



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYTÁPĚNÍ NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ

HEATING OF LOW-ENERGY HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JÁN POLÁČIK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MICHAELA ZÁRYBNICKÁ

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ján Poláček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Energetika, procesy a ekologie (3904R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vytápění nízkoenergetických domů

v anglickém jazyce:

Heating of low-energy houses

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provést teoretické zpracování a základní porovnání topných systémů vhodných pro vytápění nízkoenergetických rodinných domků.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní zpracování vhodných topných systémů v oblasti nízkoenergetických rodinných domů. Základní technicko-ekonomické porovnání jednotlivých způsobů vytápění na modelovém domě.

Ekonomické porovnání vhodnosti využívání nízkoenergetických domů do budoucnosti.

Seznam odborné literatury:

- [1] Petráš, D. a kol.: Vytápění rodinných a bytových domů, JAGA group, Bratislava, 2005
- [2] Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy, Grada, Praha, 2005
- [3] Internetové zdroje
- [4] tzb-info.cz
- [5] hestia.energetika.cz
- [6] ČSN normy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Zárybnická

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 7.11.2012



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Domy s nízkou potrebou energie na vykurovanie sa stávajú čoraz viac bežnými. Táto práca popisuje možnosti a jednotlivé spôsoby vykurovania nízkoenergetických domov. Ďalej sa venuje konkrétnym zdrojom energie, ich dostupnosti a vplyvu na životné prostredie. Práca obsahuje aj konkrétny návrh vykurovania do modelového domu.

ABSTRACT

Low-energy houses are becoming more common and requested. This work describes possibilities and various ways of space heating in such houses. It also analyses specific energy sources, their availability as well as an environmental impact. The work includes a design of heating for a display low-energy house.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

Vykurovanie, nízkoenergetický dom, zdroje energie, vykurovacie systémy

KEYWORDS

Heating, a low-energy house, energy sources, heating system

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

POLÁČIK, J. *Vytápění nízkoenergetických domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 43 s. Vedoucí diplomové práce: Ing. Michaela Zárybnická.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že bakalárska práca je mojím pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne s použitím odbornej literatúry a zdrojov uvedených v zozname.

V Brne, dňa 14. 5. 2013

.....
Ján Poláček

OBSAH

Úvod	13
1 NÍZKOENERGETICKÝ DOM	15
1.1 Bývanie v nízkoenergetickom dome	16
1.1.1 Výhody	16
1.1.2 Nevýhody	16
1.2 Požiadavky na výstavbu nízkoenergetického domu	16
1.3 Požiadavky na prevádzku nízkoenergetického domu	17
2 VYKUROVANIE	18
2.1 Vykurovacie telesá	19
2.2 Podlahové, stenové a stropné vykurovanie	19
2.3 Teplovzdušné vykurovanie	20
2.4 Infražiaríče	21
2.5 Pasívne vykurovanie	21
3 VETRANIE	23
3.1 Rekuperácia vzduchu	23
3.2 Podzemný výmenník	24
3.3 Získavanie tepla z odpadovej vody	25
4 ZDROJE ENERGIE	26
4.1 Slnčná energia	26
4.1.1 Trombeho stena	26
4.1.2 Slnčné kolektory	27
4.1.3 Fotovoltaika	28
4.2 Elektrická energia	28
4.3 Zemný plyn	29
4.4 Biomasa	29
4.5 Tepelné čerpadlo	30
5 PRAKTICKÁ ČASŤ	31
5.1 Popis domu	31
5.2 Možnosti využívania energie	32
5.3 Výpočet potreby tepla	32
5.4 Návrh vykurovacieho systému	33
5.4.1 Krbové kachle na kusové drevo	34

5.4.2	Kotol na drevnú štiepku.....	35
5.5	Zhodnotenie návrhov.....	38
ZÁVER.....		39
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV		41

Úvod

Z dôvodu neustáleho zvyšovania cien energií sa dnes snažíme čoraz viac zlepšovať účinnosť strojov, znižovať straty energie a využívať každý, aj zanedbateľný zdroj energie. Toto platí aj v oblasti výstavby nových budov. Novodobými trendmi sa stávajú nízkoenergetické a pasívne rodinné domy. Aby sa znížili prevádzkové náklady, majitelia stavieb sú ochotní investovať do lepších technológií. Na výstavbu spomínaných budov sú kladené mnohé požiadavky. Myslíme tým energetickú sebestačnosť, využívanie alternatívnych a obnoviteľných zdrojov energie, minimálnu spotrebu tepla, akumuláciu energie, priaznivý vplyv na životné prostredie. Vykurovanie je systém, ktorý často najviac ovplyvňuje celkové ročné náklady na prevádzku rodinného domu. Každý spôsob vykurovania má iný vplyv aj na životné prostredie. Podobne aj rôzne domy vyžadujú iný tepelný výkon vykurovacieho systému, ktorý závisí od typu domu, veľkosti obytnej plochy a podnebia, v ktorom sa nachádza. Preto je dôležité pri výbere vhodného vykurovacieho systému brať do úvahy množstvo faktorov, ako napríklad dostupnosť a cenu zdrojov energie, ekológiu vykurovania, a podobne.

Výstavba nízkoenergetických domov je do budúcnosti veľmi perspektívna, a to hlavne z dôvodu nízkych prevádzkových nákladov v porovnaní s klasickými stavbami. Výhodou je aj priaznivý vplyv na životné prostredie a pomerne rýchla finančná návratnosť investície.

Cieľom tejto práce je poskytnúť zhrnutie a prehľad spôsobov vykurovania nízkoenergetických domov, poukázať na výhody a nevýhody konkrétnych systémov, posúdiť ich vplyv na životné prostredie a zanalyzovať ekonomické hľadisko investície a prevádzky. Táto práca sa venuje definícii, rozdeleniu a popisu nízkoenergetických stavieb, následne zhodnoteniu jednotlivých možností vykurovania a nakoniec v praktickej časti návrhu na riešenie vykurovania v modelovom dome.

1 NÍZKOENERGETICKÝ DOM

Každá doba prináša iné požiadavky na dizajn, funkciu, či životnosť technických zariadení. Rovnako je tomu aj v stavebníctve. Na rozdiel od minulých rokov sa dnes kladie omnoho väčší dôraz na spotrebu energie stavby. Zatiaľ čo pri bežných starších stavbách tepelná izolácia domu nebola najvyššou prioritou a na ich vykurovanie v zimnom období sa spotrebovalo množstvo energie, dnes nájdeme stavby, ktoré sú energeticky pasívne a nepotrebujú klasické vykurovanie.

V tabuľke č. 1 je uvedený popis jednotlivých typov domov a ich ročná potreba konečnej energie na 1 m² obytnej plochy.

Tab. 1: Rozdelenie domov z hľadiska spotreby energie [1,2]

Názov	Popis	Ročná potreba energie na 1 m ² obytnej plochy
Bežné staršie budovy	domy, pri ktorých výstavbe nebolo cieľom zabezpečiť úsporu energie pri vykurovaní, sú nezateplené, bez energeticky úsporného vetrania, prekurujú sa, majú zastaraný systém vykurovania, často produkujú pomerne veľa emisií	≥ 140 kWh
Bežná novostavba	stavba postavená podľa súčasnej normy, bez moderných spôsobov získavania a úspor energie	80 – 140 kWh
Nízkoenergetický dom	navrhnutý a zrealizovaný s cieľom úspory energie, lepšie izolačné materiály, využíva obnoviteľné zdroje energie, systém spätného získavania tepla pri vetraní	≤ 50 kWh
Pasívny dom	nepotrebuje aktívny systém vykurovania, väčšinu energie získava z pasívnych zdrojov ako je energia s, geotermálna slnečná energia a teplo, ktoré vyžarujú elektrické spotrebiče a človek	≤ 15 kWh
Takmer nulové domy	niekedy označované aj ako „quazi-nulové“, potreba energie sa blíži k nule, vystačia si so solárnymi panelmi	≤ 5 kWh
Energeticky sebestačný dom	nie je závislý na klasických zdrojoch energie, tepelnú aj elektrickú energiu potrebnú na prevádzku získava väčšinou zo slnečnej energie	0 kWh
Dom s prebytkom energie	energeticky aktívny dom, vyprodukuje viac energie, ako sám potrebuje pre svoju prevádzku	0 kWh, prebytky

Cieľom nízkoenergetickej stavby je poskytnúť obyvateľom dostatočnú tepelnú pohodu, vytvoriť príjemné podmienky a komfort bývania, zároveň energeticky úsporne využiť na vykurovanie dostupnú slnečnú energiu.

Keď hovoríme o nízkoenergetickom dome, myslíme tým dom určený pre bežné účely bývania, s nízkou spotrebou energie vynaloženej na prevádzku v porovnaní s bežnými stavbami. [1]

Podľa ČSN 73 0540-2 je za nízkoenergetický dom považovaná každá budova, v ktorej je ročná merná spotreba energie na vykurovanie nižšia ako 50 kWh/(m²·a). [2]

Na dosiahnutie tejto spotreby treba pri výstavbe a prevádzke domu použiť špeciálne prvky, hlavne zaistiť dostatočnú tepelnú izoláciu budovy a čo najviac zamedziť tepelným stratám. Rovnako pri prevádzke je potrebné dodržať zvláštne pravidlá.

1.1 BÝVANIE V NÍZKOENERGETICKOM DOME

Aj keď nízkoenergetická stavba prináša značné úspory vo výdavkoch na prevádzku, nie každému môže vyhovovať tento štýl bývania. Investícia do takejto stavby je v porovnaní s bežnou novostavbou o 10 až 15 % vyššia, avšak návratnosť tejto investície je približne 10 rokov.

1.1.1 VÝHODY

Hlavnými výhodami nízkoenergetického domu sú:

- Nízke náklady na vykurovanie domu.
- Menšia potreba vykurovať v prechodných obdobiach vykurovacej sezóny.
- Šetrnosť k životnému prostrediu.
- Väčšia energetická sebestačnosť a nezávislosť od niektorých bežných druhov paliva.
- Tepelná izolácia pôsobí zároveň aj ako zvuková izolácia.
- Vďaka veľkým oknám je v južných miestnostiach dostatok denného svetla.
- Vďaka systémom vetrania s rekuperáciou majú obyvatelia domu stály prívod čerstvého vzduchu.

1.1.2 NEVÝHODY

Samozrejme, tieto stavby sú mnohými prvkami špecifické, čo prináša aj niekoľko nevýhod:

- Vyššie investičné náklady.
- Stavba musí byť čo najdokonalejšie tepelne zaizolovaná a vzduchotesná, bez tepelných mostov.
- Vyžaduje sa dodržiavanie istých pravidiel (napríklad nevetrať otváraním okien).
- Neustále vetranie riadeným systémom, závislým na elektrickej energii.
- Tvar domu musí byť jednoduchý a kompaktný, nemôže byť členitý.
- Vyžaduje sa umiestnenie v oblastiach s dostatkom dopadajúceho slnečného žiarenia.

1.2 POŽIADAVKY NA VÝSTAVBU NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU

Pri stavbe týchto domov je snaha o:

- kompaktnosť tvaru domu a čo najmenšiu vonkajšiu obvodovú plochu,
- čo najlepšiu tepelnú izoláciu a vzduchotesnosť stavby,
- elimináciu tepelných mostov,
- prispôsobenie orientácie a veľkostí okien tak, aby pozitívne ovplyvňovali celkovú energetickú bilanciu a zároveň aby nimi prechádzal dostatok denného svetla,
- zabezpečenie čo najlepšej tepelnej zotrvačnosti domu použitím materiálov s akumulačnými vlastnosťami,

- vytvorenie čo najväčšieho množstva prvkov, ktoré čo najviac prispievajú k pozitívnej tepelnej bilancii.



Obr. 1: Typická nízkoenergetická stavba [3]

1.3 POŽIADAVKY NA PREVÁDZKU NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU

Počas prevádzky nízkoenergetického domu sa kladie dôraz hlavne na:

- zabezpečenie tepelnej pohody,
- dostatočný prívod vzduchu vetraním v miestnostiach,
- vetranie domu pomocou núteného vetrania,
- rekuperáciu tepla z odpadového vzduchu, prípadne odpadovej vody,
- prednostné využívanie obnoviteľných zdrojov energie, hlavne slnečnej energie,
- využívanie domácich spotrebičov energeticky úspornej triedy,
- nízkotepelné vykurovanie z dôvodu nižších tepelných strát.



Obr. 2: Vetranie s využitím rekuperácie [4]

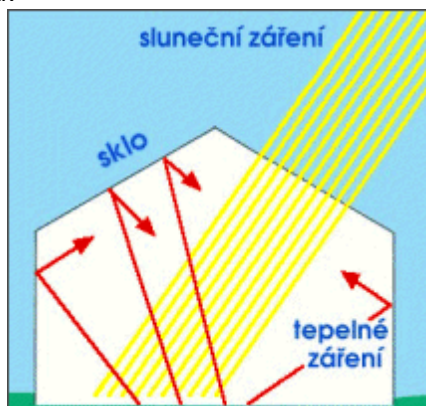
2 VYKUROVANIE

Vykurovanie je proces, ktorého cieľom je dosiahnuť tepelnú pohodu pre človeka vo vykurovanom priestore. Pre zabezpečenie vykurovania je potrebný zdroj tepla. Ním môže byť napríklad slnečná energia, biomasa a zemný plyn. Dôležitou súčasťou vykurovacieho systému je aj zariadenie na rozvod tepla do priestoru.

Systémy vykurovania rodinných domov môžeme z hľadiska aktivity zdrojov tepla rozdeliť na dva základné:

- **Pasívny systém vykurovania** – zdrojom tepla sú objekty, ktoré sú súčasťou domu, ale nie sú primárne určené na vykurovanie. Tepelné príspevky pasívneho vykurovania môžeme ovplyvniť vhodnou voľbou veľkostí, rozmiestnenia a materiálov objektov. Napríklad veľkosť okien alebo akumulčné vlastnosti stien a podlahy, prípadne umiestnenie spotrebičov, ktoré vyžarujú teplo. Keďže ide často o malé množstvo tepla, pasívny systém vykurovania má význam použiť iba v dobre tepelne zaizolovaných budovách. Patrí sem teplo, ktoré získame:
 - priamym slnečným žiarením (pasívne solárne zisky oknami),
 - naakumulovaním v stenách a podlahe domu,
 - vyžarovaním elektrospotrebičov,
 - uvoľnením tepla činnosťou človeka.

Najbežnejším a najefektívnejším spôsobom pasívneho vykurovania je využívanie skleníkového efektu. Slnečné žiarenie prechádza sklenenými plochami dovnútra domu a premení sa na tepelnú energiu.



Obr. 3: Skleníkový efekt [5]

- **Aktívny systém vykurovania** – najčastejšie používaný spôsob vykurovania v bežných rodinných domoch, pri ktorom je potrebné vytvoriť systém primárne určený na vykurovanie. Je zabezpečené aktívnym zdrojom tepla, ktorým sú napríklad radiátory, infračervené žiariče, krb, stenové alebo podlahové kúrenie. Na aktívne vykurovanie je potrebný zdroj energie, ktorým môže byť drevo, uhlie, biomasa, elektrická energia, zemný plyn, slnečná energia (ohrev vody na vykurovanie v slnečných kolektoroch) a podobne.

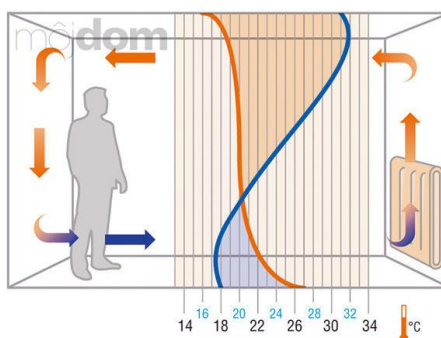
Bez ohľadu na to, aký zdroj energie je použitý na vykurovanie, rozvod a odovzdanie tepla sa deje pomocou systémov, ktoré budú uvedené v nasledujúcich kapitolách.

2.1 VYKUROVACIE TELESÁ

V minulosti bol najbežnejší spôsob vykurovania systém, ktorého konečným prvkom boli vykurovacie telesá, respektíve radiátory. Pri takomto spôsobe vykurovania sa teplo do miestnosti odovzdáva hlavne prúdením, čiastočne aj sálaním. Teplonosnou látkou býva najčastejšie voda. Výnimočne sa používa vodná para alebo teplý vzduch.

Pri aplikáciách v nízkoenergetických domoch sa tento spôsob príliš často nepoužíva. Hlavnou nevýhodou je nerovnomerný vertikálny priebeh teploty vo vykurovanej miestnosti. Ako vidieť na obrázku č. 4, teplejší vzduch, ktorý má menšiu hustotu, prirodzene stúpa nahor, pričom v spodnej časti miestnosti ostáva chladnejší vzduch. Rýchlosť a smer prúdenia vzduchu v miestnosti závisí na teplote, veľkosti a umiestnení ochladzovacích plôch, (okná, podlaha alebo steny), a od ohrievacích plôch vykurovacích telies. [8]

Vykurovacie telesá môžu byť článkové, trubkové alebo doskové. V súčasnosti sa najčastejšie používajú doskové telesá. Do kúpeľne sa často inštalujú trubkové sady, ktoré sú vhodné na sušenie bielizne.



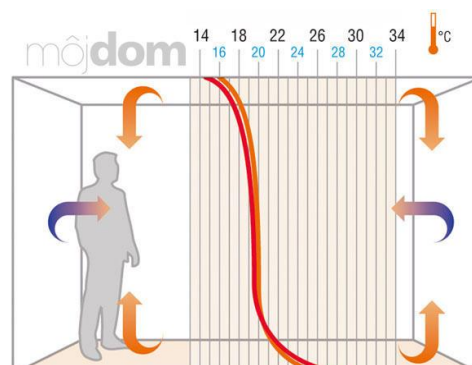
Obr. 4: Priebeh teploty pri vykurovaní radiátorom [6]

2.2 PODLAHOVÉ, STENOVÉ A STROPNÉ VYKUROVANIE

Inštaláciou podlahového vykurovania do domu dosiahneme vysoký tepelný komfort v dome a rovnomerné rozvrstvenie teplého vzduchu v miestnosti. Podlaha alebo stena sa stáva veľkoplošným kolektorom, z ktorého sála príjemne teplo.

Na prevádzku podlahového vykurovania stačí nízkoteplotný systém, čo znamená, že ako zdroj tepla môžeme použiť aktívne solárne systémy, tepelné čerpadlo alebo chladnejší okruh kondenzačného kotla.

Nevýhodou využívania podlahového vykurovania v nízkoenergetických domoch je, že podlaha s dobrými akumuláčnymi vlastnosťami je



Obr. 5: Priebeh teploty pri podlahovom vykurovaní [6]

často vyhriata až na príliš vysokú teplotu. Nemôže preto akumulovať energiu slnečného žiarenia, ktorá je v týchto domoch považovaná za primárnu. Tým klesá podiel pasívnych solárnych ziskov.[1] Ďalšou nevýhodou je aj pomalá reakcia na zmenu teploty vykurovania, čiže vysoká tepelná zotrvačnosť.

Pri podlahovom, stenovom alebo stropnom vykurovaní je vykurovacou plochou jedna zo stien, ktorá ohraničuje vykurovací priestor. Na vykurovanie sa najčastejšie používa teplá voda, prípadne teplý vzduch alebo elektrické odporové vykurovanie. Teplota na povrchu vykurovacej plochy je o niekoľko stupňov vyššia ako teplota okolitého vzduchu, čo znamená, že ide o sálavé vykurovanie. [7] Tieto teploty sa pre každý druh líšia a ich hodnoty sú uvedené v tabuľke č. 2.

Tab. 2: Vykurovacie teploty pri veľkoplošnom vykurovaní [7]

Typ vykurovania	Teplota plochy
Stropné vykurovanie	40-45 °C
Stenové vykurovanie	55-60 °C
Podlahové vykurovanie	25-30 °C

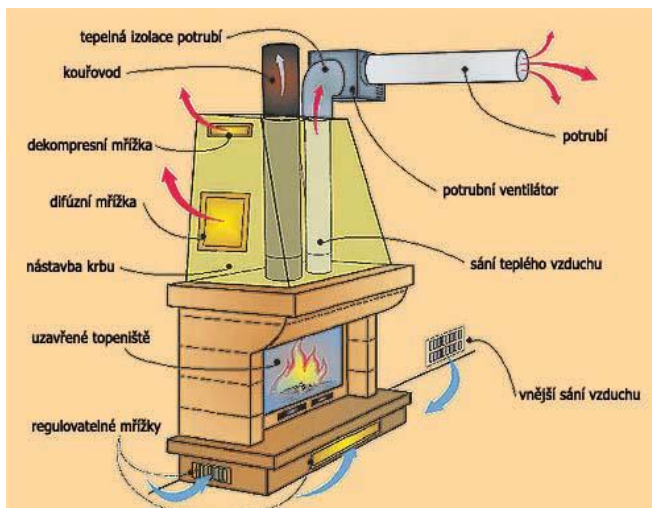
2.3 TEPOVZDUŠNÉ VYKUROVANIE

Ďalší zo spôsobov, ako vykurovať nízkoenergetický dom je použiť teplovzdušné vykurovanie. Vzduch sa ohreje na požadovanú teplotu a pomocou prírodného potrubia a výustky sa privedie do miestnosti. Podobným spôsobom sa vzduch aj odvádza. Môžeme sem zaradiť aj vykurovanie teplovzdušnými krbovými kachľami.

Keďže v nízkoenergetických domoch sa uprednostňuje nútené vetranie s využitím rekuperácie vzduchu, často sa inštaluje teplovzdušný systém vykurovania v kombinácii so systémom spätného získavania tepla. Týmto zaistíme, že privádzaný vzduch bude čerstvý a zároveň bude vykurovať miestnosť. Preto sa takémuto systému hovorí aj teplovzdušné vetranie.

Ďalšou výhodou teplovzdušného vykurovania je pomerne rýchla reakcia na zmenu výkonu vykurovania, a to hlavne v domoch s nízkou tepelnou zotrvačnosťou. Preto sa toto vykurovanie často používa v drevostavbách alebo chalupách. Rovnako v tomto systéme necirkuluje voda, takže teplota v miestnosti môže byť aj pod bodom mrazu. Navyše, na rozdiel od teplovodného vykurovania, pri teplovzdušnom nepotrebujeme inštalovať do miestností vykurovacie plochy. [2]

Naopak nevýhodou je, že prúdením vzduchu dochádza k víreniu nečistôt a prachu. Preto sa musia používať a často vymieňať vzduchové filtre. Tiež treba zamedziť tomu, aby sa vzduch z miestností, v ktorých dochádza ku znečisteniu vzduchu (WC, kuchyňa), nedostal do iných miestností. Pokiaľ ide o vetranie s nútenou cirkuláciou riadenou ventilátormi, je potrebné zabezpečiť odhlučnenie ventilátora a použiť výustky s tichým chodom. Pri



Obr. 6: Teplovzdušné vykurovanie krbom [9]

vykurovaní krbom sa používajú na rozvod teplého vzduchu medzi miestnosťami prieduchy, cez ktoré sa prenáša aj zvuk. [8]

Ohrev vzduchu na požadovanú teplotu dosiahneme buď pomocou teplovzdušných kotlov na pevné palivá, plynových, olejových alebo kondenzačných kotlov, pomocou odporového ohrevu elektrickou energiou, tepelných čerpadiel alebo rôznymi spôsobmi využitia solárnej energie.

2.4 INFRAŽIARIČE

Alternatívnym spôsobom vykurovania je možnosť vykurovať infražiaričmi. Ide o sálavé vykurovacie telesá, ktoré produkujú tepelné lúče, podobné slnečným lúčom. Hlavnou zložkou je teda sálavé teplo. Tým nedochádza priamo k ohrievaniu vzduchu v miestnosti, ale ohrievajú sa steny, podlaha a okolité predmety. Čiže transport tepla sa nedeje prostredníctvom pomocného média, ako je voda alebo vzduch, ale pomocou elektromagnetického vlnenia.



Obr. 7: Stropné infrapanely [12]

Technicky sa toto vykurovanie realizuje inštaláciou tzv. infrapanelov. Sú to zariadenia produkujúce infračervené žiarenie. Dajú sa zabudovať do steny či stropu. Pokiaľ je vnútorná obálka miestnosti opatrená termoizolačným náterom, teplo sa bude efektívnejšie odrážať späť do interiéru a zvýši sa tým účinnosť vykurovania.

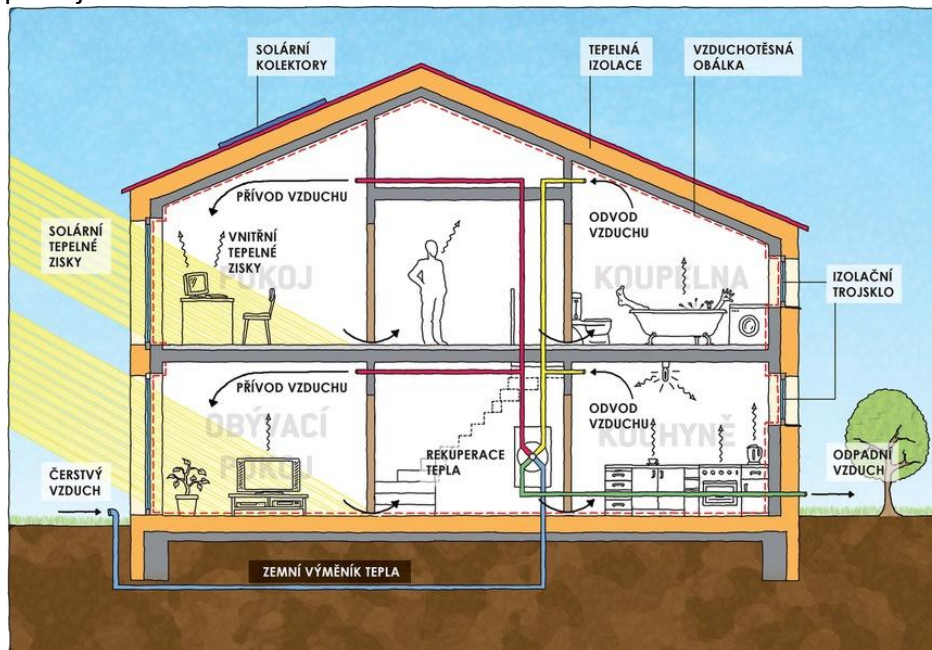
Pri tomto spôsobe vykurovania nedochádza ku prúdeniu a cirkulácii vzduchu v miestnostiach. Reakcia na reguláciu je prakticky okamžitá, prevádzka je čistá a tichá. Odpadá nutnosť inštalácie teplovodných vedení, komína, nevyžadujú údržbu, neprodukujú spaliny, a majú dlhú životnosť a vysokú účinnosť. Majú nízke investičné a prevádzkové náklady. Výrobcovia a predajcovia tvrdia, že oproti vykurovaniu zemným plynom dokážu ušetriť až 40% nákladov. Ďalej uvádzajú, že vykurovanie infražiaričmi pôsobí priaznivo aj na zdravie človeka. Aj keď teplota vzduchu býva oproti iným systémom vykurovania nižšia až o 3-4 °C, tepelnú pohodu dokáže nahradiť vysoký podiel sálavého tepla. [10, 11]

Treba však dodať, že tento systém ešte nie je pri aplikáciách v nízkoenergetických domoch dostatočne dlho testovaný, a je otáznosť, či je skutočne taký výhodný, ako uvádzajú predajcovia. Môže však byť vhodný do priestorov, v ktorých je potreba vykurovať len krátkodobo a kde chceme dosiahnuť okamžitý výkon. Preto sa často inštaluje na terasy, balkóny, do dielní, priemyselných hál alebo garáží – jednoducho na miesta, kde by bolo zbytočné inštalovať klasické kúrenie.

2.5 PASÍVNE VYKUROVANIE

Pokiaľ je budova dostatočne tepelne zaizolovaná a vzduchotesná, má význam hovoriť aj o tepelných príspevkoch osôb, predmetov a zariadení, ktorých primárnym cieľom nie je samotné vykurovanie. Napríklad v kuchyni pri príprave jedla vzniká teplo, ktoré ohrieva miestnosť. Ďalej chladnička alebo mraznička má na vonkajšej strane okruh, v ktorom dochádza ku kondenzácii chladiva a produkcii tepelnej energie. Podobne aj človek je

určitým spôsobom vykurovacie teleso. Dýchaním a teplom na povrchu pokožky prispieva k celkovej tepelnej bilancii.



Obr. 8: Tepelné zisky nízkoenergetického domu [13]

Medzi pasívne tepelné zisky teda patrí teplo, ktoré je vyprodukované:

- metabolizmom človeka,
- elektrickými a plynovými spotrebičmi,
- rozvodmi teplej vody a odvodmi odpadovej vody.

Avšak najväčšiu prioritu zo všetkých spôsobov vykurovania má v nízkoenergetických a pasívnych domoch vykurovanie slnečnou energiou. Ak chceme dosiahnuť čo najnižšiu spotrebu energie, musíme uprednostniť solárne zisky a vytvoriť systém, pomocou ktorého sa táto energia efektívne zachytí a využije správnym spôsobom. Solárnym tepelným ziskom sa budeme zaoberať v nasledujúcich kapitolách.

3 VETRANIE

Cieľom vetrania je dosiahnuť správnu kvalitu vzduchu v obytných priestoroch. Deje sa výmenou vydýchaného vzduchu v miestnosti za čerstvý, väčšinou vonkajší vzduch. Keďže v nízkoenergetických domoch nám ide o čo najnižšie tepelné straty, snažíme sa využiť teplo vydýchaného odpadového vzduchu. Nazývame to spätné získavanie tepla.

- **Prirodzené vetranie (infiltrácia)** – je vetranie netesnosťami, škárami a otvormi v dome. Sám používateľ podľa potreby otvára a zatvára okná. [2] V podstate však dochádza k výmene nekontrolovateľného množstva vzduchu. Toto vetranie je bežné v starších typoch domov. Rýchlosť prúdenia a výmeny vzduchu závisí od rozdielu teplôt vonkajšieho a vnútorného vzduchu.
- **Nútené vetranie** – znižuje tepelné straty, ktoré by vznikli prirodzeným vetraním. Privádza len potrebné množstvo čerstvého vzduchu a je riadené ventilátorom. Často sa používa na prenos teplého vzduchu z južných miestností vyhriatych slnkom do chladnejších častí domu. Z hľadiska využívania tepla z odchádzajúceho vzduchu delíme nútené vetranie na:
 - vetranie so spätným získavaním tepla,
 - vetranie bez spätného získavania tepla.

Ďalej môžeme vetracie systémy rozdeliť na centrálné alebo samostatné pre každú izbu. Centrálné vetranie pozostáva z jednej výkonnej vetracej jednotky pre celý dom. Tam dochádza k rekuperácii a spracovaniu vzduchu na požadovanú kvalitu. Použitím samostatných vetracích jednotiek v každej miestnosti dosiahneme vyšší komfort vetrania. Neprenáša sa hluk medzi miestnosťami a môžeme podľa potreby nastaviť intenzitu vetrania a vlastnosti vstupného vzduchu v každej miestnosti osobitne. [15]

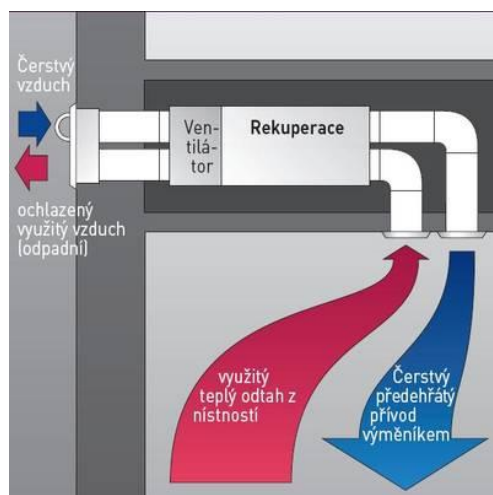
3.1 REKUPERÁCIA VZDUCHU

Rekuperácia alebo spätné získavanie tepla dokáže zásadným spôsobom znížiť spotrebu tepla. Realizuje sa pomocou vetracej jednotky s plastovým doskovým výmenníkom tepla. V nízkoenergetických domoch sa takýto spôsob vetrania už stal štandardom. Odchádzajúci teplý vzduch odovzdá tepelnú energiu čerstvému chladnejšiemu vzduchu. [1, 15]

Väčšinou sa takáto výmena vzduchu deje núteným vetraním, ale používa sa aj pasívna rekuperácia, avšak s nižšou účinnosťou.

V poslednej dobe sa začali pre prívod čerstvého vzduchu používať podzemné výmenníky tepla, ktorým sa budeme venovať v nasledujúcej kapitole.

Mnohé firmy ponúkajú vetracie jednotky, ktoré sa montujú do hornej časti okien a poskytujú plynulú výmenu vzduchu v miestnosti. Okrem spätného získavania tepla je ich výhodou, že filtrujú vzduch od prachu a peľov, a tiež zachytávajú hmyz. Tieto jednotky často regulujú výkon pomocou senzorov kvality vzduchu, mnohé dokážu upraviť aj vlhkosť vzduchu.



Obr. 9: Schéma výmenníka vzduchu [14]

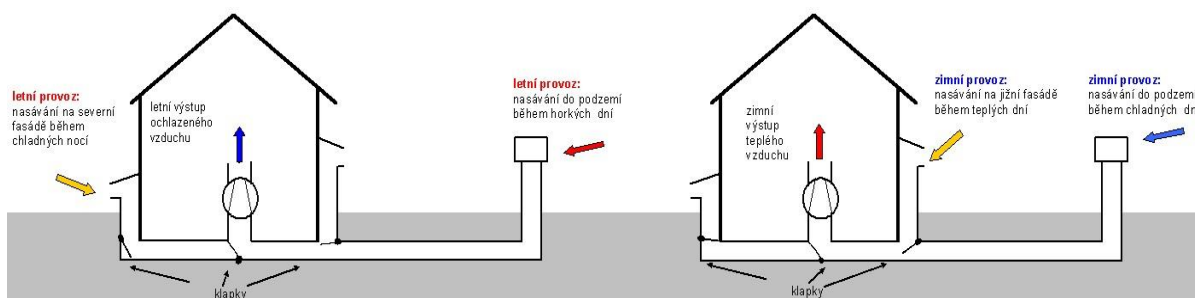
3.2 PODZEMNÝ VÝMENNÍK

Použitím zemného výmenníka využijeme skutočnosť, že v dostatočnej hĺbke pod povrchom zeme je celoročne približne stabilná teplota. To má význam v letných aj zimných dňoch. Podzemný výmenník bude v lete chladiť a v zime ohrievať vetrací vzduch.

Jeho inštalácia je jednoduchá. Trubka sa vloží do hĺbky 1,5 až 2 metre pod zem, kde je teplota v zimnom období okolo 5°C a v lete 15°C. Ak vetrací systém vyhodnotí, že teplota nasávaná z podzemného výmenníka je vhodnejšia ako teplota vonkajšieho vzduchu, bude nasávať vzduch z podzemného výmenníka. V prechodných obdobiach ako napríklad na jar, keď je zem ešte pomerne chladná a vonkajší vzduch už teplejší, je výhodnejšie na vykurovanie alebo vetranie použiť vonkajší vzduch. [15]

Trubka býva väčšinou veľkosti DN 150 až 200, najčastejšie z odolného polyetylénového materiálu, aby nedochádzalo ku prenikaniu nebezpečného radónu, ktorý sa môže nachádzať v niektorých oblastiach. Nasávací otvor ústi tesne nad povrchom zeme. Býva opatrený filtrom, ktorý zabraňuje prenikaniu nečistôt, prachu a hlodavcov do potrubia. Dĺžka potrubia pre bežný rodinný dom dosahuje 40 až 120 metrov. Samozrejme, čím je potrubie dlhšie, tým bude teplota vstupujúca do vetracieho zariadenia bližšia ku teplote pôdy. [16]

Ako vidieť na obrázku 10, zemný výmenník je možné používať v letnej aj zimnej prevádzke. Nasávanie vzduchu sa dá v zimných slnečných dňoch kombinovať s nasávaním predhriateho vzduchu solárneho teplovzdušného systému, ako napríklad Trombeho stena, o ktorej sa zmienime v ďalšej časti tejto práce. Pomocou regulačných klapiek sa dá tento systém rôzne kombinovať a používať tak na vykurovanie, ako aj na chladenie v teplých letných mesiacoch.

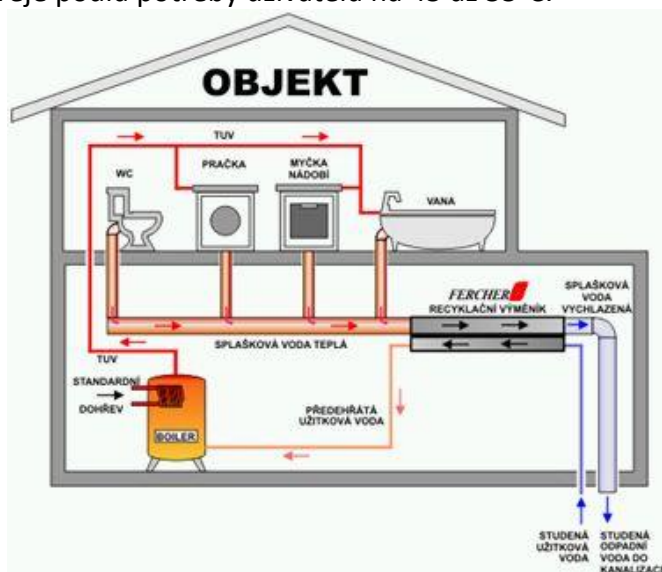


Obr. 10: Schéma zemného výmenníka v letnej (vľavo) a v zimnej prevádzke (vpravo) [16]

3.3 ZÍSKAVANIE TEPLA Z ODPADOVEJ VODY

Podobne ako z teplého odpadového vzduchu, môžeme získavať teplo aj z ohriatej odpadovej vody. Na ohrev teplej úžitkovej vody (TÚV) sa vo väčšine domácností vynakladá značné množstvo energie. V celkovej energetickej bilancii sa na ohrev TÚV vynaloží druhý najväčší podiel energie hneď po vykurovaní. Teplá voda bez použitia systému spätného získania tepla odchádza kanalizáciou. [17] Preto získať aspoň časť tejto energie späť môže byť z hľadiska spotreby energie významné.

Voda zo sprchy, umývadla, práčky alebo umývačky riadu produkuje značné množstvo teplej odpadovej vody. Veľkou nevýhodou je, že teplá voda sa v kanalizačnom systéme mieša so studenou vodou. [1] Prichádzajúca studená voda o teplote asi 10°C sa niektorými výmenníkmi dokáže predhriať na 25 až 30°C a takto vchádza do bežného zariadenia na ohrev TÚV, kde sa dohreje podľa potreby užívateľa na 45 až 55°C.



Obr. 11: Rekuperácia odpadovej vody [18]

4 ZDROJE ENERGIE

Keď sa rozhodneme, aký vykurovací systém použijeme v dome, potrebujeme zabezpečiť aj ohrev vykurovacieho média. Najbežnejšie používanými palivami sú zemný plyn a biomasa. V nízkoenergetických domoch sa kladie dôraz hlavne na využívanie solárnej energie. Často sa na vykurovanie používa elektrická energia. V nasledujúcej časti si popíšeme jednotlivé zdroje a zhodnotíme ich výhody aj nedostatky.

4.1 SLNEČNÁ ENERGIA

Slnečná energia je považovaná za prakticky nevyčerpatelný zdroj energie. Na zemský povrch dopadá obrovské množstvo slnečnej energie, ktoré ďaleko presahuje súčasné energetické potreby ľudstva. Energiu slnka využíva aj množstvo dejov v prírode. Napríklad rastliny ju premieňajú pomocou fotosyntézy na chemickú energiu, ktorú možno neskôr využívať napríklad spaľovaním biomasy. Ide teda o určitý spôsob akumulácie.

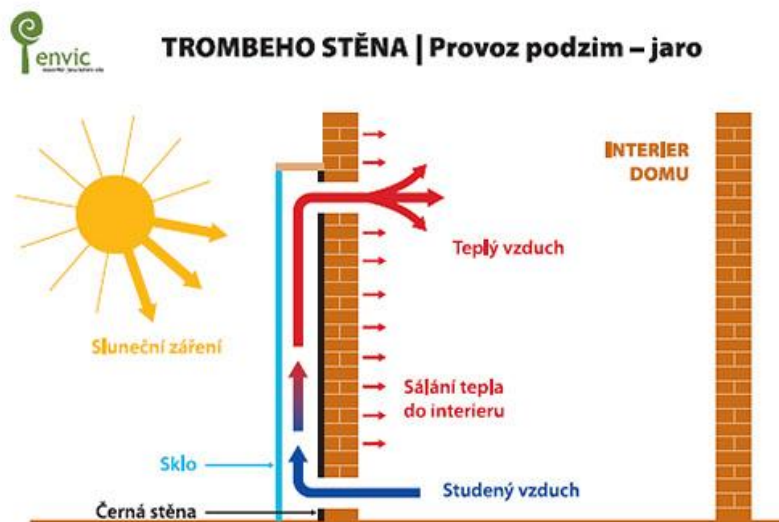
Najväčšou výhodou využívania slnečnej energie je, že zatiaľ za ňu neplatíme a využívať ju môžeme prakticky kdekoľvek, kde je dostatok slnečných dní. Na jej využívanie stačí napríklad nainštalovať na strechu domu vhodné zariadenia alebo vybudovať dostatočne veľké južné okná, zimnú záhradu a podobne. Využívaním nezaťažujeme životné prostredie.

Nevýhodou je, že slnečná energia je veľmi nestabilný a premenlivý zdroj energie. V noci sa slnečná energia využívať nedá, takisto počas nepriaznivého zamračeného a hmlistého počasia majú solárne systémy minimálny alebo žiaden výkon. Najväčší výkon majú zariadenia v letných mesiacoch, keď je potreba energie na vykurovanie najmenšia. Počas zimy je treba dbať na to, aby tieto zariadenia nepokrývala vrstva snehu, ktorý zabraňuje prenikaniu slnečného žiarenia na aktívnu plochu.

Samotné slnečné žiarenie počas slnečných dní ohrieva fasádu domu, preniká presklenými plochami dovnútra domu a ohrieva ho na princípe skleníkového efektu. To sa využíva v zimnom a prechodnom období. Ďalšou možnosťou je nainštalovať aktívne systémy, ktoré budú slnečnou energiou ohrievať vodu, vzduch alebo vyrábať elektrickú energiu.

4.1.1 TROMBEHO STENA

Jedným z príkladov využitia slnečného žiarenia na ohrev vzduchu je Trombeho stena. Je to systém ohrevu vzduchu a teplovzdušného vykurovania nazvaný po francúzskom vynálezcovi Felixovi Trombeovi. Konštrukcia Trombeho steny je jednoduchá. Ide o zvláštne upravenú južnú vonkajšiu zvislú stenu objektu. Z vonkajšej strany je opatrená izolačným sklom. Vo vnútri je natretá tmavým náterom absorbujúcim slnečné žiarenie, ktoré sa premieňa na teplo. Vzdialenosť medzi sklom a tmavým náterom je niekoľko centimetrov.[19] V tomto priestore prebieha ohrev, a prúdenie vzduchu. V spodnej časti je zvyčajne otvor, ktorým prúdi chladný vzduch z vnútra objektu. Horným otvorom zasa prichádza ohriaty vzduch do miestnosti. Väčšinou býva vzduch hnaný ventilátorom. Horný aj spodný otvor býva zároveň opatrený klapkami, ktoré sa buď mechanicky alebo automaticky otvárajú a zatvárajú podľa potreby vykurovania a aktivity systému.



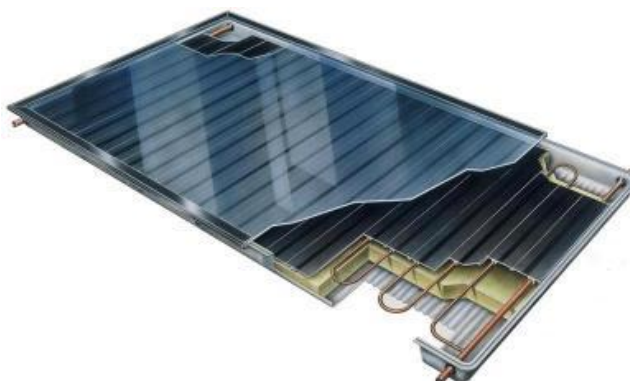
Obr. 12: Trombeho stena [20]

4.1.2 SLNEČNÉ KOLEKTORY

Ide o fototermické kolektory, ktoré absorbujú slnečné žiarenie a premieňajú ho na teplo. Teplonosným médiom býva zvyčajne nemrznúca kvapalina. Slnečné kolektory sa využívajú na ohrev teplej úžitkovej vody alebo na prikurovanie. Používajú sa dva základné druhy kolektorov: [15]

- Ploché doskové kolektory
- Vákuové trubicové kolektory.

Ploché doskové kolektory sú jednoduchšie. Väčšinou majú nižšiu účinnosť ako trubicové a sú lacnejšie.



Obr. 13: Doskový kolektor [21]

Vákuové trubicové kolektory majú absorbér vo vákuovej trubici, čo tvorí veľmi dobrú tepelnú izoláciu. Niekedy majú zrkadlové koncentrátory, ktoré odrážajú slnečné žiarenie dopadajúce medzi trubice. Optimálny sklon v našej zemepisnej šírke je 40° až 50° smerom na juh.

4.1.3 FOTOVOLTAIKA

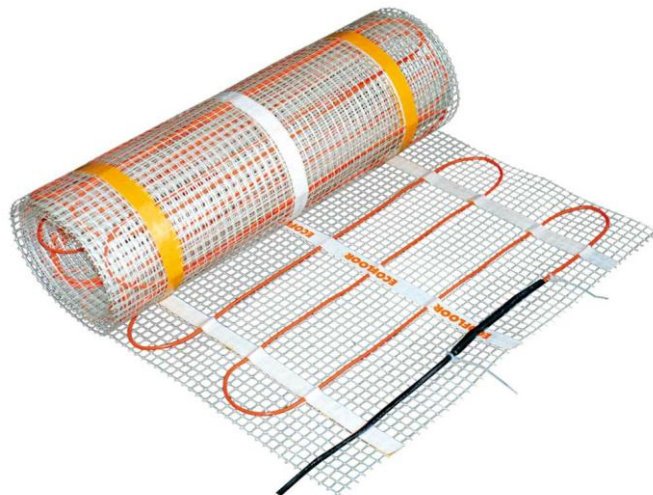
Podobne ako solárne kolektory na ohrev vody, je možné slnečné žiarenie využiť aj na produkciu elektrickej energie. Namontovaním fotovoltaiických článkov na strechu domu a použitím vhodného systému regulácie a akumulácie elektrickej energie je možné výrazne zredukovať výdavky na odber elektrickej energie. Aj keď účinnosť fotovoltaiického článku je len okolo 15 %, produkcia vlastnej elektrickej energie prispieva ku celkovej energetickej nezávislosti domu.

Fotovoltaiické panely dosahujú najvyšších výkonov v slnečných, najmä letných dňoch, keď pasívne solárne systémy nízkoenergetických domov zabezpečujú dostatočný tepelný komfort. Preto sa nimi produkovaná elektrická energia využíva hlavne na chladenie a klimatizáciu budovy.

4.2 ELEKTRICKÁ ENERGIA

Bez elektrickej energie by sme si dnes chod domácnosti asi nevedeli predstaviť. Rovnako v nízkoenergetických domoch, aj keď je snaha o ich čo najväčšiu nezávislosť, je elektrická energia potrebná na riadenie a reguláciu rôznych automatických systémov, napríklad núteného vetrania.

Vykurovanie elektrickou energiou je jedno z najpohodlnejších. Na to, aby sme z elektrickej energie dostali tepelnú totiž stačí zapojiť do obvodu odporový kábel. Investičné náklady elektrického kúrenia sú podstatne nižšie, ako náklady na iné spôsoby kúrenia. Prevádzkové náklady na vykurovanie a ohrev TUV nízkoenergetického domu bývajú vo väčšine prípadov len o niečo vyššie ako vykurovanie plynom či drevom. Navyše samotné využívanie elektrickej energie neprodukuje žiadne škodliviny.



Obr. 14: Odporový kábel pre podlahové kúrenie [22]

Prakticky sa elektrická energia využíva v prípadoch:

- prevádzky elektrospotrebičov,
- vykurovania infražiaričmi,
- podlahového odporového kúrenia,
- teplovzdušného kúrenia (pohon ventilátora, odporový ohrev vzduchu).

4.3 ZEMNÝ PLYN

Zemný plyn je plynné fosílné palivo tvorené zmesou uhľovodíkov, hlavne metánu. Je pomerne dosť rozšírený, výhrevný a celkom bezpečný. Je dodávaný sieťou plynovodov do mnohých domácností. Využíva sa na varenie, ohrev TUV a vykurovanie.

V porovnaní s ostatnými fosílnymi palivami je jeho využívanie najšetrnejšie k životnému prostrediu. Do domácností prichádza plyn, ktorý je odsírený. Jeho spaľovaním vzniká oxid uhličitý, ktorý je považovaný za skleníkový plyn.

Využívanie zemného plynu na vykurovanie je veľmi komfortné – stačí mať plynovú prípojku a plynový kotol. Treba však poznamenať, že je to neobnoviteľný zdroj energie a jeho cena stále stúpa. [23]

Používa sa niekoľko druhov plynových kotlov, no najvýhodnejšie sú kondenzačné kotle. Oproti ostatným druhom kotlov sú drahšie, no majú vyššiu účinnosť. Navyše majú dva nezávislé vykurovacie okruhy. Kondenzačný okruh má teplotu 50-65 °C, čo je vhodné využiť na teplovodné podlahové vykurovanie.

4.4 BIOMASA

Biomasa je obnoviteľný zdroj energie. Patrí sem všetko, čo je rastlinného alebo živočíšneho pôvodu. Pre energetické účely sa využívajú hlavne rastlinné zvyšky vzniknuté fotosyntézou, čiže palivové drevo, kôra a podobne. Ďalej sú to rôzne brikety, pelety, drevný odpad a štiepka, ktoré vznikli ďalším spracovaním dreva. Dôležitá vlastnosť biomasy je výhrevnosť, ktorú ovplyvňuje najmä jej vlhkosť. [8, 23]

Palivové kusové drevo je asi najdlhšie používané palivo. Je dobre dostupné a lacné. Jeho účinné spaľovanie však vyžaduje, aby bolo dostatočne suché. Spaľuje sa v kotloch alebo v teplovzdušných krboch.

V nízkoenergetických domoch sa často používa automatický kotol na pelety. Sú to granule kruhového prierezu, ktoré vznikli zlisovaním pilín a hoblín. Majú lepšiu výhrevnosť ako drevo. Ich dĺžka je maximálne 2,5 cm, preto sa dajú nasypať do zásobníka a dopravníkom automaticky dávkovať do kotla. Výkon kotla sa dá dobre regulovať.



Obr. 15: Automatický kotol na pelety [24]

4.5 TEPELNÉ ČERPADLO

Ďalšou možnosťou ako zabezpečiť vykurovanie, je použiť tepelné čerpadlo. To pracuje na princípe odoberania tepla z určitého miesta a pomocou vonkajšej práce ju prevádza na vyššiu teplotu. To všetko sa deje pomocou kompresora, výparníka, kondenzátora a expanzného ventila.

Investičné náklady na zriadenie tepelného čerpadla sú niekoľkonásobne vyššie ako náklady na iné systémy vykurovania. To je asi ich najväčší nedostatok. Naopak výhodou sú minimálne prevádzkové náklady, dobrá regulácia a možnosť využívania aj opačného obehu na produkciu chladu.

V nízkoenergetických domoch sa využívajú len v prípade potreby vykurovania veľkých budov alebo viacerých domov naraz, aby mala investícia návratnosť.

5 PRAKTICKÁ ČASŤ

V tejto časti práce sa pokúsime navrhnúť vhodné vykurovanie do modelového domu. Neexistuje konkrétny systém vykurovania a zdroj energie alebo paliva, ktorý by bol univerzálny a vhodný do každého rodinného domu postaveného v nízkoenergetickom štandarde. Posúdime preto súčasný stav modelového domu, zhodnotíme podnebie, podmienky a dostupnosť jednotlivých zdrojov energie v lokalite.

5.1 POPIS DOMU

Modelový dom sa nachádza na Slovensku v blízkosti mesta Liptovský Mikuláš. Leží v pohorí Nízke Tatry. Asi 100 metrov severne od domu preteká rieka Čierny Váh. Ide o klimaticky chladnejšiu horskú oblasť, v nadmorskej výške 700 metrov. V lokalite je veľmi premenlivé počasie, s častými zrážkami a s minimálnym počtom slnečných dní, hlavne v prechodnom a zimnom období. Lokalita nemá prípojku zemného plynu. V okolí je však dostatok zdrojov dreva a biomasy. Nachádzajú sa tu trávnaté lúky, na ktorých sa pasie hovädzí dobytok. Neďaleko stojí niekoľko podobných domov. My sa zameriame na návrh vykurovania do jedného z nich, prípadne pre skupinu domov v objekte.

Dom je dvojpodlažný, pripomína skôr chatu. Bol postavený v lete 2012. Ide o drevostavbu, čiže má minimálne schopnosti akumulovať teplo. Na prízemí sa nachádza jedna izba, spoločenská miestnosť s kuchyňou a WC s kúpeľňou. Na hornom poschodí sú dve izby. Celková obytná plocha domu je 140 m². Zatiaľ je neobývaný, ale je vhodný pre bývanie dvojčlennej až päťčlennej rodiny.



Obr. 16: Modelový dom

Vykurovanie v dome zatiaľ nie je zriadené. Súčasťou stavby je komín, a všetko je pripravené pre teplovzdušné vykurovanie krbovými kachľami. Dom má riadené vetranie bez rekuperácie vzduchu. Pre využívanie teplej úžitkovej vody je v kúpeľni predinštalovaný hybridný bojler o objeme 150 litrov a expanzná nádoba. Tiež je tu teplovodný rebríkový radiátor. Počas vykurovacej sezóny sa bude využívať na ohrev vykurovací okruh, v letných mesiacoch je možný elektrický ohrev, prípadne prepojenie so solárnym systémom.

5.2 MOŽNOSTI VYUŽÍVANIA ENERGIE

Intenzita slnečného žiarenia je v tejto lokalite pomerne nízka (1000 až 1050 kWh/m² ročne). Navyše, dom sa nachádza v doline obklopenej pohoriami, takže v zimných mesiacoch, keď je Slnko nižšie nad obzorom, je dom aj počas slnečného dňa väčšiu časť dňa v tieni.[25] Z toho vyplýva, že vykurovanie založené na využívaní slnečnej energie by bolo nedostačujúce. Preto musíme hľadať iné možnosti.

Tab. 3: Možnosti využitia zdrojov energie

Zdroj energie	Vhodnosť aplikácie	Dôvod
Slnečná energia	Nevhodný	Nedostatok slnečných dní
Zemný plyn	Nevhodný	Nedostupná prípojka ZP
Biomasa	Vhodný	Dostatok zdrojov v okolí
Elektrická energia	Vhodný	Má pripojenie
Tepelné čerpadlo	Vhodný	Možná realizácia

V tabuľke sme zhrnuli zdroje energie a zdôvodnili vhodnosť, prípadne nevhodnosť použitia. Z analýzy vyplýva, že na vykurovanie domu sú ako zdroje energie vhodné elektrická energia a biomasa.

Tepelné čerpadlo vylúčime z dôvodu veľkých nákladov na realizáciu. Využijeme skutočnosť, že v okolitých lesoch prebieha ťažba a výrub drevín. Biomasa je tu dostupná vo forme štiepky, ako aj kusového palivového dreva. Jej ceny sú jedny z najnižších v Slovenskej republike.

Preto sa zameriame na kotol alebo krbové kachle spaľujúce kusové drevo alebo štiepku. Od tohto zariadenia budeme vyžadovať, aby zabezpečovalo vykurovanie a ohrev teplej úžitkovej vody.

5.3 VÝPOČET POTREBY TEPLA

Pre výpočet tepelných strát využijeme on-line kalkulačku portálu tzb-info.cz. Kalkulačka pracuje podľa normy ČSN 06 0210.[26] Aj keď sa dom nachádza na Slovensku, počítanie podľa Slovenskej normy by prinieslo výsledky s minimálnym rozdielom. Naším cieľom nie je zistiť čo najpresnejšiu hodnotu tepelnej straty a potreby tepla na vykurovanie. Ide nám o približnú hodnotu, podľa ktorej budeme ďalej navrhovať výkon vykurovacieho systému.

Celkovú hodnotu požadovaného výkonu určíme z výkonu potrebného na vykurovanie a na ohrev TUV. Tieto hodnoty sú orientačné a nemusia zahŕňať všetky tepelné straty.

Vykurovanie:

Tab. 4: Vypočítaná tepelná strata domu

Celková úžitková vykurovaná plocha	140 m ²
Vykurovaný objem	350 m ³
Výpočtová vonkajšia teplota	-20 °C
Výpočtová vnútorná teplota	20 °C
Intenzita výmeny vzduchu vetraním	n = 0,5
Celková tepelná strata budovy	3933 W

Tepelná ztráta prostupem

ΣQ_o	2477 W	???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	0.211 W/m ² K	???
Přirážka p_1	0.03	???
Přirážka p_2	0	???
Přirážka p_3	0.05	???
Q_p	2679 W	???

Tepelná ztráta větráním / infiltrací

Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf} =	0 W	???
Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$ =	1264 W	???
Tepelná ztráta větráním Q_v =	1264 W	???
Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$ =	0.5	???

Celková tepelná ztráta místnosti

Tepelná ztráta místnosti Q_c =	3933 W	???
Měrná tepelná ztráta místnosti q_c =	16.4 W/m ³	???

Obr. 17: Výpočet tepelné straty [26]

Ohrev TUV:

Tab. 5: Potřebný příkon pro ohrev TUV [27,28]

Objem zásobníka	150 litrov
Teplota vstupnej vody	5 °C
Ohrev vody na teplotu	80 °C
Přibližná doba ohrevu	5 hodin
Potřebný příkon	3000 W

Sčítaním výkonu potrebného pre vykurovanie a na ohrev teplej úžitkovej vody dostaneme celkový minimálny výkon vykurovacej jednotky. Pre modelový dom budeme teda hľadať zariadenie s minimálnym výkonom 7 kilowattov.

5.4 NÁVRH VYKUROVACIEHO SYSTÉMU

Keďže ide o menší nízkoenergetický dom, potreba tepla na vykurovanie a ohrev úžitkovej vody je v porovnaní s bežnými stavbami malá. Ako sme už vyššie spomenuli, lacné a dostupné palivo v tejto lokalite je drevná štiepka a kusové drevo. V dome je všetko pripravené pre inštaláciu teplovzdušných krbových kachlí. V prípade teplovodného podlahového alebo konvenčného vykurovania radiátormi, by bolo potrebné do domu tieto zariadenia doinštalovať. Nízkoenergetický dom je čo najviac vzduchotesný a vetranie je presne nadimenzované na objem miestnosti a počet obyvateľov. Preto je potrebné zabezpečiť prívod vetracieho vzduchu z exteriéru, aby nedochádzalo ku spotrebe vzduchu určeného na dýchanie.

Tab. 6: Požiadavky na návrh vykurovacieho systému

Výkon potrebný na vykurovanie:	4 kW
Výkon potrebný na ohrev TUV:	3 kW
Celkový minimálny výkon:	7 kW
Dostupné palivo:	Kusové drevo, drevná štiepka
Vykurovací systém:	Teplovzdušný, teplovodný
Prívod vzduchu:	Externý

Navrhovať a porovnávať budeme dva odlišné spôsoby vykurovania. Zameriame sa na dostupné zdroje paliva, čiže na kusové drevo a štiepku. Máme možnosť ich odoberať za dlhodobu výhodnú cenu, čo pozitívne ovplyvní prevádzkové náklady.

Krbové kachle na drevo sú najjednoduchším riešením pre modelový dom. V dome sa nainštalujú s minimálnymi zásahmi do výstavby, keďže dom bol postavený s predpokladom pre takýto systém teplovzdušného vykurovania.

Pokiaľ by sme chceli využívať ako palivo drevnú štiepku, boli by potrebné viaceré stavebné zásahy. Keďže kotle na spaľovanie štiepky sú dostupné len vo veľkých výkonoch, realizácia takéhoto systému by mala význam iba pre súčasný ohrev viacerých domov.

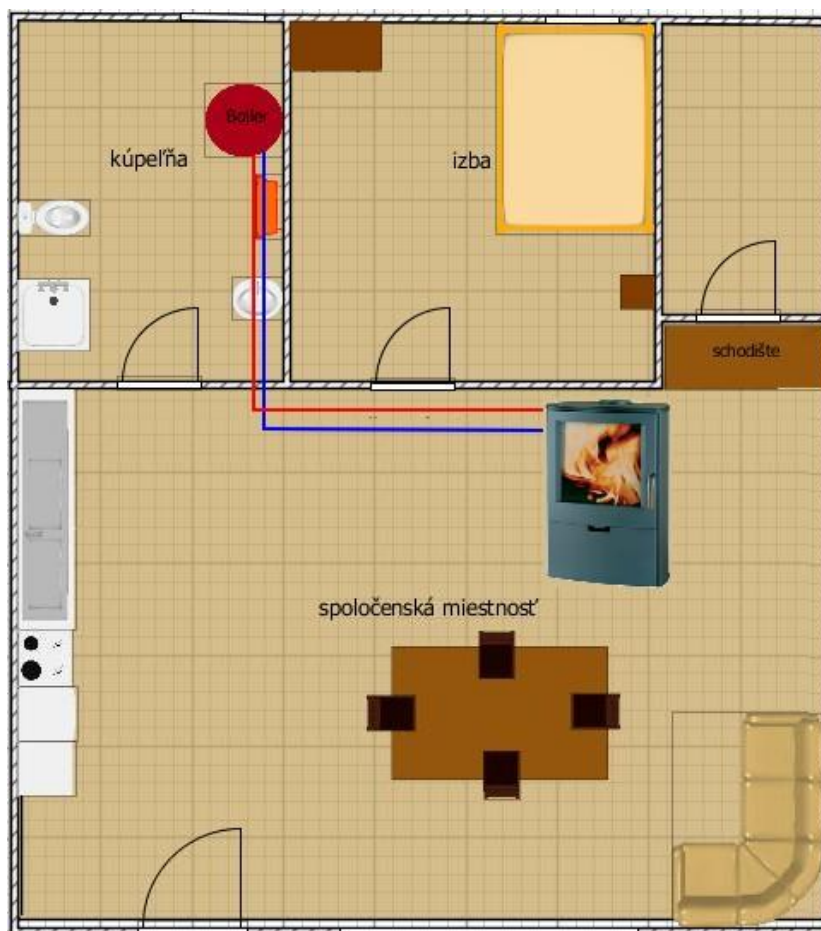
5.4.1 KRBOVÉ KACHLE NA KUSOVÉ DREVO

Najjednoduchším riešením pre vykurovanie modelového domu je použiť teplovzdušné krbové kachle na kusové drevo. Aby sme splnili požiadavky na vykurovanie aj ohrev teplej úžitkovej vody, navrhujeme špeciálny typ krbových kachiel, ktorý umožňuje teplovzdušné vykurovanie a zároveň ohrev TÚV. Na trhu je dostatok zariadení s teplovodným výmenníkom, líšia sa hlavne v pomere odovzdaného výkonu do vzduchu a do vody.

Navrhujeme použiť krbové kachle od firmy THORMA model FALUN AQUA. Zariadenie ponúka menovitý výkon 8 kilowattov. Pomer výkonov do vody a do vzduchu je rozdelený na polovicu, čo znamená, že pri menovitom výkone bude výkon teplovzdušného vykurovania 4 kilowatty a výkon na ohrev teplej úžitkovej vody a teplovodné vykurovanie kúpeľne tiež 4 kilowatty. Rozsah výkonov pri zachovaní účinnosti spaľovania je 4 až 12 kilowattov. Výrobca uvádza účinnosť spaľovania 82,3 %.[29]



Obr. 18: Krbové kachle
FALUN AQUA[29]



Obr. 19: Schéma umiestnenia kachiel v dome

Krbové kachle umožňujú tiež prívod spaľovacieho vzduchu z exteriéru, čo pri návrhu využijeme. Najväčšou nevýhodou tohto spôsobu vykurovania je, že na prevádzku je potrebná obsluha a pravidelné prikladanie paliva.

Kachle umiestnime do spoločenskej miestnosti, kde budú aj vhodným estetickým doplnkom. Investičné náklady pre zariadenie s potrebným príslušenstvom sú 15 000 až 17 000 Kč. Prevádzkové náklady na vykurovanie budú závisieť hlavne od cien paliva.

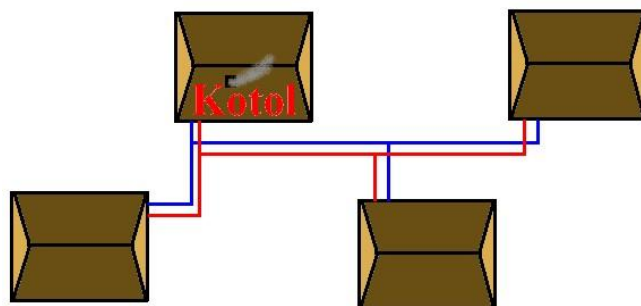
Nakoniec je potrebné navrhnuť temperovanie domu v čase neprítomnosti ľudí v domácnosti, keď nebude možné obsluhovať krbové kachle. Preto navrhujeme umiestniť do spoločenskej miestnosti elektrický ohrievač s výkonom 1 kW, ktorý počas dlhodobej neprítomnosti obyvateľov domu bude udržiavať v dome požadovanú teplotu. Jeho cena sa pohybuje okolo 2 000 Kč.

Spotreba elektrickej energie obehového čerpadla a elektrického ohrievača činí ročné výdavky približne 5 000 Kč. Predpokladáme spotrebu dreva 7-10 m³ za rok, čo pri miestnych cenách palivového dreva znamená maximálne 8 000 Kč.

5.4.2 KOTOL NA DREVNÚ ŠTIEPKU

Ďalšou možnosťou je použiť automatický kotol na štiepku. Na rozdiel od predchádzajúceho návrhu by tento spôsob bol z hľadiska obsluhy oveľa komfortnejší. Štiepku je možné automaticky privádzať zo zásobníka dopravníkom. Keď sa však pozrieme na ponuku kotlov spaľujúcich štiepku, narážame na niekoľko problémov týkajúcich sa nášho návrhu.

Na trhu nie je kotol s výkonom ideálnym pre jeden dom. Všetky kotle v ponuke majú značne väčšie menovité výkony a to 20 až 80 kilowattov. Sú určené pre vykurovanie výrazne väčších objektov. Keby sme ho aplikovali pre jeden dom, dochádzalo by ku zbytočnému prekurovaniu. Riešením by bolo, keby sme využili tento kotol na vykurovanie viacerých domov. Ako sme vyššie spomenuli, v objekte modelového domu sa nachádza viacero takmer rovnakých domov. Vzdialenosť medzi nimi je maximálne 30 metrov. Predpokladajme, že tepelná strata a potreba tepla na vykurovanie je u všetkých týchto domov rovnaká. Takéto vykurovanie navrhujeme pre 4 neďaleké domy, pričom v jednom z nich sa bude nachádzať kotol.



Obr. 20: Schematické znázornenie rozvodu tepla medzi domami

Ďalším problémom je systém odovzdávania tepla. Všetky domy sú vybudované s predpokladom realizácie teplovzdušného vykurovania. Použitím kotla na drevnú štiepku však odovzdávame teplo okruhu s vodou. Ako riešenie sa ponúka buď inštalácia teplovodného podlahového vykurovania alebo ústredného vykurovania radiátormi. My navrhujeme podlahové vykurovanie. Ďalej bude potrebné vybudovať podzemné rozvody teplej vody od domu, v ktorom sa bude kotol nachádzať, k ostatným domom. Náklady na realizáciu teplovodného podlahového vykurovania a rozvodov tepla vychádzajú pre jeden dom približne 20 až 40 tisíc Kč. Celkový výkon pre sústavu štyroch domov bude potom približne 28 kilowattov.

Pre spaľovanie štiepky navrhujeme kotol Guntamatic POWERCHIP s výkonom 30 kilowattov, ktorý okrem štiepky umožňuje spaľovanie peliet a obilia. Tento výkon dokáže vykryť aj prípadne straty rozvodom tepla. Výrobca uvádza vysokú účinnosť spaľovania, až nad 90 % a rozsah výkonu 9 až 30 kW. Kotol umožňuje automatické zapálenie horúcim vzduchom. Takisto automaticky odoberá palivo zo zásobníka pomocou dávkovacieho šnekového dopravníka. Ten je poháňaný elektromotorom. Výrobca uvádza spotrebu elektrickej energie pre pohon dopravníka a obehového čerpadla približne 288 kWh za rok, čiže ročný výdavok približne 1400 Kč. Cena tohto kotla je 430 000 Kč.[30]



Obr. 21: Kotol Guntamatic POWERCHIP [30]

Kotol umiestnime do malej miestnosti – kotolne za schodiskom (obr.22). Odtiaľ pôjdu rozvody pre vykurovanie a ohrev TÚV nášho domu aj ostatných domov. Ďalej bude potrebné vybudovať zásobník pre skladovanie štiepky. Keďže dom je malý a vo vnútri by pre skladovanie nebol priestor, navrhujeme podzemný zásobník vedľa domu s kapacitou 12 m³. Takýto zásobník umožňuje jednoduché dopĺňanie drevnej štiepky dovezenej nákladným autom (obr.23). Predpokladaná investícia na vybudovanie zásobníka je 3000 Kč.



Obr. 22: Schéma umiestnenia kotla v dome



Obr. 23: Podzemný zásobník štiepky [30]

Veľkou výhodou vykurovania kotlom na drevnú štiepku je vysoký komfort prevádzky, spoľahlivosť, automatická regulácia výkonu a nízke prevádzkové náklady. Tona štiepky nás stojí 850 Kč. Pri predpokladanej ročnej spotrebe 10-12 ton, budú ročné náklady na palivo maximálne 10 200 Kč. Naopak nevýhodou môžu byť vysoké investičné náklady.

5.5 ZHODNOTENIE NÁVRHOV

Nakoniec dva vyššie uvedené návrhy zhodnotíme a porovnáme. Samozrejme, najviac nás zaujíma ekonomické hľadisko, a to investičné a prevádzkové náklady. Keďže v návrhu kotla na štiepku sme uvažovali jeho využitie na vykurovanie štyroch domov, uvádzame ekonomické náklady v prepočte na jeden dom.

Tab. 7: Porovnanie dvoch návrhov

	Krbové kachle	Kotol na štiepku
Palivo	Kusové drevo	Drevná štiepka
Obsluha	Manuálna	Automatická
Celkový výkon [kW]	4 – 12	9 – 30
Účinnosť [%]	82,3	90
Vykurovanie	Teplovzdušné	Teplovodné podlahové
Potrebné stavebné zásahy	Nie	Áno
Počet vykurovaných domov	1	4
Cena spaľovacieho zariadenia [Kč]	17 000	430 000
Ďalšie investičné náklady [Kč]	2 000	33 000
Celkové investičné náklady [Kč]	19 000	140 500 (na jeden dom)
Ročné náklady na palivo a prevádzku [Kč]	13 000	2 900 (na jeden dom)

Z tabuľky vyplýva, že v pohľade na investičné náklady jednoznačne vyhráva návrh s krbovými kachľami. Z hľadiska prevádzkových nákladov je tomu naopak. Návrh systému s kotlom na štiepku by bola oproti krbu 13 rokov. Navyše pri realizácii teplovodného podlahového vykurovania s kotlom na štiepku by boli potrebné stavebné úpravy každého domu a vzájomná spolupráca obyvateľov týchto domov.

Riešenie s teplovzdušnými krbovými kachľami má síce viacero nevýhod, ako nutnosť obsluhy a vyššie prevádzkové náklady, poskytuje však väčšiu samostatnosť prevádzky a jednoduchosť aplikácie. V prípade, že uvedené nevýhody nie sú príliš veľkou prekážkou, odporúčame použiť toto riešenie.

ZÁVER

Cieľom našej práce bolo zhrnúť a zhodnotiť možnosti vykurovania nízkoenergetických domov. V teoretickej časti sme popísali a objasnili súčasné trendy vykurovania. Preferované sú solárne systémy, ktoré sú hlavným predmetom ďalšieho vývoja. Dá sa predpokladať, že výstavba nízkoenergetických a pasívnych domov sa v budúcnosti stane samozrejmosťou.

V praktickej časti sme navrhovali vykurovanie do konkrétneho modelového domu. Zamerali sme sa na efektívny spôsob vykurovania pre konkrétnu lokalitu a na splnenie požiadavky využívania vykurovacieho telesa aj pre ohrev teplej úžitkovej vody. Aj keď sme vynechali využívanie solárnej energie z dôvodu nízkej efektivity jej využitia v danej lokalite, navrhli sme dva odlišné varianty vykurovania pomocou biomasy. Biomasa je považovaná za ekologicky priaznivý zdroj. Využíva sa mnoho jej foriem. My sme navrhli krbové kachle na kusové drevo a kotol na štiepku. Drevo, či už v jednej alebo druhej forme, je v lokalite modelového domu najdostupnejším a najlacnejším palivom. Kotol na štiepku ponúka mnoho výhod. Automatizácia vykurovania a nízke prevádzkové náklady sú faktorom, ktorý môže lákať mnohých užívateľov. Na druhej strane klasické krbové kachle s manuálnou obsluhou tvoria príjemný estetický doplnok v spoločenskej miestnosti domu. Navyše investičné náklady sú oproti kotlu minimálne.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy*. Praha : GRADA, 1999. 360 s. ISBN 80-7169-657-9.
- [2] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 2 : princípy a príklady*. Praha : GRADA, 2008. 204 s. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [3] EKOPRODUKT EU. *Prečo sa rozhodnúť pre nízkoenergetický, prípadne biopasívny dom?* In Dom a bývanie [online]. 2011 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <<http://www.domabyvanie.eu/page/index.php?log=canok&uid=64>>.
- [4] *Rekuperácia a nútené vetranie*. In pasivnedomy.eu [online]. 2012 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.pasivnedomy.eu/wp-content/uploads/2012/07/rekuperacia_3.jpg>.
- [5] KUSALA, Jaroslav. *Skleníkový jav : In Solárni energie* [online]. 2006 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/obr/f3-2.gif>>.
- [6] KOŽÁNYIOVÁ, Marianna a kol. *Vykurovanie : Eko domy* [online]. 2010 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: <http://www.1sg.sk/www/data/01/projekty/2010_2011/oceans/ekodomy/vykurovanie.html>.
- [7] PETRÁŠ, Dušan. *Podlahové teplovodné vykurovanie*. Bratislava : JAGA, 1998. 143 s. ISBN 80-9676-766-6.
- [8] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava : JAGA, 2005. 246 s. ISBN 80-8076-020-9.
- [9] *Teplovzdušné vytápění* [online]. 2010 [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <<http://www.aakrby.cz/cz-texty-20.html>>.
- [10] *Infrakúrenie – úsporné a zdravé kúrenie v jednom* [online] [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <<http://www.usporne-kurenie.sk/vykurovanie/6-O-infrakureni>>.
- [11] *Srovnávací měření spotřeby energie mezi infračerveným vytápěním a plynovým vytápěním* [online]. 2011 [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/elektricke-vytapani/8057>>.
- [12] *Infratopení, elektrokotle, plynové kotle e-shop* [online]. Dostupné z: <<http://www.elektro-hodr.cz/shop/produkty/i6/2.jpg>>.
- [13] STERN, Michael. *Pasivní, nízkoenergetické a nulové domy – co je co?* [online]. 2008 [cit. 2013-05-07]. Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/stavba/nizkoenergeticke-domy/pasivni-nizkoenergeticke-a-nulove-domy-co-je-co.aspx>>.

- [14] *Klasické větrání v porovnání s řízeným větráním s rekuperací tepla* [online]. 2007 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <<http://www.paul-rekuperace.cz/data/rekuperator.jpg>>.
- [15] SRDEČNÝ, Karel. *Energeticky soběstačný dům – realita, či fikce?* 2. aktual. vyd. Brno : ERA, 2007. 92 s. ISBN 978-80-7366-103-8.
- [16] *Zisk ze zemního výměníku tepla* [online]. 2008 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <<http://www.ekowatt.cz/uspory/zisk-ze-zemniho-vymeniku-tepla.shtml>>.
- [17] VAVŘIČKA, Roman *Potřeba tepla pro přípravu teplé vody : Vytápění, větrání, instalace*. roč. 21. 2012, č. 5. s. 194-197. ISSN 004-1989.
- [18] *Zpětné získávání tepla z odpadní vody* [online]. 2010 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <<http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/52-zpetne-ziskavani-tepla-z-odpadni-vody>>.
- [19] TORCELLINI, P., PLESS, S. *Trombe Walls in Low-Energy Buildings: Practical Experiences* [online]. 2004 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36277.pdf>>.
- [20] *Trombeho stěna a další chytré nápady na úspory ve vytápění* [online]. 2010 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <<http://www.nazeleno.cz/trombeho-stena-a-dalsi-chytre-napady-na-uspory-ve-vytapeni.aspx>>.
- [21] *Solárne strešné systémy* [online] [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.elprotech.sk/solarne-systemy-ohrev-tuv-bazeny.php>>.
- [22] *Podlahové vytápění* [online] [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <<http://www.eigo.cz/elektricke-topeni/podlahove-vytapeni>>.
- [23] LULKOVIČOVÁ, Otília a kol. *Zdroje tepla a domové kotle*. Bratislava : JAGA, 2004. 223 s. ISBN 80-8076-001-2.
- [24] SIEA/ERDF. *Ako vybrať kotol na biomasu* [online]. 2013 [cit. 2013-05-09]. Dostupné z: <<http://www.siea.sk/letaky/c-260/ako-vybrat-kotol-na-biomasu>>.
- [25] Solar Energy System. *Solárne systémy - Slnečné žiarenie* [online]. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://www.solarenergy.sk/sk/stranka/solarne-systemy/slnečne-žiarenie>>.
- [26] REINBERK, Zdeněk. *Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210* [online]. 2005 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>>.
- [27] REINBERK, Zdeněk. *Ohřev vody* [online]. 2005 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/97-ohrev-vody>>.

- [28] MATUŠKA, Tomáš. *Potřeba teplé vody* [online]. 2010 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/36-potreba-teple-vody>>.
- [29] THORMA Výroba, k. s. *Krbové kachle FALUN aqua* [online]. 2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://www.thorma.sk/krbove-kachle/falun_aqua>.
- [30] *Kotel Guntamatic POWERCHIP* [online]. 2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://guntamatic.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=2301>>.