neekonomičtější varianta konstrukce z Ytongu při zachování splnění požadavku součinitele prostupu tepla konstrukcí $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ doporučeno zdivo Theta⁺ 500 (Obr. 19). Jedná se o tvárnice z autoklávovaného pórobetonu, které jsou lehčí než klasické keramické tvárnice. Díky tomu je zdění

rychlejší a pracnost nižší. Zdění je jednoduché a může jej zvládnout i stavebník bez dodavatelské firmy. Při stavbě je však nutno dbát na dodržování technologického postupu a používání speciálních materiálů.

Obr. 19 Ytong Theta+ 500



Zdroj: www.azstavba.cz

Vzhledem ke své nižší hmotnosti má i horší akustické parametry a nižší pevnost. Pro potřeby obvodového nosného zdiva pro rodinný dům je však nosnost dostatečná. Bílý pórobeton Ytong je z přírodního křemičitého písku. Jedná se tedy o ekologický materiál. Díky materiálu má pórobeton vyšší schopnost samozhášení a při zahřátí mu neklesá únosnost. Proto může být tento materiál umístěn v těsné blízkosti kamen, krbů či komínů. Velké přínosy má tento materiál pro svou jednoduchost při tvorbě drážek pro rozvody technických instalací. V případě demolice objektu postaveného z pórobetonu je možné materiál plně recyklovat.

5.1.4. Stavební systém Velox

Stavební systém VELOX (Obr. 20), známý též pod názvem systém ztraceného bednění se skládá z štěpkocementových desek, tepelné izolace a nosnou část tvoří ocelové spony a přímo na stavbě vylitý beton. Jedná se o přírodní materiál na bázi dřeva a cementu, jehož výroba je energeticky nenáročná a poměrně ekologická. Samotné štěpkocementové desky v konstrukci zůstávají a stávají se součástí vnějšího obvodového zdiva. Na desky potom přichází povrchová úprava. Výhodou

této konstrukce je, že ačkoliv je z hlavní části z betonu a tepelného izolantu, pro běžného uživatele působí jako dřevostavba. Do stěn se dá vrtat samořeznými vruty stejně jako do klasického dřeva.

Obr. 20 Skladba systému Velox



zdroj: www.mojdom.zoznam.sk

Základní surovinou pro výrobu Veloxu je dřevo, které slouží pro výrobu desek z téměř 90%. Dále je přidán cement a vodní sklo, které slouží jako ochrana desek proti vlhkosti a zajišťuje jejich odolnost proti plísním a hlodavcům. Systém ztraceného bednění má výborné tlumící vlastnosti a velmi dobře pohlcuje hluk. Má též dobrou požární odolnost (třída reakce na oheň – A2). Materiál je velmi tvárný a umožňuje členité varianty objektů. Je vhodný pro stavbu balkónů či lodžii.

Mimo objekty k bydlení se používá na odhlučňování výrobních hal či jako protihlukové bariéry u hlučných silnic či železnic. Systém Velox ZL 40 je schopen splnit požadavek součinitele prostupu tepla konstrukcí $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ i bez drahých tepelně izolačních omítek či dodatečného zateplování a to zejména díky silné vrstvě grafitovému polystyrenu, který je součástí konstrukce.

Montáž systému je velmi rychlá, jelikož pouhých 20% hmotnosti svislé konstrukce je prováděno ručně. Zbýlých 80% tvoří beton, který se do konstrukce uloží pomocí čerpadla. Díky unikátnímu systému ztraceného bednění je možné provádět instalaci i při teplotách do -8°C . Naproti tomu mezi hlavní nevýhody této konstrukce patří

vysoké nároky na dopravu betonové směsi (konstrukce je tedy nevhodná do špatně přístupných lokalit) a špatné provádění dodatečných úprav zdiva (hrozí poškození konstrukce).

5.2. Výplně otvorů – okna

Základní funkcí oken v obytných budovách je zejména prosvětlování interiéru denním světlem, dostatečná výměna vzduchu v pobytových místnostech za pomoci větrání a vizuální kontakt uživatelů s okolím domu. Každý objekt určený k bydlení má okna. Již dávno neplatí skutečnost, že okna jsou nejslabším článkem v tepelněizolačních vlastnostech rodinného domku. Za pomoci moderních konstrukcí ráků a zasklení mohou dokonce za pomoci slunečního záření místo tepelných ztrát vytvářet tepelné zisky. Střešní okna nebudou v hodnocení uvažována, jelikož nejsou v typovém domě navržena.

U oken musíme sledovat nejen hodnotu součinitele prostupu tepla, který minimalizuje tepelné ztráty konstrukce, ale i poměr plochy rámu k ploše zasklení. Ta se u jednotlivých materiálů liší v závislosti na jejich pevnosti. Větší rám snižuje plochu pro průchod světla do interiéru a zhoršuje tepelněizolační vlastnosti okna, jelikož rám izoluje hůře, nežli zasklení. Pro nízkoenergetické domy je též velmi důležité precizní zabudování a zajištění dostatečné vzduchotěsnosti tak, aby teplo neunikalo mezi rámem a obvodovou stěnou. Při důkladném zajištění vzduchotěsnosti však nedochází k přirozené výměně vzduchu v interiéru a je třeba navrhnout dodatečně systém pro jeho přísun.

U moderních oken se často vyskytují hliníkové distanční rámečky, které často nesplňují podmínky pro nejnižší vnitřní povrchovou teplotu. I když tato podmínka již není v aktuální tepelně technické normě [32] závazná ale pouze informativní, při jejím nesplnění dochází ke kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu otvorové výplně a vznikají plísně či degradace zabudovaných stavebních materiálů. Plastové distanční rámečky naproti tomu tuto podmínku splňují a jsou tedy vhodnější.

Okna se skládají z rámu, křídel a zasklení. Z toho plyne, že pro dosažení co nejnižšího celkového součinitele prostupu tepla musíme brát v potaz nejen zasklení, ale i konstrukci rámu a křídel. Součinitel tepelné vodivosti hliníku je kolem $200 \text{ W/m}^2\text{K}$, ale například plastů či dřeva pouze kolem $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Plastová okna mají zase menší pevnost a proto jsou rámy větší, čímž dochází ke zmenšení zasklené plochy při stejné velikosti otvoru oproti oknům hliníkovým. Pro zajištění tepelné pohody v objektu jsou vhodnější okna plastová či dřevěná, na úkor ocelových nebo hliníkových.

U zasklení hraje důležitou roli, při tepelněizolačních vlastnostech, součinitel tepelné vodivosti vzduchu. Na trhu se vyskytují dvojskla, trojskla ale dokonce i čtyřskla. Do výplní mezi skly se v současné době dávají namísto vzduchu vzácné plyny Xenon, Argon či Krypton, které mají podstatně nižší součinitel tepelné vodivosti, a proto lépe zabraňují ztrátám tepla z interiéru. Pro vhodný výběr oken je důležité sledovat zejména tyto základní vlastnosti:

- **U_w – koeficient tepelného prostupu okna ($\text{W/m}^2\text{K}$),**
- **U_f – koeficient tepelné prostupnosti rámem ($\text{W/m}^2\text{K}$),**
- **U_g – koeficient tepelné propustnosti prosklení ($\text{W/m}^2\text{K}$),**
- **R_w – zvuková izolace (dB).**

Dalším důležitou hodnotou je parametr g [%] vyjadřující množství slunečního záření, které prochází zasklením. Pohybuje se mezi hodnotami 0,5 - 0,8 a klesá spolu s hodnotou tepelného prostupu okna U_w . Při sníženém prostupu slunečního záření konstrukcí, klesá také potenciální tepelný zisk, a pro zajištění dostatečného osvětlení místností jsou třeba větší okna. Výrobci oken se často předhánějí v koeficientu tepelného prostupu tepla, avšak na hodnotu g zapomínají. Na trhu se tak objevují výborně izolující okna, které však nedostatečně osvětlují pobytové místnosti, a zároveň zamezují potenciálu tepelných zisků přes zasklení.

Dobře navržené okno udržuje teplotu v interiéru, brání prostupu chladu a využívá sluneční energii jako potenciální zdroj tepla v objektu. Díky tomuto principu snižuje náklady na vytápění a šetří životní prostředí. Při vhodné regulaci vytápění vytváří okna příjemné pokojové klima a propouští maximální množství slunečního světla do

obytných místností. Skla by měla být barevně neutrální, rámy maximálně odolné jak proti mechanickému opotřebením, tak klimatickým podmínkám v exteriéru. Správně zabudovat okno zvládne i zručný svépomocný stavebník. Pro získání záruky a jistoty profesionální instalace, je však vhodnější využít služeb certifikovaného dodavatele.

Klasická okna je možné dle požadavků uživatele upravit o tvrzené bezpečnostní sklo. V případě zvýšeného okolního hluku je možnost nechat zabudovat speciální protihluková skla, či v případě přehřívání interiéru protisluneční skla. Okna je dále možné upravit proti vloupání, ochraně před úrazem či požárem. Pro dlouhou životnost oken je důležitá jejich údržba. Základní údržba platí pro všechna okna stejná, a to pravidelné promazání pohyblivých dílů, čištění profilů a zasklení.

Výrobci oken je v současnosti obrovské množství a každý jednotlivý výrobek má své specifické vlastnosti. Pro potřeby diplomové práce hodnotím okna obecně pomocí aktuální nabídky na trhu a vlastností jednotlivých materiálů. Pro nízkoenergetické domy jsou doporučována okna o součiniteli prostupu tepla v minimální výši $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, které musí splnit všechna posuzovaná okna. Pro porovnání jsem do výběru přidal i okno určené pro pasivní dům o hodnotě $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ a prototyp okna s integrovaným rámem.

Neméně důležitou součástí výplní otvorů je samotné zabudování, které může všechny dobré vlastnosti okna znehodnotit. Při montáži okna pro nízkoenergetické domy je třeba zejména správně připravit podklad, odstranit nečistoty, změřit rozměry a nechat přesně na míru objednat okno. Vhodné je, pokud jsou ještě před zabudováním na rám okna přichycena těsnící izolační páskou. Po důkladné přípravě můžeme okna usadit, za pomoci vodováhy vyrovnat a dočasně ukotvit dřevěnými klínky. Poté, pro zajištění dostatečné odolnosti proti silnému větru či prudkému zavírání, je třeba okenní rám ukotvit do stěn pomocí kotvicích šroubů či ocelových kotvicích pásek. Po důkladném ukotvení vyplníme mezery polyuretanovou pěnou. Až pěna zatvrdne, seřízíme přebytečnou pěnu a pomocí zednických prací zarovnáme celý obvod rámu okna spolu s těsnící izolační páskou. Tímto postupem minimalizujeme úniky tepla kolem rámu. Na závěr usadíme parapety a seřídíme okna. Montáž oken pro nízkoenergetické domy je vhodnější přenechat certifikovaným montážním firmám. Firma zajistí záruku a předejde možnostem vzniku plísní, únikům tepla, snížení životnosti rámu i hluku.

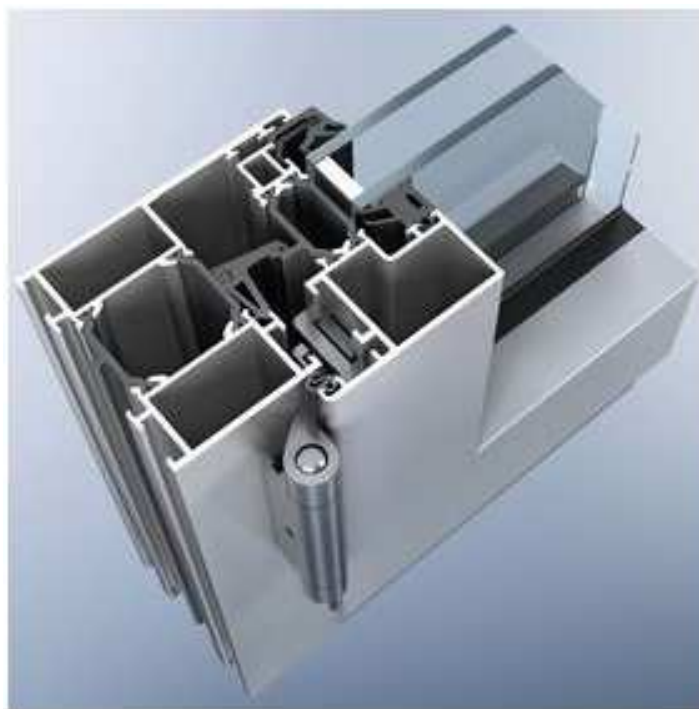
Okna by měla být navržena v takovém rozměru, aby zajistila dostatečné osvětlení celé místnosti. Je například nevhodné umísťovat okno těsně nad povrch podlahy, jelikož by nedocházelo k dostatečnému šíření světla a místnost by byla temná. Hloubka místnosti by neměla být více jak dvakrát delší než výška nadpraží okna v místnosti.

Okna můžeme dělit dle způsobu zasklení (např. jednoduché, dvojsklo), otevíratelnosti (např. pevná, výklopná, otvíravé) či konstrukčního uspořádání (např. jednoduché, zdvojené). Nejčastěji používané materiály na výrobu rámců oken jsou:

- **hliník,**
- **dřevo (EURO okna z lepených profilů),**
- **plast (PVC).**

5.2.1. Hliníková okna

Kvalitní hliníková okna (Obr. 21) patří mezi luxusnější variantu výplní otvorů, hodí se spíše na reprezentativní plochy staveb či díky své odolnosti na místa s vysokou četností užívání. Hliník má nejvyšší pevnost z posuzovaných materiálů pro výrobu oken. Je tedy vhodný na velká okna či otvírací dveře. Hliníková okna mají též vynikající odolnost proti povětrnostním vlivům a velmi vysokou životnost. Spolu s elegantním vzhledem mají pro uživatele další výhody. Rám je velmi pevný a proto může být tenký, zbývá tedy větší plocha na zasklení a do objektu prochází více světla. Hliníkový rám je prakticky bezúdržbový. Jeho primární využití je do administrativních budov, obchodních center či úřadů. Najde však i uplatnění v rodinných domcích například u zimních zahrad.

Obr. 21 hliníkové okno

Zdroj: www.oknoplastik.cz

Mezi typické hliníkové okno při splnění požadavků součinitele prostupu tepla patří například okno firmy Slovaktual STANDARD OL se stavební hloubkou 70 mm, dvojsklem a součinitelem prostupu tepla zasklením 4-16-4 (4mm sklo, 16 mm vzduchová mezera a 4 mm sklo) $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Součinitel prostupu tepla celého okna je $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okno má středové těsnění, speciální kování chránící před povětrnostními vlivy a vysokou vodotěsnost. Profil je pětikomorový s těsněním pro ukotvení venkovního i vnitřního parapetu. Montáž okna je při dodržování zásad a pečlivosti vhodná i pro stavebníky realizující stavbu svépomocí. Výroba hliníku je energeticky extrémně náročná, a proto jeho výroba není příliš ekologická.

5.2.2. Dřevěná okna (Eurookna)

Z dřevěných oken jsou dnes nejčastěji užívaná tzv. Eurookna. Rám těchto oken je z dřevěných, vícevrstvých lepených profilů, které se nekrotí. Rámy jsou vyrobeny zejména ze smrku, borovice či exotického dřeva meranti (Obr. 22). Jedná se tedy o výrobky z ekologických, obnovitelných materiálů, které působí příjemně. Nejpoužívanějším materiálem je pro své jedinečné fyzikálně-mechanické vlastnosti

smrkové dřevo. Eurookna jsou schopna při použití kvalitních materiálů tzv. dýchat. Pomáhají tím omezovat vzniku plísní v interiéru. Dřevěná okna jsou často vyžadována památkáři v chráněných oblastech pro jejich přírodní vzhled.

Životnost těchto oken je ve srovnání s ostatními průměrná, ale při správné a časté údržbě je možné dosáhnout životnosti až 100 let. Pro zvýšení životnosti je vhodné neumísťovat okna do vlhkých prostor jako koupelen, či na jižní strany objektů, kde budou vystaveni silnému slunečnímu záření. Jako ochranu před nepříznivými vlivy můžeme použít impregnační prostředky, které je však nutno po čase opět obnovovat.

Obr.22 Rámy dřevěných oken



Zdroj: www.sosokna.cz

Standartním oknem splňujícím parametry součinitele prostupu tepla je například profil EURO IV 68, vyrobený z třívrstvě lepeného hranolu v kombinaci s izolačním dvojsklem s plastovým distančním rámečkem zabraňujícím kondenzaci par po obvodu zasklení. Každé okno je díky použití dřeva unikátní. Eurookno má stavební hloubku 68 mm a celoovodové těsnění s přídatnou okapničkou na křídle. Tato okna jsou určená, vzhledem k vyšší pořizovací ceně, převážně pro náročnější uživatele, kteří dávají přednost kvalitě a přírodním materiálům. Označení Eurookno by mělo být zárukou, že okna jsou vyráběna dle standardů Evropské unie.

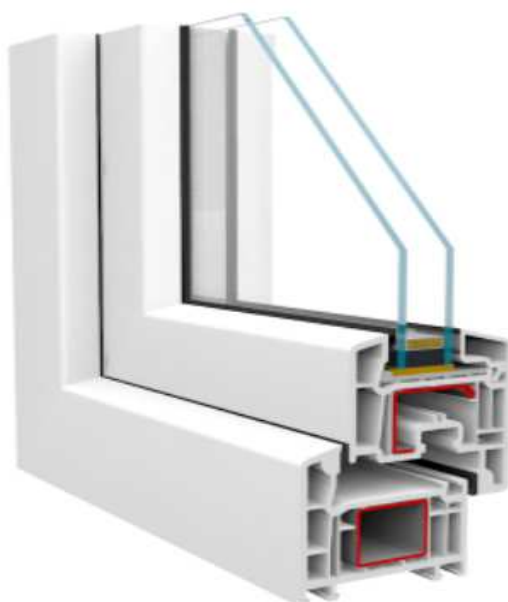
5.2.3. Plastová okna

Plastová okna (Obr. 23) jsou v současné době nejužívanější okna jak v novostavbách, tak při rekonstrukcích. Tepelně a zvukově izolačními vlastnostmi se rovnají oknům z jiných materiálů. Jejich hlavní předností je minimální údržba, vysoká životnost a zejména nižší pořizovací cena oproti oknům dřevěným či hliníkovým. Okna jsou vyrobena z plastových profilů (PVC) přichycených na vnitřním nosném

ocelovém rámu. Pro splnění podmínek stanoveného součinitele prostupu tepla se používá izolační dvojsklo. Materiál z PVC zajišťuje výbornou odolnost proti klimatickým vlivům.

Tato okna jsou však náchylnější na vysoké teploty a nejsou vhodné do objektů s vysokou četností užívání. Okna také nejsou často povolována úředníky v památkových zónách. Materiály na jejich výrobu nejsou ekologické a masivní konstrukce způsobuje větší podíl rámu oproti zasklení. Pro zajištění dostatečného prosvětlení místnosti je nutné vybírat okna větší.

Obr. 23 Plastové okno



zdroj: www.petecki.eu

Výrobci plastových oken je nepřeborné množství a každý výrobek se liší. Typické plastové okno při splnění požadavku součinitele prostupu tepla konstrukcí v úrovni $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ je pětikomorové s dvěma dorazovými těsněními o stavební hloubce 74 mm. Rám okna je ocelový o tloušťce výztuhy minimálně 1,5 mm. Zasklení je provedeno izolačním dvojsklem s $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jelikož plastová okna na první pohled vypadají velmi podobně, kvalitní výrobek lze poznat dle ověřeného výrobce. Ten do výroby přidává aditiva pro barevnou stálost či pevnost výrobku. Certifikovaní dodavatelé často nabízejí zvýhodněnou montáž jako součást celé dodávky plastových oken. Okno lze při dodržování montážních zásad a izolací kolem rámu namontovat i svépomocí.

5.2.4. Plastová okna pro pasivní domy (Obr. 24)

Pro porovnání je hodnoceno i okno speciálně určené pro pasivní domy. Součinitel prostupu tepla musí splňovat hodnoty pro pasivní dům, což znamená minimálně hodnoty $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ nebo nižší. Zásadní změnou oproti klasickému plastovému oknu je zejména provádění detailů a síla konstrukce i zasklení. Tato okna mají již tak nízkou hodnotu prostupu tepla, že při slunečných dnech nedochází ke ztrátám tepla, ale tepelným ziskům. U těchto oken se také nesráží voda a nevzniká žádný průvan díky dokonalému utěsnění rámu. Jeho izolační schopnosti jsou tak velké, že není třeba pod okno umísťovat otopné těleso. Hlavní nevýhodou je jejich vyšší cena, horší prostup světla do interiéru a nevhodnost montáže pro stavebníky realizující stavbu svépomocí.

Obr. 24 Plastové okno pro pasivní dům



Zdroj: www.iplastovaokna.cz

Oproti klasickému plastovému oknu jsou zde významně zvýšeny tepelněizolační vlastnosti. Rámy jsou složeny z více komor, stavební hloubka je větší (84 mm i více) a místo izolačního dvojskla mají izolační trojsklo často doplněné vzácným plynem. (Argon, Krypton). Hlavním účelem oken pro pasivní domy je zabránění prostupu tepla konstrukcí, zajištění neprůvzdušnosti a zvýšení komfortu bydlení. Vzhledem k velmi

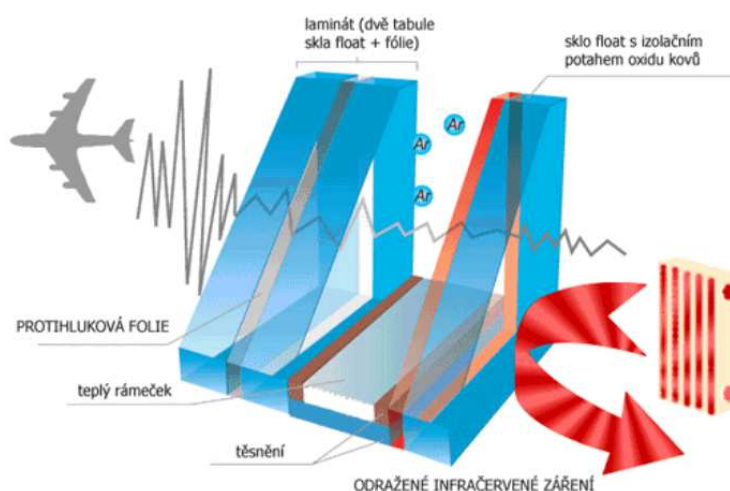
malé vzduchové neprůzvučnosti musí být pasivní domy doplněny systémem centrální výměny vzduchu (tzv. rekuperace).

5.2.5. Protihluková okna

V České republice je dle odhadů vystaveno nadměrnému hluku přes půl milionu domácností. Celá řada stavebních pozemků či bytů se nachází v zónách s vysokou hladinou hluku. Nejčastějšími zdroji hluku jsou centra měst, blízké silnice a dálnice či železniční trať. Uživatelé takových domů či bytů si musí zajistit dostatečnou ochranu před tímto hlukem. Hodnoty hluku, jež trvale poškozují zdraví, jsou uváděny kolem 65 dB. Objekt je třeba odizolovat komplexně, nikoliv pouze okny. Dobrým vodičem zvuku jsou též inženýrské sítě v objektu (např. vodovodní a odpadní potrubí). Účinné odstranění hluku z objektu je třeba probrat s odborníky a nechat zpracovat certifikovanou firmou. Nejslabším článkem stavby pro vzduchovou neprůzvučnost jsou však přesto zejména okna.

Vlastnosti zvukové izolace oken jsou charakterizovány indexem vzduchové neprůzvučnosti (R_w). U zasklení je tlumení měřeno pro střední frekvence v rozmezí 100 Hz až 3150 Hz. Moderní protihluková skla jsou složena z více druhů skel různé tloušťky a elasticity, kde hlavní část tlumení zvuku probíhá mezi skly. (Obr. 25). Neméně důležitou součástí protihlukové ochrany je zabudování okna, které musí být provedeno minimálně s takovou precizností, jako okno pasivní. Každá netěsnost se na neprůzvučnosti ihned projeví.

Obr. 25 Skladba protihlukového okna



zdroj: www.noveokna.ceskasit.net

Požadavky na vlastnosti vzduchové neprůzvučnosti jsou v České republice definovány dvěma normami. Starší normou DIN 4109 z roku 1989 [65] a novější (přísnější) ČSN 73053 z roku 2000 [66], jež definuje akustické parametry staveb a protihlukové třídy (viz tabulka níže). Je vhodné poznamenat, že pokud se hladina hluku sníží o 10 dB, hluk v místnosti klesne o polovinu. Neplatí zde tedy přímá úměra. Speciální protihluková okna jsou schopna tlumit zvuk až do 52 dB. Jedná se však o extrémy. Standardní protihlukové plastové okno patří do 4. protihlukové třídy a má tlumící schopnosti mezi 40-44 dB. Takovéto okno je tedy schopno dostatečně izolovat i v hlučných oblastech (např. centrum města).

PROTIHLUKOVÉ TŘÍDY TZI dle ČSN 730532

Třída TZI / Útlum dB pro okno

0 / do 24 dB

1 / 25 – 29 dB

2 / 30 – 34 dB (standardní moderní okno)

3 / 35 – 39 dB (okno pro pasivní dům)

4 / 40 – 44 dB (standardní protihlukové okno)

5 / 45 – 49 dB

6 / nad 50 dB

Před koupí protihlukového okna by se měl investor rozmyslet, jestli jsou pro něj přednější schopnosti tepelněizolační nebo protihlukové. Tyto fyzikální vlastnosti jdou totiž proti sobě a skladba, jež chrání před hlukem, hůře tepelně izoluje a naopak. Uživatel musí též zvážit, zda opravdu potřebuje až tak extrémně izolovat objekt proti hluku. Je lékařsky dokázané, že absence zvuku uvnitř objektu vyvolává v člověku pocit izolace a nevytváří tedy pro uživatele pohodu v interiéru. Pokud se tedy investor nenachází v blízkosti letiště, rychlodráhy či v centru města, nejspíše mu postačí okna klasická.

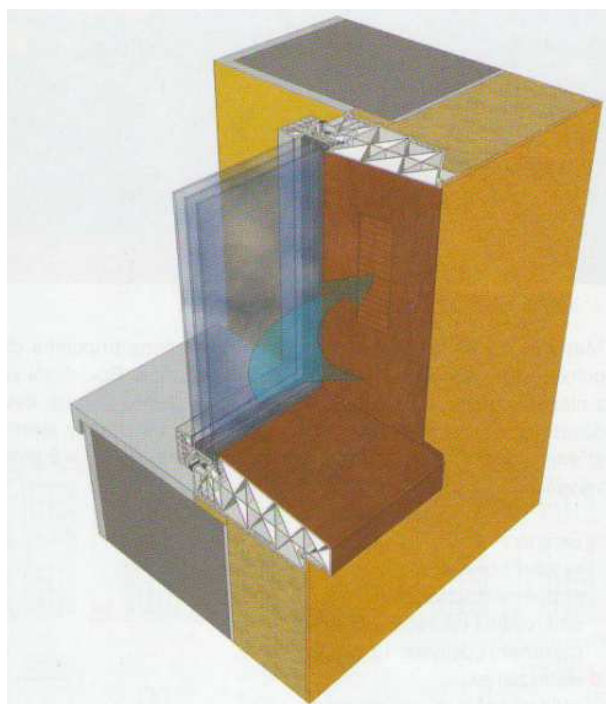
5.2.6. Výplně otvorů s integrovanými rámy

Poslední hodnocenou variantou výplně otvorů je univerzální integrovaný rám výplní otvorů. Jedná se o konstrukční rám okna, jehož součástí je již zabudované vnější ostění, nadpraží i parapet. Díky tomu je zabráněno případnému špatnému řešení detailů od stavební firmy. Celý proces instalace rámu okna je rychlejší

a ekonomičtější. Jedná se o novou technologii, která je zatím ve fázi prototypu a není masově vyráběna.

Vícekomorové profily systému rámu jsou navrženy z koextrudovaného PVC v kombinaci s termoizolační výplní. Dolní profil, který slouží jako vnější parapet má v sobě zabudovány odvodňovací kanálky. Součástí rámu mohou být i vestavěné větrací jednotky, které zajišťují nezávislou řízenou výměnu vzduchu bez významných ztrát tepla. Jinou variantou jsou rámy, jejichž součástí jsou speciální tepelněizolační prvky. Profily mohou být libovolně průmyslově upravené (zaoblené, ozdobené prvky apod.). Povrchová úprava je shodná se současnými výplněmi otvorů.

Obr. 26 Vizualizace zabudovaného okna s integrovanými rámy



Zdroj: časopis stavebnictví 06-07, 2012

Hlavní předností tohoto typu rámu je jeho jednoduchost, prefabrikovanost, funkčnost a rychlost zabudování. Oproti klasické metodě montáže okna a parapetů (cca 19 kroků) se tato skládá z pouhých několika. A to přípravy stavebního otvoru (začištění, penetrace) a osazení rámu výplně (vyrovnání a ukotvení). Zároveň jsou díky své jednoduchosti minimalizovány nedostatky, způsobené postupnou montáží (špatné připojení parapetu, nedostatečné technologické přestávky). Tepelněizolační

a protihlukové vlastnosti jsou na úrovni oken pro pasivní domy se součinitelem prostupu tepla oknem $U_w = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$. Integrované rámy IR plní nejen funkci výplně otvorů, ale též i vnějšího ostění, nadpraží a parapetu, čímž zjednodušují montáž a zabraňují špatně provedeným detailům a napojením.

5.3. Střešní konstrukce

Střešní konstrukce včetně krytiny tvoří základní součást objektu. Chrání celou stavbu před klimatickými vlivy jako déšť, sníh, vítr či mráz. Právě ochrana před mrazem dostala v poslední době na větší důležitosti. Pro splnění normovaného požadavku na součinitel prostupu tepla konstrukcí, je nutné střešní konstrukce zateplovat. Pro porovnání, v rámci této diplomové práce, budou všechny hodnocené střechy muset splňovat doporučený součinitel prostupu konstrukcí střechy pro nízkoenergetické domy v hodnotě $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Při stavbě střechy je velmi důležité hledět na detaily napojení a propojení s ostatními svislými a vodorovnými konstrukcemi. Správné provedení stavebních prací je velmi náročné a vhodné pro odborníky. Pokud jsou detaily špatně vyřešeny, či je střešní konstrukce ve špatném stavu, hrozí velké následky pro celý objekt ať už pádem střechy nebo zatékáním do interiéru či tepelných izolací.

Důležitým parametrem při návrhu střešní konstrukce jsou zejména místní podmínky (hory, nížina), regulační plány (např. povinnost mít sedlovou střechu s betonovou krytinou), charakter okolní zástavby (město, vesnice) nebo typ objektu a účel jeho užívání. Volba tvaru střechy závisí též na osobních preferencích investora, či variantě půdorysu domu (složitý půdorys znamená často složitou střechu a tedy vyšší náklady). Dále platí, že čím složitější půdorys domu, tím vyšší nároky na zpracování detailů a hydroizolací a z toho plynoucí vyšší vstupní náklady.

Nemalou roli hraje i volba krytiny. Pro správný výběr střešní krytiny je důležité zvolit typ konstrukce a její účel. Nejčastěji používanou krytinou je buď betonová střešní taška nebo pálená keramická střešní taška. Obě jsou vyrobeny z klasických stavebních materiálů a vyznačují se dlouhou životností, jednoduchou montáží skládáním a snadnou opravitelností (stačí vyměnit poškozenou tašku). Jsou však

těžké, dražší a vhodné pouze na šikmé střechy. Naproti tomu asfaltová krytina (např. šindel) má nízkou hmotnost, je podstatně levnější, plní zároveň hydroizolační funkci, je vhodná na ploché střechy a snadno se pokládá. Její životnost je však ve srovnání s klasickými střešními taškami podstatně menší a je nutné mít pro pokládku rovný deskovitý podklad

Doporučené nejmenší bezpečné sklony skládaných krytin střechy najdeme v normě ČSN 731 901 [41]. Při dodržení těchto sklonů a správném technickém provedení střešní konstrukce, by měla konstrukce účinně zabránit průniku srážkové vody do konstrukce či interiéru (neplatí v případě extrémních výkyvů počasí). Konstrukce střechy dle sklonu můžeme pro rozdělit na:

- **ploché střechy (0-10°),**
- **šikmé střechy (10-45°),**
- **strmé střechy (>45°) (nevhodná pro nízkoenergetické domy).**

5.3.1. Ploché střechy

Za střechu plochou se považují střešní konstrukce o sklonu mezi 0-10°, přičemž absolutně rovná by neměla být žádná střecha. Vždy je nutné dodržet určitý spád, alespoň ve výši nejméně 2°, pro odvod srážkové vody do odtokových žlabů. Ploché střechy vyžadují velmi pečlivé provedení. V porovnání se střechami šikmými vycházejí díky absenci krovu levněji.

Velice diskutovanou problematikou plochých střech je jejich životnost, která je přímo závislá na mnoha faktorech. Ploché střechy jsou všeobecně uvažovány s životností nižší než u střechy šikmé, ale při správném návrhu a údržbě je životnost srovnatelná. Plochou střechu může ohrozit sluneční záření, klimatické podmínky nebo zanedbání údržby čištění odtokových žlabů. Finální vrstva by měla být chráněna ochranným nátěrem, který by se měl pravidelně obnovovat, či ochrannou vrstvou (např. kačírek). V současné době je problémem spíše špatné provedení a naprojektování. Pokud je střecha správně navržena z hlediska pevnosti, difúze vodní páry, odvětrávání a tepelné izolace, je její životnost srovnatelná se střechou šikmou.

Výhodou plochých střech jsou nižší pořizovací náklady a jednodušší stavební práce, kde není potřeba konstruovat krov. Navíc jsou velice dobře přístupné při stavbě a případných opravách. Nevýhodou plochých střech je již zmíněná náročnost na kvalitu provedení. Špatná realizace nebo sebemenší drobná závada může způsobit prosakování vody do interiéru, což vyžaduje v krajních případech úplnou rekonstrukci konstrukce. Ploché střechy navíc vyžadují pravidelnou péči. Zanedbaná střecha rychle stárne a může dojít až k jejímu rozsáhlému poškození.

Ploché střechy jsou nevhodné pro horské oblasti, protože se na nich hromadí sníh, který nadměrně zatěžuje stropní konstrukci. Naopak v mírnějších klimatických podmínkách se dá střecha využít i jako terasa či střešní zahrádka. Ploché střechy můžeme rozdělit zejména na tři základní typy:

- **pochozí plochá střecha,**
- **nepochozí plochá střecha,**
- **zelené střechy.**

5.3.1.1. Pochozí plochá střecha

V závislosti na okolních podmínkách, je možné pro rodinné domky využívat pochozí plochou střešní konstrukci, případně pojízdnou. Ve velmi svažitém území je možné vhodně využít střešní konstrukci ke stání vozidel. Tento typ konstrukce musí mít vyšší pevnost, mechanickou odolnost a schopnost roznášet bodové tlakové síly. Pro účely této diplomové práce budou posuzována varianta ploché střechy pochozí, nikoliv pojízdnou. Pochozí střechu lze využít jako terasu (Obr. 27) a v kombinaci s obvodovou atikou může zajistit i značné soukromí.

Nosná konstrukce je navržena jako filigránová zmonolitněná, pro svou vyšší únosnost a jednoduchost při montáži. Tento typ konstrukce je velmi často využíván jako stropní konstrukce mezi prvním a druhým nadzemním podlažím. Má dostatečnou únosnost i mechanickou odolnost, a proto je vhodné, ekonomické a nejjednodušší použít stejný typ nosné vodorovné konstrukce i pro pochozí střechu. Tento typ střechy je vhodný i pro stavebníky realizující stavbu svépomocí.

Skladba jednoplášťové pochozí střechy se skládá z nosné konstrukce a dále pak penetrace, dvou vrstev asfaltového hydroizolačního pásu, tepelné izolace

z tvrzeného polystyrenu určeného pro namáhané plochy tloušťky alespoň 240 mm, hydroizolační pásu, spádové vrstvy, pochůzná vrstvy (např. exteriérová dlažba). Tato skladba jednoplášťové vrstvy patří mezi nejjednodušší při důrazu na hydroizolační a tepelněizolační vlastnosti konstrukce. Konstrukce neobsahuje větranou vzduchovou mezeru a používá nejrozšířenější materiály. Celková tloušťka včetně nosné konstrukce je 53 cm. Pro zachování vlastností je nutná pravidelná údržba

Obr. 27 Terasa na ploché střeše



Zdroj: www.dm-izol.cz

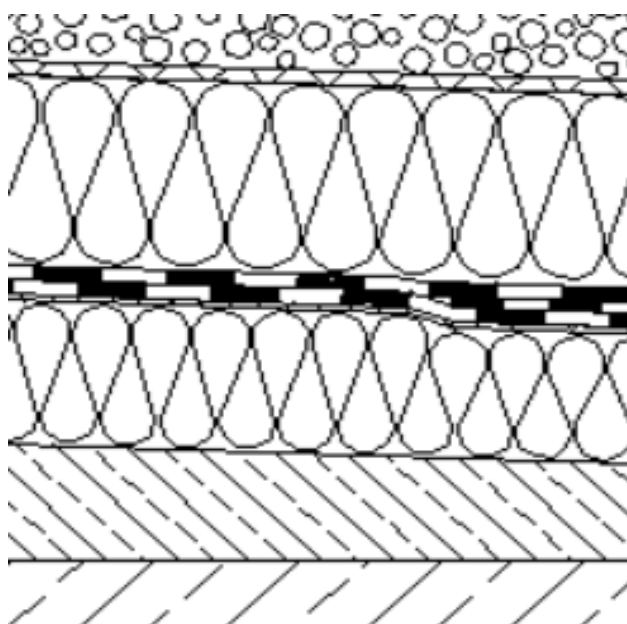
Ploché pochozí střechy jsou výhodné zejména z důvodu získání další plochy vhodné k užívání či rekreaci. Jedná se o konstrukce jednodušší než zelené střechy a při řádném dodržování zásad stavby plochých střech jsou vhodné i pro stavebníky realizující stavbu svépomocí. Konstrukce má výborné statické, hydroizolační i tepelněizolační vlastnosti a má nadstandardní požární odolnost. Nevýhodou je navýšení finančních nákladů na nosnou část a kvalitnější pochozí materiály včetně roznášecí vrstvy a zejména pracné a složité vyhledávání případných poruch střešní konstrukce.

5.3.1.2. DUO střecha

Pojem DUO střecha může znít trochu nevšedně, skrývá se pod ním však unikátní řešení pro ploché i šikmé střešní konstrukce. Principem takovéto konstrukce je tzv. obrácená střecha, kde je umístěna tepelná izolace nad vrstvou hydroizolační.

Pro tento typ konstrukce je třeba použít speciální extrudovaný polystyren s polodrážkou (XPS). Desky z extrudovaným polystyrenem jsou položeny volně na hydroizolaci z asfaltových pásů či hydroizolační fólie. Pro zajištění dostatečných tepelněizolačních vlastností jsou extrudované desky pokládány nejdříve na nosnou konstrukci, pak následuje hydroizolace a druhá vrstva tepelné izolace. Vzhledem k volnému uložení polystyrenových desek je třeba zajistit, zejména jako ochranu proti větru, dostatečné přitížení, ideálně formou kačírku či dlažby. Nutné přitížení však vyžaduje vyšší únosnost konstrukce.

Obr. 28 Skladba DUO střechy s kačírkem



Zdroj: www.cad-detail.cz

Hlavními výhodami ploché DUO střechy je jednoduchost konstrukce a s tím spojené i nižší pořizovací náklady. Hydroizolace je chráněna proti poškození či slunečnímu záření vrstvami uloženými výše a má tak delší životnost. V případě poruchy je také možné jednoduše konstrukci rozebrat a opravit. Při instalaci silné tepelněizolační vrstvy dosáhneme snadno nízkého součinitele prostupu tepla. Hlavní nevýhodou konstrukce je její lehkost, zejména v extrémních klimatických podmínkách sání větru či vydatného deště hrozí poškození stability střechy. Konstrukce má horší akustické a protipožární vlastnosti. Obrácená střecha vyžaduje též pravidelnou údržbu a kontrolu odtoku srážkové vody. DUO střechu je možné postavit při

dodržování předepsaných skladeb a materiálů svépomocí, vhodnější je ovšem přenechat stavbu na certifikovaného dodavatele. Celková tloušťka konstrukce včetně nosné části je 49 cm.

5.3.1.3. Zelená plochá střecha

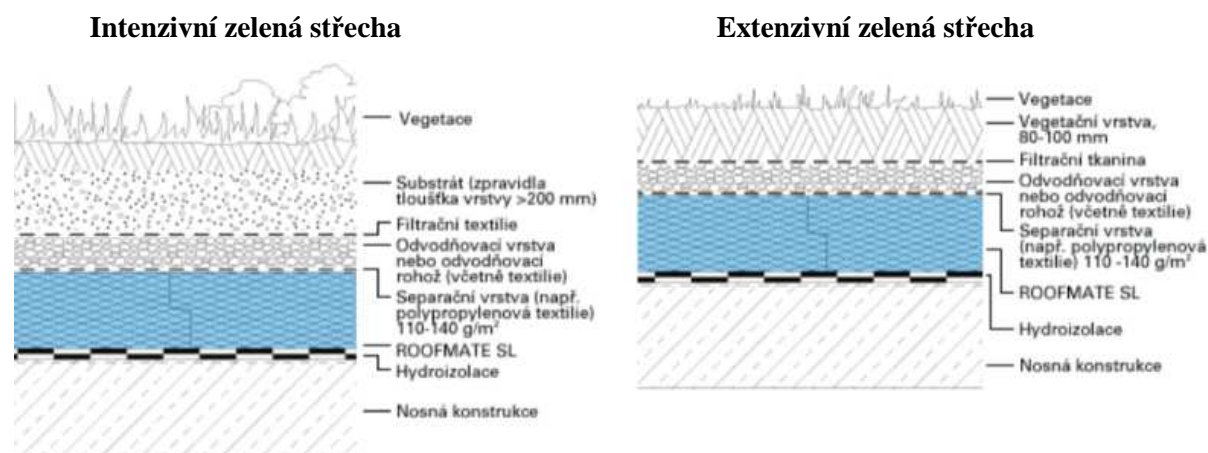
Pojem Zelená střecha není v Čechách příliš známý. V severských státech se však jedná o zavedený standard střech. Jedná se převážně o ploché střechy (není podmínkou), jež jsou pokryta vegetací, zeminou nebo substrátem. Skladba této střechy se však zásadně liší od klasické ploché střechy. Skladbu i navrhování řeší podrobně ČSN 731901 [41].

Při tvorbě ploché zelené střechy je nejdůležitější vhodný návrh a perfektní provedení hydroizolace. Každá netěsnost či nedokonalost se projeví v zatékání do konstrukce a interiéru. Pro zelené střechy se nejčastěji používá hydroizolace ze syntetického kaučuku. Zemina by měla být bez plevelů, ideálně po chemickém ošetření (není vhodná zemina z okolí objektu). Zeleň je nutno pravidelně udržovat. Zeleň na zelených střechách můžeme rozdělit na dvě základní skupiny:

- **extenzivní střešní zeleň,**
- **intenzivní střešní zeleň**

Extenzivní střešní zeleň je vhodná na střešní konstrukce s menší únosností (obvykle mezi 60 - 300 kg/m²). Zeleň tvoří převážně menší rostliny s mělkými kořeny jako trvalky, suché rostliny či skalničky. Tyto rostliny jsou vhodné do extrémních podmínek střídání tepla, mrazu a sucha. Tento typ konstrukce bude dále hodnocen.

Intenzivní střešní zeleň obsahuje významně vyšší vrstvu substrátu, je vhodná pro náročnější zeleň s hlubšími kořeny, pro vytvoření zahrady s použitím květin, keřů i nízkých stromů. Pro intenzivní střešní zeleň je potřeba významně zesílená nosná střešní konstrukce s únosností až 1000 kg/m².

Obr. 29 Skladby intenzivní a extenzivní Zelené střechy

Zdroj: www10.fs.cvut.cz

Jako vhodný příklad typické extenzivní střešní konstrukce můžeme uvažovat systém DEKROOF 09-A (Obr. 30). Jedná se o speciální typ konstrukce zelené střechy od největšího dodavatele stavebních materiálů v České republice, firmy Dektrade. Skladba konstrukce je nosná část střechy (filigránová 230 mm), penetrační emulze, hydroizolační pás, tepelná izolace (230 mm), separační textilie, hydroizolační fólie, separační textilie, nopová fólie s perforacemi, filtrační textilie a nakonec vegetační substrát. Celková tloušťka konstrukce včetně nosné konstrukce je 59 cm.

Obr. 30 DEKROOF 09-A

Zdroj: www.dektrade.cz

Zelené střechy jsou ekologická varianta plochých i šikmých střech se značným množstvím výhod oproti jiným variantám střech. Zeleň produkuje kyslík a naopak zadržuje oxid uhličitý. Vegetace a zemina slouží jako ochrana střešní konstrukce, tepelná i zvuková izolace. Z požárního hlediska se zelená střecha bere jako nehořlavá. Vrstva zeminy také absorbuje značnou část dešťových srážek a působí zejména esteticky a rekreačně. Pro zajištění stabilní dlouhotrvající zelené střechy je však potřeba kvalitní návrh, perfektní provedení hydroizolace i celé skladby a zesílení střešní konstrukce, což citelně zvyšuje finanční náklady na zařízení.

5.3.2. Šikmé střechy

Šikmé střechy jsou střešní konstrukce se sklonem v rozmezí 10° - 45° , skládající se z krytiny a krovu z různých materiálů (např. dřevo, kov), který plní funkci nosné konstrukce. Realizací šikmé střechy vzniká prostor mezi nosnou konstrukcí střechy (krovem) a stropem, tzv. podkroví. Pro jednotlivé krytiny je předepsaný bezpečný sklon střechy. Například pro nejběžnější klasickou pálenou střešní krytinu by neměl být sklon střešní konstrukce menší než 30° . Z hlediska návrhu nízkoenergetických domků je vhodný co nejnižší sklon střechy (menší plocha, kterou je třeba izolovat). V horských oblastech bývá šikmá střecha podmínkou a je doporučen sklon střechy co největší. Strmá střecha slouží jako výborná ochrana střešní konstrukce před zatížením sněhem.

Výhodou šikmých střech je zejména jejich životnost a odolnost vůči povětrnostním vlivům. Dobře po nich stéká voda, neudrží se na nich silná vrstva sněhu, odolávají střídání teplot a jsou méně vystavené působení slunečního záření. Podkroví je navíc využitelné jako další obytná plocha nebo úložný prostor.

K nevýhodám šikmých střech patří zejména namáhavé a pečlivé vyplnění všech prostor střešní konstrukce tepelnou izolací. Obvykle bývá izolace provedena chybně a vznikají tak tepelné mosty, kterými uniká značné množství tepla. Kromě izolací se dělají často chyby i v oblasti parozábran. Nad vytápěnými prostory je vhodnější navrhnout alespoň dvouplášťové konstrukce.

Pro stavbu nízkoenergetických domů jsou vhodné jednoduché střešní konstrukce s malým sklonem, avšak dostatečným přesahem střechy, který chrání svislé

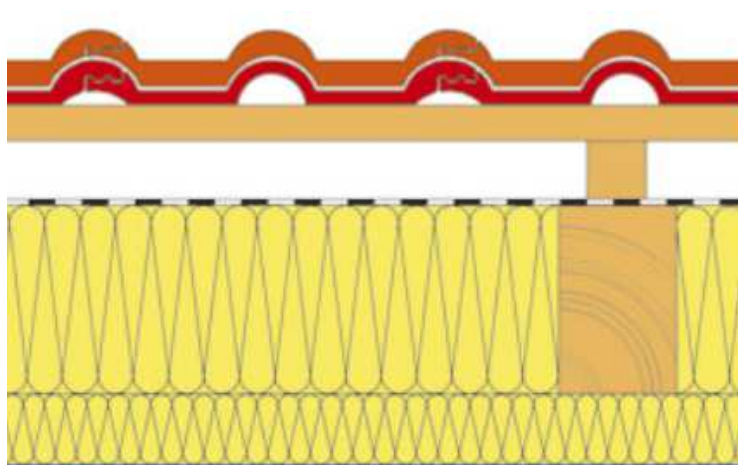
konstrukce před stékající vodou či sněhem. Dle způsobu uložení tepelné izolace můžeme rozdělit šikmé střešní konstrukce na:

- šikmá střecha s podkroevní izolací (i mezikroevní),
- šikmá střecha s nadkroevní izolací,
- šikmá střecha bez krovu – YTONG comfort.

5.3.2.1. Šikmá střecha s podkroevní izolací

Základ této konstrukce tvoří klasický dřevěný krov, dále pojistná hydroizolace, latě, kontralatě a střešní krytina. Ze strany interiéru se nejčastěji používá sádkartonová konstrukce uchycená ke krokším a parozábrana. Mezi touto skladbou je pro zajištění dostatečného součinitele prostupu tepla konstrukcí nutné umístit tepelnou izolaci. Pro tuto skladbu se nejvíce využívá tepelná izolace mezikroevní a zároveň podkroevní z minerální izolace ze skelných vláken (Obr. 31). Výhodou této kombinace je zabránění tepelných mostů v krokších. Dřevěné krokve mají ve srovnání s minerální vatou malý tepelný odpor a proto by přes ně mohlo unikat teplo.

Obr. 31 Podkroevní a mezikroevní izolace



Zdroj: www.asb.sk

Vkládání vaty do mezikroevních prostor je velice jednoduché. Vata je měkká a tvárná, takže pokud vložíme o 1 až 2 centimetry širší vatu, než je prostor mezi krokšemi, vata sama drží. Doplněním mezikroevní izolace vatou podkroevní, zabráníme tepelným mostům a získáme dobře izolující tepelnou vrstvu. Izolaci pod

krokvemi přichytíme k již stávající mezikrokevní pomocí prodloužených krokrových závěsů pro sádrokartony. (Obr. 32)

Obr. 32 Prodloužené krokrové závěsy



Zdroj: www.shop.estechy.cz

Pro splnění požadavku na součinitel prostupu tepla konstrukcí, je při tloušťce krokví 220 mm, nutné kromě mezikrokevní tepelné izolace ještě izolace podkrokevní, v tloušťce alespoň 60 mm. Tato kombinace je vhodná pro nízkoenergetické i pasivní domy. Jedná se o poměrně levnou a nejpoužívanější variantu střešní konstrukce v Čechách. Samotné vkládání tepelné izolace je vhodné i pro stavebníky realizující stavbu svépomocí. Skelná minerální vata má výborné protipožární a protihlukové vlastnosti. Vyrábí se převážně z recyklovaných skleněných vláken. Je z ekologických materiálů, ale pro její zabudování do konstrukce je vhodné mít (z důvodu drobných vláken) roušku na dýchání. Celková šířka konstrukce včetně krytiny a sádrokartonu je 38 cm.

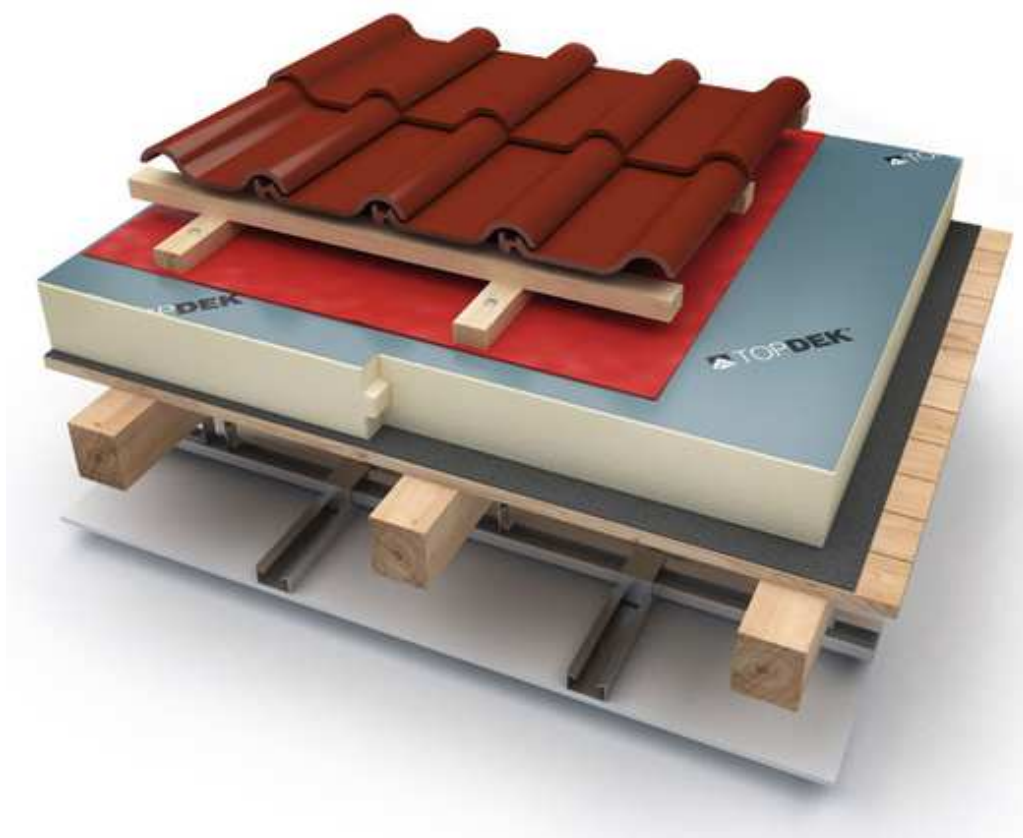
5.3.2.2. Šikmá střecha s nadkrokevní izolací

Nadkrokevní systém šikmých střech je poměrně moderní metoda, které bude vzhledem k zpřísňujícím se podmínkám na tepelněizolační vlastnosti konstrukcí patřit budoucnost. V podkrokevní izolaci jsou již téměř vyčerpány další možnosti zesilování zateplování, naproti tomu u nadkrokevního systému jsou možnosti takřka neomezené. Systém je možné zároveň zkombinovat například s mezikrokevním a tím zlepšit tepelněizolační vlastnosti konstrukce jako celku. Tento systém je vhodný zejména u novostaveb, pro stávající objekty je stavebně i finančně náročnější. Díky tepelné izolaci umístěné nad krokvemi nedochází ke snižování obytného prostoru

v interiéru, a zároveň celistvost konstrukce zabraňuje vzniku tepelných mostů. Jako tepelný izolant je možné zvolit téměř libovolný tepelněizolační materiál. Pokud nezaklopíme krokve z interiéru, získáme další prostor a zároveň zajímavý architektonický prvek.

Skladba nadkrokevní šikmé střechy je velmi jednoduchá. Nad nosné krokve přiděláme bednění, na které přijde parozábrana, tepelná izolace a ochranná fólie. Další vrstvy se upraví libovolně dle typu krytiny (např. pro pálenou střešní krytinu, kontralatě, latě a klasická krytina). Tento systém je možné jednoduše upravovat dle požadavků investora. Vhodnou variantou tohoto typu konstrukce je například systém Dekroof 11-C (Obr. 33), který je certifikován firmou Dektrade, což je aktuálně největší dodavatel stavebního materiálu v České republice.

Obr. 33 Dekroof 11-C



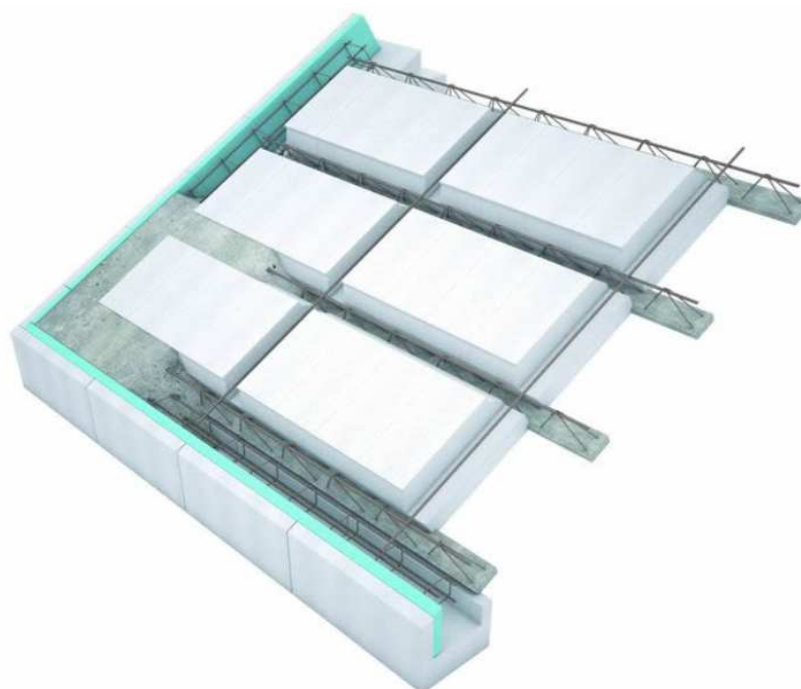
Zdroj: www.dektrade.cz

System je jednoduchý na pokládku, je z velké části prefabrikován a je vhodný i pro stavebníky realizující stavbu svépomocí. Má výborné protipožární, hydroizolační i tepelněizolační vlastnosti, kde tepelněizolační část tvoří speciální deska TOPDEK 022 PIR pero/drážka TAG 220mm. System je řešen do nejmenších detailů. Firma vyrábí své unikátní materiály a řešení. Hlavní nevýhodou tohoto systému oproti mezikrovovému je větší pracnost, horší ochrana proti hluku z okolí a zejména vyšší pořizovací cena.

5.3.2.3. Střecha Ytong Komfort

Jedná se o montovaný konstrukční systém pro střechy. Celá skladba je velmi podobná klasické filigránové stropní konstrukci. Skládá se z železobetonových nosníků, vložek Ytong a vyztužující ocelí průměru 8 mm (Obr. 34). Ocelové nosníky mohou být dlouhé až 8,6 m. Žebra a věnce se po instalaci vložek a výztuží vybetonují pomocí betonového čerpadla. Střešní vložky jsou speciální pórobetonové YTONG P4-500 tloušťky 100 – 250 mm dle statického výpočtu. Na již zpevněnou konstrukci se dle návrhu specialisty pokládá z exteriéru libovolná tepelná izolace (nejčastěji polystyren nebo minerální vata) a na povrchu může být libovolná krytina. Celá konstrukce je nehořlavá a splňuje požární odolnost Třídy A1, REI 30 bez omítky. Kladečské plány včetně ověření statikem vypracují zdarma odborní pracovníci firmy Ytong.

Při stavbě této konstrukce střechy úplně odpadají tesařské práce, což může být při aktuální nedostatku těchto odborníků velkou výhodou. Tato varianta konstrukce střechy je vhodná pro stavbu svépomocí a je určena především pro bytovou výstavbu malých objektů. Ve výsledku dostaneme pomocí rychlé montáže při absenci tesařů, tepelněizolační pevnou střechu s vysokou protipožární odolností, vzduchovou neprůzvučností, kde nehrozí napadení konstrukcí plísněmi, hnilobou a celá konstrukce výborně chrání před externími vlivy jako přehřívání či nadměrnými mrazy.

Obr. 34 Skladba střechy Ytong komfort

Zdroj: www.tzb-info.cz

System je možné využít u střech do sklonu 40° a je vhodný i pro pasivní domy. Pro splnění podmínky součinitele prostupu tepla je třeba navrhnout konstrukci o rozměrech 250 mm nosná část a 180 mm polystyrenu. Celková šířka konstrukce včetně krytiny a sádrokartonu bude 51 cm. Její pořizovací náklady jsou vyšší než u klasických konstrukcí s krovem.

5.3.3. Strmé střechy

Tento typ konstrukce střechy se sklonem větším než 45° není vhodný pro nízkoenergetické stavění. Při montáži izolace zevnitř je vhodnější stavbu lehce navýšit, vložit izolaci svislou a na ní navázat izolací vodorovnou (podkrovní). Tento typ konstrukce střechy není vhodný pro posuzovaný rodinný dům, a proto nebude dále hodnocen.

5.4. Varianty vytápění

Pro příjemné bydlení a užívání obytných prostor domu je třeba zajistit zdroj tepla pro dům. Tepelný zdroj budeme potřebovat i pro ohřev teplé užitkové vody (TUV). Náklady na vytápění jsou prioritní otázkou každého uživatele. Možností jak je snížit se nabízí hned několik. Investor může ušetřit zejména správnou regulací teplot v jednotlivých místnostech. Vhodná teplota vzduchu v místnosti záleží zejména na účelu užívání místnosti, ale také na komfortní pocitové teplotě pro uživatele. Teplota v místnostech se má pohybovat v rozmezí 10-24 °C. Nižší teploty by měly být na chodbách, předsíních či schodišťovém prostoru, naopak nejvyšší v koupelnách. V pobytových místnostech jako obývací pokoj, kuchyň či ložnice by měla být teplota v rozmezí 18-22 °C

Při správném nastavení je v místnostech konstantní příjemná teplota a nedochází k přetopení, nebo naopak pocitu chladu v jednotlivých místnostech. Moderní řídicí technika je schopna odebrat pouze takové množství tepla, které je potřeba. Kotel nemusí pracovat na plný výkon a to snižuje náklady na vytápění. Regulaci celého systému vytápění a ohřevu teplé vody můžeme zajistit buď lokálně na jednotlivých otopných tělesech instalací termostatů, či pomocí termostatických hlavic (Obr. 35). Nejvhodnější variantou je systém vytápění automatizovat centrálním řídicím systémem. Kvalitní řídicí technika umožní odebrat jen takové množství energie, které je potřeba. Ideální variantou pro moderní systémy vytápění je využití multifunkčních topných zařízení, které slouží jednak k vytápění objektu a současně i jako zdroj TUV.

Obr. 35 Termostatická hlavice

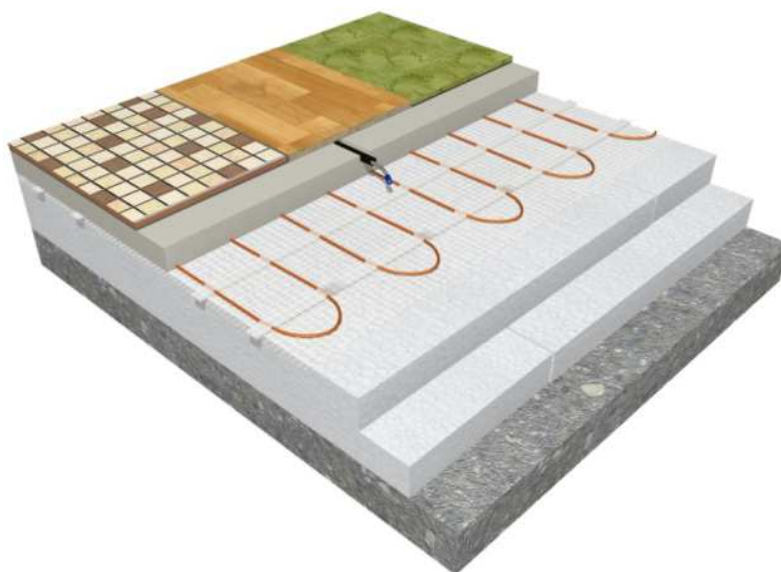


Zdroj: www.vytapeni.tzb-info.cz

5.4.1. Podlahové topení

Podlahové topení dle způsobu vytápění dělíme na teplovodní a elektrické. Dle ankety je v moderních novostavbách uživateli poptáván převážně systém vytápění podlahový - teplovodní (Obr. 36), na úkor topení přes otopná tělesa (např. radiátory). Podlahové teplovodní či elektrické vytápění představuje, i přes vyšší počáteční investici, komfortní a přitom provozně velmi úsporný způsob rozvodu tepla po objektu. Je výhodné využívat prefabrikované rozdělovací stanice pro potrubní rozvody. Tímto způsobem mohou být vyvedeny a ovládány v jednom sběrném místě. Trubky je možno zavést přesně tam, kde jsou potřeba. Při správném návrhu a instalaci pak nedochází ke vzniku studených míst. Dochází tak k rovnoměrnému přenosu tepla odspodu a to vytváří příjemný pocit tepla od nohou.

Obr. 36 Schéma skladby podlahového teplovodního vytápění



Zdroj: www.tzb-info.cz

Při klasických radiátorech (Obr. 37) bývá teplota u podlahy okolo 20°C a při stropu může být i 28°C. Naproti tomu u podlahového vytápění, při teplotě u podlahy kolem 20°C, je teplota u stropu pouhých 17°C. Při zachování stejné tepelné pohody v místnosti, tedy dochází k citelné úspoře energie na vytápění. Přenos tepla do místnosti probíhá v celé ploše při minimální cirkulaci vzduchu a nikoliv jenom na některých místech s vyšší cirkulací, a tedy i prašností, jako v případě interiérových

otopných těles. Podlahové vytápění tedy ekologicky i ekonomicky přispívá k vytvoření tepelné pohody v objektu.

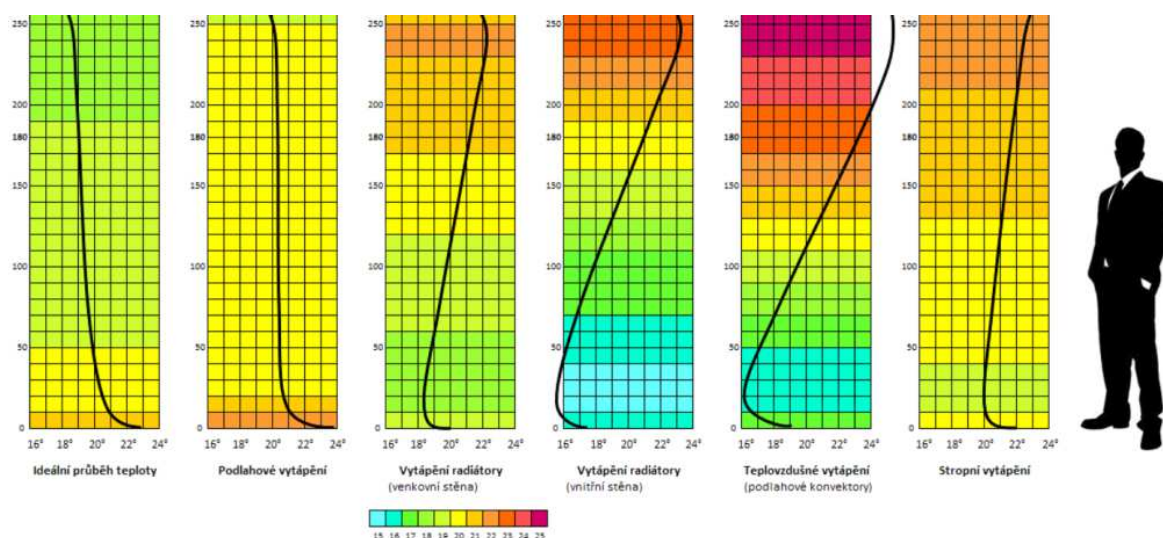
Obr. 37 Otopné těleso - radiátor



Zdroj: www.koupelny-radiatory.cz

Je však třeba poznamenat, že podlahové vytápění se nehodí do objektů špatně zateplených s vysokými tepelnými ztrátami, či do objektů s velkým podílem zasklených ploch. Od nedostatečně tepelně izolačních oken proudí velké množství studeného vzduchu a podlahové vytápění by muselo pracovat při vysokých teplotách, které však již nejsou pro nohy uživatele komfortní. (Obr. 38)

Obr. 38 Vertikální rozložení teplot



Zdroj: www.tzb-info.cz

5.4.2. Teplá užitková voda (TUV)

Teplá užitková voda nebo-li TUV je součástí každého nového objektu sloužícího k bydlení. Pojem užitková pramení z obecné definice: „Voda slouží k užívání, neboť ji uživatel odebere, užije a tím její existence končí.“

TUV se dá získat zejména dvěma základními způsoby: průtokovým ohřivačem či akumulací v zásobníku. Ohřev průtokovým ohřivačem spočívá v průtoku vody v hustém systému kanálků skrz kombinovaný kotel či karmu, kde je voda přímo ohřívána a rovnou vedena k uživateli. V tomto systému je nevýhodou, že k ohřevu vody dochází pozvolna. Rozvody tedy nejdříve odtéká studená voda a až po čase přiteče voda teplá.

Naproti tomu při ohřevu formou akumulace v zásobníku je teplá užitková voda zahřívána ve vnějším zdroji, naakumulována v nádobě či zásobníku a odtud může být v případě potřeby dále čerpána pomocí čerpadla k uživateli. Voda pro uživatele je tedy teplá ihned, což přispívá k vyššímu komfortu bydlení. Při větších vzdálenostech odběrného místa od zdroje vytápění je vhodné použít cirkulaci teplé vody pomocí smyčky potrubí.

Zdroj energie pro vytápění a ohřev teplé vody můžeme rozdělit na 4 základní zdroje:

- **tuhá paliva (uhlí, palivové dřevo),**
- **plynná paliva (propan butan, zemní plyn),**
- **elektrická energie,**
- **alternativní zdroje (biomasa, fotovoltaika, tepelná čerpadla).**

5.4.3. Tuhá paliva

V poslední době, zejména z důvodu citelného nárůstu ceny elektrické energie, se někteří drobní investoři začínají vracet ke klasickému vytápění pomocí tuhých paliv (hnědé a černé uhlí, dřevo). Ekologičtěji smýšlející majitelé uvažují spíše o vytápění poměrně moderními ekologickými obnovitelnými palivy jako např. štěpka, pelety či brikety. Na trhu se objevují kotle, které jsou schopny spalovat více druhů paliv (uhlí, dřevo, pelety, brikety apod.) Pokud však v kotli určeném primárně na obnovitelné zdroje topíme uhlím, snížíme tím jeho účinnost. (Obr. 39)

Obr. 39 Kotel určený ke spalování více typů paliv

Zdroj: www.tvstav.cz

U kotlů na pevná paliva je mnohem více, než u ostatních zdrojů tepla, důležitý správný výkon kotle. Vhodný kotel do jednotlivých novostaveb buď navrhne projektant a nebo jej vybereme po konzultaci s prodejcem. Správný výkon kotle je velmi důležitý zejména z důvodu účinnosti. Příliš výkonný kotel může způsobit dehtování a tedy snižování účinnosti. Investor by také neměl zapomínat na fakt, že po roce 2022 budou muset všechny kotle na tuhá paliva splňovat emisní třídu 3, kterou v současné době splňuje pouze část těchto kotlů.

Účinnost kotle na tuhá paliva se obvykle pohybuje někde mezi 70 - 90%. Nižší hranici účinnosti dosahují zejména klasické manuálně doplňované kotle. Naopak nejvyšší účinnost mají obvykle kotle plně automatické a kotle ekologické (na dřevní či alternativní paliva).

5.4.3.1. Hodnocená tuhá paliva

Tuhých paliv je v současnosti celá řada, pro potřeby této analýzy budu hodnotit zejména černé uhlí, které je v současné době používáno nejen jako palivo pro získávání tepla a energie u velkých elektráren, ale v celém průmyslu. Někteří majitelé rodinných domků, zejména v hůře přístupných oblastech, jej využívají jako palivo do kotlů. Jedná se o poměrně levnou surovinu, jež má vysokou výhřevnost kolem

23 GJ/tunu. Vzhledem k jejímu omezenému množství se považuje za neobnovitelný zdroj energie.

Podobně je na tom i hnědé uhlí, které je méně kvalitní (často obsahuje mnoho síry, popelovin nebo vody) a je používáno především jako zdroj pro velké elektrárny. Má nižší výhřevnost kolem 18 GJ/tunu, ale je levnější než černé uhlí.

5.4.3.2. Automatický kotel na tuhá paliva

Automatický kotel ušetří svému majiteli celou řadu starostí např. s doplňováním paliva, čištěním a vynášením popela. U takového kotle je třeba pouze jednou za čas doplnit zásobník s palivem a vysypat popel. Je tedy pro uživatele velmi komfortním způsobem vytápění, bohužel je trochu hlučnější, podobně jako všechny kotle na tuhá paliva, a může se zanášet. Vyžaduje tedy občasnou údržbu.

5.4.3.3. Ceny jednotlivých kotlů na tuhá paliva

Automatický kotel je poměrně dražší než kotle klasické. Nabídky prodejců se pohybují v rozpětí 60 – 200 tisíc Kč zejména dle výkonu. Obvykle se však ceny pohybují kolem 70 – 80 tisíc Kč. Pokud bychom se však rozhodli zakoupit kotel s manuální obsluhou, můžeme se dostat i na pořizovací cenu od 15 - 30 tisíc Kč. Cena poté roste úměrně s kvalitou. Pokud bychom zvolili kotle ekologické na pelety, cena vystoupá na hodnoty kolem 80 - 100 tisíc Kč. Ceny výrobců se dle aktuální ekonomické situace na trhu a nabídkových akcí velmi liší.

5.4.4. Zemní plyn

Technologie přeměny zdrojů tepla na energii potřebnou k vytápění zaznamenala velký krok kupředu zejména v oblasti plynových spotřebičů. Velké národní i nadnárodní společnosti v předchozích letech investovali velké finanční prostředky na rozvoj těžby a efektivnější využívání zemního plynu. V Severní Americe i v několika lokalitách v Evropě se začalo těžit velké množství tzv. Břidlicového plynu. Spojené státy americké očekávají, že do roku 2020 bude Břidlicový plyn uspokojovat více než 50% poptávky celé Severní Ameriky. Je těžké odhadovat vývoj cen komodit, avšak na základě této skutečnosti, můžeme reálně předpokládat v blízké budoucnosti stagnaci, v pesimistické vizi pouze malý nárůst ceny zemního plynu.

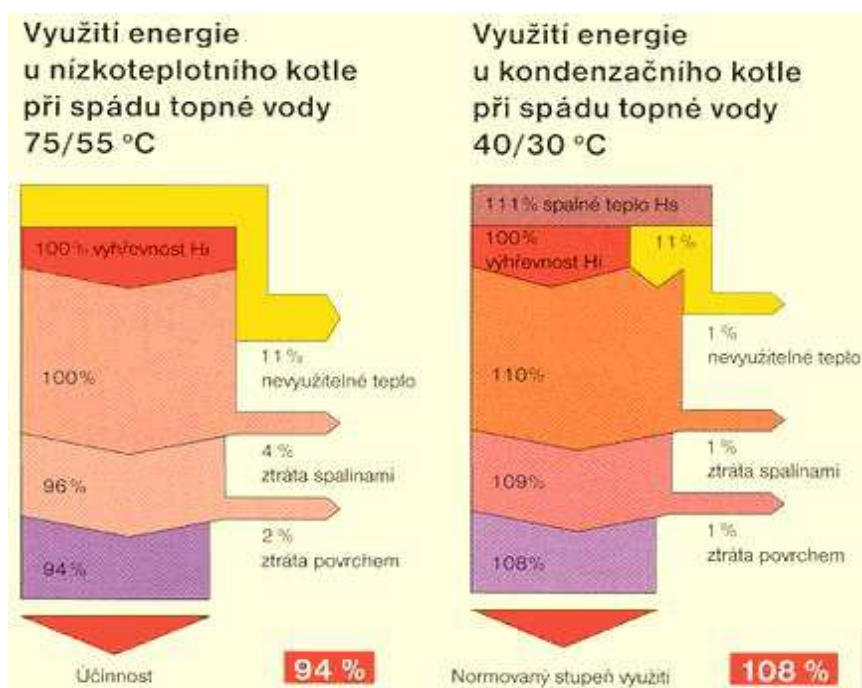
5.4.4.1. Plynový kondenzační kotel

Pokud bychom zakoupili klasický plynový kotel, bude docházet ke ztrátám tepelné energie při spalování. V případě využití plynového kondenzačního kotle se však tato energie neztratí a můžeme ji využít. Plynové kotle je vhodné kombinovat s nízkoteplotním vytápěním (např. podlahové topení).

Princip zjednodušeně spočívá v kondenzaci. Horké spaliny jdou do speciálního výměníku, kde předají teplo topné vodě. (Obr. 40) Často se u kotlů uvádí účinnost vyšší než 100%, jedná se však nikoliv o účinnost ale tzv. normovaný stupeň využití. Reálná účinnost kondenzačních kotlů se pohybuje na hranici kolem 97 - 98%.

Jako topné médium můžeme v plynovém kotli používat jak zemní plyn, tak i zkapalněný propan nebo propan–butan, nutná je pouze úprava hořáku. Plynový kondenzační kotel je velmi komfortní, tichý a efektivní způsob vytápění a ohřevu teplé vody. Může být umístěn například na chodbě nebo dokonce i v kuchyni. Nevýhodou je však nutnost přípojky či zásobníku na zkapalněný plyn a odkouření pro kotel.

Obr. 40 Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu:



Zdroj: www.tzb-info.cz

Konstrukčně nelze plynové kondenzační kotle připojit klasicky na komín, jelikož chladné spaliny z kotle nevytvoří přirozený tah. Proto je nutné instalovat speciální systém odvodu spalin pro kondenzační kotle. Pokud to prostory v domě dovolí, může kotel nasávat vzduch potřebný pro spalování přímo v místnosti, kde je umístěn bez externího zásobování vzduchem.

5.4.5. Elektřina

Vytápění formou elektrické energie lze všeobecně považovat za jednu z nejkomfortnějších. Získání připojení od distributora energií bývá někdy náročné, ale každý objekt je nakonec připojen. Elektrická energie je základní druh energie, na kterém jsou moderní domácnosti i celá novodobá civilizace naprosto závislé. Mezi hlavní přednosti elektrického vytápění patří komfort, minimální hlučnost, žádné odpady, jednoduchost připojení a v případě elektrokotle i nízké pořizovací náklady. Elektrické vytápění na rozdíl od ostatních druhů vytápění nepotřebuje komín ani speciální přípojku či prostory pro skladování paliva.

Obchodník s elektřinou často umožňuje připojení na speciální dvoutarifové sazby, které zajišťují po většinu dne čerpání energie za nižší sazbu. V případě elektrokotle je tato nižší sazba čerpána po 20 hodin denně, v případě tepelného čerpadla dokonce až 22 hodin. Vzhledem ke skutečnosti, že každá domácnost využívá elektřinu na osvětlení, televize, spotřebiče a běžný provoz domu, umožňuje tato snížená sazba redukovat náklady na elektrickou energii nejen za vytápění, ale i pro celý provoz objektu.

5.4.5.1. Přímotopy

Pořízení přímotopného elektrického zdroje tepla, je zároveň provozně nejdražším způsobem vytápění, a proto pro člověka, ekonomicky i ekologicky smýšlejícího, je to způsob zcela nepřijatelný. Výjimku tvoří stavebníci pasivních a nulových domů, kde vzhledem k téměř nulové potřebě energie na vytápění, jsou přímotopy vzhledem ke své technologické nenáročnosti a velmi nízké vstupní investici (cca Kč 2000,- za jeden radiátor) ekonomicky výhodná. Vzhledem k charakteru posuzovaného objektu nebude tento zdroj vytápění ve výpočtu uvažován.

5.4.5.2. Elektrokotel

Elektrokotel (Obr. 41) nabízí jedno z nejkomfortnějších způsobů vytápění objektu. Obyvatelé rodinného domu nemají žádné starosti s přikládáním paliva, zajištění odvodu spalin nebo vynášení popela. Majitelé si však za tento komfort značně připlatí. Pořizovací náklady jsou sice nízké (obvykle kolem 20 - 30 tisíc), avšak jejich instalace do špatně izolovaných objektů, kde jsou vysoké ztráty tepla, se elektrokotel z ekonomického hlediska vůbec nehodí. Vlastníci elektrokotle mohou alespoň využít výhody nižších tarifů pro dodávky elektrické energie.

V dobře zateplených novostavbách se náklady na vytápění snižují a převažují jiná kladná kritéria jako: dlouhá životnost, komfort pro uživatele, jednoduchá regulovatelnost, minimální hlučnost, žádná prašnost i nároky na skladovací prostory, není třeba zbudovat novou přípojku či komín, či získání nižšího tarifu od obchodníka z elektřinou po dobu 20 hodin denně. Vzhledem ke své tichosti může být umístěn například na chodbě či v koupelně. Jedinou významnou nevýhodou jsou vysoké provozní náklady, které lze však snížit vhodně navrženým projektem s krátkými tepelně izolovanými rozvody tepla.

Obr. 41 Elektrokotel



Zdroj: www.alltechsro.cz

5.4.6. Alternativní zdroje vytápění

5.4.6.1. Fotovoltaický zdroj energie

Způsob vytápění objektu či ohřev teplé vody pomocí solárních panelů umístěných na střeše objektu, získává poslední dobou mezi uživateli na velké popularitě. Státem zaručená výkupní cena za takto vyrobenou energii v minulých letech, udělala z fotovoltaické energie velmi výnosný způsob podnikání. Není proto divu, že celá řada drobných investorů chtěla této příležitosti využít a počet domů se solárními panely na střechách dramaticky vzrostl.

Nyní již není tento způsob zdroje energie příliš podporován a v očích veřejnosti je spíše vnímán negativně v rostoucí ceně elektrické energie z důvodu zákonného příspěvku na obnovitelné zdroje. V našich zeměpisných oblastech se roční zisk slunečního záření pohybuje kolem 900 kWh na m²/rok (Heinloth, 2003). Většina této energie je získávána během léta. V ostatních ročních obdobích již takových energetických zisků nedosahujeme a z mého pohledu by se dalo konstatovat, že v současné době se solární panely hodí spíše do jižnějších států, kde je intenzita slunečního svitu vyšší.

Solární panely spolu s ostatními nutnými doplňky jsou velmi drahé a je vhodné je využít pouze jako doplňkový zdroj energie v kombinaci s jiným hlavním zdrojem vytápění. Vzhledem ke svým velmi vysokým vstupním nákladům a nevhodnosti jako hlavní zdroj energie na vytápění nebudou dale hodnoceny.

5.4.6.2. Automatický kotel na biomasu

Kotle na biomasu patří do širší skupiny kotlů na tuhá paliva. Pro tyto ekologické kotle je většinou specifikováno konkrétní palivo. Jedná se tedy převážně o kotle určené pro 1 druh paliva. Díky této specializaci jsou kotle vysoce účinné. Na trhu se objevují i univerzálnější zařízení pro více druhů paliv, ovšem nedosahují takové účinnosti jako jednodruhové kotle. Tyto ekologické kotle byly v posledních letech finančně zvýhodňované díky různým formám dotací.

Tab. 4 Množství získané energie z obnovitelných zdrojů

	Hrubá výroba elektřiny (MWh)	Podíl na elektřině z OZE (%)	Podíl na hrubé výrobě elektřiny (%)
Vodní elektrárny	2 734 740	29,38%	3,14%
MVE < 1 MW	478 721	5,14%	0,55%
MVE 1 až < 10 MW	614 803	6,60%	0,71%
VVE ≥ 10 MW	1 641 216	17,63%	1,89%
Biomasa celkem	1 683 272	18,08%	1,93%
Palivové dříví	190	0,00%	0,00%
Štěpka apod.	787 970	8,46%	0,91%
Celulóznové vyluhy	623 117	6,69%	0,72%
Neaglom. rostlinné materiály	104 445	1,12%	0,12%
Pelety a brikety	165 045	1,77%	0,19%
Ostatní biomasa	0	0,00%	0,00%
Kapalná biopaliva	2 505	0,03%	0,00%
Bioplyn celkem	2 293 593	24,64%	2,63%
Komunální ČOV	90 206	0,97%	0,10%
Průmyslové ČOV	8 800	0,09%	0,01%
Bioplynové stanice	2 083 546	22,38%	2,39%
Skládkový plyn	111 041	1,19%	0,13%
Biologicky rozložitelná část TKO	83 842	0,90%	0,10%
Biologicky rozl. část PRO a ATP	104	0,00%	0,00%
Větrné elektrárny	480 519	5,16%	0,55%
Fotovoltaické elektrárny	2 032 654	21,84%	2,33%
Celkem	9 308 724	100,00%	10,69%

Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu – výroční zpráva za rok 2013

Pro zachování komfortu jsou vhodné automatické kotle, které se svou nenáročností na obsluhu mohou rovnat kotlům plynovým či elektrickým. Dle Tab. 4 můžeme zjistit, že biomasa tvoří významný podíl ve výrobě energie z obnovitelných zdrojů (téměř 18%) a dle výroční zprávy Ministerstva průmyslu a obchodu se z biomasy vyrobilo téměř 1,7 milionu MWh hrubé elektřiny, zejména u rodinných domků a domácností. Mezi nejvyužívanější paliva pro ekologické kotle či vícepruhové kotle se využívá:

- **pelety,**
- **štěpka,**
- **brikety,**
- **palivové dřevo.**

Pelety jsou drobné vylisky z dřevních nebo rostlinných zbytků (cca do 5 cm), mají nízký obsah vody (do 10 %) a popele (dřevní do 1 %). Pelety se musí vyrábět strojově, není možné nasbírat v lese. Jejich výhřevnost je kolem 18 MJ/kg. Jsou vyráběny ve formě slisovaných granulí (Obr. 42) a měli by se spalovat ve speciálních

kotlích. Jedná se o velmi ekologický a při automatizaci komfortní způsob vytápění, ovšem s požadavky na skladování.

Obr. 42 Granulované pelety

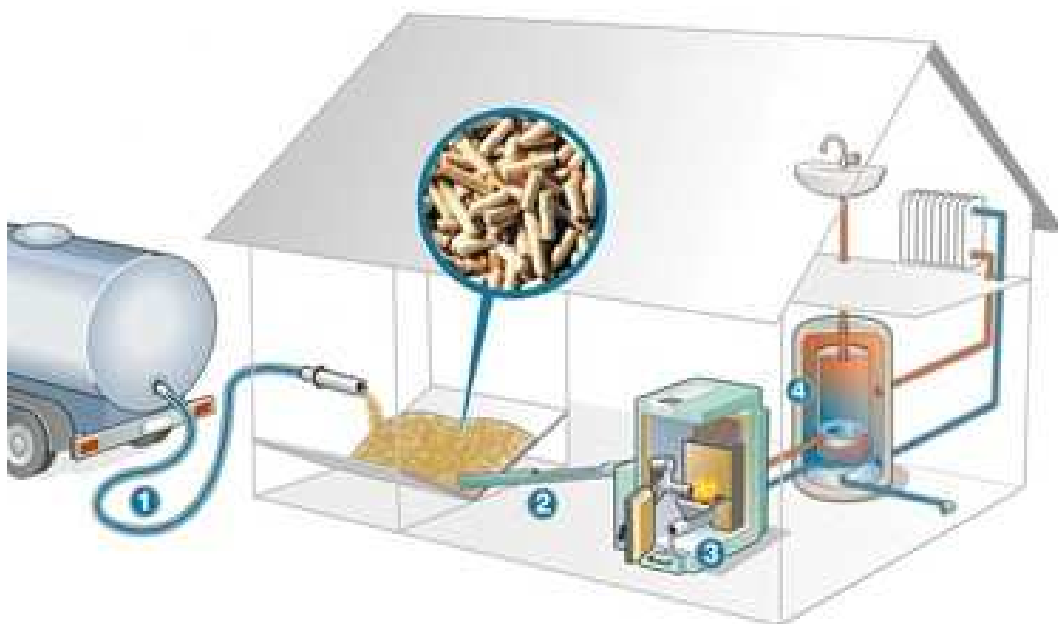


Zdroj: firemní článek na www.oze.tzb-info.cz

Štěpka je alternativní palivo vzniklé drcením zbytků dřeva (odpad těžby nebo zpracování dřeva). Má nižší výhřevnost z důvodu vyšší vlhkosti. Má nižší výhřevnost než pelety nebo brikety (12 MJ/kg) V současné době se však jedná o nejpoužívanější zdroj ekologické energie v České republice pro drobné stavebníky.

Brikety jsou stejně jako pelety ekologický materiál, s podobnou výhřevností a složením. Jsou vyráběny pomocí lisování v délkách kolem 30 cm.

Mezi hlavní nevýhody těchto ekologických paliv patří náročné skladování. Roční potřeba pro průměrný rodinný dům činí něco mezi 6 - 8 tunami biomasy. Musíme tedy v domě vyhradit poměrně velké prostory ke skladování paliva. Varianta zásobování automatického kotle je zobrazeno na Obr. 43

Obr. 43 Zásobování automatického kotle na pelety

Zdroj: Firemní článek na www.oze.tzb-info.cz

5.4.6.3. Manuální kotel na palivové dřevo

Palivové dřevo je všeobecně považováno za nejlevnější způsob vytápění, jedná se o nejběžnější biomasu, která má výhřevnost velmi podobnou s hnědým uhlím (15 MJ/kg). Tvrdé dřevo je vhodné k dlouhému hoření v kotli, zatímco měkké dřevo se využívá spíše na zatápění, nebo v případě potřeby rychlého vytopení místnosti. Veškeré alternativní paliva je po spálení možné použít jako hnojivo.

Moderní manuální kotel na palivové dřevo (Obr. 44) má nižší pořizovací náklady než ostatní kotle na alternativní paliva a je možné jej vhodně kombinovat s doplňkovými zdroji tepla, zejména v letním měsících. Největší komplikace s tímto palivem vznikají v prostorové náročnosti na skladování. Dřevo musí vysychat minimálně 2 roky a na běžnou spotřebu rodinného domku je třeba uskladnit kolem 7-9 tun palivového dřeva. V případě nákupu dřeva od dodavatelů je možné zajistit již dostatečně vysušené dřevo, ovšem pouze za významně vyšší cenu. Při vytápění a ohřevu teplé vody v dobře izolovaného objektu se jedná o jeden z nejlevnějších způsobů zdroje tepla.

Obr. 44 : Zplynovací kotel na dřevo

Zdroj: www.biom.cz

5.4.6.4. Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je vhodné jak pro vytápění objektu tak pro ohřev TUV. Ačkoliv je tepelné čerpadlo závislé na dodávce elektřiny, tak je vedeno jako obnovitelný zdroj energie. Dokáže totiž na 1 díl dodané elektřiny vyrobit díly 3. (Obr. 45) Tento jedinečný postup dělá z tepelného čerpadla ekologický zdroj vytápění a ohřevu teplé vody. Čerpadlo získává energii buď ze vzduchu, vody nebo ze země. V našich klimatických podmínkách čerpadlo získává nejčastěji energii ze vzduchu.

Nevýhodou tohoto zdroje je jeho vysoká pořizovací cena, která v kombinaci s odbornou instalací zařízení do objektu stojí zřídka kdy méně než Kč 200 000,-. Vzhledem k vysokým investičním nákladům je velmi důležité správné dimenzování čerpadla. Obvykle se pořizuje čerpadlo s výkonem, který pokryje 70 – 80 % tepelných ztrát objektu. Ve velmi chladných dnech energetický faktor čerpadla značně klesá a proto se obvykle doplňuje elektrokotlem.

Tepelné čerpadlo vzduch – voda se skládá ze 3 hlavních částí. Vnitřní jednotky, zásobníku a venkovní jednotky (Obr. 45). Venkovní jednotka potřebuje mít vlastní

základ a je poměrně hlučná. Z těchto důvodů není tento typ čerpadla vhodný například do řadové zástavby rodinných domů.

I přes tyto značné nevýhody zůstává aktuálně teplené čerpadlo neekonomičtější způsob vytápění s nejnižšími provozními náklady. Náklady se uživateli snižují též za elektřinu spotřebovanou v celém objektu, nejen na vytápění a ohřev TUV. U distributora elektrické energie je totiž možné požádat o nižší tarif, který platí 22 hodin z každého dne. Provoz čerpadla je také velmi čistý a pohodlný, téměř bez potřeby údržby a vzhledem k využívání energie ze vzduchu i velmi ekologický způsob vytápění.

Obr. 45 Venkovní jednotka tepelného čerpadla



Zdroj: en.revel-pex.com

5.4.7. Doplnkové zdroje tepla

Typickým doplňkovým zdrojem tepla v rodinném domku jsou krby. Ve většině případů jsou určeny ke spalování dřeva, mají však často velmi nízkou energetickou účinnost (zejména z důvodu nedokonalého spalování paliva), a proto se používají převážně jako doplňkový zdroj vytápění, nebo jako estetický doplněk do obývacích pokojů.

U pasivních domů či dokonce téměř nulových nejsou příliš doporučovány, jelikož vyžadují větší množství doplňkových stavebních úprav pro zajištění vzduchotěsnosti v objektu. U nízkoenergetických či klasických objektů jsou však běžné a pro řadu uživatelů představují základní součást rodinného domu. V případě dobré dostupnosti většího množství dřeva se jedná o velmi levný a nezávislý zdroj pro vytápění objektu.

6. ROZHODOVACÍ PROCES – Multikriteriální hodnocení

6.1. Rozhodovací proces

6.1.1. Definice rozhodovacího problému

Vzhledem k velmi široké nabídce materiálů a variant konstrukcí či forem vytápění, je vhodné vytvoření multikriteriálního rozhodovacího procesu ve věci nejvhodnějšího výběru variant obvodových konstrukcí, střešních konstrukcí, volby oken a forem vytápění objektů určených k bydlení. Tento rozhodovací model je možné využít jak pro projektanty, tak pro potenciální investory. Důležitým parametrem pro rozhodování je anketa, ve které si potenciální investoři určí pro jednotlivá kritéria konstrukcí a formy vytápění své osobní preference a váhy.

Za pomoci rozhodovacího modelu pomocí multikriteriálního hodnocení zpracovaného v programu MS Excel, je pak možné velmi rychle a přehledně vybrat ty nejvhodnější materiály, konstrukce či formy vytápění. Rozhodování volby jednotlivých konstrukcí či variant vytápění v rodinných domech je velmi komplikované a subjektivní pro každý konkrétní projekt. Je třeba zvážit velké množství okolností jako např.:

- **směřování pozemku ke světovým stranám,**
- **lokalita, kde se objekt nachází,**
- **možnost připojení k veřejnému plynovodu,**
- **možnost připojení k soustavě nízkého napětí,**
- **možnost připojení solárních panelů a případná produkce energie do sítě,**
- **regulační plán obce případně jiná omezení během výstavby,**
- **velikost pozemku,**
- **finanční možnosti investora,**
- **geometrie navrženého objektu,**
- **cena nemovitosti + forma financování.**

Průběh rozhodovacího procesu začíná ve chvíli, kdy se investor rozhodne postavit nový rodinný dům v nízkoenergetickém standartu (Tab. 5), či jiný objekt k bydlení

a osloví projektanta. Ten na základě jednoduché analýzy klientových představ pomocí ankety zjistí důležitost jednotlivých kritérií pro investora a zadá hodnoty do připraveného programu MS Excel.

Na začátku každého hodnocení je pro přehlednost vypracován strom kritérií, kde je přehledně graficky znázorněna struktura jednotlivých kritérií. Ze stromu kritérií lze vyčíst, které globální kritéria respondenti preferují (ekonomické, technické, environmentální apod.).

Pro hodnocení výsledku pomocí MS Excel použijí nejdříve určení vah kritérií dle hodnocení vzorku investorů za pomoci tří metod a to párového porovnání, Saatyho metody a Metody alokace 100 bodů. Následně budou jednotlivá kritéria hodnotit za pomoci hodnot určených z výběru variant vytápění. Pro toto hodnocení použijí 2 metody a to: Bodovací metodu s vahami a Metodu bazické varianty (Frechetovu metodu).

Tab. 5 Roční spotřeba energií RD Svárov

	Roční spotřeba energie na vytápění		Roční potřeba energie	
Klasická novostavba	110	kWh/m ² a	20020	kWh
Nízkoenergetický dům	50	kWh/m²a	9100	kWh
Pasivní dům	15	kWh/m ² a	2730	kWh
Téměř nulový dům	5	kWh/m ² a	910	kWh

Zdroj: autor

V rámci multikriteriálního hodnocení budou posuzovány tyto konstrukce či varianty:

- **obvodové konstrukce,**
- **výplně otvorů – okna,**
- **konstrukce střechy,**
- **způsob vytápění a ohřev teplé vody.**

6.1.2. Určení váhy kritérií

Váhy pro jednotlivá kritéria byla získána pomocí dotazníkového šetření mezi skupinou 43 respondentů ve věkové skupině 25 – 35 let, tedy mezi potenciálními investory. Forma dotazníkového šetření byla vybrána z důvodu zjištění reálné představy o významnosti jednotlivých kritérií mezi potenciálními investory. Dotazník probíhal částečně pomocí jednoduché ankety, kde respondenti určily kritéria, která je u jednotlivých konstrukcí zajímají a ve druhé části provedli párové porovnání, určily významnosti mezi variantami (nutné pro Saatyho metodu) a přiřadily k jednotlivých kritériím body pomocí Metody alokace 100 bodů.

Respondenti vyplňovali předpřipravené tabulky nezávisle na sobě bez odborných znalostí, pouze dle vlastního pocitu a preferencí. Je nutné zdůraznit, že tento postup je v praxi nevhodný, jelikož každý investor má svá specifická privilegia a přání. Je proto vhodnější dělat dotazníkové šetření vždy pro každého jednotlivého klienta individuálně, dle jeho preferencí. Jedině tak může být model využit efektivně, právě pro daného respondenta. Pro účely diplomové práce jsou výsledky brány jako aritmetický průměr ze všech 43 dotazníků.

6.1.3. Metody stanovení vah kritérií

6.1.3.1. Párové porovnání

Tato metoda se využívá k určení vah kritérií pomocí porovnání jednotlivých kritérií mezi sebou, a to metodou “každý s každým”. Za pomocí této metody se určují preferenční vztahy jednotlivých dvojic kritérií. Při vyhodnocení se spočte množství preferencí a následně podělí součtem všech preferencí. Získáme tak váhu pro každé jednotlivé kritérium. Výsledky tohoto porovnání jsou však nepřesné, jelikož i při 100% preferenci pořizovací ceny oproti ostatním kritériím, se váha kritéria nemůže dostat nad hodnotu 0,2. Tato metoda je základem pro podrobnější Saatyho metodu.

6.1.3.2. Saatyho metoda

Tato metoda je mnohem sofistikovanější nežli párové porovnání, ačkoliv právě z něj v základu vychází. Princip určení vah kritérií spočívá ve dvou krocích. Nejdříve provedeme párové porovnání, ale zároveň s ním určíme, jak moc je jedno kritérium významnější než druhé za pomocí deskriptorů (Tab. 6).

Tab. 6 Deskriptory podle Saatyho

Počet bodů	Deskriptor
1	Kriteria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Poznámka : Hodnoty 2, 4, 6, 8 lze využít k jemnějšímu rozlišení velikosti preferencí dvojic kritérií.

Zdroj: <http://kds.vsb.cz>

Za pomoci této metody získáme trojúhelníkovou část matice s velikostmi preferencí. Tato metoda je již podstatně přesnější než párové porovnání.

6.1.3.3. Metoda alokace 100 bodů

Základem této metody je, že hodnotitel má k dispozici přesně 100 bodů, které musí rozdělit na základě svého subjektivního názoru mezi jednotlivá kritéria v souladu s jejich významností. Váha (nenormovaná) každého kritéria je určena počtem přidělených bodů, přičemž hodnotitel musí dbát na to, aby součet bodů přidělený všem kritériím byl roven právě 100. Tato metoda určení vah kritérií je pro celkové porovnání přesnější a ukázala na velkou odlišnost priorit mezi jednotlivými respondenty. Tato metoda je poměrně přesná a vyjadřuje nejvíce priority respondentů. Získané hodnoty byly dosaženy pomocí ankety mezi respondenty a aritmeticky zprůměrovány. Výsledné průměrné hodnoty jsou vyděleny 100 a uvedeny v závěrečné tabulce shnutí vah ve sloupci „Anketa“.

6.1.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií (Tab. 7)

Je aritmetickým průměrem tří metod určení vah kritérií. Párového porovnání, Saatyho metody a Metody alokace 100 bodů. Výsledný aritmetický průměr určuje kromě vah i pořadí důležitosti jednotlivých kritérií pro respondenty. Je důležité i počítat s rizikem, které přináší určení váhy mezi úzkým okruhem respondentů. Nelze tvrdit, že dané hodnocení kritérií je neomylné. Každý respondent je jinak informovaný a po zjištění dalších informací o materiálech může své názory změnit. Riziko představuje rozptyl výsledného hodnocení.

Tab. 7 Shrnutí vah kritérií - VZOR

Název kritéria	Číslo kritéria	Váha kritéria			Průměr	Pořadí
		Párové porovnání	Saatyho metoda	Anketa		
Poživovací cena	1	0,2	0,287	0,224	0,237	1.
Vzduchová neprůzvučnost	2	0,156	0,237	0,141	0,185	2.
Životnost konstrukce	3	0,156	0,147	0,118	0,140	3.
Údržba	4	0,133	0,102	0,097	0,111	4.
Rychlost výstavby	5	0,111	0,076	0,089	0,092	5.
Riziko škůdců	6	0,089	0,057	0,086	0,077	6.
Na klíč x svépomocí	7	0,067	0,039	0,078	0,061	7.
Požární odolnost	8	0,067	0,027	0,074	0,048	8.
Tloušťka konstrukce	9	0,022	0,018	0,054	0,031	9.
Obnovitelný materiál	10	0	0,011	0,039	0,017	10.

Zdroj: autor

6.1.4. Hodnocení variant kritérií

Po určení váhy jednotlivých kritérií je možné, za pomoci připraveného modelu v programu MS Excel, jednotlivé varianty zhodnotit. Do procesu rozhodování je vždy vybráno šest až sedm typů konstrukcí či variant vytápění dle výběru respondentů. Detailní popis jednotlivých konstrukcí je popsán v části 5 této diplomové práce. Vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou shrnuty v jednotlivých informativních tabulkách vstupních hodnot na začátku každého hodnocení.

Tab. 8 Tabulka vstupních hodnot - VZOR

Název materiálu	Pořizovací cena	Rychlost výstavby	Obnovitelný materiál	Tloušťka v cm	Životnost konstrukce
Heluz family 2in1 38 broušená	mírně dražší	průměrná	částečně	38	vysoká
Heluz family 50 broušená	průměrná	průměrná	recyklovatelný	50	vysoká
Heluz Plus 30 uni + 140 mm EPS	levná	pomalá	částečně	45	střední
Ytong Theta+ 500	dražší	rychlejší	recyklovatelný	50	vyšší
Velox ZL 40	drahé	rychlejší	částečně	40	vyšší
Montovaná dřevostavba	drahé	velmi rychlá	většina	30	nižší

Zdroj vytápění	Riziko škůdců	Stavba svépomoc	Požární odolnost	Údržba	Vzduchová neprůzvučnost
Heluz family 2in1 38 broušená	žádné	vhodná	vyšší	minimální	41 dB
Heluz family 50 broušená	žádné	vhodná	velmi vysoká	minimální	43 dB
Heluz Plus 30 uni + 140 mm EPS	malé	možná	vysoká	minimální	48 dB
Ytong Theta+ 500	žádné	vhodná	velmi vysoká	minimální	45 dB
Velox ZL 40	malé	možná	průměrná	minimální	49 dB
Montovaná dřevostavba	malé	nemožná	nadprůměrná	střední	47 dB

*Obvodová stěna vhodná pro nízkoenergetický dům

Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdroj: autor

Samotné multikriteriální hodnocení bude realizováno pomocí dvou metod:

- **metoda bodovací s vahami,**
- **metoda bazické varianty (Frechetova metoda).**

6.1.4.1. Metoda bodovací s vahami

Metoda, jinak známá též jako Metfeselova alokace, v níž každému kritériu přiřadíme určité množství bodu pomocí hodnotitelů (Tab. 9) na základě tabulky vstupních hodnot (Tab. 8). Tato metoda je velmi jednoduchá, ale přesná. Velmi záleží na odborných znalostech hodnotitele. Je možné dát stejné hodnoty více kritériím. Hodnocení se skládá ze dvou tabulek. V první tabulce jsou dle hodnotitelů přiřazena bodová hodnocení jednotlivých variantám a ve druhé tabulce jsou vynásobeny vahou, zjištěnou dle ankety mezi vybranými respondenty (viz část 6.1.3). Výsledné hodnoty určují pořadí jednotlivých variant s tím, že nejvyšší součet je nejlepší.

Tab. 9 Hodnotitelé (1-10)

1 - vůbec neplní kritérium	6 - dobře plní kritérium
2 - mimořádné špatně plní kritérium	7 - velmi dobře plní kritérium
3 - velmi špatně plní kritérium	8 - velmi kvalitně plní kritérium
4 - špatně plní kritérium	9 - výborně plní kritérium
5 - přijatelně plní kritérium	10 - absolutně plní kritérium

Zdroj: <http://kds.vsb.cz>

6.1.4.2. Metoda bazické varianty

Nebo též metoda nejlepších hodnot či tzv. Frechetova vzdálenost. Jedná se o hodnotící metodu, která je založena na bodovém ohodnocení pomocí hodnotitelů, stejně jako v předchozí metodě. V další části je pro každé kritérium určen ethalon optima (kvalitativně nejlepší varianta dle hodnotitelů 1-10 či nejlepší kvantitativní hodnota), spočtena směrodatná odchylka a proveden výpočet. Tato metoda není příliš subjektivní, ale zakládá se zejména na výpočtu. Výstupem z tohoto modelování je určení pořadů hodnocených variant, kde nejmenší součet hodnot je nejlepší varianta.

6.2. Obvodové konstrukce

6.2.1. Definování kritérií

Každá jednotlivá obvodová konstrukce má své typické vlastnosti a charakteristiky. Kritéria pro tuto diplomovou práci byla vybrána pomocí dotazníkového šetření mezi 43 respondenty. Z uvedených kritérií byl vybrán souhrn deseti, které se nejčastěji objevovaly v průzkumu, a to:

- pořizovací cena,
- vzduchová neprůzvučnost,
- životnost konstrukce,
- údržba,
- rychlost výstavby,
- riziko škůdců,
- Na klíč x svépomocí,
- požární odolnost,
- tloušťka konstrukce,
- obnovitelný materiál.

Pořizovací cena je nejčastěji uváděným parametrem v dotazníkovém šetření. V rámci kategorie svíslé obvodové konstrukce se jedná o veškeré stavební náklady na postavení konstrukce, včetně případného zateplení, nutného příslušenství, stavebních prací, materiálu, včetně omítek a povrchových úprav. Do ceny nejsou započteny případné finanční náklady na úvěr či pojištění. Ceny jsou brány jako průměrné a jsou získány pomocí poptávky u vybraných dodavatelů. Pro porovnání je určena jako konstrukce s průměrnou cenou varianta Heluz family 50.

Vzduchová neprůzvučnost je uvedena v decibelech (dB), bez omítek a povrchových úprav. Pro rodinný dům je definována normou ČSN 73 0532 [32] v minimální výši $R_w = 42$ dB. Spolu s omítkou a povrchovou úpravou všechny konstrukce vyhovují.

Životnost konstrukcí je získána z technických listů jednotlivých vybraných výrobků a ze zkušeností uživatelů. Všeobecně platí skutečnost, že zděná konstrukce vydrží déle nežli konstrukce dřevěná.

Údržba je činnost uživatele, kterou musí vynaložit pro zachování výrobcem udávaných vlastností materiálu a jeho životnosti. U všech variant konstrukcí mimo dřevostavbu jsou nároky na údržbu minimální.

Rychlost výstavby věcně souvisí i s náklady na danou konstrukci. Čím je konstrukce postavena rychleji, tím má investor nižší režijní náklady. Pro porovnání je jako standardní rychlost výstavby uvažováno zdění keramických tvárnic bez izolace.

Riziko škůdců a plísní či jiných mikroorganismů je hodnoceno dle náchylnosti jednotlivých materiálů v konstrukcích na tato rizika. Dřevěné konstrukce jsou nejvíce ohroženy vlhkostí a škůdci, kontaktní zateplovací systém zase možností proražení izolantu od ptactva.

Na klíč x svépomocí. Toto kritérium hodnotí možnost stavby obvodové konstrukce vlastními silami investorů, bez pomoci dodavatelské stavební firmy. Pro některé konstrukce je stavba svépomocí vhodná, pro jiné zase nevhodná pro technologickou náročnost a záruku.

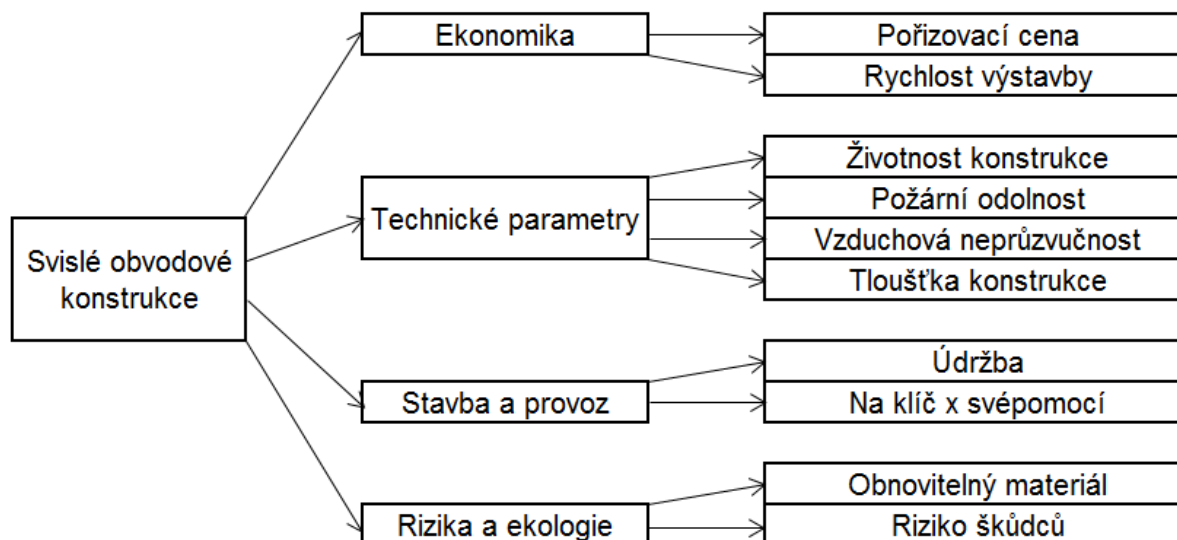
Požární odolnost porovnává jednotlivé konstrukce z hlediska požární ochrany objektu. Všechny konstrukce vyhovují požadovaným hodnotám pro obvodové zdivo rodinných domků, některé konstrukce mají dokonce několikanásobně větší požární odolnost než je pro rodinné domy vyžadována.

Tloušťka konstrukce uvádí jakou šířku má obvodová konstrukce včetně izolantu i povrchové úpravy jak z exteriéru, tak z interiéru. (uvažována klasická štuková omítka, z exteriéru akrylátová omítka). Čím tenčí konstrukce, tím musí být lepší izolant. Investor však získá při stejné zastavěné ploše cenné centimetry v interiéru navíc.

Za **Obnovitelný materiál** se dá považovat takový materiál, který je možné v přírodě obnovit (dřevo může znovu vyrůst). Keramické tvárnice a pórobeton je

možné při demolici recyklovat a znovu využít při stavbě. Tepelné izolanty však v současné době není běžné recyklovat.

6.2.2. Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování – Obvodové konstrukce



Zdroj: autor

6.2.3. Určení váhy jednotlivých kritérií – Obvodové konstrukce

Aby nedocházelo k opisování stejného textu, tak jsou jednotlivé opakující se popisy zkráceny (viz. část 6.1.3.)

6.2.3.1. Párové porovnání – Obvodové konstrukce

Tab. 10 Párové porovnání – Obvodové konstrukce

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Počet preferencí	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	XX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,200
Vzduchová neprůzvučnost	2		XX	3	2	2	2	2	2	2	2	7	0,156
Životnost konstrukce	3			XX	4	3	3	3	3	3	3	7	0,156
Údržba	4				XX	5	4	4	4	4	4	6	0,133
Rychlost výstavby	5					XX	6	5	5	5	5	5	0,111
Riziko škůdců	6						XX	6	8	6	6	4	0,089
Na klíč x svépomocí	7							XX	7	7	7	3	0,067
Požární odolnost	8								XX	8	8	3	0,067
Tloušťka konstrukce	9									XX	9	1	0,022
Obnovitelný materiál	10										XX	0	0,000
Suma												45	1,000

Zdroj: Autor

6.2.3.2. Saatyho metoda – Obvodové konstrukce

Tab. 11 Saatyho metoda – Obvodové konstrukce

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Geometrický průměr	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	1	2	3	4	5	5	7	8	9	9	4,400	0,287
Vzduchová neprůzvučnost	2	0,5	1	0,5	4	6	6	7	7	8	9	3,239	0,237
Životnost konstrukce	3	0,33	2	1	0,5	2	3	5	6	8	9	2,310	0,147
Údržba	4	0,25	0,25	2	1	0,3	2	3	6	7	8	1,556	0,102
Rychlost výstavby	5	0,2	0,17	0,5	3	1	0,3	3	4	6	6	1,218	0,076
Riziko škůdců	6	0,2	0,17	0,3	0,5	3	1	2	0,3	4	6	0,876	0,057
Na klíč x svépomocí	7	0,14	0,14	0,2	0,3	0,3	0,5	1	2	4	6	0,636	0,039
Požární odolnost	8	0,13	0,14	0,2	0,2	0,3	3	0,5	1	3	4	0,544	0,027
Tloušťka konstrukce	9	0,11	0,13	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	1	6	0,296	0,018
Obnovitelný materiál	10	0,11	0,11	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	1	0,179	0,011
Suma												15,254	1,001

Zdroj: autor

6.2.3.3. Metoda alokace 100 bodů – Obvodové konstrukce

Tato metoda ukázala na poměrně malou různorodost respondentů, kdy největší váhu určila drtivá většina na pořizovací cenu, životnost a vzduchovou neprůzvučnost. Někteří respondenti by byli ochotni používat ekologičtější materiály, ale pouze v případě, že by nestoupla cena. Jednotlivé váhy kritérií byly získány pomocí aritmeticky zprůměrovaných výsledků od všech respondentů.

6.2.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií – Obvodové konstrukce

Je aritmetickým průměrem tří metod určení vah kritérií. Párového porovnání, Saatyho metody a Metody alokace 100 bodů. Výsledný aritmetický průměr určuje kromě vah i pořadí důležitosti jednotlivých kritérií pro respondenty.

Tab. 12. Shrnutí vah kritérií – Obvodové konstrukce

Název kritéria	Číslo kritéria	Váha kritéria			Průměr	Pořadí
		Párové porovnání	Saatyho metoda	Anketa		
Požizovací cena	1	0,2	0,287	0,224	0,237	1.
Vzduchová neprůzvučnost	2	0,156	0,237	0,141	0,185	2.
Životnost konstrukce	3	0,156	0,147	0,118	0,140	3.
Údržba	4	0,133	0,102	0,097	0,111	4.
Rychlost výstavby	5	0,111	0,076	0,089	0,092	5.
Riziko škůdců	6	0,089	0,057	0,086	0,077	6.
Na klíč x svépomocí	7	0,067	0,039	0,078	0,061	7.
Požární odolnost	8	0,067	0,027	0,074	0,048	8.
Tloušťka konstrukce	9	0,022	0,018	0,054	0,031	9.
Obnovitelný materiál	10	0	0,011	0,039	0,017	10.

Zdroj: autor

Ze shrnutí výsledků ankety, která určila jednotlivé váhy kritérií plyne, že potenciální investoři z okruhu vybraných respondentů dávají nejvyšší význam při výběru obvodové svislé konstrukce pro rodinný dům ceně, životnosti a ochraně proti hluku z exteriéru, na úkor ekologie materiálu či tloušťce konstrukce.

6.2.4. Hodnocení variant kritérií (viz část 6.1.4) – Obvodové konstrukce

Po určení váhy jednotlivých kritérií je možné za pomoci připraveného modelu v programu MS Excel jednotlivé varianty obvodových konstrukcí zhodnotit. Do procesu rozhodování je vybráno šest typů konstrukcí dle výběru respondentů, jejichž detailní popis je součástí této diplomové práce. Vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou shrnuty v Tab. 13. Samotné hodnocení bude realizováno pomocí dvou metod:

- **metoda bodovací s vahami,**
- **metoda bazické varianty (Frechetova metoda).**

Tab. 13 Tabulka vstupních hodnot – Obvodové konstrukce

Název materiálu	Pořizovací cena	Rychlost výstavby	Obnovitelný materiál	Tloušťka v cm	Životnost konstrukce
Heluz family 2in1 38 broušená	mírně dražší	průměrná	částečně	38	vysoká
Heluz family 50 broušená	průměrná	průměrná	recyklovatelný	50	vysoká
Heluz Plus 30 uni + 140 mm EPS	levná	pomalá	částečně	45	střední
Ytong Theta+ 500	dražší	rychlejší	recyklovatelný	50	vyšší
Velox ZL 40	drahé	rychlejší	částečně	40	vyšší
Montovaná dřevostavba	drahé	velmi rychlá	většina	30	nižší

Zdroj vytápění	Riziko škůdců	Stavba svépomoc	Požární odolnost	Údržba	Vzduchová neprůzvučnost
Heluz family 2in1 38 broušená	žádné	vhodná	vyšší	minimální	41 dB
Heluz family 50 broušená	žádné	vhodná	velmi vysoká	minimální	43 dB
Heluz Plus 30 uni + 140 mm EPS	malé	možná	vysoká	minimální	48 dB
Ytong Theta+ 500	žádné	vhodná	velmi vysoká	minimální	45 dB
Velox ZL 40	malé	možná	průměrná	minimální	49 dB
Montovaná dřevostavba	malé	nemožná	nadprůměrná	střední	47 dB

*Obvodová stěna vhodná pro nízkoenergetický dům
 Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdroj: autor

6.2.4.1. Metoda bodovací s vahami – Obvodové konstrukce

Tabulka č. 14 Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů

Název kritéria	Váha	Heluz 2in1	Heluz Family	Heluz plus 30	Ytong Theta	Velox ZL 40	Dřevostavba
Pořizovací cena	0,237	5	7	9	4	2	2
Vzduchová neprůzvučnost	0,185	5	6	8	7	9	8
Životnost konstrukce	0,14	9	9	6	7	7	4
Údržba	0,111	9	9	9	9	9	5
Rychlost výstavby	0,092	5	5	3	7	7	9
Riziko škůdců	0,077	10	10	8	10	8	8
Na klíč x svépomocí	0,061	8	8	5	8	5	1
Požární odolnost	0,048	7	9	8	9	5	6
Tloušťka konstrukce	0,031	8	5	6	5	7	9
Obnovitelný materiál	0,017	5	7	5	7	5	9

Zdroj: autor

Tabulka č. 15 Bodovací metoda s vahami – určení pořadí

Název kritéria	Váha	Heluz 2in1	Heluz Family	Heluz plus 30	Ytong Theta	Velox ZL 40	Dřevostavba
Pořizovací cena	0,237	1,185	1,659	2,133	0,948	0,474	0,474
Vzduchová neprůzvučnost	0,185	0,925	1,11	1,48	1,295	1,665	1,48
Životnost konstrukce	0,14	1,26	1,26	0,84	0,98	0,98	0,56
Údržba	0,111	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,555
Rychlost výstavby	0,092	0,46	0,46	0,276	0,644	0,644	0,828
Riziko škůdců	0,077	0,77	0,77	0,616	0,77	0,616	0,616
Na klíč x svépomocí	0,061	0,488	0,488	0,305	0,488	0,305	0,061
Požární odolnost	0,048	0,336	0,432	0,384	0,432	0,24	0,288
Tloušťka konstrukce	0,031	0,248	0,155	0,186	0,155	0,217	0,279
Obnovitelný materiál	0,017	0,085	0,119	0,085	0,119	0,085	0,153
Součet		6,756	7,452	7,304	6,83	6,225	5,294
Preferenční pořadí		4.	1.	2.	3.	5.	6.

Zdroj: autor

Na základě hodnocení variant svislých obvodových konstrukcí pomocí bodovací metody s vahami, vycházejí dle ankety mezi respondenty jako nejvhodnější systémy zděné z keramických tvárnic Heluz Family 50 a kombinace zdiva Heluz Plus 30 a kontaktního zateplovacího systému z fasádního polystyrenu tl. 140 mm. Tyto varianty dominují zejména díky nižším cenám.

6.2.4.2. Metoda bazické varianty – Obvodové konstrukce

Tabulka č. 16 Metoda bazické variant bez započtení vah

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	Směrod. odchylka	Heluz 2in1	Heluz Family	Heluz plus 30	Ytong Theta	Velox ZL 40	Dřevo stavba
Pořizovací cena	0,237	9	2,786	1,436	0,718	0,000	1,795	2,513	2,513
Vzduchová neprůzvučnost	0,185	49	2,813	2,844	2,133	0,355	1,422	0,000	0,711
Životnost konstrukce	0,14	9	1,897	0,000	0,000	1,581	1,054	1,054	2,636
Údržba	0,111	9	1,49	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,685
Rychlost výstavby	0,092	9	1,914	2,090	2,090	3,135	1,045	1,045	0,000
Riziko škůdců	0,077	10	1	0,000	0,000	2,000	0,000	2,000	2,000
Na klíč x svépomocí	0,061	8	2,544	0,000	0,000	1,179	0,000	1,179	2,752
Požární odolnost	0,048	9	1,49	1,342	0,000	0,671	0,000	2,685	2,013
Tloušťka konstrukce	0,031	30	7,08	1,130	2,825	2,119	2,825	1,412	0,000
Obnovitelný materiál	0,017	9	1,49	2,685	1,342	2,685	1,342	2,685	0,000

Zdroj: autor

Tabulka č. 17 Metoda bazické variant včetně započtení vah

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	směrod. odchylka	Heluz 2in1	Heluz Family	Heluz plus 30	Ytong Theta	Velox ZL 40	Dřevo stavba
Požizovací cena	0,237	9	2,786	0,340	0,170	0,000	0,425	0,595	0,595
Vzduchová neprůzvučnost	0,185	49	2,813	0,526	0,395	0,066	0,263	0,000	0,132
Životnost konstrukce	0,14	9	1,897	0,000	0,000	0,221	0,148	0,148	0,369
Údržba	0,111	9	1,49	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,298
Rychlost výstavby	0,092	9	1,914	0,192	0,192	0,288	0,096	0,096	0,000
Riziko škůdců	0,077	10	1	0,000	0,000	0,154	0,000	0,154	0,154
Na klíč x svépomocí	0,061	8	2,544	0,000	0,000	0,072	0,000	0,072	0,168
Požární odolnost	0,048	9	1,49	0,064	0,000	0,032	0,000	0,129	0,097
Tloušťka konstrukce	0,031	30	7,08	0,035	0,088	0,066	0,088	0,044	0,000
Obnovitelný materiál	0,017	9	1,49	0,046	0,023	0,046	0,023	0,046	0,000
Součet				1,20	0,87	0,95	1,04	1,28	1,81
Preferenční pořadí				4.	1.	2.	3.	5.	6.

Zdroj: autor

V hodnocení za pomoci metody bazické varianty, vychází pořadí srovnatelné s předchozí bodovací metodou s vahami. Jako nejméně vhodná varianta vychází pro skupinu respondentů prefabrikované montované dřevostavby.

6.2.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a zhodnocení doporučení – Obvodové konstrukce

Na základě vícekritériálního hodnocení variant obvodových svislých konstrukcí rodinného domku stavěného v nízkoenergetickém standartu, je možné respondentům doporučit zděnou konstrukci ze systému Heluz Family 50 nebo Heluz Plus 30 v kombinaci s kontaktním zateplovacím systémem z EPS v tloušťce 140 mm.

Tyto konstrukce vynikají zejména nižší cenou, minimální údržbou a výbornou požární odolností. Pro stavebníky realizující stavbu svépomocí je vhodná též konstrukce z Ytongu, která je velmi jednoduchá na výstavbu. Pro časově tísněné investory je i přes vyšší pořizovací náklady vhodná prefabrikovaná montovaná dřevostavba, která je z hodnocených variant, při správném naplánování, nejrychleji realizovatelná.

Tab. 18 Souhrn a určení výsledného pořadí – Obvodové konstrukce

Název konstrukce	Číslo kritéria	Preferenční pořadí		Průměr	Pořadí
		Bodovací s vahami	Frechetova vzdálenost		
Heluz family 2in1 38 broušená	1	4.	4.	4,00	4.
Heluz family 50 broušená	2	1.	1.	1,00	1.
Heluz Plus 30 uni + 140 mm EPS	3	2.	2.	2,00	2.
Ytong Theta+ 500	4	3.	3.	3,00	3.
Velox ZL 40	5	5.	5.	5,00	5.
Montovaná dřevostavba	6	6.	6.	6,00	6.

Zdroj: autor

6.3. Výplně otvorů – okna (postup stejný jako u zděných konstrukcí)

6.3.1. Definování kritérií

Každá varianta oken pro rodinné domky má své typické vlastnosti a charakteristiky. Kritéria pro tuto diplomovou práci byla vybrána pomocí dotazníkového šetření mezi 43 respondenty. Z uvedených kritérií byl vybrán souhrn deseti nejčastějších, které se objevovaly v průzkumu, a to:

- pořizovací cena,
- vzduchová neprůzvučnost,
- životnost konstrukce,
- údržba,
- rychlost montáže,
- průchodnost světla,
- Na klíč x svépomocí,
- odolnost,
- tloušťka rámu,
- ekologie výroby.

Pořizovací cena je nejčastěji uváděným parametrem v dotazníkovém šetření. V rámci kategorie oken se jedná o veškeré náklady na pořízení okna, včetně nutného příslušenství a řádné montáže včetně zednických prací bez parapetů. V případě okna s integrovanými rámy jsou parapety poměrově odečteny. Do ceny nejsou započteny případné finanční náklady na úvěr či pojištění. Ceny jsou brány jako průměrné a jsou získány pomocí poptávky u vybraných dodavatelů. Pro hodnocení je určeno jako okno s průměrnou cenou, dřevěné okno s dvojsklem.

Vzduchová neprůzvučnost je uvedena v decibelech (dB) při správném zabudování do připraveného stavebního otvoru. Pro rodinný dům je definována dle tříd normou ČSN 730 532 [32] v minimální výši $R_w = 32$ dB. Tuto hodnotu všechna hodnocená okna splňují. Protihlukové okno je o dvě třídy výše a má hodnotu 42 dB.

Životnost oken je získána z technických listů jednotlivých vybraných výrobků a ze zkušeností uživatelů. Všeobecně platí skutečnost, že plastové a hliníkové rámy vydrží déle, nežli rámy dřevěné.

Údržba je činnost uživatele, kterou musí vynaložit pro zachování výrobcem udávaných vlastností materiálu a jeho životnosti. U všech variant oken mimo dřevěná jsou nároky na údržbu minimální.

Rychlost montáže věcně souvisí i s náklady na danou konstrukci. Čím je okno zabudováno rychleji, tím má investor nižší náklady. Pro porovnání jsou jako standardní rychlost montáže brána okna klasická, bez speciálního důkladného zabudování (dřevěné, plastové a hliníkové s dvojsklem). Ostatní okna vyžadují pro zajištění požadovaných vlastností, speciální přípravu stavebního otvoru a těsnící pásy.

Průchodnost světla souvisí s tloušťkou rámu, ale týká se především zasklení a hodnoty g [%], vyjadřující množství slunečního záření, které zasklením prochází. Pohybuje se mezi hodnotami 0,5 - 0,8 a klesá spolu s hodnotou tepelného prostupu okna U_w .

Na klíč x svépomocí. Toto kritérium hodnotí možnost zabudování okna do stavebního otvoru vlastními silami investorů, bez pomoci dodavatelské stavební

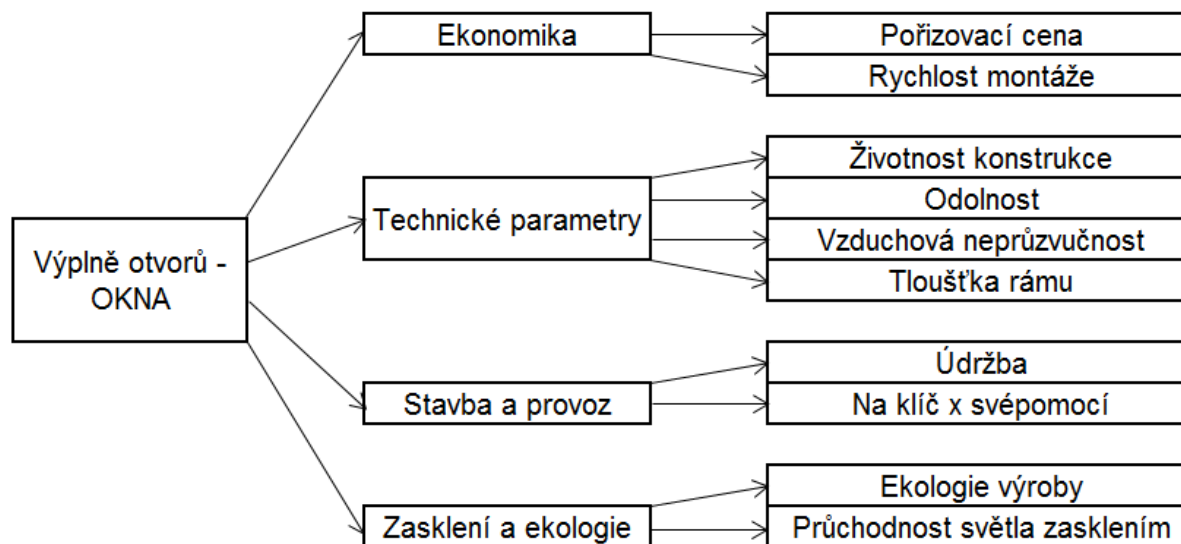
firmy. Pro některé konstrukce je montáž svépomocí vhodná, pro jiné zase nevhodná, vzhledem k technologické náročnosti a záruky.

Odolnost porovnává jednotlivé konstrukce z hlediska požární ochrany a zejména mechanické odolnosti a odolnosti proti klimatickým jevům z exteriérové strany objektu. Rámy z hliníku jsou nejvíce odolné, naopak dřevěné se musí nejvíce chránit a dochází častěji k jejich poškození.

Tloušťka rámu uvádí jakou šířku má rám okenního křídla. Křídla z nejpevnějších materiálů mají rámy tenké a při stejné velikosti okna prochází do interiéru více světla. Naproti tomu jsou plastové rámy poměrně široké.

Ekologie výroby okna je zaměřena na obnovitelnost materiálu, z kterého je okno a rám vyroben, ale také na energetickou náročnost výroby okna. Výroba hliníku a oceli je velmi energeticky náročná, oproti oknu dřevěnému. Okno s integrovanými rámy šetří část energie díky své prefabrikovanosti.

6.3.2. Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování – Okna



Zdroj: autor

6.3.3. Váhy kritérií - Okna

Aby nedocházelo k opisování stejného textu, tak jsou jednotlivé opakující se popisy zkráceny (viz. část 6.1.3.)

6.3.3.1. Párové porovnání - Okna

Tab. 19 Párové porovnání – Okna

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Počet preferencí	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	XX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,200
Životnost konstrukce	2		XX	3	2	2	2	2	2	2	2	7	0,156
Vzduchová neprůzvučnost	3			XX	4	3	3	3	3	3	3	7	0,156
Údržba	4				XX	4	6	4	4	4	4	6	0,133
Průchodnost světla	5					XX	5	5	5	5	5	5	0,111
Odolnost	6						XX	6	6	6	6	5	0,111
Rychlost montáže	7							XX	7	7	7	3	0,067
Na klíč x svépomocí	8								XX	8	8	2	0,044
Tloušťka rámu	9									XX	9	1	0,022
Ekologie výroby	10										XX	0	0,000
Suma												45	1,000

Zdroj: autor

6.3.3.2. Saatyho metoda - Okna

Tab. 20 Saatyho metoda – Okna

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Geometrický průměr	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	1	3	3	4	5	5	6	7	8	9	4,400	0,298
Životnost konstrukce	2	0,33	1	0,5	3	5	5	6	6	7	9	2,788	0,211
Vzduchová neprůzvučnost	3	0,33	2	1	0,3	3	3	4	6	7	8	2,200	0,151
Údržba	4	0,25	0,33	3	1	2	0,5	3	5	7	8	1,709	0,105
Průchodnost světla	5	0,2	0,2	0,3	0,5	1	2	2	3	5	7	1,108	0,071
Odolnost	6	0,2	0,2	0,3	2	0,5	1	2	2	4	6	1,025	0,057
Rychlost montáže	7	0,17	0,17	0,3	0,3	0,5	0,5	1	2	4	6	0,699	0,044
Na klíč x svépomocí	8	0,14	0,17	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	1	3	5	0,501	0,032
Tloušťka rámu	9	0,13	0,14	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	1	4	0,301	0,019
Ekologie výroby	10	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	1	0,181	0,011
Suma												14,912	1,000

Zdroj: autor

6.3.3.3. Metoda alokace 100 bodů - Okna

Anketa ukázala velkou orientaci respondentů na ekonomické parametry jednotlivých variant oken. Nejvyšší váhy dosáhly kritéria, které souvisí s cenou (pořizovací cena, životnost konstrukce, údržba). Dále v dotazníku dávali respondenti

větší důležitost pouze u ochrany interiéru před venkovním hlukem. Naopak ekologičnost materiálů, výroby či tloušťka rámu, mají váhy minimální. Jednotlivé dotazníky se aritmeticky zprůměrovaly pro získání jednotlivých vah kritérií.

6.3.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií - Okna

Je aritmetickým průměrem tří metod určení vah kritérií. Párového porovnání, Saatyho metody a Metody alokace 100 bodů. Výsledný aritmetický průměr určuje kromě vah i pořadí důležitosti jednotlivých kritérií pro respondenty.

Tab. 21 Shrnutí vah kritérií - Okna

Název kritéria	Číslo kritéria	Váha kritéria			Průměr	Pořadí
		Párové porovnání	Saatyho metoda	Anketa		
Pořizovací cena	1	0,200	0,298	0,253	0,253	1.
Životnost konstrukce	2	0,156	0,211	0,119	0,156	2.
Vzduchová neprůzvučnost	3	0,156	0,151	0,096	0,134	3.
Údržba	4	0,133	0,105	0,093	0,110	4.
Průchodnost světla	5	0,111	0,071	0,091	0,091	5.
Odolnost	6	0,111	0,057	0,09	0,086	6.
Rychlost montáže	7	0,067	0,044	0,087	0,066	7.
Na klíč x svépomocí	8	0,044	0,032	0,085	0,054	8.
Tloušťka rámu	9	0,022	0,019	0,061	0,034	9.
Ekologie výroby	10	0,000	0,011	0,035	0,015	10.

Zdroj: autor

Ze shrnutí výsledků ankety, která určila jednotlivé váhy kritérií plyne, že potenciální investoři, z okruhu vybraných respondentů, dávají nejvyšší význam při výběru oken pro rodinný dům ceně, životnosti a ochraně proti hluku z exteriéru, na úkor ekologie či tloušťce rámu.

6.3.4. Hodnocení variant kritérií - Okna

Po určení váhy jednotlivých kritérií, je možné za pomoci připraveného modelu v programu MS Excel jednotlivé varianty výplní otvorů (oken) zhodnotit. Do procesu rozhodování je vybráno pět typů běžných konstrukcí dle výběru respondentů, doplněné o prototyp okna s integrovanými rámy, jejichž detailní popis je součástí této

diplomové práce. Vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou shrnuty v Tab. 22 Samotné hodnocení bude realizováno pomocí dvou metod:

- metoda bodovací s vahami,
- metoda bazické varianty (Frechetova metoda).

Tab. 22 Tabulka vstupních hodnot - Okna

Název konstrukce	Požizovací cena	Rychlost montáže	Ekologie výroby	Tloušťka rámu	Životnost konstrukce
Dřevěné okno s dvojsklem	průměrná	standardní	ekologická	průměrná	průměrná
Plastové okno s dvojsklem	nižší	standardní	minimální	velká	vysoká
Hliníkové okno s dvojsklem	velmi vysoká	standardní	minimální	malá	velmi vysoká
Plastové okno $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	vysoká	pomalejší	minimální	velká	vysoká
Plastové protihlukové okno	vysoká	pomalejší	minimální	velká	vysoká
Okno s integrovanými rámy	vysoká	rychlejší	malá	velká	vysoká

Název konstrukce	Průchodnost světla	Stavba svépomocí	Odolnost	Údržba	Vzduchová neprůzvučnost
Dřevěné okno s dvojsklem	standardní	možná	menší	častá	průměrná
Plastové okno s dvojsklem	malá	možná	vysoká	minimální	průměrná
Hliníkové okno s dvojsklem	vyšší	možná	velmi vysoká	minimální	průměrná
Plastové okno $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	velmi malá	nevhodná	vysoká	minimální	vysoká
Plastové protihlukové okno	malá	nevhodná	vysoká	minimální	velmi vysoká
Okno s integrovanými rámy	malá	možná	vysoká	minimální	vysoká

**Výplň otvorů vhodná pro nízkoenergetický dům*

Součinitel prostupu tepla oknem $U_w < 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdroj: autor

6.3.4.1. Metoda bodovací s vahami - Okna

Tabulka č. 23 Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů - Okna

Název kritéria	Váha	Dřevo	Plast	Hliník	Plast pasiv	Plast hluk	Integrované rámy
Pořizovací cena	0,253	6	8	2	4	4	4
Životnost konstrukce	0,156	5	7	9	7	7	7
Vzduchová neprůzvučnost	0,134	5	5	5	7	9	7
Údržba	0,110	4	9	9	9	9	9
Průchodnost světla	0,091	5	3	7	2	3	3
Odolnost	0,086	4	7	9	7	7	7
Rychlost montáže	0,066	5	5	5	3	3	7
Na klíč x svépomocí	0,054	6	6	6	2	2	6
Tloušťka rámu	0,034	6	4	2	4	4	4
Ekologie výroby	0,015	9	2	2	2	2	4

Zdroj: autor

Tabulka č. 24 Bodovací metoda s vahami – určení pořadí - Okna

Název kritéria	Váha	Dřevo	Plast	Hliník	Plast pasiv	Plast hluk	Integrované rámy
Pořizovací cena	0,253	1,518	2,024	0,506	1,012	1,012	1,012
Životnost konstrukce	0,156	0,780	1,092	1,404	1,092	1,092	1,092
Vzduchová neprůzvučnost	0,134	0,670	0,670	0,670	0,938	1,206	0,938
Údržba	0,110	0,440	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
Průchodnost světla	0,091	0,455	0,273	0,637	0,182	0,273	0,273
Odolnost	0,086	0,344	0,602	0,774	0,602	0,602	0,602
Rychlost montáže	0,066	0,330	0,330	0,330	0,198	0,198	0,462
Na klíč x svépomocí	0,054	0,324	0,324	0,324	0,108	0,108	0,324
Tloušťka rámu	0,034	0,204	0,136	0,068	0,136	0,136	0,136
Ekologie výroby	0,015	0,135	0,030	0,030	0,030	0,030	0,060
Součet		5,200	6,471	5,733	5,288	5,647	5,889
Preferenční pořadí		6.	1.	3.	5.	4.	2.

Zdroj: autor

Na základě hodnocení variant oken pomocí bodovací metody s vahami, vychází pro respondenty nejlépe varianta klasického plastového okna s izolačním dvojsklem. Jako druhá nejvhodnější vychází prefabrikované okno s integrovaným rámem, které však není (zatím) v sériové výrobě. Největší význam pro investory mají pořizovací náklady, které se však u jednotlivých typů oken, mohou dle akcí či jednotlivých dodavatelů lišit.

6.3.4.2. Metoda bazické varianty - Okna

Tabulka č. 25 Metoda bazické variant bez započtení vah - Okna

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	Směrod. odchylka	Dřevo	Plast	Hliník	Plast pasiv	Plast hluk	Integrované
Pořizovací cena	0,253	8	1,885	1,061	0,000	3,183	2,122	2,122	2,122
Životnost konstrukce	0,156	9	1,154	3,466	1,733	0,000	1,733	1,733	1,733
Vzduchová neprůzvučnost	0,134	9	1,490	2,685	2,685	2,685	1,342	0,000	1,342
Údržba	0,110	9	1,863	2,684	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Průchodnost světla	0,091	7	1,674	1,195	2,389	0,000	2,987	2,389	2,389
Odolnost	0,086	9	1,462	3,420	1,368	0,000	1,368	1,368	1,368
Rychlost montáže	0,066	7	1,374	1,456	1,456	1,456	2,911	2,911	0,000
Na klíč x svépomocí	0,054	6	1,885	0,000	0,000	0,000	2,122	2,122	0,000
Tloušťka rámu	0,034	6	1,154	0,000	1,733	3,466	1,733	1,733	1,733
Ekologie výroby	0,015	9	2,565	0,000	2,729	2,729	2,729	2,729	1,949

Zdroj: autor

Tabulka č. 26 Metoda bazické variant včetně započtení vah - Okna

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	Směrod. odchylka	Dřevo	Plast	Hliník	Plast pasiv	Plast hluk	Integrované
Pořizovací cena	0,253	8	1,885	0,268	0,000	0,805	0,537	0,537	0,537
Životnost konstrukce	0,156	9	1,154	0,541	0,270	0,000	0,270	0,270	0,270
Vzduchová neprůzvučnost	0,134	9	1,490	0,360	0,360	0,360	0,180	0,000	0,180
Údržba	0,110	9	1,863	0,295	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Průchodnost světla	0,091	7	1,674	0,109	0,217	0,000	0,272	0,217	0,217
Odolnost	0,086	9	1,462	0,294	0,118	0,000	0,118	0,118	0,118
Rychlost montáže	0,066	7	1,374	0,096	0,096	0,096	0,192	0,192	0,000
Na klíč x svépomocí	0,054	6	1,885	0,000	0,000	0,000	0,115	0,115	0,000
Tloušťka rámu	0,034	6	1,154	0,000	0,059	0,118	0,059	0,059	0,059
Ekologie výroby	0,015	9	2,565	0,000	0,041	0,041	0,041	0,041	0,029
Součet				1,96	1,16	1,42	1,78	1,55	1,41
Preferenční pořadí				6.	1.	3.	5.	4.	2.

Zdroj: autor

V hodnocení za pomoci metody bazické varianty, vychází pořadí srovnatelné s předchozí bodovací metodou s vahami. Výsledky jsou však velmi těsné. Jako nejméně vhodná varianta vychází pro skupinu respondentů dřevěná okna s izolačním dvojsklem, a to zejména kvůli důrazu respondentů na pořizovací cenu a životnost. Například hliníkové okno s dvojsklem vychází nejlépe v 5 kritériích (nejlepší plastové pouze ve 3), avšak pouze v kritériích s menší vahou.

6.3.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a zhodnocení doporučení - Okna

Na základě vícekritériálního hodnocení variant výplní otvorů (oken) rodinného domku stavěného v nízkoenergetickém standartu, můžeme pro respondenty doporučit plastové okno s izolačním dvojsklem. Rozdíly výsledků hodnocení mezi druhou až šestou variantou jsou však velmi těsné a rozhodují maličkosti. Varianty plastových oken dominují v nabídce dodavatelů a to zejména nízkou cenou. Je vhodné vždy přihlídnout k privilegiím každého jednotlivého investora individuálně.

Dřevěná okna, která se umístila až na posledním místě, dominují v kritériích, která nejsou pro většinu respondentů podstatná. Mezi dotazovanými byla však skupinka, pro které byla ekologie či světlost důležitá, a pro ně jsou tato okna nejvhodnější.

Pro reprezentativní účely jsou nejvhodnější okna hliníková, do hlučných oblastí zase okna protihluková. Je vhodné, provést vždy individuální anketu pro konkrétní investory, v konkrétní lokalitě a zvážit i jiné okolnosti ve výběru vhodného okna.

Tab. 27 Souhrn a určení výsledného pořadí - Okna

Název konstrukce	Číslo kritéria	Preferenční pořadí		Průměr	Pořadí
		Bodovací s vahami	Frechetova vzdálenost		
Dřevěné okno s dvojsklem	1	6.	6.	6,00	6.
Plastové okno s dvojsklem	2	1.	1.	1,00	1.
Hliníkové okno s dvojsklem	3	3.	3.	3,00	3.
Plastové okno $U = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$	4	5.	5.	5,00	5.
Plastové protihlukové okno	5	4.	4.	4,00	4.
Okno s integrovanými rámy	6	2.	2.	2,00	2.

Zdroj: autor

6.4. Střešní konstrukce (postup stejný jako u zděných konstrukcí)

6.4.1 Definování kritérií

Každá varianta střešní konstrukce pro rodinné domky má své typické vlastnosti a charakteristiky. Kritéria pro tuto diplomovou práci byla vybrána pomocí dotazníkového šetření mezi 43 respondenty. Z uvedených kritérií byl vybrán souhrn deseti nejčastějších, které se objevovaly v průzkumu, a to:

- pořizovací cena,
- vzduchová neprůzvučnost,
- životnost konstrukce,
- údržba,
- rychlost výstavby,
- riziko škůdců,
- na klíč x svépomocí,
- požární odolnost,
- tloušťka konstrukce,
- obnovitelné materiály.

Pořizovací cena je nejčastěji uváděným parametrem v dotazníkovém šetření. V rámci kategorie střešních konstrukcí se jedná o veškeré náklady na stavbu, včetně nutného příslušenství a práce na zabudování izolací. Do ceny nejsou započteny případné finanční náklady na úvěr či pojištění. Ceny jsou brány jako průměrné a jsou získány pomocí poptávky u vybraných dodavatelů. Pro hodnocení je určena jako konstrukce s průměrnou cenou varianta šikmé střechy s mezikrokevní a podkrokevní izolací.

Vzduchová neprůzvučnost je uvedena v decibelech (dB) při správném zabudování do připraveného stavebního otvoru. Pro rodinný dům je definována normou ČSN 73 0532 [32]. Všechno hodnocené varianty konstrukcí splňují normové požadavky (ve srovnávací tabulce „dostatečná“).

Životnost konstrukce střešních konstrukcí závisí jednak na kvalitě krytiny, ale také na údržbě a klimatických podmínkách dané lokality. Všeobecně platí skutečnost, že šikmé střechy mají delší životnost nežli střechy ploché.

Údržba je činnost uživatele, kterou musí vynaložit pro zachování výrobcem udávaných vlastností materiálu a jeho životnosti. U střech údržba spočívá v čištění, vizuální kontrole, případné opravě netěsností izolací.

Rychlost výstavby věcně souvisí i s náklady na danou konstrukci. Čím je střešní konstrukce postavena rychleji, tím má investor nižší náklady. Pro porovnání je jako konstrukce s průměrnou dobou výstavby považována šikmá střecha s mezikrokevní a podkrokevní izolací.

Riziko škůdců souvisí s konstrukcí střechy a ochranou tepelné izolace. Právě ta často slouží jako hnízdo pro drobné ptactvo či drobné hlodavce. Na plochých střechách je riziko vyšší než u střech šikmých.

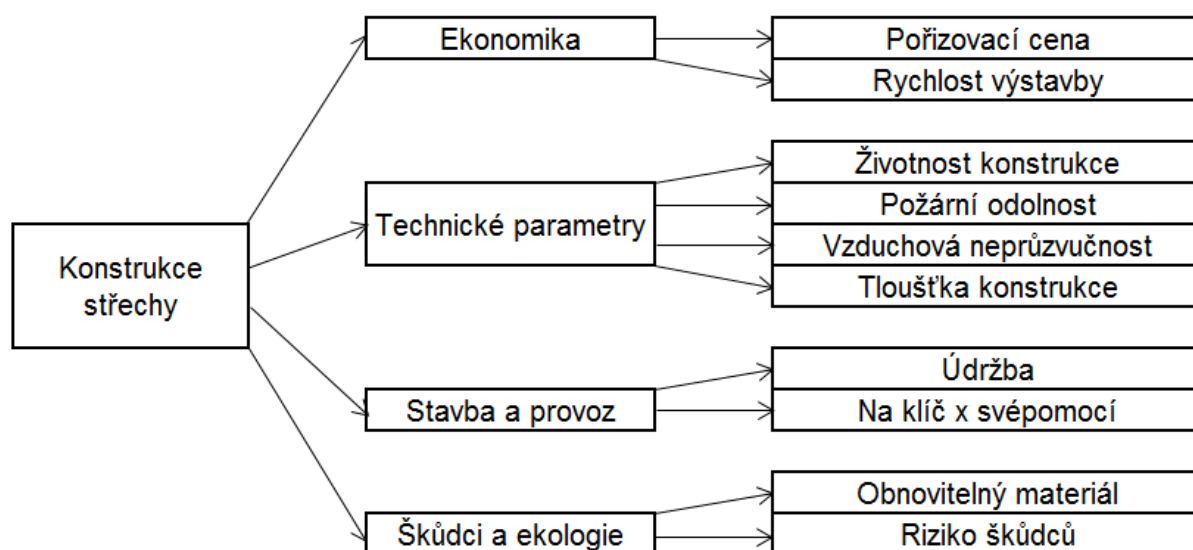
Na klíč x svépomocí. Toto kritérium hodnotí možnost výstavby střešní konstrukce vlastními silami investorů, bez pomoci dodavatelské stavební firmy. Pro některé konstrukce je stavba svépomocí vhodná, pro jiné zase nevhodná vzhledem k technologické náročnosti a záruky.

Požární odolnost porovnává jednotlivé konstrukce z hlediska požární ochrany objektu. Všechny konstrukce vyhovují požadovaným hodnotám pro střešní konstrukce (v tabulce „dostatečná“), některé mají dokonce několikanásobně větší požární odolnost než je vyžadována.

Tloušťka konstrukce uvádí, jakou tloušťku má daná varianta střešní konstrukce v cm. Pro jednotlivé konstrukce jsou uvažovány všechny běžné krytiny a povrchové úpravy v interiéru. Šikmé střechy sádkokarton a keramickou střešní krytinu, ploché střechy štukovou omítku a kačírek, zeleň či dlažbu.

Za **obnovitelné materiály** můžeme v případě hodnocení střešních konstrukcí považovat takové materiály, které je možné v přírodě opět obnovit (dřevo). Naopak izolanty jako plasty nebo minerální vata jsou neekologické a energeticky velmi náročné.

6.4.2. Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování – Střešní konstrukce



Zdroj: autor

6.4.3. Váhy kritérií – Střešní konstrukce

Aby nedocházelo k opisování stejného textu, tak jsou jednotlivé opakující se popisy zkráceny (viz. část 6.1.3.)

6.4.3.1. Párové porovnání – Střešní konstrukce

Tab. 28 Párové porovnání – Střešní konstrukce

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Počet preferencí	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	XX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,200
Životnost konstrukce	2		XX	2	2	2	2	2	2	2	2	8	0,178
Údržba	3			XX	3	3	3	3	3	3	3	7	0,156
Vzduchová neprůzvučnost	4				XX	5	6	4	4	4	4	4	0,089
Riziko škůdců	5					XX	5	7	5	5	5	5	0,111
Rychlost výstavby	6						XX	6	6	9	6	4	0,089
Svépomocí x Na klíč	7							XX	7	7	7	4	0,089
Tloušťka v cm	8								XX	8	9	1	0,022
Požární odolnost	9									XX	9	3	0,067
Obnovitelný materiál	10										XX	0	0,000
Suma												45	1,000

Zdroj: autor

6.4.3.2. Saatyho metoda – Střešní konstrukce

Tab. 29 Saatyho metoda – Střešní konstrukce

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Geometrický průměr	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	1	3	4	5	6	5	7	8	8	9	4,854	0,327
Životnost konstrukce	2	0,33	1	2	3	3	4	5	6	6	8	2,844	0,191
Údržba	3	0,25	0,5	1	2	3	4	4	5	6	8	2,218	0,149
Vzduchová neprůzvučnost	4	0,2	0,33	0,5	1	0,5	0,3	4	5	5	7	1,144	0,077
Riziko škůdců	5	0,17	0,33	0,3	2	1	2	0,5	3	5	6	1,128	0,076
Rychlost výstavby	6	0,2	0,25	0,3	3	0,5	1	3	3	0,5	5	0,918	0,062
Svépomocí x Na klíč	7	0,14	0,2	0,3	0,3	2	0,3	1	2	3	5	0,717	0,048
Tloušťka v cm	8	0,13	0,17	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	1	3	0,3	0,368	0,025
Požární odolnost	9	0,13	0,17	0,2	0,2	0,2	2	0,3	0,3	1	4	0,407	0,027
Obnovitelný materiál	10	0,11	0,13	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	3	0,3	1	0,257	0,013
Suma												14,854	0,996

Zdroj: autor

6.4.3.3. Metoda alokace 100 bodů – Střešní konstrukce

Podobně jako u hodnocení oken, ukázali respondenty nejvyšší priority na ekonomické parametry jednotlivých variant střešních konstrukcí. Nejvyšší váhy dosáhly kritéria, které souvisí s cenou (pořizovací cena, životnost konstrukce, údržba). Naopak ekologičnost materiálů, výroby či požární odolnost mají váhy minimální. Jednotlivé dotazníky se aritmeticky zprůměrovaly a jsou shrnuty v závěrečné tabulce č..

6.4.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií – Střešní konstrukce

Je aritmetickým průměrem tří metod určení vah kritérií. Párového porovnání, Saatyho metody a Metodu alokace 100 bodů. Výsledný aritmetický průměr určuje kromě vah i pořadí důležitosti jednotlivých kritérií pro respondenty.

Tab. 30 Shrnutí vah kritérií – Střešní konstrukce

Název kritéria	Číslo kritéria	Váha kritéria			Průměr	Pořadí
		Párové porovnání	Saatyho metoda	Anketa		
Pořizovací cena	1	0,200	0,327	0,264	0,267	1.
Životnost konstrukce	2	0,178	0,191	0,169	0,173	2.
Údržba	3	0,156	0,149	0,121	0,142	3.
Vzduchová neprůzvučnost	4	0,089	0,077	0,097	0,088	5.
Riziko škůdců	5	0,111	0,076	0,094	0,094	4.
Rychlost výstavby	6	0,089	0,062	0,076	0,076	6.
Svépomocí x Na klíč	7	0,089	0,048	0,061	0,066	7.
Tloušťka v cm	8	0,022	0,025	0,035	0,027	9.
Požární odolnost	9	0,067	0,027	0,055	0,050	8.
Obnovitelný materiál	10	0,000	0,013	0,028	0,014	10.

Zdroj: autor

Ze shrnutí výsledků ankety, která určila jednotlivé váhy kritérií plyne, že potenciální investoři z okruhu vybraných respondentů dávají nejvyšší důležitost při výběru střešních konstrukcí pro rodinný dům ceně, životnosti a údržbě na úkor ekologie či tloušťky konstrukce.

6.4.4. Hodnocení variant kritérií – Střešní konstrukce

Po určení váhy jednotlivých kritérií, je možné za pomoci připraveného modelu v programu MS Excel jednotlivé varianty střešních konstrukcí zhodnotit. Do procesu rozhodování je vybráno šest typů konstrukcí dle výběru respondentů, z nichž je polovina střešních konstrukcí šikmá a polovina plochá. Vlastnosti jednotlivých konstrukcí jsou shrnuty v Tab..... Samotné hodnocení bude realizováno pomocí dvou metod:

- metoda bodovací s vahami,
- metoda bazické varianty (Frechetova metoda).

Tab. 31 Tabulka vstupních hodnot – Střešní konstrukce

Název konstrukce	Pořizovací cena	Rychlost výstavby	Obnovitelný materiál	Tloušťka v cm	Životnost konstrukce
Šikmá s mezikrokevní izolací	průměrná	průměrná	částečně	38	vyšší
Šikmá s nadkrokevní izolací	nadprůměrná	pomalejší	částečně	40	nadprůměrná
Šikmá střecha Ytong komfort	velmi vysoká	rychlejší	minimálně	52	vysoká
Plochá střecha pochozí	vysoká	průměrná	minimálně	54	průměrná
Plochá zelená střecha	velmi vysoká	pomalá	většina	59	vyšší
Plochá střecha DUO	nižší	rychlejší	částečně	51	průměrná

Název konstrukce	Riziko škůdců	Stavba svépomocí	Požární odolnost	Údržba	Vzduchová neprůzvučnost
Šikmá s mezikrokevní izolací	malé	částečně	výrobná	žádná	nadprůměrná
Šikmá s nadkrokevní izolací	malé	částečně	dostatečná	žádná	dostatečná
Šikmá střecha Ytong komfort	minimální	možná	výborná	žádná	vynikající
Plochá střecha pochozí	průměrné	vhodná	dostatečná	průměrná	dostatečná
Plochá zelená střecha	vyšší	nehodná	dostatečná	častá	vynikající
Plochá střecha DUO	průměrné	částečně	dostatečná	průměrná	dostatečná

*Střešní konstrukce vhodná pro nízkoenergetický dům
 Součinitel prostupu tepla konstrukcí $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zdroj: autor

6.4.4.1. Metoda bodovací s vahami – Střešní konstrukce

Tabulka č. 32 Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů – Střešní konstrukce

Název kritéria	Váha	Šikmá pod	Šikmá nad	Šikmá Ytong	Plochá klasik	Plochá zelená	Plochá DUO
Pořizovací cena	0,267	5	4	2	3	2	7
Životnost konstrukce	0,173	7	6	8	5	7	5
Údržba	0,142	10	10	10	5	3	5
Vzduchová neprůzvučnost	0,088	7	5	9	5	9	5
Riziko škůdců	0,094	8	8	9	5	3	5
Rychlost výstavby	0,076	5	3	7	5	2	7
Svépomocí x Na klíč	0,066	5	5	4	7	2	5
Tloušťka v cm	0,027	8	7	5	4	2	5
Požární odolnost	0,050	9	5	9	5	5	5
Obnovitelný materiál	0,014	5	5	3	3	7	3

Zdroj: autor

Tabulka č. 33 Bodovací metoda s vahami – určení pořadí – Střešní konstrukce

Název kritéria	Váha	Šikmá pod	Šikmá nad	Šikmá Ytong	Plochá klasik	Plochá zelená	Plochá DUO
Pořizovací cena	0,267	1,335	1,068	0,534	0,801	0,534	1,869
Životnost konstrukce	0,173	1,211	1,038	1,384	0,865	1,211	0,865
Údržba	0,142	1,420	1,420	1,420	0,710	0,426	0,710
Vzduchová neprůzvučnost	0,088	0,616	0,440	0,792	0,440	0,792	0,440
Riziko škůdců	0,094	0,752	0,752	0,846	0,470	0,282	0,470
Rychlost výstavby	0,076	0,380	0,228	0,532	0,380	0,152	0,532
Svépomocí x Na klíč	0,066	0,330	0,330	0,264	0,462	0,132	0,330
Tloušťka v cm	0,027	0,216	0,189	0,135	0,108	0,054	0,135
Požární odolnost	0,050	0,450	0,250	0,450	0,250	0,250	0,250
Obnovitelný materiál	0,014	0,070	0,070	0,042	0,042	0,098	0,042
Součet		6,780	5,785	6,399	4,528	3,931	5,643
Preferenční pořadí		1.	3.	2.	5.	6.	4.

Zdroj: autor

Na základě hodnocení variant konstrukcí střechy pomocí bodovací metody s vahami, vychází pro respondenty nejlépe varianta klasické šikmé střechy s mezikrokevní a podkrokevní tepelnou izolací. Tato varianta střešní konstrukce je zároveň i nejčastěji se vyskytující. Za ní skončila varianta šikmé střechy ze systému Ytong. Ta i přes svou vyšší cenu a tloušťku konstrukce, dominuje v životnosti, minimální údržbě a výborné vzduchové neprůzvučnosti. Největší význam pro investory mají pořizovací náklady, které se však u jednotlivých variant konstrukcí střech mohou dle akcí, či jednotlivých dodavatelů lišit.

6.4.4.2. Metoda bazické varianty – Střešní konstrukce

Tabulka č. 34 Metoda bazické variant bez započtení vah – Střešní konstrukce

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	Směrod. odchylka	Šikmá pod	Šikmá nad	Šikmá Ytong	Plochá klasik	Plochá zelená	Plochá DUO
Pořizovací cena	0,267	7	1,771	1,129	1,694	2,823	2,259	2,823	0,000
Životnost konstrukce	0,173	8	1,105	0,905	1,810	0,000	2,715	0,905	2,715
Údržba	0,142	10	2,911	0,000	0,000	0,000	1,718	2,405	1,718
Riziko škůdců	0,094	9	1,795	0,557	0,557	0,000	2,228	3,343	2,228
Vzduchová neprůzvučnost	0,088	9	2,134	0,937	1,874	0,000	1,874	0,000	1,874
Rychlost výstavby	0,076	7	1,863	1,074	2,147	0,000	1,074	2,684	0,000
Svépomocí x Na klíč	0,066	7	1,490	1,342	1,342	2,013	0,000	3,356	1,342
Požární odolnost	0,050	9	1,951	0,000	2,050	0,000	2,050	2,050	2,050
Tloušťka v cm	0,027	38	7,527	0,000	0,266	1,860	2,126	2,790	1,727
Obnovitelný materiál	0,014	7	1,490	1,342	1,342	2,685	2,685	0,000	2,685

Zdroj: autor

Tabulka č. 35 Metoda bazické variant včetně započtení vah – Střešní konstrukce

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	Směrod. odchylka	Šikmá pod	Šikmá nad	Šikmá Ytong	Plochá klasik	Plochá zelená	Plochá DUO
Pořizovací cena	0,267	7	1,885	0,302	0,452	0,754	0,603	0,754	0,000
Životnost konstrukce	0,173	8	1,154	0,157	0,313	0,000	0,470	0,157	0,470
Údržba	0,142	10	1,490	0,000	0,000	0,000	0,244	0,341	0,244
Riziko škůdců	0,094	9	1,863	0,052	0,052	0,000	0,209	0,314	0,209
Vzduchová neprůzvučnost	0,088	9	1,674	0,082	0,165	0,000	0,165	0,000	0,165
Rychlost výstavby	0,076	7	1,462	0,082	0,163	0,000	0,082	0,204	0,000
Svépomocí x Na klíč	0,066	7	1,374	0,089	0,089	0,133	0,000	0,221	0,089
Požární odolnost	0,050	9	1,885	0,000	0,103	0,000	0,103	0,103	0,103
Tloušťka v cm	0,027	38	1,154	0,000	0,007	0,050	0,057	0,075	0,053
Obnovitelný materiál	0,014	7	2,565	0,019	0,019	0,038	0,038	0,000	0,038
Součet				0,78	1,363	0,97	1,97	2,17	1,370
Preferenční pořadí				1.	3.	2.	5.	6.	4.

Zdroj: autor

V hodnocení za pomoci metody bazické varianty, vychází pořadí srovnatelné s předchozí bodovací metodou s vahami. Dominují šikmé střechy nad střechami plochými, a to zejména životností a údržbou. Jako nejméně vhodná varianta vychází pro skupinu respondentů varianta ploché střechy se zelení. Hlavním důvodem je cílení respondentů na cenu, životnost konstrukce a nároky na údržbu.

6.4.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a zhodnocení doporučení – Střešní konstrukce

Na základě vícekritériálního hodnocení variant střešních konstrukcí pro rodinné domy stavěné v nízkoenergetickém standartu, je možné respondentům na základě ankety doporučit šikmou střešní konstrukci s mezikrokovou a podkrokovou tepelnou izolací. Pro stavebníky, realizující stavbu svépomocí, je vhodná varianta šikmé střešní konstrukce Ytong. Nejekologičtější varianta je plochá zelená střecha. Hlavní nevýhodou této konstrukce je však vysoká cena.

U výběru střešní konstrukce je vždy nutné zohledňovat nejen konstrukci samotnou, ale také velikost a tvar pozemku, okolní zástavbu, regulační plány, směřování pozemku ke světovým stranám či svažitost pozemku. Je vhodné hodnotit požadavky každého jednotlivého investora individuálně.

Tab. 36 Souhrn a určení výsledného pořadí – Střešní konstrukce

Název konstrukce	Číslo kritéria	Preferenční pořadí		Průměr	Pořadí
		Bodovací s vahami	Frechetova vzdálenost		
Šikmá s mezikroevní izolací	1	1.	1.	1,00	1.
Šikmá s nadkroevní izolací	2	3.	3.	3,00	3.
Šikmá střecha Ytong komfort	3	2.	2.	2,00	2.
Plochá střecha pochozí	4	5.	5.	5,00	5.
Plochá zelená střecha	5	6.	6.	6,00	6.
Plochá střecha DUO	6	4.	4.	4,00	4.

Zdroj: autor

6.5. Varianty vytápění (postup stejný jako u zděných konstrukcí)

6.5.1 Definování kritérií

Každá jednotlivá varianta formy vytápění má své typické vlastnosti a charakteristiky. Kritéria pro tuto diplomovou práci byla vybrána pomocí dotazníkového šetření 43 respondenty. Z uvedených kritérií byl vybrán souhrn deseti, které se nejčastěji objevovaly v průzkumu, a to:

- pořizovací cena,
- provozní náklady,
- životnost,
- záruka,
- hlučnost,
- prašnost,
- likvidace odpadu,
- komfort pro uživatele,
- nároky na skladovací prostory,
- ekologie.

Pořizovací cena je nejčastěji uváděným parametrem v dotazníkovém šetření. V rámci kategorie vytápění se jedná o veškeré pořizovací náklady na pořízení zdroje vytápění, včetně akumulční nádrže, nutného příslušenství, stavebních prací, montáže nebo případné přípojky (plynové). Do ceny nejsou započteny případné finanční náklady na úvěr či pojištění. Ceny jsou brány jako orientační a jsou získány pomocí poptávky u vybraných dodavatelů.

Provozní náklady jsou definovány jako finanční náklady na vytápění a ohřev teplé vody pro nízkoenergetický dům se spotřebou energie 9100 kWh / rok. Do provozních nákladů nejsou zahrnuty náklady na osvětlení či ostatní spotřebiče v domě.

Životnost jednotlivých variant je získána z technických listů jednotlivých vybraných výrobků a ze zkušeností uživatelů. Všeobecně platí fakt, že čím méně je ve výrobku mechanických pohyblivých součástí, tím má delší životnost.

Záruka je doba udávaná výrobcem a dodavateli jednotlivých výrobků, kde se ručitel v době záruky zavazuje, v případě defektu či závady výrobku, závadu odstranit či poskytnout uživateli výrobek bez závad.

Hlučnost některých variant vytápění je významně vyšší než u jiných. Hlučnost je standardně udávána v dB, pro potřeby této diplomové práce je zjednodušena na malá, střední a vysoká.

Prašnost u kotlů na tuhá paliva je zdatně vyšší než například u elektrokotle, který neprodukuje prach žádný. Tento parametr má významný vliv na prostředí v interiéru.

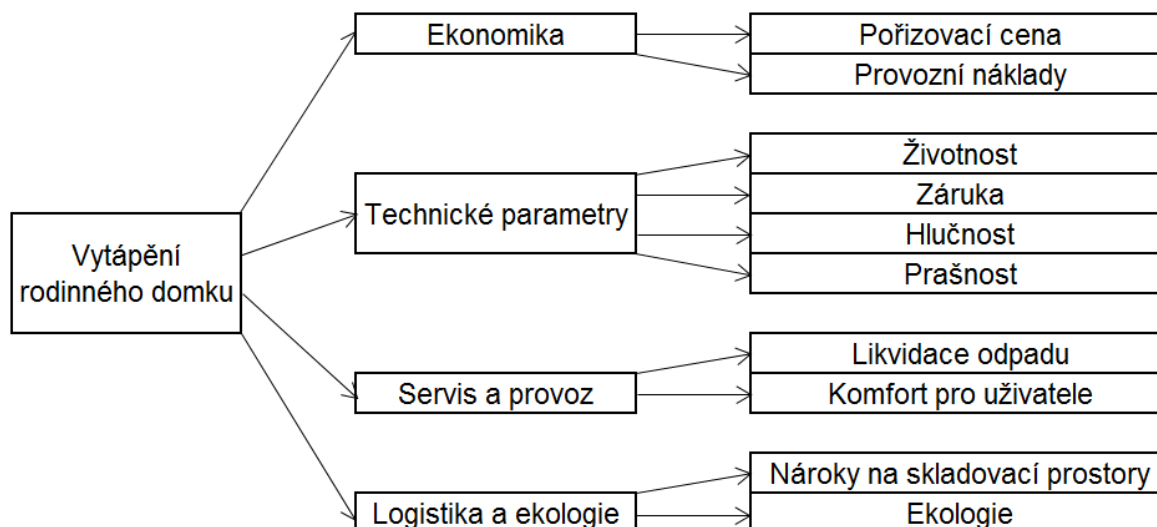
Likvidaci odpadu je nutné pravidelně provádět u kotlů na tuhá paliva, u plynového kondenzačního kotle a tepelného čerpadla vzniká pouze kondenzát a jeho likvidaci je možné vyřešit pomocí stavební úpravy.

Komfort pro uživatele zajišťují varianty vytápění, o něž se nemusí uživatel starat. V případě manuálních kotlů na tuhá paliva musí uživatel pravidelně doplňovat palivo oproti elektrokotli, kde pouze nastaví teplotu a tím pro něj veškerá starost končí.

Nároky na skladovací prostory znamenají nutné vyhrazení plochy k uskladnění paliva pro jednotlivé varianty vytápění (např. dřevo, uhlí, pelety). Tato plocha tedy zmenšuje obytnou plochu objektu a je jinak nevyužitelná.

V rámci **ekologie** jsou zhodnocovány jednak zdroje surovin pro vytápění (a jejich těžba na vliv životního prostředí), tak i emise vznikající při spalování těchto paliv.

6.5.2. Větvený graf pro stanovení kritérií rozhodování - Vytápění



Zdroj: autor

6.5.3. Váhy kritérií - Vytápění

Aby nedocházelo k opisování stejného textu, tak jsou jednotlivé opakující se popisy zkráceny (viz. část 6.1.3.)

6.5.3.1. Párové porovnání - Vytápění

Tab. 37 Párové porovnání - Vytápění

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Počet preferencí	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	XX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,200
Provozní náklady	2		XX	2	2	2	2	2	2	2	2	8	0,178
Životnost	3			XX	4	3	3	3	3	3	3	6	0,133
Komfort pro uživatele	4				XX	4	6	4	4	4	4	6	0,133
Hlučnost	5					XX	5	5	5	5	5	5	0,111
Záruka	6						XX	6	6	6	6	5	0,111
Ekologie	7							XX	7	7	7	3	0,067
Nároky na skladov. prostory	8								XX	8	8	2	0,044
Likvidace odpadu	9									XX	9	1	0,022
Prašnost	10										XX	0	0,000
Suma												45	1,000

Zdroj: autor

6.5.3.2. Saatyho metoda - Vytápění

Tab. 38 Saatyho metoda - Vytápění

Název kritéria	číslo krit.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Geometrický průměr	Váha kritéria
Pořizovací cena	1	1	2	3	5	5	5	7	7	8	9	4,38792	0,279
Provozní náklady	2	0,5	1	3	3	5	5	6	7	8	9	3,57416	0,240
Životnost	3	0,33	0,33	1	0,5	3	3	5	5	8	9	1,97435	0,139
Komfort pro uživatele	4	0,2	0,33	2	1	2	0,5	4	5	7	8	1,64974	0,105
Hlučnost	5	0,2	0,2	0,33	0,5	1	2	3	4	6	7	1,20987	0,074
Záruka	6	0,2	0,2	0,33	2	0,5	1	2	3	5	7	1,10845	0,065
Ekologie	7	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	2	3	6	0,61008	0,037
Nároky na skladov. prostory	8	0,14	0,14	0,2	0,2	0,25	0,33	0,5	1	3	5	0,46857	0,031
Likvidace odpadu	9	0,13	0,13	0,13	0,14	0,17	0,2	0,3	0,3	1	5	0,29602	0,019
Prašnost	10	0,11	0,11	0,11	0,13	0,14	0,14	0,2	0,2	0,2	1	0,17250	0,011
Suma												15,45166	1,000

Zdroj: autor

6.5.3.3. Metoda alokace 100 bodů - Vytápění

Při hodnocení respondentů variant vytápění docházelo k nejvíce dotazům a nejasnostem. Investoři se v oboru méně vyznali a nedokázali si představit všechny kritéria. Ve stručnosti požadují co nejlepší formu vytápění bez starostí s údržbou, za co nejméně peněz. Cena, provozní náklady a životnost jsou nejdůležitějšími kritérii pro rozhodování. Naopak prašnost, likvidace odpadu či ekologie paliva, mají váhy minimální. Jednotlivé dotazníky se aritmeticky zprůměrovaly a jsou shrnuty v tabulce č. 39

6.5.3.4. Shrnutí výsledků vah kritérií - Vytápění

Je aritmetickým průměrem tří metoda určení vah kritérií. Párového porovnání, Saatyho metody a Metoda alokace 100 bodů. Výsledný aritmetický průměr určuje kromě vah i pořadí důležitosti jednotlivých kritérií pro respondenty.

Tab. 39 Shrnutí vah kritérií – Vytápění

Název kritéria	Číslo kritéria	Váha kritéria			Průměr	Pořadí
		Párové porovnání	Saatyho metoda	Anketa		
Požizovací cena	1	0,200	0,279	0,277	0,252	1.
Provozní náklady	2	0,178	0,240	0,239	0,219	2.
Životnost	3	0,133	0,139	0,145	0,139	3.
Komfort pro uživatele	4	0,133	0,105	0,105	0,114	4.
Hlučnost	5	0,111	0,074	0,073	0,086	5.
Záruka	6	0,111	0,065	0,064	0,080	6.
Ekologie	7	0,067	0,037	0,037	0,047	7.
Nároky na skladov. prostory	8	0,044	0,031	0,031	0,035	8.
Likvidace odpadu	9	0,022	0,019	0,019	0,020	9.
Prašnost	10	0,000	0,011	0,011	0,007	10.

Zdroj: autor

Ze shrnutí výsledků ankety, která určila jednotlivé váhy kritérií plyne, že potenciální investoři z okruhu vybraných respondentů dávají nejvyšší význam při výběru varianty vytápění pro rodinný dům ekonomickým parametrům, na úkor prašnosti či likvidace odpadu. Tyto výsledky mohou být důsledkem výběru mladších respondentů (25 – 35 let) s horší finanční situací.

6.5.4. Hodnocení variant kritérií - Vytápění

Po určení váhy jednotlivých kritérií je možné za pomoci připraveného modelu v programu MS Excel jednotlivé varianty forem vytápění zhodnotit. Do procesu rozhodování je vybráno sedm variant dle požadavků respondentů, jejichž detailní popis je součástí této diplomové práce. Vlastnosti jednotlivých variant vytápění jsou shrnuty v Tab. 40. Samotné hodnocení bude realizováno pomocí dvou metod:

- **metoda bodovací s vahami**
- **metoda bazické varianty (Frechetova metoda)**

Tab. 40 Tabulka vstupních hodnot – Vytápění

Zdroj vytápění*	Pořizovací cena	Komfort pro uživatele	Prašnost	Ekologie	Životnost
Elektrická energie elektrokotel	velmi nízká	nejvyšší	žádná	spíše ekologické	velmi vysoká
Elektrická energie tep. čerpadlo	velmi vysoká	vysoký	žádná	velmi ekologické	velmi vysoká
Plyn - kondenzační kotel	průměrná	vysoký	žádná	spíše ekologické	vysoká
Uhlí - autom. kotel	vyšší	průměrný	střední	neekologické	průměrná
Pelety, štěpka - autom. kotel	vysoká	průměrný	střední	velmi ekologické	průměrná
Uhlí - manuální kotel	nižší	nízký	vysoká	neekologické	průměrná
Palivové dřev - manuální kotel	nižší	nízký	vysoká	ekologické	průměrná

Zdroj vytápění*	Hlučnost	Nároky na skladov. prostory	Záruka	Provozní náklady	Likvidace odpadu
Elektrická energie elektrokotel	malá	žádné	standartní	Velmi vysoké	žádná
Elektrická energie tep. čerpadlo	vysoká	malé	vysoká	Velmi nízké	minimální
Plyn - kondenzační kotel	malá	žádné	vysoká	Vyšší	minimální
Uhlí - autom. kotel	střední	vyšší	vyšší	Nižší	střední
Pelety, štěpka - autom. kotel	střední	vyšší	vyšší	Střední	střední
Uhlí - manuální kotel	střední	velké	průměrná	Střední	vyšší
Palivové dřev - manuální kotel	střední	velké	průměrná	Velmi nízké	vyšší

*Vytápění pro nízkoenergetický dům

Potřeba energie na vytápění (9 100 kWh)

Zdroj: autor

6.5.4.1. Metoda bodovací s vahami - Vytápění

Tabulka č. 41 Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů - Vytápění

Název kritéria	Váha	Elektro kotel	Tepel. čerpadlo	Plynový kotel	Uhlí automat	Biom. automat	Uhlí ruční	Dřevo ruční
Pořizovací cena	0,252	9	1	5	4	3	7	7
Provozní náklady	0,219	2	8	4	6	5	5	8
Životnost	0,147	8	8	7	5	5	5	5
Komfort pro uživatele	0,114	9	8	8	5	5	2	2
Hlučnost	0,086	8	2	8	6	6	5	5
Záruka	0,073	5	8	8	7	7	5	5
Ekologie	0,047	5	9	6	3	9	3	7
Nároky na skladovací prostory	0,035	10	9	10	4	4	2	2
Likvidace odpadu	0,020	10	9	9	5	5	3	3
Prašnost	0,007	10	10	10	5	5	2	2

Zdroj: autor

Tabulka č. 42 Bodovací metoda s vahami – určení pořadí - Vytápění

Název kritéria	Váha	Elektro kotel	Tep. čerpadlo	Plynový kotel	Uhlí automat	Biom. automat	Uhlí ruční	Dřevo ruční
Pořizovací cena	0,252	2,268	0,252	1,26	1,008	0,756	1,76	1,764
Provozní náklady	0,219	0,438	1,752	0,876	1,314	1,095	1,1	1,752
Životnost	0,147	1,176	1,176	1,029	0,735	0,735	0,74	0,735
Komfort pro uživatele	0,114	1,026	0,912	0,912	0,57	0,57	0,23	0,228
Hlučnost	0,086	0,688	0,172	0,688	0,516	0,516	0,43	0,43
Záruka	0,073	0,365	0,584	0,584	0,511	0,511	0,37	0,365
Ekologie	0,047	0,235	0,423	0,282	0,141	0,423	0,14	0,329
Nároky na skladovací prosto	0,035	0,35	0,315	0,35	0,14	0,14	0,07	0,07
Likvidace odpadu	0,020	0,2	0,18	0,18	0,1	0,1	0,06	0,06
Prašnost	0,007	0,07	0,07	0,07	0,035	0,035	0,01	0,014
Součet		6,816	5,836	6,231	5,070	4,881	4,9	5,747
Preferenční pořadí		1.	3.	2.	5.	6.	7.	4.

Zdroj: autor

Na základě hodnocení variant pomocí bodovací metody s vahami vycházejí jako nejlepší varianty elektrokotel, plynový kotel a tepelné čerpadlo. Elektrokotel dominuje zejména díky velmi nízké pořizovací ceně a zaměření respondentů na pořizovací cenu.

6.5.4.2. Metoda bazické varianty - Vytápění

Tabulka č. 43 Metoda bazické variant bez započtení vah - Vytápění

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	směrod. odchylka	Elektro kotel	Tepel. čerpadlo	Plynový kotel	Uhlí autom	Bio autom	Uhlí ruční	Dřevo ruční
Pořizovací cena	0,252	9	2,734	0,000	2,926	1,463	1,829	2,194	0,731	0,731
Provozní náklady	0,219	8	2,149	2,792	0,000	1,861	0,931	1,396	1,396	0,000
Životnost	0,147	8	1,463	0,000	0,000	0,684	2,051	2,051	2,051	2,051
Komfort pro uživatele	0,114	9	2,878	0,000	0,347	0,347	1,390	1,390	2,432	2,432
Hlučnost	0,086	8	2,058	0,000	2,915	0,000	0,972	0,972	1,458	1,458
Záruka	0,073	8	1,397	2,147	0,000	0,000	0,716	0,716	2,147	2,147
Ekologie	0,047	9	2,516	1,590	0,000	1,192	2,385	0,000	2,385	0,795
Nároky na skladov. prostory	0,035	10	3,671	0,000	0,272	0,000	1,634	1,634	2,179	2,179
Likvidace odpadu	0,020	10	2,984	0,000	0,335	0,335	1,676	1,676	2,346	2,346
Prašnost	0,007	10	3,684	0,000	0,000	0,000	1,357	1,357	2,172	2,172

Zdroj: autor

Tabulka č. 44 Metoda bazické variant včetně započtení vah - Vytápění

Název kritéria	Váha	Ethalon optima	směrod. odchylka	Elektro kotel	Tepel. čerpadlo	Plynový kotel	Uhlí autom	Bio autom	Uhlí ruční	Dřevo ruční
Pořizovací cena	0,252	9	2,734	0,000	0,737	0,369	0,461	0,553	0,184	0,184
Provozní náklady	0,219	8	2,149	0,611	0,000	0,408	0,204	0,306	0,306	0,000
Životnost	0,147	8	1,463	0,000	0,000	0,100	0,301	0,301	0,301	0,301
Komfort pro uživatele	0,114	9	2,878	0,000	0,040	0,040	0,158	0,158	0,277	0,277
Hlučnost	0,086	8	2,058	0,000	0,251	0,000	0,084	0,084	0,125	0,125
Záruka	0,073	8	1,397	0,157	0,000	0,000	0,052	0,052	0,157	0,157
Ekologie	0,047	9	2,516	0,075	0,000	0,056	0,112	0,000	0,112	0,037
Nároky na skladovací prosto	0,035	10	3,671	0,000	0,010	0,000	0,057	0,057	0,076	0,076
Likvidace odpadu	0,020	10	2,984	0,000	0,007	0,007	0,034	0,034	0,047	0,047
Prašnost	0,007	10	3,684	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,015	0,015
Součet				0,84	1,04	0,98	1,47	1,55	1,60	1,22
Preferenční pořadí				1.	3.	2.	5.	6.	7.	4.

Zdroj: autor

Hodnocení za pomoci metody bazické variant vychází pořadí srovnatelné s předchozí bodovací metodou s vahami. Jako nejméně vhodná varianta vychází manuální kotel na uhlí.

6.5.5. Doporučení optimální varianty, zdůvodnění a zhodnocení doporučení - Vytápění

Na základě vícekritériálního hodnocení variant vytápění rodinného domku stavěného v nízkoenergetickém standartu je možné respondentům doporučit způsob vytápění pomocí elektrokotle či plynového kondenzačního kotle. Pro ekologičtější smýšlející spotřebitele lze vzít do úvahy také tepelné čerpadlo, které při velkém odběru elektřiny v domácnosti (zejména, pokud je objekt vybaven velkým množstvím energeticky náročných spotřebičů), významně snižuje náklady na elektrický proud. Jeho velmi vysoké vstupní náklady však neumožňují takovouto volbu pro každého.

Naproti tomu pro standardní odběr elektřiny ze spotřebičů v kombinaci s velmi vysokou kvalitou zateplení lze doporučit plynový kondenzační kotel, vzhledem k jeho vysoké univerzálnosti a nenáročnosti na prostor. V případě volby plynového kondenzačního kotle je však nutno vzít do úvahy, jestli má obec zbudovanou plynovodní síť.

Nejlépe vycházející variantou z výše uvedených variant hodnocení je tedy volba elektrokotle, který i přes vyšší náklady na provoz, (které jsou ovšem významně eliminovány kvalitou zateplení nízkoenergetického domu) vychází nejlépe svou nízkou pořizovací cenou, nenáročností na prostor, tichostí a komfortností obsluhy. Ostatní pořadí je uvedeno v souhrnné tabulce č. 45

Tab. 45 Souhrn a určení výsledného pořadí – Vytápění

Název kritéria	Číslo kritéria	Preferenční pořadí		Průměr	Pořadí
		Bodovací s vahami	Frechetova vzdálenost		
Elektrokotel	1	1.	1.	1,00	1.
Tepelné čerpadlo	2	3.	3.	3,00	3.
Plynový kondenzační kotel	3	2.	2.	2,00	2.
Autom. kotel černé uhlí	4	5.	5.	5,00	5.
Autom. Kotel biomasa (pelety)	5	6.	6.	6,00	6.
Manuální kotel hnědé uhlí	6	7.	7.	7,00	7.
Manuální kotel palivové dřevo	7	4.	4.	4,00	4.

Zdroj: autor

Závěr

Rozhodovací proces variant konstrukcí a forem vytápění rodinných domů je v současné době velmi zatížen na subjektivní a módní posuzování a chybí nástroj pro objektivní zhodnocení, který by nezájatě zhodnotil jednotlivé konstrukce a formy vytápění. Pomocí tohoto nástroje pro projektanty i investory je možné zobjektivnit rozhodovací proces a poskytnout budoucímu uživateli podklad pro rozhodování.

Multikriteriální hodnocení v rámci diplomové práce je zpracováno na základě ankety mezi potenciálními investory a výstupy z něj, jsou tedy vhodné zejména pro respondenty, jež se účastnili průzkumu. Pomocí jednoduchých úprav je možné model nastavit tak, aby odpovídal požadavkům každého jednotlivého investora. Základním parametrem pro rozhodování je anketa, ve které si potenciální investor určí váhu jednotlivých kritérií pro hodnocené konstrukce a varianty vytápění.

Popis jednotlivých konstrukcí a variant vytápění je obsáhlejší, aby mohla méně odbraná skupina čtenářů této diplomové práce lépe porozumět jednotlivým variantám, pochopil souvislosti a klíčové vlastnosti každé z nich, tedy pro objektivní rozhodování. K zobjektivnění multikriteriálního hodnocení se doporučuje při hodnocení variant uplatnit více metod a ověřit citlivost jednotlivých variant vzhledem k použitým metodám. Za pomoci multikriteriálního hodnocení zpracovaného v programu MS Excel je pak možné velmi rychle a přehledně vybrat ty nejvhodnější materiály, konstrukce či formy vytápění.

Na výstupy z této práce lze navázat vhodným modelem i pro ostatní části výstavbového projektu v rámci LCC, či zaměřením na pozemky a jejich významné vlastnosti pro potenciální investory. K této analýze nelze přistupovat jako k univerzálnímu řešení. Ve výpočtech je příliš mnoho proměnných, které závisí na aktuální nabídce trhu.

Výstupy jsou vhodným podkladem a mají charakter určité metodiky pro rozhodování ze strany nejen stavebníků, ale i projektantů. Po seznámení se s představou investorů o hodnoceném objektu a podmínkách výstavby, lze tento metodický postup, spolu s přednastavenými vzorci a tabulkami pro ekonomické výpočty, velmi snadno využít pro podobné typy staveb. Pro modelování výhodnosti

jednotlivých variant jsou definovány určité prognózní představy o cenách, které však nemusí být naplněny.

Literatura:

- [1] Suchan J., Hořeňovský P., *Projektová dokumentace "Stavba RD Svárov", projekční kancelář SH studio Brno, s. r. o., 2014*
- [2] Česko, Vyhláška č. 78/2013 Sb. ze dne 22.3.2013,, o energetické náročnosti budov
- [3] Česko, ČSN 730 540, *Tepelná ochrana budov vydaná dne 1.10.2011,*
- [4] Pondios, Pondios [online], [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: http://pondios.cz/SEKCE_Drevostavby/main_nizkoenergeticke_pasivni_domy_2.html
- [5] TZBinfo, TZBInfo [online] [cit. 2014-11-24], Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele>
- [6] TZBinfo. TZBInfo [online]. 2011 [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [7] Izolace-info, Izolace-info [online], 2013 [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.isolace-info.cz/katalog/polyuretan/>
- [8] Česko, *Evropská směrnice 2010/31/EU Směrnice Evropského parlamentu a Rady o energetické náročnosti budov, vydané dne 19.5.2010*
- [9] Česko, Vyhláška č. 78/2013 Sb. ze dne 22.3.2013,, o energetické náročnosti budov aktualizovaná, (pozn. účinná k 1. 4. 2013)
- [10] Česko, TNI 730331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet, Technická normalizační informace, UNMZ, 2013
- [11] Česko, Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, vydaná dne 18.6.2007 (pozn. zrušena k 1. 4. 2013)
- [12] Česko, Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a posudku vydaná dne 20.12.2012
- [13] Česko, Vyhláška č. 213/2001 Sb., podrobnosti náležitostí energetického auditu, vydaná dne 14.6.2001 (zrušená dne 1.1.2013)
- [14] Česko, Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů vydaný dne 25.10.2000
- [15] Česko, Vyhláška č. 318/2012 Sb., novelizace zákona č. 406/2000 Sb. vydaná dne 19.7.2012

- [16] Česko, Vyhláška č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie vydaná dne 5.12.2012
- [17] TZBinfo, TZBinfo [online], vydáno dne 8.4.2013. [cit. 2014-12-05] Urban M., Kabele K., Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1.4.2013 článek dostupný na <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
- [18] Česko, Zákon č. 350/2012 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, vydaný dne 19.9.2012 (platný od 1.1.2013)
- [19] Česko, Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, vydáno dne 14.6.2006
- [20] Česko, ČSN EN 15 217 – Energetická náročnost budov – metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov, vydaná dne 13.1.1991
- [21] Vysoké učení technické – Technika prostředí, Rubinová O., Budova a energie, Energetická náročnost a legislativa ČR citace z prezentace dostupné na: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp08.pdf>,
- [22] Cenyenergie, Cenyenergie [online], 2011 [cit. 2014-11-26], Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/primarni-zdroje-energie.dic>
- [23] Chybík J., Energetika, článek časopis Stavebnictví, 09/2012
- [24] Ekowatt, Ekowatt [online], 2011 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz>
- [25] Nalezeno.cz, Nalezeno [online], 2013 [cit. 2014-11-26] <http://www.nazeleno.cz/energie>
- [26] David D., Pasivní domy, článek v časopise Bydlení stavby reality, 11/2012
- [27] Pasea, Pasea [online], 2013, [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.pasivni-domy-pasea.cz/aktivni-domy>
- [28] Sollaris, Sollaris [online], 2014 [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: www.sollaris.cz
- [29] Pasea, Pasea [online], 2013 [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: www.pasivni-domy-pasea.cz/aktivni-domy
- [30] EkoWATT, EkoWATT [online], 2013 [cit. 2014-11-27], článek dostupný z: www.energetika.cz/index.php?id=173,
- [31] Česko, ČSN 730 540 - 2, Tepelná ochrana budov, 2. aktualizované vydání ze dne 1.11.2012,
- [32] Vysoká škola Báňská, Metody stanovení vah kritérií, [cit. 2014-12-06] Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/kvalita-vahy.htm>
- [33] Xbizon, nazeleno.cz [online], 2013 [cit. 2014-11-28]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/kotel-na-biomasu.dic>
- [34] Česko, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Výroční statistiky 2013 [cit. 2014-12-05]
- [35] TZBinfo, TZBinfo [online], [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>

- [36] TZBinfo, TZBinfo [online], vydáno dne 14.7.2012. [cit. 2014-11-29] *Fučík Z., odborný článek dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>*
- [37] Česko, ČSN 731 901, *Navrhování střech - Základní ustanovení* vydaná dne 1.3.2011,
- [38] Junkers, Junkers [online], 2014 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: http://www.junkers.cz/pro_nase_zakazniky/zakaznicka_podpora/caste_otazky/plynove_kondenzacni_kotle_junkers/plyn_kondenzacni_kotle
- [39] David D., *Plynové kotle zítřka*, článek v časopise *Bydlení Stavby Reality*, 10/2012
- [40] TZBinfo, TZBinfo [online], 2012 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-elektrinou/prednosti-elektrickeho-vytapani>
- [41] STUPAVSKÝ, V.: *Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety*. [47] *Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2014-12-11]. Dostupné z <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>. ISSN: 1801-2655*
- [42] Energetický, Energetický [online] 2013, [cit. 2014-12-06] Dostupné z: <http://www.energeticky.cz/66-tepelna-cerpadla.html>
- [43] Heluz, Heluz [online] 2014 [cit. 2014-12-06] *Příručka pro stavebníky dostupná z: www.heluz.cz/uploads/images/pdf/prirucka/vnejsi_zdivo_heluz.pdf*
- [44] Heluz, Heluz [online] 2014 [cit. 2014-12-06] *Ceníky dostupné z: www.heluz.cz/uploads/images/pdf/ceniky/cenik-15-04-14.pdf*
- [45] *Tepelná izolace Josef Ciprain, Tepelná izolace [online] 2014 [cit. 2014-12-08] Dostupné z: www.tepelna-izolace.cz/polystyren-eps-70-f-fasadni.html*
- [46] Velox, Velox [online] 2014, [cit. 2014-12-07] Dostupné z: www.hoffmann.cz/stavebni-system-velox
- [47] Velox, Velox [online] 2014, [cit. 2014-12-07] Dostupné z: www.velox.cz
- [48] Kuklík P., *Dřevostavby v současnosti*, článek v časopise *stavebnictví 01-02 2014*, vydavatel EXPO data s. r. o.
- [49] *Zofí fasády, Zateplení fasád, [online], Studený R., Zateplení fasády 2013, [cit. 2014-12-03] Dostupné z: www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/zatepleni-fasady-cena-za-m2/*
- [50] Weber, Weber [online], 2014 [cit. 2014-12-04], Dostupné z: www.weber-terranova.cz
- [51] *Dřevostavitel, Dřevostavitel, Jiříček P., 8.3.2012, článek Stavba dřevostavby systémem two by four [cit. 2014-12-11] Dostupné z: www.drevostavitel.cz/clanek/two-by-four-system*
- [52] Weber, Weber [online], 2014 [cit. 2014-12-04], Dostupné z: www.weber-terranova.cz/zateplovaci-systemy/reseni/vyberte-si-idealni-reseni/doporucene-tloustky-izolacnich-desek.html
- [53] JAGA MEDIA, s.r.o., *Homebydlení*, [online] 21.11.2014, [cit. 2014-12-03], článek dostupný z: www.homebydleni.cz/dum/ned-a-pasivni-domy/z-ceho-postavit-zdeny-nizkoenergeticky-dum-nabizime-prehled-materialu/

- [54] Capůrka J., *Výplně otvorů s integrovanými rámy*, časopis *stavebnictví* 06-07 2012
- [55] Slanina P., *Nejnižší povrchová teplota výplní otvorů*, časopis *stavebnictví* 06-07 2012
- [56] Oknoplastik, *Oknoplastik [online]*, 2014 [cit. 2014-12-09] Dostupné z:
<http://www.oknoplastik.cz/produkty>
- [57] PKS, *PKS [online]*, 2014, [cit. 2014-12-11] Dostupné z:
<http://www.pksokna.cz/poradna/rady-a-tipy>
- [58] Slavona, *Slavona [online]*, 2014, [cit. 2014-12-11] Dostupné z:
<http://www.slavona.cz/tema-mesice/okna-progression-bezudrzbova-bezramova-okna.html>
- [59] České vysoké učení technické, Hájek P., Fiala C.: *KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB*, prezentace ČVUT, Praha 2011
- [60] Sosokna, *Sosokna [online]*, 2013, [cit. 2014-12-05] dostupné z:
<http://www.sosokna.cz/index.php/devna-okna>
- [61] Grieger, *Grieger [online]*, 2013, [cit. 2014-12-05], dostupné z:
<http://www.grieger.cz/drevena-okna-eurookna.html>
- [62] Inoutic, *Inoutic [online]*, 2014, [cit. 2014-12-05], dostupné z: <http://www.inoutic.cz/cz/tipy-pro-nakup-oken/typy-oken/okna-pro-pasivni-dum/>
- [63] Světoken, *Svetoken [online]*, 3. 8. 2009, [cit. 2014-12-05], dostupné z:
<http://www.svetoken.cz/zvukova-izolace-oken/>
- [64] Prookna, *Prookna [online]*, 2014, [cit. 2014-12-05], dostupné z:
<http://prookna.sweb.cz/protihluk.htm#hladiny>
- [65] Česko, *Norma DIN 4109: Požadavky na vlastnosti vzduchové neprůzvučnosti*, vydané roku 1989
- [66] Česko, *Norma ČSN 73053: Požadavky na protihlukovou ochranu*, vydané roku 2000
- [67] České vysoké učení technické, Graupner. M., Koubík K.: *Zelené střechy*, prezentace na ČVUT, Praha 2013, dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2013/sbornik_2013/41.pdf
- [68] Srdečný, K.: *Energeticky soběstačný dům*. ERA, Brno, 2006, dotisk 2007.
- [69] ASB, *Asbportal [online]*, Drda J., článek vydaný dne 3.2.2011 [cit. 2014-11-29] dostupný z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/strecha-pro-nizkoenergeticky-dum>
- [70] Vysoká škola Báňská, Solař. J., *studijní podklady Pozemní stavitelství 4*, dostupné z:
<http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/9.html>
- [71] Hanzalová L., Šilarová Š.: *Ploché střechy navrhování a sanace*. Informační centrum ČKAIT, s. r. o., Praha 2005. ISBN 80-86769-71-2
- [72] TZBinfo, *TZBinfo [online]*, článek *Stavíme energeticky úsporný dům (VI)* vydaný dne 18.11.2003 [cit. 2014-11-30] dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/1709-stavime-energeticky-usporny-dum-vi-strechy>
- [73] Fajkoš A.: *Plochá střecha pro energeticky úsporný dům* Praha, 2009

[74] Maloušek J.: *Přednosti šikmé střechy pro nízkoenergetický dům Ostrava*, 2010

[75] TZBinfo, TZBinfo [online], článek Konstrukční systém Ytong pro stropy a střechy vydaný dne 15.7.2013 [cit. 2014-11-30] dostupný z: <http://stavba.tzb-info.cz/stropy/10138-konstrukcni-system-ytong-pro-stropy-a-strechy>

[76] Ytong, Ytong [online], 2013, [cit. 2014-12-02] dostupný z:

http://www.ytong.cz/cs/content/strecha-ytong-komfort.php?utm_source=tzbinfo&utm_medium=pr&utm_campaign=zdrave_bydleni_2013

[77] TZBinfo, TZBinfo [online], Šubrt. R., článek Ploché a šikmé střechy, jejich výhody a nevýhody vydaný dne 15.1.2007 [cit. 2014-11-30] dostupný z: www.tzb-info.cz/3821-ploche-a-sikme-strechy-jejich-vyhody-a-nevyhody

[78] TZBinfo, TZBinfo [online], Chaloupka K, Svoboda Z., článek Obrácené střechy a Duo střechy vydaný dne 16.11.2009 [cit. 2014-11-30], Publikace Ploché střechy, Grada 2009 dostupný z: <http://stavba.tzb-info.cz/strechy/6054-obracene-strechy-a-duo-strechy-i>

[79] Rozhodovací procesy, Rozhodovací procesy [online], 2011, Křupka J. Rozhodovací procesy kap 1 [cit. 2014-12-11] dostupné z: <http://www.rozhodovaciproceny.cz/vicekriterialni-rozhodovani/2-1-metody-stanoveni-vah-kriterii.html>

[80] Vysoká škola Báňská, Olivková I.: *Aplikace metod vícekritériálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy*, VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2012

KLÍČOVÁ SLOVA, ZKRATKY, DEFINICE ČJ + AJ

Klíčové pojmy / Keywords

Trvale udržitelný rozvoj	–	Sustainable development
Životní cyklus staveb	–	Life-cycle of structures
Referenční budova	–	Reference buildings
Energetická náročnost	–	Energy consumption

Zkratky

ENB	–	energetická náročnost budovy
m.j.	–	měrná jednotka
OZE	–	obnovitelné zdroje energie
U, k	–	součinitel prostupu tepla ($W/m^2 \cdot K$)
kWh	–	kilowatthodina – násobky jednotky energie
ČSN	–	česká technická norma
EPBD	–	<i>energy performance of building directive (energetická náročnost budov)</i>
EN	–	<i>evropská norma</i>
EU	–	<i>Evropská Unie</i>
TUV	–	<i>teplá užitková voda</i>
TV	–	<i>teplá voda</i>
RD	–	<i>rodinný domek</i>
LCC	–	<i>náklady životního cyklu stavby</i>
ETICS	–	<i>vnější kontaktní zateplovací systém</i>
ČSN	–	česká technická norma
ETICS	–	<i>vnější kontaktní zateplovací systém</i>
ETICS	–	<i>vnější kontaktní zateplovací systém</i>

Definice

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – Dokument obsahující souhrnně energetickou náročnost hodnoceného objektu

REFERENČNÍ BUDOVA – Konkrétně definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy,

NUCENÉ VĚTRÁNÍ – Větrání za pomoci mechanického zařízení

PRIMÁRNÍ ENERGIE – Energie , která neprošla žádným procesem přeměny. Celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie,

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA – Charakterizuje tepelně izolační schopnost konstrukce, označován písmenem U, jednotka $W/(m^2K)$,

REKUPERACE TEPLA – Řízené nucené větrání se zpětným získáváním tepla

ENERGETICKÁ NÁROČNOST – Spotřeba energie vydaná na určitou měrnou jednotku (např. na vytápění m^2 budovy, na výrobu m^3 stavebního materiálu).

ŽIVOTNÍ CYKLUS STAVEB – Vývojové fáze stavby definované v čase od získávání surovin pro výrobu stavebních materiálů až po likvidaci stavby po dožití.

Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek

Tab. 1	Požadavky na splnění energ. náročnosti pro nové a rekonstruované budovy.....	23
Tab. 2	Vybrané hodnoty faktoru celkové primární energie pro některé energonositele.....	26
Tab. 3	Součinitele prostupu tepla dle ČSN 730540-2.....	31
Tab. 4	Množství získané energie z obnovitelných zdrojů.....	87
Tab. 5	Roční spotřeba energií RD Svárov.....	93
Tab. 6	Deskriptory podle Saatyho.....	95
Tab. 7	Shrnutí vah kritérií – vzor.....	96
Tab. 8	Tabulka vstupních hodnot – vzor.....	97
Tab. 9	Hodnotitelé.....	98
Tab. 10	Párové porovnání – obvodové konstrukce.....	101
Tab. 11	Saatyho metoda – obvodové konstrukce.....	102
Tab. 12	Shrnutí vah kritérií – obvodové konstrukce.....	103
Tab. 13	Tabulka vstupních hodnot – obvodové konstrukce.....	104
Tab. 14	Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů.....	104
Tab. 15	Bodovací metoda – určení pořadí.....	105
Tab. 16	Metoda bazické varianty bez započtení vah – obvodové konstrukce.....	105
Tab. 17	Metoda bazické varianty včetně započtení vah – obvodové konstrukce.....	106
Tab. 18	Souhrn a určení výsledného pořadí obvodové konstrukce.....	107
Tab. 19	Párové porovnání – Okna.....	110
Tab. 20	Saatyho metoda – Okna.....	110
Tab. 21	Shrnutí vah kritérií – Okna.....	111
Tab. 22	Tabulka vstupních hodnot – Okna.....	112
Tab. 23	Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů.....	113
Tab. 24	Bodovací metoda – určení pořadí.....	113
Tab. 25	Metoda bazické varianty bez započtení vah – Okna.....	114
Tab. 26	Metoda bazické varianty včetně započtení vah – Okna.....	114
Tab. 27	Souhrn a určení výsledného pořadí - Okna.....	115
Tab. 28	Párové porovnání – Střešní konstrukce.....	118
Tab. 29	Saatyho metoda – Střešní konstrukce.....	119
Tab. 30	Shrnutí vah kritérií – Střešní konstrukce.....	120
Tab. 31	Tabulka vstupních hodnot – Střešní konstrukce.....	121
Tab. 32	Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů.....	121
Tab. 33	Bodovací metoda – určení pořadí.....	122
Tab. 34	Metoda bazické varianty bez započtení vah – Střešní konstrukce.....	123
Tab. 35	Metoda bazické varianty včetně započtení vah – Střešní konstrukce.....	123
Tab. 36	Souhrn a určení výsledného pořadí - Střešní konstrukce.....	124

Tab. 37 Párové porovnání – Vytápění.....	127
Tab. 38 Saatyho metoda – Vytápění.....	128
Tab. 39 Shrnutí vah kritérií – Vytápění.....	129
Tab. 40 Tabulka vstupních hodnot – Vytápění.....	130
Tab. 41 Bodovací metoda – určení dle hodnotitelů.....	130
Tab. 42 Bodovací metoda – určení pořadí.....	131
Tab. 43 Metoda bazické varianty bez započtení vah – Vytápění.....	131
Tab. 44 Metoda bazické varianty včetně započtení vah – Vytápění.....	132
Tab. 45 Souhrn a určení výsledného pořadí – Vytápění.....	133

Seznam obrázků

Obr. 1 Graf závislosti hodnoty U na tloušťce izolantu.....	15
Obr. 2 Grafitový pěnový polystyren.....	16
Obr. 3 Minerální vata.....	17
Obr. 4 Riziko kondenzace uvnitř konstrukce.....	18
Obr. 5 Princip stanovení dílčí dodané energie pro TV.....	24
Obr. 6 Princip výpočtu energetické náročnosti budov.....	27
Obr. 7 Průkaz energetické náročnosti budovy.....	29
Obr. 8 Stupně A – G u PENB.....	30
Obr. 9 Schéma optimálně navrženého domu.....	35
Obr. 10 Procentuální vyjádření LCC stavebních objektů.....	39
Obr. 11 Typické dutiny pro keramické tvárnice.....	40
Obr. 12 Heluz family 50 broušená.....	42
Obr. 13 Heluz 2in1 38 broušená.....	43
Obr. 14 Skladba systému ETICS.....	44
Obr. 15 Novostavba roubenky s rybinovým spojem.....	47
Obr. 16 Hrázděnka v centru Mohuče.....	48
Obr. 17 Montáž prefabrikovaných panelů.....	50
Obr. 18 Schéma obvodové stěny s izolační předstěnou.....	51
Obr. 19 Ytong Theta+ 500.....	52
Obr. 20 Skladba systému Velox.....	53
Obr. 21 Hliníkové okno.....	58
Obr. 22 Rámy dřevěných oken.....	59
Obr. 23 Plastové okno.....	60
Obr. 24 Plastové okno pro pasivní domy.....	61
Obr. 25 Skladba protihlukového okna.....	62
Obr. 26 Vizualizace zabudovaného okna s integrovanými rámy.....	64
Obr. 27 Terasa na ploché střeše.....	68

<i>Obr. 28 Skladba DUO střechy s kačírkem.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 29 Skladby intenzivní a extenzivní Zelené střechy.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 30 Dekroof 39-A.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 31 Podkroevní a mezikroevní izolace.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 32 Prodloužené krokrové závěsy.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 33 Dekroof 11-C.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 34 Skladba střechy Ytong komfort.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 35 Termostatická hlavice.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 36 Schéma skladby podlahového teplovodního vytápění.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 37 Otopné těleso.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 38 Vertikální rozložení tepla.....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 39 Kotel určený ke spalování více typů paliv.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 40 Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu.....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 41 Elektrokotel.....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 42 Granulované pelety.....</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 43 Zásobování automatického kotle na pelety.....</i>	<i>87</i>
<i>Obr. 44 Zplynovací kotel na dřevo.....</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 45 Venkovní jednotka tepelného čerpadla.....</i>	<i>89</i>