



EFEKTIVNÍ VYTÁPĚNÍ ÚSPORNÝCH DOMŮ

Jiří Beranovský, Martin Jindrák, Veronika Bejvlová

prosinec 2017





EFEKTIVNÍ VYTÁPĚNÍ ÚSPORNÝCH DOMŮ

Evidenční číslo projektu: 17109 PUB E-book Vytápění úsporných domů
ISBN: ISBN 978-80-87333-14-3
Autoři: Jiří Beranovský, Martin Jindrák, Veronika Bejvlová
Datum vypracování: prosinec 2017

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu
na podporu úspor energie na období 2017-2021 - Program EFEKT 2 pro rok 2017

Zpracovatel: EkoWATT CZ s. r. o.
Sídlo a kontaktní adresa: Areál Štrasburk, Švábky 52/2, 180 00 Praha 8
IČ, DIČ: 275 99 817, CZ 275 99 817
T | F: +420 266 710 247 | +420 266 710 248
e-mail | www: info@ekowatt.cz | www.ekowatt.cz

Užívání díla: Tento dokument je chráněn autorským právem a lze jej používat pouze k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy o dílo, na základě níž byl tento dokument vytvořen. Rozmnožování (s výjimkou zhotovení záznamu, rozmnoženiny nebo napodobeniny pro osobní potřebu objednatele) a rozšiřování dokumentu a jiné užití dokumentu k účelům nevyplyvajícím z uzavřené smlouvy o dílo je možné pouze s předchozím písemným souhlasem EkoWATT CZ s. r. o.



O AUTORECH



Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA

ekonomický analytik, energetický specialista
MPO, jednatel EkoWATT CZ s. r. o.

Vystudoval fyzikální inženýrství na FJFI ČVUT v oboru fyzikální elektronika. Doktorát z obnovitelných zdrojů energie a energetických technologií absolvoval na ZČU v Plzni a MBA na Sheffield Hallam University a MÚVS ČVUT. Kromě vedení společnosti se specializuje na snižování spotřeby a ekonomiku užití energie, optimalizaci úspor a obnovitelných zdrojů energie, energetický management a udržitelnou výstavbu. Přednáší na FEL při ČVUT Praha a na FHS při Univerzitě Karlově. Je autorem či spoluautorem řady publikací v oblasti využití energie, obnovitelných zdrojů a energetických úspor. Je členem Výboru pro udržitelnou energetiku při Radě vlády pro udržitelný rozvoj ČR a je akreditovaným koučem agentury Czechinvest v programu podpory nových firem a hodnotitelem evropských dotačních programů. Věnuje se i projektům výzkumu a vývoje, přednáškové a publikační činnosti.

Kontakt: EkoWATT CZ s. r. o.
Areál Štrasburk, Švábky 52/2, 180 00 Praha 8
tel. +420 266 710 247
jiri.beranovsky@ekowatt.cz
www.ekowatt.cz



Martin Jindrák

energetický specialista MPO, autorizovaný
technik ČKAIT v oboru technika prostředí staveb

Vystudoval Střední průmyslovou školu elektrotechnickou v Olomouci. Působil ve společnostech RD Rýmařov a ATREA. Od roku 2004 bydlí s rodinou v jednom z prvních energeticky pasivních objektů v České republice – EPD Rychnov. Dlouhodobě se věnuje problematice teplovzdušného vytápění, řízeného větrání s rekuperací odpadního tepla a mikroklimatu v rodinných a bytových domech, školách a dalších objektech, se zaměřením na energeticky pasivní objekty. Specializuje se na projektování vzduchotechnických systémů a vytápění, energetickou náročnost budov nebo energetické audity a posuzování provozů v průmyslu. Jako lektor Centra pasivního domu spolupracuje mimo jiné na seminářích ČKAIT a Asociace energetických specialistů.

Kontakt: Březová 803,
468 02 Rychnov u Jablonce nad Nisou
tel. +420 778 044 062
martin.jindrak@seznam.cz
www.pasivprojekt.cz



Ing. Veronika Bejlová

analytik specialista

Vystudovala stavební inženýrství na FSv ČVUT v oblasti budovy a prostředí, konstrukce pozemních staveb a technická zařízení budov
Specializuje se na energetickou náročnost budov, energetické audity, optimalizace novostaveb a rekonstrukcí budov, PENB a posudky pro program Nová Zelená úsporám.
Má rozsáhlé zkušenosti z projektů energetických auditů velkých budov spravovaných KPMG a CBRE IMF (Airport Business Centrum, Volkswagen – budova Aragonit, Prague Office Park I a II), International Business Center v Praze, Hamley's (Na Příkopě 14), IKEA grammer, IKEA a InterIKEA v ČR a na Slovensku, EUROVIA.

Kontakt: EkoWATT CZ s. r. o.
Areál Štrasburk, Švábky 52/2,
180 00 Praha 8
info@ekowatt.cz
www.ekowatt.cz





OBSAH

O AUTORECH	3
1. O ČEM JE TATO PUBLIKACE?	6
2. PROČ STAVĚT ENERGETICKY ÚSPORNÝ DŮM?	6
3. JAKÉ JSOU MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?	11
3.1. JAK VYBRAT VHODNÝ ZDROJ ENERGIE (TEPLA)?	14
3.2. JAKÉ ZVOLIT VYTÁPĚNÍ: TEPELOVODNÍ, TEPELOVZDUŠNÉ NEBO SÁLAVÉ?	16
3.3. JAKÝ ZVOLIT CELKOVÝ KONCEPT PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?	21
3.4. ZPŮSOBY PŘÍPRAVY TV	22
4. JAKÝ ZVOLIT TEDY CELKOVÝ KONCEPT VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?	23
4.1. VARIANTY: VHODNÉ KOMBINACE ZDROJŮ TEPLA	23
5. SHRUTÍ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	41
5.1. SHRUTÍ VARIANT	41
5.2. DOPLŇKOVÁ ZAŘÍZENÍ NA KOMPENZACI POŽADAVKŮ KRITÉRIA NEOBNOVITELNÉ ENERGIE	42
5.3. PŘEHLED INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ	42
5.4. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	46
5.5. SLOVO ZÁVĚREM	50
6. ZÁKLADNÍ POJMY, KRITÉRIA A NASTAVENÍ PARAMETRŮ EKONOMICKÉHO ODNOCENÍ	51
SEZNAM ODKAZŮ A LITERATURY	54





SEZNAM ZKRATEK:

COP	topný faktor (Coefficient of Performance, koeficient výkonu)
DCF	diskontovaný cash flow
FVE	fotovoltaická elektrárna
IRR	Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento)
NERD	nízkoenergetický rodinný dům
NPE	neobnovitelná primární energie
NPV	Net Present Value, čistá současná hodnota
nZEB	Nearly Zero-Energy Buildings / Budovy s téměř nulovou spotřebou energie
NZÚ	Program Nová zelená úsporám
OZE	obnovitelné zdroje energie
PD	projektová dokumentace/pasivní dům
PHPP	Passive House Planning Package = nástroj na optimalizaci pasivních budov
POZE	podpora zdrojů energie
RD	rodinný dům
SPF	Seasonal Performance Factor, sezónní topný faktor
TCO	Total Costs of Ownership = celkové náklady za dobu vlastnictví, resp. životnosti
TČ	tepelné čerpadlo
TV	teplá voda
TZB	technické zařízení budov
ÚT	ústřední vytápění
VYT	vytápění
VZT	vzduchotechnika, vzduchotechnické zařízení
XPS	extrudovaný polystyren
ZP	zemní plyn
ZT	zdroj tepla
ZZT	zpětné získávání tepla





1.

O ČEM JE TATO PUBLIKACE?

Vlastní bydlení je pro většinu z nás jedním z životních milníků. Je to velká životní událost. Pocitově tak nějak cítíme, že by ta situace měla být dokonce i radostná. Při zjišťování potřebných informací však řada z nás zcela přirozeně začne propadat panice. Důvodů je hned několik: Je to obvykle největší investice v životě, je to závazek na hodně dlouhou dobu a mělo by se nám to líbit. Kromě toho s novými stavebními technologiemi se doslova roztrhl pytel a každý koho jsme se již zeptali, říkal něco jiného. Jak si potom má laik vybrat to správné řešení? Kolikrát to působí dojmem, že ani odborníci nestíhají držet krok s vývojem a platí téměř co odborník, to názor.

Jak ten dům má vypadat? Z čeho ho postavíme? Kolik to bude stát? Čím budeme topit? Jak budeme ohřívat teplou vodu? To jsou obvyklé otázky, které nás napadají. Naštěstí není situace tak dramatická, jak se na první pohled zdá. Na první tři otázky dává odpověď publikace *Je úsporný dům opravdu úsporný?*¹ Zabývá se ekonomickým hodnocením energeticky úsporné výstavby. Porovnává různou kvalitu stavebních konstrukcí (od požadovaných hodnot přes doporučené až po pasivní) a srovnává i různé stavební systémy (dutinové cihelné bloky, pórobetonové tvárnice, vápenno-pískové cihly a dřevostavby). Na další dvě otázky hledá odpověď tato publikace *Efektivní vytápění úsporných domů*. O čem tedy je tato publikace?

Nejprve si v Kapitole 2 vymežíme pojem úsporný dům a pokusíme prodiskutovat některé mýty, které se úsporného bydlení týkají. Tato část je poměrně důležitá, protože mýtů sice není mnoho, ale jak uvidíme, mají velký dosah.

Následně si v Kapitole 3 uděláme jasno v tom, jaké jsou možnosti vytápění a přípravy teplé vody. Přitom se trochu ohlédneme zpět a připomeneme si dům, se kterým jsme pracovali v již citované předchozí publikaci² a tento dům použijeme jako vzorový pro naše další úvahy. Prodiskutujeme výběr vhodného zdroje energie a přitom si vyjasníme pojmy, jako jsou energonositel a faktor neobnovitelné primární energie. Podíváme se na různé druhy vytápění, jako jsou teplovodní, teplovzdušné a sálavé a vyjasníme si pojmy zdroj tepla, rozvod tepla, řízené větrání a zpětné získávání tepla. V této kapitole si také vyjasníme možnosti přípravy teplé vody (TV).

Další, čtvrtá kapitola již řeší celkový koncept vytápění a přípravy teplé vody a konkrétní varianty s vhodnými kombinacemi zdrojů.

Pátá kapitola se věnuje shrnutí a ekonomickému hodnocení, které nás asi zajímá nejvíce. V této části také nalezneme diskusi předložených konceptů ve světle požadavků norem, dotačních programů a možnosti kompenzace jejich požadavků. Tato kapitola přináší i přehled investičních a provozních nákladů a následné ekonomické vyhodnocení pomocí kritérií „celkové náklady na vlastnictví“ a „čistá současná hodnota“. Tyto pojmy jsou v této kapitole dokonce vysvětleny pro zvědavější čtenáře, kteří v jejím závěru naleznou i krátkou rekapitulaci.

2.

PROČ STAVĚT ENERGETICKY ÚSPORNÝ DŮM?

Na začátku je velmi účelné si zdůvodnit, proč se zabýváme přímo úspornou výstavbou a ne nějakou běžnou nebo obyčejnou. Důvody jsou zejména praktické, ačkoliv legislativa na kvalitu budov dbá v zákoně o hospodaření energií také.³ O energeticky úsporných domech se traduje mezi širokou veřejností celá řada mýtů. Některé z nich si můžeme připomenout a uvést na pravou míru:

1 Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT. Dostupné z http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporný_dům_opravdu_úsporný.

2 Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT. Dostupné z http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporný_dům_opravdu_úsporný.

3 Novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb. cílí na přechod k lepším energetickým standardům budov, v roce 2020 dokonce k budovám s téměř nulovou spotřebou 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 hranicí nízkoenergetických, přibližně 45 kWh/(m².rok).



**MÝTUS**

Základním mýtem například je, že domy tepelně izolované polystyrenem tzv. „nedýchají“, a proto je tepelná izolace příčinou vzniku plísní.

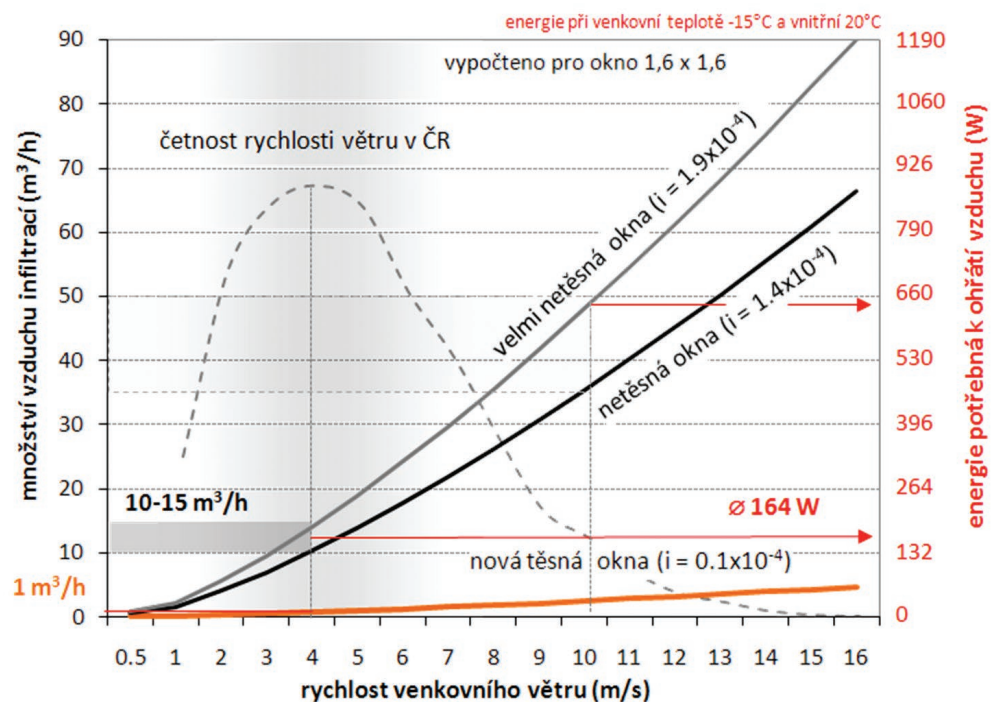
SKUTEČNOST

Tento mýtus lze snadno vyvrátit, protože je-li zateplovaná konstrukce správně navržená, problém s kondenzací vlhkosti nehrozí. Pro odborně zvědavé můžeme dodat, že hlavní princip správného návrhu spočívá v tom, že pro každou vrstvu stavební konstrukce se vypočítá pomocný koeficient S_d (tzv. ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy). To je číslo, které získáme vynásobením tloušťky konstrukce a faktoru difúzního odporu – μ . Faktor difúzního odporu nám ukazuje jak moc je daná konstrukce prostupná pro molekuly vody. Vtip je v tom, že pokud vypočtené koeficienty S_d směrem ven klesají, molekuly vody volně odcházejí z vnitřního prostoru a kondenzace a vznik plísní nehrozí. Kondenzaci vlhkosti v konstrukcích řeší mj. norma ČSN 730540⁴, kterou činí závaznou vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby v platném znění (dle vyhlášky č. 20/23012 Sb.).

Je zajímavé že, ačkoliv mezi veřejností je výše uvedený mýtus značně rozšířen, s výměnou oken za nová „plastová“ nikdo obvykle problém nemá. Přitom právě výměna oken a skutečnost, že proto se méně větrá, je právě důvodem vzniku plísní. To ostatně pěkně ukazuje obrázek, kde je vidět četnost rychlostí větru a výměna vzduchu starými a novými okny. Výměnou oken za moderní těsná dosáhneme takové těsnosti bytu, že bez otevření oken nebo jiným přívodem vzduchu prostě nevyvětráme. Čili malou výměnou vzduchu nejsou z interiéru odváděny produkovaný oxid uhličitý (CO_2), vlhkost či oděry a ostatní škodliviny. Běžné užívání bytu v kombinaci s měřením spotřeby tepla připraví „smrtící“ kombinaci, kdy uživatelé „hlídají“ spotřebu, a proto větrají jenom v případě nutnosti a vytápějí na nízké teploty. Místa, kde povrchová teplota klesá pod úroveň rosného bodu, vlhnou nebo se dokonce rosí a plesniví. Typicky se jedná o tzv. tepelné vazby v rozích místností, tepelné mosty u napojení oken nebo dokonce o méně kvalitní okna s dvojsklem. Přitom běžná emise vlhkosti do ovzduší v bytě je několik litrů za den, a tuto vlhkost je třeba vyvětrat.

Obrázek 1:
MNOŽSTVÍ VZDUCHU
PŘÍVÁDĚNÉHO OKNY PŘI
RŮZNÝCH RYCHLOSTECH
VĚTRU.

Zdroj: EkoWATT.



4 ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2011



**MÝTUS**

S výše uvedeným souvisí druhý obvyklý mýtus. Ten praví, že v úsporném domě se nesmí otevírat okna nebo dokonce, že okna jsou úplně neotvíravá (fixní). Proto musíme instalovat vzduchotechniku (rekuperaci), abychom se neudusili, a když nám vypnou elektrinu, tak se udusíme. Pokud se neudusíme hned, vzduchotechnika alespoň zničí všechny volné ionty⁵, které působí na organismus blahodárně, a my stejně zahyneme.

SKUTEČNOST

Pravda je opět trochu jiná. Úsporný dům si můžeme v podstatě navrhnout podle svých představ a dokonce můžeme otevírat okna, jak se nám líbí. Většina úsporných domů se dokonce navrhuje s otvíravými okny. Fixní okna si vybírá často samotný klient, protože jsou levnější a u oken, která nikdy otvírat nebudeme, se vyplatí ušetřit.

Za současně platné legislativy je možné dokonce navrhnout úsporný dům v nízkoenergetickém standardu a přitom jej větrat pouze okny. Je to však poněkud nepohodlné a málo praktické. Důvodem je, že dospělý člověk potřebuje každou hodinu přibližně 25 m³ čerstvého vzduchu, abychom v bytě udrželi koncentraci CO₂ na přijatelné úrovni, kterou názorně ukazuje obrázek. U netěsných oken tuto skutečnost nemusíme vnímat tak silně, prostě jenom více vytápíme, protože od oken táhne. Pokud máme okna těsná, je třeba pro akceptovatelnou úroveň (cca 1000–1500 ppm, tj. 1,0–1,5 promile CO₂) větrat podle počtu přítomných osob třeba i několikrát během hodiny. Takto zodpovědných je nás ale velmi málo. Pokud nejsme zrovna jogíni, kteří spí při otevřeném okně i v zimě, málo kdo bude v noci zodpovědně vstávat a předpisově si větrat. Přitom nejvyšších koncentrací CO₂ dosahují obvykle ložnice, kde se během noci obvykle nevětrá nebo obývací pokoje, kde se nevětrá kvůli komfortu.

Tabulka 1:

**KONCENTRACE CO₂
A ÚČINKY NA LIDSKÝ
ORGANISMUS.**

Volně zpracováno podle zdrojů:
Protronix⁶
a Centrum pasivního domu⁷.

Účinky na lidský organismus	Koncentrace CO ₂ [ppm]	Třída kvality prostředí (ČSN EN 15521)
Ztráta vědomí	> 45 000	
Závratě a nevolnost	> 30 000	
Potíže s dýcháním	> 15 000	
Zvýšený tep, nevolnost, nedoporučuje se delší pobyt	> 5 000	
Otupělost, zívání	2 500	
Snížení koncentrace, únava	1 600–2 000	+>800 – 4. tř. (> 1 170)
Akceptovatelná úroveň	1 200–1 400	+ 800 – 3. tř. (1 170)
Přijatelná úroveň – vnitřní prostředí	800–1 200	1 000 – 1 500 = obecně doporučovaná hodnota +500 – 2. tř. (870) + 350 – 1. tř. (720)
Vnější prostředí	350–370	

Řízené větrání, ideálně se zpětným získáváním tepla (rekuperací), je proto praktickým a logickým řešením. Nejjednodušší formou řízeného větrání je odtah kuchyňskou digestoří nebo ventilátorem v koupelně či na WC a přívod vzduchu mikroventilací (čtvrtá poloha kliky u oken) nebo certifikovaným

⁵ Ionty jsou nabitě částice. V přírodě se vyskytují například záporné ionty kyslíku a vodní páry, které vznikají jako důsledek všudypřítomného elektromagnetického záření nebo třítěním vodních kapek. Kladné jsou například ionty dusíku. Více informací je například v článku: Lajčíková, A. (2007) Elektroiontové mikroklíma. [online] Státní zdravotní ústav, Praha. Dostupné z <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/elektroionto-ve-mikroklíma>

⁶ Protronix (2009): Kvalita vzduch v interiérech [Online]. Available: <http://www.protronix.cz>.

⁷ Koncentrace CO₂ se udává v poměrových jednotkách ppm (parts per million = počet částí z milionu), podobně jako procenta uvádějí počet částí ze sta či promile počet částí z tisíce. Obsah oxidu uhličitého ve svěžím venkovním vzduchu je přibližně 350 ppm.



přívodním prvkem (například tepelně a akusticky izolovaný segment ve stěně apod.). Používání mikroventilace je však nevýhodné v tom, že podobně jako při nárazovém větrání vnímáme nepříjemné závany studeného vzduchu a navíc slyšíme ruch z venku. Kromě toho kapacita přívodu vzduchu nemusí být dostatečná. Certifikovaný infiltrační prvek s tzv. „odstíněným akustickým mostem“ sice přivede dostatek vzduchu, zůstane však pocit chladu. Jedná se proto o řešení vhodné spíše pro rekonstruované domy, kde je instalace rozvodů vzduchu obtížná, ale do novostavby jej nelze doporučit.

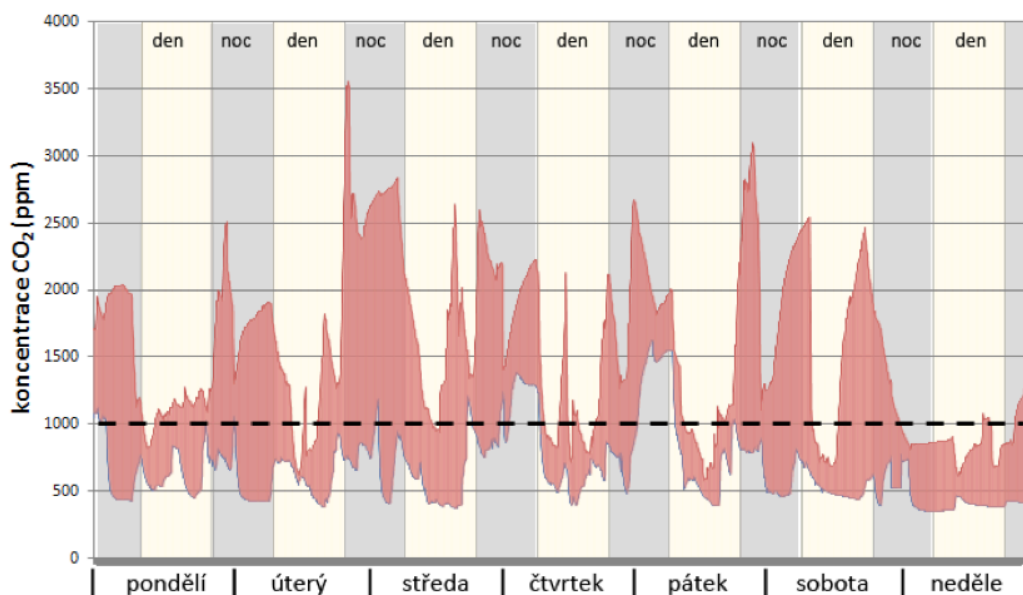
Řešením je proto rovnotlaké řízené větrání s rekuperací tepla, které přehřívá a dohřívá čerstvý vzduch a z odváděného vzduchu vrací teplo zpět do vytápěného prostoru. Vzduchotěsnost domu, která se kontroluje blower – door testem, je potom třeba chápat spíše jako nutnou podmínku pro vysokou účinnost zpětného získávání tepla – rekuperaci. Skvělou informací je, že pokud větráme na úroveň koncentrace CO₂ 1 000 ppm, dostane se i vlhkost do přípustné úrovně mezi 40–60 %, viz Doležilková, Papež (2008)⁸. Větráme-li řízeně, bonusem navíc je méně prachu, který zachytávají filtry a jsme-li na venkově, nejsme obtěžováni mouchami a komáry.

Samozřejmě že přijdeme o část volných iontů, které se zachytí v rozvodech vzduchotechniky. Nic nám ovšem nebrání si otevřít okno. Je třeba si pouze uvědomit, že pokud větráme okny, je účelné vypnout vytápění a větrání, abychom nevytápěli zbytečně. Řízené větrání s rekuperací tepla se jeví jako menší zlo, než trvalé setrvávání ve vyšších průměrných koncentracích CO₂ 1500–2000 ppm, které prokázalo měření v bytech rekonstruovaných panelových domů, viz Macholda a kol. (2007–2010)⁹. Ve vydýchaném vzduchu žádné volné ionty už také nenajdeme. Kromě toho na poklesu iontů se nejvíce podílí například cigaretový kouř, prach, umělé hmoty v interiérech budov, případně elektrostatické pole emitované elektrickými spotřebiči, jako jsou televize, počítače, viz Schleger et al. (2008)¹⁰.

Místo vzduchotechnických rozvodů se pro rekonstrukce i novostavby někdy používá tzv. „přefuků“, což je vzduchotechnické propojení (otvor) s akustickým zatlumením ve dveřích nebo v jejich nadpraží. Výhodou je menší množství rozvodů, je třeba však toky vzduchu dobře promyslet a naprojektovat.

Obrázek 2:
TÝDENNÍ MĚŘENÍ KONCENTRACE
CO₂ V LOŽNICI V BYTĚ
PANELOVÉHO DOMU S NOVÝMI
PLASTOVÝMI OKNY UKAZUJE,
ŽE PŘIBLIŽNĚ 60–70 % ČASU
V NOČNÍCH HODINÁCH JE
KONCENTRACE CO₂ VYŠŠÍ NEŽ
OPTIMÁLNÍ MEZ 1 000 PPM.

Zdroj EkoWATT.



⁸ Doležilková, H., Papež, K. (2008): Problematika bytového větrání [Online]. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra TZB. Available: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4613>.

⁹ Macholda, F., Antonín, T., Beranovský, J. a kol. (2007–2010) Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoenergetickém standardu (VAV-SP-3g5-221-07). Praha: MŽP ČR, EkoWATT o. s. Velký unikátní projekt mapování možnosti rekonstrukce panelových domů do pasivního standardu. Dostupné z http://ekowatt.cz/library/dokumenty/Abstrakt_KD10_20_12_2010_JA.pdf.

¹⁰ Schleger, E., Liesler, L., Hlaváček, D., Rottová, K., (2008) Zdraví a krása: přírodní materiály a zdravé stavby. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 130 s. ISBN 978-80-01-04012-6.



**MÝTUS**

Úsporný dům je drahý. Vyšší investice se nevrátí.

SKUTEČNOST

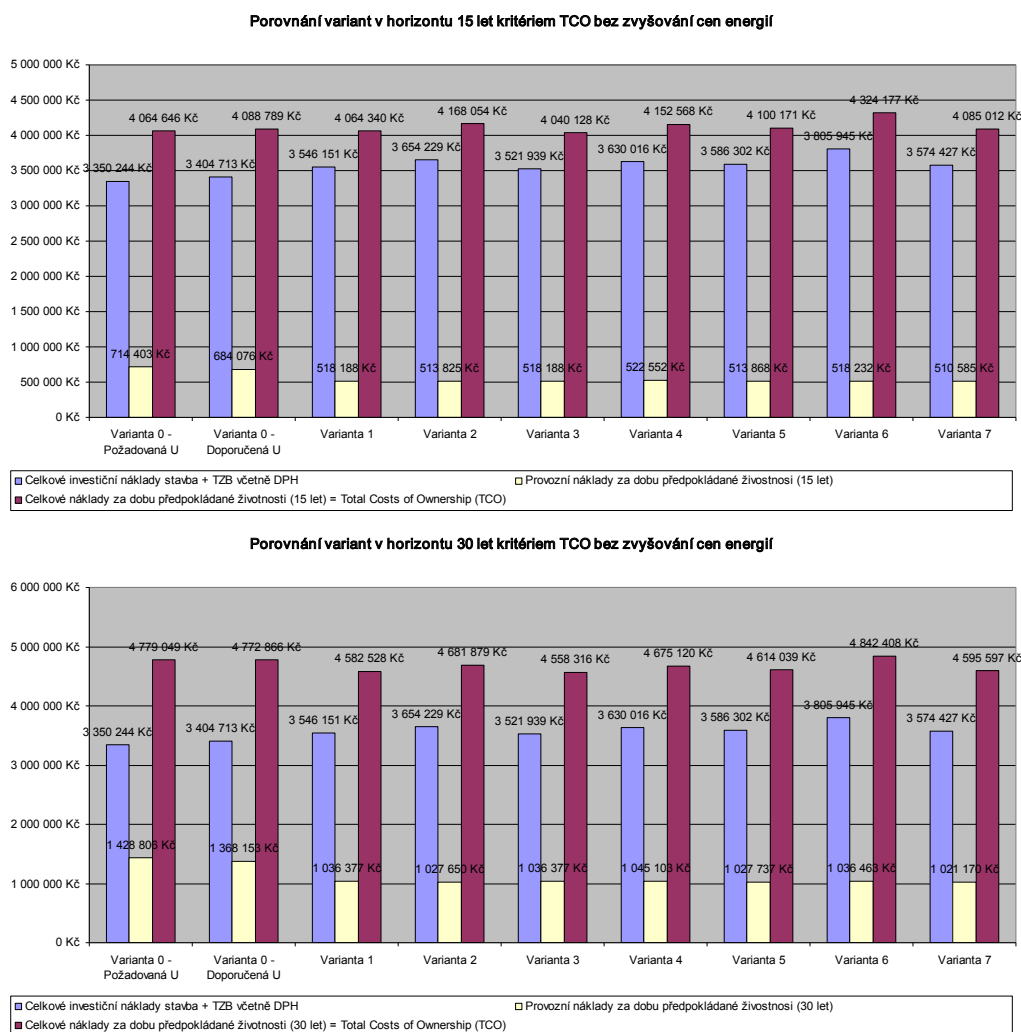
Na pečlivé porovnání nákladů na výstavbu úsporných domů se specializuje již citovaná publikace *Je úsporný dům opravdu úsporný?*, která ukazuje, že investiční náklady na výstavbu úsporných domů se oproti standardu liší v rozmezí 1,6–13,6 %, viz tabulku 13 na straně 29.¹¹ Kniha dokonce porovnává náklady za dobu vlastnictví domu v horizontu 15 a 30 let. Z výsledných obrázků (Obrázek 3) je patrné, že v krátkodobém horizontu 15 let jsou pouze některé úsporné domy lepší než standard, nicméně v dlouhodobém horizontu 30 let jsou téměř všechny pasivní varianty výhodnější, vyjma Varianty 6. V horizontu 37 a více let však všechny varianty vycházejí lépe, viz Shrnutí na straně 41 v kapitole 5 citované publikace. Tento závěr ostatně potvrzuje i studie (Vanický, Aigel, 2014)¹², která pracuje s konkrétními realizacemi.

Pokud tedy počítáme **současné** (investiční), ale i **budoucí** výdaje za bydlení (náklady na vytápění, elektřinu, včetně údržby, oprav, revize apod.) dává jednoznačný smysl se zabývat energeticky úspornou výstavbou. Záleží pouze na tom, v jakém časovém horizontu uvažujeme. Zda třeba uvažujeme v budoucnosti o prodeji domu či nikoliv. Jak je vidět, některé úsporné domy jsou ekonomicky efektivnější již za současných podmínek než běžně realizované domy.

Obrázek 3:

**POROVNÁNÍ VARIANT
ÚSPORNÝCH DOMŮ
V HORIZONTU
15 A 30 LET
BEZ ZVYŠOVÁNÍ CEN
ENERGIÍ.**

Zdroj: Beranovský, Pokorný (2014).¹³



11 Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT. Dostupné z http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporný_dům_opravdu_úsporný.

12 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>.

13 Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT. Dostupné z http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporný_dům_opravdu_úsporný.



Úsporné domy mají i další výhody. Například u montovaných dřevostaveb je to velmi krátká doba výstavby. Technologie dřevostaveb nebo vápenno-pískových cihel navíc umožňují menší zastavěnou plochu, je-li investor omezen velikostí stavebního pozemku. Nespornou výhodou je i úspora provozních nákladů, která snižuje riziko nedostatku finančních prostředků v případě změny ekonomické situace, jako je změna práce či odchod do důchodu. Úspory je možné použít třeba i na rychlejší splacení hypotéky nebo na jiné účely, jak se ukazuje v kapitole 4.3 citované publikace.

3.

JAKÉ JSOU MOŽNOSTI VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?

V předchozí kapitole jsme zhodnotili výhody a nevýhody energeticky úsporného bydlení, ze kterého vyplynulo, že úsporné bydlení dává v podstatě smysl a nijak uživatele neomezuje. S jistou mírou nadsázky můžeme říci, že energeticky úsporné bydlení má v podstatě pouze samé výhody.

Nyní se zaměříme na možnosti vytápění a přípravy teplé vody (TV), které si nejlépe ukážeme na konkrétním příkladu. Z důvodu návaznosti nám jako objekt našeho zájmu poslouží stejný dům, který jsme posuzovali v předchozí knize¹⁴ a který má následující parametry:

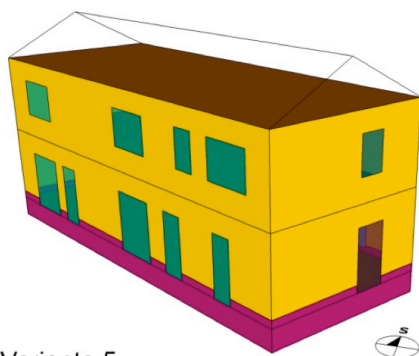
Zkoumaný rodinný dům je dvoupodlažní. Střecha je sedlová, nicméně hranici vytápěné obálky tvoří konstrukce stropu nevytápěné půdy, proto jsou konstrukce střechy v zobrazených schématech průhledné. Objekt není podsklepen. Realizovaná varianta je postavena v provedení Varianty 6, tedy difúzně otevřená konstrukce v obci Praha-Vinoř. Půdorys domu tvoří obdélník, který je orientován delší stranou ve směru JZ-SV. Pro srovnávací výpočty jsme však zvolili Variantu 5, která má následující stavební technické parametry:

Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm

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

Obrázek 4:

VARIANTA 5 VPC
175 MM + ŠEDÝ EPS
300 MM.



Varianta 5

Pro porovnání systémů vytápění předpokládáme tedy energeticky úsporný dům, dokonce na úrovni pasivního standardu. Vnitřní podlahová plocha je v modelech zachována jednotně. Metodicky se však počítá s energeticky vztahnou plochou stanovenou z vnějších rozměrů. Tato je pro každou variantu stavebních konstrukcí rozdílná, protože se mění celková tloušťka stavební konstrukce. Ve smyslu přípustného zjednodušení budeme proto pracovat s průměrnou tepelnou ztrátou a s průměrnou potřebou tepla na vytápění, protože pro každou z uvažovaných úsporných variant jsou tyto trochu odlišné.

¹⁴ Beranovský, J., Pokorný, J. (2014) Je úsporný dům opravdu úsporný? Z čeho postavit úsporný dům. [online] EkoWATT z. s., Praha. ISBN: 978-80-87333-10-5. Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT. Dostupné z http://ekowatt.cz/cz/publikace/Je_úsporny_dum_opravdu_úsporny.





Následující varianty vytápění a přípravy teplé vody tedy reprezentují různé přístupy a typické případy pro dům s výpočtovou ztrátou 3,1 kW s potřebou tepla 20 kWh/(m²·rok). Účinnost rekuperace ve výpočtech uvažujeme 80 %, referenční příkon se uvažuje 0,19 W/(m³·h).

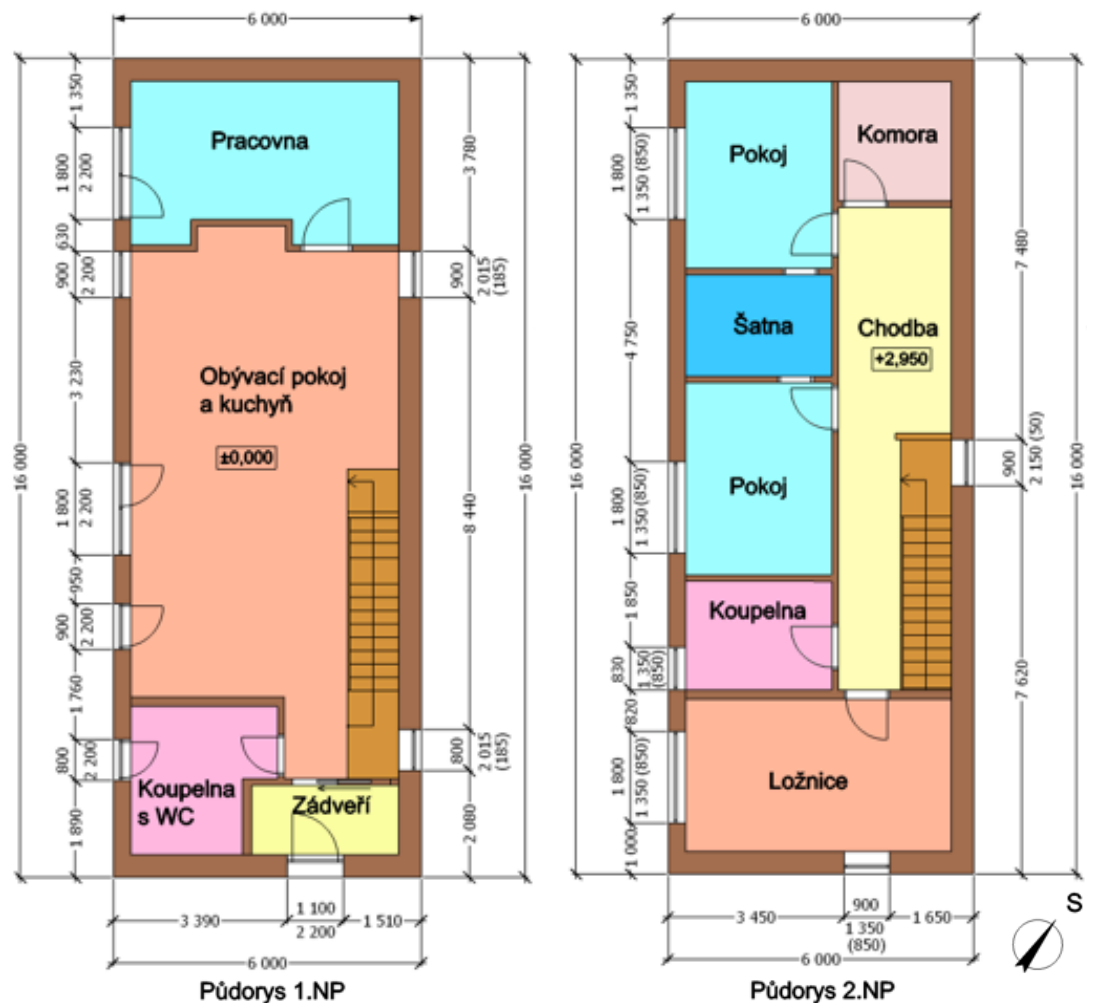
Obrázek 5:
REALIZOVANÝ PASIVNÍ
RODINNÝ DŮM V OBCI
PRAHA-VINOŘ.

Foto: Origis, www.origis.cz.



Obrázek 6:
REALIZOVANÝ PASIVNÍ
RODINNÝ DŮM V OBCI
PRAHA-VINOŘ,
PŮDORYS

Foto: Origis, www.origis.cz.





Tabulka 2:
HODNOCENÍ ENERGETICKÉ POTŘEBY PODLE TNI 73 0329 PRO JEDNOTLIVÉ VARIANTY.

RD VINOŘ	Varianty	0		1	2	3	4	5	6	7
		Požadovaná U	Doporučená U							
Popis variant	jednotka	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 dřevovlákn 60 mm + celulóza 260 mm a 360 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Potřeba tepla na vytápění	MWh	13,55	12,14	3,98	3,78	4,04	4,21	3,91	4,02	3,86
Měrná tepelná ztráta	W/K	198,7	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 vztázná podlahová plocha z vnějších rozměrů	m ²	198,8	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Měrná potřeba tepla na vytápění – hodnocená budova	kWh/(m ² .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/(m ² .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

Všechny úsporné „stavebně technické“ Varianty 1–7 mají velmi nízké tepelné ztráty (3,1–3,3 kW) i potřeby tepla na vytápění (3,8–4,2 MWh). Tabulka 2 ukazuje, že oproti variantám referenčním je tepelná ztráta podle metodiky TNI 73 0329 přibližně poloviční a měrná potřeba tepla na vytápění je přibližně třetinová proti variantám běžným.

Výhodou energeticky úsporných domů je jejich nízká tepelná ztráta. To znamená, že na dodání potřebné energie na vytápění stačí malý výkon zdroje. Pokud je dům dokonce v pasivním standardu podle certifikace Passivhaus Institut Darmstadt, nemusí mít žádný aktivní zdroj vytápění a postačují pro jeho vytápění pouze vnitřní zdroje. Tedy za předpokladu, že nám stačí vnitřní teplota na úrovni 20°C. V našich končinách si obvykle raději přitopíme, proto je dobré s nějakým zdrojem tepla při návrhu domu počítat.





Navíc česká metodika pro pasivní domy je poněkud „měkčí“. Důvodem jsou mj. klimatické podmínky. V ČR je méně hodin slunečního svitu než v Rakousku či na jihu Německa. Kromě toho vnitrozemské klima má obecně nižší vlhkost vzduchu, například v únoru. Při řízeném větrání, které je vhodné kombinovat s dohřevem, mohou proto nastat situace, kdy je relativní vlhkost pod doporučenou úrovní 40 %. Není proto vhodné zase „převětrávat“, protože vyšší výměna vzduchu interiéru příliš vysušuje.

3.1. JAK VYBRAT VHODNÝ ZDROJ ENERGIE (TEPLA)?

V první řadě je nutné promyslet výběr vhodného energetického nosiče, tzv. energonositele, což je v podstatě palivo, které využíváme. Může to být zemní plyn, elektřina, dálkové teplo, uhlí, dřevo nebo energie okolního prostředí, např. energie Slunce apod. Pro účely zpracování průkazů energetické náročnosti (PENB) používá následující členění dle ukázky v tabulce:¹⁵

Příklad označení v PENB:

Tabulka 3:

DRUHY ENERGNOSITELŮ
PODLE VYHLÁŠKY
78/2013 SB. O ENERGETICKÉ
NÁROČNOSTI BUDOV.

Druhy energie (energonositele) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan-butan/LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn	<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): <i>podíl OZE:</i> <input type="checkbox"/> do 50 % včetně, <input type="checkbox"/> nad 50 do 80 %, <input type="checkbox"/> nad 80 %,	
<input type="checkbox"/> Energie okolního prostředí (např. sluneční energie): <i>účel:</i> <input type="checkbox"/> na vytápění, <input type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie,	
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	

Pro výběr základního konceptu je však užitečnější následující Tabulka 4, uvedená v Příloze 3 zmíněné vyhlášky, protože umožňuje výběr vhodného nosiče energie i z ekologického hlediska. Průkaz energetické náročnosti, který je nutné zpracovat pro novostavbu i větší změnu dokončené budovy, hodnotí i podíl tzv. neobnovitelné primární energie. Je to způsob hodnocení vlivu na životní prostředí. Podíl neobnovitelné primární energie musí být nižší nebo rovný, než je referenční hodnota stanovená pro úplně stejný objekt nastavený na optimální předepsané parametry.

Tabulka 4 zjednodušeně popisuje, jakou zátěž životnímu prostředí volba konkrétního energonositele způsobí. Např. spotřebujeme-li 1 kWh elektrické energie, vyvoláme tím celkovou spotřebu 3 kWh, které se spotřebují v důsledku účinnosti výroby v elektrárně a ztrát přenosem a distribucí v rozvodné síti. Tato spotřeba je v podstatě nevratná. Pokud vytápíme dřevem, tedy biomasou, dojde za několik desítek let k jeho obnově. Na jeho zpracování však spotřebujeme určité množství elektřiny a paliv na pokácení, převezení a rozřezání. Tomu odpovídá faktor 0,1. Pokud využijeme energii ze Slunce v solárním systému přípravy teplé vody, nebo ze vzduchu či země pro provoz tepelného čerpadla, pak je faktor 0. Tato energie je plně obnovitelná. Volbou energonositele v kombinaci se stavebními opatřeními můžeme významně ovlivnit zátěž na životní prostředí. Čím méně energie spotřebujeme, tím menší bude mít naše stavba celkový dopad:

¹⁵ Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Aktuální znění 01.12.2015 [online] Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>.





Příloha č. 3 k vyhlášce č. 78/2012 Sb.: Faktory primární energie hodnocené budovy:

Tabulka 4:
HODNOTY
FAKTORU
PRIMÁRNÍ
ENERGIE PRO
HODNOCENOU
BUDOVU.

PŘÍLOHA Č. 3 K VYHLÁŠCE Č. 78/2012 SB.: FAKTORY PRIMÁRNÍ ENERGIE HODNOCENÉ BUDOVY:		
Energonositel	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie
Zemní plyn (kotel nebo KGJ)	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektřina (elektrokotel, přímotopné nebo sálavé panely, akumulace, zásobníkový ohřev, topné elektrické rohože, ale i přímý elektrický ohřev TV)	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (např. sluneční energie na vytápění, pro přípravu TV, na výrobu elektrické energie nebo tepelná čerpadla apod.)	1,0	0,0
Elektřina - dodávka mimo budovu	-3,2	-3,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem obnovitelných zdrojů	1,1	1,0
Ostatní neuvedené energonositele (jiná paliva nebo jiný typ zásobování)	37	ANO

Čistě z pohledu neobnovitelné primární energie (NPE) jsou pro vytápění běžných rodinných domů nejvhodnější tepelná čerpadla. Podobné výsledné hodnoty NPE má i zemní plyn či propan-butan. Dřevěné peletky či kusové dřevo, nebo ekologické spalování hnědého či černého uhlí je v hodnotách NPE také na nízkých úrovních. Využití čistě elektrické energie je prakticky možné vyloučit.

Jiná situace je u úsporných domů s velmi nízkou energetickou náročností, které mají velmi malou tepelnou ztrátu v části vytápění, často i nižší než 2 kW. U těchto domů je možné již v této fázi vyloučit uhlí nebo velké kotle na dřevo. Jinak je nutné je doplnit o akumulační zásobníky, protože výkon kotlů je násobně vyšší než odběr energie. Nehledě na skutečnost, že postupem času budou tyto zdroje znevýhodňovány s ohledem na ochranu životního prostředí. Do budoucna lze u hnědého uhlí očekávat zatížení vyšším ekologickým zdaněním. Naopak se do hry vrací i elektrická energie, kdy díky malému požadavku na dodávku energie, výsledná hodnota NPE není extrémní. Při optimalizaci je dokonce možné splnit i přísnější požadavky dotačních titulů. O tom si ale povíme později.

Palivo je vhodné vybírat podle následujících kritérií:

➡ **LOKÁLNÍ DOSTUPNOST:** U elektřiny je účelné zjistit, zda je k dispozici dostatečně silná přípojka. V řadě lokalit není zemní plyn dostupný vůbec. Proti tomu propan-butan nebo pelety či dřevěné brikety jsou k dispozici obvykle kdekoliv, dokonce i v běžných prodejních řetězcích a není nutné je skladovat. Problémy mohou být lokálně s kusovým dřevem.





➤ **UŽIVATELSKÝ KOMFORT:** Vytápění tepelnými čerpadly, elektřinou a zemním plynem je plně automatizované a má vysoký uživatelský komfort. Vytápění peletami má také automatické přikládání, musíme však nosit palivo, plnit jej do zásobníku a občas vynášet popel. Při vytápění dřevem je nutná příprava paliva, jeho skladování, aby vyschlo a opět manipulace s popelem. Dřevěná paliva mají výhodu nižší popelnatosti (0,5–2%)^{16, 17}, účinnost spalování může být až 87%.¹⁸

Jenom pro srovnání průměrná roční účinnost výroby tepla je u elektrokotle 95–99%, podobně jako u plyných paliv, nepočítáme-li ovšem ještě ztrátu v rozvodech tepla. U přímotopného elektrického vytápění je až 100%. Celková účinnost přitom úzce souvisí s celkovými náklady na vytápění za dobu životnosti.

➤ **CELKOVÉ NÁKLADY NA VLASTNICTVÍ:** Toto velmi užitečné kritérium nás informuje o veškerých investičních a provozních nákladech, které vyplývají z vlastnictví za předpokládanou dobu životnosti. Zvědavější čtenáři asi vědí, že v anglické literatuře je toto kritérium dohledatelné pod heslem Total Costs of Ownership (TCO) a že se jedná v podstatě o modifikované kritérium NPV výdajů počítané bez diskontování a růstu cen energií. Více nám odhalí Kapitola 5.

Je užitečné si uvědomit, že vytápění plynem, dřevem či peletami mají za následek investici do komína a že komíny a všechny zdroje bez rozdílu (u tepelných čerpadel záleží na množství chladiva), vyjma elektrického kotle a přímotopu, potřebují jednou ročně revizi apod.

Zároveň se nám odhalí i vynucené investice, které vzniknou jako důsledek používání fosilních paliv: Například vytápění elektřinou má za následek investice do nějakého obnovitelného zdroje, například do fotovoltaické elektrárny (FVE) nebo vytápění biomasou, abychom vyhověli kritériu na spotřebu neobnovitelné primární energie.

Bohužel neexistuje univerzální návod na splnění kritéria neobnovitelné primární energie, protože se počítá ze společného vlivu dalších kritérií. Trochu nám sice napoví výše uvedená Tabulka 4, v konečném důsledku však jde o kombinaci průměrného koeficientu prostupu tepla, volby paliva a účinnosti zvoleného zdroje tepla. Podrobněji se této problematice věnujeme v Kapitole 5.2. V této fázi plánování je spíše užitečné si uvědomit, jak budeme dům užívat. Koho nebaví přikládat do krbu nebo kamen a starat se o palivo a popel, toho nemá smysl nutit do vytápění dřevem či peletami. Může si však pořídit designový krb na biolih, kde jsou sice náklady na palivo vyšší, ale svou službu doplňkového zdroje tepla splní. Vytápění biomasou se často používá jako doplňkový zdroj nebo jako relaxační a dekorační prvek.

3.2. JAKÉ ZVOLIT VYTÁPĚNÍ: TEPOVODNÍ, TEPOVZDUŠNÉ NEBO SÁLAVÉ?

Dokonce i někteří znalí investoři energeticky úsporných domů se někdy mýlí a nerozlišují mezi zdrojem tepla, rozvodem tepla a řízeným větráním s rekuperací (zpětné získávání tepla). Investor, zmatený z protichůdných a nepřesných informací dává potom chybná zadání typu: „Topit budu tepelným čerpadlem nebo rekuperací“.

NA CO SI TEDY DÁT POZOR?

➤ **ZDROJ TEPLA:** Zjednodušeně se jedná o zařízení, které spotřebovává energii a vyrábí teplo. Zdrojem energie pro takové zařízení může být elektrická energie, biomasa, zemní plyn apod. Může využívat i energii okolního prostředí (vzduchu nebo země). Zdrojem tepla máme tedy na mysli tepelné čerpadlo, elektrický kotel či přímotopný radiátor nebo topné kabely, plynový kondenzační kotel, kamna na biomasu apod.

16 M. Řebíček, "Výroba a distribuce dřevěných pelet v ČR." [online] Firemní článek CDP IVORY, s.r.o. TZB-info, Available from: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8965-vyroba-a-distribuce-drevenych-pelet-v-cr> (Accessed May 2, 2017)

17 Firemní materiály PELLETIA s.r.o. (2001) Zkušební vysvědčení z Ústavu pro výzkum a využití paliv v Praze-Běchovicích. [online] TZB-info, Odborný internetový server. Available from: <http://www.tzb-info.cz/485-peletky-od-firmy-pelletia> (Accessed May 2, 2017)

18 Z. Lyčka, "Náklady na vytápění dřevními peletami". [online] TZB-info, Odborný internetový server. Available from: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6263-naklady-na-vytopeni-drevnimi-peletami> (Accessed May 2, 2017)

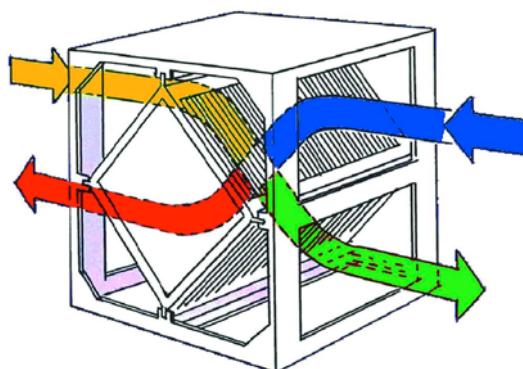


- **ROZVOD TEPLA:** Jedná se o systém, který rozvádí teplo od centrálního zdroje do jednotlivých místností. Může se jednat o teplovodní rozvod s radiátory nebo podlahovým topením. Rozvody mohou být i teplo-vzdušné, kdy je energie rozváděna pomocí ohřátého vzduchu.
- **ŘÍZENÉ VĚTRÁNÍ (VZDUCHOTECHNIKA – VZT):** Je zařízení, které zajišťuje výměnu vzduchu v objektu, pokud v objektu nevětráme pouze okny.
- **REKUPERACE (ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA – ZZT):** Řízené větrání je možné doplnit o rekuperaci, tedy zpětné získávání tepla. Odváděný teplý vzduch predehřívá chladnější venkovní čerstvý vzduch. Účinnost předání tepla je relativně vysoká, běžně 80–92 %, avšak vzduch na vstupu do objektu nikdy nemá teplotu stejnou, jako vzduch odváděný. Proto je nutné přiváděný větrací vzduch dohřívát na teplotu interiéru, aby nám bylo příjemně. Dohřívát je možné topnou soustavou v místnostech nebo integrovaným ohříváčem přímo ve vzduchotechnickém zařízení (VZT). Pokud se vzduch ohřívá na vyšší teplotu, než je interiér, může částečně pokrývat i požadavek na vytápění.

Poznámka: V začátcích výstavby úsporných domů v ČR se prakticky výhradně používal systém teplovzdušného cirkulačního vytápění a větrání, kdy část vzduchu v objektu pouze cirkulovala a vytápěla obytné části objektu energií ze zdroje tepla. Takto sdruženým systémem je možné objekt v letním období i chladit, pokud se připojí na zdroj chladu, například tepelné čerpadlo.

Obrázek 7:
PRINCIP REKUPERAČNÍHO
VÝMĚNÍKU (JEDNA Z ČÁSTÍ
SYSTÉMU ŘÍZENÉHO
VĚTRÁNÍ)

Zdroj: ATREA s. r. o., www.atrea.cz



Obrázek 8:
REKUPERAČNÍ VÝMĚNÍK
S DOHŘEVEM VÝSTUPNÍHO
VZDUCHU.

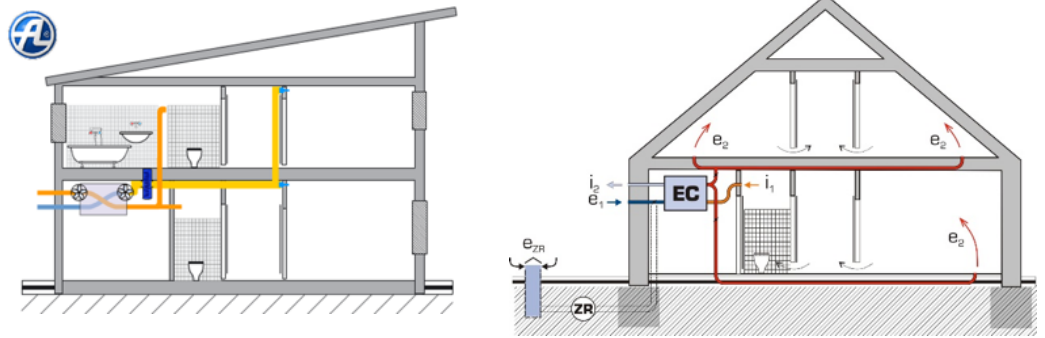
Zdroj: ATREA s. r. o., www.atrea.cz





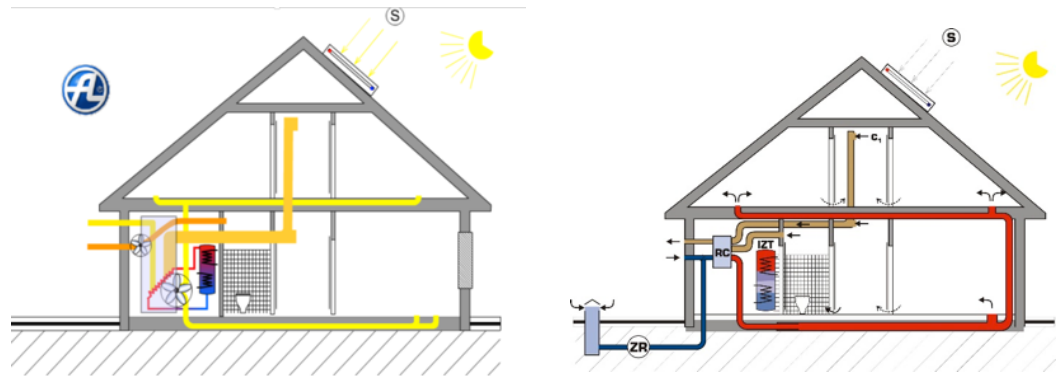
Obrázek 9:
SYSTÉM ROVNOTLAKÉHO
ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ
S REKUPERACÍ.

Zdroj: ATREA s. r. o., www.atrea.cz



Obrázek 10:
SYSTÉM CÍRKULAČNÍHO
TEPLOVZDUŠNÉHO
VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ
S REKUPERACÍ
A AKUMULAČNÍM
ZÁSOBNÍKEM TEPLA.

Zdroj: ATREA s. r. o., www.atrea.cz



V úsporných domech se používají zpravidla tři základní koncepty vytápění: Teplovodní, teplovzdušné a sálavé.

TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ: Je nejvíce rozšířené, do úsporných domů však může být zbytečně předimenzované, dokonce i v současnosti často preferovaných podlahových variantách. Podlahové teplovodní vytápění má významnou estetickou výhodu v tom, že není vidět. Jeho nevýhodou je však značná tepelná setrvačnost, což zejména v úsporném domě můžeme vnímat jako málo komfortní. Navíc podlahové vytápění do značné míry předurčuje volbu podlahové krytiny. Pro podlahové vytápění je nejvhodnější dlažba nebo vinyl. Jakákoliv jiná krytina působí jako, byť malá, ale tepelná izolace. V praxi se může stát, že třeba pečeme vánoční cukroví a teplota v kuchyni a obývací pokoji stoupne, podlahové vytápění však zareaguje až za několik hodin.

Radiátory na tuto skutečnost zareagují mnohem rychleji a ve spojení s termostatickými ventily či kvalitní regulací se včas uzavřou. V úsporném domě přitom není nutné mít radiátory pod každým oknem nebo vytápět každou místnost, jak se stále celá řada topenářů mylně domnívá. Bohužel i dnes je možné se setkat s projektem vytápění o celkovém výkonu 14 kW do domu s tepelnou ztrátou 5 kW, protože někteří projektanti pracují pouze na základě zkušeností s předchozími realizacemi běžných domů. Radiátory dnes mohou být i krásné, „designové“ a mohou se v úsporném domě umístit kamkoliv, třeba nad dveře nebo je možné je zapustit do podlahy a překrýt mřížkou apod. Nevýhodou radiátorů je, že jsou vidět, je třeba z nich utírat prach a zabírají významně prostor.

Obecnou nevýhodou teplovodního vytápění jsou jeho relativně vysoké pořizovací náklady, protože rozvody tepla (rozvaděč, trubky) jsou vyrobené obvykle z velmi kvalitních materiálů a je navíc je třeba někam umístit. Výhodou je relativně snadné zásobování teplem.

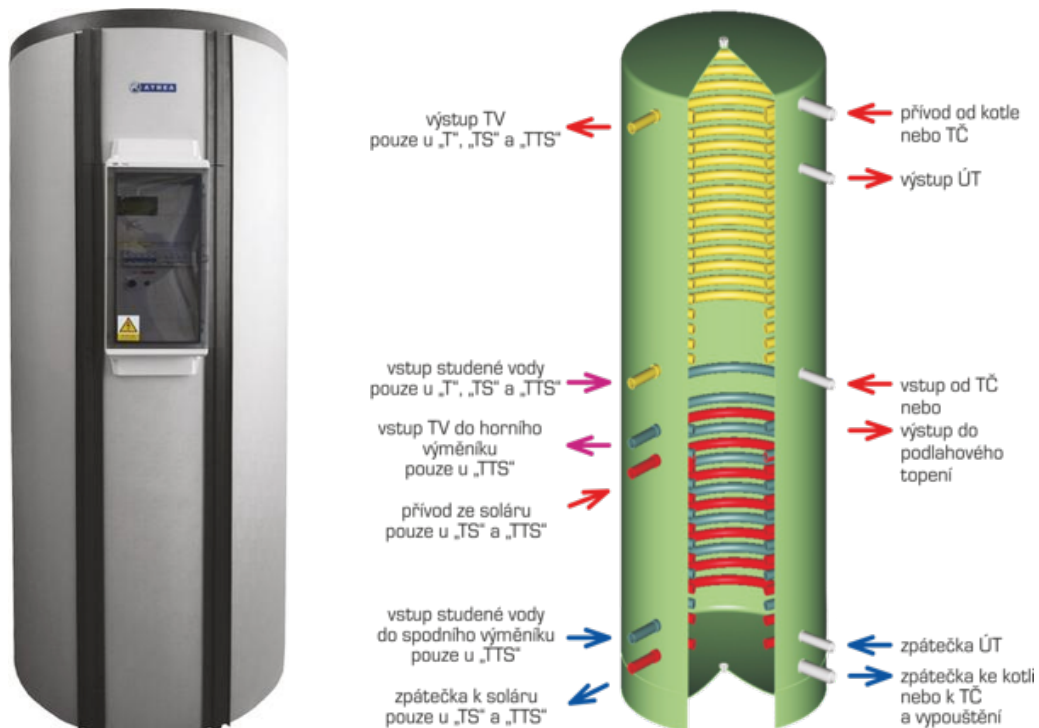
Jako zdroj lze použít kterýkoliv z výše jmenovaných, tedy tepelné čerpadlo, kotel na plyn, kotel, kamna či krb na pelety, elektrokotel apod. Vhodné je také využití, tzv. integrovaného zásobníku tepla (IZT), což je kombinovaná akumuláční nádrž, která umožňuje připojení několika zdrojů tepla a zároveň připravuje teplou vodu, kromě kotle nebo tepelného čerpadla, například i kamen, krbu či slunečního kolektoru.





Obrázek 11:
INTEGROVANÝ AKUMULAČNÍ
ZÁSOBNÍK TEPLA, PRINCIP.

Zdroj: ATREA s. r. o., www.atrea.cz



Obrázek 12:
KRB, KRBOVÁ
KAMNA NA PELETY
S AUTOMATICKÝM
PŘIKLÁDÁNÍM.

Zdroj: Česká peleta / Centrum pasivního domu, www.pasivnidomy.cz



Obrázek 13:
KRBOVÁ KAMNA
NA PELETY
S AUTOMATICKÝM
PŘIKLÁDÁNÍM.

Zdroj: Česká peleta, www.ceska-peleta.cz



➤ **TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ:** Je také velmi atraktivní koncept. Jeho nespornou výhodou je relativně rychlá reakce na aktuální požadavky, respektive rychlá odezva na požadavky regulace. Vzduchotechnické rozvody pro vytápění se umísťují do podlahy nebo do podhledů. Do stěn to není praktické, protože mají větší průřez potrubí a i v jejich plochých variantách mají výšku několika centimetrů. S touto výškou navíc je třeba potom počítat v projektu domu a je třeba jej trochu zvýšit, což zase zvyšuje jeho cenu. Tato skutečnost se někdy řeší zabudováním rozvodů vzduchu do tepelné izolace v podlaze v přízemí nebo do akustické izolace v patře. Lokálně se sice vyrobí tepelný nebo akustický most, ale pokud není rozvodů mnoho a výpočty vyjdou v pořádku, není třeba se obávat.

Mezi teplotovzdušnými systémy je nutné rozlišovat. V nejjednodušší, avšak neregulované formě, na teplotovzdušném principu fungují rozvody tepla u krbů nebo krbových kamen, kde se teplo rozvádí potrubím a ventilátory do dalších místností. Tyto se obecně vnímají jako rozvody teplého, až horkého vzduchu, kde se požadují velké průměry vzduchovodů. Často se od krbů odvádí vzduch i o teplotě nad 90°C, proto jsou na ně kladeny i požadavky z hlediska požární ochrany. Ohřevem vnitřního vzduchu na vysokou teplotu velmi klesá jeho okamžitá relativní vlhkost. Ačkoliv množství vody ve vzduchu se neztrácí, může být v interiéru nárazově přetopeno a relativní vlhkost může klesat pod 30 %.

➤ **CIRKULAČNÍ TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ** zajišťuje pomocí vzduchotechnického zařízení zpravidla primárním okruhem vytápění obytných místností a sekundárním pak větrání WC, koupelen a celého domu. Obvykle pracuje s teplotou přiváděného topného vzduchu do cca 45°C, podobně jako radiátory na nízkém teplotním spádu. Výhodou je, že místo radiátorů jsou v místnostech pouze snadno čistitelné výústky napojené na centrální ohřivač ve vzduchotechnické jednotce. Zdrojem tepla mohou být opět tepelná čerpadla, kotle na plyn či pelety, kamna či krb na pelety nebo dřevo, elektrokotel apod. Podobně jako u ostatních systémů vytápění je velmi vhodná kombinace s akumulací tepla, které je možné „nabíjet“ různými zdroji (elektrická záložní spirála, TČ vyšších výkonů, kamna s teplovodním výměníkem, solární nebo fotovoltaický systém apod.) Srovnávací akumulací zásobník zabezpečí rovnoměrnou distribuci tepla a zároveň připravuje teplou vodu.





Za určitých okolností, tedy pokud to dispozice a hlavně kvalita domu dovolují, je možné, pomocí doplnění běžných rovnotlakých rozvodů vzduchotechnického systému o jednu cirkulační trasu, rozvádět teplo po celém domě. Z historie posledních 20 let jsou vnímané podlahové rozvody cirkulačního vytápění, zpětné trasy a zařízení samotné, jako velké, zabírající prostor a také drahé. Systémy té doby však byly dimenzovány na pokrytí tepelných ztrát objektů 5–9 kW, bylo proto nutné je dimenzovat na větší množství vzduchu, než odpovídá větrání. (Obvykle min. 100 / max. 160 m³/h, přitom cirkulace interiérového vzduchu bývala 400/1000 m³/h) Důvodem je, že vzduch je „řidší“ médium (má menší tepelnou kapacitu), proto jej musíme dopravit více než např. vody, abychom dosáhli požadovaného přenosu tepla. Pro současné velmi dobře tepelně izolované domy však stačí množství cirkulačního vzduchu na úrovni 200/350 m³/h, a je tak možné používat dimenze rozvodů odpovídající rovnotlakému větrání. Tyto starosti s návrhem a dimenzováním však přenecháme kvalitnímu projektantovi vzduchotechniky.

Pokud je dům hodně kvalitní je možné jej dokonce vytápět tepelným čerpadlem vzduch-vzduch za pomoci systému „split“¹⁹, aniž bychom v exteriéru měli komplikace s hlukem venkovních jednotek. V případě velmi nízkých teplot je možné přitopit kompaktními přímotopnými radiátory či sálavými panely. Toto minimalistické řešení dokonce umožňuje v některých případech snížit celkovou výšku domu, protože není nutné pamatovat na výškovou rezervu pro technický pohled, tím se šetří investiční náklady. Je však dobré si uvědomit, že jakékoliv čistě elektrické vytápění má za následek dodatečné investice na kompenzaci využívání neobnovitelné energie. Tím se dostáváme ke třetímu typu, kterým je sálavé vytápění.

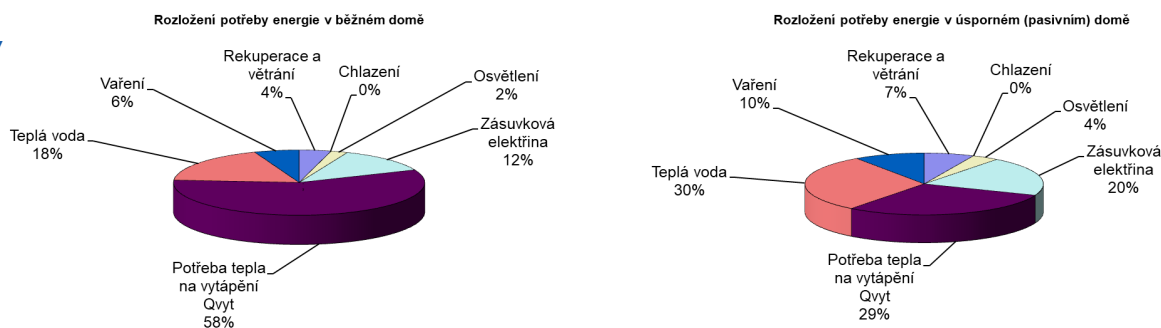
► **SÁLAVÉ VYTÁPĚNÍ:** Jedná se o nejjednodušší systém z výše uvedených. U úsporných domů znamená v podstatě vytápění elektrickými přímotopnými panely nebo přímotopnými rohožemi zabudovanými do ostění či přímotopnými kabely umístěnými do podlahy. Dodatečné investice do FVE či vytápění biomasou na kompenzaci využívání neobnovitelné energie srovnávají tento investičně nenáročný zdroj s ostatními. Jeho nespornou výhodou je jednoduchost a nízké nároky na údržbu. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady (na palivo), které je však možné snížit vyšším využitím alternativního zdroje na biomasu.

3.3. JAKÝ ZVOLIT CELKOVÝ KONCEPT PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?

Příprava teplé vody v úsporném domě v porovnání s běžným domem zaujímá podstatnou část energetické bilance. Z obrázků je vidět, že zatímco běžný dům má většinu potřeby koncentrovanou na vytápění, potřeba tepla na přípravu teplé vody tvoří přibližně třetinu potřeby tepla na vytápění. U energeticky úsporného domu je potřeba tepla na přípravu teplé vody na úrovni vytápění.

Obrázek 14:
ROZLOŽENÍ SPOTŘEBY
ENERGIÍ V BĚŽNÉM
A ÚSPORNÉM
(PASIVNÍM) DOMĚ.

Zdroj: EkoWATT



¹⁹ Split = dělený systém: Tepelné čerpadlo je rozděleno na dvě části, vnější jednotku a vnitřní jednotku. Z vnější jednotky, která obsahuje kompresor, ventilátor a výparník, se vede horké chladivo měděným potrubím do vnitřní části, která obsahuje tepelný výměník, ventilátor a regulaci, případně bivalentní zdroj a oběhové čerpadlo. Vnitřní jednotky mohou být stropní, parapetní nebo nástěnné.





Z výše uvedeného vyplývá, že přípravě teplé vody je třeba věnovat značnou pozornost. Z běžného pohledu se jako nejvhodnější jeví příprava teplé vody stejným základním zdrojem, kterým vytápíme. Ovšem u úsporných domů se vytápění týká zpravidla pouze 4 měsíců v roce a má celkově nižší spotřebu, než příprava TV, která je celoroční. Proto nemusíme být tímto běžným názorem svazováni. V každém případě musíme volit způsob ohřevu odpovídající předpokládané spotřebě.

Například u plynového kotle je zásobník o objemu 50–120 l ideální, protože nemá smysl akumulovat teplou vodu, když ji můžeme relativně rychle dohřát plynovým kotlem na „rozumnou“ teplotu 60°C. Přitom je zřejmé, že například není nutné pro jednu osobu instalovat akumulací zásobník o objemu 1 000 l a pro čtyřčlennou rodinu není nejvhodnější boiler objemu 80 l s požadavkem na rychlý dohřev elektrickou energií. Do rozhodnutí je však nutné zakomponovat povinnost splnění kritéria neobnovitelné primární energie (NPE), případně i možnost čerpání dotačních titulů, kde jsou požadavky ještě přísnější. Z toho vyplývá možnost využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE), jako jsou solární systémy na elektřinu či teplou vodu apod.

3.4. ZPŮSOBY PŘÍPRAVY TV

➤ **PRVNÍ MOŽNOST, AKUMULAČNÍ OHŘEV TEPLÉ VODY**, který byl využíván už v první generaci energeticky úsporných domů v ČR (v podstatě se jednalo již o domy v pasivním standardu). Obvykle byly voleny akumulací zásobníky větších objemů pro kombinované využití jak pro ohřev teplé vody, tak i pro vytápění, které umožňují připojení různých zdrojů tepla. Například sluneční kolektory nebo elektrokotel s kamny, krbem či tepelným čerpadlem apod. Použití vycházelo z technických důvodů, protože nebyly k dispozici zdroje tepla malých výkonů odpovídající parametrům a požadavkům domů. Současná nabídka zdrojů je mnohem bohatší, přesto je akumulací zásobník stále velmi vhodný při kombinaci více různých zdrojů v celkovém konceptu.

Akumulací zásobník tepla, např. integrovaný zásobník tepla (IZT) je nádrž trvale naplněná topnou vodou, ve které jsou vnořené průtočné výměníky. Akumulací náplň je přímo ohřívána zdrojem tepla nebo vnořeným výměníkem solárního systému. Další vnořený výměník, obvykle na celou výšku zásobníku, zajišťuje ohřev teplé vody. Základní funkcí zásobníku je vyrovnávání nesoučasnosti dodávaného a odebíraného tepla z jednotlivých zdrojů a spotřebičů. Pro nabíjení zásobníku je možné kombinovat tepelná čerpadla, krby, kotle na biomasu nebo kamna na pelety či solární nebo fotovoltaický systém. V kombinaci s elektrickými spirálami může IZT fungovat i jako elektrokotel s akumulací. V určitých případech může být jako zdroj tepla využit i kotel na plyn. Zásobníky mají dlouhou životnost, protože akumulací voda je bez kyslíku podporujícího korozi. Pitná voda vstupuje pouze do nerezových výměníků. Díky průtočnému výměníku pro ohřev teplé vody není třeba zásobník nahřívát nad 60°C pro potlačení růstu bakterií Legionella, což je nutné u přímých zásobníků (boilerů), kdy je celý objem tohoto zásobníku tvořen přímo ohřívanou pitnou vodou. Nevýhodou tohoto řešení jsou vyšší pořizovací náklady a celková složitost systému, kde je vyšší pravděpodobnost, že se něco pokazí.

Výhodou je také možnost použití regulačně hůře ovladatelných zařízení (např. tepelné čerpadlo systému ON/OFF nebo kamen na biomasu s ručním přikládáním) pro využití v energeticky úsporném domě, kdy za nižší pořizovací náklady dosáhneme vhodných parametrů komfortu provozu domu a využijeme i dotační tituly. Zároveň je možné na zásobník napojit v budoucnosti i další zdroje.

Výraznou výhodou je i využití stratifikace (vrstvení) teplot v zásobníku. Například tepelné čerpadlo ohřívá spodní část zásobníku na teplotu 35°C na základě požadavků podlahového vytápění a horní část zásobníku na teplotu kolem 50°C pro teplou vodu. Přitom se studená pitná voda (při průtokové přípravě TV) nejdříve přehřívá z teploty vodovodního řádu na cca 35°C ve spodní části zásobníku od topné vody pro podlahové vytápění, přehřívá potom pokračuje výměníkem uvnitř zásobníku do horní části, kde je dohřívána na výstup 50°C. Zvyšuje se tak využití tepelného čerpadla a jeho sezónní topný faktor.

Pro solární systémy je vhodnější větší objem zásobníku, třeba až 500–1 000 l. Teplota ve větším zásobníku sice bude převážně nižší do 55°C, ale celková výtěžnost provozu solárního systému bude vyšší s dostatečnou kapacitou energie pro dodávku TV.





- **DRUHÁ MOŽNOST, ODDĚLENÍ OHŘEVU TEPLÉ VODY OD VYTÁPĚNÍ** při využití stejného zdroje tepla. Typickým příkladem je např. kondenzační plynový kotel s integrovaným zásobníkem teplé vody, nebo tepelné čerpadlo se zásobníkem teplé vody a napojením na systém vytápění. Příprava teplé vody se provádí obvykle v zásobníku o objemu 120–250l. Obecně přitom platí, že čím vyšší je teplota ohřevu, tím menší potřebujeme objem zásobníku. Pro plynový kondenzační kotel s integrovanou přípravou teplé vody na teplotu 60–65 °C, proto stačí objem zásobníku 120l. Pro tepelné čerpadlo s výstupní teplotou přibližně 50°C je vhodnější větší zásobník objemu 200–270l.
- **TŘETÍ MOŽNOSTÍ JE VYUŽITÍ SAMOSTATNÉHO ZDROJE PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY.** Zpravidla se jedná o elektrické akumulční zásobníky a průtokové ohříváče např. v kuchyních nebo v místech s malou a nárazovou spotřebou. Výhodou je relativně nízká cena, nevýhodou je využívání elektřiny, která zhoršuje koeficient neobnovitelných zdrojů. Pro čerpání z dotačního programu Nová zelená úsporám (NZÚ), a nejen pro něj, se osvědčuje vhodná kombinace samostatného systému vytápění, v některých případech dokonce i elektrických přímotopů, v kombinaci s malým tepelným čerpadlem vzduch-voda s integrovaným zásobníkem teplé vody o objemu dle typu 150–300l. Cenově je sice toto zařízení přibližně 5 x dražší než elektrický boiler, avšak prostá návratnost tepelného čerpadla proti přímému elektrickému ohřevu teplé vody je přibližně 5 let. Tento způsob ohřevu je vhodný pro dotační tituly, ale obecně pro využití i v jiných budovách.

4.

JAKÝ ZVOLIT TEDY CELKOVÝ KONCEPT VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY?

K volbě vhodného celkového konceptu je možné přistoupit z různých hledisek. Uživatelé rodinných domů však volí obvykle následující hlediska:

- **Pocitová**, kdy řeší obvykle, jaký typ je jim sympatický.
- **Ekonomická**, kdy zpravidla řeší pouze investiční náklady.
- Řada uživatelů se zaměřuje na **uživatelský komfort**.
- Zvědavější uživatelé se zbývají i **optimalizací provozních nákladů**.
- Někteří uživatelé volí dokonce vytápění biomasou z důvodů **ekologických a strategických**.

Vhodnými kombinacemi však snížíme požadavky na neobnovitelné zdroje a dosáhneme vyšší kvality domu. Výhodou je možnost čerpání dotací v programech Nová zelená úsporám a možnost zařazení našeho úsporného domu do lepší energetické třídy. Kvalitnější dům je za určitých okolností lépe prodejný.

Pozor, orientační investiční náklady jsou uvedeny v cenách bez DPH. Ve shrnutí na konci jsou potom uvedeny celkové investiční náklady včetně DPH.

4.1. VARIANTY: VHODNÉ KOMBINACE ZDROJŮ TEPLA

- **VARIANTA 0** (výchozí varianta pro porovnání): Zdrojem tepla na vytápění je elektrický přímotopný systém, například formou topných rohoží nebo sálavých panelů. Příprava teplé vody je řešena elektrickým zásobníkem o objemu 160l. Větrání objektu je okny, jedná se tedy o nekomfortní stav.

Investiční náklady u přímotopných panelů a topných rohoží (montují se do stěn pod omítku) se pohybují v rozmezí 15–80 tis. Kč/dům, podle kvality, výrobce, typu a regulace. Možností jsou i topné kabely, které umísťují do podlahy, náklady jsou potom vyšší, přibližně 70–150 tis. Kč. Boiler stojí cca 10 000 Kč plus montáž.

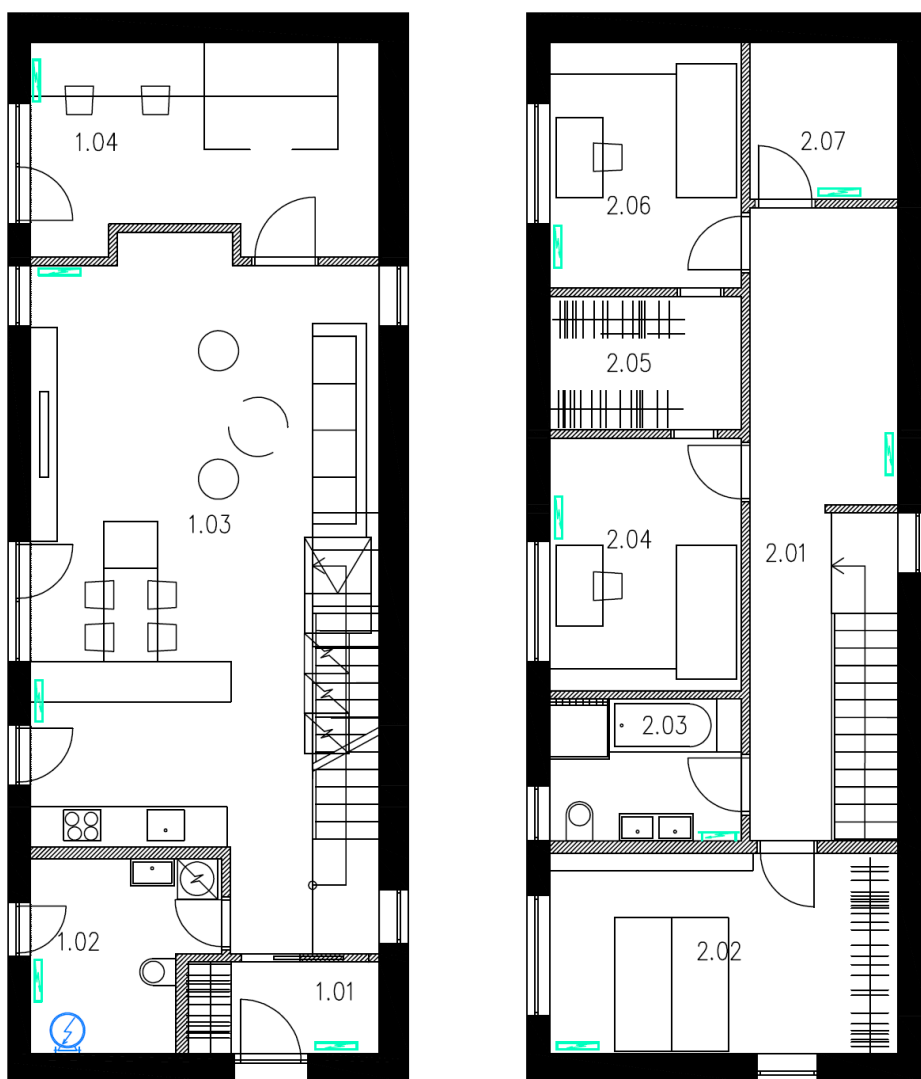


Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme 12 ks přímotopů s montáží pro referenční dům v ceně 54 000 Kč a elektrický boiler s montáží v ceně 17 000 Kč.

Účinnost využití energie pro výrobu tepla je 99% a sdílení cca 98%. Za současně platné legislativy objekt běžných parametrů provozovaný jen na elektrickou energii nespĺňuje systémové požadavky na neobnovitelnou primární energii (NPE), a proto stavební úřad neschválí realizaci. Je proto nutné buď zlepšit tepelně-technické parametry domu, nebo jej doplnit o investice do FVE nebo krbu či kamen, popř. alespoň krbu na biolih. Pozor, krby na biolih nelze využít v rámci programu NZÚ. Výhodou krbů na biolih je jejich možnost umístění kamkoliv do interiérů, navíc dům nemusí mít komín. Nevýhodou je, že palivo je relativně drahé a 1 kWh tepla vyjde na cca 16–80 Kč, podle kvality paliva. Některé levnější bioetanolů mají rozeznatelný odér a jsou tedy trochu cítit.

Obrázek 15:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 0.

Zdroj: Martin Jindrák



Obrázek 16 (vlevo):
**PŘÍMOTOPNÝ SÁLAVÝ
RADIÁTOR.**

Zdroj: FENIX/Centrum pasivního domu



Obrázek 17 (vpravo):
KRB NA BIOLÍH.

Zdroj: Centrum pasivního domu,
www.pasivnidomy.cz



Obrázek 18:
**PODLAHOVÉ ELEKTRICKÉ
TOPNÉ ROHOŽE.**

Zdroj: FENIX/Centrum pasivního domu



VARIANTA 1: Zdrojem tepla na vytápění je elektrický přímotopný systém, například formou topných rohoží nebo sálavých panelů. Příprava teplé vody je řešena elektrickým zásobníkem o objemu 160l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem vzduchu po rekuperaci tepla. Vzduch je odváděn z koupelen, WC a kuchyně, čerstvý je přiváděn do obytných místností.

Systém je v podstatě stejný jako Varianta 1, pouze je doplněn o rovnotlakou větrací jednotku s rekuperací odpadního tepla. Výhodou je výrazné zvýšení komfortu větrání a splnění optimálních hygienických parametrů. Energetická úspora zpětného získávání tepla, které je navrženo i u ostatních variant, je přibližně totožná ve všech případech a je závislá na počtu obyvatel, jejich činnosti a vybavenosti spotřebiči. Realizační náklad na rovnotlaké větrání se pohybuje od 90–180 tis. Kč podle kvality a výrobce vzduchotechnické jednotky se systémem regulace a podle kvality materiálu a rozvodů.

Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme náklady na přímotopné vytápění a přípravu teplé vody stejné jako u Varianty 0 (54 000 + 17 000 Kč). Systém rovnotlakého větrání je uvažován se vzduchotechnickou jednotkou na úrovni 43 000 Kč, celkové náklady s rozvody a montáží v ceně cca 130 000 Kč.

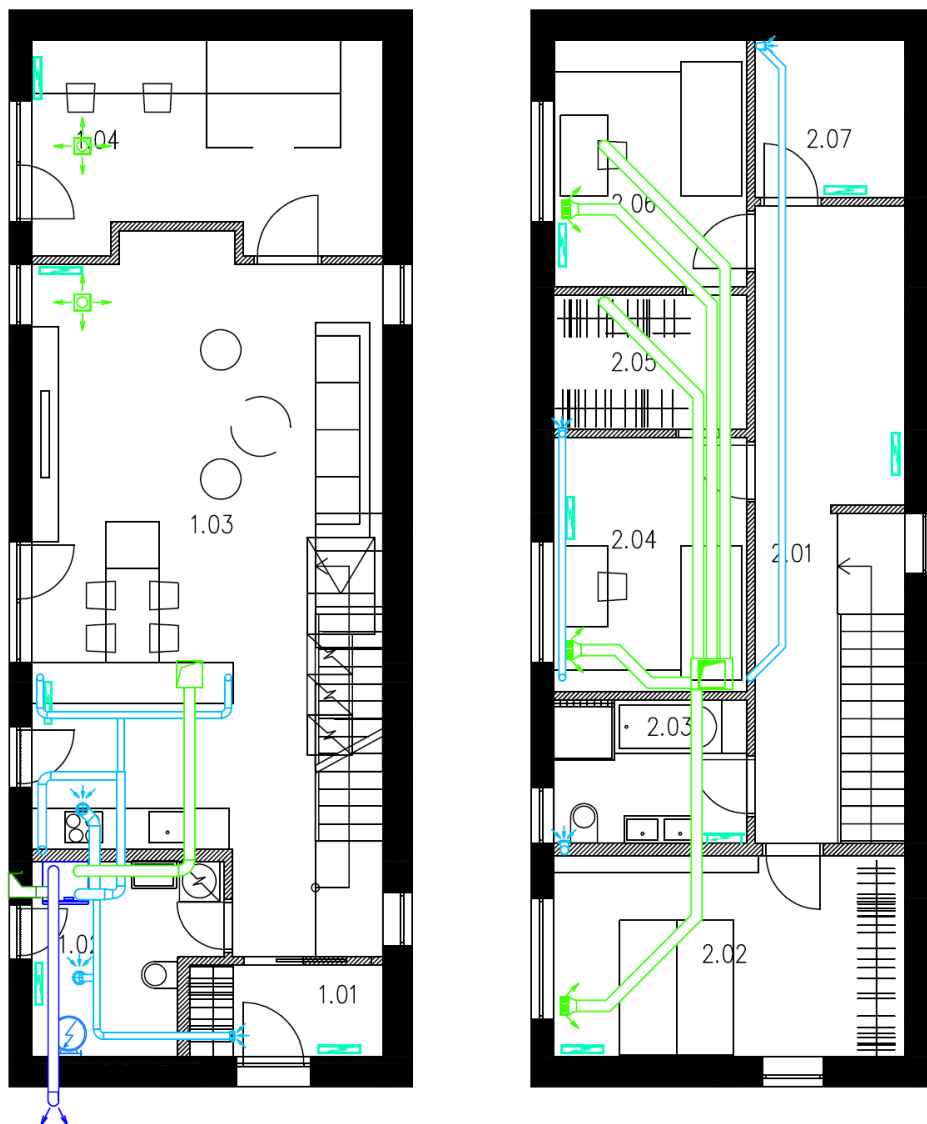
Účinnost přenosu tepla je 99% a sdílení přibližně 98%. Za současně platné legislativy takto vybavený objekt s velmi nízkou energetickou náročností už splňuje systémové požadavky na neobnovitelnou primární energii (NPE) pro schválení realizace stavebním úřadem. Nesplňuje ale kritérium NPE pro dotační tituly NZÚ, který je přísnější. Pro jeho splnění je potřeba návrh doplnit např. o FVE systém, nebo např. změnit způsob přípravy teplé vody zároveň s ještě lepšími parametry obálky budovy.





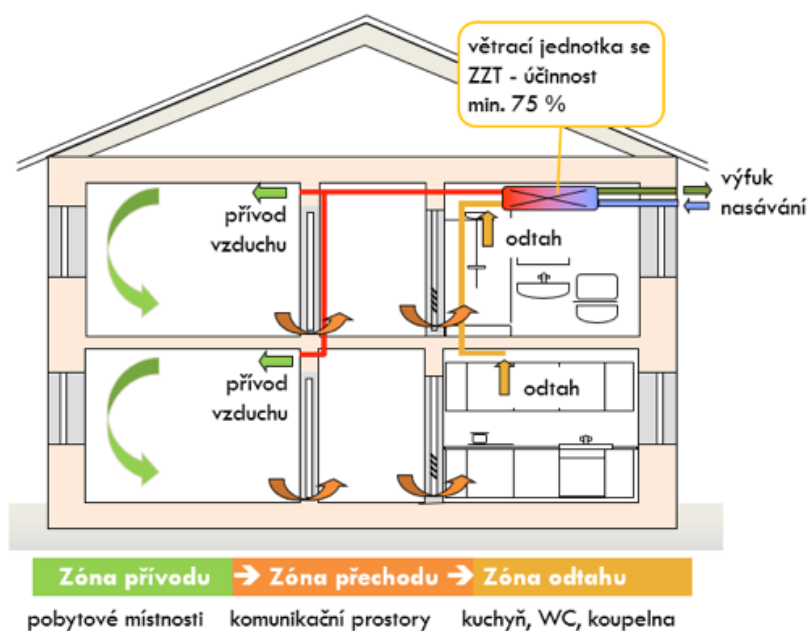
Obrázek 19:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 1.

Zdroj: Martin Jindrák



Obrázek 20:
SCHÉMA ŘÍZENÉHO
VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ
TEPLA V ÚSPORNÉM DOMĚ.

Zdroj: FENIX/Centrum pasivního domu,
www.pasivnidomy.cz



VARIANTA 2: Zdrojem tepla na vytápění je elektrický kotel, rozvod tepla zajišťuje nucený teplovodní okruh s radiátory. Příprava teplé vody je řešena elektrickým zásobníkem o objemu 160l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci.

Výhodou je možné budoucí využití i jiných zdrojů tepla (například tepelné čerpadlo, palivový článek apod.), proto je vhodné rozvod navrhnout na nízký teplotní spád (např. max. teploty topné vody do 45°C).

Investiční náklady na část vytápění a rozvodu tepla se pohybují v rozmezí 16–20 tis. Kč za elektrický kotel a přibližně 55–85 000 tis. Kč za rozvody s radiátory. Náklady jsou tedy vyšší než u Variant 0 a 1 se sálavými panely, jsou však nižší, než je cena topných kabelů.

Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme náklady na systém řízeného větrání a přípravu teplé vody v boileru podobně jako u předchozích Variant 0 a 1 (130 000 + 17 000 Kč). Elektrický kotel jako zdroj tepla stojí přibližně 16 000 Kč, trubní rozvod tepla s montáží a napojením na 12 ks radiátorů a topných žebříků v koupelnách vychází přibližně 90 000 Kč.

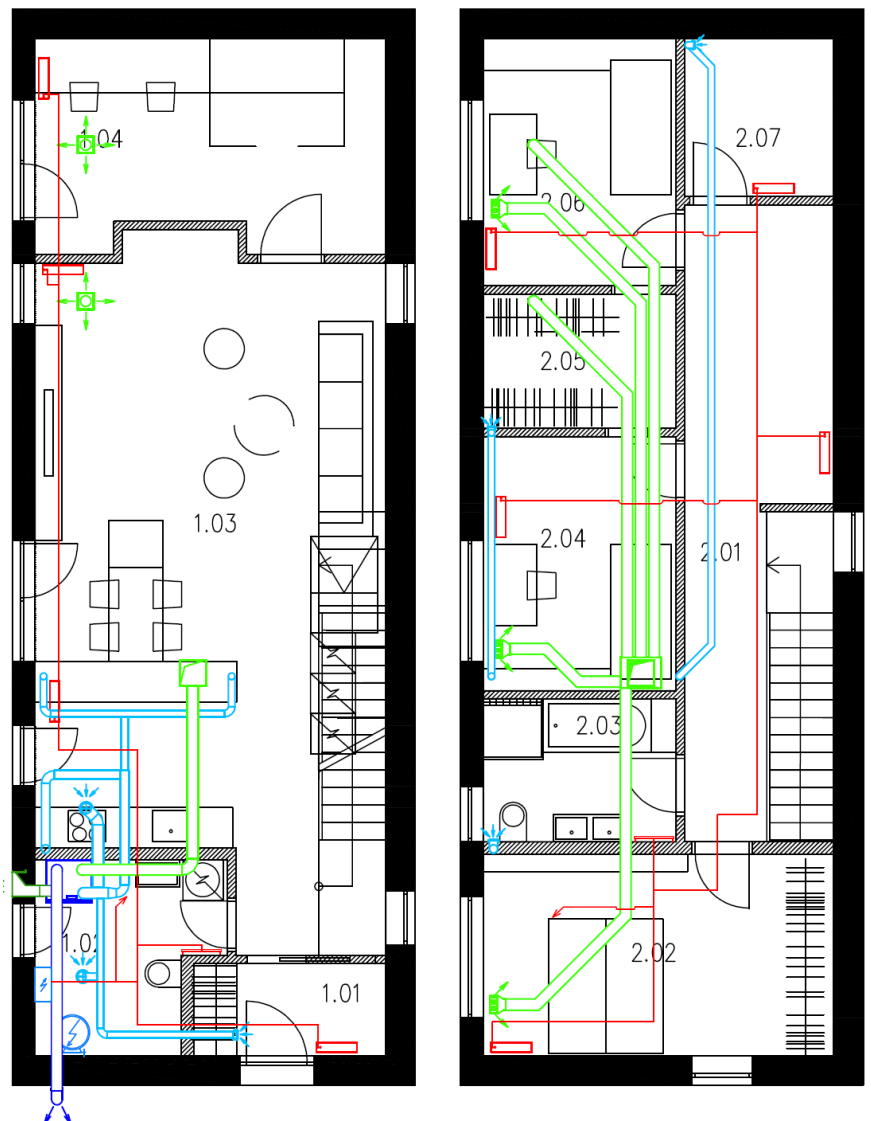
Účinnost přenosu tepla je 98% a účinnost sdílení přibližně 96%, v důsledku delších rozvodů mezi zdrojem tepla a radiátory. Tedy nepatrně horší než u Variant 1 a 2. Za současně platné legislativy takto vybavený objekt s velmi nízkou energetickou náročností také splňuje systémové požadavky na neobnovitelnou primární energii (NPE) pro schválení realizace stavebním úřadem. Nesplňuje ale NPE pro dotační tituly NZÚ, kdy by bylo potřeba doplnit např. o FVE systém, nebo změnit např. způsob přípravy teplé vody zároveň s ještě lepšími parametry obálky budovy.

Obrázek 21:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 2.

Zdroj: Martin Jindrák

Obrázek 22 (dole):
TEPLOVODNÍ RADIÁTOR.

Zdroj: Centrum pasivního domu,
www.pasivnidomy.cz



VARIANTA 3: Zdrojem tepla na vytápění jsou elektrické přímotopné panely, které mají nejnižší pořizovací náklady. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci. Příprava teplé vody je zajištěna malým tepelným čerpadlem vzduch-voda s integrovaným zásobníkem o objemu 190–210l (na trhu jsou i varianty s větším objemem, nicméně tato verze je postačující i pro velké rodiny). Tepelné čerpadlo s integrovaným zásobníkem je vhodné v podstatě do jakýchkoliv domů, kde se připravuje teplá voda elektrinou. Vyšší náklady proti elektrickému boileru se vrátí za 4–6 let. Výhodou je možnost odběru predehřátého vzduchu například ze sklepa, který se zároveň vysušuje apod.

Investiční náklady u přímotopných panelů a topných rohoží se pohybují v rozmezí 15 až 80 000 Kč/dům, podle značky, typu a regulace, jako u Varianty 0. Investiční náklady na tepelné čerpadlo s integrovaným zásobníkem pro přípravu teplé vody se pohybují v rozmezí 35–70 tis. Kč.

Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme náklady na systém řízeného větrání a elektrické přímotopy na vytápění stejné jako u předchozích Variant 0–2 (130 000 + 54 000 Kč). Tepelné čerpadlo vzduch-voda s zásobníkem teplé vody o objemu 270l je v ceníkové ceně za 48 000 Kč, společně s montáží a materiálem vzduchovodů pro přívod a odtah vzduchu vyjde na 58 000 Kč.

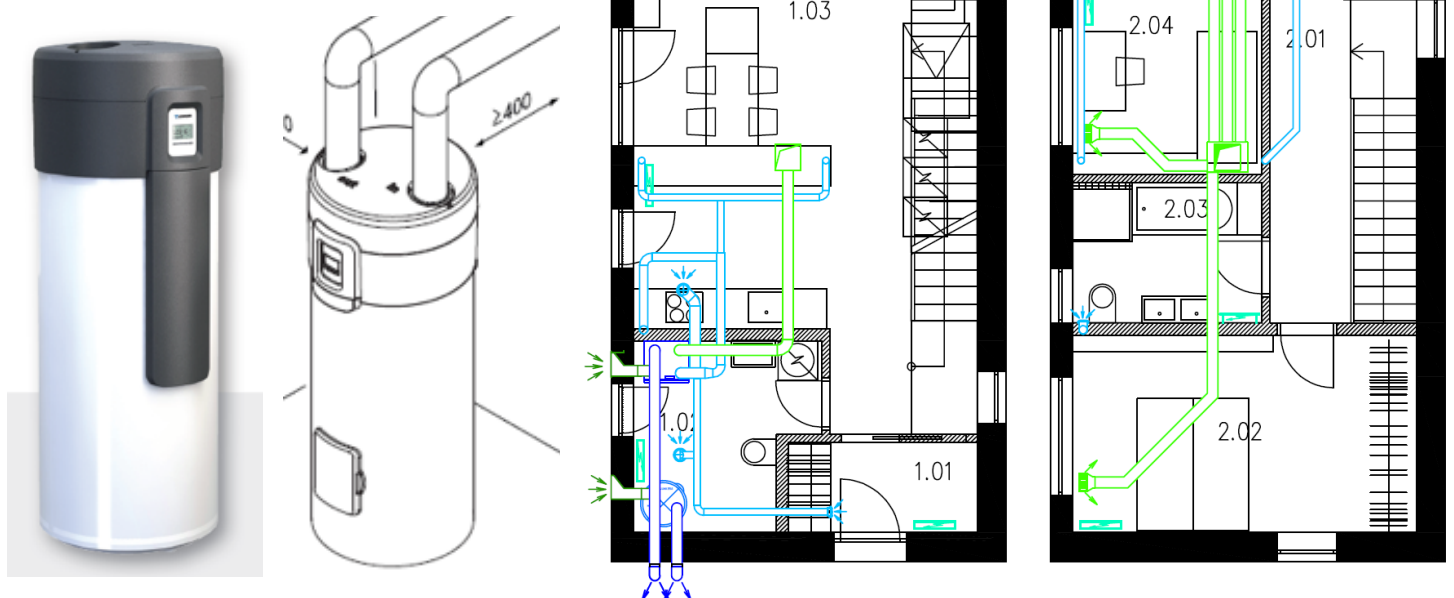
Účinnost přenosu tepla a sdílení je stejná jako u Variant 1 a 2, tedy 99% a 98%. Průměrný sezónní topný faktor (SCOP) tepelného čerpadla vzduch-vzduch je přibližně 2,7. Využitím energie prostředí se tedy snižuje spotřeba elektřiny, což má příznivý dopad nejen na nižší výsledné hodnoty koeficientu NPE, ale i na naši peněženku. Pokud bude mít dům úroveň potřeby tepla na vytápění nižší než 14 kWh/(m²·rok), může dokonce takto provedený a vybavený dům splnit parametry dotací NZÚ – B1.

Obrázek 23:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 3.

Zdroj: Martin Jindrák

Obrázek 24 (dole):
ZÁSOBNÍK NA TEPLOU
VODU S INTEGROVANÝM
TEPELNÝM ČERPADLEM.

Zdroj: BOSCH Termotechnika s.r.o.



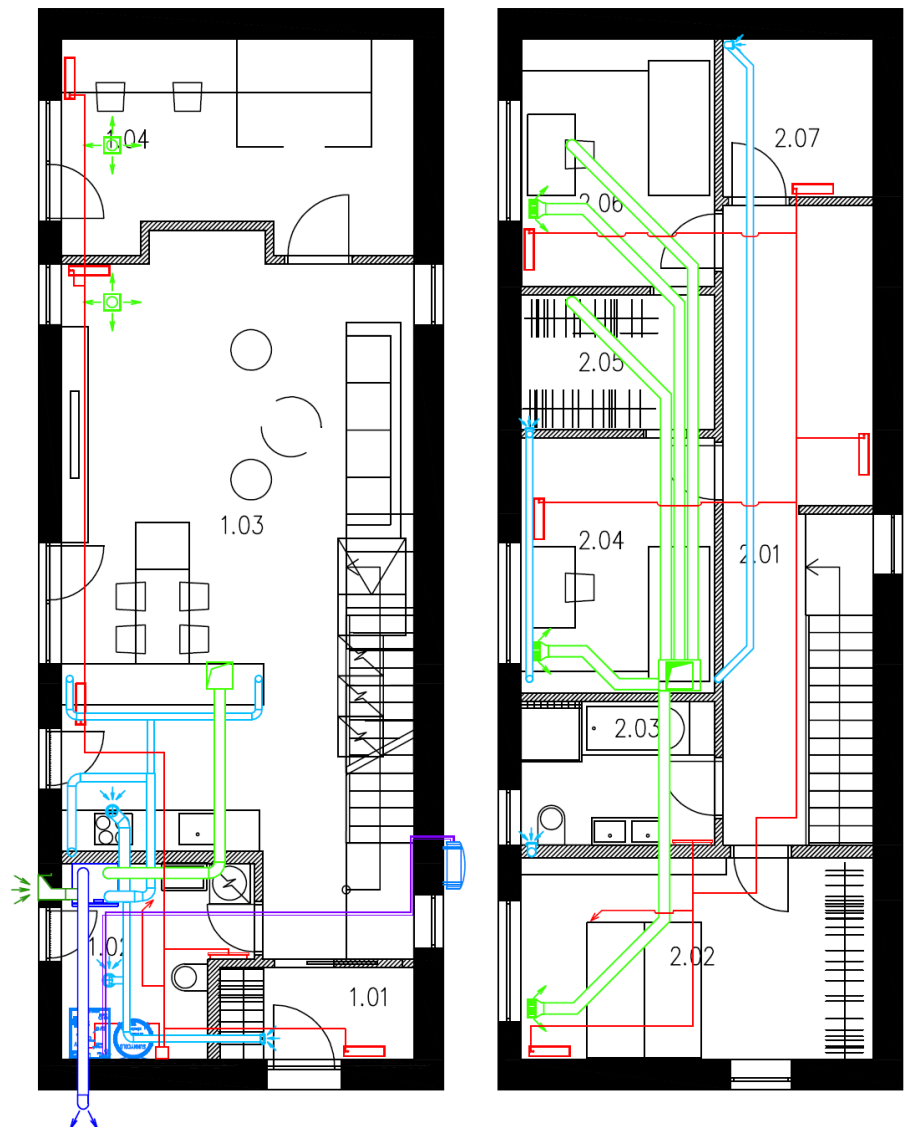
VARIANTA 4: Společným zdrojem tepla na vytápění a přípravu teplé vody je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Rozvod tepla zajišťuje nucený teplovodní okruh s radiátory doplnění pro zvýšení akumulace o zásobník topné vody 100l. Teplota topné vody se uvažuje 45°C se snižováním teploty dle ekvithermní regulace. Sezónní topný faktor tepelného čerpadla vychází o něco horší, než v předchozím případě, protože je třeba započítat ztráty na výměníku chladivo/voda. Teplé voda je připravována stejným tepelným čerpadlem v zásobníku o objemu 210l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci.

Investiční náklady na tepelné čerpadlo se zásobníky jsou přibližně 185 000 Kč, radiátory pak stojí stejně jako Variantě 2, přibližně 55–85 tis. Kč. Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na systém řízeného větrání a rozvod tepla radiátory stejné jako u předchozí Varianty 2 (130 000 + 90 000Kč). Tepelné čerpadlo vzduch-voda pro vytápění a přípravu teplé vody stojí společně s montáží 185 000; zásobník teplé vody o objemu 210l je součástí tepelného čerpadla a potřebný srovnávací zásobník pro vytápění o objemu 100l stojí 6 500 Kč.

Účinnost přenosu tepla je 98% a sdílení cca 96%. Koeficient NPE bez problémů splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Obrázek 25: SCHÉMA
ZAPOJENÍ VARIANTY 4.

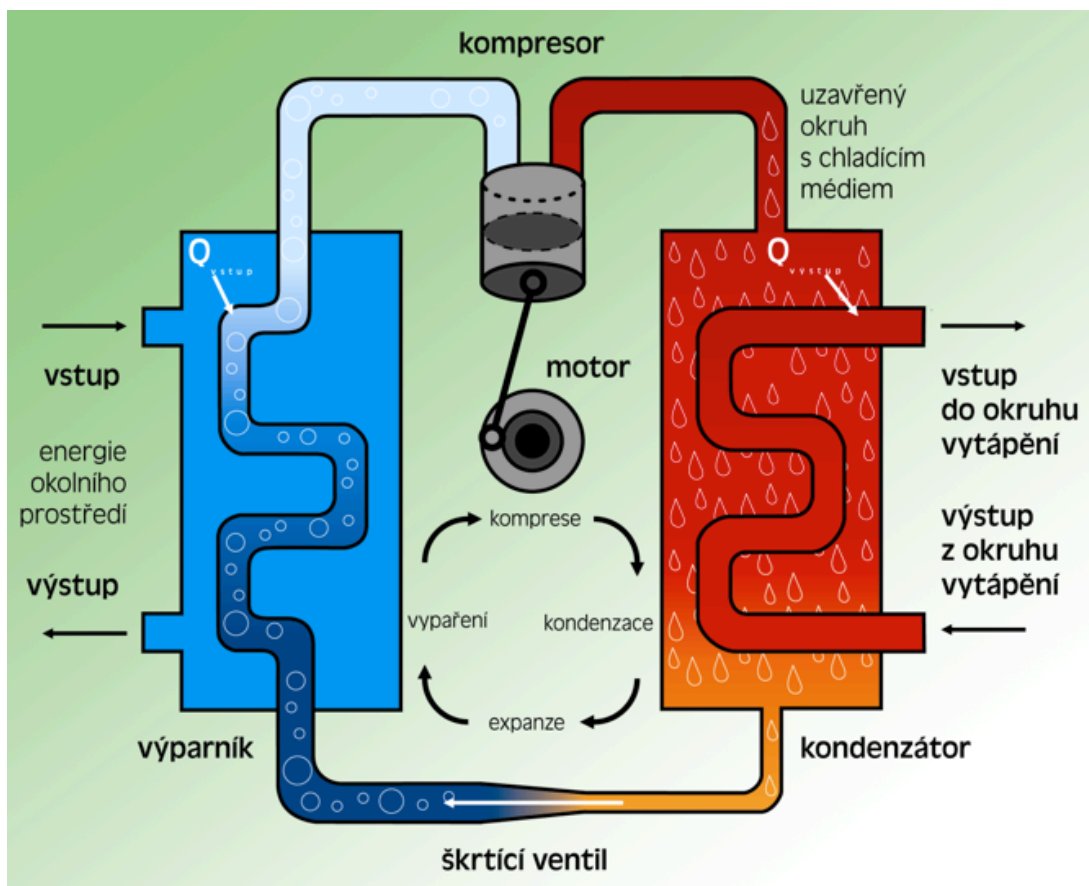
Zdroj: Martin Jindrák





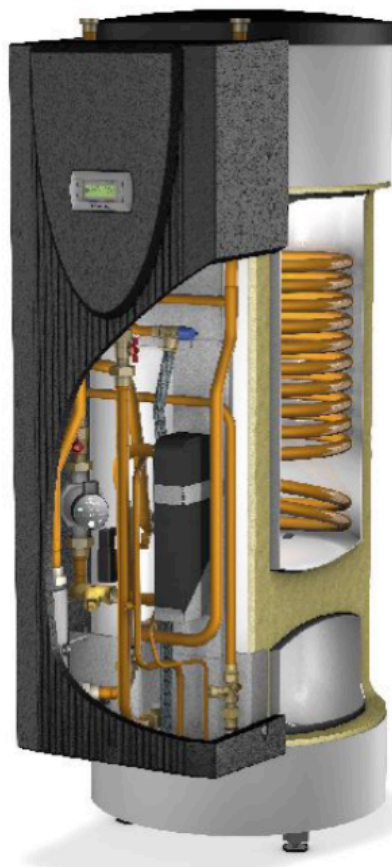
Obrázek 26:
PRINCIP TEPELNÉHO
ČERPADLA.

Zdroj: EkoWATT



Obrázek 27:
TEPELNÉ ČERPADLO
S INTEGROVANÝM
ZÁSOBNÍKEM TEPLÉ VODY.

Zdroj: Termokomfort.



VARIANTA 5: Společným zdrojem tepla na vytápění a přípravu teplé vody je tepelné čerpadlo vzduch-voda. Rozvod tepla zajišťuje podlahové teplovodní vytápění, pro zvýšení akumulace je systém doplněn o zásobník topné vody 100l. Teplota topné vody je 32°C se snižováním dle ekvithermní regulace. Teplá voda se připravuje tepelným čerpadlem v zásobníku o objemu 210l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci.

Investiční náklady na tepelné čerpadlo se zásobníky jsou stejné jako u Varianty 4, tedy přibližně 185 000 Kč. Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme náklady na systém řízeného větrání a tepelné čerpadlo vzduch-voda pro vytápění a přípravu teplé vody stejné jako u předchozí Varianty 4 (130 000 Kč + 185 000 Kč + 6 500 Kč). Teplovodní podlahové vytápění včetně montáže uvažujeme za cenu 105 000 Kč při jednotkové ceně 700 Kč/m², včetně teplovodního topného žebříku v koupelně.

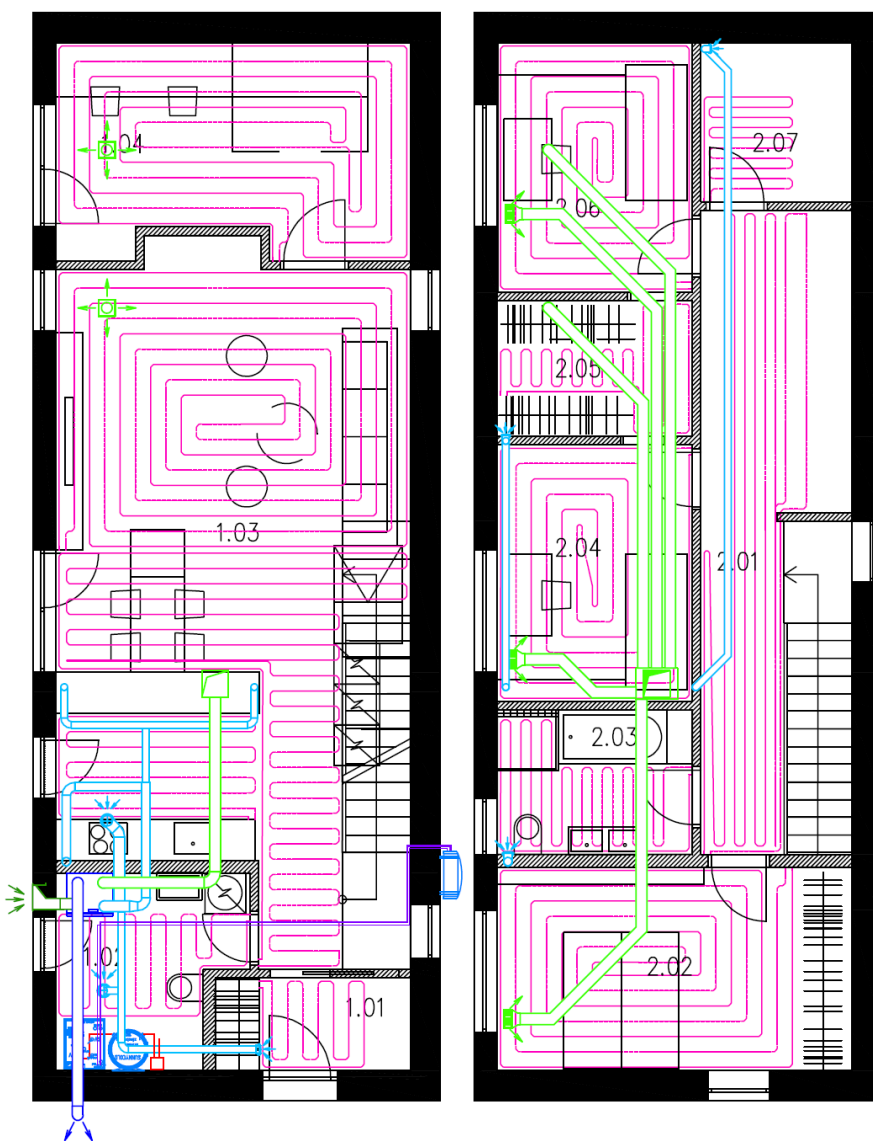
Účinnost přenosu tepla je 98 % a sdílení cca 98 %. Koefficient NPE bez problémů splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Obrázek 28:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 5.

Zdroj: Martin Jindrák

Obrázek 29 (dole):
PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ,
PŘÍKLADY.

Zdroj: Podlahy.com a EUROSYSTEMY.cz.



VARIANTA 6: Společným zdrojem tepla na vytápění a přípravu teplé vody je tepelné čerpadlo země-voda, které má vyšší sezónní topný faktor (až 3,4) využívající pro získání energie plošný kolektor s nemrznoucí kapalinou. Rozvod tepla je podlahovým teplovodním vytápěním, pro zvýšení akumulace je systém doplněn o zásobník topné vody 100l. Teplota topné vody je 32°C se snižováním dle ekvithermní regulace. Teplá voda je připravována tepelným čerpadlem v zásobníku o objemu 210l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci, možno provést i s dohřevem teplovodním.

Ve srovnávací kalkulaci uvažujeme náklady na systém řízeného větrání a podlahové teplovodní vytápění stejné jako u Varianty 5 (130 000 Kč + 105 000 Kč + 6 500 Kč). Tepelné čerpadlo země-voda stojí přibližně 110 000 Kč, celkem vychází montáž na 230 000 Kč, včetně nákladů na malý plošný zemní výměník a zásobník teplé vody.

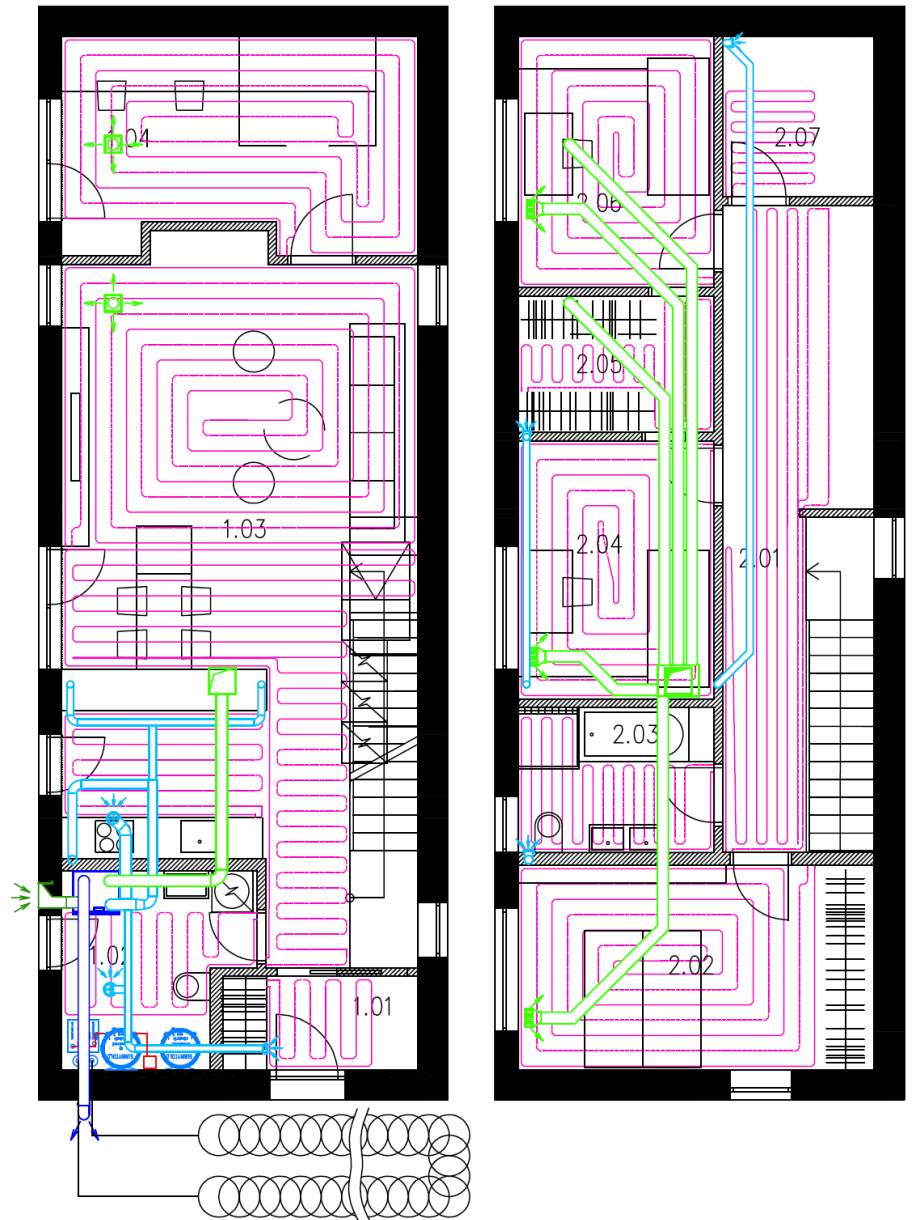
Účinnost přenosu tepla je 98% a sdílení cca 98%. Koeficient NPE bez problémů splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Obrázek 30:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 6.

Zdroj: Martin Jindrák

Obrázek 31 (dole):
ZEMNÍ PLOŠNÝ KOLEKTOR.

Zdroj: Zdeněk Zikán, Atea.



VARIANTA 7: Společným zdrojem tepla na vytápění a přípravu teplé vody je plynový (zemní plyn nebo propan-butan) kondenzační kotel s plynulou modulací výkonu od cca 0,9–10 kW. Rozvod tepla je podlahovým teplovodním vytápěním. Teplota topné vody je 32°C se snižováním teploty dle ekvitermní regulace. Teplá voda je připravována v zásobníku o objemu 120l. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s teplovodním dohřevem vzduchu po rekuperaci.

Investiční náklady na plynový kotel bez přípojky zemního plynu se pohybují kolem 85 000 Kč. U levnějších kondenzačních kotlů je cena 60 000 Kč, systém je však nutné doplnit o vyrovnávací zásobník, protože levnější kotle umí modulovat výkon až od 2 kW výkonu. Náklady na plynovou přípojku je možné uvažovat v rozsahu 30–40 000 Kč.

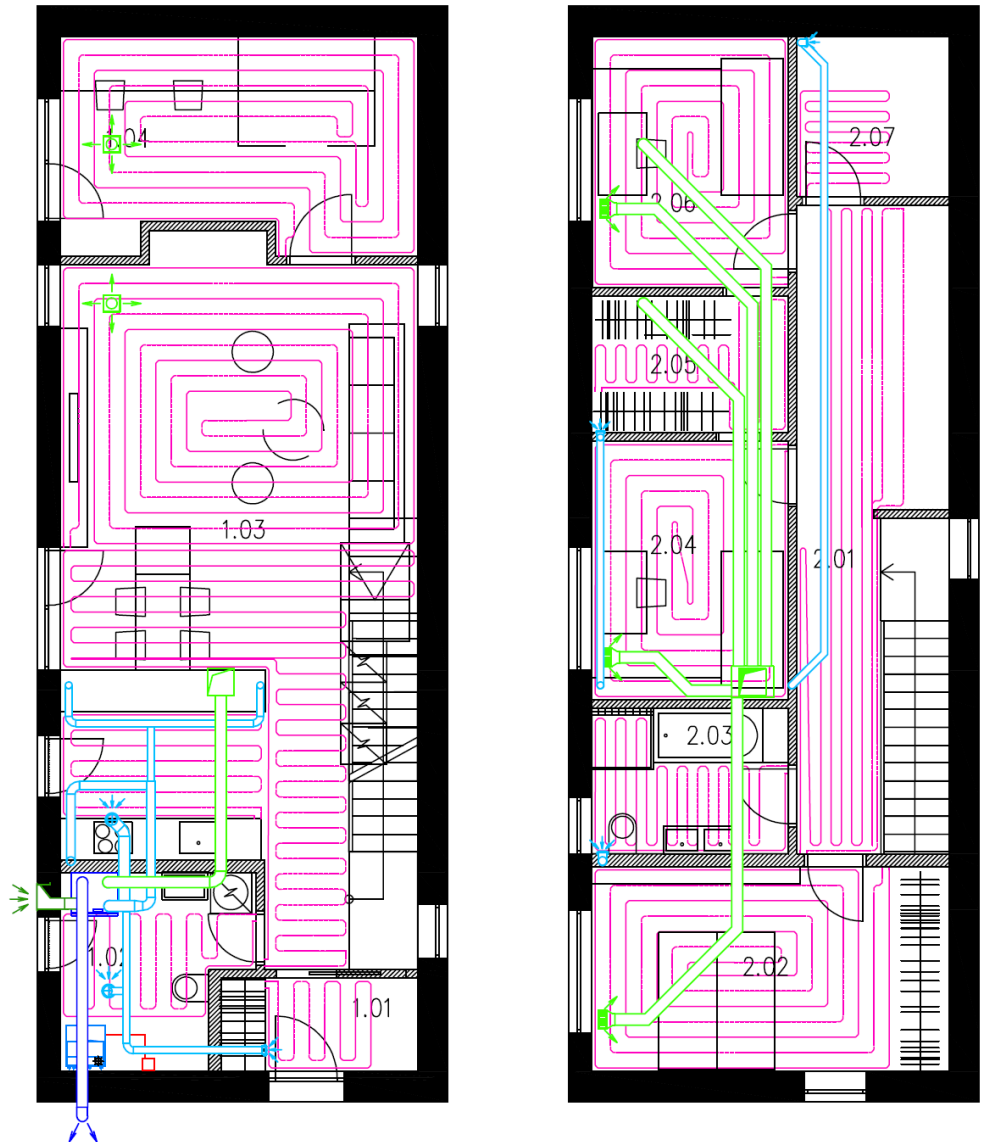
Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na systém řízeného větrání a podlahové teplovodní vytápění stejné jako u Varianty 5 (130 000 Kč + 105 000 Kč + 6500 Kč). Cena kondenzačního plynového kotle s modulací je přibližně 65 000 Kč, je třeba připočítat odkouření a montáž. Cenu plynové přípojky uvažujeme na úrovni 30 000 Kč, celkem tedy 120 000 Kč.

Poznámka: Přípojku elektřiny ve výpočtech neuvažujeme, protože se do RD přivádí vždy.

Účinnost přenosu tepla je 98 % a sdílení cca 98 %. Koefficient NPE bez problémů splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Obrázek 32:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 7.

Zdroj: Martin Jindrák





VARIANTA 8: Vytápění obytných místností je realizováno tepelným čerpadlem vzduch-vzduch přímým ohřevem vzduchu (systém „multisplit“, jedna venkovní jednotka, několik vnitřních, s možností chlazení a u některých výrobků i přípravy teplé vody). Záložním zdrojem jsou sálavé přímotopné panely pro vytápění vedlejších obytných místností, případně WC a koupelen. Větrání zajišťuje rovnotlaký systém se zpětným získáváním tepla s elektrickým dohřevem přiváděného vzduchu po rekuperaci.

Příprava teplé vody je zajištěna malým tepelným čerpadlem vzduch-voda s integrovaným zásobníkem teplé vody o objemu 190–210l (na trhu jsou i varianty s větším objemem, nicméně tato verze je postačující i pro velké rodiny), případně přímo z venkovní jednotky.

Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na systém řízeného větrání a přípravy teplé vody pomocí tepelného čerpadla vzduch-voda se zásobníkem o objemu 270l, stejné jako u předchozích Variant (130 000 + 58 000 Kč). U systému „multisplit“ uvažujeme jednu venkovní a pět vnitřních jednotek v obytných místnostech s cenou realizace přibližně 110 000 Kč. V ostatních místnostech chodby, zádveří, WC, koupelny, technické místnosti předpokládáme elektrické přímotopy jako hlavní a jediný systém vytápění. V obytných místnostech jsou přímotopy pouze jako záložní a doplňkový systém při odstávce, zámrazu nebo nedostatečném výkonu tepelného čerpadla, například pro případ extrémních mrazů. Náklady na přímotopy jsou tak podobné jako u Variant 0 nebo 1. V rámci Varianty 8 je jich třeba méně, pracujeme proto s částkou 46 000 Kč.

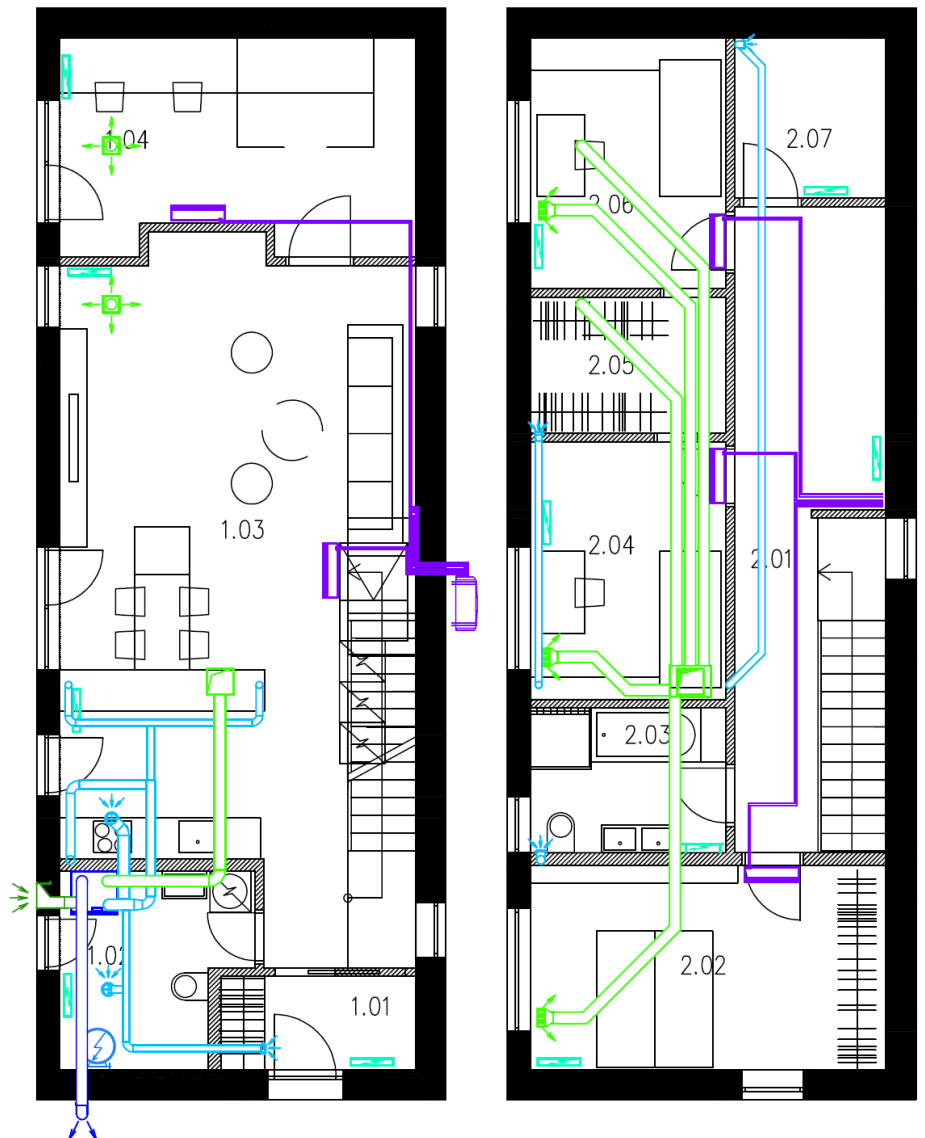
Účinnost přenosu tepla je 98% a sdílení cca 98%. Koeficient NPE bez problémů splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Obrázek 33:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 8.

Zdroj: Martin Jindrák

Obrázek 34 (dole):
TEPELNÉ ČERPADLO
S MULTISPLIT JEDNOTKAMI.

Zdroj: DAIKIN – COMKLIMA.



VARIANTA 9: Zdrojem tepla na vytápění je elektrický kotel napojený na vzduchotechnickou jednotku. Rozvod tepla po obytných místnostech zajišťuje dvouzónová rovnotlaká vzduchotechnická cirkulační vytápěcí a větrací jednotka. V obytných místnostech nejsou žádná další otopná tělesa. Koupelny a WC se nevytápí cirkulačním vzduchem, aby se oděry z WC nešířily po domě. Instaluje se pouze odťah vzduchu a vytápění je pokryto teplovodními radiátory nebo topnými žebříky.

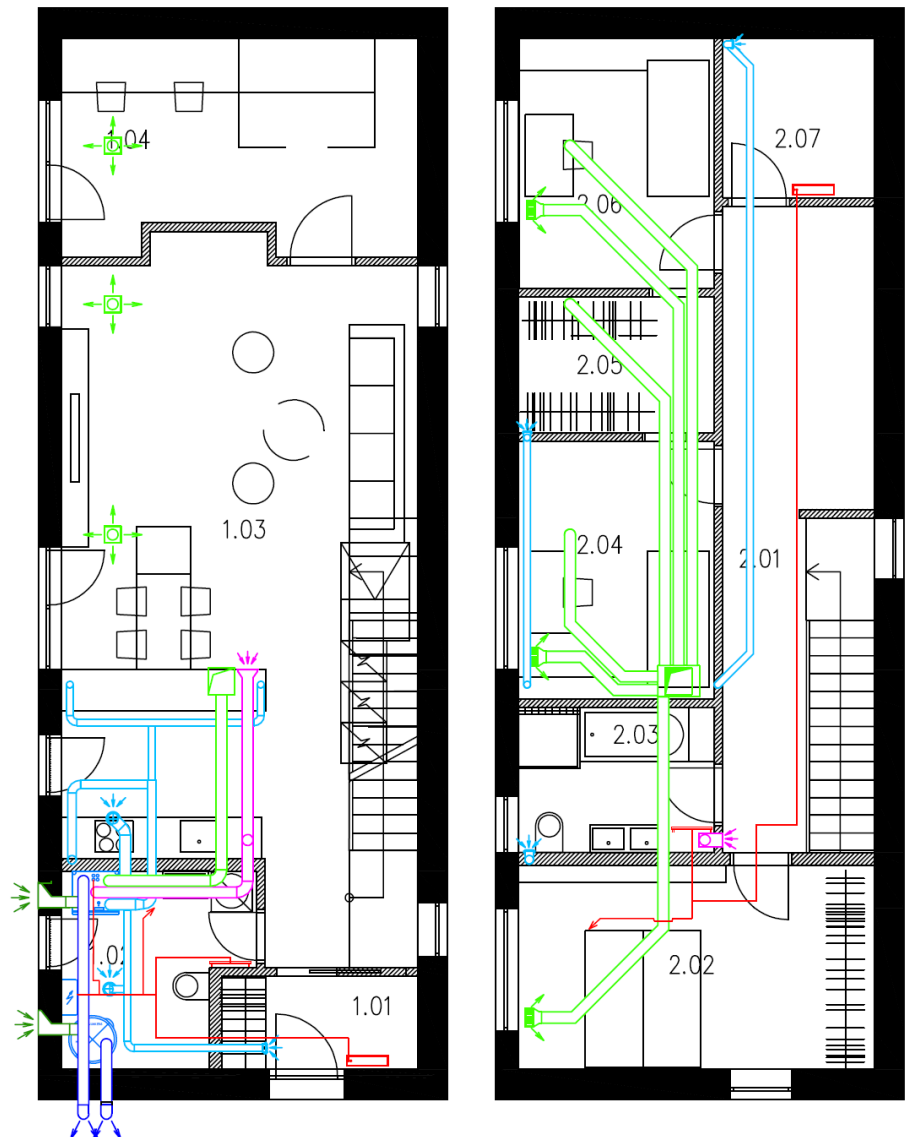
Příprava teplé vody je zajištěna malým tepelným čerpadlem vzduch-voda s integrovaným zásobníkem o objemu 190–210l. Na trhu jsou i varianty s větším objemem, nicméně tato verze je postačující i pro velké rodiny.

Pořizovací náklady na elektrický kotel se pohybují v rozmezí 16–20 tis. Kč. Systém teplovzdušného vytápění a větrání včetně rozvodů stojí 170–200 tis. Kč. Teplovodní vytápění koupelen a WC stojí přibližně 14 500 Kč. Jedná se o sdružené vytápění a větrání do jednoho celku a nejsou zde další náklady na rozvod tepla nebo vzduchotechnický systém.

Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na způsob přípravy teplé vody pomocí tepelného čerpadla vzduch-voda v zásobníku o objemu 270l, stejně jako u ostatních Variant (58 000 Kč). Dvouzónový systém teplovzdušného vytápění obytných místností a řízeného větrání se zpětným získáváním tepla uvažujeme ve výši 195 000 Kč a doplňkové vytápění koupelen stojí 14 500 Kč. Celkové náklady uvažujeme 209 500 Kč. Srovnáme-li variantu rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla a vytápění domu pomocí radiátorů za 225 000 Kč, jedná se o nižší částku.

Obrázek 35:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 9.

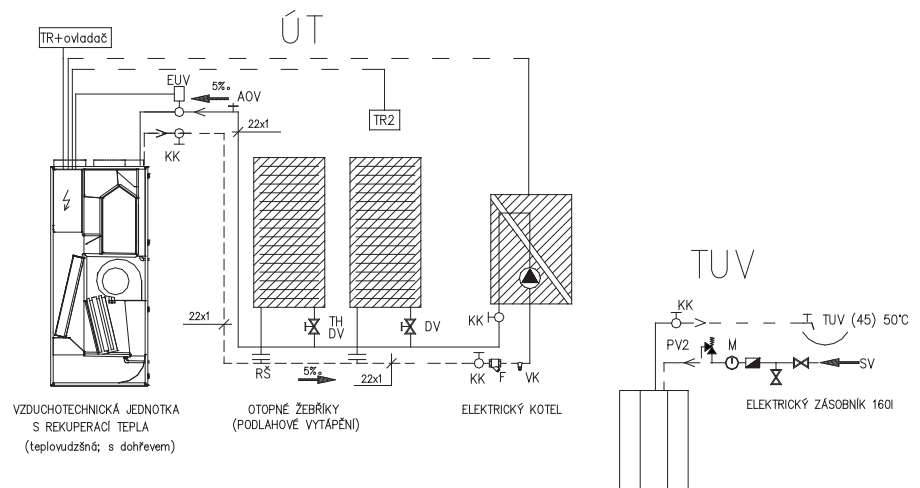
Zdroj: Martin Jindrák



Účinnost přenosu tepla je 98 % a sdílení přibližně 96 %. Za současně platné legislativy takto vybavený objekt s velmi nízkou energetickou náročností už splňuje systémové požadavky na neobnovitelnou primární energii (NPE) pro schválení realizace stavebním úřadem. Nesplňuje však NPE pro dotační tituly NZÚ, pro které je nutné doplnit například FVE systém, tepelné čerpadlo vzduch-vzduch s napojením na vzduchotechnické zařízení a zároveň vylepšit parametry obálky budovy.

Obrázek 36:
TEPELNÉ ČERPADLO
S MULTISPLIT JEDNOTKAMI.

Zdroj: Atrea, www.atrea.cz.



VARIANTA 10: Zdrojem tepla na vytápění obytných místností je tepelné čerpadlo vzduch-vzduch, napojené na vzduchotechnickou jednotku, záložním zdrojem je elektrický nízkoteplotní ohřívač integrovaný do vzduchotechnické jednotky.

Rozvod tepla po obytných místnostech zajišťuje dvouzónová rovnotlaká vzduchotechnická cirkulační vytápěcí a větrací jednotka. V obytných místnostech nejsou žádná další otopná tělesa. Koupelny a WC jsou vytápěny přímotopnými panely. Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch v tomto zapojení je možné využívat i pro chlazení objektu.

Příprava teplé vody je zajištěna malým tepelným čerpadlem vzduch-voda v integrovaném zásobníku o objemu 190–210l. Na trhu jsou i varianty s větším objemem, nicméně tato verze je postačující i pro velké rodiny.

Pořizovací náklady na tepelné čerpadlo s napojením do vzduchotechnické jednotky jsou přibližně 62 000 Kč. Záložní elektrický ohřívač do vzduchotechnické jednotky stojí 15 100 Kč. Systém teplovzdušného vytápění a větrání včetně rozvodů stojí 170–200 tis. Kč. Vytápění v koupelnách, WC a na chodbách předpokládáme elektrickými přímotopy.

Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na přípravu teplé vody pomocí tepelného čerpadla vzduch-voda v zásobníku o objemu 270l stejně jako u ostatních variant (58 000 Kč). Základní cena dvouzónového systému teplovzdušného vytápění obytných místností a řízeného větrání se zpětným získáváním tepla je stejná jako u Varianty 9, snížená o cenu teplovodního výměníku ve vzduchotechnické jednotce (celkem 189 500 Kč). Záložní elektrický ohřívač do vzduchotechnické jednotky uvažujeme za 15 100 Kč a doplňkové vytápění koupelen v částce 195 000 + 14 500 Kč, celkem 209 500 Kč. Opět se jedná o nižší částku, než u rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla a vytápění domu pomocí radiátorů za 225 000 Kč.

Účinnost přenosu tepla je 98 % a sdílení přibližně 96 %. Koeficient NPE splňuje požadavky pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.



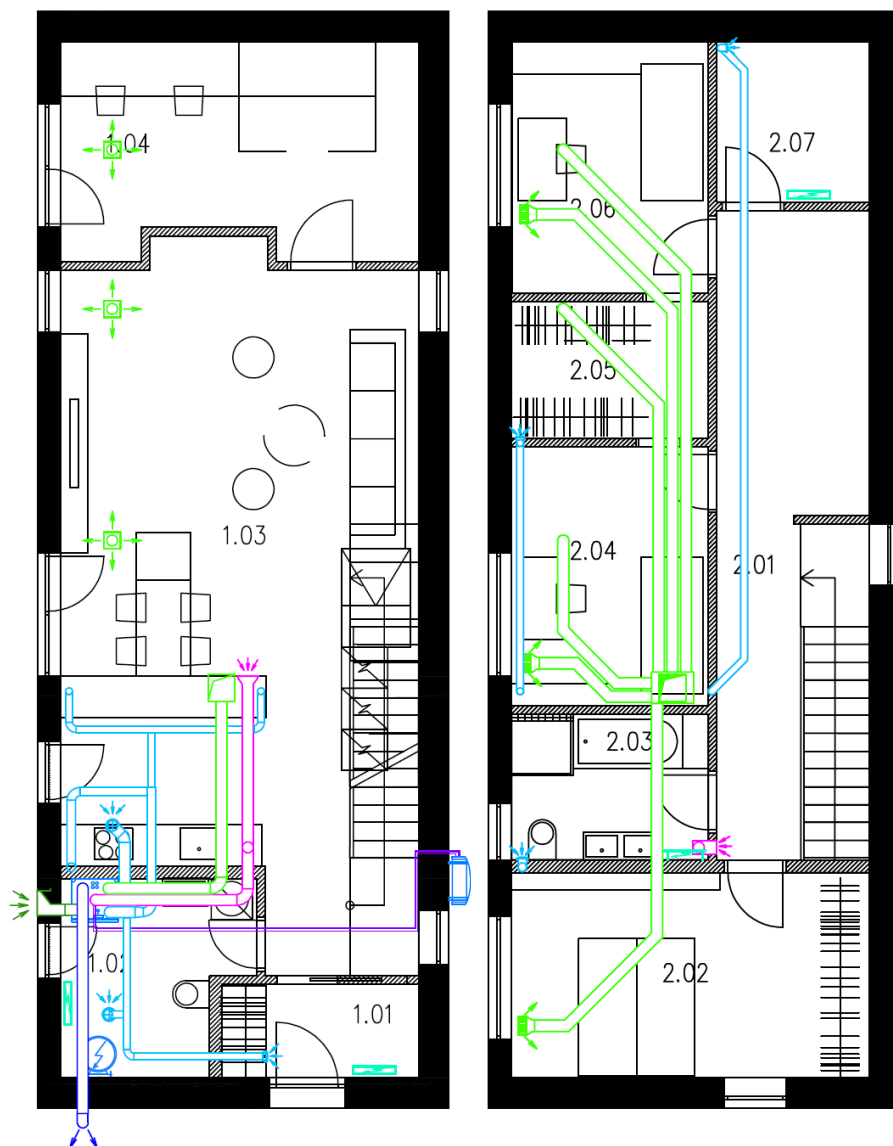


Obrázek 37 (vpravo):
SCHÉMA ZAPOJENÍ VARIANTY 10.

Zdroj: Martin Jindrák

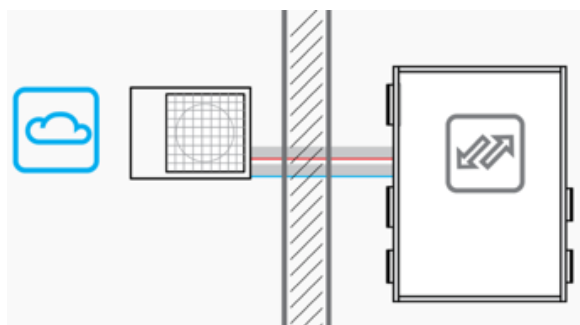
Obrázek 38 (dole):
TEPLOVZDUŠNÁ VĚTRACÍ
A VYTÁPĚCÍ JEDNOTKA S INTEGROVANÝM
TEPELNÝM ČERPADLEM DUPLEX ALFA.

Zdroj: Atrea, www.atrea.cz.



Obrázek 39:
SCHÉMA TEPLOVZDUŠNÉ
VĚTRACÍ A VYTÁPĚCÍ
JEDNOTKY A JEJÍ ČÁSTI.

Zdroj: Atrea, www.atrea.cz.



VARIANTA 11: Zdrojem tepla jsou interiérová automatická kamna na dřevěné peletky s teplovodním výměníkem v obývacím pokoji. Jsou napojena na akumulční zásobník tepla objemu cca 600–900l (může být i IZT, je však dražší), ze kterého se odebírá topná voda pro dvouzónovou rovnotlakou vzduchotechnickou cirkulační vytápěcí a větrací jednotku, která zajišťuje rozvod tepla po obytných místnostech. V obytných místnostech nejsou žádná další otopná tělesa. Koupelny a WC jsou vytápěny teplovodními radiátory nebo topnými žebříky.

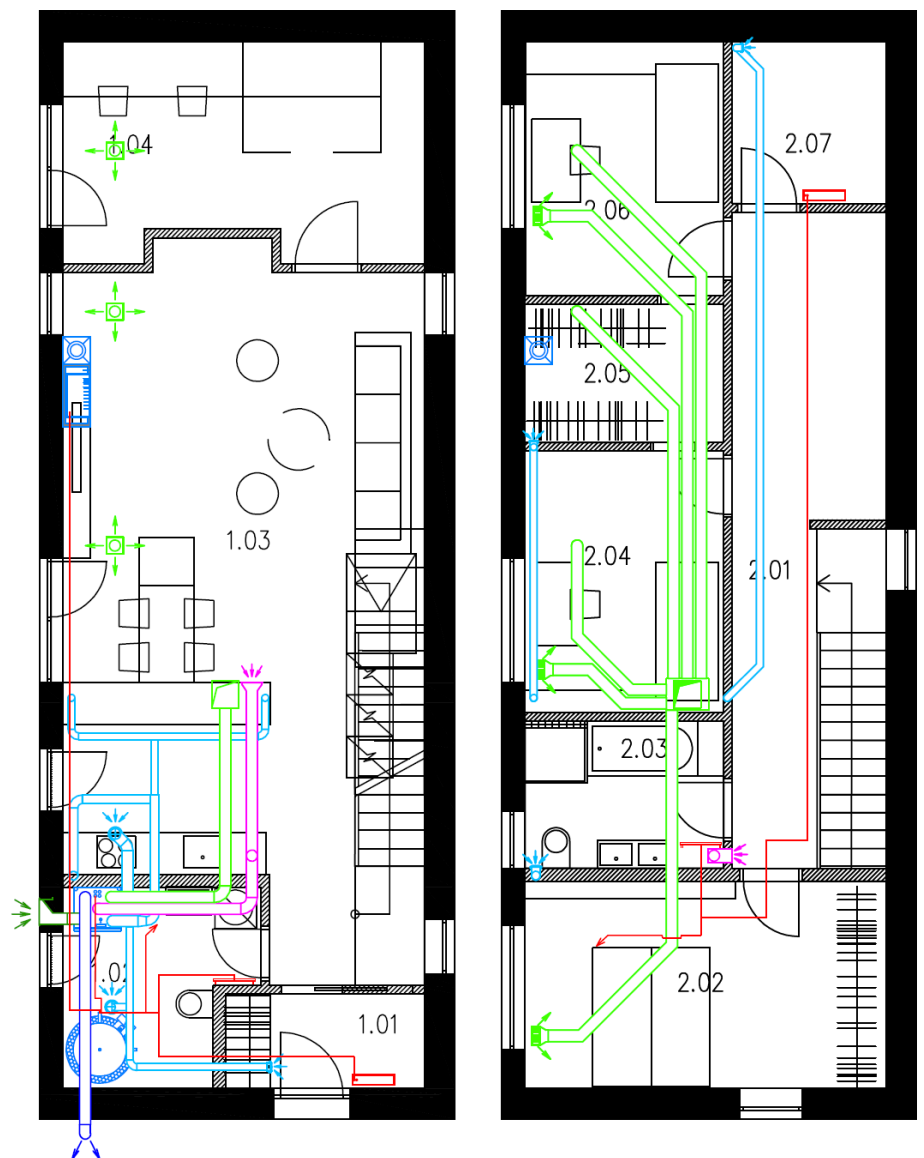
Příprava teplé vody je zajišťována výměníkem v akumulčním zásobníku. Automatická peletková kamna zároveň předávají část energie do prostoru, kde jsou umístěna a vytápí jej teplovzdušně.

Pokrytí vytápění peletkami je až 95 %, přípravu teplé vody kryjí kamna na 40–60 %. Zbytek tepla dodávají elektrické topné spirály v akumulčním zásobníku. Jedná se však zejména o přípravu teplé vody v letním období, kdy není vhodné využívat topení peletkami kvůli přehřívání prostoru obývacího pokoje.

Pořizovací náklady na automatická interiérová kamna na peletky se pohybují v rozmezí 50–70 tis. Kč. Akumulační zásobník s regulací a řízením stojí přibližně 35–85 tis. Kč. Zásobník má objem 605l a v něm je zabudován průtočný vlnocvový výměník o objemu 8l. Systém teplovzdušného vytápění a větrání včetně rozvodů stojí přibližně 170–200 tis. Kč.

Obrázek 40:
SCHÉMA ZAPOJENÍ
VARIANTY 11.

Zdroj: Martin Jindrák



Srovnávací kalkulace uvažuje dvouzónový systém teplotovzdušného vytápění obytných místností, řízené větrání se zpětným získáváním tepla a doplňkové vytápění koupelen stejně jako u Varianty 9, celkem za 209 500 Kč. Interiérová automatická kamna na peletky s teplovodním výměníkem uvažujeme za cenu 52 000 Kč, komín stojí 25 000 Kč, celkem uvažujeme 77 000 Kč. Akumulační zásobník s regulací a záložními elektrickými spirálami a teplovodní propojení stojí 65 000 Kč.

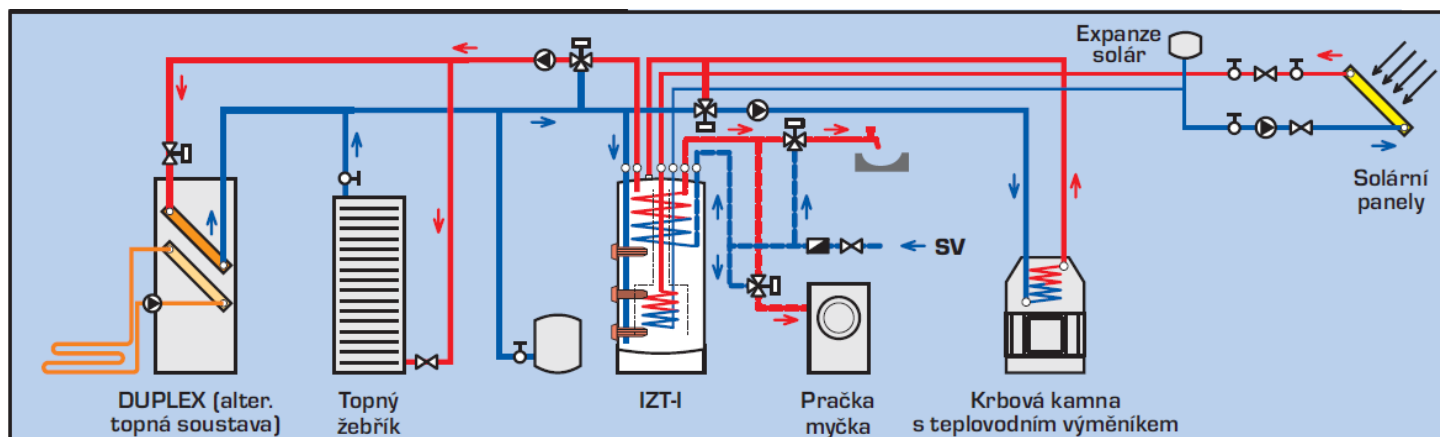
Účinnost přenosu tepla je 98 % a sdílení cca 96 %. Spalování biomasy (peletky) splňuje požadavky hranic NPE pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1 a i B2.

Obrázek 41:
VNITŘNÍ ZAPOJENÍ
INTEGROVANÉHO
AKUMULAČNÍHO
ZÁSOBNÍKU TEPLA – IZT.

Zdroj: Centrum pasivního domu,
www.pasivnidomy.cz



Obrázek 42:
SCHÉMA ZAPOJENÍ TEPOVZDUŠNÉ VĚTRACÍ A VYTÁPĚCÍ JEDNOTKY
S OSTATNÍMI ZDROJI V SYSTÉMU S IZT. Zdroj: Atrea, www.atrea.cz.



VARIANTA 12: Zdrojem tepla je kompaktní vzduchotechnická jednotka s integrovaným tepelným čerpadlem. Tepelné čerpadlo využívá energii z odpadního vzduchu a při větrání ohřívá přiváděný vzduch, částečně vytápí obytné místnosti a částečně ohřívá i teplou vodu. Záložním zdrojem pro vytápění jsou elektrické přímotopné plochy, pro ohřev teplé vody pak elektrická spirála. Množství větraného vzduchu nepostačuje plně na vytápění objektu, řešení je proto vhodné spíše pro hodně úsporné domy. Čím má objekt menší tepelnou ztrátu, tím vyšší je podíl pokrytí vytápění z tepelného čerpadla.

Investiční náklady na kompaktní vzduchotechnické jednotky s tepelným čerpadlem se pohybují kolem 160 000 Kč. Oproti tomu běžná rovnotlaká vzduchotechnická jednotka stojí přibližně 43 000 Kč a dvouzónová vytápěcí a větrací vzduchotechnická asi 77 000 Kč. Rozvod vzduchu po objektu stejný jako u rovnotlaké vzduchotechnické jednotky.

Srovnávací kalkulace uvažuje náklady na kombinovanou větrací jednotku včetně rozvodů vzduchu 283 000 Kč. Jednotka má integrované tepelné čerpadlo pro teplovzdušné vytápění, částečný dohřev větracího vzduchu a přípravu teplé vody včetně zásobníku. Záložní a doplňkový systém přímotopného elektrického vytápění je stejný jako u Variant 0 nebo 1 (54 000 Kč).

Dle podílu pokrytí vytápění a teplé vody tepelným čerpadlem v kompaktní vzduchotechnické jednotce jsou splněny požadavky NPE pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1.

Obrázek 43:

SCHÉMA ZAPOJENÍ VARIANTY 12.

Zdroj: Martin Jindrák

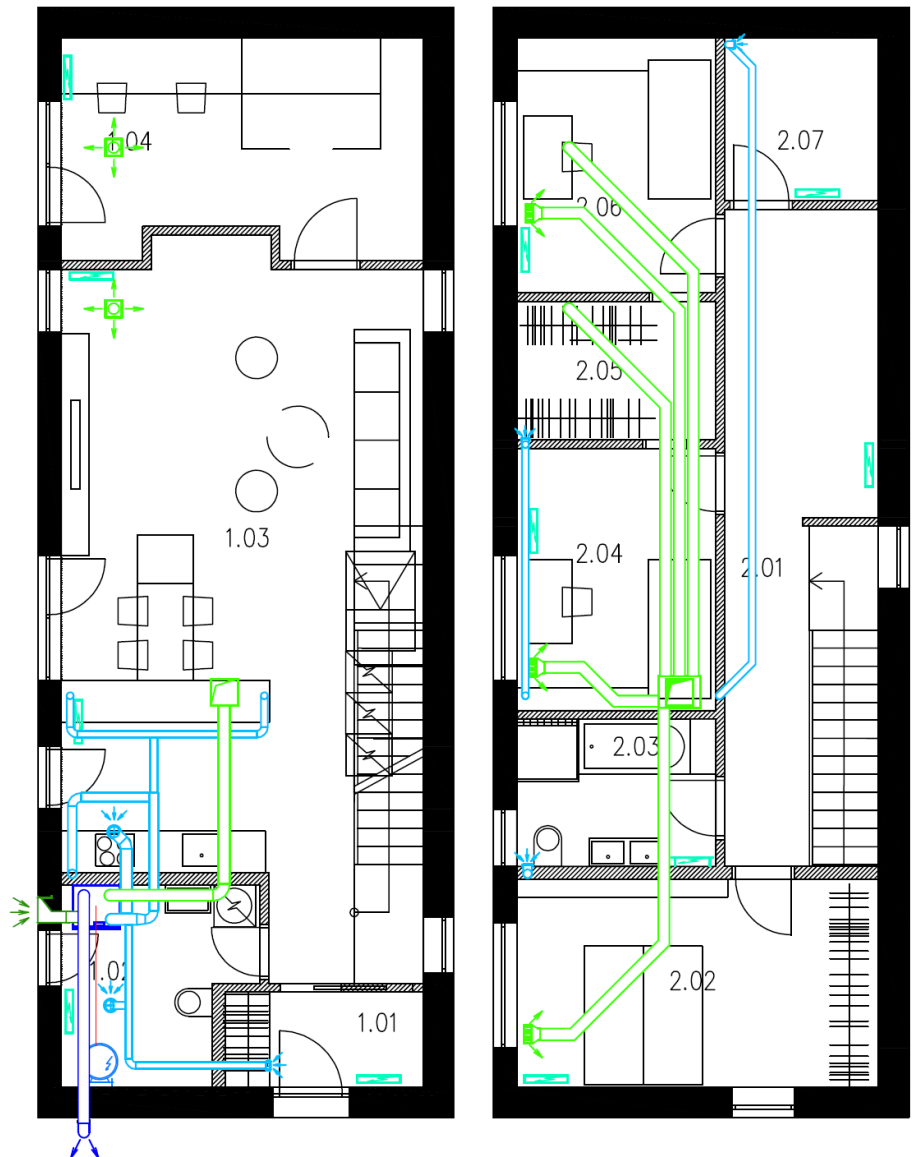
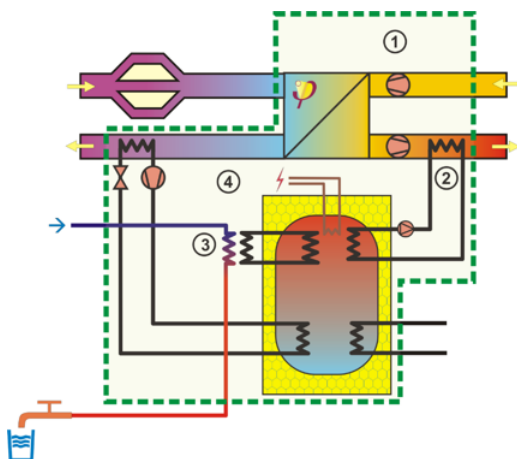
Obrázek 44:

SCHÉMA ZAPOJENÍ KOMPAKTNÍ VĚTRACÍ A VYTÁPĚČÍ JEDNOTKY.

Vysvětlivky:

- 1 – přívod a odvod vzduchu,
- 2 – výměník TČ, který ochlazuje odvod vzduchu,
- 3 – výměník TČ, který ohřívá TV,
- 4 – výměník TČ, který dohřívá přívod vzduchu.

Zdroj: Centrum pasivního domu,
www.pasivnidomy.cz





5.

SHRNUTÍ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V této části se podrobně zaměříme na shrnutí a porovnání uvažovaných variant, které si následně ekonomicky vyhodnotíme a porovnáme mezi sebou.

5.1. SHRNUTÍ VARIANT

Variantu 0 jsme jako referenční nastavili účelově na nejlevnější a pro úsporné domy na relativně praktické a pragmatické řešení. Z výše uvedeného podrobného popisu ostatních variant vyplývá, že referenční Varianta 0 je sice nejlevnější, avšak nesplňuje kritéria neobnovitelné primární energie (NPE). Tato skutečnost se může týkat i některých ostatních variant, které používají k vytápění převážně elektřinu, pokud jsou využité v objektech s vyšší tepelnou ztrátou. Tyto objekty potom nesplní kritéria neobnovitelné energie. Platí, že pro účely stavebního řízení je pak nutné tyto varianty doplnit o obnovitelné zdroje, například fotovoltaickou elektrárnu (FVE) nebo o krb či kamna na dřevo, popř. alespoň krb na biolih apod.

Varianty 1 a 2 již kritérium NPE za určitých okolností splňují. Nesplňuje však kritérium NPE pro dotační tituly NZÚ, které je přísnější. Pro jeho splnění je potřeba návrh doplnit např. o vytápění biomasou či FVE systém, nebo např. změnit způsob přípravy teplé vody zároveň s ještě lepšími parametry obálky budovy apod.

Varianta 3 je tak trochu na hranici plnění kritéria NPE. Pokud bude dům tepelně proveden na úroveň potřeby tepla na vytápění přibližně 14 kWh/(m²·rok), může dokonce takto provedený a vybavený dům splnit parametry dotací NZÚ – B1. Parametrů B2 však zatím nedosahuje, pro jeho splnění je potřeba návrh opět doplnit.

Varianty 4–8 splňují v podstatě bez problémů kritérium NPE pro stavební řízení a je možné dosáhnout i na podporu NZÚ na úrovni B1, a při zlepšení stavební části, dokonce i na B2.

Varianta 9 je opět poněkud na hranici. Pokud bude mít objekt velmi nízkou energetickou náročnost, splní systémové požadavky na neobnovitelnou primární energii (NPE) pro schválení realizace stavebním úřadem. Nesplní však kritérium NPE pro dotační tituly NZÚ a systém je třeba doplnit např. o FVE systém, o tepelné čerpadlo vzduch-vzduch s napojením na vzduchotechnické zařízení a zároveň vylepšit parametry obálky budovy apod.

Varianty 10 a 11 splňují požadavky kritéria NPE pro stavební řízení a je možné dosáhnout i na podporu NZÚ na úrovni B1, při zlepšení stavební části dokonce i na B2.

Varianta 12 je opět tak trochu na rozhodovací hraně, protože její akceptovatelnost závisí na podílu pokrytí vytápění a přípravy teplé vody tepelným čerpadlem v kompaktní vzduchotechnické jednotce. Pokud je podíl využití tepelného čerpadla vyšší, jsou splněny požadavky NPE pro stavební řízení a je možné dosáhnout na podporu NZÚ na úrovni B1.

Další koncepty je možné studovat na následujících zajímavých odkazech. Zajímavý je například článek profesora Kabeleho a doktora Urbana (2017), který řeší různé koncepty technických systémů vhodných pro typický rodinný dům.²⁰ Velmi pěkné je i porovnání různých standardů rodinných domů pro nově navrhované domy s téměř nulovou spotřebou od energetických poradců Čejka, Antonín (2017).²¹ V neposlední řadě je zajímavá případová studie různého provedení rodinného domu a bytového domu v téměř nulovém standardu, viz Antonín (2017).²²

20 Kabele, K., Urban, M. (2017) Vliv koncepce technických systémů na energetické náročnosti rodinného domu. [online] Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze. Informační server TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/16155-uviv-koncepce-technickyh-systemu-na-energeticke-narocnosti-rodinneho-domu>

21 Čejka, M., Antonín, J. (2017) Budovy s téměř nulovou spotřebou – porovnání energetických standardů. [online] PORSENNNA o.p.s., EnergySim. Informační server TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15181-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-porovnan-energetickyh-standardu>

22 Antonín, J., Purkrtová, M. (2017) Budovy s téměř nulovou spotřebou energie - Případové studie. [online] EnergySim. Informační server TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15188-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-pripadove-studie>





5.2. DOPLŇKOVÁ ZAŘÍZENÍ NA KOMPENZACI POŽADAVKŮ KRITÉRIA NEOBNOVITELNÉ ENERGIE

Z výše uvedeného shrnutí vyplývá, že některá navrhovaná řešení je třeba doplnit o zařízení, která sníží spotřebu neobnovitelných zdrojů a vylepší kritérium NPE tak, aby objekt splnil požadavky pro stavební povolení, případně pro dotační programy NZÚ.

Nejlevnějším doplňkem jsou kamna či krby na dřevo, případně na pelety či dřevěné brikety, které se od sebe liší druhem paliva, způsobem spalování, přívodem vzduchu, regulací a komfortem přikládání a ovládání. Levnější zařízení s ručním přikládáním lze pořídit již od 12 000 Kč, tyto však obvykle přisávají vzduch na hoření z interiéru a nejsou vhodné pro úsporné domy (nízkoenergetické či pasivní), kde je nutné zajistit oddělený přívod vzduchu přímo do topeniště. Oddělený přívod vzduchu se provádí obvykle vícevrstevným komínem nebo třeba potrubím v podlaze. Druhá varianta je méně výhodná, protože vzduch do topeniště není předehřátý a přívodem externího vzduchu ochlazujeme okolí potrubí. Zařízení s automatickým přikládáním začínají na 50 000 Kč a mohou stát i více než 100 tis. Kč. Komín lze pořídit v rozsahu přibližně 22–45 tis. Kč. V každém případě, pokud chceme vyšší uživatelský komfort v podobě automatického přikládání, je vhodné počítat s celkovou investicí přibližně 100–120 tis. Kč. U manuálního přikládání se vejde pravděpodobně do částky mezi 55–75 tis. Kč. 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. Některá automatická kamna na pelety již pracují od výkonu 2 kW.

Levnou, avšak méně komfortní možností jsou krby na biolih, které je možné pořídit v rozsahu 10–30 tis. Kč. Výhodou krbů na biolih je jejich možnost umístění kamkoliv do interiéru, navíc nemusí mít komín. Nevýhodou je, že palivo je relativně drahé a 1 kWh tepla vyjde na cca 16–80 Kč, podle kvality paliva. Některé levnější bioetanoly mají navíc rozeznatelný odér a jsou při provozu trochu cítit. V poslední době je možné koupit i malá „topítka“ na biolih v ceně 750–900 Kč za zařízení. Pozor, krby na biolih nelze využít v rámci programu NZÚ. Je dobré si připomenout, že tato zařízení jsou vhodná pouze do domů, které mají větrací systém s rekuperací tepla. Důvodem je, že spalováním biolihu vzniká voda a CO₂, který je ovšem třeba odvětrat. Jedině rekuperace tepla umožní, aby získané teplo zůstalo v objektu, jinak budeme topit, jak se říká: „Pánubohu do oken“.

Poněkud nákladnějším doplňkovým zdrojem jsou fotovoltaické panely (FVE). Zde je potřeba počítat s investicí 150–300 tis. Kč bez DPH. Orientační ceny FVE jsou přibližně 45–50 tis. Kč/kW_p bez baterií a 90–100 tis. Kč/kW_p včetně baterií. Obvyklá velikost FVE systému je 2, 5–3,5 kW_p, někdy až 5 kW_p. U levnějších systémů bez baterií je nutné smluvně zajistit podmínky výkupu do sítě, kde je ovšem obvyklá výkupní cena na úrovni silové elektřiny velmi nízká, přibližně 0,50 Kč/kWh. U dražších bateriových systémů nahradíme část vlastní spotřeby vlastní vyrobenou elektřinou. Potom je úspora provozních nákladů u domů s možností využití nízkého tarifu při ceně 1,76 Kč/kWh přibližně 1 620 Kč/rok. Cena se počítá bez stálých plateb, například se jedná o NT sazby D57 ČEZ Distribuce. Na FVE je možné čerpat dotaci v rámci programu NZÚ, přesto je návratnost vložené investice obvykle větší než 10 let. Více informací o možnostech připojení FVE v domácnosti je možné nalézt například v článku Doucha (2016).²³

5.3. PŘEHLED INVESTIČNÍCH A PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

Zhodnotili jsme navržené varianty a prodiskutovali jsme možnosti doplňkových zařízení na snížení spotřeby neobnovitelné energie. Než přistoupíme k vlastnímu ekonomickému hodnocení, shrneme si investiční i provozní náklady navržených variant. V následujících tabulkách (5 a 7) je uveden stručný přehled dílčích a celkových investičních nákladů pro jednotlivé varianty. Pokud není výslovně uvedeno jinak, ceny jsou uvažovány bez DPH. Ceny také nezahrnují doplňková zařízení na kompenzaci kritéria NPE, protože jsou velmi individuální.

23 Doucha, P. (2016) Možnosti připojení domácí elektrárny v roce 2016. [online] Doucha Šikola advokáti s. r. o. Informační server TZB-info. Dostupné z <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/13918-moznosti-pripojeni-domaci-elektrarny-v-roce-2016>





Tabulka 5:

ORIENTAČNÍ CENY INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ (BEZ SERVISNÍCH POPLATKŮ A REVIZÍ) PRO JEDNOTLIVÉ VARIANTY.

INVESTIČNÍ NÁKLADY [Kč]	větrací systém s rekuperací tepla		podlahové vytápění	doplňkové vytápění koupelen	teplovodní vytápění - radiátory nebo přímotopy	větrací systém s rekuperací tepla			TČ dle varianty	realizační cena	
	rovnotlaké větrání	teplovzdušné vytápění obytných místností				el. Kotel + ohřev TV v boileru nebo TČ pro TV	AKU zásobníky, ohřivač ve VZT-teplovzd.	plynový kotel-kond. vč. TV a přípojky ZP; peletková kamna		vzduch/vzduch, voda;zem voda	bez DPH
0 el. Přímotopy, el. Boiler, větrání okny					54 000	17 000				71 000	81 650
1 el. Přímotopy, el. Boiler, VZT se ZZT	135 000				54 000	17 000				206 000	236 900
2 el. Kotel + radiátory, el. Boiler, VZT se ZZT	135 000				90 000	34 000				259 000	297 850
3 el. Přímotopy, TČ na TV, VZT se ZZT	135 000				54 000	58 000				247 000	284 050
4 TČ vzduch/voda s radiátory pro UT a ohřevem TV, VZT se ZZT	135 000				90 000		6 500		185 000	416 500	478 975
5 TČ vzduch/voda s podlahovým topením a ohřevem TV, VZT se ZZT	135 000		105 000	6 000			6 500		185 000	437 500	503 125
6 TČ zem/voda s podlahovým topením a ohřevem TV, VZT se ZZT	135 000		105 000	6 000			6 500		230 000	482 500	554 875
7 plynový kondenzační kotel, podlahové top., VZT se ZZT	135 000		105 000	6 000				120 000		366 000	420 900
8 MULTISPLIT+přímotopy, TČ na TV, VZT	135 000				46 000	58 000			110 000	349 000	401 350
9 teplovzdušné vytápění + el. Kotel, TČ na TV, VZT se ZZT		195 000		14 500		75 000				284 500	327 175
10 teplovzdušné vytápění +TČ vzduch/vzduch, TČ na TV, VZT se ZZT		189 500			18 000	73 100			62 000	342 600	393 990
11 peletková kamna+AKU, teplovzdušné vytápění, VZT se ZZT		195 000		14 500			65 000	77 000		351 500	404 225
12 kompaktní VZT s integr. TČ, doplň. Přímotopy, VZT se ZZT	283 000				54 000					337 000	387 550

Kromě investičních nákladů je třeba počítat i s náklady na provoz. Provozní náklady se kromě nákladů na spotřebu paliv skládají z nákladů na pravidelnou údržbu a revize, případně servis a reinvestice. Následující ceny jsou opět uvedeny bez DPH, které je podle druhu služby nebo zboží 15 nebo 21 %.

Do údržby řadíme například pravidelnou výměnu filtrů, pro teplovzdušné vytápění uvažujeme 180 Kč/rok, pro rovnotlaké větrání a kompaktní jednotky 120 Kč/rok. Při použití uživatelsky příjemnějších kompaktních filtrů je třeba počítat asi 3,5 násobek ceny filtrů běžných.

Revize uvažujeme pro elektrokotle 300 Kč/rok, pro kotle na plyn 1 400 Kč/rok, pro tepelná čerpadla 600–1 800 Kč/rok dle kvality a rozsahu, revize komína u kamen 700 Kč/rok. Náklady na servis nelze dopředu nikdy úplně přesně odhadnout, závisí na kvalitě výrobků a rozsahu závad. Například u některých dodavatelů jsou drobné servisní náklady v ceně revize.

Náklady na spotřebu paliv v použitém modelu počítáme z následujících cen paliv, které zahrnují cenu vlastního paliva včetně stálých (fixních) plateb. Například stálé platby za elektřinu se platí vždy a týkají se plateb za odběrné místo, příkon jističe apod. Do určité míry je lze chápat tak, že jsou vždy nutné a za určitých okolností (zejména pokud srovnáváme varianty, kdy je odběr elektřiny ve stejném tarifu





a při stejné hodnotě jističe) je možné mezi sebou porovnávat pouze platby za spotřebovanou elektřinu. Na fakture za elektřinu jsou tyto položky označovány platbou za kWh a jedná se například o položky silová elektřina, distribuované množství, systémové služby, podpora zdrojů energie (POZE). Tento přístup je na místě, pokud srovnáváme třeba úsporná opatření, která mají přímý vliv na spotřebu elektřiny, ale nemají vliv na velikost jističe či změnu distribuční sazby. Vzhledem k tomu, že v našem případě srovnáváme zcela odlišné koncepty, používáme metodiku celkových nákladů, a tudíž srovnáváme náklady celkové včetně fixních plateb. Ve většině variant uvažujeme sazbu D57d pro elektrické topení, Varianta 0 má přímotopnou sazbu D45d a v případě vytápění plynem se objevuje i distribuční sazba D02d. Ceny jsou uvedeny včetně 15 % DPH.

Tabulka 6:

PRŮMĚRNÉ CENY POUŽITÝCH ENERGO NOSITELŮ PRO RŮZNÉ VARIANTY.

CENY PALIV [Kč/kWh]	Varianta												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elektřina ze sítě	2,77	2,87	2,81	3,01	3,01	3,03	3,08	5,15	2,96	2,95	2,91	3,13	3,00
Zemní plyn	-	-	-	-	-	-	-	1,46	-	-	-	-	-
Dřevěné peletky	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	-

Tabulka 7:

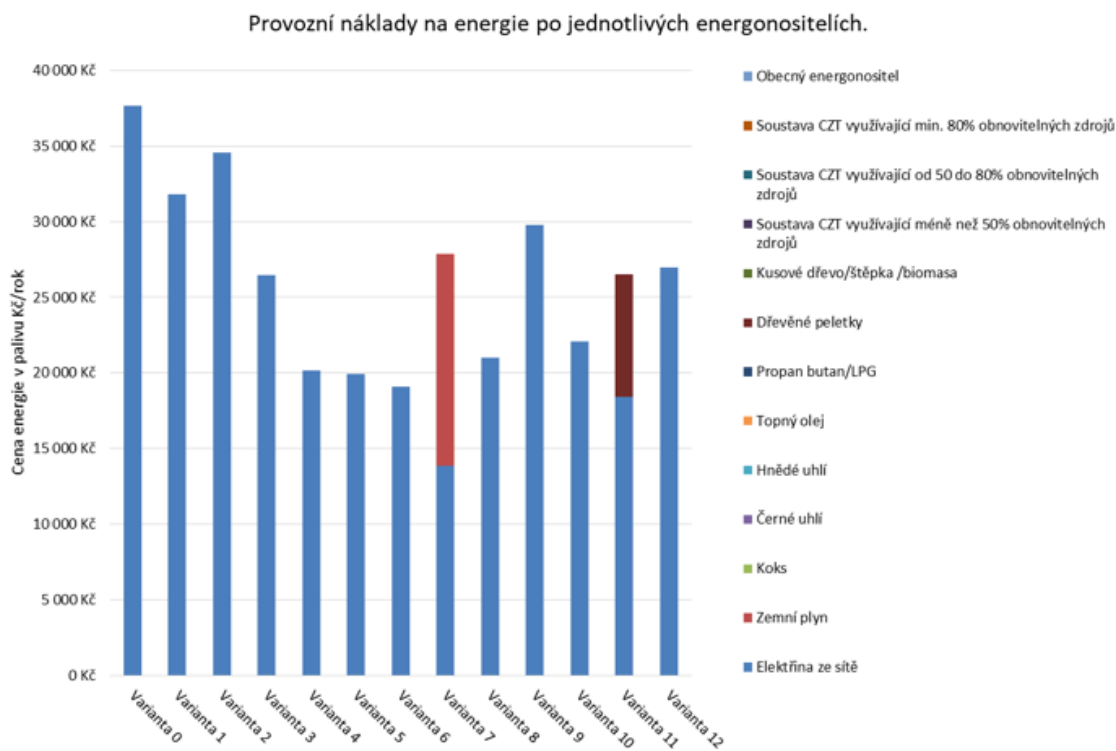
ORIENTAČNÍ CENY
ROČNÍCH PROVOZNÍCH
NÁKLADŮ A ROZDĚLENÍ
NA DÍLČÍ ČÁSTI
(BEZ SERVISNÍCH
POPLATKŮ, REVIZÍ) PRO
JEDNOTLIVÉ VARIANTY.
CENY JSOU ROZDĚLENÉ
NA FIXNÍ PLATBY
A PLATBY ZA VLASTNÍ
SPOTŘEBU.

ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY [Kč]	dílčí provozní náklady dle cen energií roku 2017					roční platby (bez chlazení)
	vytápění domu	ohřev TV	provoz VZT	domácnost - elektro	paušální platby	2017
0 el. Přímotopy, el. Boiler, větrání okny	10 247	6 135		6 121	4 141	26 643
1 el. Přímotopy, el. Boiler, VZT se ZZT	5 090	6 135	544	6 121	4 141	22 030
2 el. Kotel + radiátory, el. Boiler, VZT se ZZT	5 242	6 135	544	6 121	4 141	22 183
3 el. Přímotopy, TČ na TV, VZT se ZZT	5 090	2 350	544	6 121	4 141	18 246
4 TČ vzduch/voda s radiátory pro UT a ohřevem TV, VZT se ZZT	1 765	1 867	544	6 121	4 141	14 439
5 TČ vzduch/voda s podlahovým to- pením a ohřevem TV, VZT se ZZT	1 690	1 867	544	6 121	4 141	14 363
6 TČ zem/voda s podlahovým tope- ním a ohřevem TV, VZT se ZZT	1 279	1 867	544	6 121	4 141	13 953
7 plynový kondenzační kotel, podla- hové top., VZT se ZZT	4 075	4 912	977	10 994	2 940	23 899
8 MULTISPLIT+přímotopy, TČ na TV, VZT	1 923	2 350	544	6 121	4 141	15 079
9 teplovzdušné vytápění + el. Kotel, TČ na TV, VZT se ZZT	4 568	2 350	748	6 121	4 141	17 929
10 teplovzdušné vytápění +TČ vzduch/ vzduch, TČ na TV, VZT se ZZT	1 923	2 350	748	6 121	4 141	15 283
11 peletková kamna+AKU, teplo- vzdušné vytápění, VZT se ZZT	3 606	5 160	748	6 121	4 141	19 776
12 kompaktní VZT s integr. TČ, doplň. Přímotopy, VZT se ZZT	4 554	4 198	544	6 121	4 141	19 558



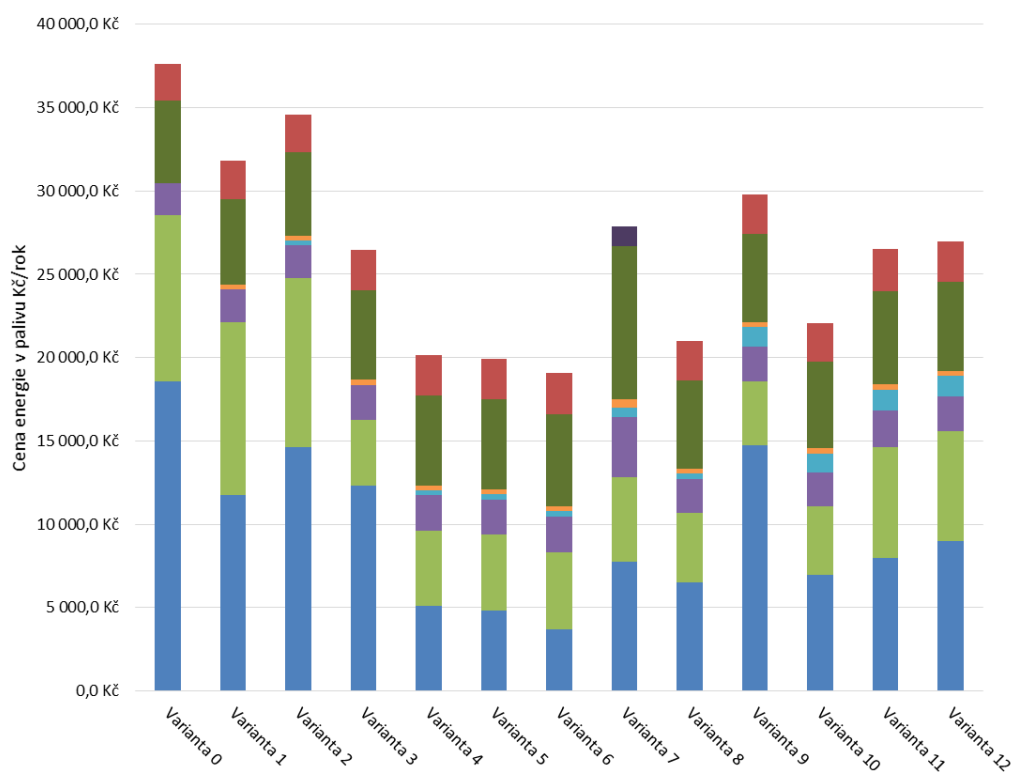


Obrázek 45:
PROVOZNÍ NÁKLADY
PODLE ENERGOISITELŮ
PRO JEDNOTLIVÉ
VARIANTY.



Obrázek 46: PROVOZNÍ
NÁKLADY PODLE ZPŮSOBU
VYUŽITÍ PRO JEDNOTLIVÉ
VARIANTY.

- Vaření - plyn
- Vaření - elektřina
- Ostatní elektrospotřebiče
- Vlhčení a odvlhčování
- Chlazení
- Nucené větrání
- Pomocné energie
- Osvětlení
- Teplá voda
- Vytápění



Nejvíce diskutovanou částí provozních nákladů jsou obvykle reinvestice, což jsou náklady, které u každého zařízení nastanou, není však přesně zřejmé kdy. Zařízení se obvykle mění buď proto, že dosáhne konce technické životnosti (již ho není možné nebo smysluplné opravovat) nebo morální životnosti (existují výhodnější řešení, která nabídnou lepší ekonomiku provozu, komfort apod.). V úlohách hodnotících ekonomiku vytápění se obvykle pracuje s očekávanou technickou dobou životnosti. Základním principem





ekonomického hodnocení při porovnávání různých technických variant je zajištění porovnatelnosti variant z časového hlediska, tj. abychom varianty hodnotili za stejnou dobu očekávaného provozu.

Následující přehled ukazuje příklady použité v uvažovaných variantách:

- **Varianta 0:** Předpokládáme, že se přímotopné panely vymění za 15–18 let, zásobník teplé vody se vymění za 10 let. Ve výpočtu tedy uvažujeme 12 000 Kč za zásobník v 11. roce a 54 000 Kč v 16. roce za přímotopné radiátory.
- **Varianta 1:** Stejně jako Varianta 0. Předpokládáme, že se u nuceného větrání vymění jeho pohyblivé části jednou za 15 let cca 30 % celkových nákladů. Ve výpočtu je zadáno 47 000 Kč v 16. roce.
- **Varianta 2:** Předpokládáme výměnu elektrokotle jednou za 15–18 let a výměnu zásobníku po 10 letech. Ve výpočtu jsou počítány reinvestice 17 000 Kč a 47 000 Kč za elektrokotel a vzduchotechnické části v 16. roce a 12 000 Kč za zásobník v 11. roce.
- **Varianta 3:** Uvažujeme 54 000 Kč v 16. roce za přímotopné radiátory. Dále předpokládáme výměnu tepelného čerpadla vzduch-voda na přípravu teplé vody za 58 000 Kč a reinvestice do pohyblivých částí vzduchotechniky 47 000 Kč v 16. roce.
- **Varianta 4:** Výměnu tepelného čerpadla uvažujeme ve výši 185 000 Kč a částí vzduchotechniky ve výši 47 000 Kč v 16. roce.
- **Varianta 5:** Stejně jako u varianty 4.
- **Varianta 6:** U tepelného čerpadla země-voda předpokládáme výměnu jednotky ve výši 110 000 Kč a výměnu částí vzduchotechniky ve výši 47 000 Kč v 16. roce. Rozvody, vrty a jejich vyzbrojení zůstává.
- **Varianta 7:** Předpokládáme výměnu kotle na plyn ve výši 85 000 Kč a částí vzduchotechniky ve výši 47 000 Kč v 16. roce.
- **Varianta 8:** V 16. roce předpokládáme výměnu všech jednotek tepelných čerpadel, doplňkových přímotopů a částí vzduchotechniky, celkem 110 000 Kč + 46 000 Kč + 58 000 Kč + 47 000 Kč.
- **Varianta 9:** Zde měníme v 16. roce tepelné čerpadlo na přípravu teplé vody (58 000 Kč), elektrokotel (17 000 Kč) a teplovzdušné vytápění (85 000 Kč).
- **Varianta 10:** V 16. roce počítáme s reinvesticí ve výši 62 000 Kč za tepelné čerpadlo vzduch-vzduch na vytápění, 58 000 Kč za tepelné čerpadlo na teplou vodu, 85 000 Kč za teplovzdušné vytápění a 17 000 Kč za doplňkové přímotopy.
- **Varianta 11:** V 16. roce počítáme s reinvesticí ve výši 77 000 Kč za kamna na peletky, 65 000 Kč za akumulací zásobník s regulací a 85 000 Kč za teplovzdušné vytápění.
- **Varianta 12:** U kompaktní jednotky předpokládáme výměnu v 16. roce ve výši 170 000 Kč a 54 000 Kč za přímotopy.

Existuje mnoho dalších kombinací systémů a jejich variant. Výše uvedené varianty však reprezentují buď smysluplná řešení v podmínkách České republiky, případně ukazují některé typické kombinace, které se objevují v nabídkách firem. V následující části se budeme věnovat podrobnějšímu ekonomickému hodnocení.

5.4. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V kapitole 3.1 jsme si slíbili, že vyhodnocení provedeme pomocí kritéria **celkové náklady za dobu předpokládaného vlastnictví** = Total Costs of Ownership (TCO), které je součtem veškerých nákladů za dobu vlastnění, užívání či dobu předpokládané životnosti. Toto kritérium mají třeba v oblibě pracovníci IT, aby nám ukázali, proč je levnější mít laserovou tiskárnu, když tiskneme hodně a naopak inkoustovou tiskárnu, tiskneme-li málo. Pro velmi zvědavé čtenáře můžeme dodat, že se jedná v podstatě o modifikované kritérium NPV výdajů počítané bez diskontování, růstu cen energií a daňových štítů. Diskontem přitom zohledňujeme časovou hodnotu peněz a jeho velikostí náklady ušlé příležitosti (opportunity costs).

TCO je kritérium hodnocení ekonomické efektivity investic (variant). Kritérium reprezentuje situaci, kdy investor neuvažuje s možným zhodnocením svých prostředků (neuvažuje tedy časovou hodnotu peněz). Lze jej interpretovat dvojím způsobem, za dobu životnosti technologií nebo třeba za dobu





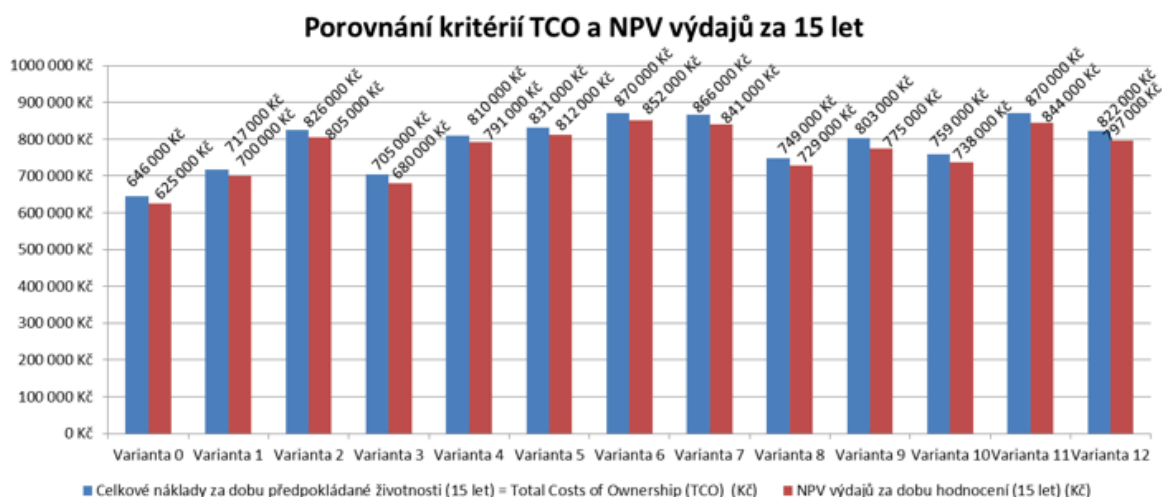
vlastnictví nemovitosti. Například na počátku investice nemusí být investor rozhodnutý, jak se svou nemovitostí v budoucnosti naloží, zda si ji ponechá nebo zda ji bude provozovat, může si proto spočítat dva nebo více časových horizontů této předpokládané události.

V našem případě počítáme kritérium TCO a pro jistotu i kritérium NPV výdajů pro 15 a 30 let. Což jsou v rámci přípustného zjednodušení doby, za které jednou vyměníme tepelné čerpadlo či novější plynové kotle nebo kamna a dvakrát zásobník na přípravu teplé vody (boiler). Kritérium NPV je počítáno pro diskont 3% s 2% meziročním růstem cen energií.

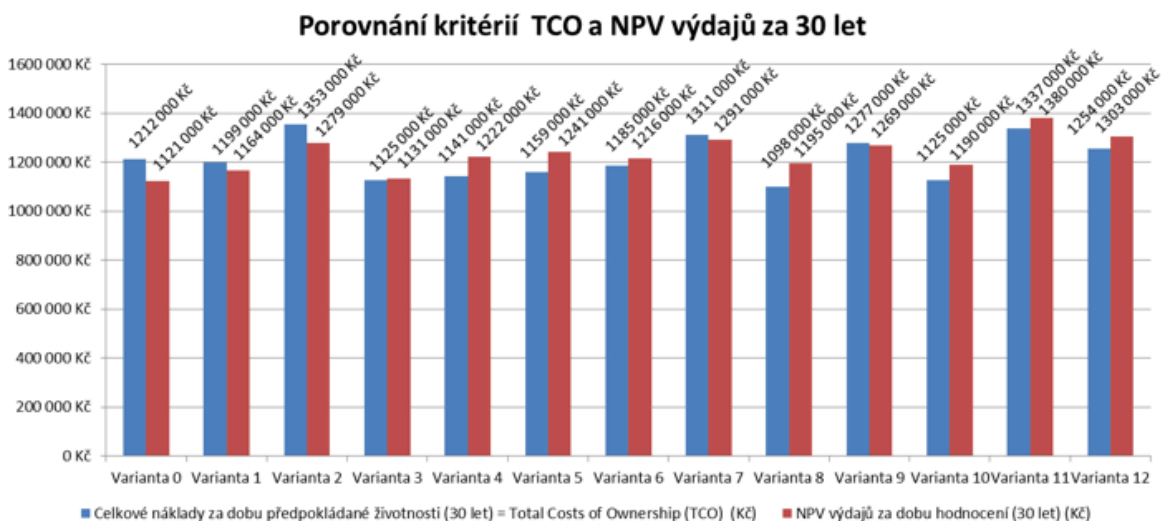
Následující přehledné tabulky potom shrnují vyhodnocení variant podle energetické spotřeby, investičních a provozních nákladů a celkových nákladů na vlastnictví za dobu předpokládaného vlastnictví či životnosti.

V horizontu 30 let si nejlépe vedou Varianty 0, 1, 3, 4, 5, 6, 8 a 10, jak ukazují následující grafy (obrázky 47 a 48) a tabulka 8. Nejméně ekonomicky zajímavé jsou v horizontu 30 let nakonec Varianty 2, 7, 9, 11 a 12. Varianty 1, 3, 8, a 10 jsou ekonomicky výhodnější již po 15 letech. Podle očekávání však některé z nich nespĺňují kritéria podílu neobnovitelné energie NPE, jak jsme již diskutovali v kapitole 5.2. U těchto variant je třeba počítat s více investicemi v minimální úrovni 55–75 tis. Kč pro plnohodnotný zdroj tepla na biomasu s manuálním přikládáním. Pro automatické přikládání musíme počítat s částkami 100–120 tis. Kč. Pro FVE jsou příplatky za doplnění kritéria NPE ještě vyšší, nicméně zde je možné využití dotace z programu NZÚ.

Obrázek 47:
POROVNÁNÍ KRITÉRIÍ
TCO A NPV VÝDAJŮ
ZA 15 LET.

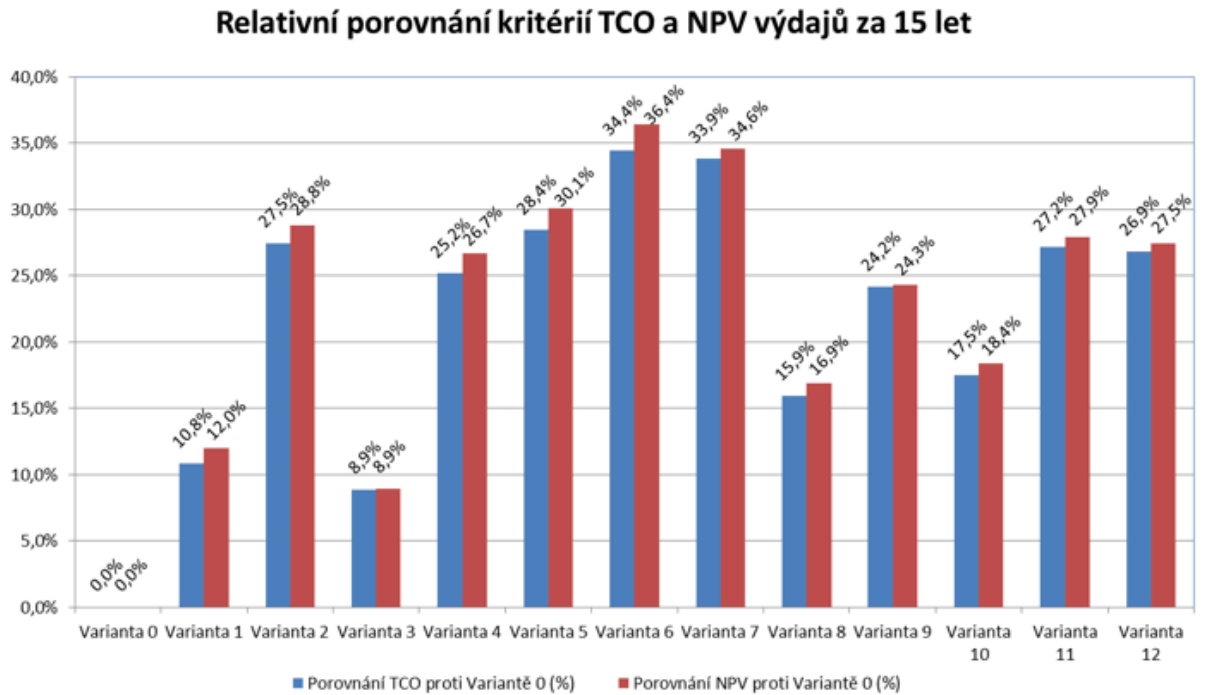


Obrázek 48:
POROVNÁNÍ KRITÉRIÍ
TCO A NPV
VÝDAJŮ ZA 30 LET.

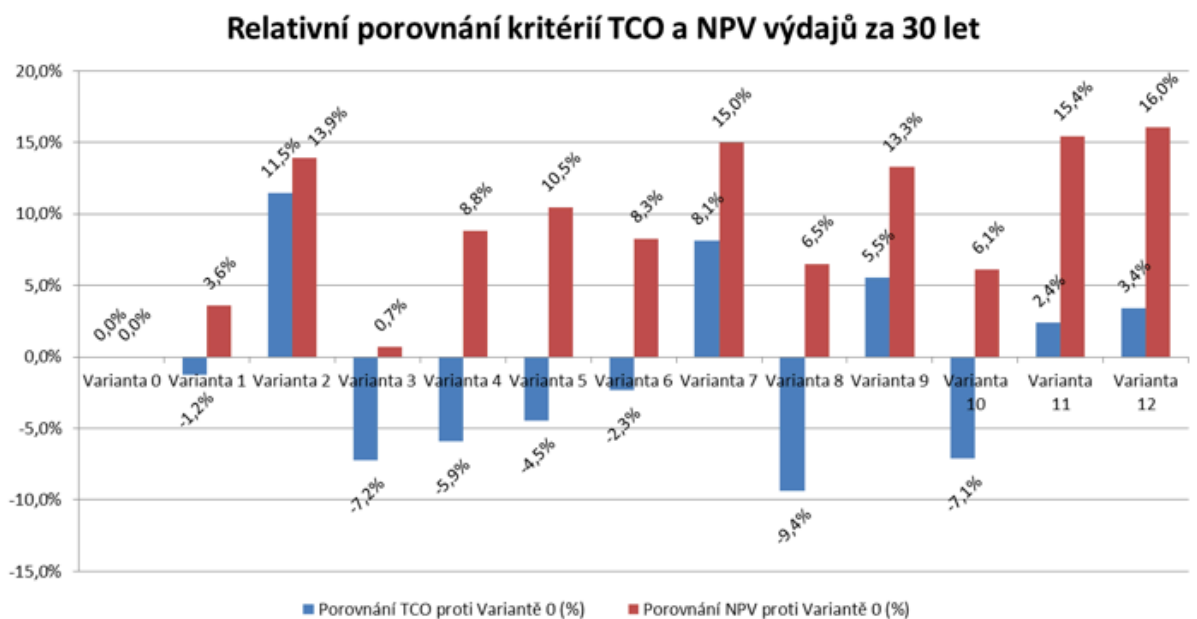


Následující grafy (obrázky 49 a 50) jsou pouze pomocné. Ukazují relativní porovnání vzhledem k Variantě 0. Tím zdůrazňují vztahy mezi nimi a můžeme tak lépe rozeznat, které varianty jsou na tom lépe a které hůře. Jak je patrné kritéria TCO a NPV se od sebe liší. Pro investora to znamená, že pokud má možnost zhodnotit své peníze (v našem případě alespoň o 3 % ročně), je pro něj důležitější kritérium NPV, v opačném případě je kritérium TCO dostačující.

Obrázek 49:
RELATIVNÍ
POROVNÁNÍ KRITÉRIÍ
TCO A NPV
VÝDAJŮ PROTI
VARIANTĚ 0
ZA 15 LET.



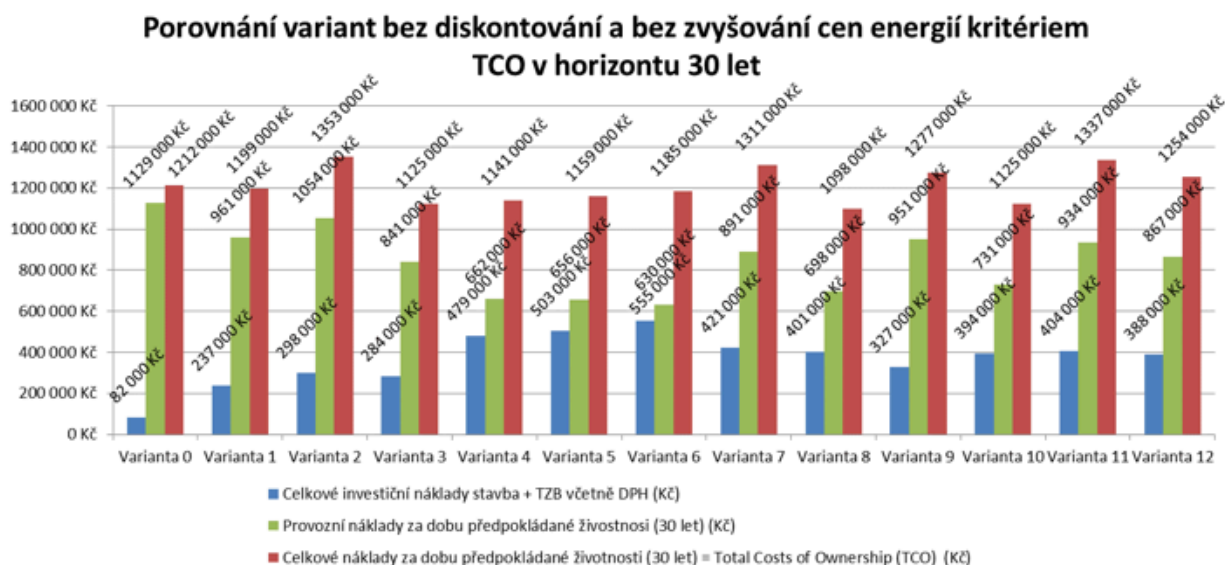
Obrázek 50:
RELATIVNÍ
POROVNÁNÍ KRITÉRIÍ
TCO A NPV VÝDAJŮ
PROTI VARIANTĚ 0
ZA 30 LET.





Obrázek 51 je doplňující. Porovnává varianty jednak kritériem TCO, ale také ukazuje investiční a provozní náklady. Z grafu je pěkně patrné jak varianty, které jsou investičně málo náročné, mají obvykle vyšší provozní náklady a naopak.

Obrázek 51:
POROVNÁNÍ
KRITÉRIÍ TCO
V HORIZONTU
30 LET.



Tabulka 8:
EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.

EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [tis. Kč] resp. [%]	Varianta												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (15 let) = Total Costs of Ownership (TCO) [tis. Kč]	646	717	826	705	810	831	870	866	749	803	759	870	822
Porovnání TCO proti Variantě 0	0,0 %	11,0 %	27,9 %	9,1 %	25,4 %	28,6 %	34,7 %	34,1 %	15,9 %	24,3 %	17,5 %	34,7 %	27,2 %
NPV výdajů za dobu hodnocení (15 let) [tis. Kč]	625	700	805	680	791	812	852	841	729	775	738	844	797
Porovnání NPV proti Variantě 0	0,0 %	12,0 %	28,8 %	8,8 %	26,6 %	29,9 %	36,3 %	34,6 %	16,6 %	24,0 %	18,1 %	35,0 %	27,5 %
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (30 let) = Total Costs of Ownership (TCO) [tis. Kč]	1 212	1 199	1 353	1 125	1 141	1 159	1 185	1 311	1 098	1 277	1 125	1 337	1 254
Porovnání TCO proti Variantě 0	0,0 %	-1,1 %	11,6 %	-7,2 %	-5,9 %	-4,4 %	-2,2 %	8,2 %	-9,4 %	5,4 %	-7,2 %	10,3 %	3,5 %
NPV výdajů za dobu hodnocení (30 let) [tis. Kč]	1 121	1 164	1 279	1 131	1 222	1 241	1 216	1 291	1 195	1 269	1 190	1 380	1 303
Porovnání NPV proti Variantě 0	0,0 %	3,8 %	14,1 %	0,9 %	9,0 %	10,7 %	8,5 %	15,2 %	6,6 %	13,2 %	6,2 %	23,1 %	16,2 %





5.5. SLOVO ZÁVĚREM

Obecně je možné konstatovat, že z ekonomicky zajímavých variant (Varianty 0, 1, 3, 4, 5, 6, 8 a 10), nejlépe vycházejí varianty, které využívají tepelná čerpadla (Varianty 4, 5, 6, 8 a 10), vyjma Varianty 12, která patří mezi ekonomicky méně výhodné. Varianty 0, 1 a 3, které jsou sice ekonomicky zatím zajímavé, však nevyhovují nebo nemusí vyhovět kritériu NPE. U nich je nutné počítat s více náklady.

U ekonomicky horších variant (Varianty 2, 7, 9, 11 a 12) můžeme konstatovat, že hůře vycházejí varianty, které buď přímo vytápějí elektřinou s menším nebo žádným podílem tepelných čerpadel (Varianty 2, 9, případně 12) nebo využívají jiná paliva než elektřinu. Tedy Varianta 7, která využívá plyn a Varianta 11, která využívá peletky. Variantu 11 je však možné ekonomicky vylepšit použitím kotle na ruční příkládání, kdežto u variant s přímým elektrickým vytápěním lze spíše předpokládat více investice do NPE.





6.

ZÁKLADNÍ POJMY, KRITÉRIA A NASTAVENÍ PARAMETRŮ EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Následující část je určena velmi zvědavým čtenářům. Obsahuje bližší vysvětlení použitých i dalších kritérií ekonomického hodnocení, vysvětlení některých základních pojmů a nastavení výpočtových parametrů v našem modelu.

- **Růst (pokles) cen energií:** Pro odhad budoucích cen energií lze akceptovat hodnotu mírně nad inflací. 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 jinam (do alternativní možnosti investování peněz). Například termínovaný vklad v bance nám zhodnotí peníze ve výši 1–3 % 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:** S ohledem na předpokládané možnosti užívání nemovitosti uvažujeme 15 a 30 let.
- **Hodnocení ekonomické proveditelnosti** se obvykle provádí způsobem, který je uveden v příloze č. 5 vyhlášky č. 480/2012 Sb., případně podle ČSN EN 15459, viz § 7 vyhláška č. 78/2012 Sb., o energetické náročnosti budov.

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.

Rovnice 1:

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

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

kde: CF_t je tok hotovosti [CZK]
 r je diskontní sazba [%]
 $(1+r)^t$ je odúročitel
 T_z (T_h) je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [roky]





vnitřní výnosové procento IRR (Internal Rate of Return) [%] maximalizační kritérium

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

Rovnice 2:

Vztah pro vnitřní výnosové procento IRR (Internal Rate of Return).

$$NPV_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t(1 + IRR)^{-t} = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t(1 + IRR)^{-t} - IN = 0$$

kde: CF_t je tok hotovosti [CZK]
 r je diskontní sazba [%]
 $(1 + r)^t$ je odúročitel
 T_z (T_h) je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [roky]

doba splacení vloženého kapitálu (počítaná s diskontem) T_{sd} (návrstnost)

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

Rovnice 3:

Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návrstnost diskontovaná).

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

kde: CF_t je tok hotovosti [CZK]
 r je diskontní sazba [%]
 $(1 + r)^t$ je odúročitel [-]
 T_z (T_h) je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [roky]

NÁSLEDUJÍCÍ KRITÉRIA NEJSOU SOUČÁSTÍ VYHLÁŠKY Č. 480/2012 SB.:

prostá doba návratnosti T_s , doba splacení investice

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:

Rovnice 4:

Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_s (návrstnost prostá).

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

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 cenu vyrobené či ušetřené energie, která zaručuje očekávaný výnos vloženého kapitálu ve výši diskontu. U investora může zahrnovat i požadovaný nebo regulovaný výnos.

Poznámka: Minimální cena c_{PEmin} se počítá z podmínky $NPV=0$ a ukazuje, jakou minimální cenu je třeba inkasovat, aby byl zaručen očekávaný výnos vloženého kapitálu. Pokud investor platí za energii menší cenu, než je například minimální cena uspořené energie, nedává investice do úsporného opatření smysl.





celkové náklady za dobu předpokládaného vlastnictví = Total Costs of Ownership (TCO), je součtem veškerých nákladů za dobu vlastnění, užívání či dobu předpokládané životnosti.

Jedná v podstatě o modifikované kritérium NPV výdajů počítané bez diskontování, růstu cen energií a daňových štítů. Diskontem přitom zohledňujeme časovou hodnotu peněz a jeho velikostí náklady ušlé příležitosti (opportunity costs).

Rovnice 5:

Vztah pro celkové náklady za dobu předpokládaného vlastnictví (TCO).

$$TCO_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t(1+r)^{-t} = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t(1+r)^{-t} - IN$$

kde: CF_t je tok hotovosti [CZK]
 r je diskontní sazba [%] = 0
 $(1+r)^t$ je odúročitel [-]
 $T_z (T_h)$ je doba životnosti (hodnocení) projektu [roky]

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.

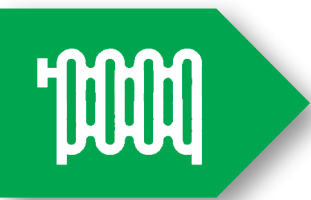




SEZNAM ODKAZŮ A LITERATURY:

- [1] Zákon č. 406/2000 Sb., Zákon o hospodaření energií. [online] Aktuální znění 01.01.2016. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>.
- [2] Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. [online] Aktuální znění 11.10.2016. Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-480>.
- [3] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Aktuální znění 01.12.2015 [online] Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78>.
- [4] Zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Aktuální znění 17. 06. 2016 - 31. 07. 2017 [online] Dostupné z <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-165>.
- [5] ČSN EN 15459 – Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách.
- [6] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2011
- [7] ČSN 730542 Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov, ČNI Praha 1995
- [8] ČSN EN ISO 6949 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI Praha 1998
- [9] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, ČNI Praha 1999
- [10] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná tepelná ztráta – Výpočetní metoda, ČNI 2000
- [11] ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, ČNI Praha 2005
- [12] ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000
- [13] ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušená metoda a orientační hodnoty, ČNI Praha 2000
- [14] ČSN 060320 Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování
- [15] Vyhláška MPO č. 150/2001 Sb.
- [16] Vyhláška MPO č. 193/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášky 151/2001 Sb. a 153/2001 Sb.)
- [17] Vyhláška MPO č. 194/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášku 152/2001 Sb.) Sb.
- [18] Vyhláška MPO č. 193/2013 Sb.
- [19] Vyhláška MPO č. 194/2013 Sb.





prosinec 2017



Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie na období 2017–2021 – Program EFEKT 2 pro rok 2017.

