

OPTIMALIZACE PROJEKTU VÝSTAVBY ŘADOVÝCH RODINNÝCH DOMŮ V OBCI RÁJEC-JESTŘEBÍ, OKRES BLANSKO

Zpracováno na základě Smlouvy o dílo č. 11149



Září 2011



Identifikační údaje

Předmět: adresa objektu název	Projekt novostavby řadových rodinných domů v obci Rájec-Jestřebí Rájec-Jestřebí Optimalizace projektu výstavby řadových rodinných domů v obci Rájec-Jestřebí, okres Blansko
Zadavatel: sídlo (ulice, PSČ, město): IČ, DIČ nebo RČ: tel.: fax: e-mail: Statutární zástupce Zmocněnec pro tech. jed.	MAS Moravský kras, místní akční skupina, o.s. Sloup 221, 679 13 Sloup 27028992 +420 725 116 593 - kutacek@mas-moravsky-kras.cz Miloslav Novotný, předseda Stanislav Kutáček
Zpracovatel: sídlo (ulice, PSČ, město): IČ, DIČ tel.: fax: e-mail: www: Předmět činnosti: Právní forma: Registrace: Statutární zástupce: Bankovní spojení: Číslo účtu:	EkoWATT CZ s. r. o. Švábky 52/2, 180 00 Praha 8 275 99 817, CZ 275 99 817 +420 266 710 247 +420 266 710 248 info@ekowatt.cz www.ekowatt.cz Poradenská a konzultační činnost v energetice. Společnost s ručením omezeným u MS v Praze pod číslem oddíl C, vložka 113704 Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA Raiffeisenbank, a.s., Milady Horákové 10, Praha 7 103 106 0334 / 5500

OBSAH

1. PŘEDMĚT STUDIE	5
1.1. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ	5
2. STRUČNÝ POPIS PROJEKTU	5
3. HODNOCENÉ VARIANTY	8
4. STAVEBNÍ ČÁST	8
4.1. NAVRŽENÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ	9
4.1.1. VARIANTA V1 – KONSTRUKCE POŽADOVANÉ NORMOU	9
4.1.2. VARIANTA V2 – KONSTRUKCE DOPORUČENÉ NORMOU	10
4.1.3. VARIANTA V3 – KONSTRUKCE NADSTANDARDNÍ	10
4.2. ROZDÍLY INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ KONSTRUKČNÍCH VARIANT	11
4.3. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOVY	12
4.3.1. ROZDÍLY V INVESTIČNÍCH NÁKLADECH VARIANT TZB	13
5. ENERGETICKÁ BILANCE	13
5.1. POSOUZENÍ OBJEKTU DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 0540	13
5.2. TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	15
5.3. POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ DLE ČSN EN ISO 13790	16
5.4. POTŘEBA ENERGIE NA TV	19
5.5. POTŘEBA ENERGIE NA DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE	19
6. VYHODNOCENÍ DLE VYHLÁŠKY 148/2007 Sb.....	20
7. VYHODNOCENÍ PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH ZISKŮ	21
8. INVESTIČNÍ NÁKLADY – POROVNÁNÍ	24
9. OBJEKT Č. 3	25
9.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 3	25
9.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 3	27
9.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 3	27
9.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 3	28
9.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 3	28
10. OBJEKT Č. 5	31
10.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 5	31
10.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 5	33
10.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 5	33
10.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 5	34
10.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 5	34
11. OBJEKT Č. 7	37
11.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 7	37
11.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 7	39
11.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 7	39
11.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 7	40
11.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 7	40
12. ZÁVĚR.....	42
12.1. PŘEHLEDNÉ ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ	43
SEZNAM TABULEK	48
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ	50

PŘÍLOHY:

KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH-FLOW PRO JEDNOTLIVÉ VARIANTY	51
CELKOVÝ POČET STRAN	52

Seznam zkratk:

EPS	expandovaný polystyren
KCE	konstrukce
KZS	kontaktní zateplovací systém
MW	minerální vlna
NERD	nízkoenergetický rodinný dům
NP	nadzemní podlaží
NT	nízký tarif
OZE	obnovitelný zdroj energie
PD	projektová dokumentace/pasivní dům
PP	podzemní podlaží
PPS	pěnový polystyren
RD	rodinný dům
TI	tepelná izolace
TV (dříve TUV)	teplá voda (dříve teplá užitková voda)
TZB	technické zařízení budov
ÚT	ústřední vytápění
VZT	vzduchotechnika
VYT	vytápění
VT	vysoký tarif
XPS	extrudovaný polystyren
ZP	zemní plyn
ZT	zdroj tepla

1. PŘEDMĚT STUDIE

Předmětem zakázky je energeticko-ekonomická optimalizace projektu výstavby řadových rodinných domů v obci Rájec-Jestřebí. Cílem je návrh opatření, která pomohou zlepšit energetickou bilanci objektů a zároveň budou ekonomicky relevantní. Tato opatření se budou týkat stavebních konstrukcí a energetických systémů posuzovaných budov.

Objekty budou zároveň vyhodnoceny (zaříděny) dle vyhlášky 148/2007 Sb. Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB), který tato vyhláška řeší, je dle novely energetického zákona (177/2006 Sb.) od 1. 1. 2009 povinnou součástí dokumentace při výstavbě nových budov.

Vyhodnoceny jsou také pasivní solární zisky při různé orientaci objektu.

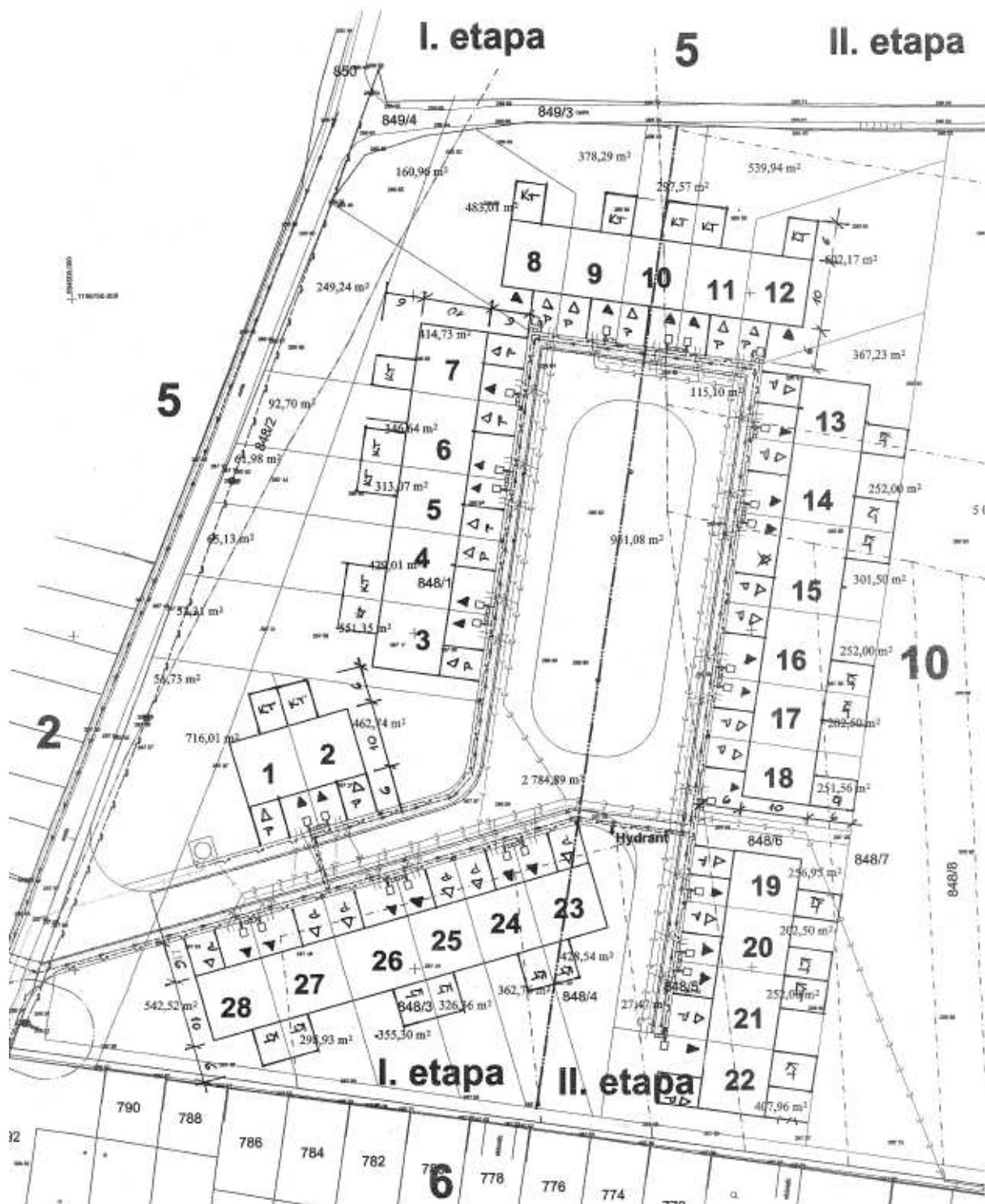
1.1. PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ

Název dokladu:	Architektonická studie
Obsah dokladu:	Základní půdorysy, schematický řez, situace a pohledy
Podklad vypracoval:	Ing. Radek Klíma
sídlo (ulice, PSČ, město):	Hřbitovní 634, 679 02 Rájec-Jestřebí
IČ:	-
tel.:	+420 602 702 514
e-mail:	radklima@centrum.cz
Název dokladu:	Informace od zadavatele
Obsah dokladu:	Základní informace o projektu výstavby RD v Rájci-Jestřebí
Podklad vypracoval:	Stanislav Kutáček
sídlo (ulice, PSČ, město):	-
IČ:	-
tel.:	+420 736 643 394
e-mail:	kutacek@mas-moravsky-kras.cz

2. STRUČNÝ POPIS PROJEKTU

Projekt řeší novostavbu souboru rodinných domů obci Rájec-Jestřebí. Jedná se celkem o 28 řadových rodinných domů postavených v šesti blocích, viz obr. 1.

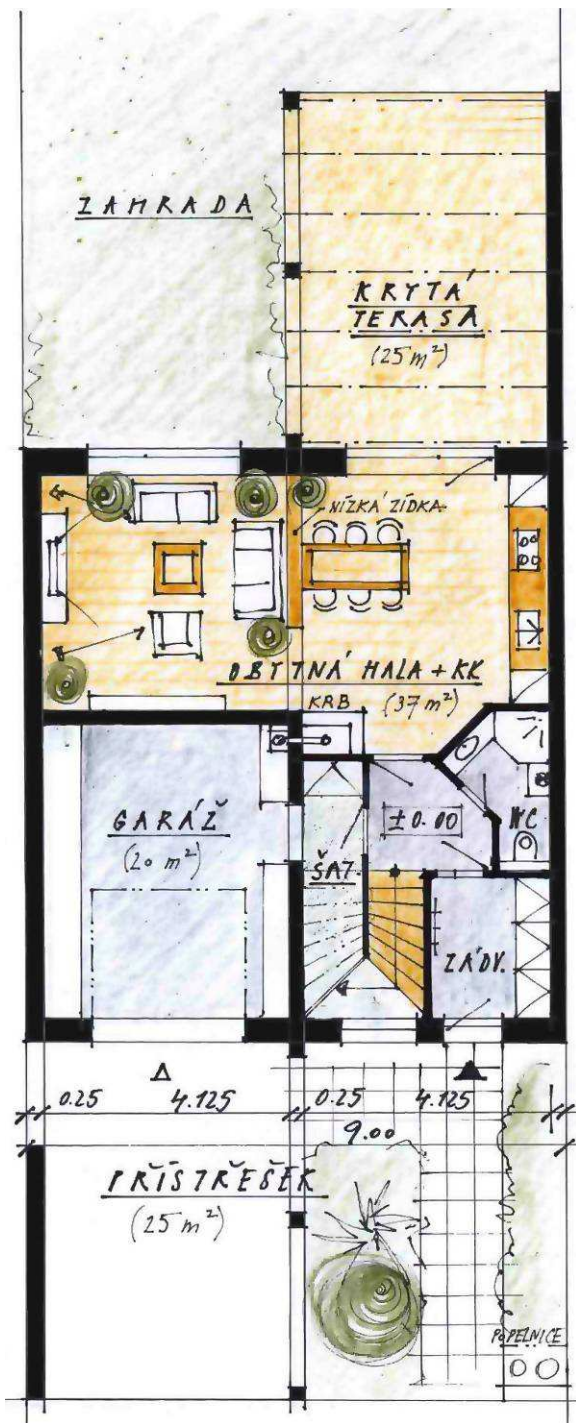
Veškeré následující výpočty jsou provedeny pro tři základní typy domů, které reprezentují celý obytný soubor. Jedná se o domy č. 3, 5 a 7, tedy o dvě koncové sekce a jednu středovou sekci. Základní půdorysný rozměr objektů byl zvolen stejný pro všechny varianty, a to 9 x 10 m (šířka x hloubka). Štítové stěny u koncových objektů jsou navrženy plné bez otvorových výplní.



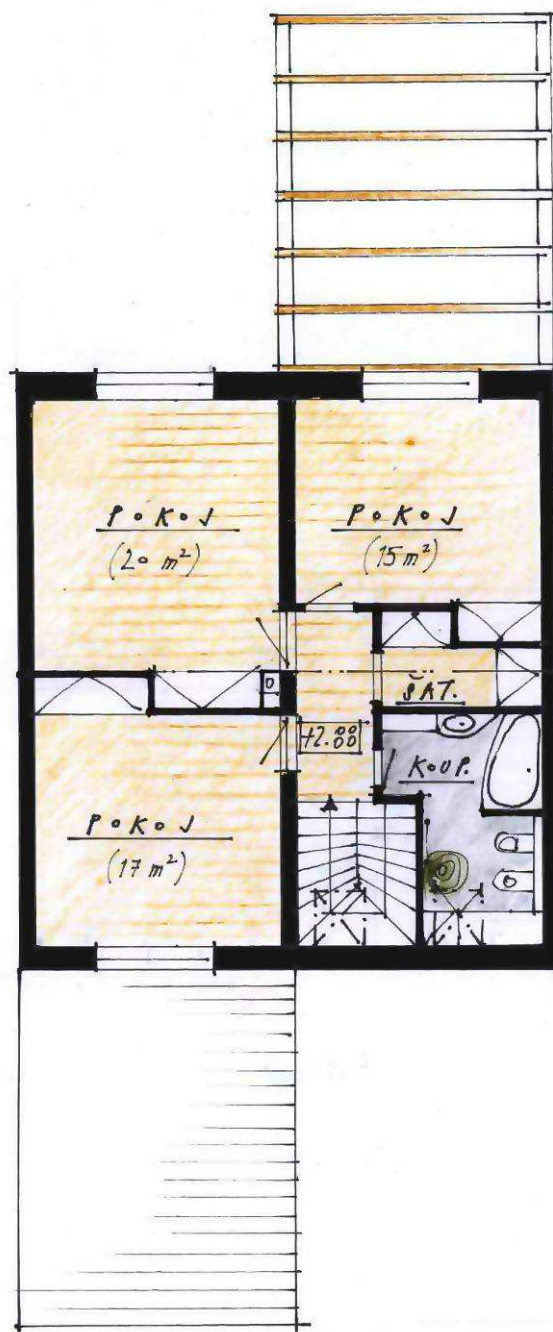
Obrázek 1. Situační schéma. Zdroj: Projektová dokumentace.

V každém objektu se nachází jedna samostatné bytová jednotka. Pro účely studie jsou v každém řadovém rodinném domě uvažovány 4 trvale žijící osoby. Garáže jsou uvažovány jako nevytápěné, zbytek objektů je vytápěný.

Všechny následné výpočty energetické bilance vycházejí z poskytnuté výkresové dokumentace a konzultace s objednatel.



Obrázek 2. Půdorys 1. NP. Zdroj: Projektová dokumentace.



Obrázek 3. Půdorys 2. NP. Zdroj: Projektová dokumentace.

3. HODNOCENÉ VARIANTY

Energeticko-ekonomická optimalizace bude zpracována pro budovy 3, 5 a 7, které reprezentují tři základní modely objektů řadových RD v zástavbě.

Pro každou modelovou budovu bude sestaven optimalizační model v následujících variantách:

- V1A – Výchozí varianta. Konstrukce požadované normou, větrání okny, vytápění kotlem na ZP,
- V1B – Konstrukce požadované normou, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP,
- V1C – Konstrukce požadované normou, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP, solární systém pro přípravu teplé vody,
- V1D – Konstrukce požadované normou, větrání okny, vytápění tepelným čerpadlem země-voda,
- V2A – Konstrukce doporučené normou, větrání okny, vytápění kotlem na ZP,
- V2B – Konstrukce doporučené normou, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP,
- V2C – Konstrukce doporučené normou, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP, solární systém pro přípravu teplé vody,
- V2D – Konstrukce doporučené normou, větrání okny, vytápění tepelným čerpadlem země-voda,
- V3A – Nadstandardní konstrukce, větrání okny, vytápění kotlem na ZP,
- V3B – Nadstandardní konstrukce, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP,
- V3C – Nadstandardní konstrukce, strojní větrání s rekuperací, vytápění kotlem na ZP, solární systém pro přípravu teplé vody,
- V3D – Nadstandardní konstrukce, větrání okny, vytápění tepelným čerpadlem země-voda.

4. STAVEBNÍ ČÁST

Konstrukční řešení všech objektů je řešeno stejným způsobem. Je rozděleno do několika variant členěných na kategorie:

- konstrukce požadované normou – varianta V1
- konstrukce doporučené normou – varianta V2
- nadstandardní konstrukce (doporučené hodnoty pro nízkoenergetický či pasivní dům) – varianta V3

Pozn.: Normou se v tomto textu zpravidla míní tepelně technická norma ČSN 73 0450:2007.

Skladby obalových konstrukcí vycházejí ze základní koncepce objektu předané zadavatelem této studie. Jednotlivé výše uvedené kategorie konstrukcí se odlišují zpravidla tloušťkou tepelné izolace použité ve skladbě.

Dle předaných informací bude objekt postaven zděnou technologií (ve studii je uvažováno zdivo typu dutinových cihelných bloků, např. typu Porotherm, Heluz apod.), stropy budou skládané (systém nosníků a keramických vložek) a střecha bude dřevěné konstrukce.

4.1. NAVRŽENÉ PARAMETRY OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ

Jednotlivé výše popsané varianty se z hlediska obalových konstrukcí liší ve stupni zateplení. Níže jsou uvedeny konkrétní tloušťky tepelných izolací a parametry otvorových výplní pro jednotlivé varianty.

Pozn.: ve studii je uvažováno se zateplením obvodového pláště a nevytápěné garáže tepelnou izolací z expandovaného polystyrénu (EPS). Je možné, že v některých částech objektu bude nutné z požárních důvodů použít nehořlavou tepelnou izolaci, např. minerální vlákna. Tuto problematiku řeší „Požárně bezpečnostní řešení objektu“, které by mělo být standardně součástí projektové dokumentace.

4.1.1. VARIANTA V1 – KONSTRUKCE POŽADOVANÉ NORMOU

Všechny použité konstrukce jsou porovnány s požadavky a doporučeními normy ČSN 730540–2:2007 na hodnotu součinitele prostupu tepla.

Název konstrukce	Způsob a tloušťka zateplení	U [W/(m ² K)]
OP1 – Obvodová stěna	bez KZS	0,36
OP2 – Stěny vikýřů	180 mm MW	0,28
OP3 – Stěna ke garáži	60 mm EPS	0,44
OP4 – Stěna ke garáži sousedního objektu	60 mm EPS	0,35
OP5 – Štítová stěna (pouze u koncových objektů)	bez KZS	0,36
STR1 – Šikmá střecha	220 mm MW	0,23
STR2 – Strop pod půdou	220 mm MW	0,23
STR3 – Střecha vikýřů	220 mm MW	0,23
PDL1 – Podlaha na terénu	80 mm EPS	0,43
PDL2 – Strop garáže	bez KZS	0,58
OK1 – Okna	dvojsklo $U_w = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	1,20
OK2 – Střešní okna	dvojsklo $U_w = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	1,50
DV1 – Vstupní dveře	-	1,70
DV2 – Dveře do garáže	-	2,30

Tabulka 1. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 1.

4.1.2. VARIANTA V2 – KONSTRUKCE DOPORUČENÉ NORMOU

Všechny použité konstrukce jsou porovnány s požadavky a doporučeními normy ČSN 730540–2:2007 na hodnotu součinitele prostupu tepla.

Název konstrukce	Způsob a tloušťka zateplení	U [W/(m ² K)]
OP1 – Obvodová stěna	120 mm EPS	0,25
OP2 – Stěny vikýřů	260 mm MW	0,19
OP3 – Stěna ke garáži	80 mm EPS	0,36
OP4 – Stěna ke garáži sousedního objektu	80 mm EPS	0,30
OP5 – Štítová stěna (pouze u koncových objektů)	120 mm EPS	0,25
STR1 – Šikmá střecha	300 mm MW	0,16
STR2 – Strop pod půdou	300 mm MW	0,16
STR3 – Střecha vikýřů	300 mm MW	0,16
PDL1 – Podlaha na terénu	120 mm EPS	0,30
PDL2 – Strop garáže	60 mm EPS	0,31
OK1 – Okna	dvojsklo $U_w = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	1,20
OK2 – Střešní okna	dvojsklo $U_w = 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	1,10
DV1 – Vstupní dveře	-	1,20
DV2 – Dveře do garáže	-	2,00

Tabulka 2. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 2.

4.1.3. VARIANTA V3 – KONSTRUKCE NADSTANDARDNÍ

Všechny použité konstrukce jsou porovnány s požadavky a doporučeními normy ČSN 730540–2:2007 na hodnotu součinitele prostupu tepla.

Název konstrukce	Způsob a tloušťka zateplení	U [W/(m ² K)]
OP1 – Obvodová stěna	200 mm EPS	0,18
OP2 – Stěny vikýřů	320 mm MW	0,16
OP3 – Stěna ke garáži	120 mm EPS	0,26
OP4 – Stěna ke garáži sousedního objektu	120 mm EPS	0,23
OP5 – Štítová stěna (pouze u koncových objektů)	200 mm EPS	0,18
STR1 – Šikmá střecha	380 mm MW	0,13
STR2 – Strop pod půdou	380 mm MW	0,13
STR3 – Střecha vikýřů	380 mm MW	0,13
PDL1 – Podlaha na terénu	160 mm EPS	0,23
PDL2 – Strop garáže	120 mm EPS	0,21
OK1 – Okna	trojsklo $U_w = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,75
OK2 – Střešní okna	dvojsklo $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	0,80
DV1 – Vstupní dveře	-	0,80
DV2 – Dveře do garáže	-	1,70

Tabulka 3. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 3.

4.2. ROZDÍLY INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ KONSTRUKČNÍCH VARIANT

Hodnocení investičních nákladů není založeno na vyjádření jejich absolutní výše, ale jsou stanoveny rozdíly nákladů mezi jednotlivými variantami.

Jednotkové ceny stavebních materiálů jsou převzaty z ceníků výrobců (případně prodejců). V kalkulovaných cenách jsou dále započteny náklady na práci (se zohledněním pracnosti provádění jednotlivých navržených skladeb) jako procentuální část ceny stavebních materiálů.

V kalkulaci ceny stavebních prací není započtena sazba DPH.

V této studii mají zásadní vliv na celkové výsledky pouze rozdílové náklady pro jednotlivé varianty, proto je varianta V1 uvažována jako „nulová“, tj. investiční náklady jsou nulové.

	Rozdíl investiční nákladů [Kč]	Rozdíl investiční nákladů [Kč]	Rozdíl investiční nákladů [Kč]
	Objekt č. 3	Objekt č. 5	Objekt č. 7
V1	0	0	0
V2	174 046	133 086	172 996
V3	288 305	231 985	286 205

Tabulka 4. Rozdíl investičních nákladů – shrnutí. Referenční varianta je V1.

Uvedené ceny jsou pouze orientační a mohou se lišit od skutečnosti. Konkrétní investiční náklady na realizaci stavby by měly být vyčísleny na základě detailního rozpočtu, případně cenové nabídky alespoň několika firem a zavázány smlouvou o dílo.

4.3. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOVY

Vytápění řadových domů je navrženo dvěma základními způsoby. Prvním způsobem je vytápění jednotlivých domů kotli na zemní plyn (Varianta VA, VB a VC). Dále je pro vytápění uvažováno také tepelné čerpadlo typu země – voda (varianta VD).

Ostatní varianty se pak liší způsobem větrání objektu. Větrání je v základní variantě V1 a ve variantě s použitím tepelného čerpadla navrženo jako přirozené (větrání okny), v ostatních variantách je pak větrání uvažováno jako nucené strojní s rekuperací tepla.

Příprava teplé vody je navržena ve všech variantách pomocí akumulčního zásobníku. Zdrojem pro ohřev vody je buď elektrická vložka, solární systém (s případným dohřevem) či zdroj vytápění (tepelné čerpadlo).

Přehled jednotlivých variant je uveden v následující tabulce:

TZB	Zemní plyn (ZP)	ZP + nucené větrání s rekuperací	ZP + nucené větrání s rekuperací + SS TV	Tepelné čerpadlo
Varianta	VA	VB	VC	VD
Vytápění				
otopná soustava	teplovodní	teplovodní	teplovodní	teplovodní
účinnost OS	97%	97%	97%	97%
primární zdroj VYT	kondenzační kotel na ZP	kondenzační kotel na ZP	kondenzační kotel na ZP	tepelné čerpadlo země-voda
palivo	zemní plyn	zemní plyn	zemní plyn	OZE a elektřina
účinnost zdroje VYT	97 %	97 %	97 %	320 %
sekundární zdroj VYT	-	-	-	elektrokotel
palivo	-	-	-	elektřina
účinnost zdroje VYT	-	-	-	95 %
TV				
zdroj	elektrický zásobník	elektrický zásobník	solární systém	zdroj vytápění
palivo	elektřina	elektřina	OZE a elektřina	OZE a elektřina
účinnost zdroje TV	95 %	95 %	95 %	300 %
účinnost distribuce TV	90 %	90 %	90 %	90 %
sekundární zdroj TV	-	-	-	-
palivo	-	-	-	-
účinnost zdroje TV	-	-	-	-
Větrání	přirozené okny	nucené s rekuperací tepla	nucené s rekuperací tepla	přirozené okny
účinnost rekuperace	-	75 %	75 %	-

Tabulka 5. Přehled navrhovaných variant TZB.

Pozn. Výše uvedené účinnosti zdrojů jsou předpokládáné průměrné roční účinnosti. Nejsou to maximální účinnosti, které jsou uvažovány za ideálních podmínek (teplota, vlhkost, kvalita paliva apod.) a které většinou uvádějí výrobci či dodavatelé.

4.3.1. ROZDÍLY V INVESTIČNÍCH NÁKLADECH VARIANT TZB

Náklady na technické zařízení vycházejí ze skutečných cen výrobků na trhu a odhadů cen příslušenství a práce. Ceny mohou mít odchylku při volbě konkrétního dodavatele či výrobce. Výslednou sumu je nutno brát proto s rezervou a počítat s určitou nepřesností.

Pro optimalizaci projektu jsou pro jednotlivé varianty systémů TZB potřebné pouze rozdílové náklady na jednotlivé varianty.

V investičních nákladech na TZB nebylo započteno DPH.

	Rozdíl investiční nákladů [Kč]	Rozdíl investiční nákladů [Kč]	Rozdíl investiční nákladů [Kč]
	Objekt č. 3	Objekt č. 5	Objekt č. 7
VA	0	0	0
VB	100 000	100 000	100 000
VC	200 000	200 000	200 000
VD	140 000	140 000	140 000

Tabulka 6. Přehled investičních nákladů pro navrhované varianty TZB.

5. ENERGETICKÁ BILANCE

5.1. POSOUZENÍ OBJEKTU DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 0540

Od 1. května 2007 platí revidovaná česká technická norma ČSN 730540-2:2007. Oproti původní normě se hodnocení stavebně energetických vlastností budovy zjednodušuje na hodnocení prostupu tepla obálkou budovy prostřednictvím průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} . Energetický štítek budovy se mění na energetický štítek obálky budovy a klasifikace se upravuje podle metodiky platné pro energetickou náročnost budovy.

Třídy prostupu obálkou budovy se klasifikují pomocí požadované normové hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,rq}$ a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$.

Aby budova splňovala požadavek ČSN 73 0540-2, musí mít klasifikační ukazatel $CI < 1$, tedy spadat do klasifikačních tříd A – C. Přičemž klasifikační třída A je vhodná pro pasivní domy, třída B pro nízkoenergetické domy, rozmezí tříd D a E odpovídá průměrnému stavu stavebního fondu ČR do roku 2006.

Objekt č. 3	Varianta	V1	V2	V3
Faktor tvaru budovy A/V	m^2/m^3	0,83	0,83	0,83
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rc}$	$W/(m^2K)$	0,36	0,36	0,36
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,rq}$	$W/(m^2K)$	0,48	0,48	0,48
Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$	$W/(m^2K)$	1,08	1,08	1,08
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	$W/(m^2K)$	0,48	0,36	0,26
Klasifikační ukazatel CI	-	1,00	0,75	0,54
Klasifikační třída		C2	C1	B
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující požadované úrovni	Vyhovující doporučné úrovni	Úsporná

Tabulka 7. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 3

Objekt č. 5	Varianta	V1	V2	V3
Faktor tvaru budovy A/V	m^2/m^3	0,74	0,74	0,74
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rc}$	$W/(m^2K)$	0,38	0,38	0,38
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,rq}$	$W/(m^2K)$	0,50	0,50	0,50
Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$	$W/(m^2K)$	1,10	1,10	1,10
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	$W/(m^2K)$	0,48	0,36	0,27
Klasifikační ukazatel CI	-	0,96	0,72	0,54
Klasifikační třída		C2	C1	B
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující požadované úrovni	Vyhovující doporučené úrovni	Úsporná

Tabulka 8. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 5

Objekt č. 7	Varianta	V1	V2	V3
Faktor tvaru budovy A/V	m^2/m^3	0,83	0,83	0,83
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rc}$	$W/(m^2K)$	0,36	0,36	0,36
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,rq}$	$W/(m^2K)$	0,48	0,48	0,48
Průměrný součinitel prostupu tepla stavebního fondu $U_{em,s}$	$W/(m^2K)$	1,08	1,08	1,08
Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	$W/(m^2K)$	0,48	0,36	0,26
Klasifikační ukazatel CI	-	1,00	0,75	0,54
Klasifikační třída		C2	C1	B
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující požadované úrovni	Vyhovující doporučené úrovni	Úsporná

Tabulka 9. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 7

5.2. TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU

Objekty jsou modelovány pro níže uvedené parametry za předpokladu přirozeného větrání i nuceného strojního větrání s rekuperací tepla. Důvodem jsou různé alternativy větrání pro jednotlivé varianty TZB.

Nucené větrání je navrženo jako rovnotlaké, s přívodem čerstvého vzduchu 25 m³/h na osobu. Přirozené větrání infiltrací je navrženo s předpokládanou násobností výměny vzduchu $n = 0,3/h$.

Tepelná ztráta byla stanovena pro průměrnou vnitřní výpočtovou teplotu 20 °C a vnější výpočtovou teplotu -15°C.

Tepelná ztráta objektů – přirozené větrání

Varianta		V1	V2	V3
Objekt č. 3	(kW)	7,4	5,8	4,6
Objekt č. 5	(kW)	6,7	5,4	4,3
Objekt č. 7	(kW)	7,4	5,8	4,6

Tabulka 10. Tepelná ztráta jednotlivých objektů, přirozené větrání

Tepelná ztráta objektů – nucené větrání s rekuperací

Varianta		V1	V2	V3
Objekt č. 3	(kW)	6,7	5,2	4,0
Objekt č. 5	(kW)	6,1	4,8	3,7
Objekt č. 7	(kW)	6,8	5,2	4,0

Tabulka 11. Tepelná ztráta jednotlivých objektů, nucené větrání s rekuperací

5.3. POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ DLE ČSN EN ISO 13790

Potřeba tepla na vytápění závisí na tepelné ztrátě objektu, která zahrnuje tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním. Do výpočtu roční potřeby tepla na vytápění je dále zahrnuto využití solárních a vnitřních tepelných zisků.

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden dle normy ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění a norem souvisejících.

Objekt č. 3

Přirozené větrání

		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	13 324	9 538	6 951
	(GJ/rok)	48,0	34,3	25,0
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	98	70	51

Tabulka 12. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 3.

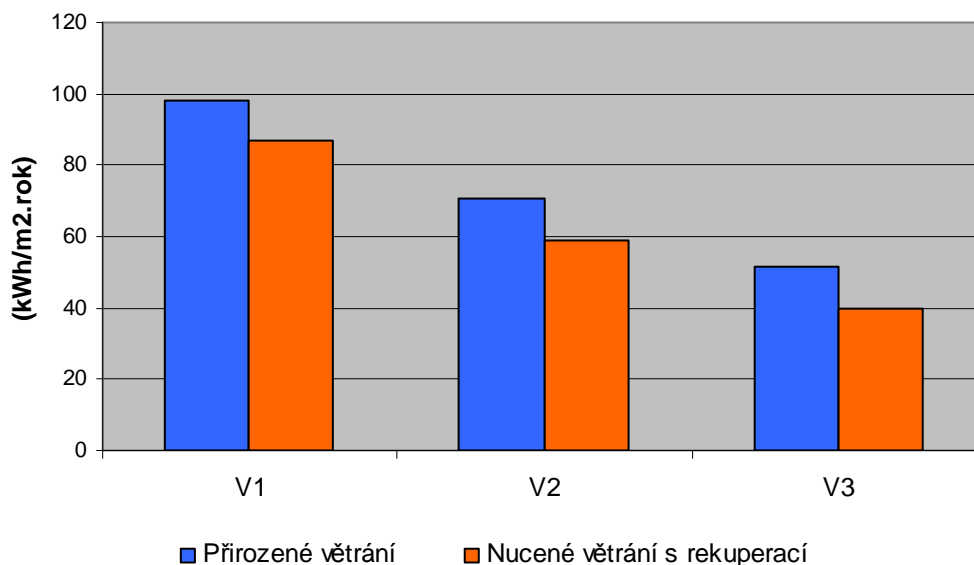
Objekt č. 3

Nucené větrání s rekuperací

		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	11 740	7 997	5 417
	(GJ/rok)	42,3	28,8	19,5
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	87	59	40

Tabulka 13. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 3.

Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m².rok) Objekt č. 3



Obrázek 4. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 3.

Objekt č. 5

Přirozené větrání

		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	11 555	8 346	6 113
	(GJ/rok)	41,6	30,0	22,0
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	85	62	45

Tabulka 14. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 5.

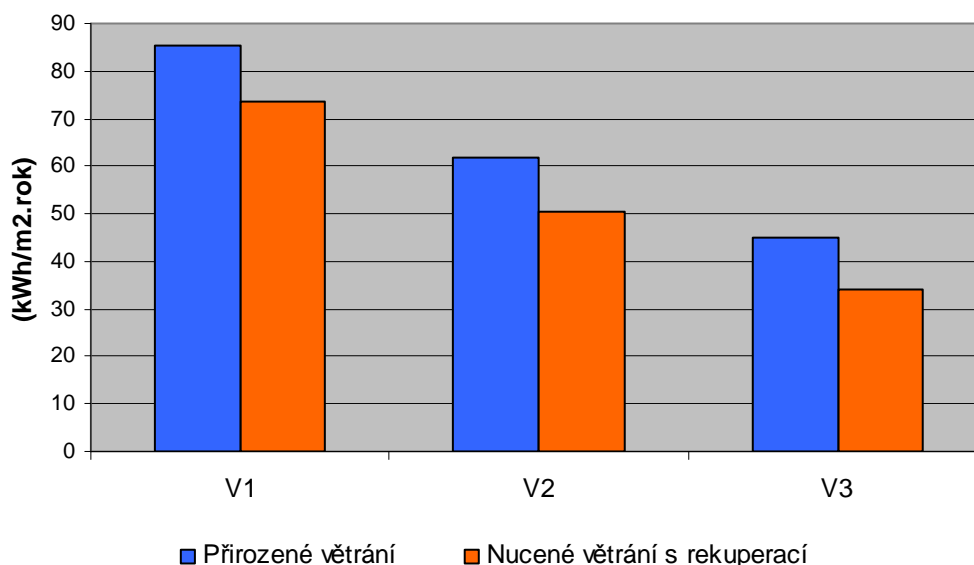
Objekt č. 5

Nucené větrání s rekuperací

		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	9 986	6 826	4 613
	(GJ/rok)	35,9	24,6	16,6
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	74	50	34

Tabulka 15. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 5.

Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m².rok) Objekt č. 5



Obrázek 5. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 5.

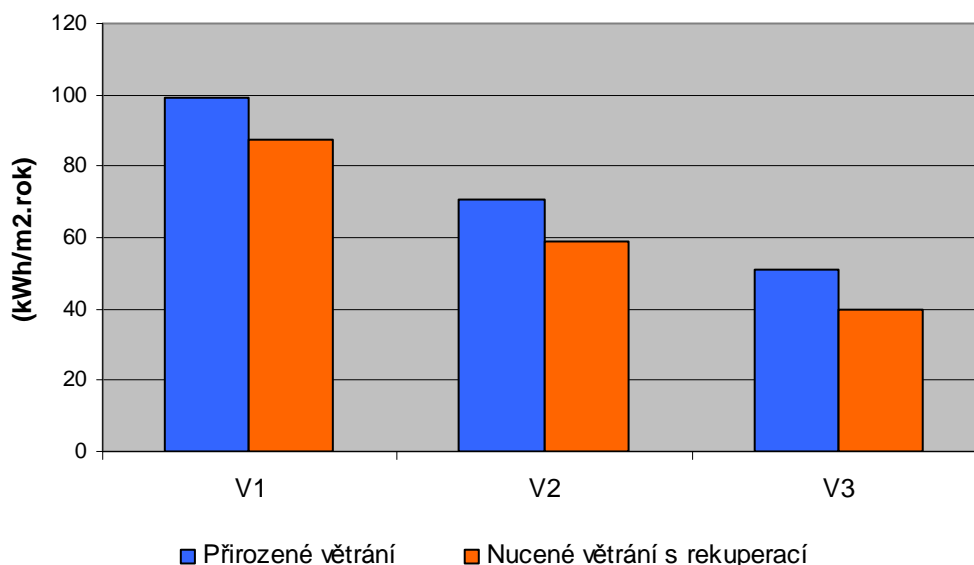
Objekt č. 7				
Přirozené větrání		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	13 444	9 543	6 936
	(GJ/rok)	48,4	34,4	25,0
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	99	70	51

Tabulka 16. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 7.

Objekt č. 7				
Nucené větrání s rekuperací		V1	V2	V3
Potřeba tepla na vytápění	(kWh/rok)	11 860	8 002	5 405
	(GJ/rok)	42,7	28,8	19,5
Podlahová plocha*	(m ²)	135,4	135,4	135,4
Měrná potřeba tepla na vytápění**	(kWh/m²rok)	88	59	40

Tabulka 17. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 7.

Měrná potřeba tepla na vytápění (kWh/m².rok) Objekt č. 7



Obrázek 6. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 7.

*Pozn.: Podlahová plocha – celková vnitřní podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřní stranou vnějších stěn, bez neobývaných sklepů a oddělených nevytápěných prostor (zákon č. 406/2006 Sb., § 2, písm. p)

**Pozn.: Měrná potřeba tepla na vytápění - Jedná se o čistou výpočtovou potřebu tepla na vytápění bez vlivu účinnosti otopné soustavy a zdroje tepla. Měrná potřeba tepla na vytápění je charakteristické číslo budovy, které nezahrnuje způsob vytápění a přípravy TV apod.

5.4. POTŘEBA ENERGIE NA TV

Potřeba energie na přípravu teplé vody (TV) byla vypočtena pro trvalý pobyt 4 osob. Norma počítá se spotřebou 82 l teplé vody na osobu a den. Skutečná průměrná spotřeba však v současné době činí cca 40 – 50 l teplé vody na osobu a den. Níže uvažujeme se spotřebou 50 l/os.den.

Potřeba TV – pro všechny varianty		
Počet osob	-	4
Měrná potřeba energie na TV	(kWh/den)	2,32
Potřeba energie na TV	(kWh/rok)	3 387

Tabulka 18. Potřeba energie na přípravu TV

5.5. POTŘEBA ENERGIE NA DOMÁCÍ SPOTŘEBIČE

Do celkové energetické bilance jsou také zahrnuty spotřeby domácích spotřebičů. Jsou uvažovány typické moderní spotřebiče v běžné domácnosti.

Spotřebič	spotřeba [kWh/rok]
domácí spotřebiče	3 008
spotřeba VZT	1 229

Tabulka 19. Potřeba energie na domácí spotřebiče

Kromě domácích spotřebičů byla do energetické bilance zahrnuta také spotřeba elektrické energie na provoz systému vzduchotechniky.

6. VYHODNOCENÍ DLE VYHLÁŠKY 148/2007 SB.

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je podle novely energetického zákona (177/2006 Sb.) od 1. 1. 2009 povinnou součástí dokumentace při výstavbě nových budov, dále při energeticky významných změnách stávajících budov s podlahovou plochou nad 1000 m², a také při prodeji nebo nájmu těchto budov nebo jejich částí. Průkaz energetické náročnosti budovy hodnotí budovu z hlediska všech energií, které do budovy vstupují - tedy z hlediska energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, větrání a osvětlení.

Varianta		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D
Objekt č. 3	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	140	128	114	52	109	98	83	42
	Zatřídění	C	C	C	B	C	C	B	A
Objekt č. 5	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	125	114	100	47	99	88	74	38
	Zatřídění	C	C	C	A	C	B	B	A
Objekt č. 7	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	141	129	115	53	109	98	83	42
	Zatřídění	C	C	C	B	C	C	B	A

Tabulka 20. Vyhodnocení dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. – část 1.

Varianta		V3A	V3B	V3C	V3D
Objekt č. 3	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	88	77	62	34
	Zatřídění	B	B	B	A
Objekt č. 5	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	81	70	55	32
	Zatřídění	B	B	B	A
Objekt č. 7	Celková roční dodaná energie EP (kWh/m ²)	88	76	62	34
	Zatřídění	B	B	B	A

Tabulka 21. Vyhodnocení dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. – část 2.

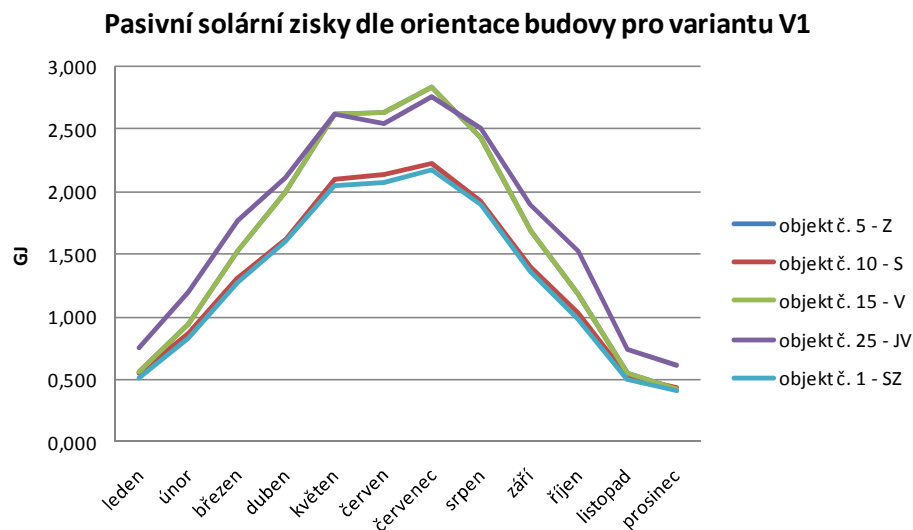
7. VYHODNOCENÍ PASIVNÍCH SOLÁRNÍCH ZISKŮ

Pasivní solární zisky byly vyhodnoceny pro objekty 5, 10, 15, 25 a 1, tedy pro všechny orientace středového objektu ke světovým stranám. Výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách a grafech.

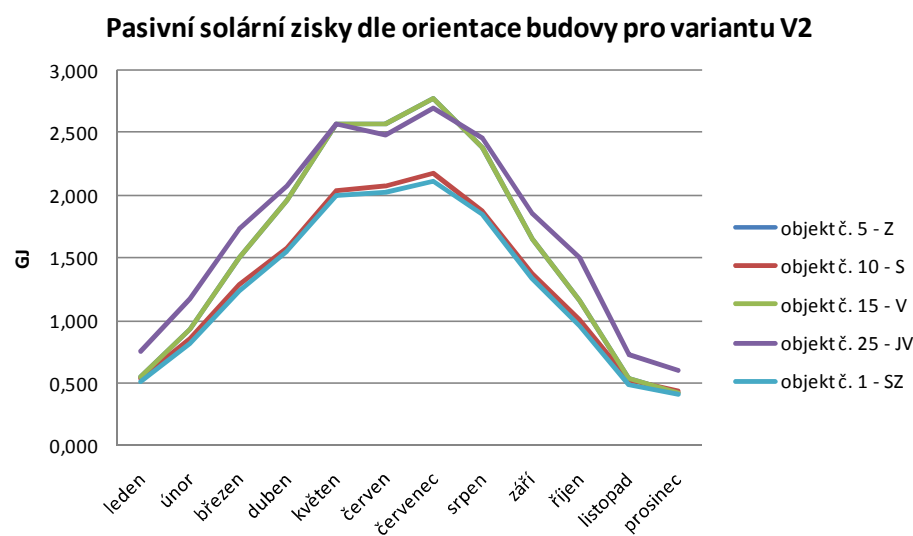
Pasivní solární zisky dle orientace budovy (GJ)															
Objekt č. / orientace*	5 – západ			10 – sever			15 – východ			25 – jihovýchod			1 – severozápad		
Varianta	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Leden	0,565	0,556	0,421	0,548	0,539	0,409	0,565	0,556	0,421	0,759	0,750	0,567	0,517	0,508	0,386
Únor	0,942	0,926	0,703	0,870	0,854	0,649	0,942	0,926	0,703	1,194	1,178	0,891	0,830	0,815	0,620
Březen	1,528	1,499	1,140	1,314	1,285	0,981	1,528	1,499	1,140	1,767	1,737	1,319	1,270	1,240	0,947
Duben	2,000	1,959	1,493	1,618	1,576	1,207	2,000	1,959	1,493	2,114	2,073	1,578	1,600	1,559	1,194
Květen	2,623	2,567	1,957	2,094	2,038	1,563	2,623	2,567	1,957	2,621	2,564	1,956	2,052	1,996	1,532
Červen	2,629	2,573	1,962	2,133	2,076	1,592	2,629	2,573	1,962	2,538	2,481	1,894	2,074	2,018	1,548
Červenec	2,837	2,775	2,117	2,231	2,170	1,665	2,837	2,775	2,117	2,762	2,700	2,061	2,172	2,111	1,621
Srpen	2,435	2,384	1,817	1,919	1,868	1,432	2,435	2,384	1,817	2,512	2,461	1,875	1,898	1,847	1,416
Září	1,693	1,658	1,263	1,405	1,371	1,049	1,693	1,658	1,263	1,896	1,862	1,415	1,369	1,335	1,022
Říjen	1,180	1,157	0,881	1,035	1,012	0,773	1,180	1,157	0,881	1,525	1,502	1,138	0,982	0,959	0,733
Listopad	0,551	0,541	0,411	0,531	0,520	0,396	0,551	0,541	0,411	0,746	0,735	0,557	0,503	0,493	0,376
Prosinec	0,428	0,421	0,319	0,440	0,433	0,328	0,428	0,421	0,319	0,609	0,602	0,455	0,413	0,406	0,308
CELKEM	19,411	19,016	14,484	16,138	15,742	12,044	19,411	19,016	14,484	21,043	20,645	15,706	15,680	15,287	11,703

Tabulka 22. Vyhodnocení pasivních solárních zisků (GJ).

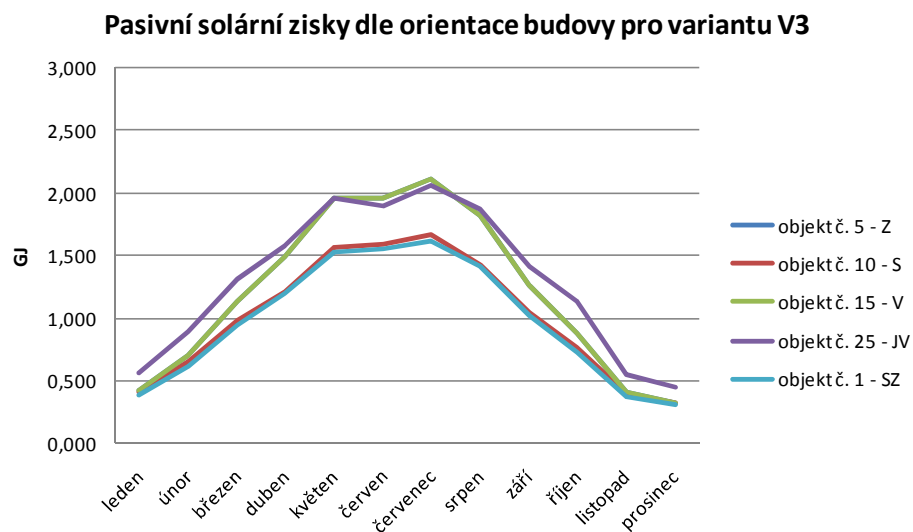
*Pozn.: Uvedena je orientace hlavní prosklené fasády objektu (fasáda do zahrady).



Obrázek 7. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V1.



Obrázek 8. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V2.



Obrázek 9. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V3.

Potřeba tepla na vytápění dle orientace budovy (kWh/m ² .rok)															
Varianta	V1					V2					V3				
Objekt č. / orientace*	5 - Z	10 - S	15 - V	25 - JV	1 - SZ	5 - Z	10 - S	15 - V	25 - JV	1 - SZ	5 - Z	10 - S	15 - V	25 - JV	1 - SZ
Potřeba tepla na vytápění	85	87	85	82	88	62	63	62	59	64	45	46	45	43	47

Tabulka 23. Vyhodnocení pasivních solárních zisků – vliv na potřebu tepla na vytápění (kWh/m².rok).

*Pozn.: Uvedena je orientace hlavní prosklené fasády objektu (fasáda do zahrady).

Měrné potřeby tepla na vytápění jsou pro různé orientace středového objektu srovnatelné (odchylka max. cca 3,5 % od v optimalizaci posuzovaného objektu č. 5). Pasivní solární zisky tedy mají pro daný typ objektu poměrně malý význam. Zjednodušením optimalizace projektu na objekty 3, 5 a 7 nebudou výsledky zásadním způsobem ovlivněny.

8. INVESTIČNÍ NÁKLADY – POROVNÁNÍ

Z následující tabulky lze vyčíst rozdíly investičních nákladů mezi jednotlivými variantami.

Varianta		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D	V3A	V3B	V3C	V3D
Dům č. 3	Rozdíl investičních nákladů – konstrukce (Kč)	0	0	0	0	174 046	174 046	174 046	174 046	288 305	288 305	288 305	288 305
	Rozdíl investičních nákladů – TZB (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	174 046	274 046	374 046	314 046	288 305	388 305	488 305	428 305
Dům č. 5	Rozdíl investičních nákladů – konstrukce (Kč)	0	0	0	0	133 086	133 086	133 086	133 086	231 985	231 985	231 985	231 985
	Rozdíl investičních nákladů – TZB (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	133 086	233 086	333 086	273 086	231 985	331 985	431 985	371 985
Dům č. 7	Rozdíl investičních nákladů – konstrukce (Kč)	0	0	0	0	172 996	172 996	172 996	172 996	286 205	286 205	286 205	286 205
	Rozdíl investičních nákladů – TZB (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000	0	100 000	200 000	140 000
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	172 996	272 996	372 996	312 996	286 205	386 205	486 205	426 205

Tabulka 24. Celkové investiční náklady – rozdíly mezi variantami.

Pozn.: Rozdílové náklady v oblasti konstrukcí i TZB jsou vztaženy k základní variantě V1.

9. OBJEKT Č. 3

9.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 3

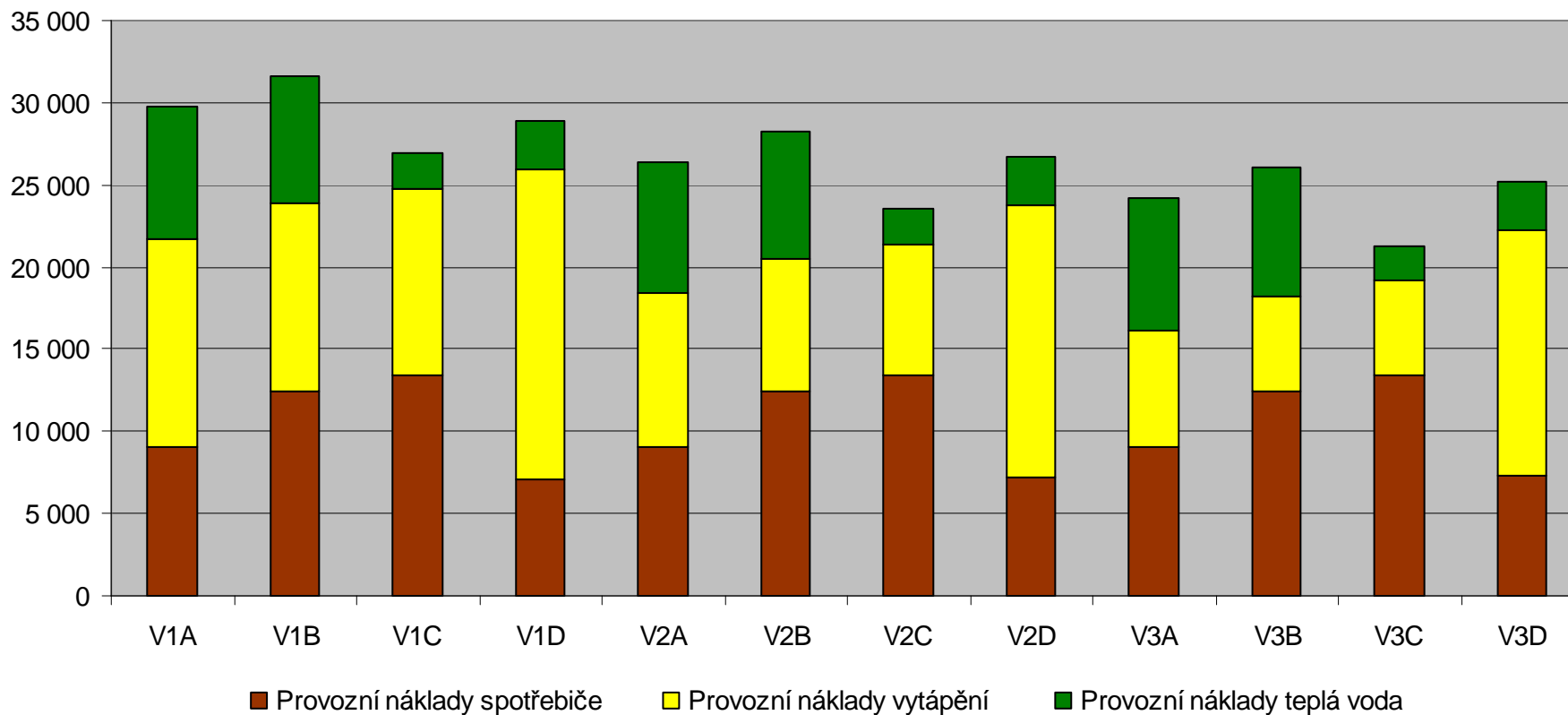
Celkové provozní náklady – Objekt č. 3		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 109	9 032	12 435	13 370	7 202
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	12 692	11 434	11 434	18 869	9 341	8 012	8 012	16 545
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	2 921	8 067	7 798	2 134	2 960
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	29 791	31 667	26 938	28 899	26 440	28 245	23 516	26 707
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	35 749	38 000	32 326	34 678	31 728	33 894	28 219	32 048

Tabulka 25. Celkové provozní náklady – Objekt č. 3, část 1

Celkové provozní náklady – Objekt č. 3		V3A	V3B	V3C	V3D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 277
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	7 110	5 787	5 787	14 941
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	2 991
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	24 209	26 020	21 291	25 209
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	29 050	31 224	25 549	30 251

Tabulka 26. Celkové provozní náklady – Objekt č. 3, část 2

Provozní náklady bez DPH (Kč/rok) členěné: Spotřebiče - Vytápění - Teplá voda



Obrázek 10. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 3

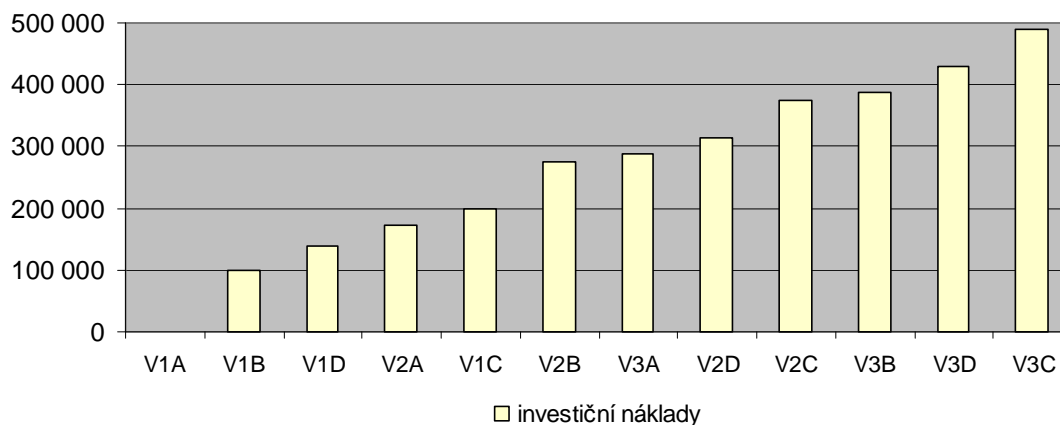
9.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 3

Meziroční zvyšování cen energií je předpokládáno 4% a diskont 3%. Nárůst cen technologií je předpokládán 2 % ročně. Grafy popisující DCF pro každou variantu jsou v příloze 1.

9.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 3

Z hlediska investičních nákladů je nejlevnější základní stavební řešení objektu - varianta V1 v kombinaci s vytápěním kondenzačním kotlem na zemní plyn – varianta VA. Na druhé straně mezi nejdražší varianty patří alternativa V3D, tedy nejmasivnější zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním a přípravou teplé vody tepelným čerpadlem země – voda a alternativa V3C, tedy rovněž největší zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním plynovým kotlem, nuceným větráním s rekuperací a solárním systémem pro přípravu teplé vody.

Rozdíly investičních nákladů

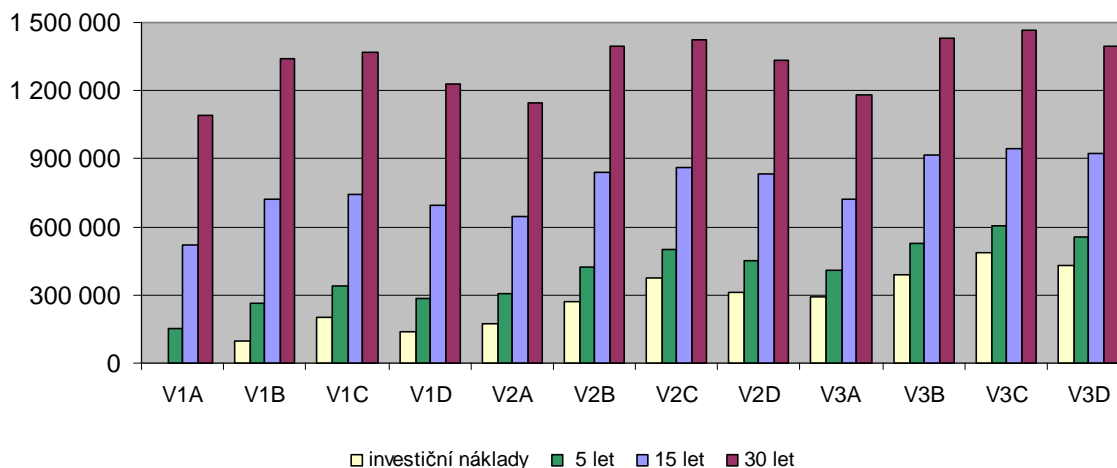


Obrázek 11. Investiční náklady, objekt č. 3 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.

9.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 3

Obrázek 12 zobrazuje počáteční rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF pro všechny varianty v různých obdobích užívání objektu. Varianty jsou v grafu seřazeny podle názvů.

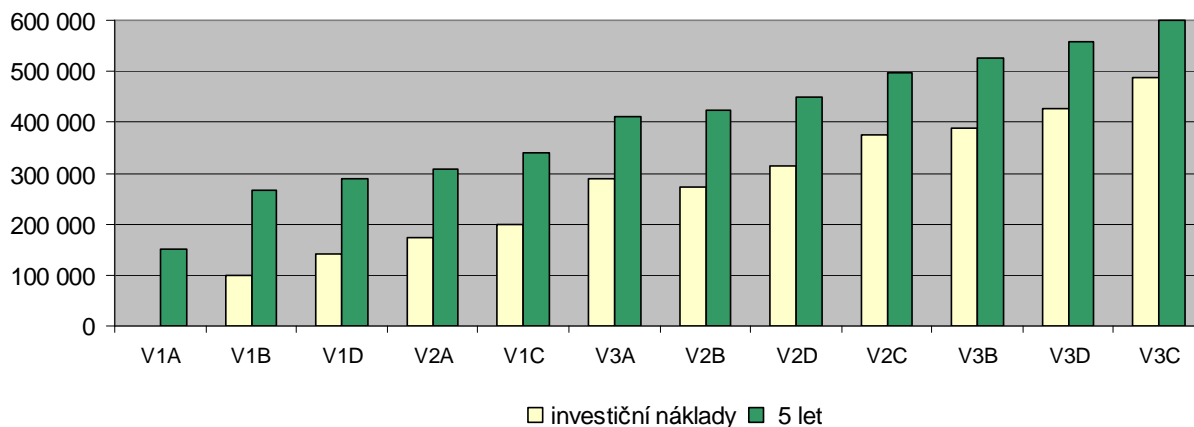
Rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF



Obrázek 12. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle názvů variant.

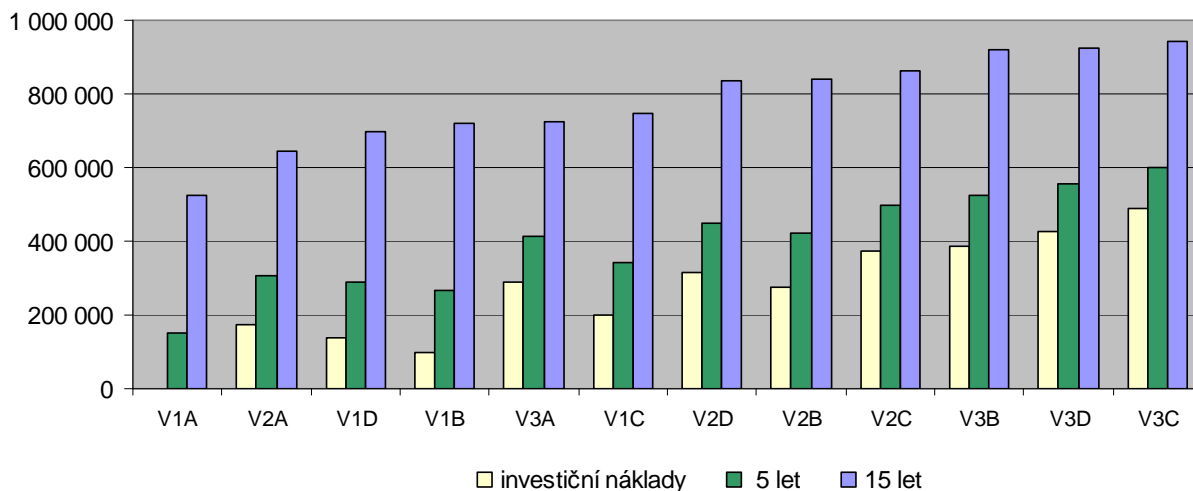
9.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 3

Kumulovaný DCF - 5 let



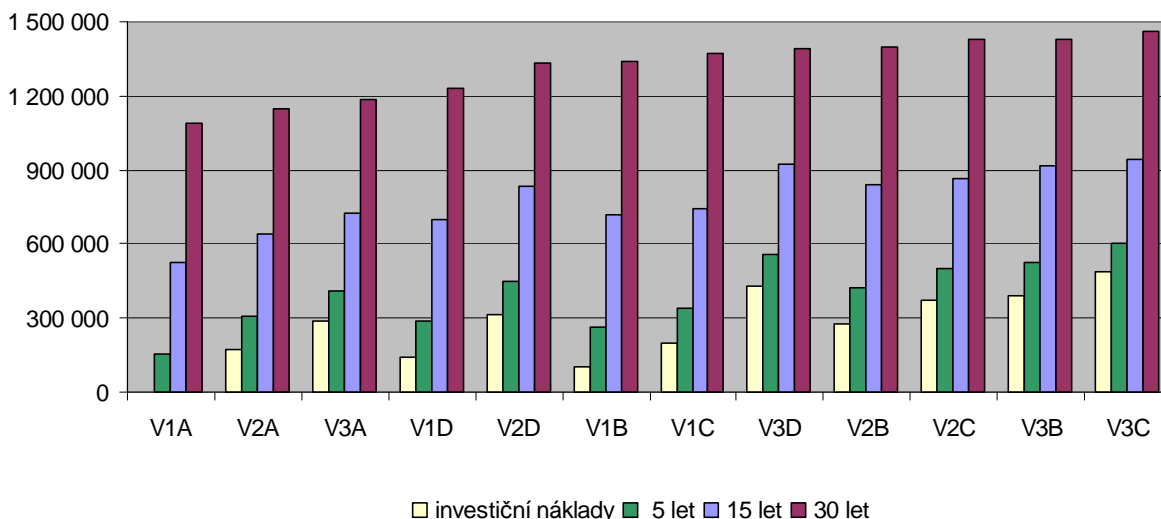
Obrázek 13. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 5 letech.

Kumulovaný DCF - 15 let



Obrázek 14. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 15 letech.

Kumulovaný DCF - 30 let



Obrázek 15. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 30 letech.

Z výše uvedených grafů vyplývá, že po celou dobu hodnocení (30let) se pořadí jednotlivých variant příliš nemění. Jako nejlevnější varianta vychází i na konci sledovaného období varianta V1A, tedy varianta s nejnižšími investičními náklady. Úspora v nákladech na provoz objektu tedy nepřevážila nad úsporou v počáteční investici.

Na druhou stranu však rozdíl mezi prvními dvěma variantami V1A a V2A (kde V2A představuje zateplený objekt se stejným zdrojem tepla) je pouze necelých 60 tis. Kč. Je tedy zřejmé, že v dlouhodobějším výhledu by se varianta V2A dostala do čela žebříčku.

Dále lze z ostatních výsledků vysledovat trend, kdy se do popředí posouvá varianta V3A. Z výše uvedeného vyplývá, že pro uvedený typ objektu je ekonomicky efektivnější případné snižování tepelné ztráty objektu a ponechání daného zdroje tepla (kotel na zemní plyn).

Jako celkově nejdražší varianty vycházejí alternativy V3B a V3C, kde je navržen kromě masivního zateplení také větrací systém s rekuperací tepla a v případě varianty V3C také solární systém.

10. OBJEKT Č. 5

10.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 5

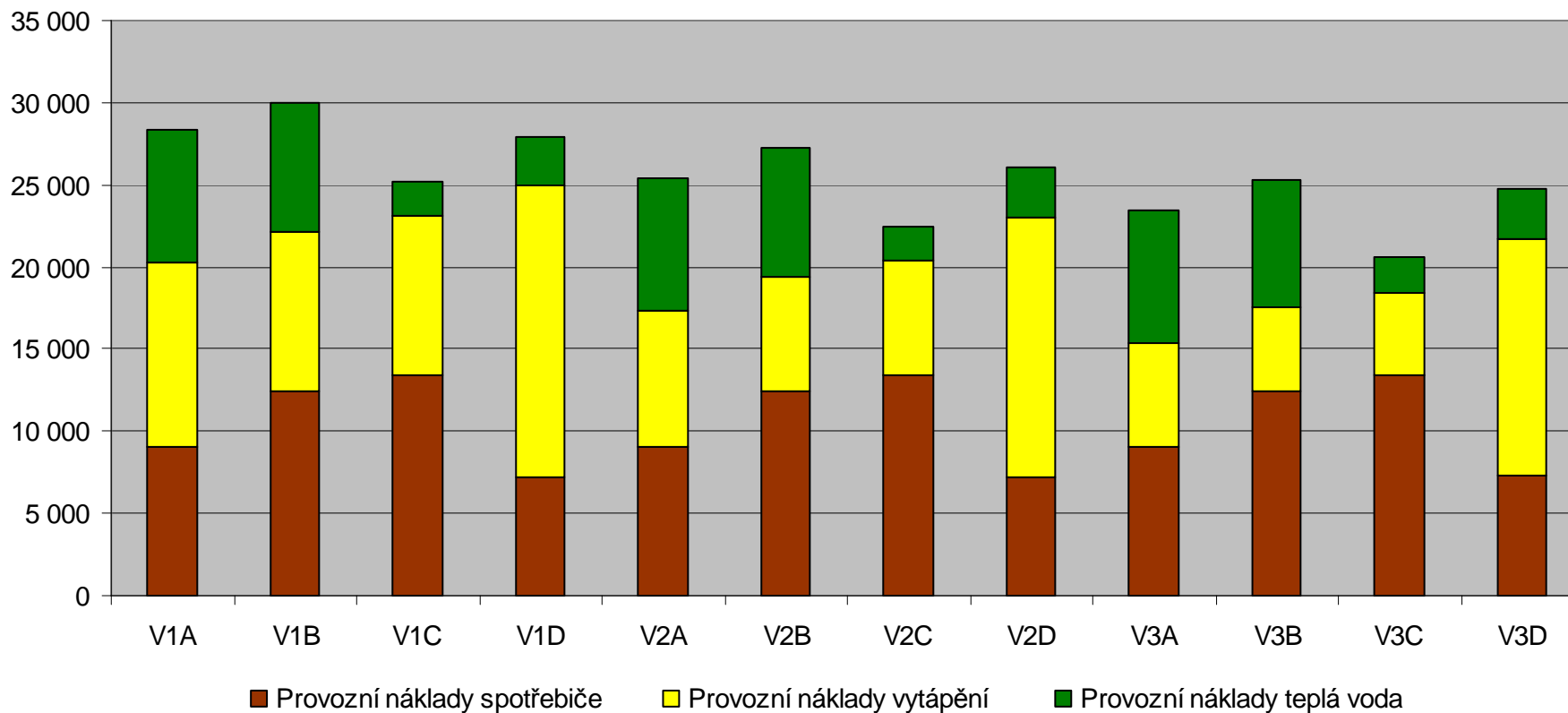
Celkové provozní náklady – Objekt č. 3		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 150	9 032	12 435	13 370	7 235
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	11 287	9 727	9 727	17 786	8 313	7 002	7 002	15 808
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	2 939	8 067	7 798	2 134	2 974
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	28 386	29 960	25 232	27 875	25 412	27 235	22 506	26 017
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	34 063	35 953	30 278	33 449	30 494	32 682	27 008	31 220

Tabulka 27. Celkové provozní náklady – Objekt č. 5, část 1

Celkové provozní náklady – Objekt č. 3		V3A	V3B	V3C	V3D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 303
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	6 387	5 093	5 093	14 418
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	3 002
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	23 486	25 326	20 598	24 724
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	28 183	30 392	24 717	29 669

Tabulka 28. Celkové provozní náklady – Objekt č. 5, část 2

Provozní náklady bez DPH (Kč/rok) členěné: Spotřebiče - Vytápění - Teplá voda



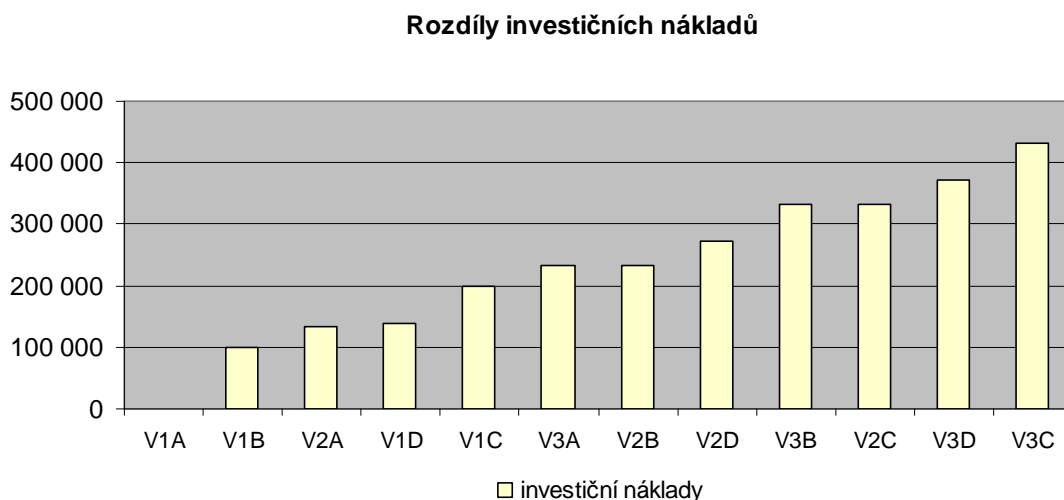
Obrázek 16. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 5

10.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 5

Meziroční zvyšování cen energií je předpokládáno 4% a diskont 3%. Nárůst cen technologií je předpokládán 2 % ročně. Grafy popisující DCF pro každou variantu jsou v příloze 1.

10.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 5

Z hlediska investičních nákladů je nejlevnější základní stavební řešení objektu - varianta V1 v kombinaci s vytápěním kondenzačním kotlem na zemní plyn – varianta VA. Na druhé straně mezi nejdražší varianty patří alternativa V3D, tedy nejmasivnější zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním a přípravou teplé vody tepelným čerpadlem země – voda a alternativa V3C, tedy rovněž největší zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním plynovým kotlem, nuceným větráním s rekuperací a solárním systémem pro přípravu teplé vody.

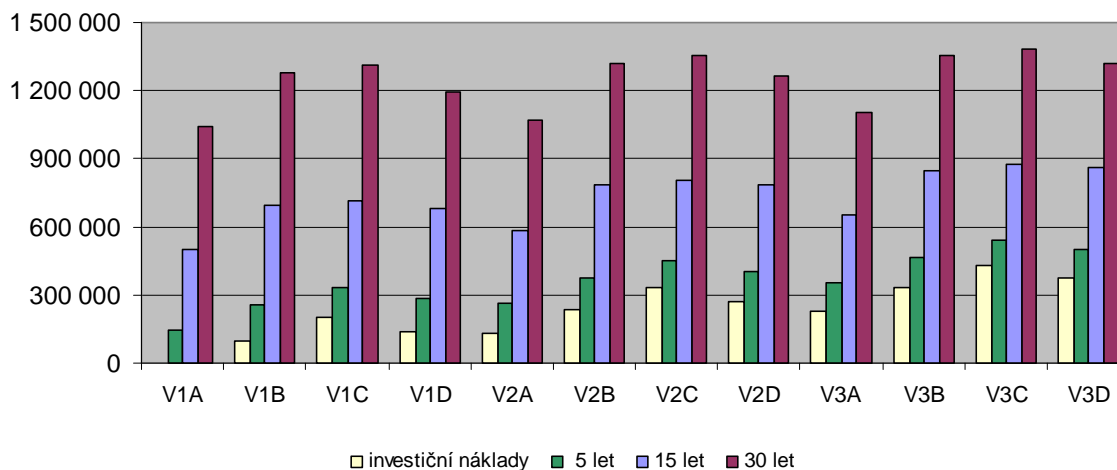


Obrázek 17. Investiční náklady, objekt č. 5 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.

10.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 5

Obrázek 18 zobrazuje počáteční rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF pro všechny varianty v různých obdobích užívání objektu. Varianty jsou v grafu seřazeny podle názvů.

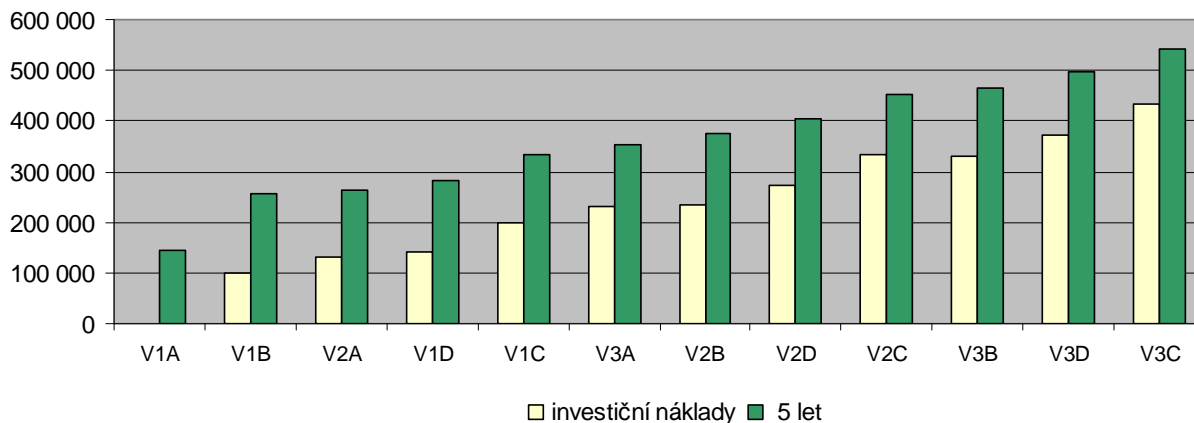
Rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF



Obrázek 18. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle názvů variant.

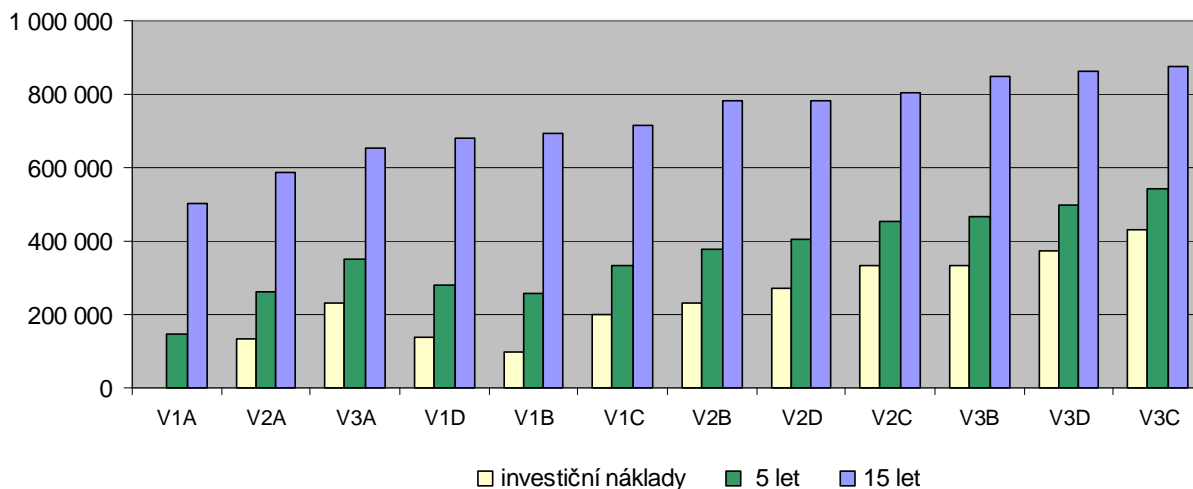
10.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 5

Kumulovaný DCF - 5 let



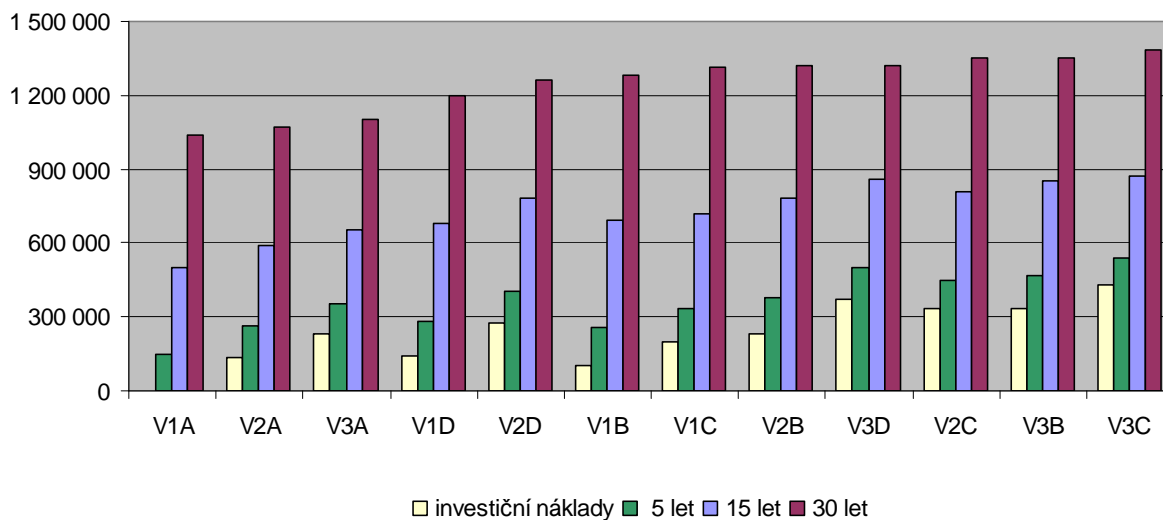
Obrázek 19. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 5 letech.

Kumulovaný DCF - 15 let



Obrázek 20. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 15 letech.

Kumulovaný DCF - 30 let



Obrázek 21. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 30 letech.

Z výše uvedených grafů vyplývá, že po celou dobu hodnocení (30let) se pořadí jednotlivých variant příliš nemění. Jako nejlevnější varianta vychází i na konci sledovaného období varianta V1A, tedy varianta s nejnižšími investičními náklady. Úspora v nákladech na provoz objektu tedy nepřevážila nad úsporou v počáteční investici.

Na druhou stranu však rozdíl mezi prvními dvěma variantami V1A a V2A (kde V2A představuje zateplený objekt se stejným zdrojem tepla) je pouze cca 30 tis. Kč. Je tedy zřejmé, že v dlouhodobějším výhledu by se varianta V2A dostala do čela žebříčku.

Dále lze z ostatních výsledků vysledovat trend, kdy se do popředí posouvá varianta V3A. Z výše uvedeného vyplývá, že pro uvedený typ objektu je ekonomicky efektivnější případné snižování tepelné ztráty objektu a ponechání daného zdroje tepla (kotel na zemní plyn).

Jako celkově nejdražší varianty vycházejí alternativy V3B a V3C, kde je navržen kromě masivního zateplení také větrací systém s rekuperací tepla a v případě varianty V3C také solární systém.

11. OBJEKT Č. 7

11.1. CELKOVÉ PROVOZNÍ NÁKLADY – OBJEKT Č. 7

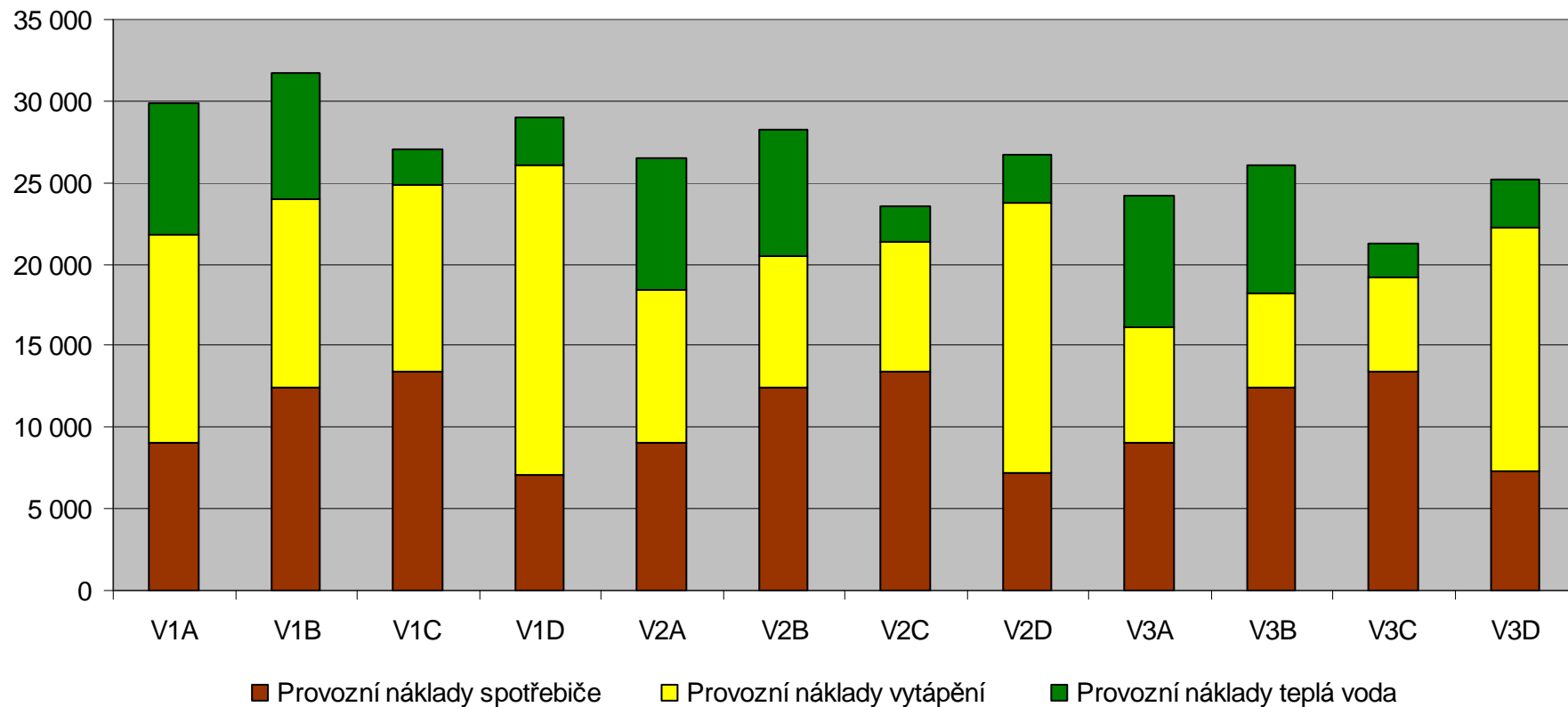
Celkové provozní náklady – Objekt č. 7		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 106	9 032	12 435	13 370	7 202
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	12 788	11 529	11 529	18 942	9 345	8 016	8 016	16 548
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	2 920	8 067	7 798	2 134	2 960
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	29 887	31 762	27 034	28 968	26 444	28 249	23 521	26 710
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	35 864	38 115	32 440	34 762	31 733	33 899	28 225	32 052

Tabulka 29. Celkové provozní náklady – Objekt č. 7, část 1.

Celkové provozní náklady – Objekt č. 7		V3A	V3B	V3C	V3D
Provozní náklady spotřebiče	Kč/rok	9 032	12 435	13 370	7 277
Provozní náklady vytápění	Kč/rok	7 097	5 777	5 777	14 932
Provozní náklady teplá voda	Kč/rok	8 067	7 798	2 134	2 992
Celkové provozní náklady bez DPH	Kč/rok	24 196	26 010	21 281	25 201
Celkové provozní náklady s DPH (20%)	Kč/rok	29 035	31 211	25 537	30 241

Tabulka 30. Celkové provozní náklady – Objekt č. 7, část 2.

Provozní náklady bez DPH (Kč/rok) členěné: Spotřebiče - Vytápění - Teplá voda



Obrázek 22. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 7

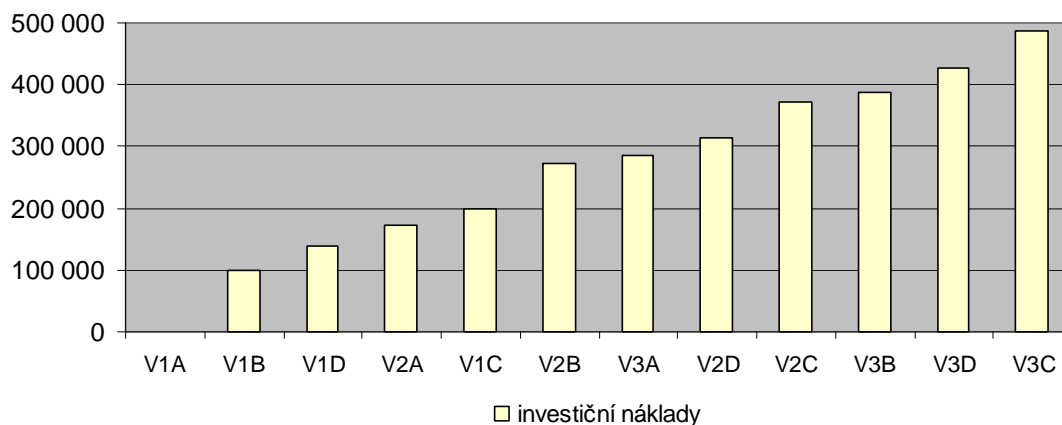
11.2. EKONOMIKA PROJEKTU – OBJEKT Č. 7

Meziroční zvyšování cen energií je předpokládáno 4% a diskont 3%. Nárůst cen technologií je předpokládán 2 % ročně. Grafy popisující DCF pro každou variantu jsou v příloze 1.

11.2.1. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ – OBJEKT Č. 7

Z hlediska investičních nákladů je nejlevnější základní stavební řešení objektu - varianta V1 v kombinaci s vytápěním kondenzačním kotlem na zemní plyn – varianta VA. Na druhé straně mezi nejdražší varianty patří alternativa V3D, tedy nejmasivnější zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním a přípravou teplé vody tepelným čerpadlem země – voda a alternativa V3C, tedy rovněž největší zateplení obálky budovy v kombinaci s vytápěním plynovým kotlem, nuceným větráním s rekuperací a solárním systémem pro přípravu teplé vody.

Rozdíly investičních nákladů

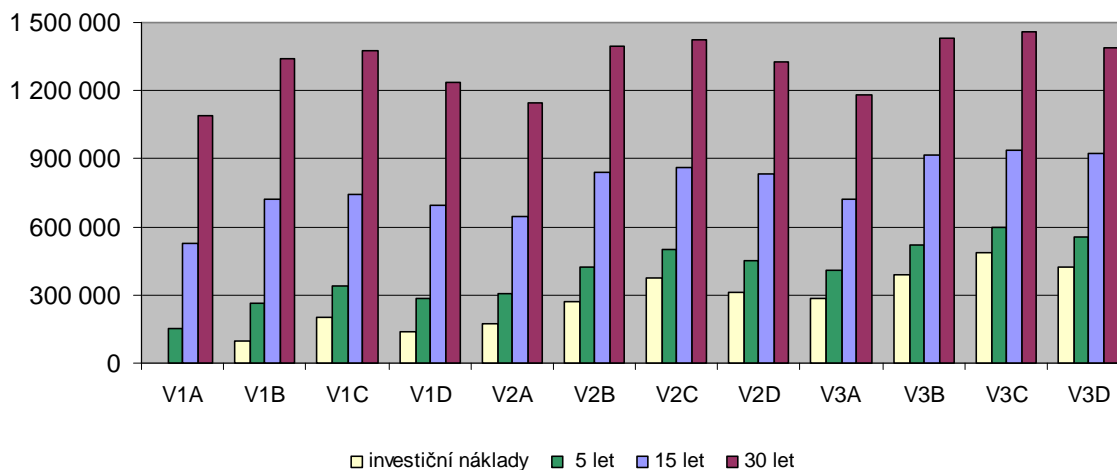


Obrázek 23. Investiční náklady, objekt č. 7 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.

11.2.2. KUMULOVANÝ DISKONTOVANÝ CASH FLOW – OBJEKT Č. 7

Obrázek 24 zobrazuje počáteční rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF pro všechny varianty v různých obdobích užívání objektu. Varianty jsou v grafu seřazeny podle názvů.

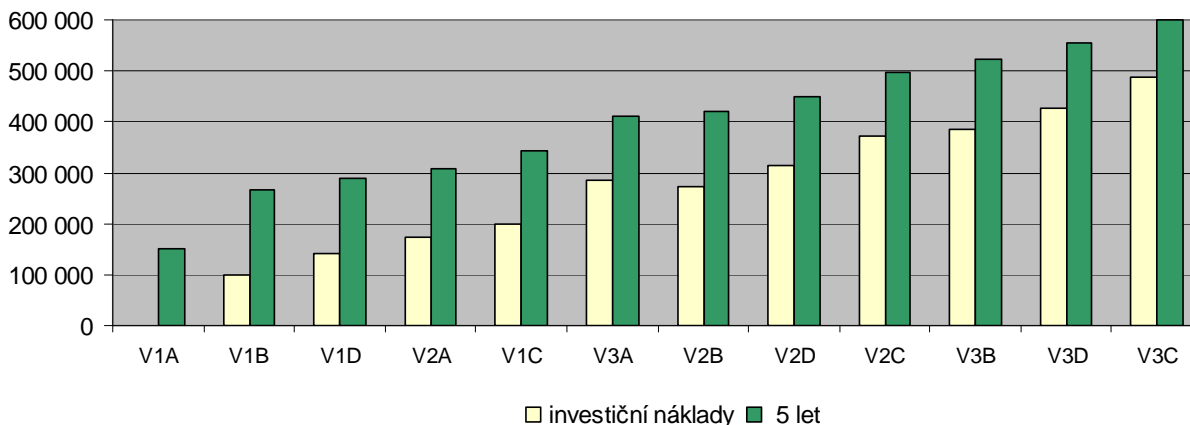
Rozdílové investiční náklady a kumulovaný DCF



Obrázek 24. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle názvů variant.

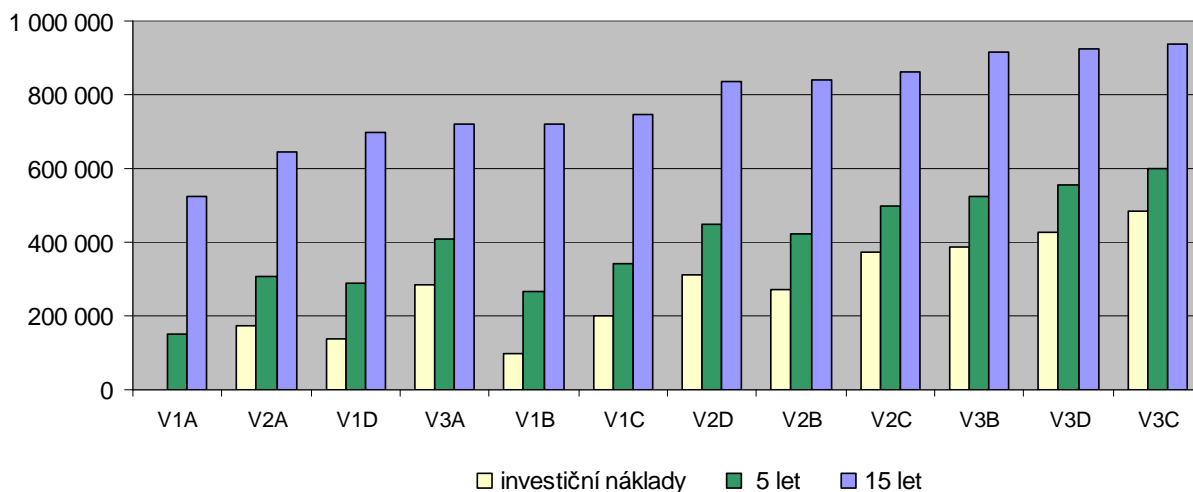
11.2.3. VZÁJEMNÉ POROVNÁNÍ DLE DCF 5, 15 A 30 LET – OBJEKT Č. 7

Kumulovaný DCF - 5 let



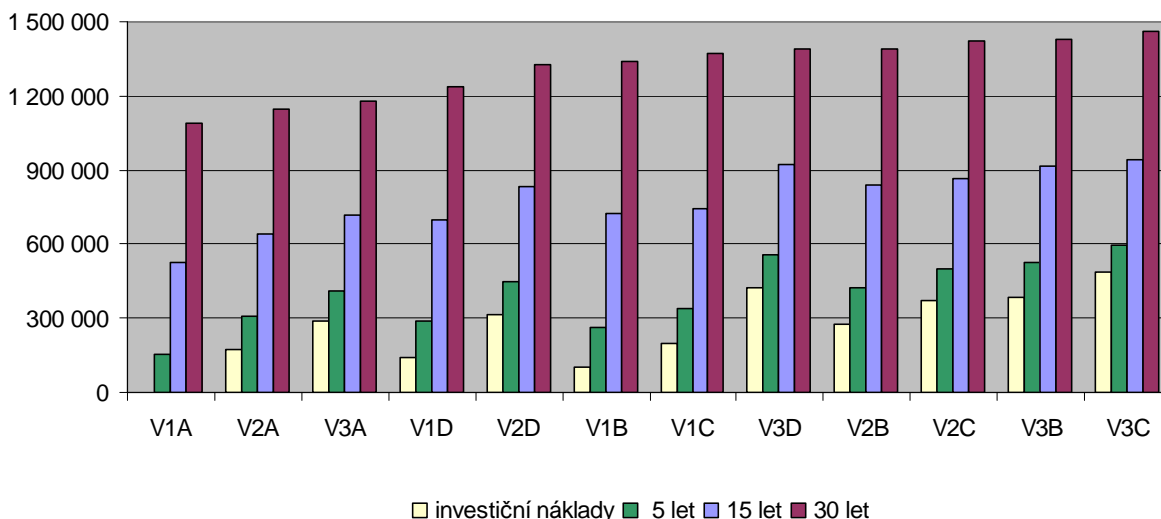
Obrázek 25. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 5 letech.

Kumulovaný DCF - 15 let



Obrázek 26. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 15 letech.

Kumulovaný DCF - 30 let



Obrázek 27. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 30 letech.

Z výše uvedených grafů vyplývá, že po celou dobu hodnocení (30let) se pořadí jednotlivých variant příliš nemění. Jako nejlevnější varianta vychází i na konci sledovaného období varianta V1A, tedy varianta s nejnižšími investičními náklady. Úspora v nákladech na provoz objektu tedy nepřevážila nad úsporou v počáteční investici.

Na druhou stranu však rozdíl mezi prvními dvěma variantami V1A a V2A (kde V2A představuje zateplený objekt se stejným zdrojem tepla) je pouze cca 50 tis. Kč. Je tedy zřejmé, že v dlouhodobějším výhledu by se varianta V2A dostala do čela žebříčku.

Dále lze z ostatních výsledků vysledovat trend, kdy se do popředí posouvá varianta V3A. Z výše uvedeného vyplývá, že pro uvedený typ objektu je ekonomicky efektivnější případné snižování tepelné ztráty objektu a ponechání daného zdroje tepla (kotel na zemní plyn).

Jako celkově nejdražší varianty vycházejí alternativy V3B a V3C, kde je navržen kromě masivního zateplení také větrací systém s rekuperací tepla a v případě varianty V3C také solární systém.

12. ZÁVĚR

Cílem této studii bylo především vyhodnocení tří základních typů řadových rodinných domů z hlediska investičních a provozních nákladů se zohledněním časové hodnoty peněz a předpokládaného růstu ceny energií. Vyhodnoceny byly dva krajní objekty a objekt středový.

Všechny výpočty vycházejí z tvarového a dispozičního řešení objektu, které vycházelo z poskytnuté dokumentace a konzultace s objednatelem.

Z hlediska investičních nákladů vychází pro všechny tři hodnocené typy objektů nejlevněji varianta V1A, tedy konstrukční varianta V1 (nejnižší stupeň zateplení objektu) v kombinaci s vytápěním objektu kondenzačním kotlem na zemní plyn. Naopak nejdražší je varianta, která zahrnuje nejmasivnější zateplení obálky budovy v kombinaci s nuceným větracím systémem s rekuperací, vytápěním pomocí kondenzačního kotle na zemní plyn a solárním systémem pro přípravu teplé vody (varianta V3C).

Celkové výsledky vyhodnocení vycházení pro jednotlivé typy objektů shodně.

V horizontu 30 let je na prvním místě (nejlevnější) varianta V1A, tedy konstrukčně nejlevnější varianta v kombinaci s investičně rovněž levným kotlem na zemní plyn. Úspora v nákladech na provoz objektu u ostatních variant tedy nepřevážila nad úsporou v počáteční investici.

Vzhledem k poměrně malému rozdílu ve výsledcích rovněž doporučujeme věnovat pozornost variantě V2A, ve které je navrženo masivnější zateplení objektu, které přináší kromě úspor energie také větší komfort pro uživatele objektu (vyšší povrchové teploty obalových konstrukcí apod.).

Jako celkově nejdražší varianty vycházejí alternativy V3B a V3C, kde je navržen kromě masivního zateplení také větrací systém s rekuperací tepla a v případě varianty V3C také solární systém.

Systém nuceného větrání nelze zcela jednoznačně obhájit z energetického hlediska. Větrání kvůli podstatnější výměně čerstvého vzduchu zvyšuje často náročnost na vytápění, a tím i provozní náklady. Instalace kvalitního větracího systému je tedy záležitost hygienická a komfortní, nikoliv ekonomická.

Z pohledu hodnocení objektů pomocí Průkazu energetické náročnosti budovy vycházejí objekty v základní variantě V1 převážně v kategorii C, což je požadované minimum. Při tomto stavebním řešení vychází lépe než v kategorii C pouze varianta V1D, kde je navrženo tepelné čerpadlo. Naopak ve variantách V3, jsou všechny objekty hodnoceny minimálně v kategorii B.

Při výběru konečné varianty nelze přihlížet pouze k ekonomickým parametrům, ale je potřeba pečlivě zvážit i ostatní – stejně důležité parametry jako je uživatelský komfort, důvěra (či nedůvěra) ke stabilitě cen energií. Ve studii je předpokládán poměrně konzervativní meziroční růst cen elektrické energie.

Je na rozhodnutí investora, zdali uhradit větší počáteční investici (masivnější zateplení, tepelné čerpadlo, nucené větrání) a v dalších letech ušetřit na provozních nákladech nebo naopak.

12.1. PŘEHLEDNÉ ZÁVĚREČNÉ VYHODNOCENÍ

Varianta		V1A	V1B	V1C	V1D	V2A	V2B	V2C	V2D
Větrání		přirozené	nucené s rekup.	nucené s rekup.	přirozené	přirozené	nucené s rekup.	nucené s rekup.	přirozené
TZB		ZP	ZP	ZP + SS	TČ	ZP	ZP	ZP + SS	TČ
Objekt č. 3	Zatřídění do kategorie dle PENB	C	C	C	B	C	C	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	174 046	274 046	374 046	314 046
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	29 791	31 667	26 938	28 899	26 440	28 245	23 516	26 707
Objekt č. 5	Zatřídění do kategorie dle PENB	C	C	C	A	C	B	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	133 086	233 086	333 086	273 086
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	28 386	29 960	25 232	27 875	25 412	27 235	22 506	26 017
Objekt č. 7	Zatřídění do kategorie dle PENB	C	C	C	B	C	C	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	0	100 000	200 000	140 000	172 996	272 996	372 996	312 996
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	29 887	31 762	27 034	28 968	26 444	28 249	23 521	26 710

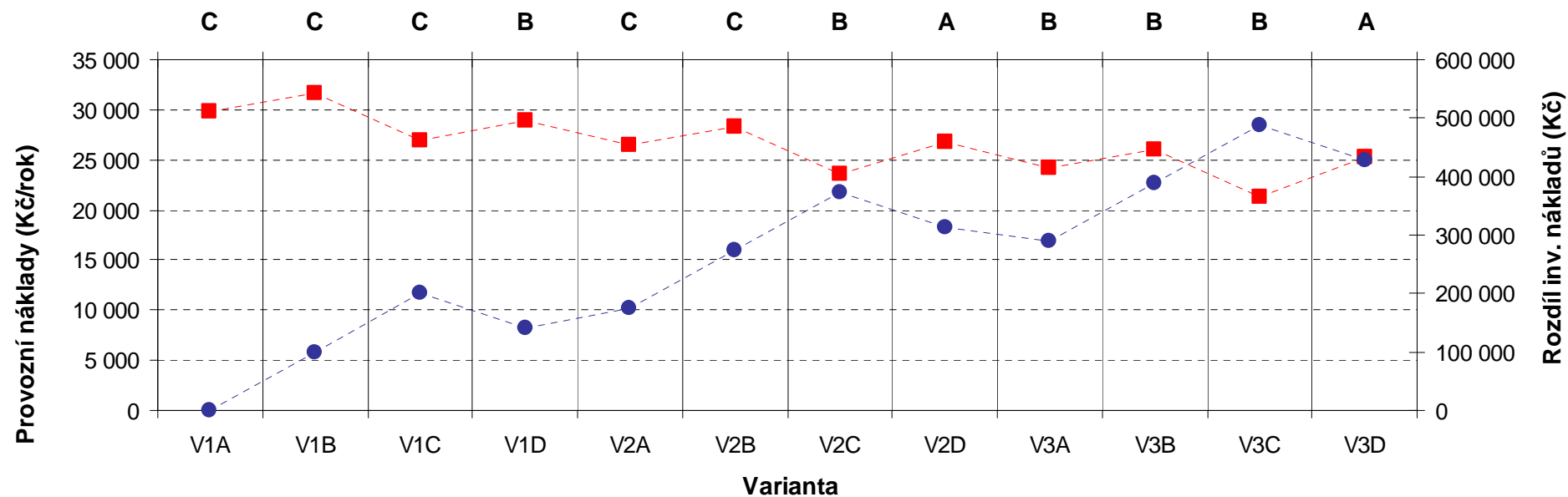
Tabulka 31. Přehledné vyhodnocení – část 1.

Varianta		V3A	V3B	V3C	V3D
Větrání		přirozené	nucené s rekup.	nucené s rekup.	přirozené
TZB		ZP	ZP	ZP + SS	TČ
Objekt č. 3	Zatřídění do kategorie dle PENB	B	B	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	288 305	388 305	488 305	428 305
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	24 209	26 020	21 291	25 209
Objekt č. 5	Zatřídění do kategorie dle PENB	B	B	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	231 985	331 985	431 985	371 985
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	23 486	25 326	20 598	24 724
Objekt č. 7	Zatřídění do kategorie dle PENB	B	B	B	A
	Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)	286 205	386 205	486 205	426 205
	Celkové provozní náklady bez DPH (Kč/rok)	24 196	26 010	21 281	25 201

Tabulka 32. Přehledné vyhodnocení – část 2.

Přehledné vyhodnocení - Objekt č.3

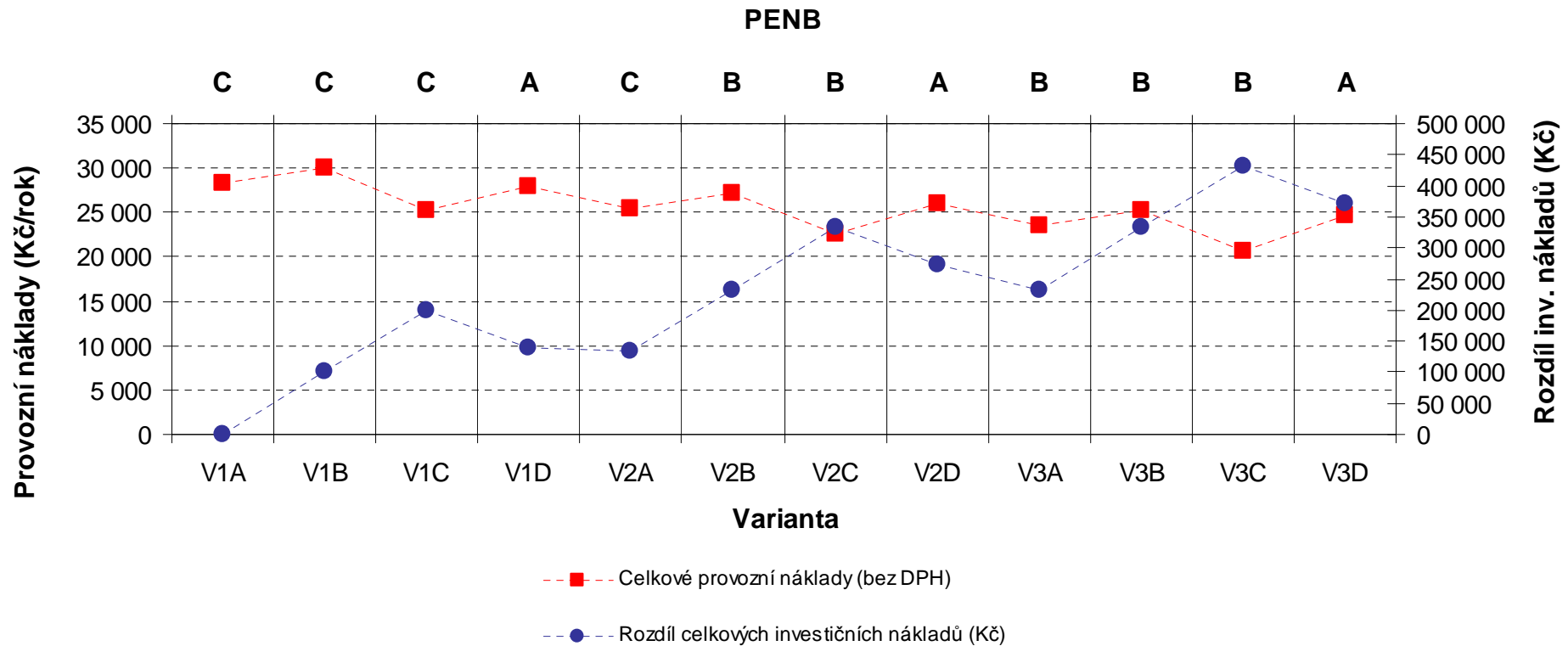
PENB



- Celkové provozní náklady (bez DPH)
- Rozdíl celkových investičních nákladů (Kč)

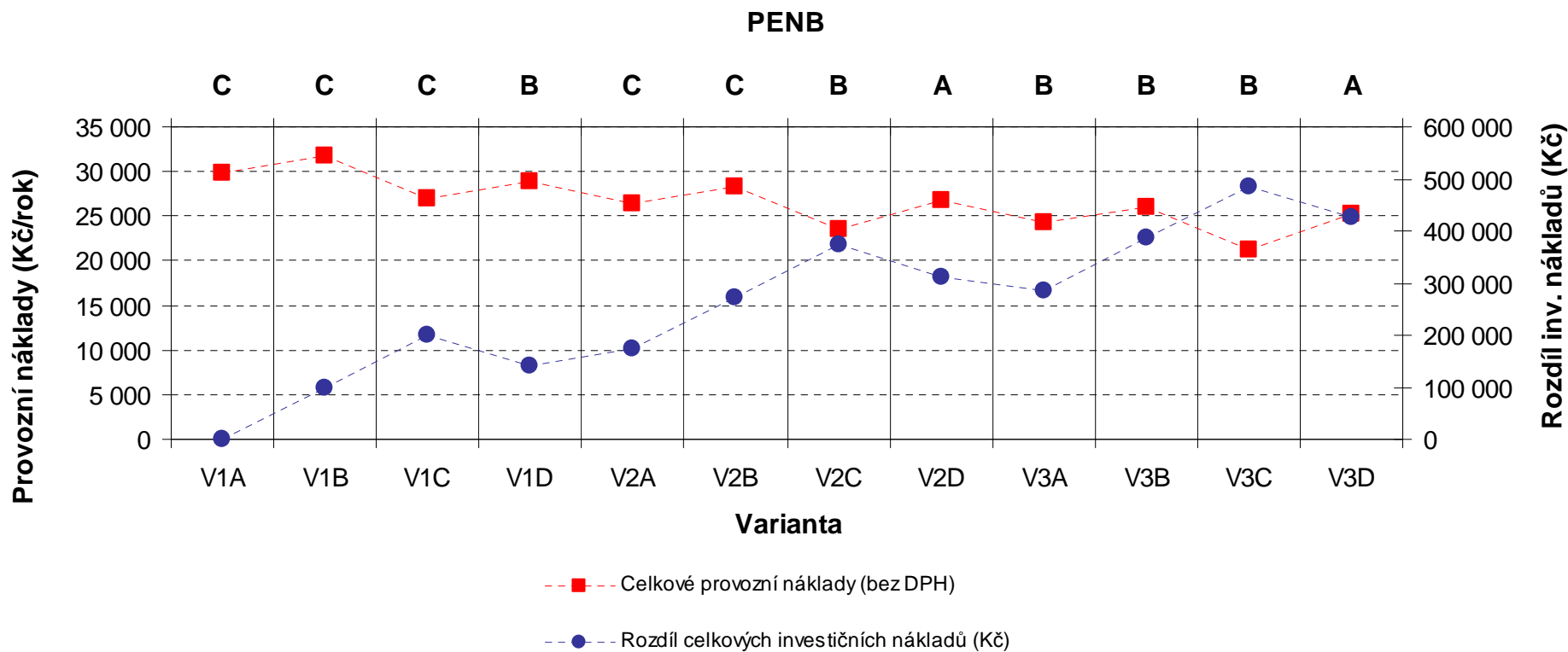
Obrázek 28. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 3.

Přehledné vyhodnocení - Objekt č.5



Obrázek 29. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 5.

Přehledné vyhodnocení - Objekt č.7



Obrázek 30. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 7.

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 1.....	9
Tabulka 2. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 2.....	10
Tabulka 3. Přehled obalových konstrukcí - Varianta 3.....	10
Tabulka 4. Rozdíl investičních nákladů – shrnutí. Referenční varianta je V1.....	11
Tabulka 5. Přehled navrhovaných variant TZB.....	12
Tabulka 6. Přehled investičních nákladů pro navrhované varianty TZB.....	13
Tabulka 7. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 3	13
Tabulka 8. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 5	14
Tabulka 9. Stanovení prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540:2007 – Objekt č. 7	14
Tabulka 10. Tepelná ztráta jednotlivých objektů, přirozené větrání	15
Tabulka 11. Tepelná ztráta jednotlivých objektů, nucené větrání s rekuperací.....	15
Tabulka 12. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 3.	16
Tabulka 13. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 3.	16
Tabulka 14. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 5.	17
Tabulka 15. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 5.	17
Tabulka 16. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, přirozené větrání – objekt č. 7.	18
Tabulka 17. Potřeba tepla na vytápění dle ČSN EN ISO 13790, nucené větrání – objekt č. 7.	18
Tabulka 18. Potřeba energie na přípravu TV	19
Tabulka 19. Potřeba energie na domácí spotřebiče	19
Tabulka 20. Vyhodnocení dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. – část 1.	20
Tabulka 21. Vyhodnocení dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. – část 2.	20
Tabulka 22. Vyhodnocení pasivních solárních zisků (GJ).	21
Tabulka 23. Vyhodnocení pasivních solárních zisků – vliv na potřebu tepla na vytápění (kWh/m ² .rok).....	23
Tabulka 24. Celkové investiční náklady – rozdíly mezi variantami.	24
Tabulka 25. Celkové provozní náklady – Objekt č. 3, část 1	25
Tabulka 26. Celkové provozní náklady – Objekt č. 3, část 2	25
Tabulka 27. Celkové provozní náklady – Objekt č. 5, část 1	31
Tabulka 28. Celkové provozní náklady – Objekt č. 5, část 2	31
Tabulka 29. Celkové provozní náklady – Objekt č. 7, část 1.	37
Tabulka 30. Celkové provozní náklady – Objekt č. 7, část 2.	37
Tabulka 31. Přehledné vyhodnocení – část 1.	43
Tabulka 32. Přehledné vyhodnocení – část 2.	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Situační schéma. Zdroj: Projektová dokumentace.	6
Obrázek 2. Půdorys 1. NP. Zdroj: Projektová dokumentace.....	7
Obrázek 3. Půdorys 2. NP. Zdroj: Projektová dokumentace.....	7
Obrázek 4. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 3.	16
Obrázek 5. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 5.	17
Obrázek 6. Měrná potřeba tepla na vytápění – objekt č. 7.	18
Obrázek 7. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V1.....	22
Obrázek 8. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V2.....	22
Obrázek 9. Pasivní solární zisky – porovnání dle orientace objektu - variantu V3.....	22
Obrázek 10. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 3.....	26
Obrázek 11. Investiční náklady, objekt č. 3 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.	27
Obrázek 12. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle názvů variant.....	28
Obrázek 13. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 5 letech.....	28
Obrázek 14. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 15 letech.....	29
Obrázek 15. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 3 – řazeno podle DCF po 30 letech.....	29
Obrázek 16. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 5.....	32
Obrázek 17. Investiční náklady, objekt č. 5 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.	33
Obrázek 18. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle názvů variant.....	34
Obrázek 19. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 5 letech.....	34
Obrázek 20. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 15 letech.....	35
Obrázek 21. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 5 – řazeno podle DCF po 30 letech.....	35
Obrázek 22. Roční provozní náklady bez DPH (Kč/rok) – Objekt č. 7.....	38
Obrázek 23. Investiční náklady, objekt č. 7 – řazeno podle rozdílů investičních nákladů.	39
Obrázek 24. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle názvů variant.....	40
Obrázek 25. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 5 letech.....	40
Obrázek 26. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 15 letech.....	41
Obrázek 27. Investiční náklady a kumulovaný DCF, objekt č. 7 – řazeno podle DCF po 30 letech.....	41
Obrázek 28. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 3.	45
Obrázek 29. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 5.	46
Obrázek 30. Přehledné vyhodnocení – Objekt č. 7.	47

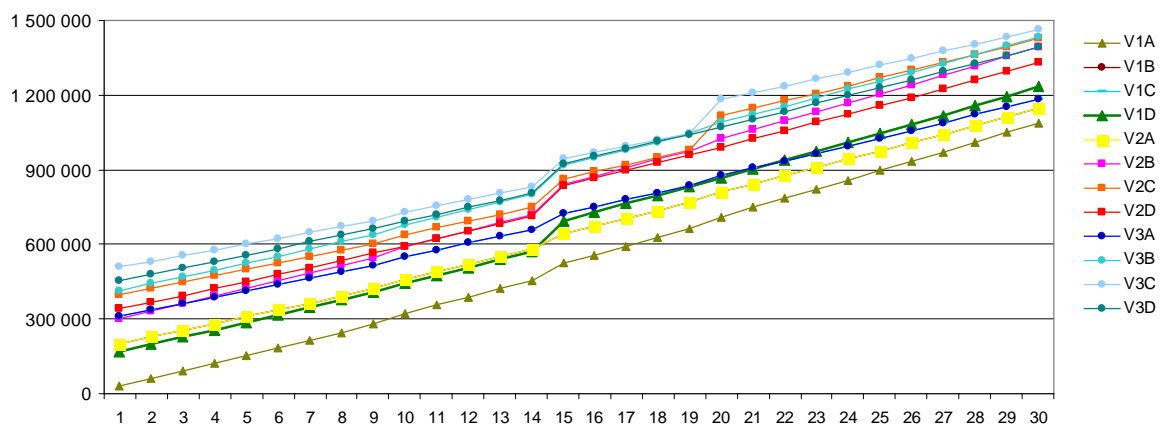
SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

- [1] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2007
- [2] ČSN 730542 Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov, ČNI Praha 1995
- [3] ČSN EN ISO 6949 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI Praha 1998
- [4] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, ČNI Praha 1999
- [5] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná tepelná ztráta – Výpočetní metoda, ČNI 2000
- [6] ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, ČNI Praha 2005
- [7] ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000
- [8] ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušená metoda a orientační hodnoty, ČNI Praha 2000
- [9] ČSN 060320 Ohřívání užitkové vody - Navrhování a projektování
- [10] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií v platném znění pozdějších předpisů
- [11] Vyhláška MPO č. 213/2001 Sb. a její novelizace č. 425/2004 Sb.
- [12] Vyhláška MPO č. 148/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášku 291/2001 Sb.)
- [13] Vyhláška MPO č. 150/2001 Sb.
- [14] Vyhláška MPO č. 193/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášky 151/2001 Sb. a 153/2001 Sb.)
- [15] Vyhláška MPO č. 194/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášku 152/2001 Sb.) Sb.
- [16] TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy

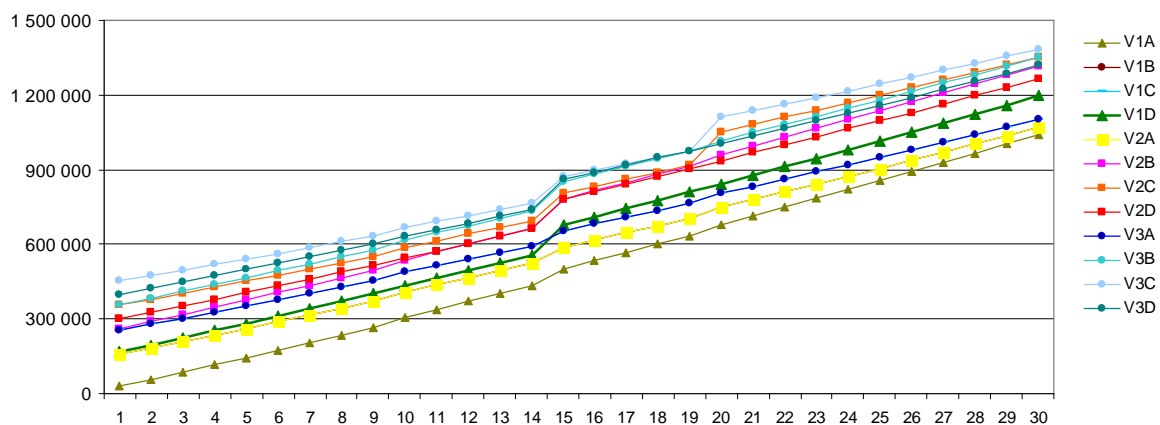
PŘÍLOHA Č. 1

KUMULOVANÝ DISKOVTOVANÝ CASH-FLOW PRO JEDNOTLIVÉ OBJEKTY

Diskontovaný kumulovaný cash flow - objekt 3



Diskontovaný kumulovaný cash flow - objekt 5



Diskontovaný kumulovaný cash flow - objekt 7

