



Foto: Origis, www.origis.cz

ĚKONOMICKÉ HODNOCENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÉ VÝSTAVBY

ISBN: 978-80-87333-10-5

Autoři Jiří Beranovský

Odborná spolupráce Ing. Jan Pokorný
Ing. Martina Kozelková
Ing. Petr Vogel
Ing. Karel Srdečný

Datum vypracování: 3. prosince 2014

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ:	III
SEZNAM TABULEK:	IV
SEZNAM ROVNIC:	V
SEZNAM ZKRATEK:	VI
1. ÚVOD.....	7
1.1. O ČEM JE TATO PUBLIKACE?	7
1.2. SITUACE	7
1.3. PROČ JE OBECNĚ DŮLEŽITÉ SE ZABÝVAT ENERGETICKY ÚSPORNOU VÝSTAVBOU?	8
1.4. EVROPSKÁ DIREKTIVA V NÁRODNÍ LEGISLATIVĚ	8
1.5. PRO KOHO JE ENERGETICKY ÚSPORNÁ VÝSTAVBA DŮLEŽITÁ?	9
2. METODY, MODELY A TEORIE	9
2.1. ZÁKLADNÍ POJMY ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ BUDOV	9
2.2. ZÁKLADNÍ POJMY EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ	13
2.3. EKONOMICKÁ ANALÝZA – METODIKA A KRITÉRIA	14
3. VARIANTY POSUZOVANÉHO OBJEKTU	16
3.1. STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VARIANT	16
3.2. TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV: NUCENÉ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA	20
3.3. TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV: VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVA TV	21
3.4. POTŘEBA ENERGIE NA DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE A VAŘENÍ	22
3.5. DODATEČNÉ ZDROJE ENERGIE A OZĚ	23
3.6. PŘEHLED HODNOCENÝCH VARIANT	24
3.7. TEPELNĚ TECHNICKÉ HODNOCENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ	24
3.8. ENERGETICKÉ HODNOCENÍ	26
3.9. NÁKLADY NA REALIZACI A PROVOZ	28
4. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY.....	32
4.1. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VARIANT	32
4.2. KRITÉRIUM NPV VÝDAJŮ A CELKOVÉ NÁKLADY ZA DOBU VLASTNICTVÍ (TCO)	34
4.3. TOKY HOTOVOSTI PŘI FINANCOVÁNÍ ÚVĚREM (HYPOTÉKOU)	38
5. SHRNUTÍ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ.....	44
SEZNAM ODKAZŮ A LITERATURY:	47
6. PŘÍLOHY.....	49
6.1. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ V NÁRODNÍ LEGISLATIVĚ	49
6.2. V7 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	50
6.3. REFERENČNÍ BUDOVA DLE VYHLÁŠKY 78/2013	50
6.4. V0 POŽADOVANÁ – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	52
6.5. V0 DOPORUČENÁ – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	53
6.6. V1 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	54
6.7. V2 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	55

6.8. V3 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	56
6.9. V4 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	57
6.10. V5 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	58
6.11. V6 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	59
6.12. V7 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	60

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění.....	12
Obrázek 2: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha - Vinoř. Foto: Origis, www.origis.cz .	16
Obrázek 3: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz	17
Obrázek 4: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz	17
Obrázek 5: Varianta 0Pož Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.	18
Obrázek 6: Varianta 0Dop Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.	18
Obrázek 7: Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm.....	19
Obrázek 8: Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 + MW 320.	19
Obrázek 9: Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + EPS 260 mm.	19
Obrázek 10: Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm.	19
Obrázek 11: Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm.	19
Obrázek 12: Varianta 6 DO Dřevovláknó 60 mm + Celulóza 280 mm.....	19
Obrázek 13: Varianta 7 Celulóza 160 mm + šedý EPS 180 mm.	20
Obrázek 14: Nucené větrání s rekuperací. Zdroj: www.atrea.cz	21
Obrázek 15: Příklad tepelného čerpadla IVT. Zdroj: www.cerpadla-ivt.cz	22
Obrázek 16: Příklad tepelného čerpadla Daikin. Zdroj: www.daikin.cz	22
Obrázek 17: Celkové roční náklady za energii.	28
Obrázek 18: Celkové investiční náklady.....	31
Obrázek 19: Závislost NPV na investičních nákladech.....	33
Obrázek 20: Závislost IRR na investičních nákladech.	33
Obrázek 21: Závislost prosté doby splacení na investičních nákladech.	34
Obrázek 22: Závislost diskontované doby splacení na investičních nákladech.....	34
Obrázek 23: Závislost NPV na velikosti úspor energie.....	34
Obrázek 24: Závislost IRR na velikosti úspor energie.	34
Obrázek 25: Závislost prosté doby splacení na velikosti úspor energie.....	34
Obrázek 26: Závislost diskontované doby splacení na velikosti úspor energie.....	34
Obrázek 27: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 15 let.....	36
Obrázek 28: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 30 let.....	36

Obrázek 29: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 15 let.	37
Obrázek 30: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 30 let.	38
Obrázek 31: Měsíční splátky hypotéky a plateb za energie s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	39
Obrázek 32: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	40
Obrázek 33: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	41
Obrázek 34: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	41
Obrázek 35: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	42
Obrázek 36: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	43
Obrázek 37: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	43
Obrázek 38: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	44
Obrázek 39: Porovnání variant v horizontu 15 let bez zvyšování cen energií.	45
Obrázek 40: Porovnání variant v horizontu 30 let bez zvyšování cen energií.	45

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Pasivní standard podle TNI a PHPP. (Zdroj: Porsenna o. p. s.).....	9
Tabulka 2: Požadované součinitele U pro metodiku PHI.....	12
Tabulka 3: Rozdělení budov podle charakteristiky a roční potřeby tepla na vytápění. (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)	12
Tabulka 4: Příklad spotřeby energie na domácí spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.	23
Tabulka 5: Přehled poplatků ke každé vyrobené a zároveň spotřebované kWh _{el} pro rok 2014 (bez DPH).	23
Tabulka 6: Podrobný přehled hodnocených variant.	24
Tabulka 7: Okrajové parametry modelových výpočtů: Parametry vnějšího a vnitřního prostředí.	24
Tabulka 8: Geometrické vlastnosti jednotlivých variant.	25
Tabulka 9: Vyhodnocení obálky budovy z hlediska ČSN 73 0540-2:2011.	25
Tabulka 10: Energetická náročnost budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.....	25
Tabulka 11: Hodnocení energetické potřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.	26
Tabulka 12: Hodnocení energetické spotřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.....	27
Tabulka 13: Investiční náklady a roční náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty.....	30
Tabulka 14: Provozní náklady pro jednotlivé varianty.	32
Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro ekonomické vyhodnocení variant.....	33
Tabulka 16: Výsledky ekonomického hodnocení variant.	33

Tabulka 17: Ekonomické vyhodnocení variant formou TCO a NPV výdajů pro 15 a 30 let..... 35

Tabulka 18: Ekonomické vyhodnocení variant formou financování úvěrem na 20 let..... 39

SEZNAM ROVNIC:

Rovnice 1: Vztah pro diskontovaný tok hotovosti NPV (Net Present Value), DCF (Discount Cash Flow).....	14
Rovnice 2: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).....	15
Rovnice 3: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_s (návratnost).	15
Rovnice 4: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).....	15

SEZNAM ZKRATEK:

Zkratky stavebních konstrukcí			
OK	Okno	MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW
DV	Dveře nebo vrata (V)	NERD	nízkoenergetický rodinný dům
OP	Obvodový plášť	nn	nízké napětí (do 1 kV) ¹
PDL	Podlaha	NP	nadzemní podlaží
STR	Strop nebo střecha	NPV	Net Present Value, čistá současná hodnota
SP	Střešní plášť	NT	nízký tarif
LOP	Lehký obvodový plášť	nZEB	Nearly Zero-Energy Buildings / Budovy s téměř nulovou spotřebou energie
MIV	Meziokenní vložka	NZÚ	Program Nová zelená úsporám
	Ostatní zkratky	ORC	Organic Rankin Cycle
BD	bytový dům	OZE	obnovitelné zdroje energie
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka	PD	projektová dokumentace/pasivní dům
BPS	bioplynová stanice	PE	parní elektrárny
BRKO	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu	PEZ	primární energetické zdroje
BRO	biologicky rozložitelný odpad	PHPP	Passive House Planning Package = nástroj na optimalizaci pasivních budov
CEN TC	European Committee for Standardization - Technical Committee	PPE	paroplynové elektrárny
CNG	stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)	PP	podzemní podlaží
CZT	centrální zásobování teplem	PPS	pěnový polystyren
ČSÚ	Český statistický úřad	PSE	plynové, spalovací elektrárny
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii	PVE	přečerpávací vodní elektrárny
DCF	diskontovaný cash flow	RD	rodinný dům
DST	denostupně	RRD	rychle rostoucí dřeviny
EGS	Enhanced Geothermal System (systémy s umělým vodním výměníkem)	SKO	směsný komunální odpad
EPB	Energy Performance of Building / Energetická náročnost budov	SLT	soubor lesních typů
EPBD	Energy Performance of Building Directive / Směrnice pro energetickou náročnost budov	SPF	Seasonal Performance Factor, sezónní topný faktor
EPC	Energy Performance Contracting (Consulting)	SPVEZ	Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů
EPS	expandovaný polystyren	SSJ	střední spalovací jednotky výkon 50 – 200 kW
ERÚ	Energetický regulační úřad	TCO	Total Costs of Ownership = celkové náklady za dobu vlastnictví, resp. životnosti
EŠOB	energetický štítek obálky budovy	TČ	tepelné čerpadlo
GIS	Geografický informační systém	TI	tepelná izolace
GTE	geotermální elektrárna	TKO	tuhý komunální odpad
HD	hospodařící domácnost	TTP	trvalé travní porosty
HDR	Hot Dry Rock (suché teplo hornin)	TV	teplá voda
HPJ	hlavní půdní jednotka	TZB	technické zařízení budov
HPKJ	hlavní půdně klimatická jednotka	ÚFA	Ústav fyziky atmosféry
HVAC	heating, ventilation, and air conditioning / vytápění, větrání a klimatizace	ÚT	ústřední vytápění
IEQ	Indoor Environmental Quality / Kvalita vnitřního prostředí	vn	vysoké napětí (od 1 kV do 52 kV) ¹
IT	Information Technology, informační technologie	VE	vodní elektrárny
IRR	Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento)	VO	velkoodběr elektřiny
JI	join implementation (společný podnik)	VSJ	velké spalovací jednotky (výkon nad 200 kW)
JE	jaderná elektrárna	VT	vysoký tarif
KCE	konstrukce	VTE	větrné elektrárny
KR	klimatické regiony	VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla	VÚMH	Výzkumný ústav místního hospodářství
KGJ	kogenerační jednotka	vvn	velmi vysoké napětí (nad 52 kV) ¹
KPI	Key Performance Indicators	VYT	vytápění
KZS	kontaktní zateplovací systém	VZT	vzduchotechnika
LED	Light Emitting Diode, světlo emitující dioda	XPS	extrudovaný polystyren
LHP	lesní hospodářské plány	ZP	zemní plyn
LOP	lehký obvodový plášť	ZT	zdroj tepla
LPIS	Land Parcel Identification System		
LTO	lehký topný olej		
MO	maloodběr elektřiny		
MOO	maloodběr elektřiny obyvatelstvo		
MOP	maloodběr elektřiny podnikatelé		
MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW		
MV	minerální vlna		
MVE	malé vodní elektrárny (do 10 MW)		

¹ ČSN 330010

1. ÚVOD

1.1. O ČEM JE TATO PUBLIKACE?

Publikace zkoumá závislost ekonomické efektivity na investičních a provozních nákladech energeticky úsporné výstavby na příkladu rodinného domu. Pro snadnější pochopení studie využívá konkrétní realizovaný rodinný dům v obci Praha - Vinoř (Kozelková, M., 2013)², viz Varianta 6 v dalším textu. Energetické spotřeby, investiční a provozní náklady jsou porovnány pro různé stavební systémy.

Studie předpokládá přípustná zjednodušení, protože problematika energeticky úsporné výstavby má mnoho stupňů volnosti. Snaha postihnout všechny možnosti vede obvykle k nepřehlednosti.

Pro stanovení energetické náročnosti objektu je zvolena novostavba pasivního domu, který je namodelován v různých stavebních soustavách. Jednotlivé modely jsou „naladěny“ tak, aby dům v každé stavební soustavě splňoval kritéria pro pasivní standard podle TNI 73 0329 pro rodinné domy. Technická vybavenost se předpokládá jednotná.

V České republice lze pro stavbu pasivního domu s výhodou využít dotačního programu Nová zelená úsporám (NZÚ), který předpokládá používání českých metodik pro energetické hodnocení budov. Proto nejsou pro hodnocení použity zahraniční metodiky, například PHPP.

Tepelně technické posouzení je zpracováno v programech Svoboda Software: Teplo 2014, Energie 2014 a v programu EkoWATT 2014. Jedná se v podstatě o hodnocení podle ČSN 73 0540, dále podle TNI 73 0329 a podle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Pro ekonomické hodnocení jsou použita klasická kritéria hodnocení ekonomické efektivity. Ekonomické výpočty jsou prováděny v programu Efekt 3.0 ČVUT³. Rozpočty jsou sestaveny v programu KROS plus.

1.2. SITUACE

Proč se zabýváme ekonomickým hodnocením energeticky úsporné výstavby? Novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií (zákon č. 318/2012 Sb.) a prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb. cílí na přechod k lepším energetickým standardům budov, v roce 2020 dokonce k budovám s téměř nulovou spotřebou⁴. Logické jsou potom otázky: Kolik to bude stát? Vyplatí se to? Má smysl cílit z pasivního dokonce na nulový nebo aktivní standard?

V odborné literatuře lze například nalézt informace o tom, že náklady na výstavbu pasivního domu jsou o 8 - 15 % vyšší než na běžnou výstavbu. (Bárta, Srdečný, 2011)⁵ Je však logické, že náklady se budou v jednotlivých zemích lišit z důvodu odlišných ekonomických, ale i třeba klimatických podmínek. V České republice nebyl podrobný výzkum zatím prováděn. Ovšem porovnáním rozpočtů některých již realizovaných pasivních domů se ukazuje, že při optimalizaci investičních nákladů úsporná výstavba dokonce nemusí být dražší než výstavba běžná. (Beranovský, 2014)⁶

² Kozelková Martina, Mádrová Jana (2014) Rozpočty pro různé stavební varianty rodinného domu ve Vinoři. Firemní podklady ORIGIS s. r. o., U Strouhy 264/13, 19600 Praha 9-Miškovice, tel.: 725 056 004, zelená linka: +420 800 884 884, m.kozelkova@origis.cz, j.madrova@origis.cz, <http://www.origis.cz>.

³ Kol. autorů (2013) Efekt 3.0. Program pro hodnocení ekonomické efektivity. ČVUT FEL, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, Praha.

⁴ Je třeba si uvědomit, že budovy s téměř nulovou spotřebou podle české legislativy mohou, ale nemusí být pasivní. Podle prováděcí vyhlášky č. 78/2013 Sb. se jedná spíše o budovy těsně pod hranici nízkoenergetických, přibližně 45 kWh/(m².rok).

⁵ Bárta, J., Srdečný, K. (2010) Navrhování pasivních domů. Kurz Centra pasivního domu (CPD), Část H, Ekonomika pasivních domů. Brno: Centrum pasivního domu.

⁶ Beranovský, J. (2014) Ekonomika energeticky úsporné výstavby. Podklady a pracovní verze studie pro interní firemní výzkum. Praha: EkoWATT CZ s. r. o.

Pokud při výstavbě úsporných budov dochází k navýšení investičních nákladů (oproti výstavbě standardních, „neúsporných“ budov), z ekonomického hlediska ji lze chápat i jako formu investice, jejímž účelem je snížení budoucích provozních nákladů (především na vytápění, přípravu teplé vody, větrání nebo osvětlení). Pro investora – stavebníka je tedy důležitou otázkou ekonomická efektivita takové investice.

1.3. PROČ JE OBECNĚ DŮLEŽITÉ SE ZABÝVAT ENERGETICKY ÚSPORNOU VÝSTAVBOU?

Budovy v České republice, ať už rezidenční či komerční, se podílejí významnou částí na celkové spotřebě tepla a elektřiny konečnými spotřebiteli. Tato spotřebovávaná energie pak ovlivňuje celou řadu makroekonomických veličin počínaje rozložením skladby nákladů ve spotřebním koši až po strategické zabezpečení dodávky energií. Přitom energeticky úsporná výstavba, tedy nízkoenergetická, pasivní, nulová či dokonce aktivní (plusová), je v České republice stále ještě málo populární, ačkoliv zejména v okolních státech, jako jsou Rakousko či Německo, je například pasivní výstavba již léta běžným standardem.

Situace se ale v důsledku zavádění evropské legislativy mění. Příslušný předpis Evropské unie⁷ (EPBD II = Energy Performance of Building Directive = Směrnice pro energetickou náročnost budov) podstatně doplňuje a mění původní směrnici EPBD I⁸, která této směrnici předcházela. Tato směrnice principiálně zavádí do hodnocení budov nový prvek, zabývá se i ekonomikou. Pro porovnávání rozsahu energetických spotřeb resp. úspor zavádí tzv. **nákladové optimum**, které respektuje jak celkové dosažené úspory za dobu životnosti opatření (technologií), tak i celkové náklady vynaložené na dosažené těchto úspor (jak jednorázové náklady na pořízení, tak i náklady na energie, údržby, revize atd. posuzovaných technologií). Toto se potom projevuje i v ostatních národních legislativách, viz Kapitola 6.1.

1.4. EVROPSKÁ DIREKTIVA V NÁRODNÍ LEGISLATIVĚ

Z evropské direktivy vychází jedna z posledních novel zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií zákonem č. 318/2012 Sb., který do tohoto zákona implementuje energetickou náročnost budov. Prováděcím předpisem k těmto legislativním úpravám je potom vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Těmito legislativními úpravami se zavádí splnění požadavků na energetickou náročnost budov na úroveň téměř nulové spotřeby energie od 1. ledna 2018 pro všechny nové budovy (v podstatě se jedná o všechny nové bytové domy, kde je celková energeticky vztažná plocha větší než 1 500 m², to odpovídá téměř každému bytovému domu s více než 20 bytovými jednotkami), od 1. ledna 2019 pro budovy do 350 m² a od 1. ledna 2020 dokonce i pro rodinné domy (budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 350 m²), viz §7 Snižování energetické náročnosti budov zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Toto platí do značné míry i pro rekonstrukce, viz §7 odst. (2)⁹ uvedeného zákona. Snížení energetické náročnosti se vyžaduje v případě, že budova prochází tzv. větší změnou. Větší změnou dokončené budovy se rozumí podle stejného zákona §2 odst. (1) s): změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy.

⁷ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Nařízení Komise č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.

⁸ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.

⁹ Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií v platném znění.

1.5. PRO KOHO JE ENERGETICKÝ ÚSPORNÁ VÝSTAVBA DŮLEŽITÁ?

Z legislativních i z ryze praktických důvodů vyplývá, že pokud stavebník, který realizuje rekonstrukci či novostavbu, uvažuje zároveň i jako racionální investor, je logické, aby již v roce 2015 do svých úvah zahrnul i zacílení přímo na nižší hodnoty energetické náročnosti. Důvodů je hned několik:

- ✓ **Strategický:** Příprava projektu může trvat i několik let, výstavba také, může se stát, že v roce dokončení záměru bude již tento zastaralý a zastaralá budova může být například v případě potřeby hůře prodejná či pronajímatelná.
- ✓ **Strategický:** Ceny energií v čase obecně rostou, provozní náklady budov s nižší spotřebou energií jsou méně citlivé na vlivy trhu energií.
- ✓ **Hygienický:** Instalace moderních těsných oken u bytových domů a těsných lehkých obvodových plášťů v podstatě implikuje nutnou instalaci nuceného nebo alespoň automaticky řízeného větrání. Toto již řeší a detailně ještě bude řešit i legislativa.
- ✓ **Ekonomický:** Pokud při realizaci energeticky úsporných opatření či při výstavbě úsporných budov dochází k navýšení investičních nákladů oproti standardnímu řešení, z ekonomického hlediska se jedná v podstatě o formu investice, respektive víceinvestice, jejímž účelem je snížení provozních nákladů. Investor – stavebník řeší tedy otázku ekonomické efektivity takové investice. Investor – stavebník potřebuje tedy ujištění, že snížením energetické náročnosti budovy buď nedojde k navýšení investičních nákladů anebo pokud dojde, že se vícenáklady zaplatí snížením provozních nákladů, tedy úsporou.

2. METODY, MODELY A TEORIE

2.1. ZÁKLADNÍ POJMY ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ BUDOV

Metodika na hodnocení energetické spotřeby budov není jednotná a jednoznačná. Například v České republice se energetické hodnocení budov provádí zejména podle následujících metodik:

- ✓ ČSN 73 0540¹⁰: Definuje nízkoenergetický, pasivní dům i nulový dům v České republice.
- ✓ TNI 73 0329 pro rodinné domy a TNI 73 0330 pro bytové domy: Jednotící postup pro hodnocení a klasifikaci budov s nízkou spotřebou tepla. TNI hodnotí i primární energie na provoz pasivního domu z neobnovitelných zdrojů. Tedy energie na vytápění, přípravu teplé vody a elektrická energie pro technologie nesmí překročit 60 kWh/(m².a). Využívá se pro hodnocení budov v dotačním programu SFŽP Zelená úsporám.
- ✓ PENB = Průkaz energetické náročnosti budovy, podle vyhlášky č. 78/2013 Sb.
- ✓ PHPP = Passive House Planning Package = nástroj na optimalizaci pasivních budov, vyvinutý v Passivhaus Institut (PHI) Darmstadt. Podle PHPP existuje několik kritérií, která musí pasivní dům splňovat. Výběr některých je v tabulce níže.

Kritérium	Označení	Jednotka	Požadavek TNI	Požadavek PHI
Metodika výpočtu			TNI 73 0329 TNI 73 0330	PHPP
1 Měrná potřeba tepla na vytápění	EA	kWh/(m ² .rok)	≤ 20, resp. 15 ¹⁾	≤ 15
2 Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů	PEA	kWh/(m ² .rok)	≤ 60 ²⁾	≤ 120 ³⁾
3 Neprůvzdušnost obálky budovy	n50	h ⁻¹	≤ 0,6	≤ 0,6

Tabulka 1: Pasivní standard podle TNI a PHPP. (Zdroj: Porsenna o. p. s.)

¹⁰ ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2 - Požadavky, 4. návrh revize, 2011

Poznámka: 1) Hodnota 20 kWh/(m².rok) = rodinné domy, 15 kWh/(m².rok) = bytové domy.

2) Energie na vytápění, přípravu teplé vody, technické systémy budov (bez osvětlení a ostatních domácích spotřebičů).

3) Energie na vytápění, přípravu teplé vody, technické systémy budov, osvětlení a ostatní domácí spotřebiče.

Metodika PHPP na rozdíl od českých metodik pracuje s vnitřní podlahovou plochou, která je navíc redukována o nevyužívané části, proto je tento model sice přesnější, ale zároveň přísnější. České metodiky pracují s tzv. energeticky vztažnou plochou, která je definována jako: „vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy“.¹¹

Podle ČSN 730540 a podle zákona č. 406/2000 Sb. je důležitým pojmem **kvalita obálky budovy**, pro kterou je základním kritériem **součinitel prostupu tepla**. Ten je uváděn ve třech úrovních, jako hodnota požadovaná, doporučená a doporučená hodnota pro pasivní domy. Zároveň jsou předepsány požadavky na **průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy**, přičemž kritérium využívá metody referenční budovy, což je geometricky a funkčně identická virtuální budova.

Hodnocení energetické bilance nulového domu podle ČSN 73 0540 vyjadřuje „**měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů**“, která vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí. ČSN 73 0540 tuto problematiku řeší ve dvou úrovních hodnocení, které se od sebe liší započítáním spotřeby na elektrické spotřebiče:

- ✓ Úroveň A do energetických potřeb budovy zahrnuje potřebu tepla na vytápění, potřebu energie na chlazení, potřebu energie na přípravu teplé vody, pomocnou elektrickou energii na provoz energetických systémů budovy, elektrickou energii na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.
- ✓ Úroveň B je stejná jako úroveň A, ale nezahrnuje spotřebu elektrické energie pro elektrické spotřebiče.

Norma dále definuje okrajové podmínky pro úroveň A i B pro dosažení zařazení do kategorií „energeticky nulový“ a „blízký energeticky nulovému“, viz ČSN 73 0540¹². Další podrobnosti potom stanoví i vyhláška č. 78/2013 Sb.

Plusový (aktivní, nebo též pozitivní) standard zatím není legislativně definován, nicméně pro dosažení nulového standardu je třeba v podstatě předpokládat, že budova minimálně odpovídá pasivnímu standardu, který je definován TNI 73 0329 (RD) či TNI 73 0330 (BD). Kromě toho je nutné více než 100 % energetické spotřeby pokrýt z obnovitelných zdrojů. Toto pokrytí nemusí odpovídat aktuální potřebě, typicky budova dodává v létě do sítě energii a v zimě naopak odebírá, v roční bilanci musí být výroba vyšší než spotřeba. Pokud jde o tzv. „budovy s téměř nulovou spotřebou“ podle zákona č. 406/2000 Sb., pak je z obnovitelných zdrojů nutno pokrýt cca 20 % spotřeby. Přehlednou analýzu této problematiky popisuje profesor Tywoniak ve svých příspěvcích do diskuse k novému znění Evropské směrnice o energetické náročnosti budov EPBD (Tywoniak, 2011)^{13, 14}.

Proč je dosažení hranice **pasivního** standardu tak důležité? Důvodem je, že důsledně nastavuje parametry stavebních konstrukcí a podmínky pro vzduchotěsnost, což umožňuje maximální využití **pasivních** tepelných zisků. Jedná se o vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky

¹¹ Zákon č. 318 / 2012 Sb.

¹² ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2 - Požadavky, 4. návrh revize, 2011

¹³ Tywoniak Jan (5. 9. 2011) Nulové domy. [online] Článek pro seminář Dřevostavby, aktualizováno autorem podle poslední verze revize ČSN 73 0540-2. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>.

¹⁴ Tywoniak Jan (14.11.2011) Pasivní a nulové budovy na společné cestě. [online] Publikováno na konferenci Pasivní domy 2011, Bratislava. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>.

vnitřní, jako například teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Pokud jsou důsledně dodrženy principy pasivního domu, budova „nepotřebuje“ vytápění. Pasivní je dům proto, že nepotřebuje aktivní vytápění¹⁵.

Proč je dosažení hranice **pasivního** standardu tak důležité? Důvodem je, že důsledně nastavuje parametry stavebních konstrukcí a podmínky pro vzduchotěsnost, což umožňuje maximální využití **pasivních** tepelných zisků. Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jedná se vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní, jako například teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Pokud jsou důsledně dodrženy jeho principy, teoreticky „nepotřebuje“ žádné aktivní vytápění.

Vzduchotěsnost objektu je třeba chápat jako nutnou podmínku pro vysokou účinnost zpětného získávání tepla – rekuperaci, bez které pasivní, ale ani nízkoenergetické úrovně v rodinném domě nelze dosáhnout. Mýtus, že vzduchotěsnost domu znamená, že si uživatel nesmí v případě neutuchající potřeby otevřít okno, je bohužel často tradovaný výmysl.

Je dobré si uvědomit, že české normy a mezinárodně uznávané standardy Passivhaus Institutu (PHI) v rakouském Darmstadtu pro pasivní domy se od sebe liší. České standardy pro pasivní budovy, tak jak jsou nyní nastaveny, odpovídají nízkoenergetickému standardu podle jednotlivých normativních dokumentů, viz Tabulka 1¹⁶. Nízkoenergetický standard je sice nezbytným vývojovým stupněm k pasivnímu, narozdíl od pasivního domu však nízkoenergetické domy potřebují větší zdroje tepla a rozsáhlejší otopný systém. Investiční náklady tak mohou být stejné, avšak provozní jsou o poznání vyšší. Pro úplnost si shrneme hlavní zásady pasivní výstavby definované v Passivhaus Institutu (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)¹⁷:

- Ⓜ měrná roční potřeba (nikoli spotřeba) tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, přitom topná zátěž $\leq 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$;
- Ⓜ neprůvzdušnost obálky budovy při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa (n_{50}) se ověřuje tlakovou zkouškou (blower-door test) a nesmí překročit hodnotu $0,6^{-1}/\text{hod}$, čili za hodinu se nesmí vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu;
- Ⓜ celková potřeba primární energie (spotřeba) spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Primární energie uvažují spotřebu včetně ztrát při výrobě a distribuci;

Minimální požadavky na součinitel prostupu tepla U pro obalové konstrukce ukazuje Tabulka 2, které si může případný zájemce o hlubší problematiku porovnat s požadavky ČSN 73 0540. Stojí za to upozornit na minimální specifický požadavek na kvalitu oken, protože ten přímo souvisí s vnitřní povrchovou teplotou okna. Povrchová teplota okna by neměla být výrazně nižší než 17 °C, protože pro minimální úroveň vytápění na 20 °C je právě rozdíl 3 °C z biologického hlediska pro člověka rozhodující pro pocitové vnímání chladu. Za současného stavu poznání je tedy možné s trochou nadsázky tvrdit, že nízkoenergetický standard je v podstatě špatně postavený standard pasivní.

Obvodová stěna – vzduch:	0,08 – 0,15 W/(m ² K)
Obvodová stěna – zemina:	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Střecha:	0,06 – 0,1 W/(m ² K)
Strop do sklepa nebo nevytápěného prostoru:	0,1 – 0,15 W/(m ² K)

¹⁵ Kol. autorů (2014) What is passivehaus? [online] Informační portál PHI. Dostupné z http://www.passivhaustrust.org.uk/what_is_passivhaus.php.

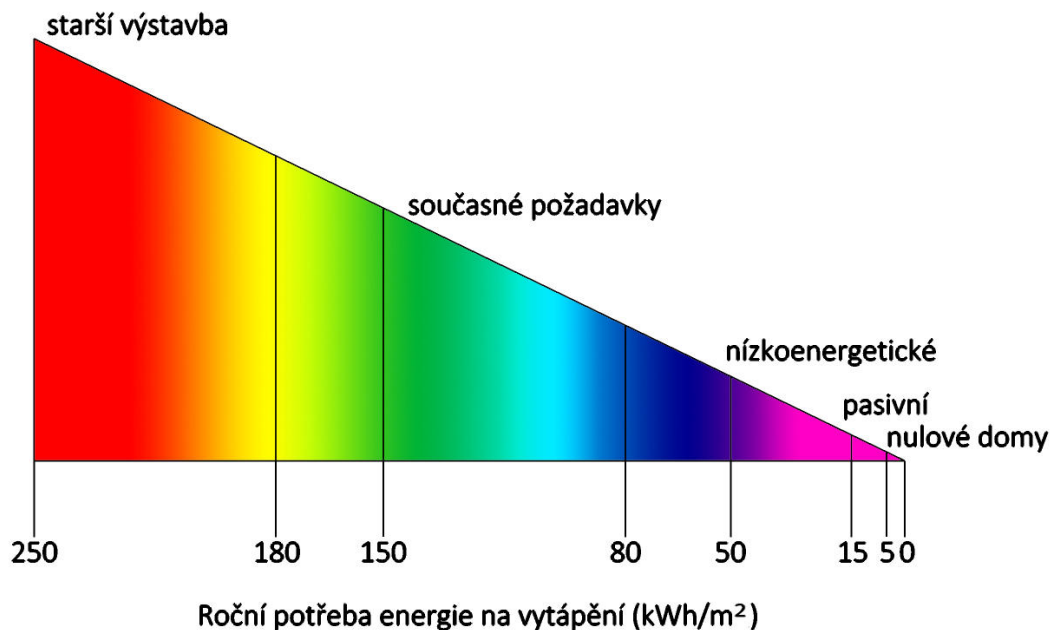
¹⁶ Je třeba si uvědomit, že budovy s téměř nulovou spotřebou podle české legislativy mohou, ale nemusí být pasivní. Podle prováděcí vyhlášky č. 78/2013 Sb. se jedná spíše o budovy těsně pod hranici nízkoenergetických, přibližně 45 kWh/(m²·rok).

¹⁷ Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.

Stěna do nevytápěného prostoru:	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno U_W :	$< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ kvůli tep. pohodě
Zasklení – g:	$> 0,5$
Zasklení U_g :	$\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Osazené okno $U_{W,eff}$:	$\leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Tabulka 2: Požadované součinitele U pro metodiku PHI.

Přehled různých energetických standardů pro budovy ukazuje často publikovaný Obrázek 1, přehledněji potom následující Tabulka 3:



Obrázek 1: Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění.

domy běžné ve 70.-80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopné soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů, případně jiný obnovitelný zdroj
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Tabulka 3: Rozdělení budov podle charakteristiky a roční potřeby tepla na vytápění. (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)¹⁸

Provedeme-li shrnutí, moderní výstavbu budov lze přibližně rozdělit podle následujících kategorií:

¹⁸ Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.

- ✓ Nízkoenergetický dům = roční potřeba tepla na vytápění $\leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, ostatní spotřeba se přitom nehodnotí.
- ✓ Pasivní dům = roční potřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, celková spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů $\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ resp. $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.
- ✓ Nulový dům = méně než $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, z logiky intuitivního vnímání doporučit uvažovat nulovou bilanci spotřeby primární energie z neobnovitelných zdrojů včetně spotřeby elektrické energie na elektrické spotřebiče.
- ✓ Plusový dům = vyrobí více primární energie, než sám spotřebuje, přebytky dodá do sítě či akumuluje.

Přestože z výše uvedené analýzy vyplývá, že přísnější pasivní standard zavedený PHI dává při realizaci smysl, s ohledem na české standardy, které odpovídají i podmínkám státní investiční podpory je pro účely této studie zvolen pasivní standard podle TNI 73 0329.

2.2. ZÁKLADNÍ POJMY EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Kvalitní bydlení nemusíme vždy chápat jako investici; někdy prostě chceme pouze zdravé krásné bydlení v hezkém prostředí nebo chceme udělat něco pro životní prostředí. Bazén u domu málokdo staví proto, aby ušetřil za vstupenky na plovárnu.

Rozdíl mezi investicí a útratou spočívá v tom, že dáme-li peníze za dobrý oběd, hezké oblečení nebo příjemnou dovolenou, jde o útratu, od níž nečekáme finanční přínos. Oproti tomu u investice je ekonomický přínos nejdůležitějším důvodem, proč vydávat peníze z peněženky či z bankovního konta.

Od investice čekáme, že nám zhodnotí vložené peníze s určitým ziskem a s určitým rizikem v určitém čase. Například investice do sázkového tiketu může přinést milionový výnos během jediného týdne, ale riziko neúspěchu je velmi velké. Naproti tomu dlouhodobé uložení peněz do solidní banky bude dlouhodobě přinášet zisk jen několik procent, ale s minimálním rizikem, že o vklad přijdeme. Mezi těmito extrémy existuje nespočet jiných možností, jako je nákup akcií, nemovitostí, státních dluhopisů, nebo cesta zhodnotit peníze vlastním podnikáním. Energeticky úspornou výstavbu lze chápat jako jednu z těchto možností. Protože se nedá v budoucnu čekat výrazný pokles cen energií, jde o investici s velmi malým rizikem. Díky tomu se může opatrný investor smířit i s nízkým zhodnocením investice.

V případě, že náš dům už opravdu nutně potřebuje třeba nový vytápěcí systém nebo fasádu, stojíme před tzv. vynucenou investicí. Zvažujeme, jestli třeba fasádu udělat „obyčejnou“ s nižšími náklady, nebo zda by nebylo lepší udělat fasádu zateplenou a rok co rok platit za teplo méně než předtím. Cena úsporného opatření je pak menší o náklady, které bychom museli vynaložit na „neúsporné“ opatření.

Růst (pokles) cen energií. Odhadnout růst cen různých energií po dobu 15 až 40 roků (což je životnost úsporných opatření) je velmi nesnadný úkol. Nadsazený odhad růstu cen vede k tomu, že ekonomické vyhodnocení vychází velmi příznivě. I když ušetříme každý rok stejné množství energie, vlivem rostoucích cen to bude stále více peněz (nominálně). Bude-li skutečný růst cen nižší, než jsme čekali, nebo dojde dokonce k poklesu ceny, může se úsporné opatření ukázat jako málo ziskové, nebo dokonce ztrátové (vzhledem k výši investice). Proto je lépe uvažovat spíše s pomalejším zdražováním – pokud náš odhad nevyjde, budeme odměněni vyššími úsporami peněz. Ošidnost odhadu budoucích cen energií lze demonstrovat na vývoji cen elektřiny za posledních několik let nebo současný (konec roku 2014) vývoj cen ropy a kapalných paliv.

Pro odhad budoucích cen energií lze akceptovat hodnotu mírně nad inflací. Za posledních 5 let je průměrná roční míra inflace je přibližně 1,9 %, ovšem rok 2014 se očekává v odhadech nižší. V modelu se předpokládá průměrný meziroční růst cen energií ve výši 2 % jako konzervativní odhad.

Cena peněz neboli **diskont** vyjadřuje, jakou cenu pro nás mají naše vlastní peníze. Diskont vyjadřuje, o co přijdeme tím, že peníze vložíme právě do této investice a ne jinde (do alternativní možnosti investování peněz). Například termínovaný vklad v bance nám zhodnotí peníze ve výši 1 až 3 % p.a., zatímco třeba podnikatel dokáže zhodnotit peníze několikanásobně. Přinese-li tedy koruna investovaná do zateplení ročně 10 % zhodnocení (měřeno roční úsporou energií oproti výchozímu stavu), je toto třeba srovnávat s alternativními možnostmi investování, v případě domácnosti typicky s tím, že jsme peníze nenechali na účtu v bance.

Výše diskontu pro domácnosti lze s ohledem na alternativní možnosti investování stanovit typicky na 1-1,5 % nad inflaci (termínovaný účet, státní dluhopisy). V modelu se předpokládá diskont ve výši 3 %.

Tok hotovosti (Cash Flow): Ukazuje, bilanci příjmů a výdajů v jednotlivých letech období, po které posuzujeme investici.

Kumulovaný (diskontovaný) tok hotovosti je součet toků hotovosti (s respektováním časové hodnoty peněz) za celé posuzované období. Provozní náklady jsou rozprostřeny do časové řady upravené o meziroční zvyšování cen energií. Rozdíl investičních nákladů je započten na začátku časové řady a dále jsou v příslušných letech po dožití částí systémů započteny reinvestice aktualizované inflací. Výsledný tok hotovosti je diskontován, aby se zohlednila časová hodnota peněz.

Reinvestice a životnost: U konstrukcí předpokládáme životnost jednotlivých opatření (zdivo, tepelné izolace, okna apod.) delší než 40 let, tedy delší než je hodnocené období. Nejsou tedy uvažovány další investice do opatření za dobu hodnocení projektu, vyjma technického zařízení budov (TZB) (vzduchotechnika, vytápění aj.), kde se předpokládá životnost 15 let.

Doby hodnocení jsou zvoleny podle předpokládané životnosti tepelného čerpadla, která je cca 15 let, a s ohledem na předpokládané možnosti užívání nemovitosti na 15, 30 a 40 let.

2.3. EKONOMICKÁ ANALÝZA – METODIKA A KRITÉRIA

Použitá kritéria ekonomické efektivity jsou definována následujícím způsobem:

- **čistá současná hodnota**, NPV (Net Present Value), **diskontovaný tok hotovosti**, DCF (Discount Cash Flow):

Čistou současnou hodnotu (NPV) projektu při jednoznačně zadaných vstupních údajích lze spočítat vždy a nabývá jen jedné hodnoty.

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t}$$

Rovnice 1: Vztah pro diskontovaný tok hotovosti NPV (Net Present Value), DCF (Discount Cash Flow).

kde:

CF_t	je tok hotovosti [CZK]
R	je diskontní sazba [CZK]
$(1+r)^{-t}$	odúročitel
$T_z(T_h)$	je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

- **diskontovaná doba návratnosti investice (počítaná s diskontem) T_{sd} :**

Jedná se minimalizační kritérium, které se vypočítá jako počet let od začátku doby hodnocení z následující podmínky:

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} = 0$$

Rovnice 2: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).

kde:

CF_t je tok hotovosti [CZK]

R je diskontní sazba [CZK]

$(1+r)^t$ je odúročitel

$T_z(T_h)$ je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

- **prostá doba návratnosti T_s :**

Toto kritérium vyžaduje ve svém způsobu hodnocení například vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu a vypočítá se z následující podmínky:

$$T_s = \frac{IN}{CF_t}$$

Rovnice 3: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_s (návratnost).

kde:

IN jsou investiční výdaje projektu [CZK]

CF_t je tok hotovosti, roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků pro realizaci projektu) [CZK]

Prostá doba návratnosti však nepatří mezi ukazatele, které berou v úvahu časovou hodnotu peněz.

- **minimální cena produkce energie C_{PEmin}** se z pohledu investora vypočítá z podmínky $NPV = 0$

Kritérium NPV umožňuje stanovit také tzv. **minimální náklady na jednotku uspořené energie**, která zaručuje očekávaný výnos vloženého kapitálu. U investora může zahrnovat i požadovaný nebo regulovaný výnos.

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} = 0$$

Rovnice 4: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).

kde:

CF_t je tok hotovosti [CZK]

R je diskontní sazba [CZK]

$(1+r)^t$ je odúročitel

$T_z(T_h)$ je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

Pozn.: Všechna výše uvedená kritéria většinou tvoří páteř ekonomických analýz, a bývají proto uváděna ve výsledcích společně. Avšak ve skutečnosti popisují stejnou věc, tedy ekonomickou efektivnost investice.

- **celkové náklady za dobu předpokládané životnosti = Total Costs of Ownership (TCO)** je v podstatě modifikované kritérium NPV výdajů počítané bez diskontování a růstu cen energií.

Přehledné tabulky potom shrnují vyhodnocení variant podle energetické spotřeby, investičních a provozních nákladů a celkových nákladů na vlastnictví za dobu předpokládané životnosti, vlastnictví či hodnocení.

3. VARIANTY POSUZOVANÉHO OBJEKTU

3.1. STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VARIANT

Pro stanovení energetické náročnosti objektu je třeba přesně namodelovat posuzovaný objekt. Vnitřní podlahová plocha je v modelu zachována jednotně. Ovšem výpočtová **energeticky vztažná plocha** stanovená z vnějších rozměrů, je naopak pro každou variantu rozdílná, protože se mění celková tloušťka stavební konstrukce.

Pro každou variantu je sestaven model objektu, ze kterého je určena plocha, jednotlivých ochlazovaných konstrukcí ve vztahu k exteriéru i k nevytápěným prostorům, ale i orientace oken apod. Pro stanovení ploch je zpracován 3D model v programu Sketchup.

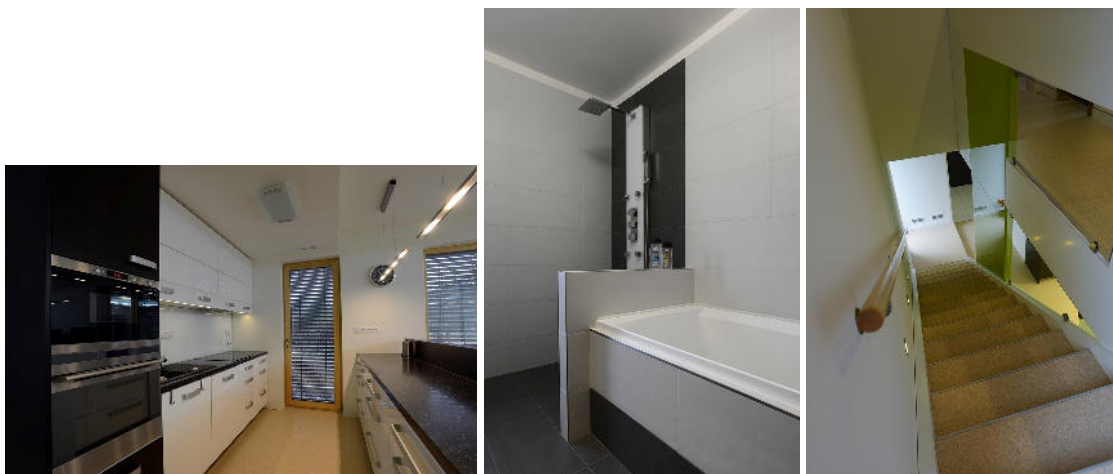
Zkoumaný rodinný dům je dvoupodlažní. Střecha je sedlová, nicméně hranici vytápěné obálky tvoří konstrukce stropu nevytápěné půdy, proto jsou konstrukce střechy v zobrazených schématech průhledné. Objekt není podsklepen. Realizovaná varianta je postavena v provedení Varianty 6, tedy difúzně otevřená konstrukce v obci Praha - Vinoř. Půdorys domu tvoří obdélník, který je orientován delší stranou ve směru JZ – SV.



Obrázek 2: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha - Vinoř. Foto: Origis, www.origis.cz.



Obrázek 3: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz.



Obrázek 4: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz.

Referenční varianty: Proti pasivním variantám jsou postaveny pro porovnání dvě **Varianty 0**, které se liší kvalitou provedení. Horší nulová varianta je navržena na hodnoty **požadované** $U_{n,20}$, kvalitnější nulová varianta je navržena na hodnoty **doporučené** $U_{rec,20}$. Obě nulové varianty jsou navrženy tak, aby odpovídaly běžnému standardu, který se obvykle realizuje.

Na trhu existuje řada výrobků z dutinových cihel, které splňují nebo alespoň deklarují splnění požadovaných či doporučených U při tloušťce zdiva cca 500 mm. Referenční varianty však jsou navrženy s ohledem na minimalizaci investičních nákladů, proto je zvolena kombinace v níže uvedených skladbách, které jsou proti ceníkovým cenám přibližně o 500 Kč/m² levnější.

Varianta 0 Požadované hodnoty U

Stěny: Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.

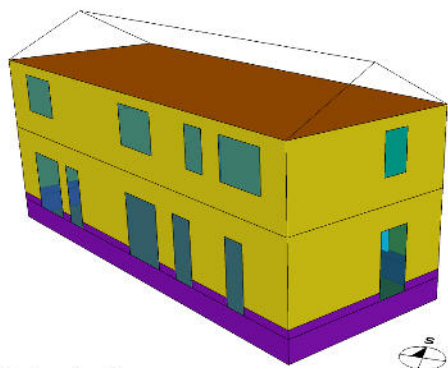
Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g = 0,6$ (W/m².K),
rám $U = 1,1$ (W/m².K)

Varianta 0 Doporučené hodnoty U

Stěny: Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.

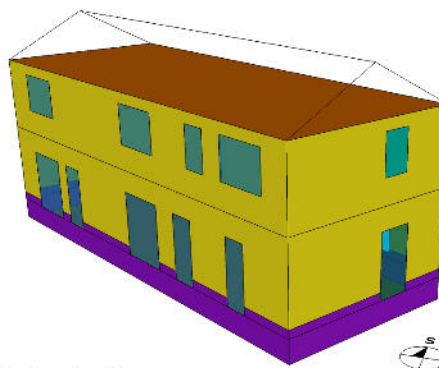
Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g = 0,6$ (W/m².K),
rám $U = 1,1$ (W/m².K)

Střecha: Foukaná celulóza 200 mm
Podlaha: Podlahový polystyren



Varianta 0
Dutinové cihelné bloky 440

Střecha: Foukaná celulóza 260 mm
Podlaha: Podlahový polystyren



Varianta 0
Dutinové cihelné bloky 440

Obrázek 5: Varianta 0 Pož Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.

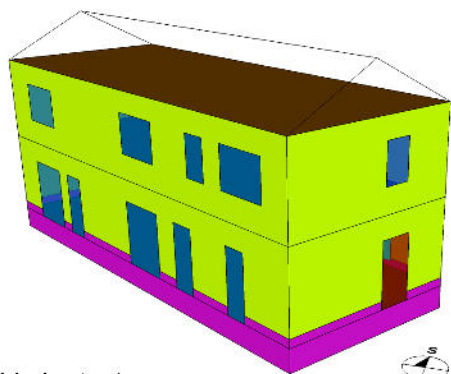
Obrázek 6: Varianta 0 Dop Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.

Varianty navržené v pasivním standardu: Varianty 1 - 7 jsou navrženy v pasivním standardu podle TNI a mají společné provedení otvorových výplní, střechy a podlahy:

- ✓ Podlaha: Pěnové sklo 500 mm - ekvivalentem může být izolace z podlahového polystyrenu o mocnosti 200 mm na desce se základovými pasy.
- ✓ Střecha: Foukaná celulóza 600 mm.
- ✓ Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g=0,6$ (W/m².K), rám $U=0,96$ (W/m².K) Výplně otvorů jsou tedy navrženy s kvalitnějšími dražšími rámy a kvalitními distančními rámečky tak, aby v kombinaci s nuceným větráním nedocházelo ke vzniku kondenzátu na povrchu zasklení ani při extrémně nízkých teplotách. Velikost a parametry oken jsou optimalizovány na aktivní bilanci tepelných zisků a ztrát.
- ✓ Soklová část: Zateplena pomocí XPS v požadovaných tloušťkách.

Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm

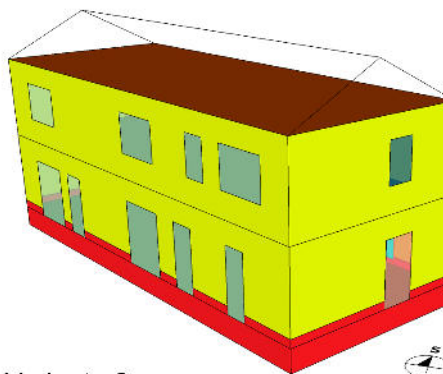
Stěny: Pórobetonové tvárnice 250 mm a KZS 260 mm EPS.



Varianta 1
Pórobetonové tvárnice 250+EPS 260

Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm

Stěny: Pórobetonové tvárnice 250 mm a KZS 320 mm MW.



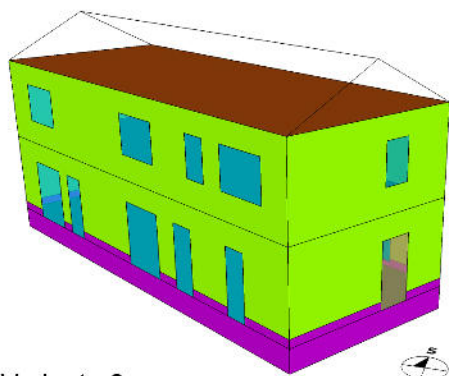
Varianta 2
Pórobetonové tvárnice 250+MW 320

Obrázek 7: Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm.

Obrázek 8: Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 + MW 320.

Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm

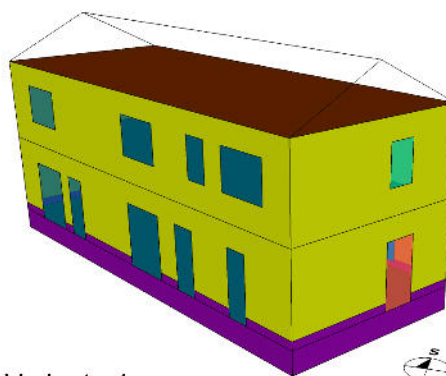
Stěny: Dutinové cihelné bloky 240 mm a KZS 260 mm šedý EPS.



Varianta 3
 Dutinové cihelné bloky 240+šedý EPS 260

Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm

Stěny: Dutinové cihelné bloky 240 mm a KZS 320 mm MV.



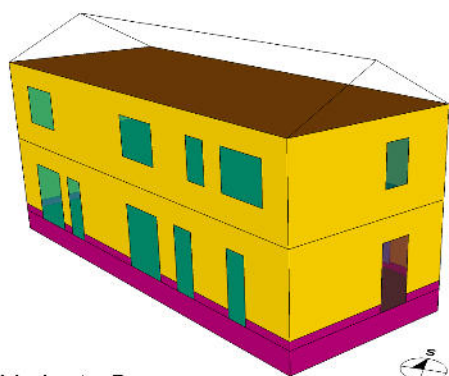
Varianta 4
 Dutinové cihelné bloky 240+MW 320

Obrázek 9: Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + EPS 260 mm.

Obrázek 10: Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm.

Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm

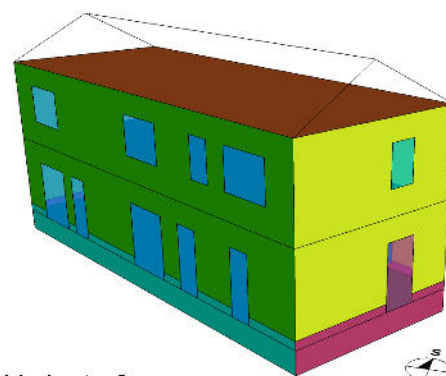
Stěny: Vápenopískové cihly 175 mm a KZS 300 mm šedý EPS.



Varianta 5
 VPC 175+šedý EPS 300

Varianta 6 DO dřevovláknno 60 mm + celulóza 280 mm

Stěny: Difúzně otevřená konstrukce tvořená dřevovláknitými deskami 60 mm a prostorem vyplněným foukanou celulózou 280 mm.



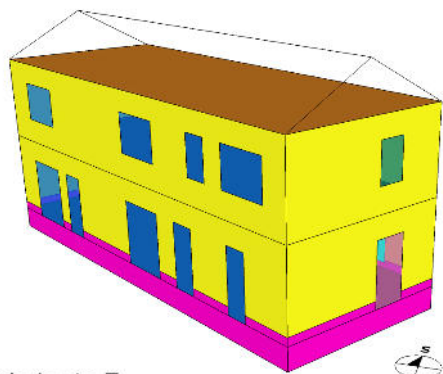
Varianta 6
 Dřevovláknno+Celulóza

Obrázek 11: Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm.

Obrázek 12: Varianta 6 DO Dřevovláknno 60 mm + Celulóza 280 mm.

Varianta 7 DU Celulóza + šedý EPS 180 mm

Stěny: Difúzně uzavřená konstrukce tvořená OSB deskami na dřevěném rámu s prostorem vyplněným celulózou 160 mm a KZS 180 mm šedý EPS.



Varianta 7
Celulóza+šedý EPS 180

Obrázek 13: Varianta 7 Celulóza 160 mm + šedý EPS 180 mm.

3.2. TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV: NUCENÉ VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA

Referenční varianty uvažují přirozené větrání otevíráním oken. V těchto variantách se samozřejmě počítá se spotřebou tepla na ohřev větraného vzduchu.

Ve všech pasivních variantách **Varianty 1 - 7** se uvažuje nucené větrání s rekuperací tepla. Pro nucené větrání objektu je uvažována centrální vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla o průměrné činnosti 77 % a elektrickým dohřevem. V současné době sice nalezneme na trhu rekuperační jednotky, které mají i vyšší činnost 85 % nebo i 92 %. Požadavky na dosažení pasivního standardu, kde pro zajištění dostatečné účinnosti rekuperační jednotky požadována výměna vzduchu max. $0,6 \text{ h}^{-1}$, potom implikují využití kvalitního nuceného větrání k zajištění hygienického a zdravého bydlení v domě.

Nucené větrání zajistí dostatečný přísun přefiltrovaného vzduchu pro zdravé bydlení, stejně tak odvede dostatečné množství vzduchu pro odstranění přebytečné vlhkosti (koupelny, kuchyně, akvárium) a pachů (WC, kuchyně).

Rekuperace tepla zpětně získává tepelnou energii z odpadního znečištěného vzduchu pro vzduch přiváděný, ten se potom nemusí tolik dohřívat, jako je tomu u běžného větrání okny. Na druhou stranu je nutné počítat s další spotřebou elektrické energie pro provoz ventilátorů a elektrický dohřev. Spotřeba této aditivní energie je však řádově nižší než spotřeba energie na ohřev vzduchu. Bez využití rekuperace tepla rodinný dům nemůže v energeticky pasivním ani v nízkoenergetickém standardu v podstatě vyjít.

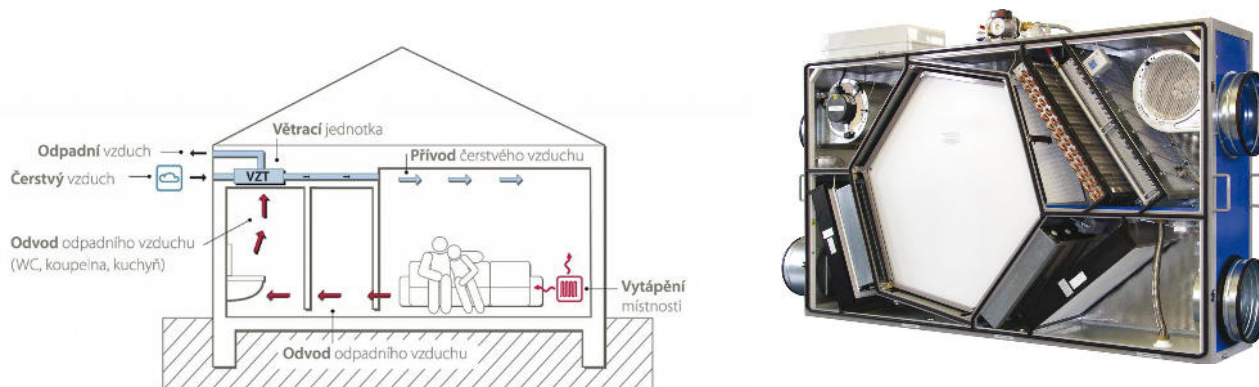
Rekuperační jednotky se v současné době vyrábějí již s regulací otáček ventilátorů a dovedou přizpůsobit příkon motorů okamžité potřebě. Oproti neregulovaným variantám mají až poloviční spotřebu elektrické energie.

Bydlení v pasivním standardu s rekuperací vzduchu je uživatelsky velmi přátelské, protože místo větrání okny za obyvatele větrají čidla:

- ✓ Čidla CO₂ jsou vhodná zejména pro obývací pokoje nebo kuchyně se spotřebiči na zemní plyn, kde hlídají koncentraci při pobytu osob nebo při vaření, lze je použít i pro ložnice,
- ✓ čidla vlhkosti jsou vhodná zejména pro koupelny a elektrifikované kuchyně,
- ✓ čidla přítomnosti postačí pro ložnice, pokud máme daný počet osob, ale jsou použitelná i pro koupelny a WC, kde se však doporučuje časový doběh,
- ✓ prostý vypínač s časovým doběhem je obvykle nejjednodušší a nejspolehlivější řešení pro odvětrání WC.

Kvalitní větrání je v jakémkoliv obývaném prostoru podpořeno i zákonnými normami, například větrání obytných zón se posuzuje podle Vyhlášky č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby o technických požadavcích na stavby, přičemž pro obytné místnosti platí podle vyhlášky norma ČSN EN 15665 Z1 - Větrání budov – Stanovení kritérií pro větrací systémy obytných budov.

Dodavatelů ventilačních systémů s rekuperací tepla je na trhu celou řadu dílčích i komplexních řešení lze nalézt například na následujících firemních stránkách: www.elektrodesign.cz, www.paul-rekuperace.cz, www.regulus.cz, www.airpohoda.cz, www.atrea.cz.



Obrázek 14: Nucené větrání s rekuperací. Zdroj: www.atrea.cz.

3.3. TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOV: VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVA TV

Pro objektivní porovnání je zvoleno teplovodní vytápění pro všechny varianty. Důvodem je, že **referenční varianty** se v praxi obvykle vytápějí teplovodně, pro domy s vyšší tepelnou ztrátou není teplovzdušné vytápění vhodné, protože pro přenos vyššího tepelného výkonu je třeba přesouvat velké množství vzduchu.

Vytápění je tedy navrženo jako teplovodní převážně formou podlahového nebo stěnového vytápění, případně, pomocí klasických radiátorů umístěných u vnějších stěn či designových radiátorů umístěných například nade dveřmi. V praxi se obvykle využívá vytápění podlahové, protože pro radiátory většinou není dostatek místa, případně pro ně není vhodný prostor.

Tímto předpokladem se samozřejmě anulují jedna z výhod opravdu pasivního domu, tedy minimální, a tudíž mnohem levnější vytápěcí systém. Jak bylo již uvedeno výše opravdu pasivní dům teoreticky nepotřebuje aktivní vytápěcí systém, proto je levnější oproti „běžnému“ domu, nicméně mnoho českých investorů si aktivní vytápění v domě přeje „pro jistotu“. Vzhledem k tomu, že v návrhu předpokládáme dosažení pouze českého pasivního standardu, je však tento systém opodstatněný.

Jako zdroj je uvažováno tepelné čerpadlo typu vzduch – voda s průměrným ročním topným faktorem 3,0 v bivalentním zapojení s elektrokotlem. Zdrojem tepla je venkovní vzduch, vestavěný elektrokotel slouží jako záložní zdroj.

Výkon tepelného čerpadla je dimenzován na vytápění a přípravu TV. Předpokládáme, že TČ pracuje 95 % času, zbytek připadá na přímý elektrický dohřev.

Ohřev teplé vody je uvažován pomocí integrovaného zásobníku tepla, který slouží jak pro akumulaci energie pro vytápění, tak pro přípravu teplé vody. Potřeba energie na přípravu teplé vody (TV) je vypočtena pro trvalý pobyt 4 osob.

Obecně je pro pasivní domy vhodné i vytápění teplovzdušné, zejména v případech extrémně nízké tepelné ztráty. Výhodou je, že je o něco levnější než vytápění teplovodní. V případě, že se dům dispozičně navrhne tak, že se výměna vzduchu mezi místnostmi uskutečňuje vhodně umístěnými otvory, lze vytápět dům i pouze jednotkami split. Výhodou je, že systém s tepelným čerpadlem vzduch - vzduch je levnější. Kromě toho se po domě rozvádí přímo chladiivo a systém má tak díky vyšší účinnosti i vyšší topný faktor. Nevýhodou je, že ventilační otvory mezi místnostmi musí být akusticky odstíněné a musí mít co nejnižší aerodynamický odpor.

Inspiraci pro dodávku dílčích i komplexních řešení lze nalézt na stránkách příslušných dodavatelů: www.pzp.cz, www.cuprotermos.cz, www.nibe-cz.com, www.stiebel-eltron.cz, www.cerpadla-ivt.cz, www.daikin.cz.



Obrázek 15: Příklad tepelného čerpadla IVT. Zdroj: www.cerpadla-ivt.cz.
Obrázek 16: Příklad tepelného čerpadla Daikin. Zdroj: www.daikin.cz.

3.4. POTŘEBA ENERGIE NA DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE A VAŘENÍ

Do celkové energetické bilance jsou také zahrnuty spotřeby domácích spotřebičů. Spotřeba elektřiny na domácí spotřebiče i na vaření se pochopitelně domácnost od domácnosti liší, nicméně pro porovnání je třeba zvolit typické hodnoty. Například Tabulka 4 uvažuje typické moderní spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.

spotřebič	ks	spotřeba [kWh/rok]
úsporné žárovky 10 W, 3h denně	15	164
designová svítidla 25 W, 1h.den	5	46
pračka energ. třídy A s 1 cyklem týdně	1	48
myčka 8 sad, energ. třídy A, 2 cykly týdně	1	94
kombinovaná chladnička (180 l) s mrazákem (90 l), energ. třídy A	1	280
LED televize 80 W v provozu 2 h den	1	58

PC (alt. notebook) 100 W v provozu 2 h den	2	146
drobné spotřebiče (konvice, mikrovlnka, vysavač)		400
ostatní (např. dílenský provoz)		400
domácí spotřebiče celkem		1 636

Tabulka 4: Příklad spotřeby energie na domácí spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.

Pro stanovení spotřeby typické domácnosti však uvažujeme pro domácí spotřebiče 2 500 kWh/rok a pro vaření 800 kWh/rok, celkem se tedy dostaneme na 3 300 kWh/rok, což je číslo, které může reprezentovat průměrnou českou domácnost v rodinném domě, který vaří na elektřině.

3.5. DODATEČNÉ ZDROJE ENERGIE A OZE

Pro případné dosažení nulového či dokonce plusového standardu je nutné část energetických potřeb primárních zdrojů pokrýt z obnovitelných zdrojů. Nejvhodnějšími typy OZE pro tyto účely jsou fotovoltaické panely, případně mikrokogenerace na ZP či bioplyn.

Dodatečné zdroje energie však ekonomické hodnocení projektu obvykle zhoršují. Důvodem je mj., že pro výpočet prosté návratnosti investice či minimální ceny je nutné pro vlastní spotřebu elektřiny uvažovat povinné poplatky odpovídající příspěvku na OZE a systémové služby:

Vlastní výroba a spotřeba energie		PRE, 2014
Použití sítí	Kč/MWh	0,00 Kč
Poplatek OTE	Kč/MWh	7,55 Kč
Poplatek OZE+KVET	Kč/MWh	495,00 Kč
Systémové služby	Kč/MWh	119,25 Kč
Celkem ke každé vyrobené kWh pro vlastní spotřebu	Kč/MWh	621,80 Kč

Tabulka 5: Přehled poplatků ke každé vyrobené a zároveň spotřebované kWh_{el} pro rok 2014 (bez DPH).

Viz zákon 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů jak vyplývá ze změn a doplnění provedených zákonem č. 407/2012 Sb., č. 310/2013 Sb., viz § 28 Financování podpory elektřiny a provozní podpory tepla:

(4) Cenu na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny hradí

- a) zákazník za množství elektřiny jím spotřebované,
- b) výrobce provozující výrobu elektřiny za množství elektřiny jím spotřebované včetně množství elektřiny spotřebované jiným účastníkem trhu s elektřinou bez použití přenosové nebo distribuční soustavy,
- c) provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy za ostatní spotřebu, s výjimkou množství elektřiny spotřebované pro čerpání přečerpávacích vodních elektráren, spotřebované zákazníkem v ostrovním provozu na území České republiky prokazatelně odděleném od elektrizační soustavy, spotřebované pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a spotřebované pro pokrytí ztrát v přenosové a distribuční soustavě.

Například fotovoltaická elektrárna je neekonomická. Při investičních nákladech cca 50 000 Kč/kW_p včetně DPH (pro instalaci do 30 kW_p) vychází pro lokalitu Praha minimální cena energie na 3,92 Kč/kWh včetně DPH při předpokládané výrobě 900 kWh/kW_p, včetně započtení uvedených poplatků ve výši 0,62 Kč/kWh bez DPH (0,75 Kč/kWh včetně DPH). Při ceně elektřiny, která uvažujeme v objektu, tedy 2,88 Kč/kWh, je opatření nenávratné.

Z výše uvedených důvodů se v modelu s dodatečnými zdroji energie a s OZE pro dosažení úrovně nulového či plusového standardu proto neuvažuje.

3.6. PŘEHLED HODNOCENÝCH VARIANT

RD Vnoř	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant	Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovlákně 60 mm + celulóza 280 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Okna a dveře	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 1,1 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 1,1 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m ² .K), rám U= 0,96 (W/m ² .K)
Zateplení stěn	80 mm EPS + sokl 80 mm XPS	120 mm EPS + sokl 80 mm XPS	KZS EPS 260 mm	KZS MW 320 mm	KZS šedý EPS 260 mm	KZS MW 320 mm	KZS šedý EPS 300 mm	Celulóza v panelech + dřevovláknité desky	Celulóza v panelech 160 + šedý EPS 180
Zateplení střech	Foukaná celulóza 200 mm	Foukaná celulóza 260 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm
Zateplení podlahy	Podlahový polystyren 140 mm	Podlahový polystyren 140 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm
Vytápění	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda	Tepl vodní TČ vzduch-voda
Příprava teplé vody	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ
Větrání	Manuální okny	Manuální okny	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla

Tabulka 6: Podrobný přehled hodnocených variant.

3.7. TEPELNĚ TECHNICKÉ HODNOCENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Tabulka 7 ukazuje podmínky, pro které jsou prováděny tepelně technické výpočty a výpočty energetické potřeby a spotřeby.

Parametry vnějšího a vnitřního prostředí			
Výpočtová teplota vnější	θ_e	°C	-12
Výpočtová teplota vnitřní	θ_i	°C	20
Průměrná teplota vnější	θ_{es}	°C	4,3
Délka otopného období	d	den	225
Počet denostupňů	D	den.K	3533
Klimatická oblast	-	-	Praha

Tabulka 7: Okrajové parametry modelových výpočtů: Parametry vnějšího a vnitřního prostředí.

Tabulka 8 ukazuje uvažované rozměry pro jednotlivé varianty a jejich vzájemné geometrické odlišnosti. Jak je patrné, tak vnitřní podlahová plocha je v modelu zachována jednotně. Ovšem výpočtová **energeticky vztázná plocha** stanovená z vnějších rozměrů, je naopak pro každou variantu rozdílná, protože se mění celková tloušťka stavební konstrukce.

Varianta		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energeticky vztázná plocha	m ²	198,8	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Podlahová plocha	m ²	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9

(celková vnitřní)										
Plocha ohraničujících konstrukcí A	m ²	494,8	494,8	499,1	507,7	497,7	506,3	494,1	493,1	480,7
Objem vytápěných zón budovy V	m ³	658,4	658,4	668,7	686,7	665,8	683,7	658,4	655,1	630,6
Faktor tvaru budovy A/V	m ² /m ³	0,75	0,75	0,75	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76

Tabulka 8: Geometrické vlastnosti jednotlivých variant.

Hodnocení dle ČSN 730540-2 (2011)		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Vypočtený požadavek	W/(m ² ·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Nové obytné budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Ostatní budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Převažující návrhová vnitřní teplota q _{im}	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Součinitel typu budovy e ₁ dle tabulky 4 v ČSN 730540-2	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Požadovaný součinitel prostupu tepla U_{em,N}	W/(m²·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Doporučený součinitel prostupu tepla U _{em,rec}	W/(m ² ·K)	0,30	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Klasifikační třída		C	B	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující	Úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná

Tabulka 9: Vyhodnocení obálky budovy z hlediska ČSN 73 0540-2:2011.

Hodnocení dle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb.		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Referenční součinitel prostupu tepla	W/(m ² ·K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	1,0	0,9	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Klasifikační třída		C	C	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Úsporná	Úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná

Tabulka 10: Energetická náročnost budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.

Tabulka 9 a Tabulka 10 ukazují, že vyjma referenčních variant V 0, mají Varianty 1 - 7 tepelné technické parametry konstrukcí obálky budovy lepší parametry než jsou dnešní požadavky ČSN 73 0540-2 (2011) i vyhlášky 78/2013 Sb. Všechny jednotlivé konstrukce samozřejmě splňují doporučené hodnoty pro pasivní domy.

Hodnocení podle ČSN 73 0540-2 (2011) a podle vyhlášky 78/2013 Sb. se liší v nastavení škály pro hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} , která je pro hodnocení podle vyhlášky s koeficientem 0,8 resp. 0,7 přísnější.

3.8. ENERGETICKÉ HODNOCENÍ

Pasivní Varianty 1 -7 vykazují velmi nízké tepelné ztráty i potřeby tepla na vytápění. Tabulka 11 ukazuje, že oproti variantám referenčním je tepelná ztráta podle metodiky TNI 73 0329 přibližně poloviční a měrná potřeba tepla na vytápění je přibližně třetinová.

Pro takto nízké spotřeby tepla lze s výhodou využít i kompaktní jednotky s tepelným čerpadlem, které kombinují nucené větrání s rekuperací tepla a přípravou teplé vody. Jako doplňkový zdroj pro vytápění lze potom použít například krbová kamna, případně elektrické sálavé rohože ve stěnách nebo sálavé panely. Pro pasivní a nízkoenergetické domy jsou na trhu k mání krbová kamna o velmi nízkém jmenovitém výkonu 4 kW, například modely Salerno a Osorno od firmy HAAS+SOHN, případně kamna se jmenovitým výkonem 5 kW nabízejí i firmy ABX či Thorma apod.

RD Vinoř	Varianty	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Potřeba tepla na vytápění	(MWh)	13,554	12,14	3,98	3,78	4,04	4,21	3,91	4,02	3,86
Měrná tepelná ztráta	(W/K)	198,729	183,8	99,1	96,6	99,8	102,1	98,2	98,0	97,4
Tepelná ztráta	(kW)	6,4	5,9	3,2	3,1	3,2	3,3	3,1	3,1	3,1
Energeticky vztažná podlahová plocha z vnějších rozměrů	(m ²)	198,75	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Měrná potřeba tepla na vytápění - hodnocená budova	(kWh/m².rok)	68	61	20	18	20	20	20	20	20
Rozdíl oproti V0 Požadovaná U - Měrná potřeba tepla na vytápění	(%)	0%	-10%	-71%	-74%	-71%	-71%	-71%	-71%	-71%
Měrná dodaná energie budovy - hodnocená budova	(kWh/m².rok)	111	102	48	46	49	48	48	49	50
Rozdíl oproti V0 Požadovaná U - Měrná dodaná energie	(%)	0%	-8%	-57%	-59%	-56%	-57%	-57%	-56%	-55%
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} vypočtený	W/(m ² K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} referenční	W/(m ² K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Hodnocení podle U_{em}	W/(m²K)	1,00	0,91	0,58	0,55	0,58	0,58	0,56	0,56	0,56

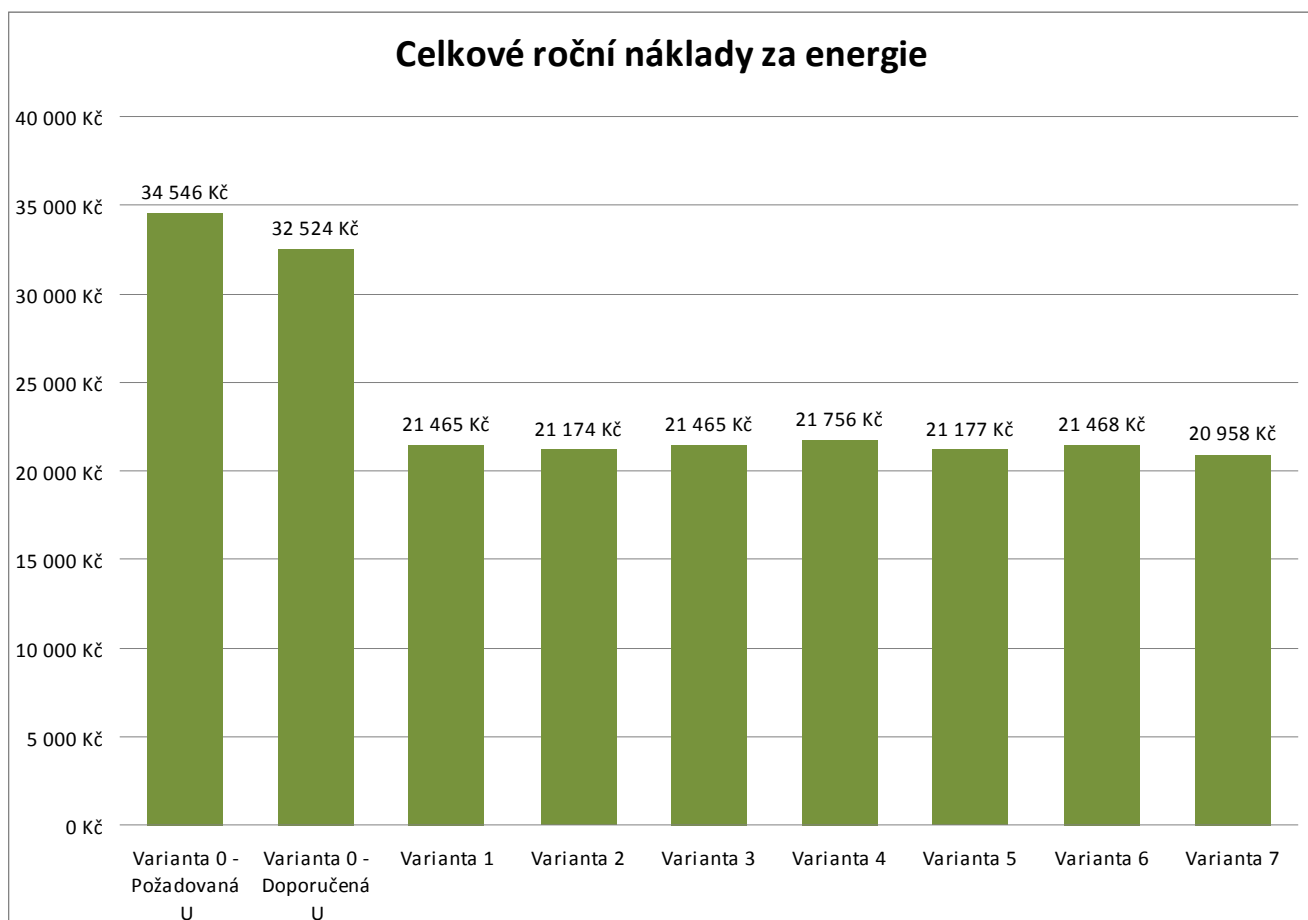
Tabulka 11: Hodnocení energetické potřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.

Vyhodnocení dle TNI 73 0329	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energie 2014									
Měrná potřeba tepla na vytápění E_A dle TNI 73 0331 (kWh/m ² .rok)	68	61	20	18	20	20	20	20	20
Celková roční dodaná energie $Q_f = Q_{fuel} = EP$ je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem: z toho v palivu	(MWh/rok)	24,595	22,793	12,253	12,052	12,353	12,554	12,153	12,354
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	12,600	11,500	4,800	4,700	4,900	5,000	4,800	4,900	4,700
Elektrina ze sítě (MWh/rok)	11,995	11,293	7,453	7,352	7,453	7,554	7,353	7,454	7,277

Vyhodnocení dle TNI 73 0329	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energie 2014									
z toho dle druhu spotřeby a spotřeby energonositelů									
Vytápění (MWh/rok)	17,700	15,900	5,200	5,000	5,300	5,500	5,100	5,300	5,000
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	11,000	9,900	3,20	3,100	3,300	3,400	3,200	3,300	3,100
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	6,700	6,000	2,00	1,900	2,000	2,100	1,900	2,000	1,900
Teplá voda (MWh/rok)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
Osvětlení (MWh/rok)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Pomocné energie (MWh/rok)	0,095	0,093	0,076	0,075	0,076	0,077	0,076	0,077	0,076
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	0,095	0,093	0,076	0,075	0,076	0,077	0,076	0,077	0,076
Nucené větrání (MWh/rok)	---	---	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	0,000	0,000	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Chlazení (MWh/rok)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektřina ze sítě (MWh/rok)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ostatní elektrospotřebiče (MWh/rok)	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790
Vaření (MWh/rok)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Porovnání celkové roční spotřeby oproti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,0%	-7,3%	-50,2%	-51,0%	-49,8%	-49,0%	-50,6%	-49,8%	-51,3%
Porovnání celkové roční spotřeby oproti Variantě 0 - Doporučená U (%)	7,9%	0,0%	-46,2%	-47,1%	-45,8%	-44,9%	-46,7%	-45,8%	-47,5%
Porovnání celkové roční spotřeby v palivu oproti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,0%	-5,9%	-37,9%	-38,7%	-37,9%	-37,0%	-38,7%	-37,9%	-39,3%
Porovnání celkové roční spotřeby v palivu oproti Variantě 0 - Doporučená U (%)	6,2%	0,0%	-34,0%	-34,9%	-34,0%	-33,1%	-34,9%	-34,0%	-35,6%

Tabulka 12: Hodnocení energetické spotřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.

Tabulka 12 přehledně a podrobně ukazuje skladbu celkové energetické spotřeby podle druhu spotřeby a jednotlivých energonositelů pro jednotlivé varianty. Z tabulky je patrné, že spotřeba tepla na vytápění je u pasivních Variant 1 – 7 přibližně třikrát nižší než u variant referenčních. Z tabulky je dobře patrné, že celková spotřeba je u referenční Varianty 0 pro U Požadované přibližně o 50 % vyšší a u Varianty 0 pro U Doporučené o přibližně 46 % vyšší než u variant pasivních. Ve vyjádření v palivu je tento poměr nižší 38 % proti U Pož a 34 % proti U dop. Tato skutečnost je potom dobře patrná z grafu, viz Obrázek 17, který ukazuje celkové roční náklady na spotřebu energií.



Obrázek 17: Celkové roční náklady za energie.

3.9. NÁKLADY NA REALIZACI A PROVOZ

Investiční náklady jsou pro všechny varianty stanoveny na základě podrobného rozpočtu pro realizaci skutečného domu v různých stavebních systémech a vybavení TZB v programu KROS plus. Výsledné hodnoty investičních a provozních nákladů jsou interpretovány včetně DPH tak, aby byly srovnatelné pro konečného spotřebitele.

U referenčních Variant 0 kvalita stavebních konstrukcí a tloušťky tepelných izolací jsou upraveny na U Požadované a Doporučené. Realizace referenčních standardních variant předpokládá využití dutinových cihelných bloků jako nejběžněji používanou technologii v kombinaci se zateplením EPS. Otvorové výplně v těchto variantách sice předpokládají využití izolačních trojskel, protože jsou již investičně podobně náročná jako izolační dvojskla, avšak mají zhoršené parametry a nižší cenu. Investiční náklady u Varianty 0 pro Doporučené hodnoty U jsou sice vyšší než u Varianty 0 pro Požadované hodnoty U, nicméně jak je patrné rozdíl 0,72 % je minimální a přitom kvalitativně je dům lepší.

U pasivních Variant 1-7 jsou stavební konstrukce a tepelné izolace upraveny tak, aby vyhověly požadavkům na pasivně energetický standard podle TNI 73 0329 a jsou na bezpečné straně výpočtu i pro případnou podporu z programu NZÚ. Pasivní varianty jsou modelované ve všech možných technologiích běžně dostupných v ČR. Otvorové výplně v těchto variantách předpokládají využití kvalitních izolačních trojskel ve vyšší cenové hladině.

Oproti přesnému postupu u stavebních konstrukcí je u vybavení TZB, tedy systémů vytápění, technologie přípravy TV a u pasivních variant i větrání proveden zjednodušující předpoklad a cenový

rozsah je staven pro všechny varianty stejně. Úvaha předpokládá, že do této částky se investice do systémů TZB „vejde“. Důvodů je několik:

- ⊕ Cenový rozsah TZB není vysoký, je přibližně v rozsahu 10 % celkových nákladů, čili případná relativní chyba je malá.
- ⊕ Variabilita systémů TZB je na druhou stranu relativně vysoká. Standardní referenční varianty mají například vyšší investiční nároky na systémy vytápění, které musí mít větší teplosměnné plochy, podlahové vytápění je dražší a větší musí být výkon tepelného čerpadla. Pasivní varianty oproti tomu mají navíc ventilační systém, ale teplosměnné plochy jsou mnohem menší, přitom relativně nákladný teplovodní systém nemusí být vůbec realizován.
- ⊕ Případná možná variabilita systémů TZB je v podstatě pokryta uvažovanými variantami, protože i při maximálním snížení investičních nákladů využitím například kotle na zemní plyn, dosáhneme u nejlevnější referenční i pasivní varianty stejného efektu.

Pro všechny varianty jsou uvažovány servisní náklady a náklady na reinvestice ve výši 50 % celkových nákladů na TZB jednou za 15 let, které jsou rozpočítané do jednotlivých let. Úvaha zahrnuje výměnu technologie tepelného čerpadla přibližně jednou za 15 let a případné náklady na revize¹⁹. Pro zjednodušení je tato částka uvažována pouze v 15% sazbě DPH, protože u tepelných čerpadel použitých v návrhu se povinnost revizí nepředpokládá a případná výměna dílů se děje povětšinou v sazbě nižší.

Tabulka 13 vyčísluje pořizovací náklady a náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty. Obrázek 18 graficky porovnává investiční náročnost po jednotlivých variantách. Z výsledků je patrné, že investičně náročnější jsou stavby, které používají jako izolaci minerální vlnu. Nejlépe vycházejí stavby z dutinových cihel a z pórobetonu, viz Varianta 1 a Varianta 3. Rozpočtově jsou patrné mírné rozdíly mezi pórobetonem a dutinovými cihlami, které vycházejí nejlaciněji. Rovněž VPC (vápenno-pískové cihly) a dřevostavby vycházejí investičně o něco náročnější.

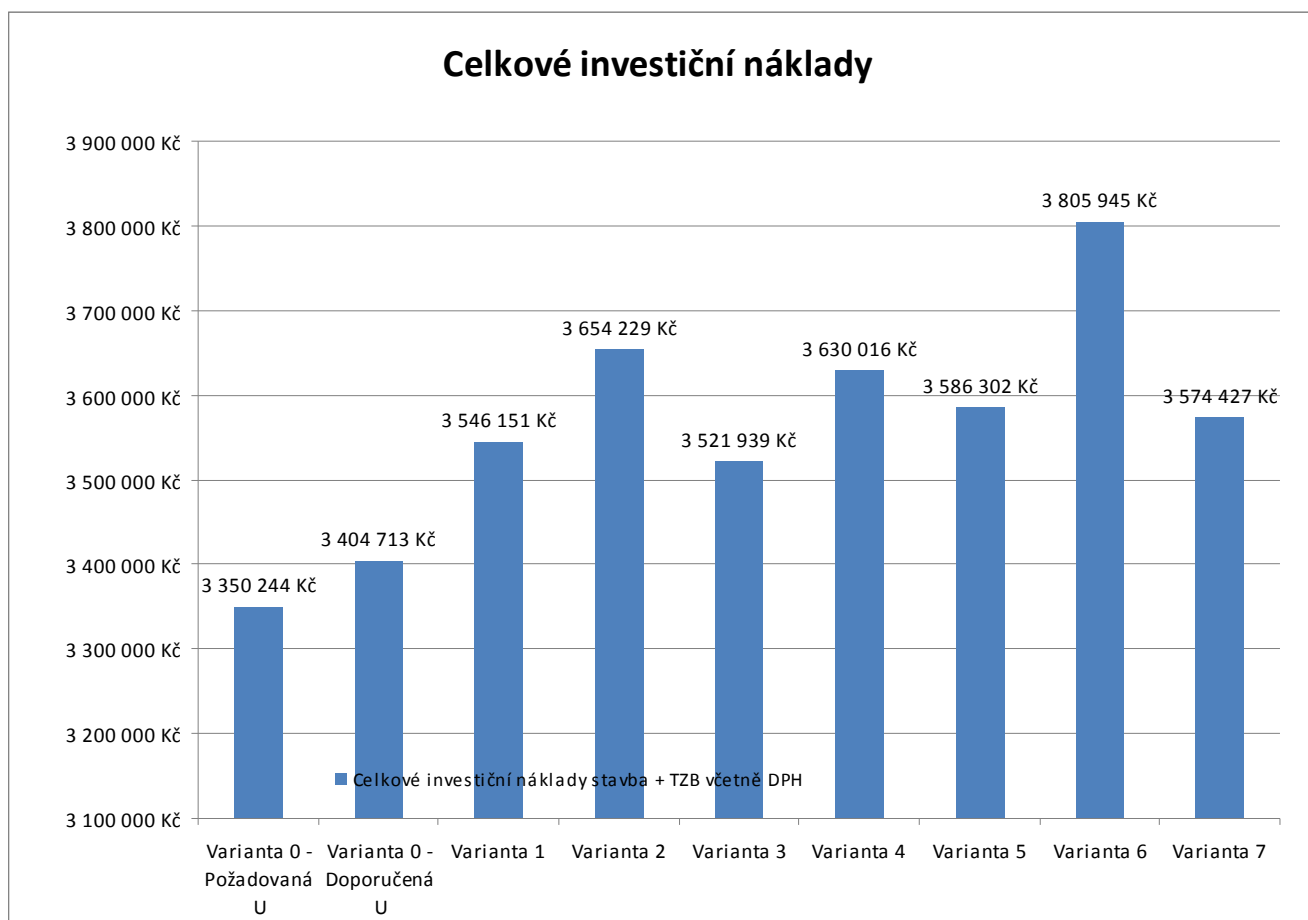
Pórobetonové varianty mohou být v praxi o něco levnější, protože v rozpočtu jsou uvažovány tvárnice typu Ytong. Pro stavbu pasivních domů jsou velmi vhodné, podobně jako VPC, navíc se s nimi dobře pracuje. VPC mají výhodu úspory místa, protože pro dostatečnou statiku objektu stačí tloušťka pouze 175 mm, nicméně je pracnější montáž rozvodů, protože materiál je velmi tvrdý. U staveb z dutinových cihel je třeba dávat zvýšenou pozornost na zajištění vzduchotěsnosti. Dutiny vzniklé při stavbě a montáži rozvodů mohou nepříjemně překvapit při závěrečném Blower-door testu.

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant	Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovláknno 60 mm + celulóza 280 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Celkové investiční náklady - stavební část (Kč)	2 572 005 Kč	2 619 370 Kč	2 742 360 Kč	2 836 340 Kč	2 721 306 Kč	2 815 286 Kč	2 777 274 Kč	2 968 267 Kč	2 766 947 Kč
DPH 15 % (Kč)	385 801 Kč	392 905 Kč	411 354 Kč	425 451 Kč	408 196 Kč	422 293 Kč	416 591 Kč	445 240 Kč	415 042 Kč

¹⁹ Provozovatel tepelného čerpadla povinen zajistit pravidelné kontroly těsnosti chladicího okruhu tepelného čerpadla obsahujícího více než 3 kg chladiva. U tepelných čerpadel s hermeticky uzavřeným okruhem, která jsou naplněna chladivem již od výrobce (označení Hermetically sealed system) je hranice pro povinné prohlídky posunuta na 6 kg chladiva. Takových čerpadel je na trhu většina. Případná revize stojí 1 500 – 3 000 Kč.

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Celkové náklady včetně DPH (Kč)	2 957 806 Kč	3 012 275 Kč	3 153 714 Kč	3 261 791 Kč	3 129 502 Kč	3 237 579 Kč	3 193 865 Kč	3 413 508 Kč	3 181 990 Kč
Celkové investiční náklady - TZB: větrání, vytápění, TV (Kč)	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč	341 250 Kč
DPH 15 % (Kč)	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč	51 188 Kč
Celkové náklady včetně DPH (Kč)	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč	392 438 Kč
Celkové náklady stavba + TZB včetně DPH (Kč)	3 350 244 Kč	3 404 713 Kč	3 546 151 Kč	3 654 229 Kč	3 521 939 Kč	3 630 016 Kč	3 586 302 Kč	3 805 945 Kč	3 574 427 Kč
Porovnání investičních nákladů proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	1,63%	5,85%	9,07%	5,12%	8,35%	7,05%	13,60%	6,69%
Servisní náklady a reinvestice - TZB část bez DPH (Kč/rok)	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč	11 375 Kč
DPH 15 % (Kč)	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč	1 706 Kč
Celkové náklady včetně DPH (Kč/rok)	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč

Tabulka 13: Investiční náklady a roční náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty.



Obrázek 18: Celkové investiční náklady.

Tabulka 14 v podstatě kopíruje detailní spotřeby variant, viz Tabulka 12, a podrobně vyčísluje provozní náklady po variantách. Cena elektřiny je v rámci zjednodušující úvahy stanovena jednotně pro všechny varianty.

Pro stanovení ceny elektřiny se předpokládá odběrné místo s TČ 3x25 A pro pasivní varianty a 3x30 A pro varianty referenční. Protože pasivní varianty s nižší spotřebou mají nižší fixní platby a referenční standardní varianty mají vyšší fixní platby a vyšší spotřebu elektřiny, je průměrná cena elektřiny v jistém smyslu zobecnění stanovena stejně. Kontrola správnosti úvahy je provedena na kalkulačních nástrojích TZB-info²⁰ a ERÚ²¹.

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Ceny paliv									
Elektřina ze sítě (Kč/kWh)	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88
Cena energie v palivu									
Elektřina ze sítě (Kč/rok)	34 546 Kč	32 524 Kč	21 465 Kč	21 174 Kč	21 465 Kč	21 756 Kč	21 177 Kč	21 468 Kč	20 958 Kč
z toho dle druhu spotřeby a spotřeby energonositelů									
Vytápění (Kč/rok)	19 296 Kč	17 280 Kč	5 760 Kč	5 472 Kč	5 760 Kč	6 048 Kč	5 472 Kč	5 760 Kč	5 472 Kč
Slunce a jiná energie prostředí	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Elektřina ze sítě (Kč/rok)	19 296 Kč	17 280 Kč	5 760 Kč	5 472 Kč	5 760 Kč	6 048 Kč	5 472 Kč	5 760 Kč	5 472 Kč
Teplá voda (Kč/rok)	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč
Slunce a jiná	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč

²⁰ Topinfo s. r. o. (2014) Kalkulátor cen energií. Nezávislé porovnání dodavatelů elektřiny a plynu. [online] Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://kalkulator.tzb-info.cz/>.

²¹ ERÚ (2014) Cenový kalkulator. [online] Internetové stránky ERÚ (Energetický regulační úřad). Dostupné z <http://kalkulator.eru.cz/>.

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
energie prostředí Elektrina ze sítě (Kč/rok)	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč	5 472 Kč
Osvětlení (Kč/rok)	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Elektrina ze sítě (Kč/rok)	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč	2 045 Kč
Pomocné energie (Kč/rok)	274 Kč	268 Kč	219 Kč	216 Kč	219 Kč	222 Kč	219 Kč	222 Kč	0 Kč
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Elektrina ze sítě (Kč/rok)	274 Kč	268 Kč	219 Kč	216 Kč	219 Kč	222 Kč	219 Kč	222 Kč	0 Kč
Nucené větrání (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Elektrina ze sítě (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč	510 Kč
Chlazení (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Elektrina ze sítě (Kč/rok)	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Ostatní elektrospotřebiče	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč	5 155 Kč
Vaření	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč	2 304 Kč
Náklady za energie celkem Kč	34 546 Kč	32 524 Kč	21 465 Kč	21 174 Kč	21 465 Kč	21 756 Kč	21 177 Kč	21 468 Kč	20 958 Kč
Porovnání provozních nákladů proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	-5,85%	-37,87%	-38,71%	-37,87%	-37,02%	-38,70%	-37,86%	-39,33%

Tabulka 14: Provozní náklady pro jednotlivé varianty.

Z výsledků je patrné, že hlavní úspora provozních nákladů vyplývá z úspory tepla na vytápění. U referenčních variant je navíc sice patrná úspora energie na provoz systému nuceného větrání s rekuperací tepla, nicméně v těchto variantách se projeví zase vyšší spotřeba na ohřev větraného vzduchu.

Z porovnání provozních nákladů vyplývají zajímavé závěry. Například je pro referenční standardní varianty patrné, že minimálním zvýšením investičních nákladů o 1,63 % lze dosáhnout úspory provozních nákladů 5,85 %. To v absolutních částkách znamená, že zvýšení nákladů o cca 54 500 Kč ročně uspoří cca 2 000 Kč. Přitom nejlevnější pasivní Varianta 3, která je proti první Variantě 0 dražší o 5,12 %, je úspora provozních nákladů již 37,87 %. V absolutních částkách to potom znamená, že zvýšení nákladů o cca 172 000 Kč se ročně uspoří cca 13 000 Kč.

4. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY

4.1. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VARIANT

Ekonomické hodnocení variant je provedeno pomocí základních kritérií ekonomické efektivity, viz Kapitola 2.3, tedy NPV, IRR, T_s , T_{sd} . Vyhodnocení je provedeno pro období 30 let s vlivem růstu cen 2 % a diskontem 3 %. Například vyhláška č. 480/2012 Sb. vyžaduje provedení výpočtu s vlivem růstu cen 3 % pro období 20 let. Aby opatření s dobou životnosti delší než 30 let, což dům bezpochyby je, nebylo ve výpočtu znevýhodněno, uvažuje se pro účely výpočtu tzv. zůstatková hodnota aktiv, to jest zůstatková hodnota technologií, o kterou se zvyšuje hodnota budovy.

Výnos je v rámci přípustného zjednodušení uvažován jako vypočítaná úspora provozních nákladů spojená s provozem energetického hospodářství. Ekonomické vyhodnocení bylo provedeno pomocí software Ejekt 3.0.

Vstupy do EFEKTU	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Investiční náklady (Kč)	3 350 244 Kč	3 404 713 Kč	3 546 151 Kč	3 654 229 Kč	3 521 939 Kč	3 630 016 Kč	3 586 302 Kč	3 805 945 Kč	3 574 427 Kč
Servis a reinvestice (Kč/rok)	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč	13 081 Kč
Provozní náklady (Kč/rok)	34 546 Kč	32 524 Kč	21 465 Kč	21 174 Kč	21 465 Kč	21 756 Kč	21 177 Kč	21 468 Kč	20 958 Kč
Rozdíl investičních nákladů (Kč/rok)	0 Kč	54 469 Kč	195 908 Kč	303 985 Kč	171 696 Kč	279 773 Kč	236 059 Kč	455 701 Kč	224 183 Kč
Úspora (Kč/rok)	0 Kč	2 022 Kč	13 081 Kč	13 372 Kč	13 081 Kč	12 790 Kč	13 369 Kč	13 078 Kč	13 588 Kč

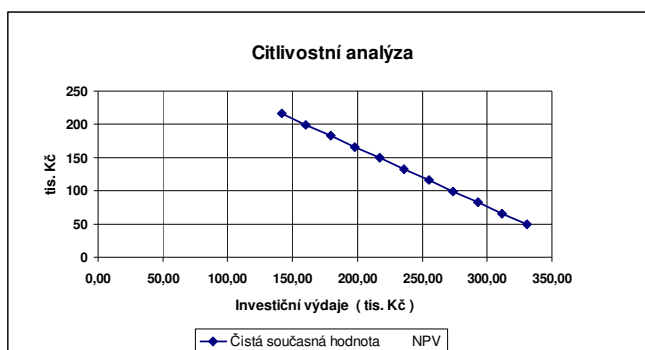
Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro ekonomické vyhodnocení variant.

Tabulka 16 přehledně ukazuje výsledky ekonomického hodnocení variant. Nejlépe si vedou Varianta 3, Varianta 1 a Varianta 7, každá přitom reprezentuje odlišnou stavební soustavu. Zajímavé ovšem je, že i Varianta 0 pro Doporučená U si vede lépe než Varianta 6, která si vede nejméně úspěšně.

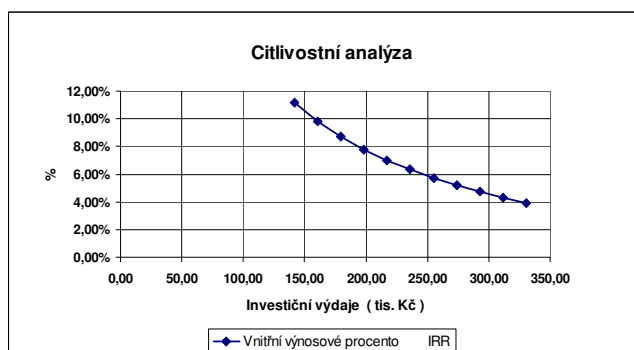
Hodnotící kritéria		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Čistá současná hodnota NPV	tis. Kč	-	2,952	157,560	72,570	189,617	94,600	132,702	-61,745	143,412
Vnitřní výnosové procento IRR		-	3,35%	7,61%	4,48%	9,14%	5,07%	6,32%	2,10%	6,75%
Doba splacení (prostá) Ts	let	-	22	13	19	12	18	15	26	15
Doba splacení (diskontovaná) Tsd	let	-	29	17	26	14	24	20	> Tž	18
Rok hodnocení		-	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Doba životnosti (hodnocení)	let	-	30	30	30	30	30	30	30	30
Diskont		-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pořadí variant podle NPV			7	2	6	1	5	4	8	3

Tabulka 16: Výsledky ekonomického hodnocení variant.

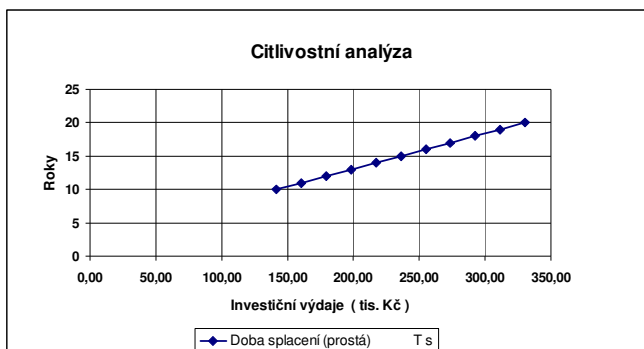
Ze vstupních hodnot pro základní ekonomické hodnocení, viz Tabulka 15, vyplývá, že pro chování většiny variant pasivních budov postačí vyhodnotit Variantu 5, která představuje jakousi střední hodnotu ve výši investice a úspory provozních nákladů. Ostatní varianty a jejich modifikace jsou potom v podstatě podmnožinou následné citlivostní analýzy.



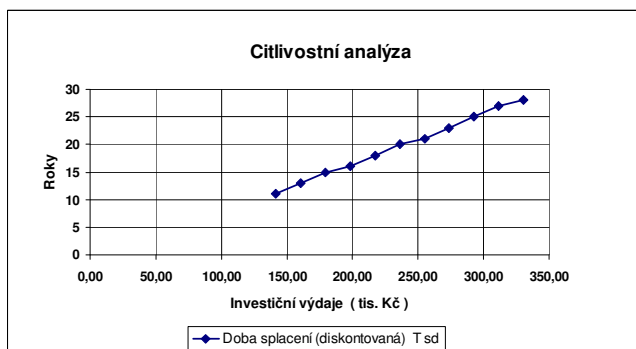
Obrázek 19: Závislost NPV na investičních nákladech.



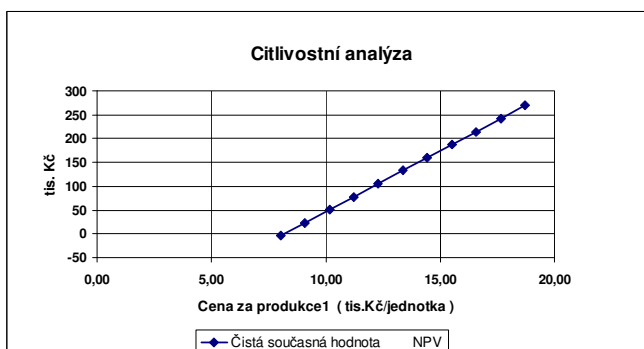
Obrázek 20: Závislost IRR na investičních nákladech.



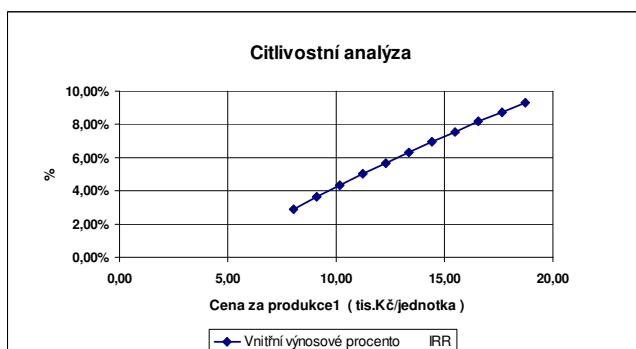
Obrázek 21: Závislost prosté doby splacení na investičních nákladech.



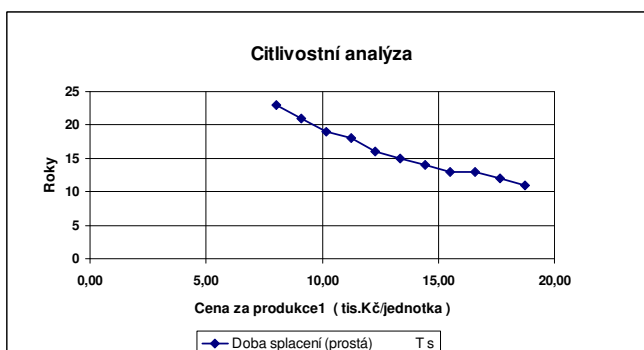
Obrázek 22: Závislost diskontované doby splacení na investičních nákladech.



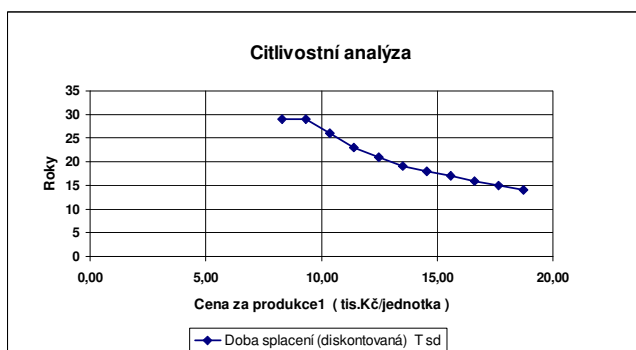
Obrázek 23: Závislost NPV na velikosti úspor energie.



Obrázek 24: Závislost IRR na velikosti úspor energie.



Obrázek 25: Závislost prosté doby splacení na velikosti úspor energie.



Obrázek 26: Závislost diskontované doby splacení na velikosti úspor energie.

Z citlivostních analýz jednoznačně vyplývá, že investice do pasivního standardu se v dlouhodobém horizontu vlastnictví ekonomicky vyplácí. Z logiky věci je třeba při realizaci maximalizovat energetické úspory a hlídat investiční vícenáklady.

4.2. KRITÉRIUM NPV VÝDAJŮ A CELKOVÉ NÁKLADY ZA DOBU VLASTNICTVÍ (TCO)

Kritérium NPV je počítáno pro diskont 3 % a s 2% meziročním růstem cen energií. Pro jednodušší pochopení je výsledné hodnocení variant provedeno i formou TCO. Obě kritéria jsou počítána pro 15 a 30 let. Přehled celkových nákladů za dobu životnosti ukazuje Tabulka 17.

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant	Dutinové cihelné bloky 440	Dutinové cihelné bloky 440	Pórobetonové tvárnice 250 mm +	Pórobetonové tvárnice 250 mm +	Dutinové cihelné bloky 240	Dutinové cihelné bloky 240	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovláknno 60 mm +	DU OSB 12 + rám + celulóza 160

Ekonomické hodnocení	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
	mm (na maltu) + 80 mm EPS	mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	EPS 260 mm	MW 320 mm	mm + šedý EPS 260 mm	mm + MW 320 mm		celulóza 280 mm	mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (15 let) = Total Costs of Ownership (TCO) (Kč)	4 064 646 Kč	4 088 789 Kč	4 064 340 Kč	4 168 054 Kč	4 040 128 Kč	4 152 568 Kč	4 100 171 Kč	4 324 177 Kč	4 085 012 Kč
Porovnání TCO proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	0,59%	-0,01%	2,54%	-0,60%	2,16%	0,87%	6,39%	0,50%
NPV výdajů za dobu hodnocení (15 let) (Kč)	4 023 502 Kč	4 049 391 Kč	4 034 496 Kč	4 138 461 Kč	4 010 284 Kč	4 122 473 Kč	4 070 575 Kč	4 294 330 Kč	4 055 606 Kč
Porovnání NPV proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	0,64%	0,27%	2,86%	-0,33%	2,46%	1,17%	6,73%	0,80%
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (30 let) = Total Costs of Ownership (TCO) (Kč)	4 779 049 Kč	4 772 866 Kč	4 582 528 Kč	4 681 879 Kč	4 558 316 Kč	4 675 120 Kč	4 614 039 Kč	4 842 408 Kč	4 595 597 Kč
Porovnání TCO proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	-0,13%	-4,11%	-2,03%	-4,62%	-2,17%	-3,45%	1,33%	-3,84%
NPV výdajů za dobu hodnocení (30 let) (Kč)	4 594 818 Kč	4 596 455 Kč	4 448 897 Kč	4 549 373 Kč	4 424 685 Kč	4 540 364 Kč	4 481 522 Kč	4 708 766 Kč	4 463 927 Kč
Porovnání NPV proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)	0,00%	0,04%	-3,18%	-0,99%	-3,70%	-1,19%	-2,47%	2,48%	-2,85%

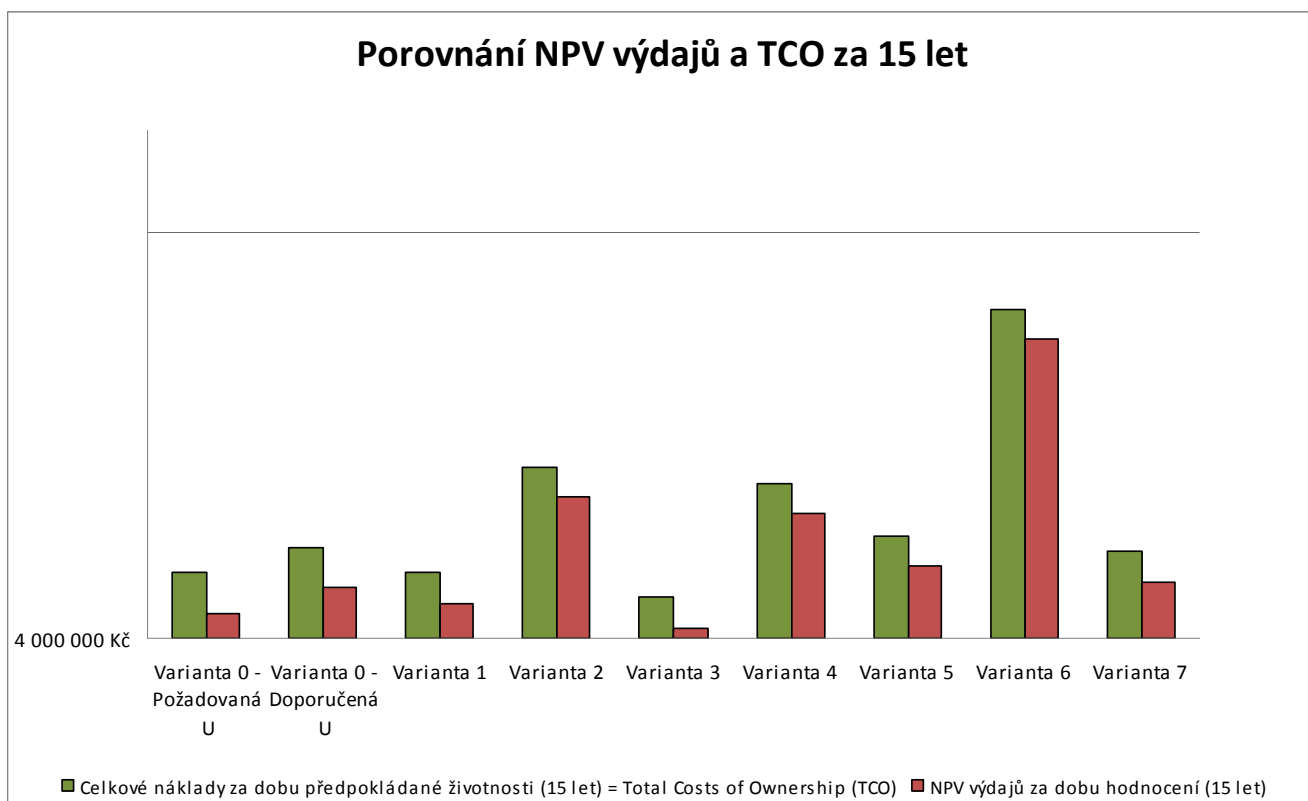
Tabulka 17: Ekonomické vyhodnocení variant formou TCO a NPV výdajů pro 15 a 30 let.

TCO je alternativním způsobem porovnání, protože jej lze interpretovat dvojím způsobem, za dobu životnosti technologií nebo vlastnictví nemovitosti. Investor na počátku investice nemusí být rozhodnutý, jak s nemovitostí v budoucnosti naloží, zda si ji ponechá nebo zda ji bude provozovat.

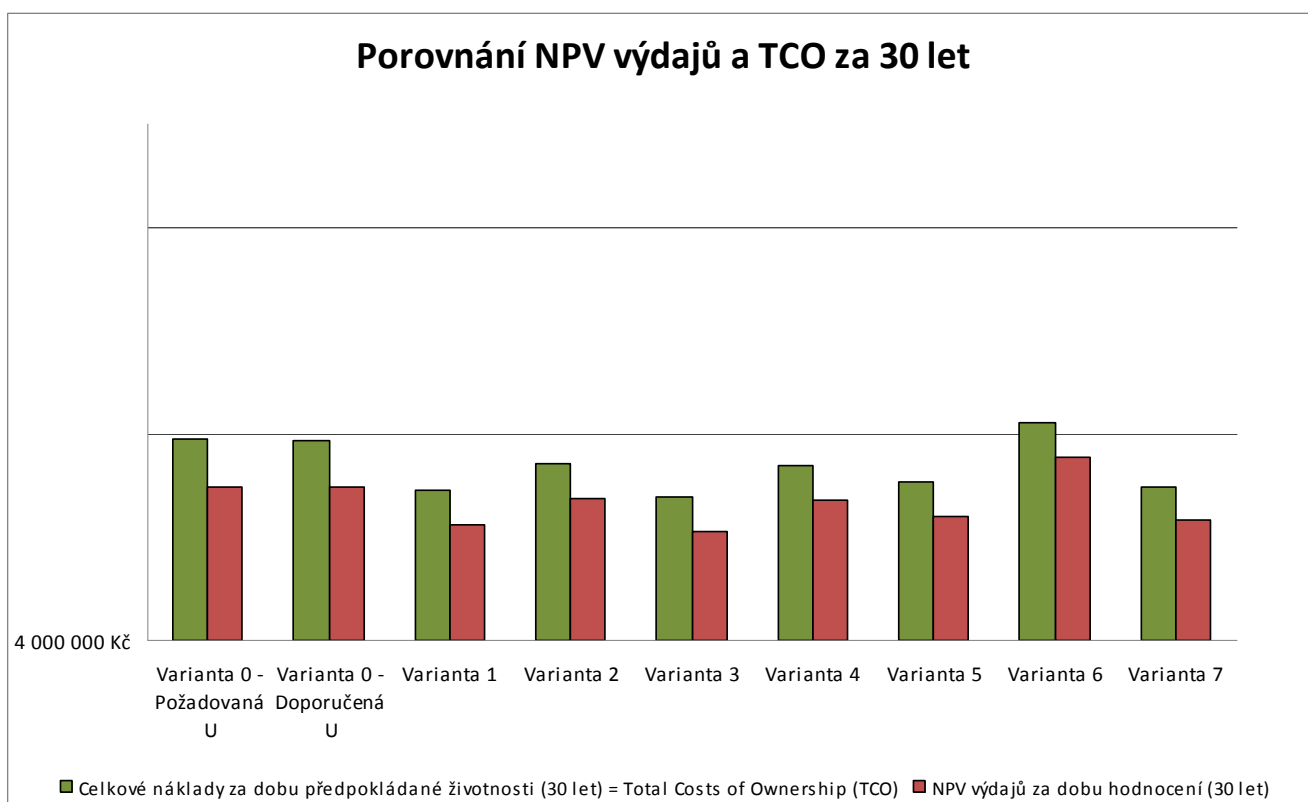
Z porovnání proti Variantě 0 pro Požadované hodnoty U je z tabulky, že všechny varianty v dlouhodobém horizontu 30 let při uvažování 2% růstu cen energií vykazují nižší TCO než nejhorší varianta referenční. Pokud neuvažujeme růst cen vykazuje pouze nejdražší Varianta 6 navýšení TCO. Nejlépe si v dlouhodobém horizontu vedou Varianta 1, Varianta 3 a Varianta 7.

V krátkodobém horizontu 15 let nejsou výsledky takto jednoznačné, nicméně je patrné, že i referenční Varianta 0 pro Doporučené hodnoty U je jednoznačně lepší proti Variantě 0 pro Požadované hodnoty U. Dále je jednoznačně patrné, že z pasivních variant lze i v krátkodobém horizontu 15 let vybrat minimálně dvě pasivní varianty Variantu 1 a Variantu 3, které je jednoznačně lepší než standardní provedení uvažované ve Variantě 0 pro Požadované hodnoty U.

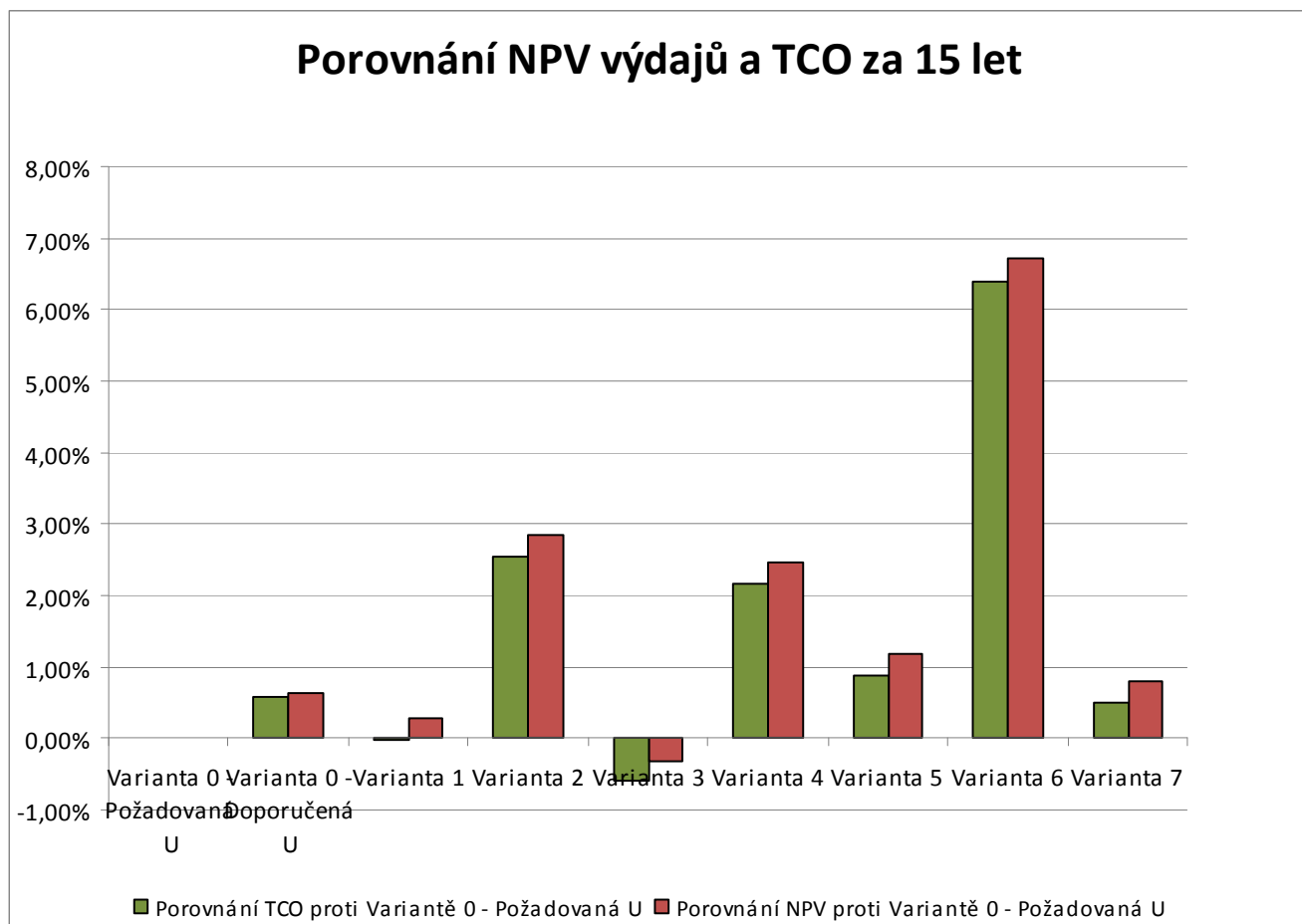
Výše uvedené úvahy jsou dobře patrné z grafů celkových nákladů, viz Obrázek 27 a Obrázek 28, a potom z poměrových grafů, viz Obrázek 29 a Obrázek 30.



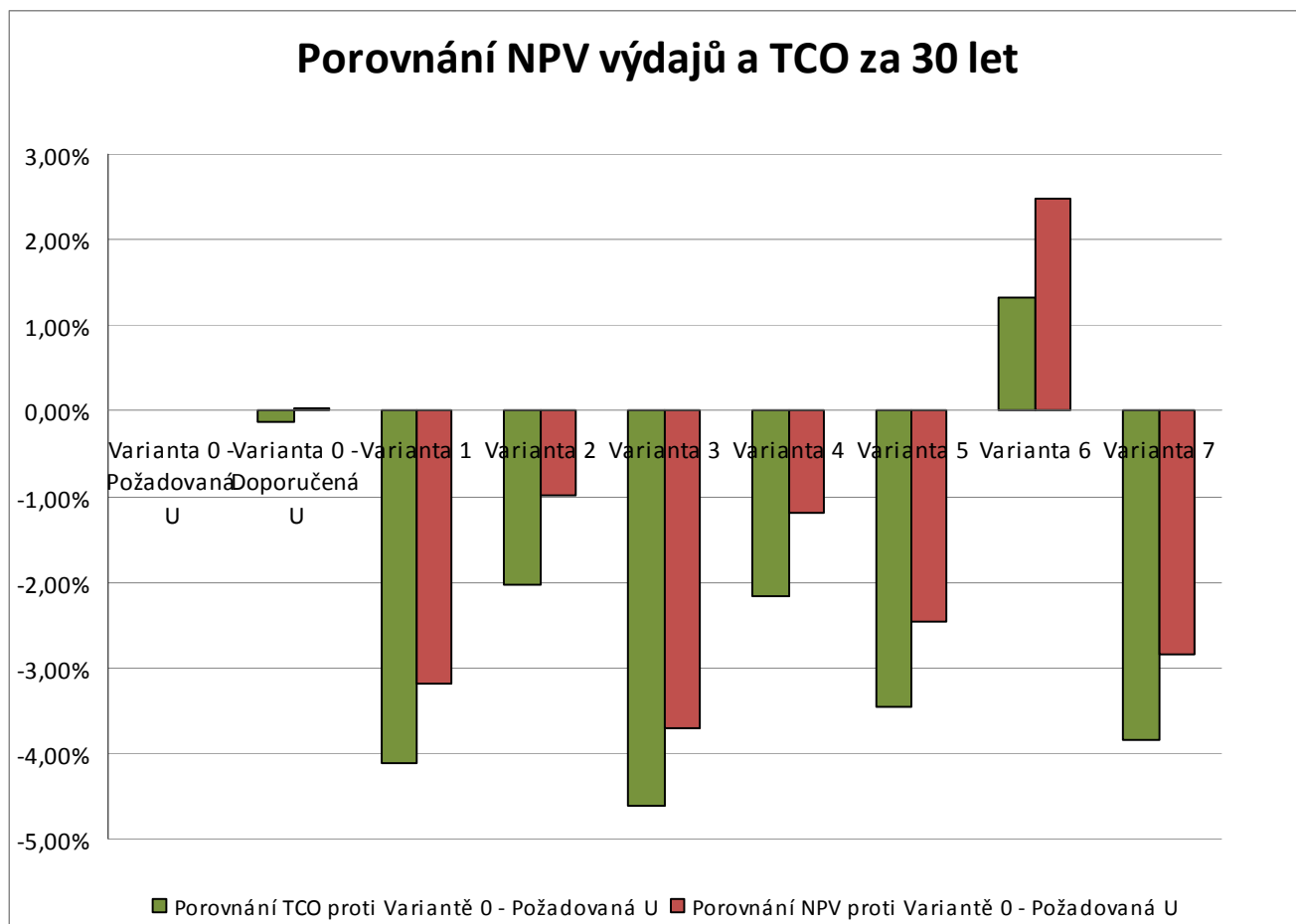
Obrázek 27: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 15 let.



Obrázek 28: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 30 let.



Obrázek 29: Relativní porovnání NPV výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 15 let.



Obrázek 30: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 30 let.

4.3. TOKY HOTOVOSTI PŘI FINANCOVÁNÍ ÚVĚREM (HYPOTÉKOU)

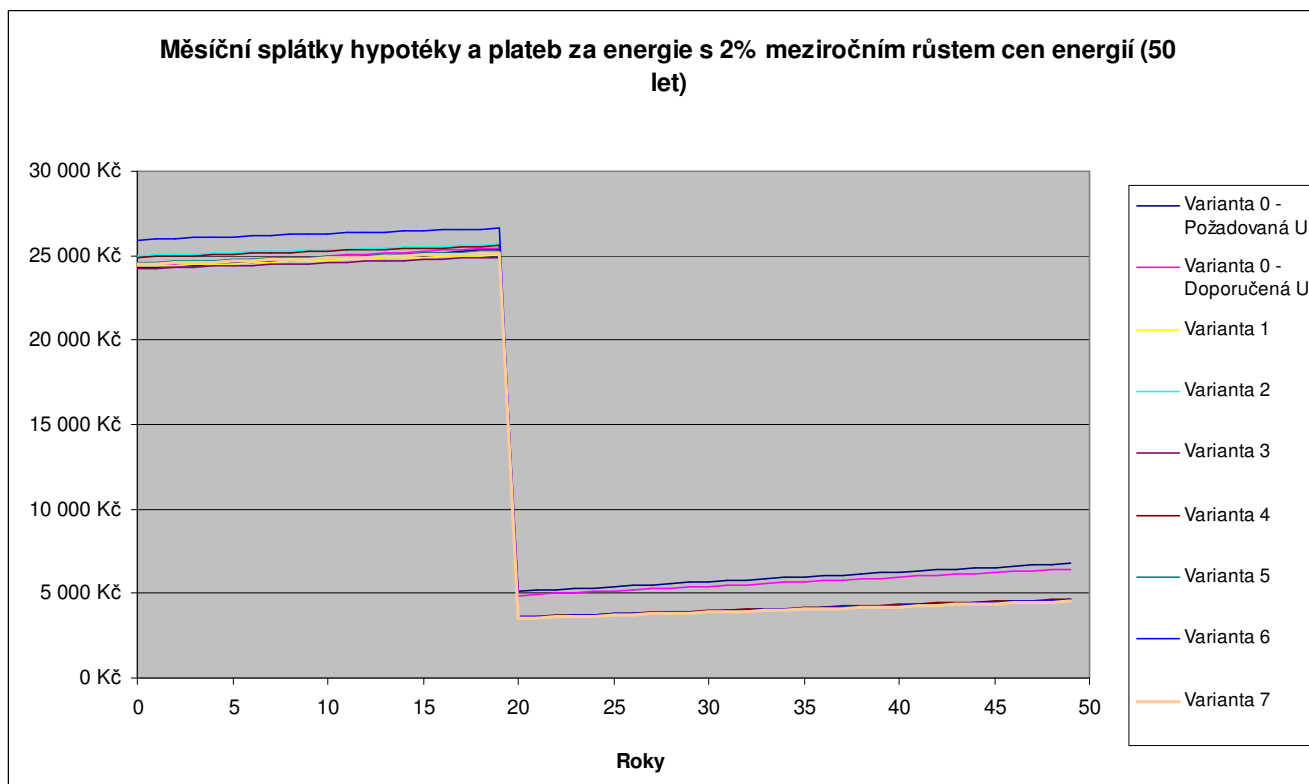
Vzhledem k tomu, že většinou je výstavba rodinných domů financována úvěrem (hypotékou), zajímá uživatele tok jeho hotovosti v průběhu let, kdy nemovitost financuje a užívá. Tok hotovosti je tedy další možností ekonomického porovnání variant. Pro tuto úvahu předpokládáme, že stavebník si vezme úvěr na celou výši investice, ačkoliv víme, že v praxi se obvykle úvěruje 80 % z celkové výše investice.

Výpočet splátky hypotéky		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Výše hypotéky:	(Kč)	3 350 244 Kč	3 404 713 Kč	3 546 151 Kč	3 654 229 Kč	3 521 939 Kč	3 630 016 Kč	3 586 302 Kč	3 805 945 Kč	3 574 427 Kč
Úroková míra roční:	(%)	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Doba splácení:	(roky)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Interval splácení:	měsíční	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Zaplacené energie:	(Kč/měsíc)	2 879 Kč	2 710 Kč	1 789 Kč	1 764 Kč	1 789 Kč	1 813 Kč	1 765 Kč	1 789 Kč	1 746 Kč
Pravidelná splátka hypotéky:	(Kč/měsíc)	20 302 Kč	20 632 Kč	21 489 Kč	22 144 Kč	21 342 Kč	21 997 Kč	21 732 Kč	23 063 Kč	21 660 Kč
Servisní náklady a reinvestice:	(Kč/měsíc)	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč	1 090 Kč

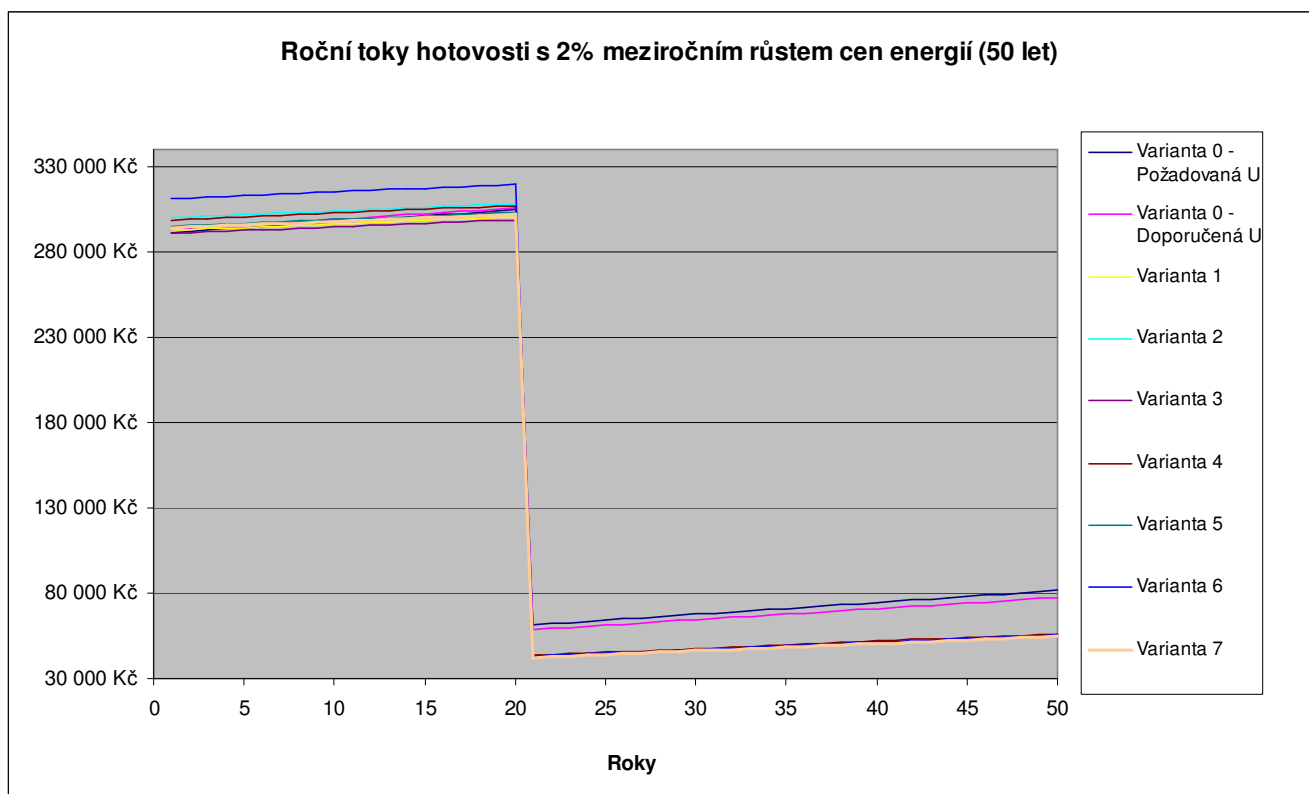
Výpočet splátky hypotéky		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Celkem za bydlení měsíčně:	(Kč/měsíc)	24 271 Kč	24 432 Kč	24 368 Kč	24 998 Kč	24 221 Kč	24 900 Kč	24 587 Kč	25 942 Kč	24 497 Kč
Celkem zaplaceno za 20 let:	(Kč)	5 824 973 Kč	5 863 755 Kč	5 848 273 Kč	5 999 638 Kč	5 813 060 Kč	5 976 060 Kč	5 900 906 Kč	6 226 162 Kč	5 879 258 Kč
Porovnání proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	0,67%	0,40%	3,00%	-0,20%	2,59%	1,30%	6,89%	0,93%
Zaplacené úroky celkem za 20 let:	(Kč)	1 522 193 Kč	1 546 941 Kč	1 611 204 Kč	1 660 309 Kč	1 600 203 Kč	1 649 308 Kč	1 629 446 Kč	1 729 242 Kč	1 624 051 Kč
Energie za 20 let:	(Kč)	690 912 Kč	650 477 Kč	429 293 Kč	423 475 Kč	429 293 Kč	435 110 Kč	423 533 Kč	429 350 Kč	419 155 Kč

Tabulka 18: Ekonomické vyhodnocení variant formou financování úvěrem na 20 let.

Tabulka 18 počítá splátky hypotéky, platby za energie, servis a reinvestice v horizontu 20 let. Z uvedených údajů vyplývají následující grafy, které přehledně ukazují toky hotovosti v horizontu až 50 let. Obrázek 31 a Obrázek 32 ukazují měsíční a roční toky hotovosti při financování hypotékou, které zahrnují splátky, servis a reinvestice a platby za energie včetně uvažovaného meziročního růstu cen energií ve výši 2 %.



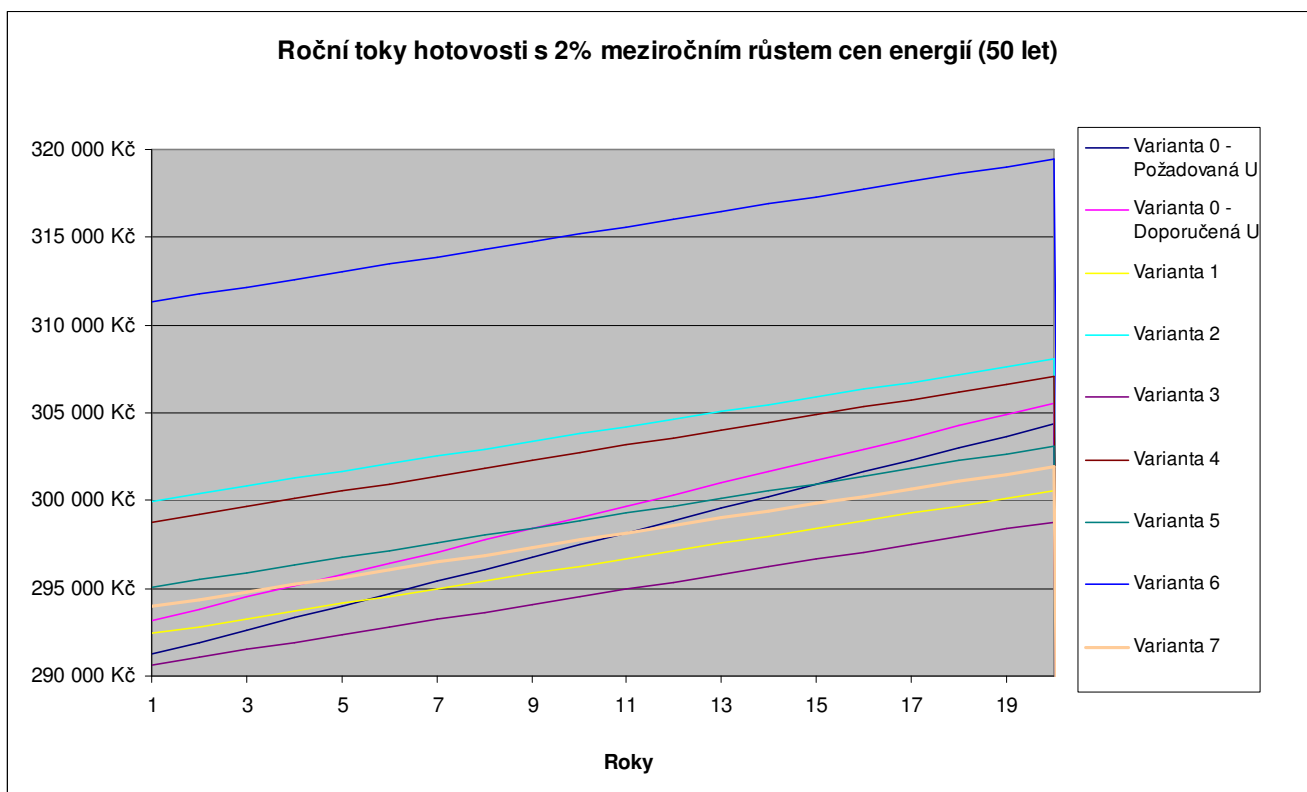
Obrázek 31: Měsíční splátky hypotéky a plateb za energie s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



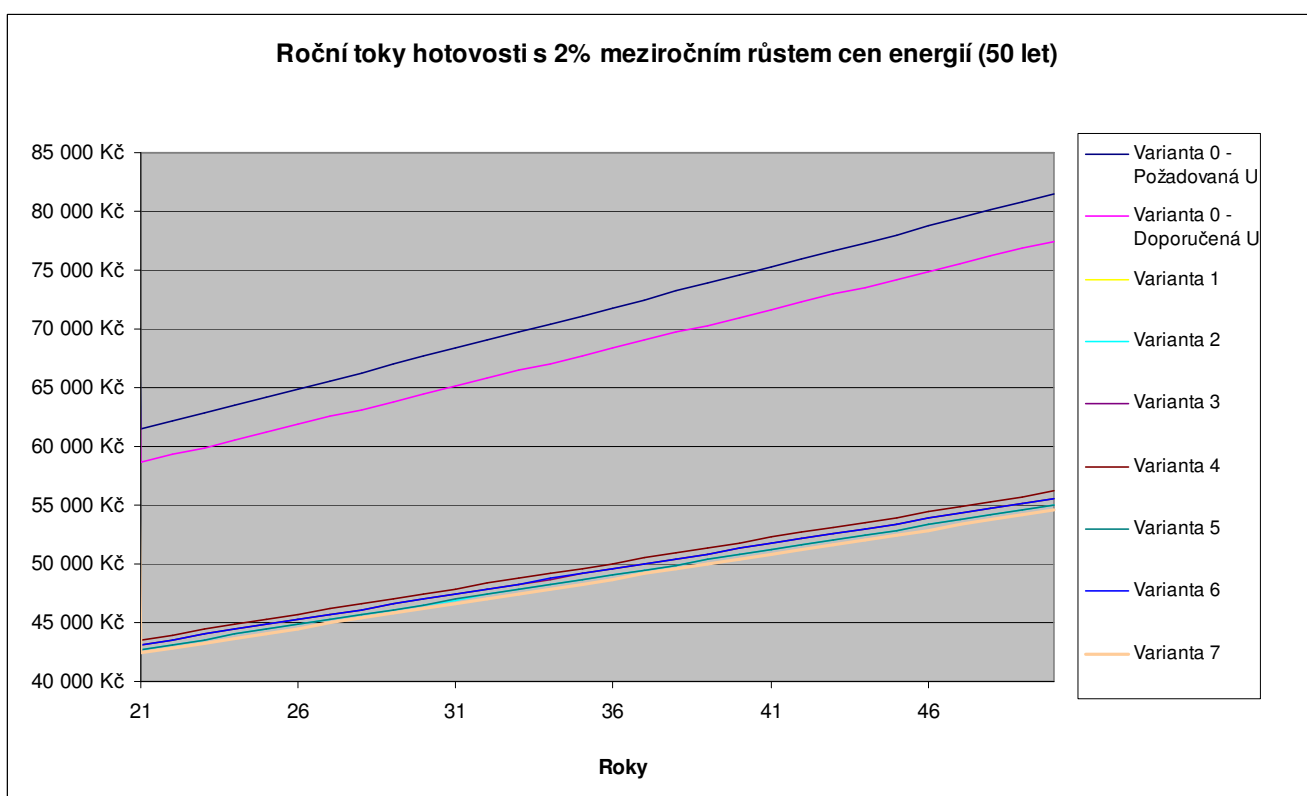
Obrázek 32: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

Z grafů je zřetelně patrné, že v ročním toku hotovosti je na splátky nejnáročnější Varianta 6, která se však po splacení hypotéky zařadí mezi ostatní pasivní varianty. Po splacení hypotéky ve výši měsíčních plateb dominují referenční varianty.

Pokud si graf pro roční toky hotovosti zvětšíme pro období „do“ a „od splacení hypotéky“, viz Obrázek 33 a Obrázek 34, je výše uvedené tvrzení zřetelnější. Do splacení hypotéky dominuje investičně nejnáročnější Varianta 6. Ostatní jsou seřazeny rovnoběžně podle jejich investiční náročnosti, navíc je patrné, že referenční Varianty 0 stoupají strměji než varianty ostatní. Po splacení hypotéky je již rozložení sil jasně patrné Varianty 0 stoupají strměji nahoru oproti pasivním variantám, přičemž ostatní varianty mají splátky vcelku srovnatelné.



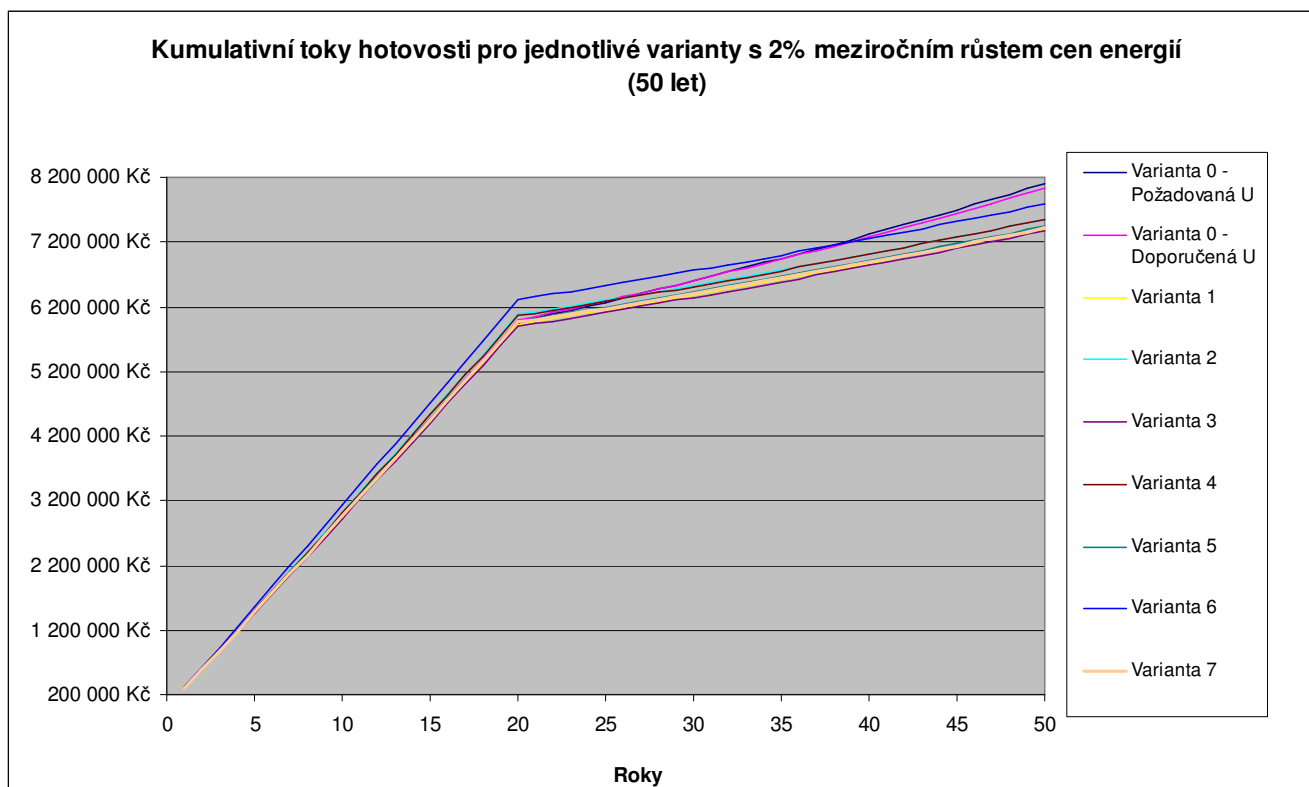
Obrázek 33: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



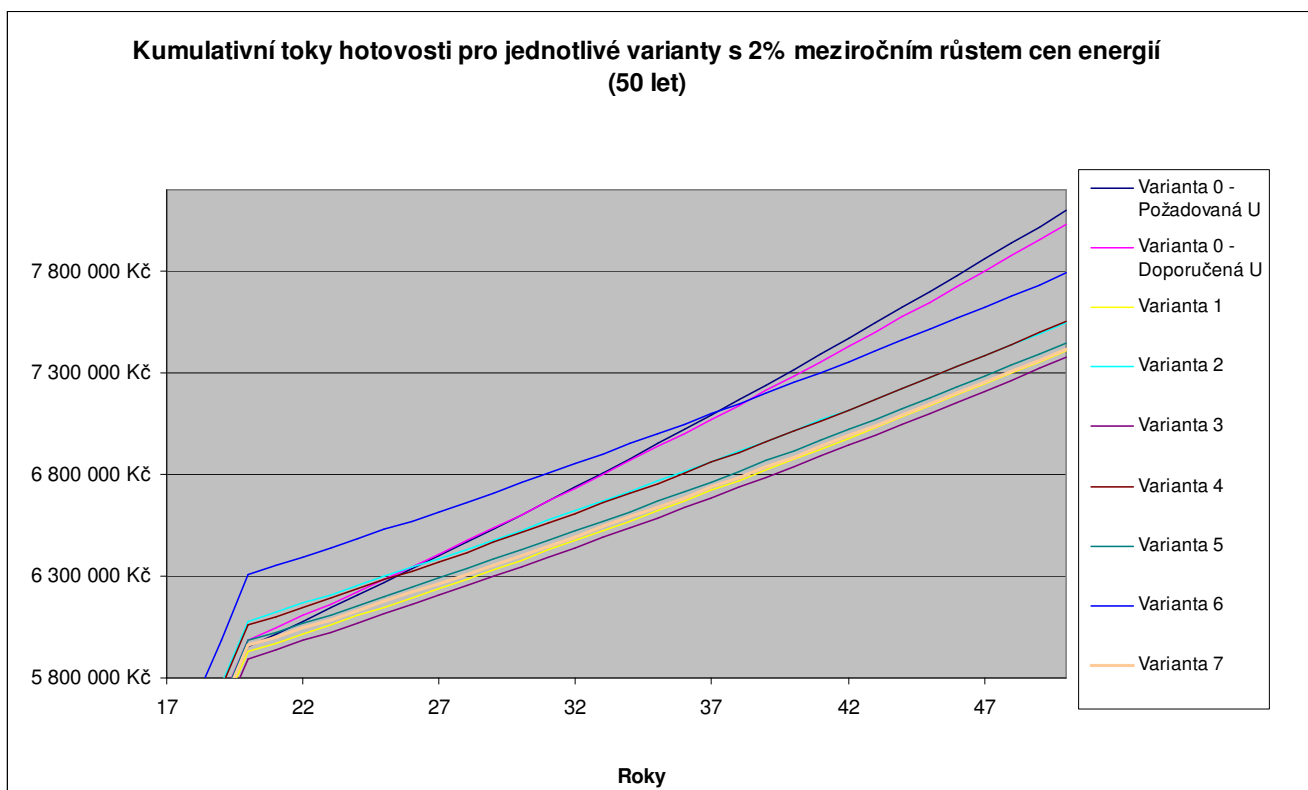
Obrázek 34: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

Výše uvedené grafy jsou pro investora zajímavé zejména pro plánování ročního a měsíčního rozpočtu. Mnohem důležitější jsou však kumulativní toky hotovosti, ze kterých jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami, viz Obrázek 35 až Obrázek 38. Na grafech jsou znázorněny Kumulativní toky

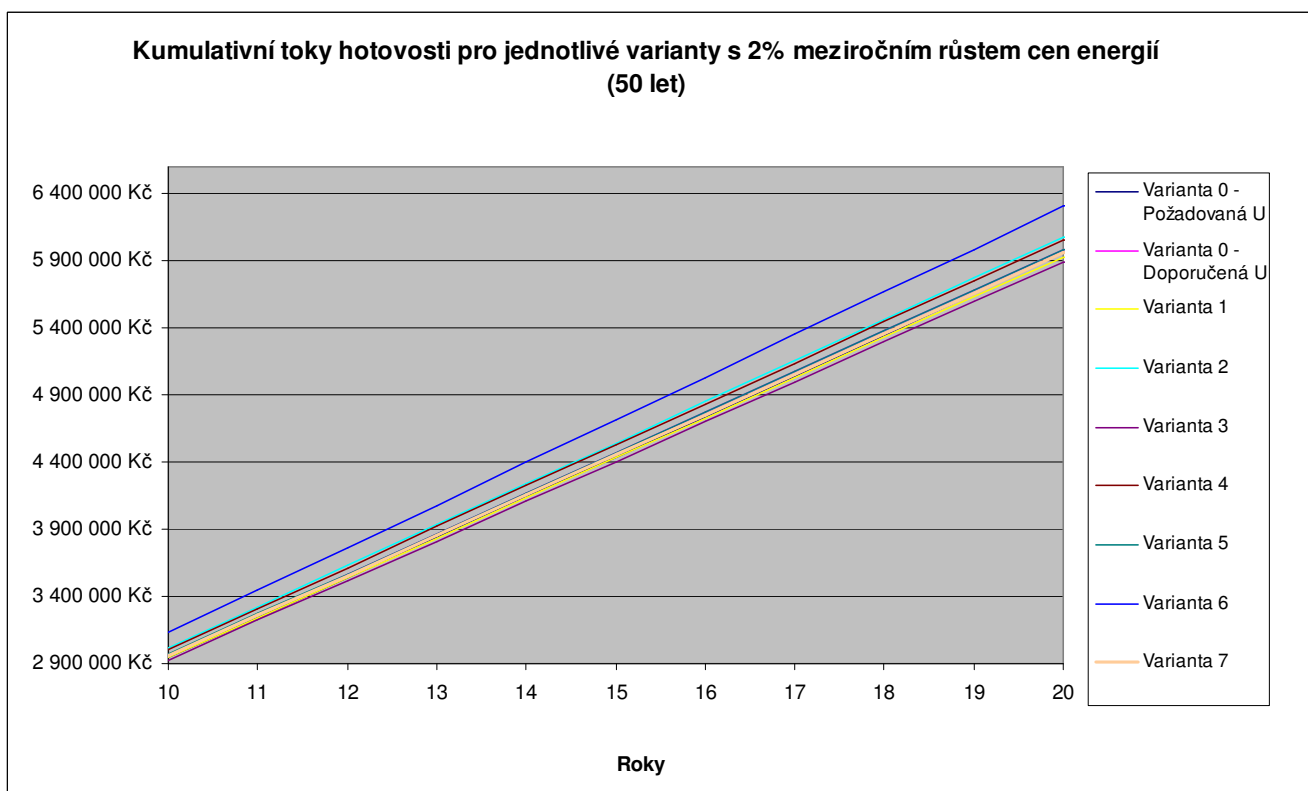
hotovosti pro jednotlivé varianty s 3% meziročním růstem cen energií. Ze základního grafu a jeho zvětšení pro různé časové období je dobře patrné, že do konce splacení úvěru je opět investičně nejnáročnější Varianta 6, která se srovná s Variantami 0 až po roce 33. Ostatní varianty jsou v podstatě rovnoběžně srovnány, nejlépe si vedou Varianta 3 a Varianta 1, které jsou jednoznačnými favority po celou dobu hodnocení. Po splacení úvěru se zřetelně začínají oddělovat Varianty 0, které jsou již ve 25. roce většinou dražší než většina hodnocených variant. Po 37. roce jsou nakonec všechny pasivní varianty výhodnější než referenční Varianty 0.



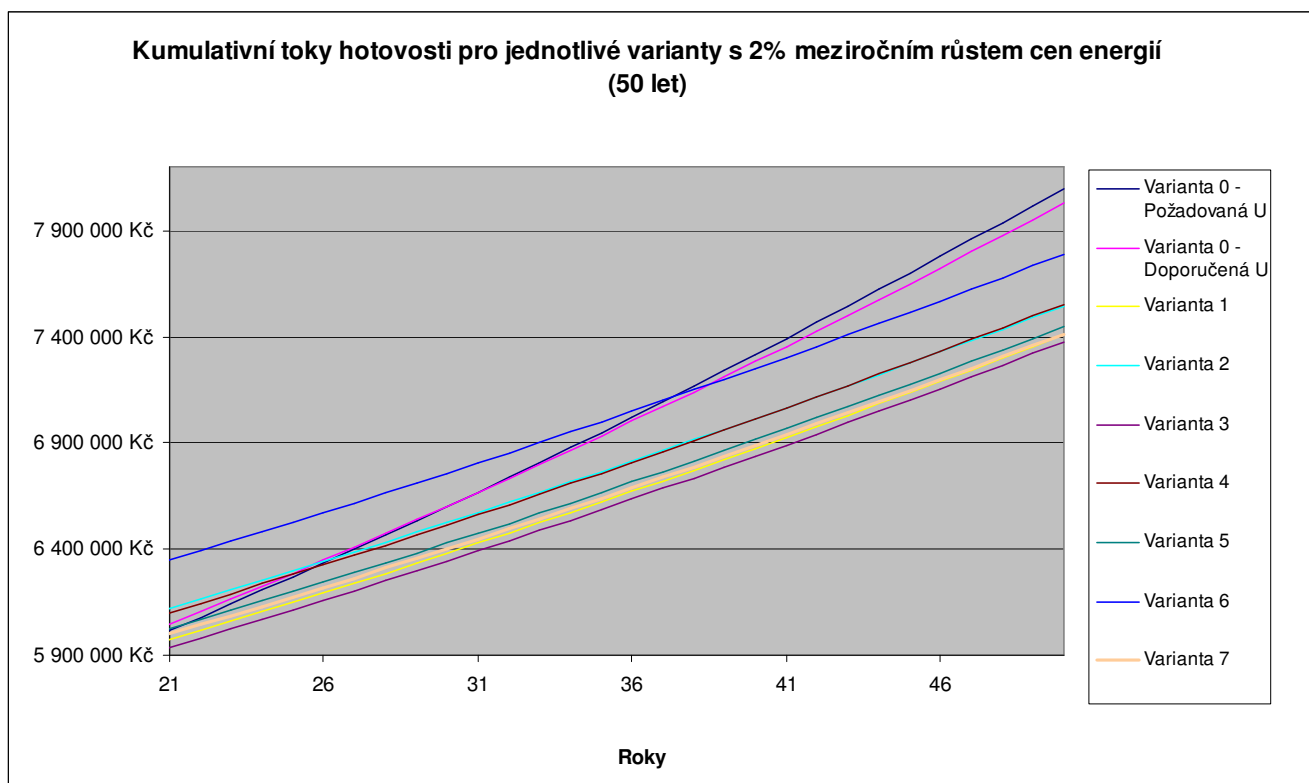
Obrázek 35: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



Obrázek 36: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



Obrázek 37: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

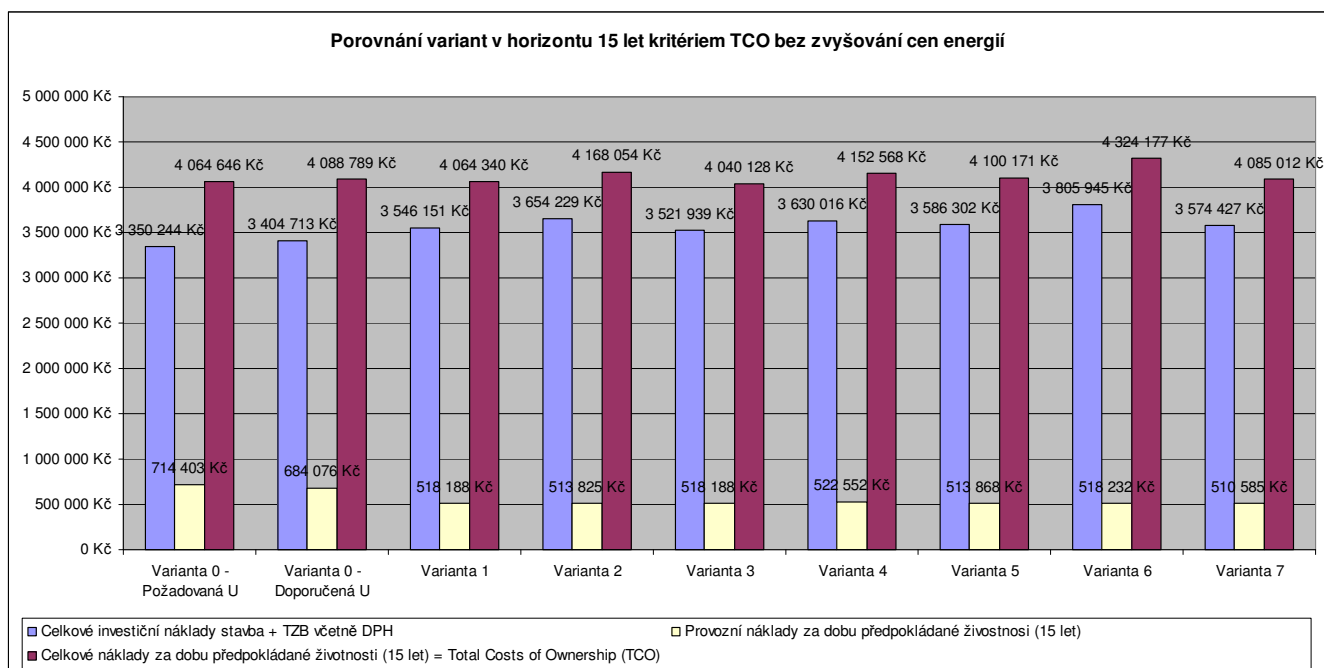


Obrázek 38: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

5. SHRNU TÍ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

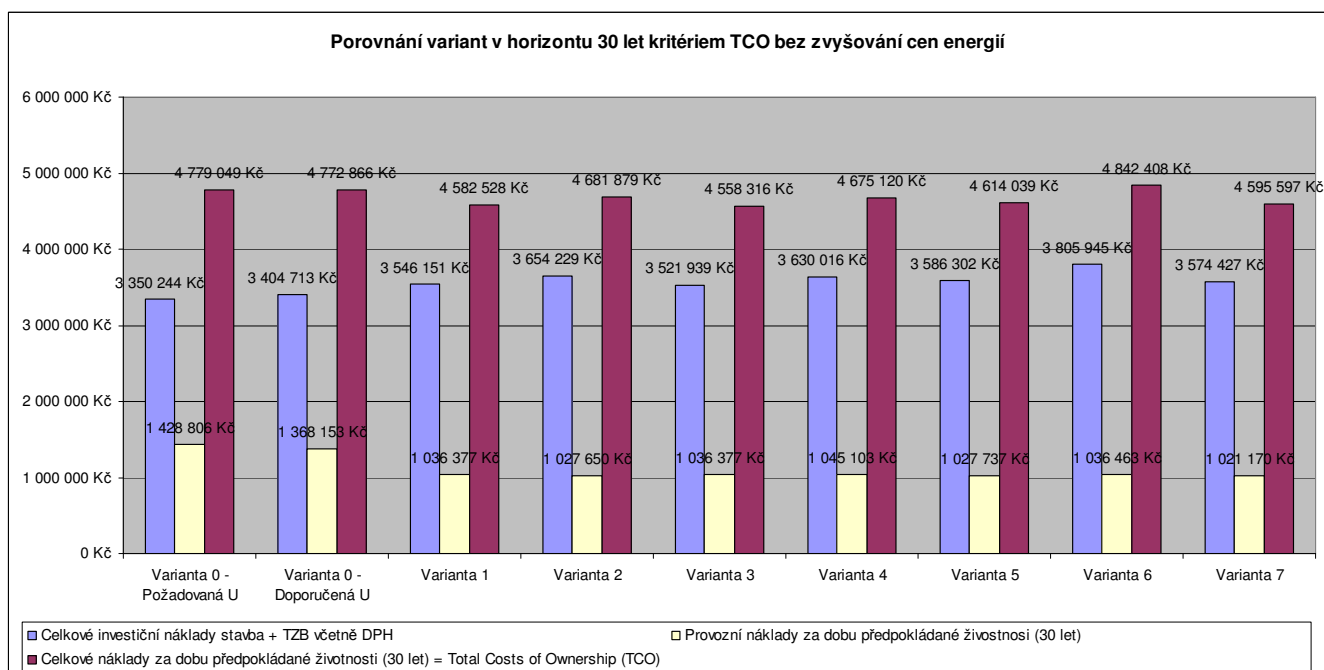
V následujícím shrnutí je vidět chování jednotlivých variant v horizontu 15 a 30 let, viz Obrázek 39 a Obrázek 40. Podobné srovnání pro 3 různé varianty úsporné výstavby RD používá například Koloděj (2012)²².

²² Koloděj Jan (18. 6. 2012) Ekonomická výhodnost pasivních domů. [online] Článek společnosti Chytrý dům s.r.o., www.chytry-dum.eu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>.



Obrázek 39: Porovnání variant v horizontu 15 let bez zvyšování cen energií.

V krátkodobém horizontu 15 let není v tomto srovnání výhoda pasivních variant ještě patrná, v dlouhodobém horizontu 30 let jsou však téměř všechny pasivní varianty výhodnější - až na Variantu 6, která vybočuje. V horizontu 37 a více let však všechny pasivní varianty vycházejí lépe.



Obrázek 40: Porovnání variant v horizontu 30 let bez zvyšování cen energií.

Shrneme-li výše uvedené, lze vyvodit závěr, že pasivní výstavbu je možné realizovat za ekonomicky výhodných podmínek a existuje reálný prostor pro minimalizaci nákladů a maximalizaci úsporných

efektů. Tento závěr ostatně potvrzuje i studie (Vanický, Aigel, 2014) ²³, která pracuje s konkrétními realizacemi.

Pro budoucí realizaci stavby rodinného domu, lze proto doporučit velmi kvalitní přípravu investičního záměru. Realizace domu v kvalitním pasivním standardu investorovi do budoucna umožní bezproblémové dosažení nulového či dokonce plusového standardu.

Ze srovnání standardních a pasivních variant rodinných domů vyplývá, že racionální investor poměřující současné a budoucí výdaje za energie, včetně souvisejících výdajů (údržba, opravy, revize apod.) se zabývá možnostmi realizace domu v pasivním standardu. Při zvážení všech ekonomických důsledků (nejen jednorázových investičních výdajů na pořízení objektu včetně technologií na vytápění a zajištění teplé vody) domy v pasivním standardu vycházejí velmi často ekonomicky efektivnější (již za současných podmínek) než v současnosti běžně realizované referenční domy.

Pasivní objekty navíc přinášejí řadu dalších výhod, které se obvykle do ekonomického hodnocení nezahrnují. Jednou z nich je velmi krátká doba výstavby v porovnání klasickými (v současnosti stále preferovanými zděnými domy). Například pasivní montované dřevostavby jsou v tomto ohledu potom správné řešení. Technologie dřevostaveb nebo vápenno-pískových cihel zase umožňují menší zastavěnou plochu, je-li stavebník omezen zastavěnou plochou.

Standardní horizont, na který se typický investor do nového rodinného domu orientuje je doba, po kterou splácí případnou hypotéku, obvykle 20 – 30 let. Běžný investor bude daleko méně přihlížet ke vzdálenějším časovým horizontům. Prezentované výpočty zachycují jako nejdelší časový horizont, po který se dá předpokládat existence nového objektu bez zásadních výdajů na rekonstrukci stavební části. Horizont 50 let tak představuje limitní hodnotu za kterou nemá smysl dále uvažovat.

V řadě případů může investor preferovat pasivní varianty protože toto řešení snižuje riziko nedostatku finančních prostředků na provoz domu v budoucnosti, kdy se mu může změnit jeho ekonomická situace, například odchod do důchodu.

²³ Vanický Tomáš, Aigel Petr (2014) Unikátní studie ukázala, že pasivní domy nemusí být drahé. [online] Článek pro informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/unikatni-studie-ukazala-ze-pasivni-domy-nemusi-byt-drahe/t4126?s=35>.

SEZNAM ODKAZŮ A LITERATURY:

- [1] Bárta Jan (20. 11. 2006) Ekonomika pasivního domu - vyplatí se skutečně? [online] Článek asociace Centrum pasivního domu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/3689-ekonomika-pasivniho-domu-vyplati-se-skutecne>.
- [2] Bárta, J., Srdečný, K. (2010) Navrhování pasivních domů. Kurz Centra pasivního domu (CPD), Část H, Ekonomika pasivních domů. Brno: Centrum pasivního domu.
- [3] Beranovský, J. (2014) Ekonomika energeticky úsporné výstavby. Podklady a pracovní verze studie pro interní firemní výzkum. Praha: EkoWATT CZ s. r. o.
- [4] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2011
- [5] ČSN 730542 Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov, ČNI Praha 1995
- [6] ČSN EN ISO 6949 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI Praha 1998
- [7] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, ČNI Praha 1999
- [8] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná tepelná ztráta – Výpočetní metoda, ČNI 2000
- [9] ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, ČNI Praha 2005
- [10] ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000
- [11] ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušená metoda a orientační hodnoty, ČNI Praha 2000
- [12] ČSN 060320 Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování
- [13] Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.
- [14] Kol. autorů (2014) What is passivehaus? [online] Informační portál PHI. Dostupné z http://www.passivhaustrust.org.uk/what_is_passivhaus.php.
- [15] Kozelková Martina, Mádrová Jana (2014) Rozpočty pro různé stavební varianty rodinného domu ve Vinoři. Firemní podklady ORIGIS s. r. o., U Strouhy 264/13, 19600 Praha 9-Miškovice, tel.: 725 056 004, zelená linka: +420 800 884 884, m.kozelkova@origis.cz, j.madrova@origis.cz, <http://www.origis.cz>.
- [16] Kol. autorů (2013) Efekt 3.0. Program pro hodnocení ekonomické efektivity. ČVUT FEL, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, Praha.
- [17] Koloděj Jan (18. 6. 2012) Ekonomická výhodnost pasivních domů. [online] Článek společnosti Chytrý dům s.r.o., www.chytry-dum.eu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>.
- [18] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Nařízení Komise č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov

stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.

- [19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.
- [20] Tywoniak Jan (5. 9. 2011) Nulové domy. [online] Článek pro seminář Dřevostavby, aktualizováno autorem podle poslední verze revize ČSN 73 0540-2. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>.
- [21] Tywoniak Jan (14. 11. 2011) Pasivní a nulové budovy na společné cestě. [online] Publikováno na konferenci Pasivní domy 2011, Bratislava. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>.
- [22] Vyhláška MPO č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.
- [23] Vyhláška MPO č. 78/2013 Sb. (nahradila původní vyhlášku 291/2001 Sb.)
- [24] Vyhláška MPO č. 150/2001 Sb.
- [25] Vyhláška MPO č. 193/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášky 151/2001 Sb. a 153/2001 Sb.)
- [26] Vyhláška MPO č. 194/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášku 152/2001 Sb.) Sb.
- [27] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií v platném znění pozdějších předpisů

6. PŘÍLOHY

6.1. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ V NÁRODNÍ LEGISLATIVĚ

Například v České republice je nákladově optimální úroveň zavedena zákonem č. 318/2012 Sb. (tzv. novelou zákona, č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií), kde v §2 odst. 1 v) se rozumí: „*nákladově optimální úrovní stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.*“²⁴

Při tvorbě této novely zákona o hospodaření energií byla provedena rozsáhlá analýza nákladově optimálních opatření zejména z oblasti stavebních konstrukcí, která nakonec vedla ke konkrétním formulacím v prováděcí vyhlášce č. 78/2013 Sb.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov potom v §1 stanoví a) *nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.*²⁵

Nákladově optimální úroveň ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. potom konkretizuje § 6 Požadavky na energetickou náročnost budovy stanovené na nákladově optimální úrovni, kde je nákladové optimum splněno, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu. Takto je dána možnost postupně uvedené ukazatele v čase zpříšňovat.

Kromě toho vyhláška č. 78/2013 Sb. zavádí v § 7 Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie. Zde se potom v odst. (3) píše, že „*ekonomickou proveditelností se rozumí dosažení prosté doby návratnosti investice do alternativního systému dodávek energie kratší než doba jeho životnosti*“. Požadovaná kritéria ekonomické efektivity se přitom počítají podle ČSN EN 15459²⁶. Přitom podle téže vyhlášky „*V případě alternativního systému dodávek energie podle odstavce 1 písm. c) (soustava zásobování tepelnou energií) se ekonomickou proveditelností uvedeného alternativního systému rozumí dosažení prosté doby návratnosti investice do nového jiného než alternativního systému dodávek energie, který je nebo má být v budově využíván, delší, než je doba životnosti tohoto nového jiného než alternativního systému dodávek energie.*“ ČSN EN 15459 používá pro předepsané výpočty metodu celkových nákladů nebo metodu anuitních nákladů.

Ekonomické hodnocení se objevuje dále ve vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Podle vyhlášky §5 odst. 2. b) je třeba navrhnout „*nejméně dvě varianty, z nichž každá navržená varianta obsahuje ekonomické vyhodnocení navržených variant, které se provede způsobem uvedeným v příloze č. 5 k této vyhlášce*“²⁷. Podobně v §7 odst. 4 stanoví tato vyhláška povinnost ekonomického hodnocení i pro ekonomický posudek. Příloha 5 vyhlášky č. 480/2012 Sb. stanoví způsoby výpočtu ekonomického vyhodnocení formou následujících kritérií ekonomické efektivity: Prostou dobu splacení investice, reálnou (diskontovanou) dobu splacení investice, čistou současnou hodnotu (NPV = Net Present Value) a vnitřní výnosové procento (IRR = Internal Rate of Return).

²⁴ Zákon č. 318/2012 Sb.

²⁵ Vyhláška 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

²⁶ ČSN EN 15459 – Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách.

²⁷ Vyhláška 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Způsob ekonomického hodnocení podle ČSN EN 15459, který používá vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov je více v souladu s ekonomickou teorií na rozdíl od ekonomického hodnocení předepsaného vyhláškou č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Naštěstí problematika energetických auditů s předmětem této studie vůbec nesouvisí. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že oba způsoby hodnocení akcentují pouze energetickou náročnost budov a ekonomicky hodnotí pouze energetické soustavy v budovách. Obecný investor, například konečný uživatel budovy, přitom uvažuje v mnohem širších ekonomických souvislostech, nejde mu pouze o energetické náklady budovy. Jde mu náklady celkového podnikatelského záměru, kde budova je pouze jeho součástí. Nelze zapomínat, že investorovi jde především o peníze a tedy, že například náklady na provoz administrativní budovu jsou třeba zlomkové v porovnání s náklady na lidské zdroje.

6.2. V7 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

Varianta		V0 - požadovaná	V0 - doporučená	V1 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 260	V2 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 320	V3 - Dutinové cihelné bloky 240 + šedý EPS 260	V4 - Dutinové cihelné bloky 240 + MW 320	V5 - VPC 175 + šedý EPS 300	V6 - DO dřevovláknó 60 + celulóza 280	V7 - DU OSB 12 + celulóza 160 + OSB 12+ šedý EPS 180
Energetický vztažná plocha	m ²	198,8	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Podlahová plocha (celková vnitřní)	m ²	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9
Plocha ohraničujících konstrukcí A	m ²	494,8	494,8	499,1	507,7	497,7	506,3	494,1	493,1	480,7
Objem vytápěných zón budovy V	m ³	658,4	658,4	668,7	686,7	665,8	683,7	658,4	655,1	630,6
Faktor tvaru budovy A/V	m ² /m ³	0,75	0,75	0,75	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76
Vnitřní teplota	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Hodnocení dle ČSN 730540-2 (2011)										
Vypočtený požadavek	W/(m ² ·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Nové obytné budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Ostatní budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Převažující návrhová vnitřní teplota θ _{im}	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Součinitel typu budovy e _t dle tabulky 4 v ČSN 730540-2	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Požadovaný součinitel prostupu tepla U_{em,N}	W/(m²·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Doporučený součinitel prostupu tepla U _{em,rec}	W/(m ² ·K)	0,30	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel Cl	-	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Klasifikační třída	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující	Úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná
Hodnocení dle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb.										
Referenční součinitel prostupu tepla	W/(m ² ·K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel Cl	-	1,0	0,9	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Klasifikační třída	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Úsporná	Úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná

6.3. REFERENČNÍ BUDOVA DLE VYHLÁŠKY 78/2013

Výpočet U _{em,N}	Plocha A _i [m ²]	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20} [W/(m ² ·K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20} [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b _i [-]	Měrná ztráta prostupem H _t [W/K]
Zóna: Rodinný dům					
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,30	0,25	1,00	66,01
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,30	0,25	1,00	13,36
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,30	0,20	1,00	29,81
DV1 JV	2,42	1,70	1,50	1,00	4,11
OK1 JZ 1 1np	1,80	1,50	1,20	1,00	2,70
OK1 JZ 2 1np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	1,50	1,20	1,00	6,15
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	1,50	1,20	1,00	6,15
OK1 JZ 4F 1np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	1,50	1,20	1,00	5,40
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	1,50	1,20	1,00	5,40
OK1 JZ 6 2np	1,10	1,50	1,20	1,00	1,65

OK1 SV 1F 1np	1,90	1,50	1,20	1,00	2,85
OK1 SV 2F 1np	1,70	1,50	1,20	1,00	2,55
OK1 SV 3F 2np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JV 1F 2np	1,20	1,50	1,20	1,00	1,80
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,45	0,30	0,63	28,21
Tepelné mosty	494,83	0,02			9,90
Celkem					195,05

6.4. VO POŽADOVANÁ – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

VO - požadovaná	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení [-]	Činitel teplotní redukce b [-]	Měrná ztráta prostupem H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,283	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	62,27
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,236	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	10,51
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,174	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	17,29
DV1 JV	2,42	0,850	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	2,06
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,76
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,44
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,870	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,57
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,17
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,930	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,02
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,63
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,50
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,890	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,07
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,255	0,45	0,30	vyhovuje	0,71	17,95
Tepelné mosty	494,8	0,050				1,00	24,74
Celkem							160,27

6.5. V0 DOPORUČENÁ – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V0 - doporučená	Plocha A _i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U _i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20} [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20} [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce ε _{bi} [-]	Měrná ztráta prostupem H _t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,237	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	52,15
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,186	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	8,28
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,148	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	14,71
DV1 JV	2,42	0,850	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	2,06
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,76
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,44
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,870	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,57
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,17
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,930	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,02
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,63
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,50
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,890	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,07
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,255	0,45	0,30	vyhovuje	0,71	17,95
Tepelné mosty	494,8	0,050				1,00	24,74
Celkem							145,34

6.6. V1 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V1 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 260	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V1 - OP1 510 (stěny)	221,37	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	29,22
V1 - OP2 (sokl)	44,79	0,122	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,46
V1 - STR (pod neizolovanou půdou)	100,71	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,65
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V1 - PDL (na zemině)	100,71	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	11,97
Tepelné mosty	499,1	0,020				1,00	9,98
Celkem							89,23

6.7. V2 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V2 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 320	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupu m H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V2 - OP1 570 (stěny)	224,05	0,116	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	25,99
V2 - OP2 (sokl)	45,30	0,122	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,53
V2 - STR (pod neizolovanou půdou)	103,41	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,83
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V2 - PDL (na zemině)	103,41	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	12,22
Tepelné mosty	507,7	0,020				1,00	10,15
Celkem							86,66

6.8. V3 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V3 - Dutinové cihelné bloky 240 + šedý EPS 260	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V3 - OP1 500 (stěny)	220,92	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	29,16
V3 - OP2 (sokl)	44,71	0,140	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,26
V3 - STR (pod neizolovanou půdou)	100,27	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,62
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V3 - PDL (na zemině)	100,27	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	11,93
Tepelné mosty	497,7	0,020				1,00	9,95
Celkem							89,86

6.9. V4 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V4 - Dutinové cihelné bloky 240 + MW 320	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V4 - OP1 560 (stěny)	223,60	0,138	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	30,86
V4 - OP2 (sokl)	45,21	0,140	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,33
V4 - STR (pod neizolovanou půdou)	102,96	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,80
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V4 - PDL (na zemině)	102,96	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	12,18
Tepelné mosty	506,3	0,020				1,00	10,13
Celkem							92,23

6.10. V5 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V5 - VPC 175 + šedý EPS 300	Plocha A_i [m ²]	Součinite l prostup u tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovan ý součinite l prostup u tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučen ý součinite l prostup u tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocen í [-]	Činite l teplotní redukce bi [-]	Měrná ztráta prostupu m Ht [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V5 - OP1 475 (stěny)	219,80	0,125	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	27,48
V5 - OP2 (sokl)	44,50	0,149	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,63
V5 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,15	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,54
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V5 - PDL (na zemině)	99,15	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,82
Tepelné mosty	494,1	0,020				1,00	9,88
Celkem							88,30

6.11. V6 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V6 - DO dřevovláknno 60 + celulóza 280	Plocha A _i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U _i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20} [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20} [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b _i [-]	Měrná ztráta prostupem H _t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V6 - OP1 500 (stěny)	150,00	0,119	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	17,85
V6 - OP2 400 (stěny)	69,80	0,152	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	10,61
V6 - OP3 500 (sokl)	29,308	0,113	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	3,31
V6 - OP4 400 (sokl)	15,19	0,141	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	2,14
V6 - STR (pod neizolovanou půdou)	98,65	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,51
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V6 - PDL (na zemině)	98,65	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,78
Tepelné mosty	493,1	0,020				1,00	9,86
Celkem							88,00

6.12. V7 – TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

V7 - DU OSB 12 + celulóza 160 + OSB 12+ šedý EPS 180	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$ [W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$ [W/(m ² K)]	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta prostupem H_t [W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V7 - OP1 380 (stěny)	215,55	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	28,45
V7 - OP2 (sokl)	43,70	0,134	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,86
V7 - STR (pod neizolovanou půdou)	94,96	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,27
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V7 - PDL (na zemině)	94,96	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,36
Tepelné mosty	480,7	0,020				1,00	9,61
Celkem							87,49