

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řešení energetického konceptu pasivního domu

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO
VÝKONU)**

Jméno a příjmení: **Ondřej Radina**
Osobní číslo: **E13N0061P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Řešení energetického konceptu pasivního domu**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte základní vlastnosti pasivních domů
2. Navrhněte tři varianty zajištění energie na vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení a provoz spotřebičů v pasivním domě s využitím kombinace klasických i alternativních a obnovitelných zdrojů energie
3. Zhodnoťte navržené varianty s hlediska spotřeby energie, investičních nákladů, nákladů na energie, zvyšování energetické soběstačnosti a vlivu na životní prostředí.

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na problematiku vytápění pasivního domu. Popisují v ní základní parametry těchto staveb a vysvětlují čím jsou tyto domy výjimečné. Pro lepší představu v čem jsou lepší než běžná zástavba jsou zde obsaženy také základní znalosti stavebně-konstrukční problematiky. Dále se zabývám vhodnými zdroji pro přípravu teplé užitkové vody a tepla. Nakonec jsem vytvořil tři varianty, které hodnotím z hlediska spotřeb energií, nákladů na energie, investičních nákladů, vlivu na životní prostředí a energetické nezávislosti.

Klíčová slova

Pasivní dům, vytápění, zdroje tepla, tepelné čerpadlo, kompaktní jednotka, kotel na biomasu, krbová kamna, krb na bio líh, kondenzační kotel, solární kolektory, větrací jednotka s rekuperací, zemní registr, fotovoltaické panely, mikrokogenerace, metodika výpočtu energie pro vytápění, ohřev teplé vody, návrh vytápění, akumulční nádrž, vliv na životní prostředí, energetická nezávislost

Abstract

This master's thesis is focused on heating of the passive house. I described the basic parameters of the passive house and explain what makes this house unique. I included basic knowledge of construction and design problems for a better understanding of reasons why are these houses better than conventional buildings. I also dealt with the appropriate source for hot water and heat. Finally, I created three variants for heating of passive house, that I evaluated in terms of energy consumption, energy costs, investment costs, environmental impact and energy independence.

Key words

Passive house, heating, heat source heat pump, compact unit, a biomass boiler, swedish stove, fireplace on bio alcohol, condensing boiler, solar collectors, heat recovery ventilation, ground register, photovoltaic panels, micro-cogeneration, methodology for calculating the energy for heating , hot water heating, heating draft, tank, environmental impact, energy independence

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý použitý software je legální a určen pouze k vypracování této diplomové práce.

.....
podpis

V Plzni dne 6.5.2015

Ondřej Radina

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval p. Švábovi za jeho profesionální rady a čas věnovaný konzultacím mé závěrečné práce. Poděkování patří také rodině za podporu při studiu.

Obsah

OBSAH.....	1
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	3
ÚVOD.....	4
1 PASIVNÍ DŮM.....	5
1.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ENERGETICKÉ POTŘEBY	6
1.2 VÝPOČTOVÝ PROGRAM PHPP	6
1.3 VYHLÁŠKA O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV Č. 78/2013 Sb.	7
1.4 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV - PENB	7
1.5 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PASIVNÍCH DOMŮ	8
1.6 OPTIMALIZACE	9
1.7 VELIKOST A ČLENITOST	9
1.8 UMÍSTĚNÍ A POLOHA.....	9
1.9 TEPelnÁ OCHRANA	10
1.10 OBVODOVÉ KONSTRUKCE	10
1.11 TEPelnÉ MOSTY	11
1.12 OKNA A VÝPLNĚ OTVORŮ	12
1.13 SOLÁRNÍ ZISKY.....	13
1.14 NEPRŮVZDUŠNOST	14
1.15 VĚTRÁNÍ	15
1.16 ZDROJE TEPLA A OHŘEV VODY	17
1.17 SPOTŘEBIČE	17
2 VYTÁPĚNÍ PASIVNÍCH DOMŮ	18
2.1 VÝBĚR ZDROJE	19
2.2 REGULACE	19
2.3 OTOPNÉ SYSTÉMY	20
2.4 ZDROJE TEPLA	21
2.4.1 Tepelná čerpadla.....	21
2.4.2 Kompaktní jednotka.....	23
2.4.3 Kotle na biomasu	24
2.4.4 Krby a krbová kamna	24
2.4.5 Krby na bio líh	24
2.4.6 Kondenzační kotle na zemní plyn	25
2.4.7 Elektrické zdroje	25
2.4.8 Solární termické kolektory.....	26
2.5 DOPLŇKOVÉ TECHNOLOGIE.....	27
2.5.1 Větrací jednotka s rekuperací	27
2.5.2 Zemní registr.....	27
2.5.3 Fotovoltaické panely	28
2.5.4 Mikrokogenerační jednotky	28
2.5.5 Termoelektrické články.....	28
3 ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ	29
3.1 TEPelnÉ ZTRÁTY.....	29
3.1.1 Tepelné ztráty prostupem.....	30
3.1.1.1 Ztráty oken prostupem tepla	31
3.1.1.2 Tepelné mosty	31
3.1.2 Tepelné ztráty větráním	32
3.2 TEPelnÉ ZISKY.....	33
3.2.1 Vnitřní zdroje.....	33

3.2.2	<i>Sluneční záření</i>	33
3.3	TEPLO PRO VYTÁPĚNÍ - MĚRNÁ SPOTŘEBA	34
3.3.1	<i>Stupeň využití</i>	34
3.3.2	<i>Využitelné tepelné zisky</i>	34
3.3.3	<i>Spotřeba tepla na vytápění</i>	34
3.4	TOPNÁ ZÁTĚŽ	35
3.4.1	<i>Topná zátěž větráním</i>	36
3.4.2	<i>Topná zátěž prostupem</i>	36
3.4.3	<i>Celková topná zátěž</i>	36
3.4.4	<i>Vnitřní tepelné zisky</i>	36
3.4.5	<i>Solární tepelné zisky</i>	37
3.4.6	<i>Maximální topná zátěž</i>	37
3.4.7	<i>Měrná topná zátěž</i>	37
4	OHŘEV TEPLÉ VODY A SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE	38
4.1	ZTRÁTY V ROZVODU TEPLÉ VODY.....	38
4.1.1	<i>Roční tepelná ztráta v rozvodu</i>	38
4.1.2	<i>Celková potřeba tepla pro teplou vodu</i>	39
4.2	POTŘEBA ENERGIE NA OSVĚTLENÍ A PROVOZ SPOTŘEBIČŮ	39
5	NÁVRH VYTÁPĚNÍ.....	41
5.1	AKUMULAČNÍ NÁDRŽ	41
5.2	SOLÁRNÍ KOLEKTORY	43
5.3	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	44
5.4	VARIANTA 1	46
5.5	VARIANTA 2	49
5.6	VARIANTA 3	52
6	ZHODNOCENÍ.....	54
6.1	INVESTICE, SPOTŘEBA A NÁKLADY NA ENERGIE	54
6.2	VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	55
6.3	ENERGETICKÁ NEZÁVISLOST	56
	ZÁVĚR.....	57
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	59
	PŘÍLOHY	60

Seznam symbolů a zkratk

PD..... Pasivní dům

TÚV..... Teplá užitková voda

FVEFotovoltaická elektrárna

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na koncept návrhu tepelného vytápění pasivního domu, které zajistí požadovanou tepelnou pohodu a pokryje energetické potřeby modelového domu a jeho obyvatel. Toto téma jsem si vybral proto, že je v dnešní době dle mého názoru velmi aktuální a zajímavé, jak z hlediska energetické náročnosti, tak energetické soběstačnosti. Není totiž tajemstvím, že ve vyspělých státech se spotřebuje 30-40 % veškeré vyrobené energie na topení, ohřev teplé vody, chlazení a osvětlení budov. Dalším zajímavým faktem je, že přibližně 20 % světové populace spotřebovává zhruba 80 % veškeré vyrobené energie. Podle teplotního průzkumu v ČR v každé domácnosti připadne 50 % energií na vytápění a 10 % energií na přípravu teplé vody. Množství spotřebované energie roste i přesto, že se v posledních letech rozdíl mezi spotřebou energie na vytápění a na přípravu teplé vody snižuje. Pro trvale udržitelný rozvoj a snížení ekologické zátěže, kterou sebou výroba energie přináší, je nutná racionalizace potřeb, hledání optimálních řešení a nových postupů. Na úsporu energií se můžeme podívat ze dvou pohledů. Největší úspora je v energiích, které nespotřebujeme. Což v případě obytných budov znamená, že jejich tepelné ztráty snížíme na minimum atd. A nebo můžeme zvýšit účinnost technologických zařízení a optimalizovat jejich provoz. Oba dva tyto pohledy jsou spojeny v pojmu "pasivní dům", kde se snažíme dosáhnout minimální energetické potřeby a zároveň využít otopného systému, tak aby pracoval s maximální účinností.

Samotný návrh vytápění je však až jeden z posledních článků, které dělají pasivní dům pasivním domem, a proto není možné se úplně vyhnout stavebnětechnické části. Je tedy nutné ji alespoň částečně zahrnout. V této části je popsán pasivní dům a jeho základní vlastnosti, které vycházejí přímo z konstrukčně-technického řešení a použitých materiálů. Tato část v podstatě vysvětluje proč není v pasivním domě použita klasická otopná soustava včetně všech náležitostí, které s tím souvisí. V druhé části popisují vhodná zařízení pro vytápění a přípravu teplé vody, včetně doplňkových technologií a jejich výhod/ nevýhod. V třetí části jsem navrhl tři varianty pro zajištění energie pro vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení a provoz spotřebičů. Zároveň zhodnocuji navržené varianty z hlediska spotřeby, investičních nákladů a nákladů na energie. Zaobírám se zde i otázkami energetické nezávislosti a vlivu na životní prostředí.

1 PASIVNÍ DŮM

Na začátek lze zjednodušeně říci, že pasivní dům je budova, která výhodně kombinuje vysokou úroveň komfortu s nízkou potřebou energie. Základní myšlenkou PD je co nejméně teplo pustit ven z budovy a efektivně využívat tepelné zisky. Kvalitní návrh a použitá technologie, společně s kvalitnějším zasklením, vysokou úrovní izolace a rekuperací tepla při větrání, jsou klíčovými prvky pasivní stavby. Pasivní dům je vlastně označení pro určitý standart řešení budovy. Jeho název vyplývá z principu využití pasivních tepelných zisků. Mezi vnější tepelné zisky patří energie slunečního záření, procházející okny, a vnitřní zisky, nebo-li odpadní teplo produkované každou osobou a elektrospotřebičem. Vnitřní komfort je vytvářen zejména příjemnou teplotou, která dnes dosahuje v domácnostech okolo 20-22 °C. Na začátku 19. století byla tato teplota pouze okolo 16 °C. Postupně tedy energetická náročnost narůstala. Další složkou vytvářející komfortní prostředí a tepelnou pohodu je snaha o udržení této teploty během léta i zimy. Bez rozdílů teplot a průvanu. Odvod ani přívod tepla nesmí být příliš intenzivní, aby nezpůsobil negativní pocity. [11,17]

Myšlenka PD vznikla během první ropné krize v roce 1973 v USA. Jednalo se zatím jen o nízkoenergetickém domě. Bohužel použitá technologie byla překombinovaná, měla nízkou efektivitu a z dlouhodobého pohledu nefungovala správně. Nebyla věnována pozornost neprůvzdušnosti a chybělo kvalitní zasklení. PD vzešel až z diskuze mezi profesorem Feistem z USA a Adamsonem ze Švédska. Došlo ke zlepšení oken a rámců, dále bylo vyvinuto účinné větrání s rekuperací. První domy byly postaveny v roce 1990 v Darmstadtu pro ověření funkčnosti návrhu a systémů. Tato energeticky efektivní stavba zde stojí dodnes a za 25 let jejího užívání nepřekročila spotřeba tepla na vytápění 10 kWh/m²a. Dosáhnutá hodnota je velmi slušná, viz. dále. [9]

Co se vzhledu týče, tak není omezen a budova svým vzhledem nemusí nijak negativně rušit krajinný ráz. Volnost návrhu se však v případě členitějších projektů resp. půdorysů musí kompenzovat vyšší izolační vrstvou. Budova musí pouze splňovat dané energetické požadavky vztažené na metr čtvereční a rok. Už při samotném návrhu je však nutno si uvědomit, které faktory mohou a budou celkovou potřebu energie ovlivňovat. [11,17]

1.1 Faktory ovlivňující energetické potřeby

Celkovou potřebu energie ovlivní:

- *velikost a členitost stavby*
- *umístění stavby a klimatická oblast*
- *zónování místností*
- *obvodové konstrukce, izolace, tepelné mosty*
- *způsob větrání a přívodu vzduchu*
- *zdroje tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody*
- *velikost a regulace topné soustavy*
- *provoz veškerých spotřebičů, osvětlení*
- *zisky ze slunečního záření a ochrana proti přehřívání*

Reálnou konečnou spotřebu ovlivní samozřejmě i vlastní chování obyvatel domu, které nelze při návrhu zachytit a tudíž se do teoretických výpočtů většinou nezapočítává. Hodnocení budov z hlediska energetické náročnosti podle směrnic Evropského parlamentu zpracovává zákon č.318/2012 o hospodaření energií včetně prováděcí vyhlášky č.78/2013 o energetické náročnosti budov. Pro hodnocení energetické náročnosti se používá také technická norma TNI 73 0331 a nebo metodika PHPP, pomocí které budu zpracovávat výsledný koncept. [11,17]

1.2 Výpočtový program PHPP

Passive House Planning Package zkráceně PHPP je výpočtový tabulkový nástroj pro určení energetické bilance budovy a sloužící pro návrh domů v pasivním standartu, který je založen z velké části na evropských normách. Tento standart vychází z dynamických simulací zajišťujících vysokou přesnost. Jsou zde zohledněny i praktické zkušenosti z výstavby a provozu. Využívá v praxi otestované a schválené metody pro výpočet požadavků na vytápění, chlazení, primární energie, sklon k přehřívání a zároveň pro dimenzování systému vytápění a ohřevu teplé vody. Program je použitelný i pro výpočet energetické náročnosti stávajících budov jako podklad pro rekonstrukci. PHPP byl ověřen na velkém počtu domů a obsahuje klimatická data pro celou Českou republiku. Výpočet potřeby energie na vytápění a ohřev TUV budu provádět dle dané metodiky PHPP. Prostřednictvím PHPP bude poté provedu návrh tří variant.[11,14]

1.3 Vyhláška o energetické náročnosti budov č. 78/2013 Sb.

Tato vyhláška stanovuje základní podmínky, pojmy, ukazatele energetické náročnosti, výpočtovou metodiku dodané energie, primární energie a požadavky energetické náročnosti na nákladově optimální úrovni vůči referenční budově. Dále stanovuje posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, vzor doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti, vzor a obsah průkazu včetně podmínek pro umístění v budově a zařazení do klasifikačních tříd. Podmínky vyhlášky jsou splněny pokud je výsledná energetická náročnost nižší než u je tomu u referenční budovy. Referenční budova je zkráceně identická budova uvažovaná při stejném účelu využití, ve stejných klimatických podmínkách, ale s referenčními parametry, kterých se snažíme dosáhnout. Důležitým parametrem je doporučená hodnota součinitele prostupu tepla. Definuje vztahovou plochu danou vnějšími rozměry, hodnocení pomocí primárních energií a měrnou hodnotu dodané energie. Dále je důležité vidět rozdíl mezi potřebou a spotřebou. Potřeba tepla je výpočtem stanovená hodnota podle dané metodiky vztažené na určitou plochu. Zatímco spotřeba je množství energie, které jsme reálně využili a nemusí být tudíž potřeba tou nejvyšší hodnotou spotřeby. Vše ovlivňuje již zmíněné chování obyvatel domu. [3,16]

1.4 Průkaz energetické náročnosti budov - PENB

Pro posouzení a zařazení do kategorie z hlediska energetické náročnosti se využívá porovnávání celkové měrné spotřeby energie s referenčními hodnotami pro identickou budovu stejného typu. Typem budovy je myšlen, účel pro který dané budova slouží. Jiné hodnoty budou stanoveny pro obytné domy, rodinné domy a odlišné pro administrativní budovy, sportoviště atd. Klasifikace se dělí do sedmi tříd označených písmeny A až G. Měrná spotřeba energie je dána podílem celkové roční dodané energie E_P (GJ/a) a celkovou podlahovou plochou A_C (m^2) dané systémovou hranicí budovy. Hodnotí se tedy průměrný součinitel prostupu tepla včetně součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi, dílčí energie spotřebované pro vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, větrání, úpravu vlhkého vzduchu, osvětlení, celková dodaná energie, celková primární energie a neobnovitelná primární energie. Jsou

tu zahrnuty všechny energie, které jsme schopni ovlivnit již v návrhu. Výjimkou jsou spotřebiče, které jsou součástí domu. Výsledkem stanovení energetické náročnosti by měl být energetický průkaz včetně jeho jednoduché grafické podoby. Průkaz obsahuje základní informace o objektu, zařazení do kategorie, doporučená opatření, koláčový graf podílu energonositelů na dodané energii a ukazatele energetické náročnosti budovy. V koláčovém grafu je pak vidět příspěvek solárních kolektorů, fotovoltaických panelů, tepelného čerpadla nebo např. kogenerační jednotky. [3,16]

1.5 Základní parametry pasivních domů

Pasivní dům se vyznačuje maximální roční měrnou potřebou tepla 5 až 15 kWh/(m².a) a má dokonale tepelně izolován obal budovy. Roční měrná spotřeba je určena pro klimatické podmínky střední Evropy. Celková neprůvzdušnost podle parametru těsnosti n₅₀ musí být rovna nebo menší než 0,6 h⁻¹.

Tab. 1.1 Kategorie budov podle potřeby tepla na vytápění, zdroj: [13]

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Nulový dům	<5 kWh/(m ² .a)
Pasivní dům	<15 kWh/(m ² .a)
Nízkoenergetický dům	<50 kWh/(m ² .a)
Obvyklá novostavba	80-140 kWh/(m ² .a)
Starší výstavba	<140 kWh/(m ² .a)

Při těchto parametrech se omejdeme bez konvenčního otopného systému. Koncepce pasivního domu vyžaduje, aby maximální celková energetická potřeba primární energie pro vytápění, přípravu teplé vody, provoz elektrospotřebičů, osvětlení, pomocné energie techniky, atd. byla < 120 Wh/(m².a) . Primární energie vyjadřuje množství energie vynaložené na výrobu a přenos včetně jejich ztrát. Tudiž v případě elektrického proudu se kvůli menší efektivitě musí spotřeba vynásobit přibližně třemi. Z lokálního i globálního pohledu je nutné určit zátěž životního prostředí při výrobě energie. Protože jak produkce uhelných elektráren, tak spalování v teplárnách a individuální spalování biomasy v kotlích, produkuje nezanedbatelné množství plynných emisí a tuhých látek. [5,11,12,17]

1.6 Optimalizace

Princip samotné úspornosti tkví v zlepšení a zkvalitnění běžných prvků, které jsou pro všechny stavby společné (zdiv, střecha, stropy, okna, větrání). Optimalizace musí probíhat již při návrhu a zaměřuje se na tvar budovy, orientaci vůči světovým stranám, členitosti obvodových stěn, výplně otvorů a jejich umístění, použitý stavební materiál, vytápěcí a ventilační systém. Hlavně nedodržení orientace prosklení a kompaktnosti tvaru můžou zapříčinit, že dům nebude ve výsledku v pasivním standartu. Porušení těchto zásad se dá do jisté míry kompenzovat navýšením ostatních prvků především izolace. Projekt by měl také respektovat svažitost terénu pozemku a zohledňovat též maximální funkčnost domu. Volit by jsme měli pouze efektivní technologie a snažit se krýt spotřebu obnovitelnými zdroji. [5,17]

1.7 Velikost a členitost

Jako vhodné řešení pro rodinný dům z hlediska tvaru a umístění obytných místností je tvar kvádrů. Obytné místnosti a velké prosklené plochy na delší fasádě by měly být ideálně natočeny k jihu a ostatní prostory s menšími nároky na osvětlení a vytápění orientovány k severu. Jednopodlažní stavby jsou vzhledem k dodržení kompaktnosti rozumné pouze do 120 m², poté značně narůstá plocha ochlazovaných konstrukcí vzhledem k objemu stavby. Výhodnější jsou vícepodlažní domy. V případě podsklepení je nutné tepelné oddělení nejlépe s vlastním vchodem. Střecha pro pasivní dům bývá nejčastěji se sklonem 0,5 až 20 stupňů. Typ střechy může být plochý, pultový nebo sedlový. Volba sklonu opětovně respektuje požadavek co možná nejvíce snížit plochu vnějších konstrukcí, zde přináší i úsporu izolace a krytiny. Velmi často se osazují zelení. Zeleň společně s zeminou zde plní funkci akumulární. Přes den se nahřívá a v noci brání ochlazování. Součástí pasivního domu může, ale nemusí být zimní zahrada. Pokud je jeho součástí pak musí být tepelně odizolována. [9,17]

1.8 Umístění a poloha

Orientaci směrem na jih jsem již zmínil v předchozí kapitole. Snažíme se mít jižní stranu bez zastínění, aby jsme mohli využívat solárních zisků. Poměrně velký vliv má

i umístění a poloha domu. Podle tvaru terénu můžeme rozlišit umístění v údolí, na rovině, na jižním svahu a na vrcholu kopce. Výhodnější je umístění na jižním svahu nebo v oblasti chráněné před okolními vlivy. Nejméně výhodné je umístění v údolí u vodní plochy, protože zde dochází k vyššímu ochlazování proudícího vzduchu. Následuje umístění na vrcholu kopce, kde je dům vystavován ve větším množství větru. Teplota okolního vzduchu také klesá s nadmořskou výškou a to o $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 100 m. [9,17]

1.9 Tepelná ochrana

Zvýšením tepelné ochrany se rozumí zmenšení ochlazovaných ploch a tím omezení tepelných ztrát objektu na minimum. Zásady pro snížení tepelných ztrát:

- použití kompaktního tvaru
- preferování řadové a blokové výstavby před volně stojící
- vyvarovat se složitým tvarům v obvodových konstrukcích

Vzhledem k tomu že, snažíme se dosáhnout co nejnižšího poměru plochy ochlazovaných konstrukcí k objemu budovy (ideální tvar by byla koule), bude v praxi ideálním tvarem kvádr. Kvádr je i pro dispoziční řešení lepší než první co by každého napadlo krychle. Kombinace těchto zásad a výše uvedeného zaizolování a utěsnění budovy nám dovolí dosáhnout nízkého rozdílu teploty vnitřního povrchu a teploty vzduchu, díky čemuž zajistíme vysokou tepelnou pohodu. V tomto případě nebude potřeba konvenčního otopného systému. [5,10,11]

1.10 Obvodové konstrukce

Součinitel prostupu tepla U pro všechny obvodové konstrukce, vyjma výplní otvorů, by měl být $\leq 0,15\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ a v případě střechy dokonce $\leq 0,12\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Pro obvodové konstrukce jsou vhodné masivní konstrukce zděná, betonová, dřevěný skelet a nebo ztracené bednění. Obecná zásada je, že by měla být stěna co nejtenčí pro dosažení požadovaných parametrů. Pro izolaci je možné použít běžně dostupný

zateplovací polystyren, minerální, sklené vaty, kamenná vlna, ale také ekologicky nezávadné izolace z konopí, lnu, ovčí vlny, dřevěného vlákna apod. Dalším příkladem by mohla být foukaná izolace, řadící se do ekologicky nezávadných izolací, vyrobená z recyklovaného skla bez dalších poživ. Šířka izolace se podle jejích parametrů může pohybovat v rozmezí 200 až 400 mm. Zajímavým a finančně náročným izolačním materiálem jsou aerogely, u kterých 10mm izolace odpovídá parametrů přibližně 30mm konvenčního polystyrenu. Mezi inovativní izolace patří XPS granulát, vakuové izolační desky či pěnové sklo. Tyto materiály mají až 10 násobně lepší izolační vlastnosti. Jak u tepelné ochrany, tak i u obvodových konstrukcí by se mělo dbát na správnou volbu materiálů, jelikož na jeden dům je použito relativně velké množství materiálu. Zejména volba těchto materiálů má velký vliv životní prostředí z pohledu možnosti likvidování, recyklace vzniklého odpadu, výroby a přepravy (životní cyklus výrobku). [5,8,10]

1.11 Tepelné mosty

Místa v konstrukci kde je zvýšený tepelný tok, nežli je tomu v nejbližším okolí jsou definovány jako tepelné mosty. U tepelně izolovaných budov tvoří největší část tepelných ztrát a je nutno jim předcházet:

- souvislou izolační vrstvou
- vhodné konstrukce, použití katalogů
- překrytím mezer spár v izolační vrstvě další vrstvou

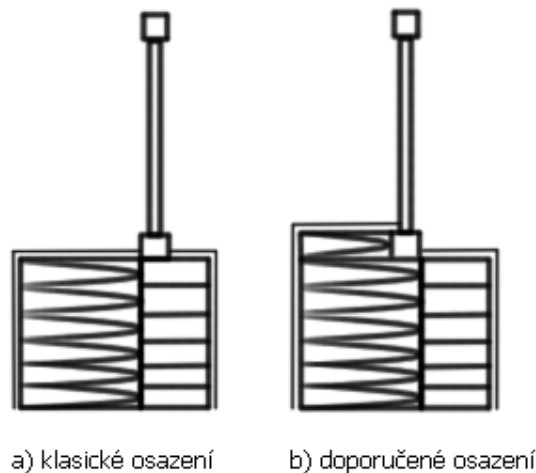
při přerušení izolační vrstvy lze použít materiály jako je dřevo a pórobeton s nízkým součinitelem tepelné vodivosti. Mimo tepelných ztrát mají tepelné mosty vliv kvalitu vnitřního prostředí (tvorba kondenzátu a plísní kvůli nízké povrchové teplotě) a mohou způsobit postupné poškození konstrukcí. Dnes již existují ověřené katalogy včetně konstrukčních detailů obsahující vhodná řešení pro konkrétní případy předcházení tvorbě tepelných mostů. [5,10,11]

1.12 Okna a výplně otvorů

Pro okna je opět požadována co nejnižší tepelná ztráta a tudíž i součinitel prostupu tepla celým oknem U_w . Tento součinitel musí být volen správně s ohledem na dosažení dostatečných zisků prostupem slunečního záření. Vyžadováno je také omezení tepelných mostů vhodným osazením okna v rámu a následné osazení rámu do obvodové stěny. Pro okna se dnes používají trojskla nebo dvojskla s fólií. Součinitel prostupu tepla U_g se pohybuje od 0,6 do 0,8 W/(m².K). Samotné okenní rámy, které jsou ze dřeva nebo plastu, mají tento parametr horší a proto jsou vyplňovány izolací, nejčastěji polyuretanem. Doporučuje se plocha oken k podlahové ploše v poměru 1:5. V případě větší plochy oken by mohlo docházet k přehřívání místnosti. Měli bychom si také uvědomit, že většinu ztrát PD tvoří právě výplně otvorů. [8,9]

Požadavek pro okna:

- na zasklení s trojsklem $U_g \leq 0,6$ W/(m².K) s propustností slunečního záření nad 50 %
- pro celé okno včetně rámu $U_w \leq 0,8$ W/(m².K)



Obr. 1.1 - Osazení okenního rámu, zdroj : vlastní

Doporučené osazení rámu je v rovině tepelné izolace a překrytí rámu tepelnou izolací. Nutností je i vzduchotěsné napojení. Většina tepelných ztrát je tvořena okny, tudíž je nutné neplýtvat jejich plochou (nevytvářet zbytečně velké prosklení)

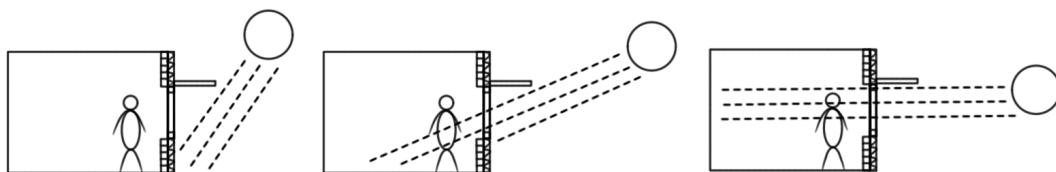
a redukovat počet otevíratelných částí (nižší cena a menší ztráty). Další ztráty můžou být způsobeny podílem rámu na velikosti okna.[5,10,11]

1.13 Solární zisky

Zisky ze slunečního záření tvoří podstatnou část energie pro pokrytí tepelných ztrát budovy. Okna zde využíváme jako solární kolektory a cílem je snížení tepelné náročnosti. Rozhodující jsou pro nás zimní měsíce topné sezony prosinec až únor. Nevýhodou je, že v tuto dobu jsou solární zisky nejmenší. V ostatních měsících není aktivní vytápění potřebné. Důležité faktory pro zajištění solárních zisků jsou:

- zasklení s nízkým U_g při dostatečné propustnosti slunečního záření
- minimalizování tepelných mostů - osazení okna v rámu
- vhodné orientování prosklených ploch - ideálně na jih bez zastínění

Při zastínění oken nám nepřinášejí žádný zisk, ale ztráty mají pořád stejně velké. Kvalita oken a osazení je mnohem důležitější než-li množství prosklených ploch. Výrazný nárůst solárních zisků pomocí oken se udává až do 40 % prosklení plochy jižní stěny. Větší míra zasklení by mohla způsobovat přehřívání interiéru dokonce i v zimním období a nepřináší již tak razantní nárůst úspory.



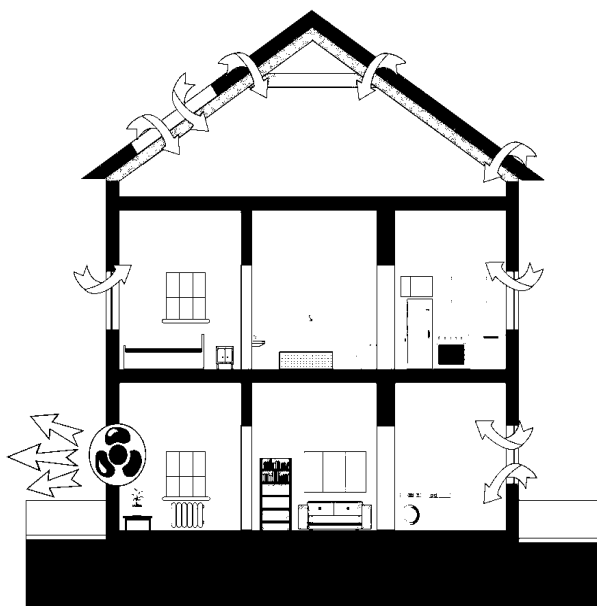
Obr. 1.2 - Sluneční záření - léto, podzim, zima; zdroj: vlastní

Vhodné je využití vodorovného zastínění, které brání přehřátí interiéru v létě a v zimě když je slunce nízko nad obzorem, tak dovolí pronikat slunečnímu záření hluboko do interiéru. Čím více se blíží úhel dopadu slunečních paprsků 90° , tím dochází k jejich menšímu odrazu. Nejlepšího poměru ztrát ku ziskům dosahují trojskla plněné plynem, především argonem a kryptonem. Pro optimální využití slunečních zisků jsou větší prosklené plochy na delší straně budovy natočeny na jih. Využívá se zde i přesahu

poschodí až 1,2m , které v létě funguje jako stínění. V úvahu se při návrhu a umístění musí brát i stínění okolní zástavbou a zelení. [5,10]

1.14 Neprůvzdušnost

Vzduchotěsnost jinými slovy neprůvzdušnost obvodového pláště vyjadřuje stupeň kvality utěsnění jednotlivých návazností konstrukcí. Neprůvzdušnost je důležitá z hlediska dosažení pasivního energetického standartu. Vzduchotěsnost zajistí dobře provedené vnitřní omítky, nebo u dřevu staveb OSB desky a jejich správné napojení na ostatní konstrukce. Místa přechodu mezi konstrukcemi se musí utěsnit tmele, páskou nebo fólií k tomu určenou. Pro stanovení neprůvzdušnosti se používá metody Blower door test a termovizního měření. Postup měření Blower Door je uveden v ČSN EN 13829 v příloze A TNI 73 0329 je upřesněn způsob ověření pro pasivní domy. Princip metody spočívá v umělém vyvolání tlakového rozdílu a opakovaném měření průtoku vzduchu skrz ventilátor. Ventilátor je osazen pomocí speciálního rámu a vzduchotěsné plachy nejčastěji do vchodovým dveří. Vytváříme tedy tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím. Měření se provádí při přetlaku i podtlaku. Výstupem je množství hodnot objemového toku vzduchu při různých tlakových rozdílech. Výměna vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa by neměla přesáhnout hodnotu $n_{50}=0,6 \text{ h}^{-1}$. U současné výstavba se pohybuje $n_{50} \geq 3 \text{ h}^{-1}$. Objemový tok pro tlakový rozdíl 50 Pa se dopočítává z rovnice proudění. Pro PD je ztráta infiltračí stanovena přibližně na $3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a pro běžnou zástavbu $17 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Rozdíl je velmi patrný. Při provádění testu musejí být utěsněny větrací otvory jako jsou digestoře a odtahy vzduchu z koupelny a záchodu. Pro detekování případných netěsností lze použít termovizní měření nebo lze detekci provést pomocí kouře. Kontrola musí být velmi důsledná a slouží pro ověření vlastností obálky, případně pro definování slabých míst a specifikování nápravných opatření. Test by měl být prováděn v průběhu stavby, aby se vyloučili chyby předem. [5,6,7,8,11]



Obr. 1.3 - Blower door test, zdroj: www.bonner-energie-agentur.de

Mezi slabá místa se řadí:

- plochy/ stěny střechy
- místo upevnění vnějších rolet
- napojení oken, okenní křídlo
- práh vstupních dveří
- veškeré prostupy vnější stěnou

1.15 Větrání

Pro kvalitu vnitřního klimatu je rozhodující přívod čerstvého vzduchu. Množství čerstvého vzduchu, následně ohřivaného, je dodáváno buďto větráním, infiltrací nebo řízením větráním. Infiltrací skrze netěsnosti a větráním okna dochází k nekontrolovatelnému úniku velkého množství tepla. V praxi uživatelé domů okna utěsňují a snižují tím množství čerstvého vzduchu. To může mít za následek vznik

plísni a zvýšenou koncentrací škodlivých látek. Hlavní myšlenkou pasivního domu je tedy zabránit nekontrolované ztrátě tepla větráním a současně dodat do místností potřebné množství čerstvého vzduchu. Na řadu zde přichází nutnost nuceného větrání, které nahradí otopnou soustavu a zároveň zajistí dostatečnou výměnu vzduchu. Využitím nuceného větrání s rekuperační jednotkou pro zpětné získávání tepla lze získat zpět z odchozího vzduchu až 90 % tepla. Rekuperační jednotka může být vybavena dohříváním na požadovanou hodnotu nebo přímo integrována v kompaktní jednotce, která se postará o výměnu vzduchu i vytápění. V domě by bylo dobré vést větrací vzduchu primárně do obytných místností, skrz chodby, schodiště a odtah řešit přes záchod, koupelnu nebo kuchyň. Rozvody vzduchu se nemusí umisťovat přímo pod okny a není nutné tedy vytvářet tepelnou clonu před oknem. I bez ní je teplota povrchu okna vyšší než rosný bod. Teplo je zde distribuováno rovnoměrně. Nucené větrání má i několik výhod, jako např. snížení prašnosti filtr a hluku, protože není nutné mít okna otevřená a narušovat akustickou pohodu v interiéru. [9,5]

Pro použití nuceného větrání je nezbytné, aby to mělo smysl, splnit následující požadavky:

- vzduchotěsnost obvodového pláště
- rekuperace s účinností minimálně 80 % a nízká vlastní spotřeba
- využití zónování budovy
- instalovat co nejkratší rozvody

Prostory budovy se dělí na vytápěnou a nevytápěnou část. Nevytápěná část musí být tepelně odizolována. Zónování je způsob členění prostorů podle jejich účelu. Navazuje na to i režim daného prostoru či místnosti v návaznosti na vytápění. Obytné místnosti, koupelny jakožto nejteplejší místnost a prostory s vyšším využitím např. kuchyně se situují na jihovýchod a jihozápad, ložnice na východ a chodby včetně skladových prostor blíže na severní stranu. Součástí nuceného větrání může být i čidlo koncentrace CO₂ nebo čidlo vlhkosti, kterou umíme jednoduše měřit. V případě výskytu většího množství osob může vyšší koncentrace CO₂ způsobovat od mírné únavy po snížení koncentrace, otupělost až zdravotní problémy. Senzor se umisťuje v obývací místnosti s nejvyšším výskytem. Popřípadě můžeme mít dvou zónové senzory a druhý

by byl umístěn v ložnici. Při koncentraci vyšší než 1200 ppm CO₂ zasáhne větrací systém. Další výhodou je stálý přísun čerstvého filtrovaného vzduchu, odvod pachů a škodlivin, odvod nadměrné vlhkosti a snížení hluku oproti větrání okny. [5,11]

1.16 Zdroje tepla a ohřev vody

Tepelné ztráty se během nejchladnějších dnů pohybují v rozmezí 10 až 15 W/m². Pro vytápění lze použít poté celkem libovolný zdroj tepla. Můžeme použít i kombinace více zdrojů. Příkladem uvedu, že pro pokoj o 30m² stačí výkon zdroje 450W. V celkovém ročním zhodnocení hraje větší roli energie pro přípravu teplé vody. Jako zdroje tepla můžeme použít elektrický kotel, kotel na pevná paliva (pelety, kusové dřevo), kotel na biomasu nebo plynový kotel společně s akumulací nádrží. Další možnostmi jsou fotovoltaické panely, solární kolektory a tepelná čerpadla. V návaznosti na skutečnost, že výkon potřebný pro dohřívání vzduchu je menší a ohřev vody je plně využit pouze krátce během dne, provádí se dimenzování na základě potřebného výkonu pro přípravu teplé vody. Pro pasivní domy je ideální využití obnovitelným zdrojů, čímž se značně snižuje závislost na distribuci a spotřeba primární energie. [5]

1.17 Spotřebiče

Pokud máme splnit limit celkové energetické potřeby primární energie < 120 Wh/(m².a) jak jsem uvedl na začátku kapitoly, musíme zohlednit při volbě spotřebičů jejich spotřebu. Nejvíce bychom měli tedy klást důraz na jejich správný výběr a orientovat se na třídu účinnosti A+ a vyšší, bez rozdílu jestli se jedná o domácí spotřebiče, osvětlení nebo domovní techniku. Pokud však máme držet spotřebu na nízko, musíme také přemýšlet nad funkcemi a výhodami, které nám dané produkty nabízejí. Příkladem by mohla být indukční varná deska (není zde setrvačnost jako u jiných elektrických variant) a nebo třeba varná konvice s nastavitelnými teplotami pro ohřev vody. Není nutné vždy ohřívat vody např. na čaj na 100 °C a poté čekat až zchladne. Pozornost bychom měli také soustředit i na zařízení s malým, ale kontinuálním odběrem. V některých případech může být značně výhodné mít zavedený přívod teplé vody rovnou k pračce a myčce nádobí. [5]

2 Vytápění pasivních domů

Pasivní domy se vyznačují pětikrát až desetkrát nižšími tepelnými ztrátami oproti běžné výstavbě stejných rozměrů. Tudíž není potřeba, úměrně k tomuto hledisku, využívat stejně výkonné zdroje tepla. Více než problém vytopit PD se zde potýkáme s rizikem přetápění místností. Je nutno podotknout, že se investičně vychází draž pasivní domy, ale vynikají levnějším provozem. Jelikož jsou výkony i těch nejmenších zdrojů stále dosti vysoké, využijeme zde téměř vždy akumulární nádrž s tepelným výměníkem pro ohřev teplé užitkové vody. Zde se velmi odráží jaký způsob vytápění zvolíme. Volba zdroje tepla a otopné soustavy by měla být vhodnou kombinací z hlediska investičních a provozních nákladů, nemělo by se zapomínat na dopad z provozu soustavy na životní prostředí. Z pohledu životního prostředí je nejméně vhodný kotel na uhlí, který představuje z běžně dostupných zdrojů tepla nevyšší zátěž pro životní prostředí v podobě oxidů síry, dusíku a prachu. Dále není příliš vhodné z hlediska spotřeby primární energie používat elektrické kotle. Proto tyto zdroje neuvažujeme. Je možné je využít jako záložní druhý zdroj. Avšak srovnání s vytápěním a ohřevem vody pouze elektrickým kotlem by mohlo, z pohledu vzniklých emisí při výrobě elektrické energie hnědouhelnou elektrárnou, být základem hodnocení vlivu na životní prostředí. [13]

Výhody pasivního domu

Pokud je dům stavebně-technicky správně postaven, pak není striktně dáno umístění topných těles pod okny. Výhodné je i použití regulace rychle reagující na solární zisky z vnějšího prostředí a na tepelné zisky z vnitřních zdrojů. Regulace může být provedena buď změnou výkonu zdroje nebo topných těles. Další možností je spínáním zdroje nebo topných těles. Díky minimalizaci tepelných ztrát je možné vytápět i nízkoteplotně. Tímto způsobem lze dosáhnout dobré tepelné pohody. Tato soustava se používá při využití s tepelným čerpadlem a solárními kolektory. Pro využití vyššího výkonu zdroje je přímo nutné použití akumulární nádrže. [11,13]

2.1 Výběr zdroje

Při volbě zdroje pro vytápění by jsme se měli zaměřit na zdroje o vysoké účinnosti, přitom zohlednit ohřev pro přípravu teplé vody, možnost regulace výkonu a snadnou obsluhu.

Výběr vhodného zdroje se odvíjí od potřeby:

- množství teplé vody
- potřeby tepla na vytápění interiéru na 20 °C při konstantní venkovní teplotě (př. - 9,1 °C)
- rychlosti reakce na klimatické změny s minimálním zpožděním
- vhodnost použití vzhledem k ceně a návratnosti

Zdroj může být i mírně poddimenzovaný, jelikož je vytápění navrhováno na nejhorší možné podmínky. Většinou požadovaná energie na ohřev TUV je vyšší než na vytápění, tak se dimenzuje zdroj právě na ohřev TUV. Mezi klimatické změny počítáme kromě změny venkovní teploty a vlivu slunečního záření, také tepelný příspěvek od spotřebičů a osob. Důležitý parametr je tedy hlavně rychlá a pružná reakce na změny potřeby tepla v jednotlivých místnostech. Průměrná udávaná spotřeba teplé vody v PD 25 l na osobu. Pokud známe dobře svou vlastní spotřebu, můžeme provést optimalizaci na míru. [5,18]

2.2 Regulace

Regulaci můžeme provádět podle vnitřní teploty a nebo podle vnitřní a vnější teploty zároveň. Podle vnitřní teploty se řídí zapínání/vypínání zdroje prostorovým termostatem nebo otopných těles termostatickými ventily. Tato regulace reaguje i na vnitřní a vnější zisky. Regulace podle vnější teploty se provádí ekvitermně. Zde se nastavuje teplota topného média v závislosti na venkovní teplotě. Vyrovnáváme tím množství dodaného tepla a tepelné ztráty, tak aby zůstala teplota uvnitř konstantní. Výkon zdroje můžeme regulovat v určitých mezích. Vždy je lepší využívat plný výkon s maximální účinností. [5]

Příklady:

- kotel s regulací výkonu 20-100 %
- tepelné čerpadlo s regulací výkonu 25-100% s proměnnými otáčkami kompresoru
- elektrické podlahové rohože a infrapanely
- akumulční nádrže se spínaným zdrojem tepla (pracuje pouze na plný výkon-vysoká účinnost)

Regulace akumulční nádrže se spínaným zdrojem se dělí na primární a sekundární. Primární regulace probíhá mezi zdrojem a nádrží podle ekvitermních křivek, což vede k úspoře energie a efektivněji využívá nízkoteplotních zdrojů (tepelná čerpadla, solární kolektory, kondenzační kotle). Sekundární regulace prováděná spínáním oběhového čerpadla probíhá mezi zdrojem a otopným systémem. Omezena je maximální teplotou v systému. [5]

2.3 Otopné systémy

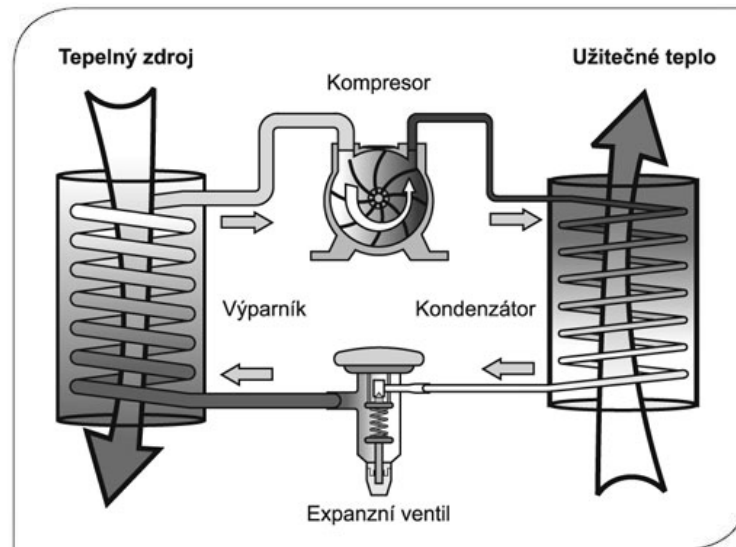
Vytápění se dělí podle teploty topného média na dva druhy na nízkoteplotní a vysokoteplotní. Topným médiem je zde většinou voda proudící radiátory. Vysokoteplotní systémy mají tepelný spád 90/70°C a nízkoteplotní až 70/50°C. Tyto typy vytápění nejsou pro pasivní domy vhodné. Používá se maximální teplota 55 °C. Dále můžeme dělit otopné systémy podle způsobu přenosu tepla na konvekční a sálavé. Mezi sálavé systémy patří podlahové nebo stěnové vytápění. Výhodou těchto systémů je přímé působení a pocit vyšší tepelné pohody při nižší teplotě v místnosti. Značnou nevýhodou je dlouhá setrvačnost a doba odezvy na změny. Konvekční systémy nejprve ohřívají vzduch. Konvekčním otopným systémem jsou například radiátorové systémy a nebo teplovzdušné vytápění, kdy se vhání do místností teplý vzduch. Tento způsob se velmi dobře reguluje. Dále se vytápěcí systémy dělí na centralizované a decentralizované. Centralizované rozvádějí topné médium ohřívané v jedné zdroji do všech místností. U decentralizovaných systémů je v každé místnosti samostatný zdroj zajišťující vytápění. [5]

2.4 Zdroje tepla

Na základě předchozího textu je pro PD vhodné použití z obnovitelných zdrojů především biomasa ve formě pelet, briket a to kvůli možnosti automatizace příkládání. Pro větší objekty pak navíc štěpka, sláma a také bioplyn s kogenerací. Dále může využít solární energie fototermickými panely, fotovoltaickými panely, nebo využít kompaktního TČ včetně větrací jednotky. Z neobnovitelných zdrojů jsou to pak plynové kondenzační kotle. Případně ještě elektrické kotle, ale jak již bylo zmíněno nejsou vhodné z pohledu primární energie. Použití jen jednoho zdroje nemusí být někdy technicky možné a ekonomické. Proto se vytvářejí kombinace zdrojů respektující danou lokalitu, možnosti a požadavky investora. Kombinace nám umožní využívat výhody jednotlivých systémů a nevýhody tak eliminovat. Vyšší investice se tak odrazí v nižších provozních nákladech a menším vlivu na životní prostředí. [10,13]

2.4.1 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo (dále jen TČ) odnímá teplo okolnímu prostředí a převádí ho na vyšší teplotní hladinu vhodnou pro vytápění nebo ohřev vody. energii můžeme odebírat zemi, vzduchu, vodě. TČ pracuje na podobném principu jako chladicí zařízení. Princip funkce byl popsán lordem Kelvinem a vychází z faktu, že kolem nás je ve vodě, vzduchu, zemi ukryto velké množství energie, avšak o nízké teplotní hladině. Aby bylo toto teplo využitelné je nutné jej převést na vyšší hladinu. TČ se skládá ze čtyř základních částí výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Odebereme teplo okolnímu prostředí a předáme jej pomocí výparníku pracovnímu médiu při nízké relativní teplotě. Chladicí médium se ohřevem odpařuje a páry následně stlačíme kompresorem na vyšší tlak, kdy stoupá i teplota až na 80°C. Stlačené chladivo přechází do kondenzátoru, kde předá svoje teplo do topného média při vyšší teplotě než bylo odebráno ve výparníku. Zvětšeno o práci kompresoru. V expanzním ventilu dochází ke snížení tlaku na původní hodnotu. [8]



Obr. 2.1 - Princip tepelného čerpadla, zdroj: <http://www.veoliawater2energy.com/>

TČ by se dala zařadit mezi částečně obnovitelné zdroje energie. Jejich efektivita roste se snižující se teplotou topného média a tudíž vzrůstá i topný faktor. Topný faktor, někdy se též užívá zkratky COP (coefficient of performance), je bezrozměrná veličina udávající poměr mezi vyprodukovaným teplem a spotřebovaným množstvím elektrické energie pro pohon TČ. Topný faktor nabývá hodnot 2 až 7. Pokud bude udaná hodnota např. 4 znamená to, že vyrobíme 4 krát více tepla než spotřebujeme elektrické energie. TČ nelze použít u nezaizolovaných budov, zde by nízko-teplotní soustava nestačila. TČ jsou v porovnání s ostatními zdroji tepla velmi investičně náročné. V potaz je také nutné vzít životnost zařízení, která se pohybuje v rozmezí 10 až 20 let. U některých aplikací je pak možné, že provozní úspora sotva pokryje rozdíl ve výši investice do zařízení. Výhodou je možnost využití pro chlazení i vytápění. Dále pokud bude TČ pokrývat minimálně 60% tepelných ztrát budovy, pak je možné získat snížený tarif elektrické energie určený pro vytápění TČ. Nízký tarif pak můžeme využít pro chlazení, chod spotřebičů, ale největší úspora bude zejména v nebytových prostorech. [8,17]

TČ země-voda

Společně se zemní kolektorem se vyznačují stabilnější teplotou než je tomu u kombinace vzduch-voda. Stabilní teplota snižuje potřebu dohřívání druhým zdrojem. Poměr délky kolektoru vůči ploše zabrané kolektorem musí být úměrný tepelné ztrátě

budovy. Zde je jistá výhoda PD oproti běžné výstavbě. Cena výkopových prací je velmi malá. Cena TČ se pohybuje kolem sto tisíc korun a zemní kolektor vyjde přibližně na dvacet pět tisíc korun. Zemní kolektor se umísťuje vždy v nezámrazné hloubce.

V případě spojení s vrtem můžeme díky stabilnější teplotě navrhnout TČ úplně bez dohřevu druhým zdrojem. Jeho instalace by měla smysl v případě poruchy a nutnosti záložního zdroje. Délka vrtů a jejich počet je opět úměrný velikosti tepelných ztrát objektu. Výhodou tohoto systému je i možnost pasivního chlazení (regenerace vrtu), tudíž bez chodu čerpadla. [17]

TČ vzduch-voda

U tohoto typu kolísá topný faktor s teplotou vzduchu. Při největších mrazech je nejnižší. Naopak výhodou v létě bude vysoký topný faktor a tak bude možné využít TČ i pro ohřev teplé vody. Velkou výhodou je také finanční náročnost a absence zemních prací. TČ vzduch -voda není vhodné pro vyšší nadmořské výšky-nížka průměrná teplota. Samotná jednotka je zdrojem hluku. Toto TČ se navrhuje obvykle na teplotu vzduchu 7°C a bod bivalence se pohybuje kolem -5 °C. Bod bivalence je místo kde výkon tepelného čerpadla je roven tepelné ztrátě objektu. Pod bodem bivalence je pak nutné nasadit druhý zdroj, který ztrátu pokryje. [17]

2.4.2 Kompaktní jednotka

Tyto jednotky obsahují malé tepelné čerpadlo a slučují funkce vytápění, rekuperaci tepla při větrání a ohřevu TUV tepelnými přebytky. Tepelné čerpadlo v tomto případě odebírá teplo odpadnímu vzduchu při průchodu výparníkem a ohřívá vstupní vzduch při průchodu kondenzátorem. Výhodou je menší prostorová náročnost. V létě může fungovat v obráceném režimu jako chlazení. Roční topný faktor se pohybuje na nízkých hodnotách cca 1,8-2. Při nízkých teplotách nemusí vytápění pouze kompaktní jednotkou stačit a je nutné mít druhý záložní zdroj pro pokrytí této potřeby. Velkou výhodou TČ a kompaktních jednotek je v možnosti získání nižšího tarifu za elektřinu v případě, že kryjeme těmito zdroji alespoň 60 % tepelných ztrát budovy. [13]

2.4.3 Kotle na biomasu

Kotle se všeobecně používají k ohřevu TUV a topné vody. Nejčastěji se jako palivo používají pelety, brikety, kusové dřevo, štěpka, slaměné balíky a odpad z dřevozpracujícího průmyslu. Pelety jsou nejlepším palivem z hlediska komfortu, ale také nejdražším. Ve všech případech vyjma kusového dřeva může být doprava paliva automatizována. Mezi výhody patří, že dřevo je obnovitelný zdroj, z hlediska CO₂ neutrální a přináší menší závislost na dodavatelích paliv. Na druhou stranu kotle při nižší účinnosti jsou zdroje emisí prachu a těkavých organických látek, s rostoucí poptávkou se může měnit cena paliva, přívod vzduchu a odvod spalin snižuje vzduchotěsnost obálky, výkon kotle je bez akumulární nádrže obtížně regulovatelný (vyjma pelet) a na trhu není příliš mnoho kotlů s tak malým výkonem pro využití v PD. Samotný provoz bez akumulární nádrže by byl problematický zejména kvůli dimenzování kotlů pro vysokoteplotní otopné soustavy. [13]

2.4.4 Krby a krbová kamna

Vlastnosti mají podobné kotlům na biomasu. Palivem opět mohou být pelety nebo kusové dřevo. Problémem těchto zdrojů je většinou velký vyzařovaný výkon do prostoru. Protože i při velmi nízkých venkovních teplotách jsou tepelné ztráty místnosti, kde je umístěn zdroj velmi malé (řádově stovky wattů), je třeba volit krbová kamna s co nejmenším výkonem do vzduchu a největším do vody. Dalším možným řešením je masivní obezdívka z vápenopískových cihel s vysokou akumulární schopností a nebo tento zdroj vynechat a použít menší krb na bio líh. [13]

2.4.5 Krby na bio líh

U krbů na biolíh nelze hovořit o obnovitelném zdroji. Výroba bio lihu je totiž velmi energeticky náročná. I přesto je vhodným doplňkovým zdrojem tepla a navíc není nutné mít komín pro odvod spalin, což snižuje finanční náročnost při stavbě. Velkou výhodou je možnost volby optimálního výkonu již od nízkých hodnot, které jsou pro PD optimální. Naopak nevýhodou je mírná tvorba těkavých organických látek. Někteří uživatelé zaznamenali jistý pach v průběhu používání. Další nevýhodou je nutnost vychladnutí krbu před dolitím nového paliva. [13]

2.4.6 Kondenzační kotle na zemní plyn

Palivem pro tento zdroj je neobnovitelný zdroj, který je do ČR dovážen z Ruska a Norska. Výhledově by se situace mohla změnit a mohlo by být možné spalovat lokálně produkovaný bioplyn. Kondenzační kotle mají vysokou účinnost a jsou vhodné v kombinaci s nízkoteplotní soustavou právě pro PD. Přívod a odvod vzduchu je stejný jako u kotlů na biomasu. Výhodou je široká regulace výkonu od 10% do 100% a možnost pořízení kotlů s regulací již od 0,9kW. Mezi nevýhody patří např. produkce oxidu dusíku. Ve výsledku jsou produkované emise nižší než u kotlů na uhlí a ostatních pevných paliv. Cena za palivo je vyšší. [13]

2.4.7 Elektrické zdroje

Nasazení tohoto zdroje je uživatelsky nejkomfortnější. V místě aplikace neprodukuje emise. Nemusíme striktně mít elektrický kotel, ale je možné umístit ohřívač vzduchu, topnou rohož a nebo sálavé panely rovnou v dané místnosti. Mají velmi rychlou reakci po sepnutí. Dají se regulovat od 0% do 100% a to skokově. Velikou výhodou je možnost zvolit si zdroj vytápění přesně pro danou místnost a její tepelné ztráty. Dalším elektrickým zdrojem je také topná patrona v akumulční nádrži. Nevýhoda elektrické energie je v tom, že její výroba probíhá s účinností přibližně 33% a v místě výroby jsou s ní svázány poměrně vysoké emise. Ne vždy je možné pomocí elektrického vytápění splnit kritérium primární energie. Pak by dům nemusel dostat certifikaci daného standartu. Další věcí je 100% závislost na dodávkách elektrické energie a případný přechod na jinou formu vytápění by byl velmi nákladný. Z hlediska investičních nároků se však bude nejspíše jednat o nejlevnější variantu. S výhledem do budoucna by mohl pokrok v oblasti akumulátorů a skladování energie z fotovoltaických panelů pomoci k odproštění se od externích dodávek energií. Čímž by jsme získali jistou míru soběstačnosti. Kleslo by tím množství potřebné primární energie a zároveň i vliv na životní prostředí. [17]

2.4.8 Solární termické kolektory

Kolektory zachytávají sluneční záření a následně ohřívají vody v oběhu. Podle konstrukce je můžeme rozdělit na:

- ploché solární kolektory
- trubicové vakuové kolektory

Chod systému zajistí malé čerpadlo s minimálním odběrem. Solární kolektory se dimenzují na 60-70 % potřeby TÚV. Nejvhodnější použití solárních kolektorů je u rekreačních objektů. Na zajištění dostatečného množství teplé vody nám v létě stačí menší plocha kolektorů. Solární kolektory se používají pro provoz rekreačních středisek, chat a například ohřev vody v bazénech. Přesto se kolektory používají i u celoročních aplikací, kde se dimenzují buďto pro ohřev nebo přehřívání TÚV. V případě přitápění je nutné posoudit každý projekt zvlášť. Pokud máme společnou nádrž pro topnou vody i TÚV, poté je třeba umístit odběry ve správné výšce (teplotní rozvrstvení) . U PD je přínos pro vytápění minimální, protože využívají především solární zisky z oken. Pokud máme zastíněnou fasádu od okolní zástavby a není solární zisk okny ideální, pak mají kolektory pro přitápění smysl. Úhel sklonu panelů je poté lepší volit větší než obvyklých 45°. Díky tomu zvýšíme solární zisky v zimě a omezíme přehřívání. [8,17]

Trombeho stěna

Trombeho stěna funguje na principu teplovzdušného kolektoru s akumulací hmotou. Akumulace je přímá a nedochází zde k mezipřestupu tepla. Dochází k cirkulaci teplého vzduchu z prostoru mezi zasklením a akumulací hmotou dovnitř domu a zpět. Trombeho stěna je samostatně stojící tepelně odizolována od obálky domu. Tvoří ji zasklení, vzduchová mezera, akumulací hmotou, přívod a odvod vzduchu. Využití opět nalezne u zastíněných staveb okolím. Toto řešení je vcelku jednoduché a finančně nenáročné. Trombeho stěna může sloužit k přehřevu vzduchu nebo přímo k ohřevu vnitřního vzduchu.

2.5 Doplnkové technologie

2.5.1 Větrací jednotka s rekuperací

Bez systému nuceného větrání se dnešní PD neobejdou. Při větrání okny přicházíme totiž o velké množství tepelné energie obsažené v odcházejícím vzduchu. Větrací jednotka nám poskytuje prostřednictvím ventilátorů dostatečné množství čerstvého vzduchu. Zároveň nám rekuperace ve výměníku zpětně získává teplo a předává jej přívodnímu vzduchu. Účinnost rekuperace větráním bývá nad 70 %. Přívodní vzduch je navíc filtrován elektrostatickými nebo tkaninovými filtry a zachycují prachové částičky, pyl apod. Jednotku můžeme také vybavit čidly oděru, CO₂, vlhkosti a tím zlepšovat vnitřní mikroklima. [8,18]

2.5.2 Zemní registr

Využíváme stabilní teploty v zemi v hloubce cca 2 metrů po celý rok. Když použijeme zemní registr tak v létě se dané medium ochlazuje a v zimě ohřívá. Registry dělíme právě podle použitého média na:

- vzduchové
- solankové

Vzduchový zemní výměník slouží v zimním období pro předehřívání přívodního vzduchu. Skládá se z potrubí o průměru cca 20 cm v délce až 30 metrů z kanalizační trubek a je možná i antibakteriální úprava. Na vstupu se umísťuje vzduchový filtr. Doporučenou zeminou je jíl, kvůli dobré tepelné vodivosti. Důležité je zajistit dobrý přístup pro čištění a záchyt kondenzátu. [8]

Solankový zemní výměník využívá vodovodní hadice o průměru až 4 cm a délce až 150 m vkládaná ve smyčkách. Uvnitř proudí nemrznoucí směs a ta potom prochází výměníkem na vstupu přívodního vzduchu rekuperační větrací jednotky nebo kompaktní jednotky. [8]

2.5.3 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely přeměňují energii slunečního záření na elektrickou energii. Nejčastější umístění panelů je na střechy domů nebo fasády. Systém fotovoltaické elektrárny se skládá ze samotných panelů, měniče napětí, jističe, nosných prvků, cejchovaného elektroměru, kabelů, konektorů a ochran proti přepětí. Podle technologie výroby rozlišuje panely polykrystalické a monokrystalické. Monokrystalické panely mají vyšší účinnost. Polykrystalické jsou vhodnější pro umístění při horším úhlu vzhledem k slunci, protože lépe využívají difuzní záření. Celý systém může být provozován buď to jako připojený k elektrické síti tkz. grid on, nebo v ostrovním režimu tkz. grid off. První systém dodává v případě malého lokálního odběru přebytky do sítě. Druhý systém se využívá většinou na místech, která nejsou vybavena inženýrskými sítěmi. Využití nalezne především v instalacích kde není velká spotřeba energie a případné přebytky se ukládají do menšího akumulátoru. [8,17,19]

2.5.4 Mikrokogenerační jednotky

Kogenerace je současná výroba elektrické energie a tepla. V případě, že odebereme oba druhy energie, tak se dostaneme na účinnost až 90%. Jako palivo pro pohon kogenerační jednotky může sloužit bioplyn, zemní plyn, propan, líh, biolih, lehké topné oleje, pelety, dřevo a štěpka. Biomasa ve formě dřeva a štěpky se používá především v průmyslových provozech. Bioplyn najde využití zase u systémů s vyššími výkony. Mikrokogenerační jednotky pro rodinné domy jsou zatím drahé a vyžadují častý servis. Tudíž musíme mít zálohu stejného výkonu pro dobu provádění servisu. Jednotka také musí běžet co možná nejvíce hodin, aby se zaplatili vysoké investiční náklady. [17]

2.5.5 Termoelektrické články

Zatím nejsou příliš k vidění na trhu, ale určitě budou velmi zajímavou variantou pro výrobu elektrické energie z tepla produkovaného kotlem. Tato energie by mohla být využita pro pohon čerpadel a řídicí elektroniky. Tím by se stali tyto zdroje naprosto samostatnými.

3 Energie pro vytápění

Energie pro vytápění je dána, měrnou potřebou tepelné energie. Výpočetní metoda programu z PHPP vychází z normy DIN EN ISO 13790. Pro výpočet tepelné bilance se využívá rozdíl tepelných ztrát a zisků. Mezi tepelné ztráty počítáme ztráty prostupem a větráním. Naopak tepelné zisky jsou tvořeny slunečním zářením a interními zdroji tepla. Rozdílem tepelných ztrát a zisků dostáváme potřebu tepla pro vytápění. Veškeré rovnice v této kapitole pocházejí z metodiky PHPP. [8,18,19]

Hodnocený objekt

Tab. 3.1 Parametry zadaného domu, zdroj: [18,11]

Vytápěná podlahová plocha:	146,1m ²	Obestavěný prostor:	670 m ³
Vnitřní teplota:	20°C	Počet osob :	4
Vnitřní zdroje tepla:	2,1 W/m ²	Lokalita :	Malý Lapáš
Měrná potřeba tepla:	12 kWh/(m2a)		
Zkouška neprůvzdušnosti:	0,6 h ⁻¹		
Měrná potřeba primární energie:	60 kWh/(m2a)		
Topná zátěž:	13 W/m ²		

Tepelná obálka hodnoceného dvoupatrového objektu má plochu 471,16 m² a většina oken je orientována na jih a na východ. Naprosté minimum oken je orientováno na sever a západ. Nejnižší teplota zeminy byla v zimě 10,5 °C. Objekt není zapuštěn do okolní zeminy. [11,19]

3.1 Tepelné ztráty

Velikost tepelných ztrát rozhoduje o tom kolik tepla jsme schopni udržet uvnitř budovy. Závisí na tloušťce stěny, její ploše a materiálu, neboli součiniteli teplotní vodivosti. Při jejich výpočtu se uvažují nejhorsí podmínky. V našich podmínkách se pohybuje v návrhových venkovních teplotách -7°C až -18°C. Podle dané tepelné

ztráty se posléze provádí návrh tepelné soustavy. Celkové tepelné ztráty Q_L jsou tvořeny tepelnými ztrátami prostupem a větráním. [11,19]

$$Q_L = Q_T + Q_V [kWh/a] \quad (3.1)$$

3.1.1 Tepelné ztráty prostupem

Roční tepelná ztráta obálkou se vypočte pro jakoukoliv konstrukci ze vztahu:

$$Q_T = AU \cdot b_j \cdot D_t \quad (3.2)$$

A plocha stavební konstrukce

U součinitel stavební konstrukce

b_j redukční faktor pro snížené rozdíly teploty

D_t časový integrál rozdílu teplot

Tab. 3.II Výpočet tepelných ztrát domu, zdroj: [18,19]

Stavební konstrukce	Teplotní zóna	A [m ²]	U [W/(m ² K)]	b_j	D_t [kKh/a]	Q_{Ti} [kWh/a]	
Vnější stěna - venku	A	204,0	* 0,096	* 1,00	* 79,9	=	1561
Vnější stěna - zemina	B		*	* 0,47	*	=	
Střecha/strop - venku	A	105,6	* 0,096	* 1,00	* 79,9	=	813
Podlahová deska	B	101,5	* 0,136	* 0,47	* 79,9	=	522
Konstrukce k zádveři	X	18,1	* 0,236	* 1,00	* 79,9	=	341
Okna	A	41,9	* 0,744	* 1,00	* 79,9	=	2491
Vnější dveře	A		*	* 1,00	*	=	
vnější tep. mosty	A	73,6	* -0,065	* 1,00	* 79,9	=	-384
obvodové tep. mosty	P	40,5	* 0,011	* 0,47	* 79,9	=	17
tep. mosty - podlaha	B	22,9	* 0,187	* 0,47	* 79,9	=	162
Celkem Q_T							5523

Teplotní zóny - rozlišuje zóny A (kontakt s venkovním vzduchem), B (kontakt se zemínou nebo nevytápěným prostorem), P (tepelný most v perimetru) a X (zvláštní plocha např. schodiště).

Činitel teplotní redukce b_j - zohledňuje tepelné toky v konstrukcích s odlišnými rozdíly teplot

Plochy stavebních konstrukcí A - vnější tepelně izolační rozměry obálky budovy.

U oken se použijí rozměry při hrubé stavbě.

Součinitel prostupu tepla U - hodnota je dána jednotlivými konstrukčními prvky.

Časový integrál rozdílu teplot D_t - neboli tkz. denostupně (zadána standartní vnitřní teplota, topná mez). [11]

3.1.1.1 Ztráty oken prostupem tepla

Podle dostupných výsledků měření není možné v našich klimatických podmínkách otopná tělesa pod okny přesunout do jiných míst, pokud nebude splněn parametr oken $U < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Pokud bude tato hodnota vyšší a otopná tělesa umístěna mimo prostor pod okny, pak dojde k zratelnému snížení komfortu. Okna se splněným tímto parametrem při jižní orientaci propouští i během zimy více sluneční energie, než jsou jejich tepelné ztráty. [11,19]

3.1.1.2 Tepelné mosty

V programu PHPP jsou zahrnuty ve ztrátách prostupem a jsou počítány zjednodušenou metodou a většinou bývají nadhodnoceny. Tepelné mosty v konstrukcích je nutno buď to snížit a nebo ideálně úplně eliminovat. Pokud jsou jednotlivé konstrukční prvky (např. okenní překlád, železobetonová podpěra) ve vnější stěně překryty průběžnou vnější izolací, pak je možné je zanedbat. U certifikovaných materiálů PHI (odpovídající standartu pro pasivní domy) je $\Psi < 0,01 \text{ W}/(\text{m.K})$. [11,19]

Výpočet dodatečných tepelných ztrát vlivem tepelných mostů:

$$Q_T = \lambda \cdot \psi \cdot b_j \cdot D_t \quad (3.3)$$

Ψ součinitel ztrát tepelnými mosty

λ délka tepelných mostů

3.1.2 Tepelné ztráty větráním

Výpočet tepelné ztráty větráním se provádí pomocí vztahu:

$$Q_V = V_L \cdot n_L \cdot c \cdot D_t = 365 \cdot 0,113 \cdot 0,33 \cdot 79,9 = 1090 \text{ kWh/a} \quad (3.4)$$

n_L energeticky účinná intenzita výměny vzduchu

V_L účinný objem vzduchu

c měrná tepelná kapacita vzduchu (0,33 Wh/(m³.K))

Objem vzduchu V_L je užitečná podlahová plocha krát výška místnosti. Pro rekuperaci se počítá energetická intenzita výměny vzduchu podle:

$$n_L = (1 - \phi_{REK}) \cdot n_{L,\text{systém}} + n_{\text{infiltrace}} \quad (3.5)$$

$n_{L,\text{systém}}$ energeticky účinná intenzita výměny vzduchu dosažená větracím systémem (obvykle 0,4 h⁻¹, v našem případě $n_{L,\text{systém}}=0,5$ h⁻¹)

$n_{L,\text{infiltrace}}$ intenzita výměny vzduchu zbytkovými netěsnostmi (obvykle 0,042 h⁻¹, v našem případě $n_{L,\text{infiltrace}}=0,161$ h⁻¹ (0,065))

ϕ_{REK} účinnost rekuperačního výměníku (námi zvolený systém větrací systém Atmos 175 DC 83,8% účinnost)

$$\phi_{REK}' = 1 - (1 - \eta_{eff}) \cdot (1 - \eta_{ZVT}) \quad (3.6)$$

η_{eff} účinnost výměníku tepla (nejméně 75 % pro protiproudý a 50 % pro křížový výměník)

η_{ZVT} účinnost zemního výměníku

$$\text{Celkové tepelné ztráty } Q_L = Q_T + Q_V = 5523 + 1090 = 6613 \text{ kWh/a} \quad (3.7)$$

3.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky jsou tvořeny slunečním zářením a vnitřními zdroji tepla. Mezi vnitřní zdroje patří odpadní teplo produkované osobami a zařízeními. [11,19]

$$Q_F = Q_S + Q_I = 5894 \text{ kWh/a} \quad (3.8)$$

3.2.1 Vnitřní zdroje

Mezi vnitřní zdroje značené Q_I patří teplo uvolňované provozem zařízení a odpadní teplo produkované každou osobou. Pro jejich hodnocení se používá odhadu podle způsobu užívání. U pasivních rodinných domů používáme hodnotu $2,1 \text{ W/m}^2$ podlahové plochy. V programu PHPP je možné zadat i vlastní hodnoty, pokud jsme již schopni tyto vnitřní zdroje tepla určit. [11,19]

$$Q_I = A_{\text{TFA}} \cdot q_I \cdot x_{\text{TS}} \cdot 2,1 \cdot k = 146,1 \cdot 2,1 \cdot 205,0 \cdot 0,24 = 1505 \text{ kWh/a} \quad (3.9)$$

q_I měrný výkon na plochu

x_{TS} délka topné sezony

k doba vytápění v kh/D

3.2.2 Sluneční záření

Tab. 3.III Sluneční zisky jednotlivými okny, zdroj: [18,19]

Orientace oken	F	g	A_0 [m ²]	G [kWh/ m ² a]	Q_{Li} [kWh/a]				
Sever	0,28	*	0,60	*	2,25	*	103	=	39
Východ	0,43	*	0,60	*	13,90	*	214	=	773
Jih	0,55	*	0,60	*	23,28	*	443	=	3425
Západ	0,39	*	0,60	*	2,50	*	263	=	152
Celkem Q_S									4389

Výpočet pro slunečních zisk je podle vztahu:

$$Q_S = F \cdot g \cdot A_O \cdot G = 4389 \text{ kWh/a} \quad (3.10)$$

F činitel redukce (vliv podílu rámu na okně max. 30%, zastínění, úhel prostupu záření)

g celková propustnost slunečního záření

A_O plocha oken

G globální sluneční záření v období vytápění, závislé na klimatické oblasti

3.3 Teplo pro vytápění - měrná spotřeba

3.3.1 Stupeň využití

Stupeň využití tepelných zisků je podíl tepelných zisků využitelných pro vytápění. Například velké solární zisky nejsou plně využívány a to především v letních měsících. [19]

$$\eta_G = \frac{(1 - Q_F / Q_V)^5}{(1 - Q_F / Q_V)^6} \quad (3.11)$$

3.3.2 Využitelné tepelné zisky

Využitelnost tepelných zisků je popsána součinem činitele využití a celkovými tepelnými zisky. [19]

$$Q_G = \eta_G \cdot Q_F = (Q_S + Q_I) \eta_G = (4389 + 1505) \cdot 0,8773 = 5171 \text{ kWh/a} \quad (3.12)$$

3.3.3 Spotřeba tepla na vytápění

Spotřeba tepla pro vytápění je dána rozdílem tepelné ztráty větráním a tepelně využitelných zisků. [19]

$$Q_H = Q_L - Q_G = 6613 - 5171 = 1442 \text{ kWh/a} \quad (3.13)$$

Teplo pro vytápění značené q_H je podílem spotřeby tepla na vytápění a podlahové plochy. Mezní hodnotou tohoto parametru je $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{K})$. Podle výpočtu ji náš dům splňuje. [19]

$$q_H = \frac{Q_H}{A_{TFA}} = \frac{Q_L - Q_G}{A_{TFA}} = \frac{6613 - 5171}{146,1} = 10 \text{ kWh/a} \quad (3.14)$$

Q_H spotřeba tepla na vytápění

A_{TFA} vytápěná plocha

Pokud je u budovy poměr zisky ku ztrátám vyšší než 0,7 měly by jsme spočítat potřebu tepla na vytápění pomocí měsíční metody dle EN 13790. Program PHPP dovoluje zadat i vlastní klimatická data pomocí měsíční energetické bilance. Pro danou zeměpisnou délku, šířku, nadmořskou výšku byly pro lokalitu Malý Lapáš zadány hodnoty vnější teploty, teploty oblohy, zeminy, rosný bod pro každý měsíc. Je zde zohledněna akumulární kapacita, zastínění a orientace. Podle zadaných klimatických dat vyšla pomocí programu PHPP měrná spotřeba **12 kWh/m²a** a již víme, že splňujeme požadavek na standart PD. V tomto domě je navržené větrání s výměníkem tepla ATMOS 175DC-Paul. Bez tohoto systému by dům, tak jak je navržený nebyl schopen dosáhnout standartu PD, ale pohybovali by jsme se na úrovni $24 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$. To odpovídá nízkoenergetickým domům. [19]

3.4 Topná zátěž

Topná zátěž zohledňuje tepelné ztráty i zisky a slouží pro určení maximální zátěže na vytápění pro dimenzování zdroje tepla. Jinými slovy je to množství tepla za jednotku času, které musíme dodat, abychom udrželi za normou daných podmínek požadovanou vnitřní teplotu. [19]

3.4.1 Topná zátěž větráním

$$\begin{aligned} P_{V1} &= V_L \cdot n_{L1} \cdot c \cdot \Delta\theta_1 = 365,1 \cdot 0,21 \cdot 0,33 \cdot 29,1 = 737W \\ P_{V2} &= V_L \cdot n_{L2} \cdot c \cdot \Delta\theta_2 = 365,1 \cdot 0,21 \cdot 0,33 \cdot 25,1 = 636W \end{aligned} \quad (3.15)$$

$\Delta\theta_i$ teplotní rozdíl pro dané počasí

3.4.2 Topná zátěž prostupem

Návrhové teploty venkovního vzduchu pro určení rozdílu venkovní a vnitřní teploty Θ budou $-9,1\text{ °C}$ a $-5,1\text{ °C}$. Teplota vnitřních prostor je navržena na 20 °C a průměrná teplota zeminy $10,5\text{ °C}$. [11,19]

Tab. 3.IV Výpočet topné zátěže prostupem, zdroj: [18,19]

stavební konstrukce	Teplotní zóna	A(m ²)	U (W/(m ² K))	F _i	Θ_1 (K)	Θ_2 (K)		Θ_1 (W)	Θ_2 (W)
Vnější stěna - vnější vzduch	A	204,0	* 0,096	* 1	* 29,1	25,1	=	569	491
Střecha/strop - vnější vzduch	A	105,6	* 0,096	* 1	* 29,1	25,1	=	296	256
Podlahová deska	B	101,5	* 0,136	* 1	* 9,5	9,5	=	131	131
Konstrukce k zádveří	X	18,1	* 0,236	* 1	* 29,1	25,1	=	124	107
Okna	A	41,9	* 0,744	* 1	* 29,1	25,1	=	908	783
vnější tep. mosty (délka/m)	A	73,6	* -0,065	* 1	* 29,1	25,1	=	-140	-121
obvodové tep. mosty	P	40,5	* 0,011	* 1	* 9,5	9,5	=	4	4
tep. mosty - podlaha	B	22,9	* 0,187	* 1	* 9,5	9,5	=	41	41
Celkem (P _{T1} ; P _{T2})								1933	1691

3.4.3 Celková topná zátěž

Tvoří jí součet topné zátěže prostupem a celkové zátěže větráním. Opět výpočet pouze pro horší variantu. [19]

$$P_L = P_T + P_V = 1933 + 737 = 2670W \quad (3.16)$$

3.4.4 Vnitřní tepelné zisky

Pro vnitřní zdroje tepla se zde nepoužívá průměrná hodnota, ale paušálně se zde používá $1,6\text{ W/m}^2$, aby bylo možné dům vytopit i v situaci kdy nejsou v domě přítomny všechny osoby, ale například jen jedna. [19]

$$P_I = Q_I \cdot A_{VF} = 1,6 \cdot 146 = 234W \quad (3.17)$$

3.4.5 Solární tepelné zisky

Solární zisky jsou dány orientací skleněných ploch a jejich velikostí. Je zde zohledněn úhel dopadajících paprsků a zastínění. Solární tepelné zisky jsou při nižší venkovní teplotě přibližně dvakrát vyšší. Topná zátěž, je ale při nižší teplotě vyšší. [19]

$$P_S = 508W \quad (3.18)$$

Tab. 3.V Topná zátěž - solární zisky, zdroj: [18,19]

Orientace prosklení	Plocha prosklení (m ²)	činitel redukce	záření1 (W/m ²)	záření2 (W/m ²)		P _{S1} (W)	P _{S2} (W)
Sever	2,3	* 0,3	* 10	9	=	4	3
Východ	13,9	* 0,4	* 18	12	=	67	45
Jih	23,3	* 0,6	* 55	25	=	423	193
Západ	2,5	* 0,4	* 24	14	=	14	8
Celkem						508	249

3.4.6 Maximální topná zátěž

Maximální topná zátěž je celková topná zátěž zmenšená o příspěvek využitelných solárních zisků a vnitřních zisků. Uvedl jsem zde výpočet jen té náročnější varianty. [19]

$$P_H = P_G - (P_S + P_I) = 2670 - (507 + 234) = 1929W \quad (3.19)$$

3.4.7 Měrná topná zátěž

$$\frac{P_H}{A_{TFA}} = \frac{1929}{146,1} = 13,2W / m^2 \quad (3.20)$$

Tepelný výkon, který by jsme mohli dodat přívodním vzduchem vypočteme podle následujícího vztahu. Tím si i ověříme jestli lze topnou zátěž schopen pokrýt. Pokud bude P_H menší nebo rovné P_{Ae} pak je možné upustit od konvenčního vytápění. Což v našem případě při teplotě přívodního vzduchu 30°C není možné. Vzduch bude nutné přehřívát. [19]

$$P_{Ae} = \Delta\theta \cdot c \cdot V_{L,sys} = 0,7 \cdot 0,33 \cdot 0,3 \cdot 365 = 532W \quad (3.21)$$

4 Ohřev teplé vody a spotřeba elektrické energie

Běžná denní spotřeba vody na osobu je udávána na 25 l při teplotě vody 55°C. Teplota je stanovena na tuto hodnotu, kvůli zamezení tvorbě bakterie legioneli. Pokud je v oběhu připojena myčka nádobí nebo pračka, tak je nutné tyto spotřeby zahrnout. Nejvíce se používá společný ohřev topné a teplé užitkové vody. Zdrojem ohřevu můžou být solární panely, TČ, kamna nebo kotel. Veškeré rovnice v této kapitole pocházejí z metodiky PHPP. [8,19]

$$Q_{DHW} = V_{DHW} \cdot (60 - v_{DHW}) \cdot \frac{c}{3600} \cdot 0,365 \cdot x + k = 25 \cdot (55 - 10) \cdot 1,163 \cdot 0,365 \cdot 4 + 0 = 2117 \text{ kWh/a} \quad (4.22)$$

$$14,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

V_{DHW} denní spotřeba na osobu při 55°C

v_{DHW} průměrná teplota studené vody

k spotřeba pro ostatní spotřebiče

x počet osob

c tepelná kapacita vody

4.1 Ztráty v rozvodu teplé vody

Zásobník jsem zvolil s objemem 160 l. Měrné tepelné ztráty pro zvolený zásobník s dobrou 10cm izolací činí 43W podle metodiky PHPP. Délka vedení teplé vody je 10m a vnější průměr potrubí 24cm. [19]

4.1.1 Roční tepelná ztráta v rozvodu

Roční ztráta je složena ze ztrát v jednotlivých větvích Q_U a ztrát v zásobníku Q_S .

(4.23)

$$Q_U = L_U \cdot q_U \cdot (1 - \eta_{GU}) = 10.756,4 \cdot (1 - 0,297) = 532 \text{ kWh/a}$$

$$Q_S = P_S \cdot 8760 \text{ kh} \cdot (1 - \eta_{GS}) = 154.8760 \text{ kh} \cdot (1 - 0,297) = 333 \text{ kWh/a} \quad (4.24)$$

L_U	celková délka větví vedení
q_U	roční tepelná ztráta
η_{GU}	stupeň využití
P_S	průměrný výdej tepla ze zásobníku

Tepelné ztráty celkem

$$Q_{S\dot{U}} = Q_S + Q_U = 333 + 532 = 864 \text{ kWh/a} \quad (4.26)$$

4.1.2 Celková potřeba tepla pro teplou vodu

$$Q_{STP} = Q_S + Q_U + Q_{DHW} = 265 + 532 + 2117 = 2914 \text{ kWh/a} \quad (4.25)$$

4.2 Potřeba energie na osvětlení a provoz spotřebičů

Požadovaná hodnota spotřeby primární energie je $q_p < 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Podle doby používání a jmenovité spotřeby lze dopočítat výslednou spotřebu. Doporučená měrná hodnota potřebné elektrické energie je $18 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ hodnota potřebné primární energie je $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Roční spotřeba elektrické energie pro každý spotřebič se dopočte, pokud je funkce zajišťována pouze elektricky, pomocí následujícího vztahu.

$$E_{EL} = V_{norm} \cdot f_{u\dot{z}} \cdot h \cdot G \cdot f_{el} \quad (4.27)$$

V_{norm}	jmenovitá normovaná spotřeba daného spotřebiče
$f_{u\dot{z}}$	korekční faktor spotřeby, využití většinou 1
h	četnost využití za vztažnou veličinu a rok (např. počet využití za rok, kolik dnů v roce funguje zařízení kontinuálně apod.)
G	vztažná veličina pro hodnotu h (např. osoby, plocha, objem)
f_{el}	podíl elektřiny na zajištění funkce

Tab. 4.1 Výpočet - energie pro provoz elektrospotřebičů, zdroj: [18,19]

spotřebič	$f_{už}$	h	* G	* V_{norm}	potřeba elektřiny (kWh/a)
myčka nádobí	1	* 65 (P.a)	* 4 (osoby)	* 1,2 (kWh/cyklus)	312
pračka	1	* 57 (P.a)	* 4 (osoby)	* 1,1 (kWh/cyklus)	251
sporák	0,6	* 365 (d/a)	* 4 (osoby)	* 0,25 (kWh/cyklus)	500
chladnička	1	* 365 (d/a)	* 1	* 0,67 (kWh/d)	245
elektronika	1	* 0,55 kh/(P.a)	* 4 (osoby)	* 80 (W)	176
malé spotřebiče	1	* 1 (P.a)	* 4 (osoby)	* 50 (W)	176
světelné zdroje	1	* 2,9 kh/(P.a)	* 4 (osoby)	* 16 (W)	184
větrání zima	0,3 (h ⁻¹)	* 4,9 kh/a	* 365,125 m ³	* 0,3(Wh/m ³)	161
větrání léto	0,3 (h ⁻¹)	* 3,9 kh/a	* 365,125 m ³	* 0,3 (Wh/m ³)	127
výhřev výměníku	1	* 0,2 kh/a	* 1	* 354 (W)	58
Celková potřeba elektrické energie					2213
Měrná potřeba elektrické energie					15,1

Faktor energetické přeměny je pro elektřinu stanoven na hodnotu 2,7. Tento faktor respektuje ztráty při přeměně energie obsažené v palivu (hnědé uhlí) na elektrickou energii. **Celková potřeba primární energie poté vychází 5975 kWh/a** a měrná potřeba primární energie 41kWh/(a.m²). Tímto jsme splnili doporučený požadavek na potřebu primární energie pro spotřebiče.

5 Návrh vytápění

Z předchozích kapitol jsme zjistili, že v případě zajištění vytápění, přípravy teplé vody a provozu všech elektrospotřebičů jen pomocí elektrického proudu dodržíme doporučené požadavky jen na primární energie elektrospotřebičů a osvětlení. Bohužel v součtu primárních energií, včetně energií za vytápění a přípravu teplé vody, již překračujeme hranici a dům by nedostal certifikaci. Tato plně elektrická varianta by se skládala z elektrického kotle, malé topné soustavy s čerpadlem a 160l bojleru pro ohřev TUV. Požadavek na výkon hlavního zdroje vyjádřen topnou zátěží je velmi malý, a proto se ve všech navržených variantách uplatní akumulace energie. Výpočty jednotlivých variant byly provedeny v programu PHPP a další potřebné parametry pro dané zdroje jsou obsaženy v přílohách. Potřeby energie obsažené v palivu vypočtené pomocí programu PHPP zahrnují již veškeré ztráty, včetně účinnosti kotle. [11,18]

Tab. 5.1 Potřeby energií, zdroj: [18,19]

	Celková energie [kWh/(m ² .a)]	Primární energie [kWh/(m ² .a)]
Potřeba tepla na vytápění včetně rozvodů	12,9	34,8
Příprava teplé vody	20,4	55,1
Elektrospotřebiče včetně osvětlení	15,1	40,8
Celková potřeba elektřiny	48,4	130,7

5.1 Akumulační nádrž

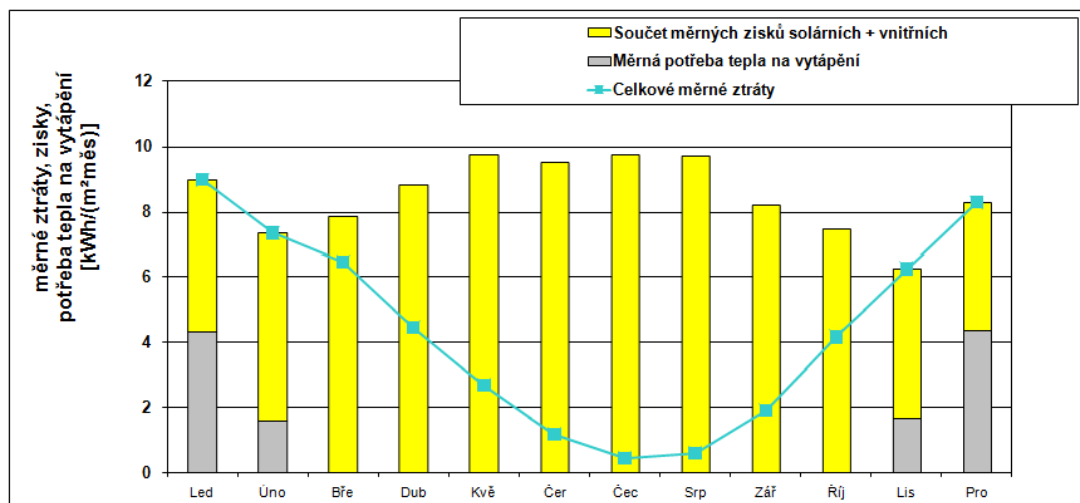
Akumulační nádoby slouží pro uskladnění přebytečné tepelné energie. Zvolil jsem akumulační nádrž Fenix MT1 o objemu 1000 l s jedním výměníkem, včetně spirály pro ohřev TUV. Tento druh nádoby umožňuje současně připojení více tepelných zdrojů. V našem případě solárních panelů a hlavního zdroje. Při ohřátí 1000 l vody z 10 °C na teplotu 55 °C vložíme do vody přibližně 51,7 kWh tepelné energie, kterou může později využít bez toho, abychom museli ihned znovu zatápat. Nejvyšší průměrná potřeba tepelné energie na den je podle klimatických dat v měsíci prosinci a to 21 kWh/den. Odhadem by nám měla naakumulovaná energie vydržet nejméně na dva a půl dne vytápění. [14,17]

$$\begin{aligned}
 Q_{AKU} &= \rho_{10/90} \cdot c_p \cdot V_{H2O} \cdot (t_{MAX} - t_{min}) \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \\
 Q_{AKU} &= 988.4186.1000.45.3,6^{-1} \cdot 10^{-6} = 51,7 \quad \text{kWh} \quad (5.28)
 \end{aligned}$$



Obr. 5.1 - Akumulační nádrž Fenix MT1, zdroj:

Topná sezóna v pasivním domě trvá pouze 120 dní a to rozmezí listopad až únor. Při určení doby trvání topné sezóny jsem vycházel z následujícího grafu. V grafu jsou vidět celkové měrné ztráty a podíl měrných zisků na krytí těchto ztrát. Jejich rozdílem je měrná potřeba tepla na vytápění. [17,19]



Obr. 5.2 - Graf celkových měrných ztrát, zisků a měrné potřeby tepla na vytápění zdroj: [19]

Z výstupních dat PHPP měrné potřeby tepla na vytápění v jednotlivých měsících jsem určil průměrnou hodnotu tepelné energie, kterou je potřeba dodat každý den,

abychom udrželi vnitřních 20 °C viz. Tab.5.II . Podle toho jsem odhadl jak dlouho vydrží teplo v nádrži pro vytápění.

Tab. 5.II Potřeba tepla na vytápění - topná sezóna, zdroj: vlastní

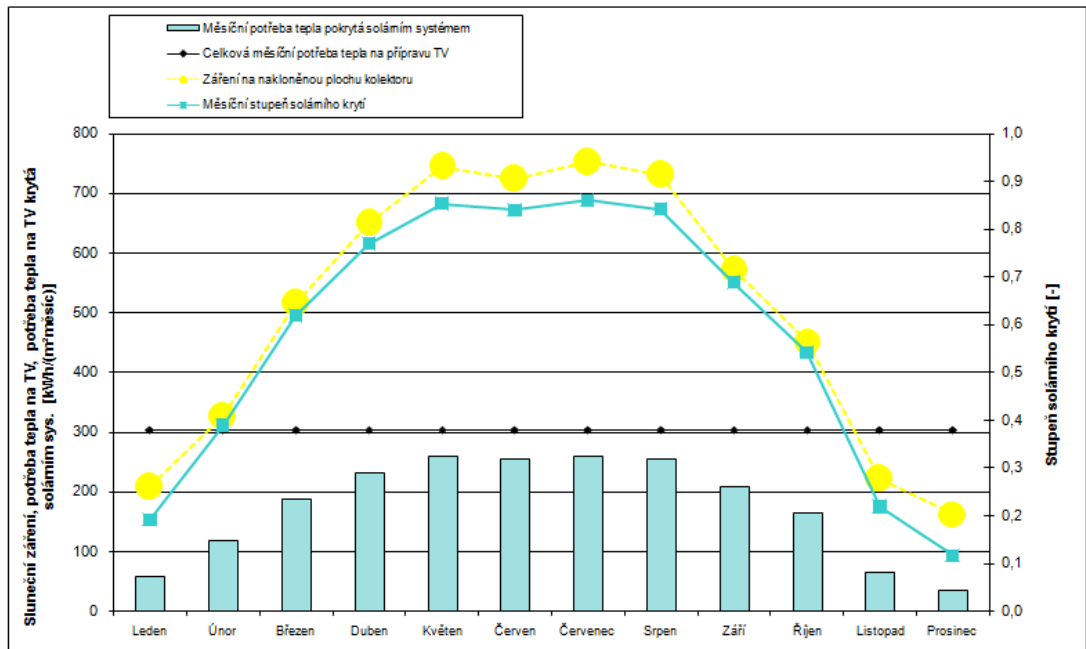
měsíc	listopad	prosinec	leden	únor
potřeba tepla na vytápění (kWh/den)	9	21	9	21

5.2 Solární kolektory

V druhé variantě je pro přehřívání vody v akumulční nádrži použit solární systém s plochými kolektory firmy Regulus KPS11+. Solární kolektory jsou napojeny na akumulční nádrž a jejich orientace je přímo na jih pod úhlem 45 °. Účinnost kolektoru je 77 %. Krytí spotřeby jsem zvolil na 58% potřeby, protože podle výpočtů je v grafu vidět plné krytí potřeba tepla na ohřev TUV od května do srpna viz Obr.5.3. Jejich příspěvek je dán dopadajícím zářením na plochu kolektoru. Solární příspěvek tepelné energie je 2105 kWh/a. Tento výpočet jsem provedl pomocí programu PHPP. Solární panely jsou dva o celkové ploše apertury 4,6 m² a během roku se významně podílí na příspěvku tepelné energie viz. graf. Při zvětšení plochy na dvojnásobek by vzrostl příspěvek o čtvrtinu. Pro pokrytí celkové potřeby tepla by byla plocha nutná k dosažení takého množství energie značně velká. Zvolená plocha mi proto z pohledu přípravy TUV přišla vhodná. [11,15]

Tab. 5.III Parametry solárního systému, zdroj: [19]

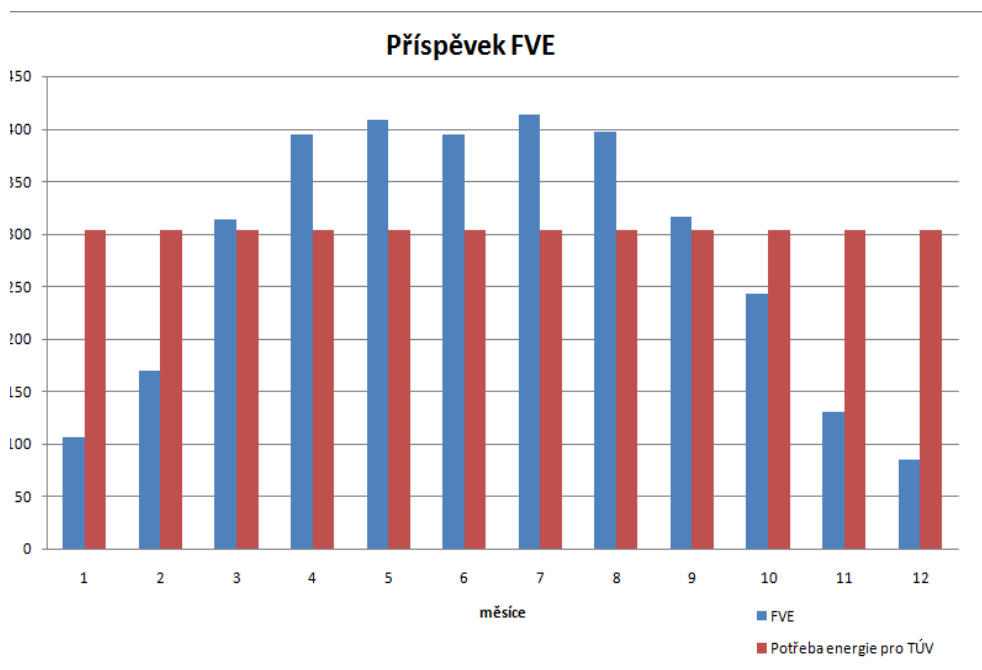
měsíc	záření na plochu (kWh/m ² .měsíc)	měsíční stupeň krytí (-)	pokrytí potřeby tepla (kWh/měsíc)	měsíční potřeba tepla (kWh/měsíc)
leden	209	0,19	58	304
únor	327	0,39	118	304
březen	515	0,62	188	304
duben	650	0,77	234	304
květen	745	0,85	259	304
červen	724	0,84	255	304
červenec	753	0,86	261	304
srpen	732	0,84	256	304
září	572	0,69	209	304
říjen	452	0,54	165	304
listopad	222	0,22	66	304
prosinec	163	0,12	35	304



Obr. 5.3 - Graf solárních zisků a stupně krytí potřeby TUV, zdroj: [19]

5.3 Fotovoltaická elektrárna

Pro dimenzování výkonu fotovoltaické elektrárny na střechu domu jsem zvolil následující postup.



Obr. 5.4 - Graf zisků FVE v porovnání s potřebou na krytí TUV, zdroj: [19]

Celkovou potřebu energie na ohřev teplé vody 2914 kWh/a jsem převedl na jeden měsíc 243 kWh/měsíc a poté jsem celkovou potřebu elektrické energie 2213 kWh/a jsem převedl na jeden měsíc a to 185 kWh/měsíc. Systém budeme přednostně směřovat za účelem ohřevu TUV. Pro správnou volbu systému jsem využil online aplikace PV GIS na stránkách <http://re.jrc.ec.europa.eu/>, která umožňuje výpočet odhadované reálně vyrobené elektrické energie ve fotovoltaických panelech při použití geografické databáze slunečního záření. Snažil jsem se pro danou lokalitu Malý Lapáš najít vhodný výkon elektrárny tak, aby byla průměrná hodnota stanovená PV GIS o trošku vyšší. To nám umožní pokrýt naši potřebu energie pro přípravu TUV prostřednictvím stejnosměrné elektrické patrony a případné přebytky můžeme použít pro zlepšení vlastní spotřeby elektrické energie. Panely budou umístěny pod pevným úhlem 35° a orientovány na jih. Pro danou aplikaci jsem zvolil systémové ztráty 12% a špičkový výkon fotovoltaické elektrárny 3 kWp od firmy Solární stavebnice. Sestava se skládá z 12 ks panelů S-energy SM 250 PC8, jednofázového měniče Kostal Piko 3.0, solárních kabelů, nosných konstrukcí, pomocného elektrorozvaděče s ochranami a konektorů na propojení. [11,12,13]

Tab. 5.IV Parametry fotovoltaické elektrárny, zdroj: www.re.jrc.ec.europa.eu

měsíc	Ed (kWh)	Em (kWh)	Hd (kWh/m ²)	Hm (kWh/m ²)
leden	3,4	106	1,31	40,6
únor	6,02	169	2,36	66
březen	10,1	313	4,13	128
duben	13,2	395	5,61	168
květen	13,2	408	5,76	179
červen	13,1	394	5,83	175
červenec	13,3	413	5,94	184
srpen	12,8	397	5,67	176
září	10,5	316	4,53	136
říjen	7,84	243	3,25	101
listopad	4,34	130	1,73	51,9
prosinec	2,74	84,8	1,06	32,7
Roční průměr	9,23	281	3,94	120
Celkově za rok		3370		1440

Ed/m Průměrná denní /měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)

Hd/m Průměrná denní /měsíční suma globálního záření (kWh / m²)

5.4 Varianta 1

Hlavní zdroj tepla:	kompaktní jednotka s TČ
Doplňkový zdroj:	krb na bio líh + sálavé infrapanely
Ohřev TÚV:	kompaktní jednotka s TČ

Jako první variantu řešení problematiky vytápění PD jsem zvolil toto uspořádání, kde není potřeba komín pro odvod spalin, z čehož vyplývají menší finanční náklady při stavbě a méně prostupů izolovanou obálkou budovy. Tato varianta je zároveň nejméně náročná na obsluhu a přináší největší uživatelský komfort. Zvolená kompaktní jednotka P18 kompakt od firmy NILAN, se bude během topné sezóny, která trvá 120 dní, podílet na krytí potřeby tepla pro vytápění a TÚV ze 100 %. Aspoň takto je výpočet v PHPP nastaven. Kompaktní jednotka má v sobě zahrnut ohřev vody s nádrží na 180 l včetně možnosti dohřevu pomocí eletropatrony. Ztráty zásobníkem jsou zde nižší než u dalších variant, proto i potřeba tepla pro TÚV je nižší. Vytápění bude realizováno tedy ohřevem přírodního vzduchu. Nejsou zde ztráty potrubím pro vedení topné vody. Efektivní účinnost rekuperace větrání je u kompaktní jednotky o trochu nižší a tudíž jsou ztráty větráním vyšší. Tím pádem i potřeba tepla společně s topnou zátěží vychází o něco vyšší. Z praktických zkušeností je třeba přidat ještě doplňkové zdroje tepla, které budou pokrývat potřebu tepla v době kdy kompaktní jednotka nebude stačit. Především v koupelně se umísťuje sálavý panel. Poté v obývací místnosti. Podíl na krytí čistě elektrickou energií je nastaven na 20 %. Je tomu tak dáno podle praktických zkušeností. Jako další zdroj jsem zvolil krb na bio líh Torino od firmy Bio krby, který při nejhorsích podmínkách spolehlivě pokryje potřebu tepla. Jeho výkon je 2 kW do okolního vzduchu a v podobných aplikacích je roztápen pouze 5 krát za topnou sezónu. Tato hodnota byla stanovena odhadem na základě zkušeností majitelů PD a mého konzultanta. Spotřeba krbu je 1 litr bio lihu na tři až čtyři hodiny hoření a objem hořáku je 0,4 l. V případě potřeby stačí ze zkušeností uživatelů jednou naplnit zásobník hořáku a dojde k vyrovnání tepelných ztrát v domě. Účinnost přeměny elektrické

energie na tepelnou uvažují rovnou jedné. Následující hodnoty byly vypočtené programem PHPP.

Topná zátěž:	$P_H = 2010 \text{ W}$
Celková potřeba tepla na vytápění:	$Q_{Hm} = 1900 \text{ kWh/a}$
Celková potřeba tepla na TÚV:	$Q_{CTUV} = 2894 \text{ kWh/a}$
Celková potřeba tepla:	$Q_F = 4794 \text{ kWh/a}$
Topný faktor	$COP = 1,77$
Potřeba el.energie pro přípravu tepla:	$Q_{FE} = 2715 \text{ kWh/a}$

Tab. 5.V Nastavení podílu krytí v PHPP a faktory energetické přeměny, zdroj: [vlastní, 19]

Podíl elektřiny na vytápění	20%
Podíl elektřiny na TÚV	0%
Podíl kompaktní jednotky na vytápění	100%
Podíl kompaktní jednotky na TÚV	100%
Faktor energetické přeměny elektřina (Fe)	2,7
Faktor energetické přeměny biolích (Fb)	1,1

Tab. 5.VI Výpočet potřeby energií a primárních energií, zdroj: [vlastní, 19]

Potřeba elektrické energie	Konečná energie (kWh/a)	Primární energie (kWh/m2.a)
Přímé elektrické vytápění	379,9	7,0
Potřeba pro domácí spotřebiče	1870,1	34,6
Potřeba pomocné energie	511,4	9,5
Kompaktní jednotka s TČ		
Potřeba elektrické energie	2715,0	50,2
Celková potřeba elektrické energie	5476,3	101,3
Krb na biolích		
Potřeba tepelné energie	14,6	0,1
Celková potřeba energie	5493,4	101,4

Příklad výpočtu primární energie pro celkovou potřebu elektrické energie:

$$Q_{PE} = \frac{5476,3}{A_{TFA}} \cdot Fe = \frac{5476,3}{146,1} \cdot 2,7 = 101,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (5.29)$$

Tab. 5.VII Cena jednotlivých částí, zdroj: www.danske-krby.cz, www.nilan.cz, www.elny.cz

Položka	Cena bez DPH
Biokrb Torino na bio líh	3 502 Kč
Kompakt jednotka s TČ Nilan VP18	139 500 Kč
Sálavý panel ECOSUN 200 K+ 200W (2ks)	2480 Kč
Celkem za technická zařízení	145 482 Kč

Tab. 5.VIII Roční náklady na energii, zdroj: www.cenyenergie.cz, www.topenilevne.cz

Položka	Cena bez DPH
Roční cena za elektřinu (2,20 Kč/kWh - tarif TČ)	5973 Kč
Roční cena za elektřinu (4,75 Kč/kWh - běžný)	12 896 Kč
Roční cena za biolih (3l)	176 Kč
Celkem pro tarif TČ	6149 Kč
Celkem běžný tarif	13 074 Kč

Tab. 5.IX Roční náklady na energii, zdroj: [12, vlastní]

	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
Emise energetického hnědého uhlí (kg/MWhe)	3	5,3	7,7	0,65	1213
Emise odpovídající celk. potřebě el. energie (kg)	16,4	29	42,2	3,6	6645,7

Emise se počítají jako součin celkové potřeby elektrické energie v MWh/a a emisí energetického hnědého uhlí v kg/MWhe .

Příklad výpočtu emisí tuhých látek:

$$E = \frac{5476,3}{1000} \cdot 3 = 16,4 \text{ kg} \quad (5.30)$$

5.5 Varianta 2

Hlavní zdroj tepla: kotel na pelety, solární kolektory + akumulční nádrž

Doplňkový zdroj: topná spirála

Ohřev TÚV: výměník v akumulčním zásobníku

Tato varianta odpovídá uspořádání s malou topnou soustavou, u které je výhodou možná budoucí úprava a uzpůsobení na jiný druh vytápění. Je zde použita výše zmíněná akumulční nádrž Fenix MT1 d850+DN20 s ohřevem TÚV o objemu 1000 l v kombinaci s kotlem na pelety Biopel 10 a solárními kolektory. Elektrická patrona je v nádrži jen pro případ nutnosti servisního zásahu. Celková potřeba tepla je již uvedena s odečteným příspěvkem solárního systému. Veškeré přebytky z provozu kotle budou ukládány do akumulční nádrže. Není tudíž v tomto období nutný žádný další dohřev. Jak je vidět z grafu Obr. 5.3 solární systém kryje přibližně celou potřebu tepla pro TÚV od začátku května do konce srpna a automatický kotel se stará o dohřev TÚV. Topná sezóna zůstává stejná a kotel se stará o přípravu jak tepla pro TÚV, tak tepla pro vytápění. Potřebné energie v palivu zahrnují již účinnost zdroje tepla. Následující hodnoty byly vypočtené programem PHPP.

Topná zátěž:	$P_H = 1929 \text{ W}$
Celková potřeba tepla na vytápění:	$Q_{Hm} = 1743 \text{ kWh/a}$
Celková potřeba tepla na TÚV :	$Q_{CTÚV} = 3646 \text{ kWh/a}$
Příspěvek sol. systému pro TÚV:	$Q_{STÚV} = 2105 \text{ kWh/a}$
Konečná potřeba tepla na TÚV:	$Q_{FTÚV} = 1531 \text{ kWh/a}$

Kotel

Potřebná energie v palivu pro TUV: $Q_{KTUV} = 1870 \text{ kWh/a}$

Potřebná energie v palivu pro vytápění: $Q_{KH} = 2165 \text{ kWh/a}$

Potřebná energie v palivu pro vytápění: $Q_K = 4035 \text{ kWh/a}$

Tab. 5.X Nastavení podílu krytí v PHPP a faktory energetické přeměny 2, zdroj: [vlastní, 19]

Podíl kotle na vytápění	100%
Podíl kotle na TUV	100%
Podíl elektřiny na vytápění	0%
Podíl elektřiny na TUV	0%
Faktor energetické přeměny elektřina	2,7
Faktor energetické přeměny pelety	0,2

Tab. 5.XI Výpočet potřeby energií a primárních energií, zdroj: [vlastní, 19]

Potřeba elektrické energie	Konečná energie (kWh/a)	Primární energie (kWh/m ² .a)
Přímé elektrické vytápění	0	0
Potřeba pro domácí spotřebiče	1870,1	34,56
Potřeba pomocné energie	423,7	7,83
Celková potřeba elektrické energie	2293,8	42,39
Kotel na pelety		
Roční potřeba energie	4032,4	5,52
Celková potřeba potřeby energií	6326,1	47,91

Roční spotřeba dřevních pelet:

$$m_p = \frac{Q_K \cdot 3600}{Q_p} = \frac{4,035 \cdot 3600}{18} = 807 \text{ kg} \quad (4.31)$$

Q_K potřeba energie na přípravu tepla celkem (vytápění + TUV)

Q_p výhřevnost paliva v MJ/kg

Tab. 5.XII Cena částí a roční náklady na energii 2, zdroj: www.l atop.cz, www.centrumvytapani.cz, www.akunadrze.cz, www.regulus.cz, www.lueftungsmarkt.de

Položka	Cena bez DPH
Roční cena paliva (4664Kč/t)	3 764 Kč
Opop Biopel Line Kompakt 10	43 560 Kč
Akumulační nádrž s ohřevem TUV - MT1 1000l d850+DN20 včetně izolace 10cm	26 198 Kč
Solární kolektor Regulus KPS11+/ 2ks + ostatní materiál/	40 000 Kč
Větrací jednotka Atmos 175 DC	36 300 Kč
Celkem za technická zařízení	146 058 Kč

Tab. 5.XIII Emise z výroby elektrické energie 2, zdroj: [12, vlastní]

	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
Emise energetického hnědého uhlí (kg/MWh _e)	3	5,3	7,7	0,65	1213
Emise odpovídající celk. potřebě el. energie (kg)	6,9	12,2	17,7	1,5	2782,3

Tab. 5.XIV Emise při spálení daného množství paliva m_p , 2, zdroj: [12, vlastní]

	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	C _x H _y
Emise pelet (kg/GJ) - E_{pe}	1,0823	0,0866	0,2597	0,866	0,866
Emise odpovídající spálení m_p pelet(kg)	15,7	1,3	3,8	12,6	12,6

Příklad výpočtu emisí tuhých látek při spálení m_p pelet.

$$E = H_p \cdot m_p \cdot E_{pe} = 0,018 \cdot 807 \cdot 1,0823 = 15,7 \text{ kg} \quad (4.32)$$

5.6 Varianta 3

Hlavní zdroj tepla:	krbová kamna + akumulční nádrž
Doplňkový zdroj:	sálavé panely
Ohřev TÚV:	fotovoltaické panely se stejnosměrnou patronou v akumulční nádrži, výměník

Třetí variantu jsem volil tak, aby uživatel byl co možná nejméně závislý na dodavateli paliv a elektrické energie. Hlavním zdrojem jsou teplovodní krbová kamna VERNER 13/10.1 s výkonem 2 kW do okolí a 7 kW do vody. Jako palivo jsem zvolil mix dřeva jasan, buk, dub o délce 33 cm. Cena za tunu paliva je 2500 Kč bez DPH. Energetickou bilanci vylepšuje příspěvek od fotovoltaické instalace 3 kWp od firmy Solární stavebnice pro ohřev teplé vody pomocí stejnosměrné elektrické patrony. Podle grafu od března do září je FVE schopna pokrýt potřebu tepla na přípravu TÚV. Pro jistotu jsem stanovil rezervu pro krytí dohřevu TÚV nad rámec pomocí elektrické energie na 5 %.

Topná zátěž:	$P_H = 1929 \text{ W}$
Celková potřeba tepla na vytápění:	$Q_{Hm} = 1743 \text{ kWh/a}$
Celková potřeba tepla na TÚV :	$Q_{CTÚV} = 3646 \text{ kWh/a}$
Příspěvek FVE systému pro TÚV:	$Q_{FTÚV} = 3099 \text{ kWh/a}$
Konečná potřeba tepla na TÚV:	$Q_{KTÚV} = 547 \text{ kWh/a}$

Krbová kamna

Potřebná energie v palivu pro TUV: $Q_{KTUV} = 789 \text{ kWh/a}$

Potřebná energie v palivu pro vytápění: $Q_{KH} = 2433 \text{ kWh/a}$

Potřebná energie v palivu: $Q_K = 3224 \text{ kWh/a}$

Roční spotřeba palivového dřeva:

$$m_p = \frac{Q_K \cdot 3600}{Q_n} = \frac{3,224 \cdot 3600}{14,2} = 817,35 \text{ kg} \quad (4.33)$$

Tab. 5.XV Cena částí a roční náklady na energii 3, zdroj: www.kotle-verner.cz, www.centrumvytapani.cz, www.olarnistavebnice.cz, www.lueftungsmarkt.de

Položka	Cena bez DPH
Roční cena paliva (palivové štípané dřevo mix)	2043 Kč
Krbová vložka Verner 13/10.1	51 950 Kč
Akumulační nádrž s ohřevem TUV - MT1 1000l d850+DN20 izolace 10cm	26 198 Kč
Solární stavebnice 3kW / včetně ostatního materiálu/	98 661 Kč
Větrací jednotka Atmos 175 DC	36 300 Kč
Celkem	213 109 Kč

Tab. 5.XV Emise z výroby elektrické energie 3, zdroj: [12, vlastní]

Emise	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
Energetické hnědé uhlí (kg/MWhe)	3	5,3	7,7	0,65	1213
Emise odpovídající celk. potřebě el. energie (kg)	7,3	12,9	18,8	1,6	2959,6

Tab. 5.XVI Emise při spalení daného množství paliva m_p , 3, zdroj: [12, vlastní]

Emise	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	C _x H _y
Palivové Dřevo (kg/GJ)	1,08	0,09	0,26	0,87	0,87
Emise odpovídající spalení m_p palivové dřevo (kg)	12,6	1	3	10,1	10,1

Příklad výpočtu emisí tuhých látek při spalení m_p palivového dřeva.

$$E = H_p \cdot m_p \cdot E_{PD} = 0,0142 \cdot 817,35 \cdot 1,0823 = 12,6 \text{ kg} \quad (4.34)$$

6 Zhodnocení

6.1 Investice, spotřeba a náklady na energie

Pro srovnání výše investice a nákladů na provoz jsem zvolil období 20. let, ve kterém neuvažuji cenu servisních prací, které mohou například u kompaktní jednotky s TČ a fotovoltaických panelů, cenu značně navýšit. První variantu jsem navíc rozdělil na situaci, kdy plníme podmínky pro získání výhodného tarifu a proti tomu provoz při běžné průměrné ceně za elektrickou energii. Během každého následujícího roku předpokládám růst ceny paliva o 3 %.

Tab. 6.I Porovnání investiční a provozní náročnosti, zdroj: vlastní

Varianta	1a	1b	2	3
Investiční náklady	145 482 Kč	145 482 Kč	146 058 Kč	213 109 Kč
Roční náklady na provoz	6 149 Kč	13 074 Kč	3 764 Kč	2 043 Kč

Při porovnání jednotlivých variant vychází nejlépe druhá možnost s automatizovaným kotlem na pelety, akumulací nádrží, solárním systémem a větrací jednotkou. Naopak nejdražší možností je třetí varianta s křbovými kamny a fotovoltaickou elektrárnou, která má srovnatelné provozní náklady s druhou variantou.

Tab. 6.II Rozpočítání investice a provozní náklady, zdroj: vlastní

Varianta	1a	1b	2	3
1. rok	13 423 Kč	20 348 Kč	11 067 Kč	12 698 Kč
2. rok	13 608 Kč	20 740 Kč	11 180 Kč	12 760 Kč
3. rok	13 798 Kč	21 144 Kč	11 296 Kč	12 823 Kč
4. rok	13 993 Kč	21 560 Kč	11 416 Kč	12 888 Kč
5. rok	14 195 Kč	21 989 Kč	11 539 Kč	12 955 Kč
6. rok	14 402 Kč	22 430 Kč	11 666 Kč	13 024 Kč
7. rok	14 616 Kč	22 885 Kč	11 797 Kč	13 095 Kč
8. rok	14 837 Kč	23 353 Kč	11 932 Kč	13 168 Kč
9. rok	15 063 Kč	23 836 Kč	12 071 Kč	13 243 Kč
10. rok	15 297 Kč	24 333 Kč	12 214 Kč	13 321 Kč
11. rok	15 538 Kč	24 844 Kč	12 361 Kč	13 401 Kč
12. rok	15 786 Kč	25 372 Kč	12 513 Kč	13 483 Kč
13. rok	16 041 Kč	25 914 Kč	12 669 Kč	13 568 Kč
14. rok	16 304 Kč	26 474 Kč	12 830 Kč	13 656 Kč
15. rok	16 575 Kč	27 050 Kč	12 996 Kč	13 746 Kč
16. rok	16 854 Kč	27 643 Kč	13 167 Kč	13 838 Kč
17. rok	17 141 Kč	28 254 Kč	13 343 Kč	13 934 Kč
18. rok	17 437 Kč	28 883 Kč	13 524 Kč	14 032 Kč
19. rok	17 742 Kč	29 532 Kč	13 711 Kč	14 134 Kč
20. rok	18 056 Kč	30 199 Kč	13 903 Kč	14 238 Kč

Z tabulky 6.II je patrné, že provoz kompaktní jednotky s TČ je ve při vysokém tarifu velmi neekonomická. I v případě, výhodnějšího tarifu elektrické energie jsou náklady přibližně o čtvrtinu vyšší než u zbývajících dvou možností. Z pohledu ročních nákladů jsou na tom druhá a třetí varianta obdobně a jsou tudíž z tohoto pohledu srovnatelné.

6.2 Vliv na životní prostředí

Pro zhodnocení vlivu na životní prostředí jsem vybral porovnání produkce emisí tuhých látek, oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhlíkatého při zajištění veškerých energetických potřeb prostřednictvím elektrické energie vyrobené v hnědouhelné elektrárně. V uvedené tabulce produkce emisí je již počítáno s 65% odsířením a s 98% odlučivostí tuhých látek. [12]

Tab. 6.III *Produkce emisí z energetického hnědého uhlí zdroj: [12]*

Produkce emisí	Tuhé látky	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂
Energetické hnědé uhlí (kg/MWhe)	3	5,3	7,7	0,65	1213

V následující tabulce je přepočten celkové produkce emisí jednotlivých variant a pro porovnání jsem uvedl i čistě elektrickou variantu, označenou písmenem E, se potřebou elektrické energie 48,4 kWh/(m².a). Vytápění i ohřev vody je v této variantě řešen pomocí elektrického kotle. V produkci emisí jsou započítány veškeré energetické potřeby. Uvádím příklad výpočtu pro produkci emisí CO₂ v gramech na metr čtvereční a rok.

Tab. 6.IV *Množství produkováných emisí - srovnání, zdroj: vlastní*

Emise \\ Varianta	1	2	3	E
Tuhé látky (kg)	16,17	22,60	19,88	21,21
SO ₂ (kg)	28,57	13,41	13,94	37,48
NO _x (kg)	41,51	21,43	21,80	54,45
CO (kg)	3,50	14,07	11,64	4,6
CO ₂ (kg)	6539,39	2782,34	2959,56	8577,61
CxHy (kg)	0,00	12,58	10,05	0

Z tabulky 6.IV je možné vidět, že z hlediska všech emisí je nejméně vhodná srovnávací elektrická varianta, u níž je množství produkovaných emisí nejvyšší. Výjimkou je pouze produkce oxidu uhelnatého. Jako nejšetrnější volba k životnímu prostředí se jeví druhá a třetí varianta.

6.3 Energetická nezávislost

První varianta je zcela závislá na dodávkách elektrické energie distributorem a v případě výpadku je možné pouze dočasně nahradit vytápění krbem na bio líh. Příprava TÚV by byla zcela znemožněna. Na druhou stranu se jedná o uživatelsky nejpříjemnější volbu.

Druhá varianta díky solárním termickým kolektorům z velké části kryje potřebu teplé vody od května do srpna. V této době jsme při přípravě TÚV téměř nezávislí na externích dodavatelích energií. Jelikož využíváme automatický kotel na dřevní pelety a jejich množství není nijak závratné, tak jsme schopni pomocí kotle uspokojit potřebu TÚV během září až října a to i včetně vytápění. V případě nákupu dřevních pelet jsme také nuceni využít služeb prodejců v dřevozpracovatelském průmyslu. Externí distribuce elektrické energie se využije pouze u pomocných zařízení jako je rekuperační větrací jednotka a elektronika kotle.

V třetí variantě je fotovoltaický systém navržen tak, aby jsme byli pokud možno soběstační při přípravě TÚV během března až září. V ostatních měsících však podíl FVE není zanedbatelný. Zbytek potřeby kryjeme pomocí krbových kamen na palivové dřevo s teplovodní vložkou, které během listopadu až února používáme i pro vytápění. Nejvíce energeticky nezávislou možností pro vytápění a přípravu TÚV je tato poslední varianta. A to z důvodu nezávislosti na dodavateli palivového dřeva a elektrické energie. Štípané dřevo si můžeme buď to zakoupit nebo sami připravit.

Závěr

V první kapitole jsem zabýval pasivním domem a jeho důležitými částmi, které je třeba znát. Pod pojmem pasivní dům by si měl každý představit nejenom budovu s nízkou energetickou náročností, ale také velmi dobře promyšlený návrh od začátku až do konce. Kdyby nebyly jednotlivé detaily a problémy řešeny hned v počátku, nebylo by možné pasivního standartu dosáhnout. Další důležitou částí je stavební provedení, optimalizace vzhledem ke stavební parcele a dané lokalitě. Pozornost je též nutné soustředit směrem k technickým zařízením. V poslední době je snaha o co nejelegantnější řešení, které není zbytečně předimenzované, technicky složité a finančně náročné.

Druhou kapitolu jsem věnoval vytápění pasivních domů. Popsal jsem zde možné zdroje tepla, jejich výhody a nevýhody. Zároveň jsem vytvořil krátký seznam doplňkových technologií, pomocí kterých je možné zlepšit energetickou bilanci a nezávislost na externích dodávkách energií. Většina zdrojů má větší výkon než je potřeba, a proto je nutné u PD specifické řešení.

V třetí a čtvrté kapitole navazuji metodikou výpočtů pro srovnávací plně elektrickou variantu. Výpočty topné zátěže, tepla pro vytápění, tepla pro ohřev TUV, tepelných ztrát a zisků, jsou důležité pro dimenzování hlavního a záložního zdroje tepla. Ve výpočtech je patrné, že vnitřní zisky - odpadní teplo elektrospotřebičů může značně ovlivnit volbu zdroje tepla. Příkladem by mohla být administrativní budova v pasivním standartu, uvnitř které by jsme měli v každé kanceláři nejméně jeden počítač a kopírku. V tomto případě by se mohlo stát, že by daný prostor nemusel být vytápěn jiným zdrojem. Postačily by vnitřní zisky ze spotřebičů a sluneční záření procházející okny.

Pátá kapitola se zabývá již návrhem tří variant pro vytápění a ohřev TUV. Potřeba energie na vytápění je u PD nižší než potřeba energie na ohřev vody. Výkon zdroje je dán maximální topnou zátěží. I zdroje o nejnižším výkonu jsou pro PD předimenzované, neobejdou se tedy bez akumulární nádrže. Nádrž je možné vyloučit při použití kompaktní jednotky s TČ. V návrzích jsem použil právě kompaktní jednotku, automatický kotel na pelete a krbová kamna s teplovodní vložkou. Snažil jsem se navrhnout relativně jednoduchá řešení do 200 000 Kč. Návrhy jsem zpracoval

s ohledem na uživatelský komfort a míru energetické soběstačnosti. Především solární systémy a FVE jsou schopny velmi zlepšit energetickou bilanci. Pomocí výpočtového programu PHPP jsem zvolil krytí jednotlivými zdroji a stanovil celkovou potřebnou energii na přípravu tepla.

V poslední šesté kapitole jsem zpracoval hodnocení, které odráží potřebu energie, potřebu paliva, finanční náročnost daného řešení a nezávislost PD . Uvádím také vliv na životní prostředí. Produkované emise jsou nejvyšší pro srovnávací plně elektrickou variantu a poté pro variantu s kompaktní jednotkou. Nejdražším řešením je třetí varianta s krbovými kamny, akumulací, solárním systémem a větrací jednotkou. Nejméně náročná na spotřebu paliva je druhá varianta s kotlem na dřevní pelety, která je ovšem skoro srovnatelná s třetí variantou. Nicméně druhá varianta je méně náročná na obsluhu a přináší vyšší uživatelský komfort. Jednak proto, že automatický kotel Biopel má zásobník na 250kg pelet a není tedy potřeba se v poměrně dlouhém intervalu o chod zdroje starat. Dalším nebezpečím ostatních variant je životnost jejich součástí. Příkladem může být kompresor TČ nebo také životnost fotovoltaických panelů. I z těchto důvodů je podle mého názoru druhá varianta nejlepší a nejvhodnější volbou.

Další zajímavá varianta, na základě dosažených výsledků, se nabízí kombinace krbových kamen s teplovodní vložkou a solárním systémem. Na všechny tři varianty je navíc možné získat dotace, což je dělá finančně zajímavějšími.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] TEUCHNEROVÁ, Markéta. *Vše o nízkoenergetickém domě*. 1. vyd. Bratislava: JAGA GROUP s. r. o., 2008. 181 s. ISSN 1335-9177
- [2] POČINKOVÁ, Marcela, ČUPROVÁ, Danuše a kolektiv. *Úsporný dům*. 2. vyd. Brno: ERA group spol. s. r. o., 2008. 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1.
- [3] OLÁHOVÁ, Denisa. *Energetický štítek obálky budovy*. 2. vyd. ZČU, 2013. 68 s.
- [4] ČSN 730540. *Tepelná ochrana budov*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Říjen 2011.
- [5] BÁRTA, Jan. *Základní principy konceptu pasivního domu*. Konference pasivní domy 2005, Centrum pasivního domu, 2005. 12 s.
- [6] ČSN EN 13829. *Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti - Tlaková metoda*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Říjen 2001.
- [7] TNI 73 0329. *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Srpen 2010.
- [8] HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. 2013. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. 1. vyd. Praha: Grada, 157 s. ISBN 9788024742434.
- [9] SMOLA, Josef. 2011. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. 1. vyd. Praha: Grada, 352 s. Stavitel. ISBN 9788024729954.
- [10] TYWONIAK, Jan. 2005. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 193 s. Stavitel. ISBN 802471101x.
- [11] TYWONIAK, Jan. 2008. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 193 s. Stavitel. ISBN 9788024720616.
- [12] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. 2000. *Obnovitelné zdroje energie v Jižních Čechách a Horním Rakousku*. Praha: EkoWATT, 77 s.
- [13] *Návrh provádění a provoz staveb s nízkou spotřebou energie - Technická zařízení budov*. ENVIC, 2015. Podklady pro vypracování diplomové práce.
- [14] BROTÁNKOVÁ, Klára a Aleš BROTÁNEK. 2012. *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech*. 1. vyd. Praha: Grada, 300 s. Stavitel. ISBN 9788024739694.
- [15] *Pasivní domy 2012*. [2012]. Brno: Centrum pasivního domu, sv. ISBN 978-80-904736-2-8
- [16] KULHÁNEK, František. *Tepelná ochrana a energetika budov: TP 1.8.1 : technická pomůcka k činnosti autorizovaných osob*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2014, 172 s. ISBN 9788087438480.
- [17] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 9788024738321.
- [18] Software PHPP 2007 CZ. *Passive house planing package - česká verze*.
- [19] FEIST, Wolfgang a kol. *Manuál PHPP 2007 CZ - Navrhování pasivních domů*. Brno: Centrum pasivního domu

Příloha B - Kompaktní jednotka NILAN VP18 - technické parametry

NILAN VP18

TECHNICKÁ DATA

Model: NILAN VP18, NILAN VP18 K WT	
Rozměry (Š/H/V)	600 x 600 x 2000
Hmotnost	150 kg
Skříň jednotky	Alu / Zn plech, lakovaný (bílá - RAL 9016)
Typ ventilátorů	EC
Třída filtrace	G4
Připojné hrdla	Ø 160 mm
Odtok kondenzátu	PVC, Ø 20 x 1,5 mm
Vnitřní netěsnost * (standard PHPP < 3 %)	< 1,4 %
Vnější netěsnost * (standard PHPP < 3 %)	< 1,1 %
Napájení	230 V (± 10%), 50/60 Hz
Rozběhový proud	8,9 A
Ustálený proud	1,8 A
Maximální příkon	2200 W / 9,5 A
Krytí	IP 31
Spotřeba v pohotovostním režimu	3 W
Typ kompresoru	pístový
Chladivo	R134a, 1000 g
* při ± 250 Pa a 126 m ³ /h dle EN 308 / EN 13141-7	

Model: NILAN VP18 K EK9, NILAN VP18 K EK9 WT	
Rozměry (Š/H/V)	600 x 600 x 2200 mm
Hmotnost	174 kg
Skříň jednotky	Alu / Zn plech, lakovaný (bílá - RAL 9016)
Typ ventilátorů	EC
Třída filtrace	G4
Připojné hrdla	Ø 160 mm
Odtok kondenzátu	PVC, Ø 20 x 1,5 mm
Vnitřní netěsnost * (standard PHPP < 3 %)	< 1,4 %
Vnější netěsnost * (standard PHPP < 3 %)	< 1,1 %
Napájení	230 V (± 10%), 50/60 Hz, 3 x 400 V**
Rozběhový proud	8,9 A
Ustálený proud	1,8 A
Maximální příkon***	2200 W / 9,5 A
Krytí	IP 31
Spotřeba v pohotovostním režimu	3 W
Typ kompresoru	pístový
Chladivo	R134a, 1000 g
Integrovaná expanzní nádoba	10 l, vst. tlak 0,5 bar
Integrované oběhové čerpadlo	15 - 40
* při ± 250 Pa a 126 m ³ /h dle EN 308 / EN 13141-7, ** napájení elektrokoile, *** bez elektrokoile	

NILAN VP 18

POPIS ZAŘÍZENÍ

Legendární větrací jednotka s aktivní rekuperací, která se stala během svého vývoje vzorem všech kompaktních jednotek. Díky řízenímu přečerpávání energie z odpadního vzduchu (aktivní rekuperaci), dokáže jednotka ohřát přírodní vzduch a zároveň levně ohřát teplou vodu. Jednotka s označením K (Kühlung) je vybavena funkcí chlazení přírodního vzduchu. Tato funkce umožňuje komfortní větrání i za velmi vysokých venkovních teplot. Přírodní vzduch je dle požadavku uživatele chlazen až k 5 °C. Získané teplo z přírodního vzduchu je následně využito pro ohřev teplé vody a tak je chlazení provozně zdarma. Naopak v zimě jednotka pracuje bez omezení i za velmi nízkých teplot bez jakékoliv potřeby předehřevu – nenamrzá. Jednotky s označením EK9 jsou vybaveny elektrokoilem o výkonu 9 kW, který se připojuje k toplovodnímu podlahovému nebo radiátorovému rozvodu. Uživatel má tak na ploše jen 0,36 m² komplexní technologii pro příjemné klima a ohřev teplé vody v rodinném domě. Pokud je zařízení označeno WT (Wärmetauscher), je v nádrži přidáván toplovodní výměník pro napojení externího zdroje.

STANDARDNÍ SOUČÁST DODÁVKY

- Filtry G4
- Úsporné a tiché EC ventilátory
- Snímač zanesení filtrů – signalizace na display
- Řídicí panel CTS 602
- Modul pro připojení a komunikaci s nadřazenými inteligentními systémy
- Elektrokoile s expanzní nádobou a oběhovým čerpadlem (jen modely EK9)

VOLITELNÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ

- Pylový filtr F7
- Vlhkostní čidlo
- CO₂ senzor
- Druhá uživatelská volba pro zvýšený odtah (přídavná elektronika S7)

PŘEHLED TYPŮ

typ jednotky	větrání	ohřev TUV	chlazení	výměník v nádrži	elektrokoile
NILAN VP18	✓	✓			
NILAN VP18 K WT	✓	✓	✓	✓	
NILAN VP18 K EK9	✓	✓	✓	✓	✓
NILAN VP18 K EK9 WT	✓	✓	✓	✓	✓

Příloha C - Automatický kotel na pelety Biopel10- technické parametry

OPOP
partner for your heating

PELETOVÉ KOTLE
Peletové kotle BIOPEL LINE

Varianty sestav

SESTAVA	KOTEL	HORÁK	PODAVAČ	ZÁSOBNÍK	INTERNETOVÉ PŘIPOJENÍ	TURBULÁTORY SPALIN	PŘÍSLUŠENSTVÍ
Biopel line 10	Biopel 10	Biopel burner 10	2 m nebo 3 m	Biopel tank 110 - 350 kg	ANO	ANO	*Lambda sonda *Pokořový termostat *Vakuumový podavač *Automatické odpojení *Pohon čistícího mechanismu *Kompressor *GSM modul
Biopel line 15	Biopel 10	Biopel burner 15					
Biopel line 20	Biopel 20	Biopel burner 20					
Biopel line 30	Biopel 30	Biopel burner 30					
Biopel line 40	Biopel 40	Biopel burner 40					



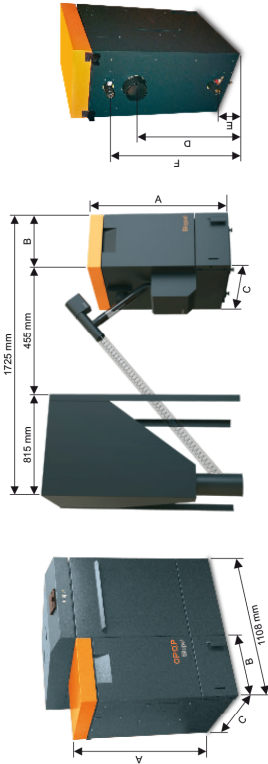
SESTAVA	KOTEL	HORÁK	KOMPAKTNÍ ZÁSOBNÍK	INTERNETOVÉ PŘIPOJENÍ	TURBULÁTORY SPALIN	PŘÍSLUŠENSTVÍ
Biopel line 10	Biopel 10	Biopel burner 10	Biopel tank 250 kg	ANO	ANO	*Lambda sonda *Pokořový termostat *Vakuumový podavač *Automatické odpojení *Pohon čistícího mechanismu *Kompressor *GSM modul
Biopel line 15	Biopel 10	Biopel burner 15				
Biopel line 20	Biopel 20	Biopel burner 20				
Biopel line 30	Biopel 30	Biopel burner 30				
Biopel line 40	Biopel 40	Biopel burner 40				



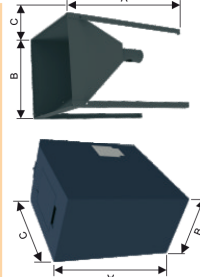
OPOP
partner for your heating

PELETOVÉ KOTLE
Peletové kotle BIOPEL LINE

Technické parametry



Technické parametry		Biopel 10	Biopel 15	Biopel 20	Biopel 30	Biopel 40
Typ kotle		10,32	15,6	16,64	31,7	42,46
Nominální výkon						
Minimální výkon	30 % z nominálního výkonu					
Záruční palivo						
Spotřeba paliva	kr/h	0,71 - 2,5	0,85 - 3,4	1,1 - 4,4	1,9 - 7,2	2,66 - 9,96
Emission třída		5	5	5	5	5
Účinnost	%	88,58 - 89,94	89,4 - 91,4	89,15 - 92,82	90,2 - 92,2	90,11 - 91,41
Vodní cjelem		43	43	59,3	59,3	83
Provozní tah kominna	Pa	15 - 20	15 - 20	15 - 20	15 - 20	15 - 20
Maximální pracovní tlak vody	Bar	2	2	2	2	2
Maximální teplota topné vody	°C	85	85	85	85	85
Minimální teplota vratné vody	°C	65	65	65	65	65
Hmotnost	kg	198	198	228	228	300
Rozměry						
A Výška	mm	1054	1054	1054	1054	1154
B Šířka	mm	455	455	455	455	655
C Hloubka	mm	760	760	825	825	923
D Limbáží kouřovodu	mm	708	708	708	708	808
E Limbáží nárubku vstupní vody	mm	888	888	888	888	988
F Umístění nárubku výstupní vody	mm	888	888	888	888	988
Připoovací nárubky	DN	130	130	150	150	150
Průměr kouřovodu	mm	130	130	150	150	150



Parametry zásobníků		80x80	100x100	1420x80	kompakt	malý kompaktní
Typ zásobníku		300	350	250	150	150
Objem pelet	kg	25	29	35	95	55
Hmotnost	kg	25	29	35	95	55
A Výška	mm	1300	1300	1300	1210	1210
B Šířka	mm	600	815	1000	1420	653
C Hloubka	mm	600	815	1000	815	1190

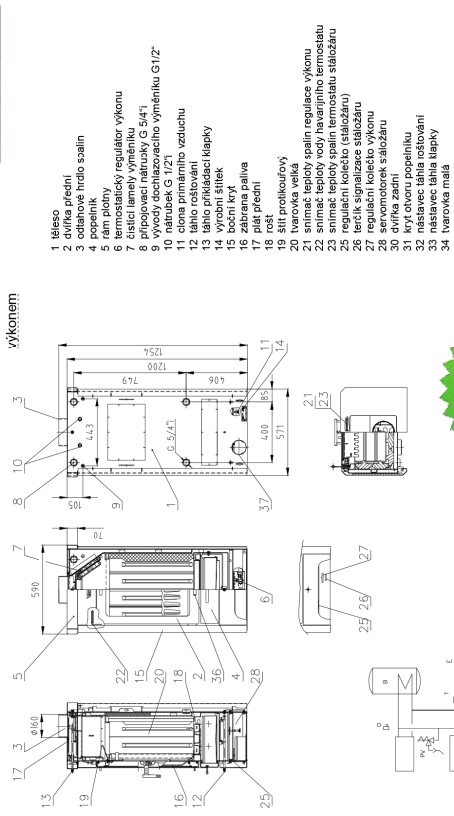
Výrobce: OPOP spol. s r. o., Zásavská 750, 757 01 Valašské Meziříčí, tel.: +420 571 675 589, e-mail: sales@pop.cz
www.pop.cz

Výrobce: OPOP spol. s r. o., Zásavská 750, 757 01 Valašské Meziříčí, tel.: +420 571 675 589, e-mail: sales@pop.cz
www.pop.cz

Příloha D - Krbová kamna Verner 13/10.1 - technické parametry



PARAMETRY	13/10 - 1	13/10
Regulovatelnost (vzhledem k jmenovitému výkonu)	3,9% - 100%	50% - 120%
Celkový jmenovitý tepelný výkon	9 kW	13 kW
Jmenovitý výkon předávaný do otopné soustavy	7 kW	10 kW
Jmenovitý výkon předávaný povrchem kotle	2 kW	3 kW
Účinnost		87,4 %
Spotřeba paliva při jmenovitém výkonu	2,5 kg/hod.	3,6 kg/hod.
Doba hoření plně vsázky paliva při jmenovitém výkonu	2 - 3 hod.	3 hod.
Palivo	dřevo (vlhkost do 20 %), dřevěné brikety	... až 12 hod.
Teplovodní výměník / vychlazená smyčka	ano/ ano	
Celková hmotnost	235 kg	255 kg
Šířka	590 mm	
Hloubka	470 mm	532 mm
Výška	1 254 mm	
Poznítkámka	s redukováním výkonem	standard



- legenda:**
 K - interiérový kotel VERNER 13/10 (13/10.1)
 E - tlaková expanzní nádobka
 B - boiler
 PV - pojistný ventil
 O - samostatný odvzdušňovací ventil
 T - termostatická kapilára

VERNER a. s.
 Sokolská 321, 549 41 Červený Kostelec,
 telefon: +420 491 462 135, +420 491 465 024
 email: info@verner.cz
www.verner.cz

VERZE 4/6/2010

Interiérový kotel VERNER 13/10 a provedení VERNER 13/10.1 s redukováním výkonem

Dopřejte si i Vy radost z posezení u „rodinného krbu“!

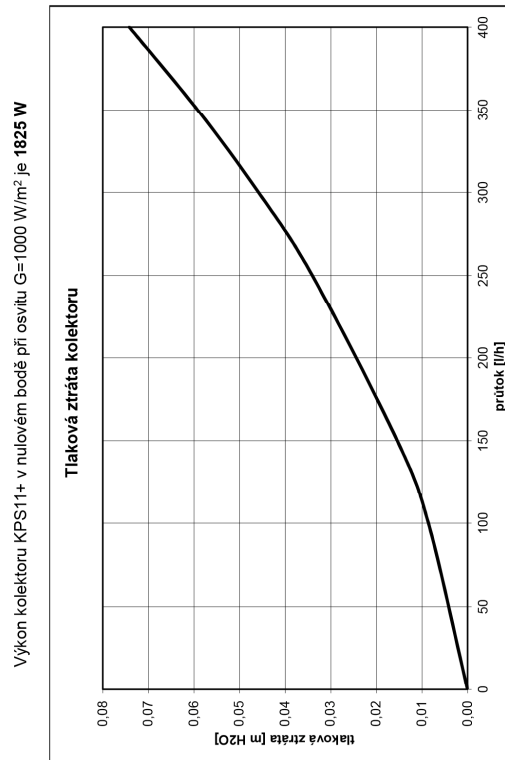
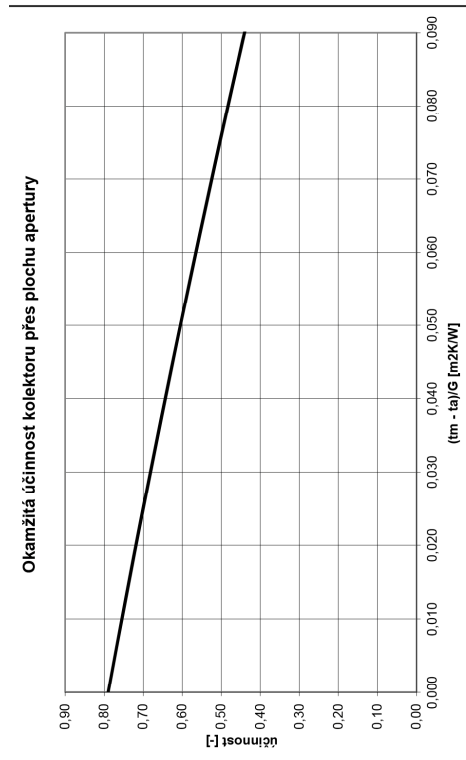
Nová generace topidel VERNER spojuje přednosti kotlů a krbových kamen. Interiérový kotel VERNER 13/10 a provedení 13/10.1 s redukováním výkonem nabízí pohodu a teplo rodinného krbu společně s vysokou výtečností a komfortem vytápění při napojení na teplovodní okruh topné soustavy (kotle mají vestavěný teplovodní výměník). Vysoká účinnost a kvalita spalování zaručují úsporný provoz při minimálním zatížení životního prostředí.

Tyto kotle jsou ideálním spojením skvělé funkčnosti, vysoké kvality a příjemného estetického provedení - tedy vlastnosti, které pro Vás společnosti VERNER u svých výrobků již tradičně nabízí a garantuje.

Na kotle je poskytována dotace z programu „Zelená úsporám“ ve výši 50 000 Kč a v kombinaci s akumulací nádrží dokonce 80 000 Kč. Kotel je vhodné kombinovat i s napojením na solární systém pro přípravu teplé vody a přitápění. Při této kombinaci dotace činí 130 000 Kč.

- Hlavní přednosti interiérového kotle VERNER 13/10 a provedení VERNER 13/10.1 s redukováním výkonem**
- kotel lze obsluhovat i z jiné místnosti, čímž odpadá nutnost manipulace s palivem a s popelem v obytné místnosti
 - velký podíl výkonu do otopné soustavy (77%) při plném i sníženém výkonu (nedochází k přitápění místnosti ve které je topidlo umístěno)
 - možnosti využití i v interiérech s vysokými nároky na čistotu:
 - jako jediný zdroj tepla v objektu pro trvalý provoz
 - nebo doplňkové topidlo v objektech vytápěných elektrinou či plynem
 - možnost spojení s akumulací nádrží nebo napojení na solární systém pro přípravu teplé vody a přitápění, ale i kombinace obou variant
 - mimořádně dlouhodobá státožárnost (až 12 hodin), díky mohutné keramické vyzdíve, speciálnímu uzavíratelnému roštu a automatickému přepínání do státožárné odstavky
 - velký objem příkřídáckého prostoru a popelníku (není nutné část přikřídáček odstraňovat popela)
 - pohyblivý rošt umožňuje spalovat i paliva s větším podílem popela (kůrové brikety)
 - vestavěná dochlazená smyčka zabezpečuje kotel proti přetopení, které hrozí u nucené soustavy při výpadku el. proudu
 - vysoká účinnost (87,4%) a kvalita spalování zaručují úsporný provoz při minimálním zatížení životního prostředí
 - vzhled a rozměry kotle, esteticky vyvážený design s velkoplošným sklem spolu s možností k obezdění umožňují citlivé zařazení do všech typů interiérů

Příloha E - Solární plochý panel Regulus KPS11+ - technické parametry



REGULUS spol. s r.o. tel.: +420 241 764 506
 Do Koutů 1897/3 +420 241 762 726
 143 00 Praha 4 fax: +420 241 763 976
 ČESKÁ REPUBLIKA
www.regulus.cz e-mail: obchod@regulus.cz

REGULUS spol. s r.o. tel.: +420 241 764 506
 Do Koutů 1897/3 +420 241 762 726
 143 00 Praha 4 fax: +420 241 763 976
 ČESKÁ REPUBLIKA
www.regulus.cz e-mail: obchod@regulus.cz



KPS11+ TECHNICKÝ LIST v1.1_01/2015

Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	2030 x 1230 x 92 mm
stavební šířka	1280 mm
celková plocha	2,49 m ²
plocha apertury	2,31 m ²
hmotnost bez kapaliny	50 kg
Zasklení	
materiál	kalené prizmatické sklo
tloušťka	4 mm
Absorbér	
materiál	hliník, tl. 0,5mm
povrchová úprava	TiNOx
konstrukční typ	lyrový, laserově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	4 x Ø 22 mm x 0,7 mm
materiál trubek absorbéru	měď
rozměr trubek absorbéru	11 x Ø 8 mm x 0,5 mm
maximální pracovní tlak	10 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	196°C
tepelnosná kapalina	vodní roztok propylenglykolu, 1,64 l
doporučený průtok	60 – 120 l/h
Tepečná izolace	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	40 mm
Rám	
materiál rámu	hliníková slitina
barva rámu	RAL 7039
zadní plech	hliníková slitina, tl. 0,5 mm
Okamžitá účinnost na plochu apertury / absorbéru	
η_{0a}	0,79 / 0,79
a_{1a}	3,48 / 3,48 W/m ² K
a_{2a}	0,0056 / 0,0056 W/m ² K ²

testováno dle EN 12875:2006

Příloha F - Solární panel SM-250PC8 - technické parametry

SM-255PC8 60 cell-series
Polycrystalline PV Module



SM-255PC8 60 cell-series
Polycrystalline PV Module

240 ~ 255 Watt

New story creator S-Energy

As the first company for PV industry in Korea, S-Energy has always been marking its name in every milestone of Korean PV history. Since 1992, we have been manufacturing PV modules and providing system integration service to our customers, and now we are proud to boast our worldwide recognition based on unbeatable quality standards and reliability. S-Energy's PC8 series is designed with our accumulated experience and cutting edge technology, and it will be the perfect choice for you which can be used in any environment and any installation conditions.

Features

Positive tolerance
0 ~ +5W positive power sorting

Mechanical load
8,400 Pa (857kg/m²)
(IEC Standards: 245kg/m²)

Hail impact test
30.7m/s speed ball
(IEC Standards: 23m/s)

Ammonia corrosion resistance test
Applicable in agricultural and stock breeding environment

Salt mist corrosion test
Applicable in marine environment

Linear warranty
Max annual power decline 0.7%

Electrical Characteristics

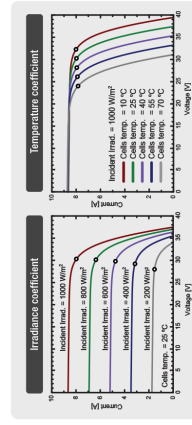
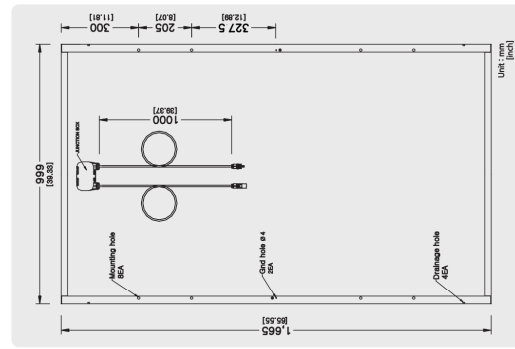
	SM-240PC8	SM-245PC8	SM-250PC8	SM-255PC8
STC (Irradiance 1000W/m ² , module temperature 25°C, AM=1.5)	240W	245W	250W	255W
Rated power (P _{max})	30.0V	30.4V	30.8V	30.8V
Voltage at P _{max} (V _{mp})	8.02A	8.08A	8.14A	8.20A
Current at P _{max} (I _{mp})	240W	245W	250W	255W
Warranty: minimum P _{max}	8.58A	8.63A	8.67A	8.62A
Short-circuit current (I _{sc})	37.3V	37.4V	37.5V	37.9V
Open-circuit voltage (V _{oc})	14.42%	14.72%	15.03%	15.33%
Module efficiency	-40°C to +85°C			
Operating module temperature	600VDC (UL) / 1000VDC (IEC)			
Maximum system voltage	15A			
Maximum series fuse rating	20.25A			
Maximum reverse current	0 ~ +5 W			
Power tolerance				

Temperature Characteristics

Temperature coefficient of I _{sc}	0.052%/°C
Temperature coefficient of V _{oc}	-0.312%/°C
Temperature coefficient of power	-0.493%/°C
NOCT (Air 20 °C; Sun 0.8kW/m ² ; Wind 1m/s)	45±3 °C

Packing Configuration

Container	40' H/C
Modules per pallet	20 pcs
Pallets per container	26 pallets
Modules per container	520 pcs



Remarks :
P_{max} measurement tolerance: ±3%
S-Energy uses triple A class simulator.
Specification refers to average values.
Document #: SE-Guidance_PC8PC6_09-2013_V01

S-Energy Co., Ltd.
A-1000, ICL, MiraeSoft Tower 6th, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel. +82-70-4339-7100 Fax. +82-70-4339-7190 E-mail. inquiry@se-energy.com

S-Energy Europe GmbH
Adolf-Luecke-Str. 30-34, 65259 Eschborn, Germany
Tel. +49-6198-9540-111-3 Fax. +49-6198-9965-778 E-mail. info@se-energy.com

S-Energy America, Inc.
15881 Van Soren Blvd, Suite 750 Irvine, CA 92612, U.S.A.
Tel. +1-949-281-7887 Fax. +1-949-281-7883 E-mail. hz@se-energy.com

Qualifications & Certifications
IEC 61215 & 61730, CE, UL1703, MCS, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, PV Cycle



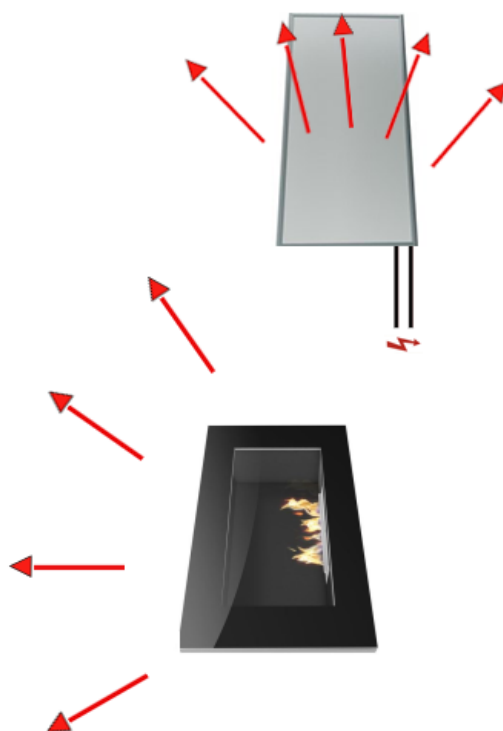
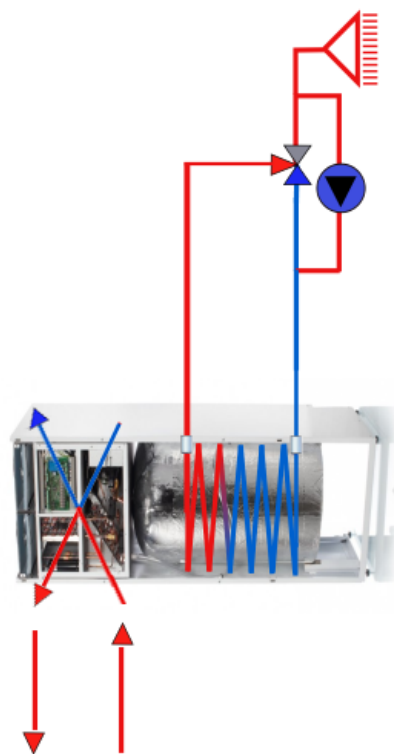
Mechanical Characteristics

Solar cell	Polycrystalline: 156mm x 156mm (6 inches)
No. of cells	60 cells 6 x 10 matrix
Dimensions	1665mm x 995mm x 50mm
Weight	20 kg (44.09 lbs)
Front glass	3.2mm High-transmittance low iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum silver frame Option - black color / rail type
Output cables	BHW-2, 12AWG (4mm ²) / Cable length: 1000mm
Connectors	MC4 connectable

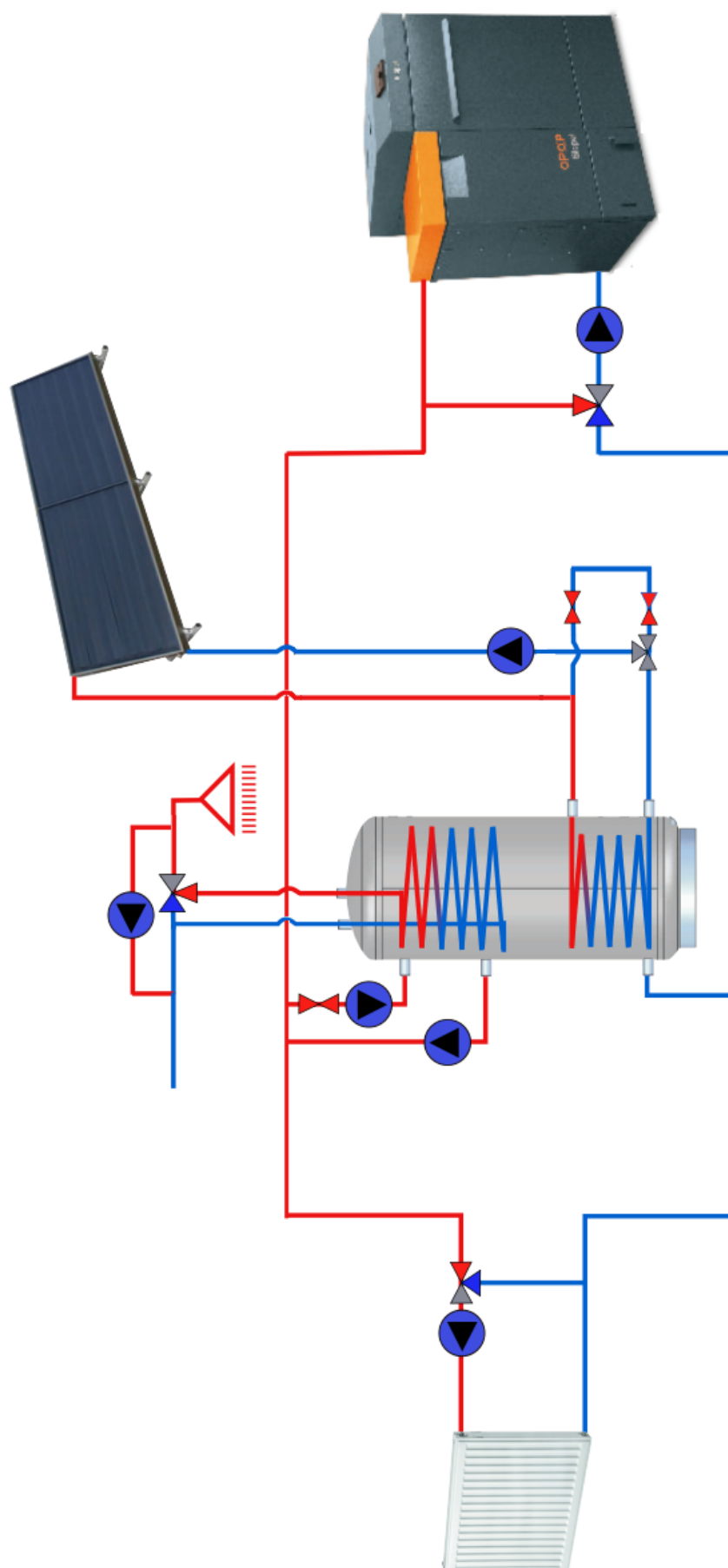
Warranty

Product warranty	10 years limited product warranty
Performance warranty	1 st year minimum peak power output : 97% 2 nd year to 24 th year peak power output : max annual power decline 0.7% 25 years peak power output : 80.2%

Příloha G - Varianta 1 - schéma systému



Příloha H - Varianta 2 - schéma systému



Příloha I - Varianta 3 - schéma systému

