

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Pasivní a nízkoenergetické budovy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika HAMPLOVÁ**
Osobní číslo: **E10N0091P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Pasivní a nízkoenergetické budovy**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vysvětlete základní problematiku nízkoenergetických a pasivních budov.
2. Objasněte funkční rozdíly mezi nízkoenergetickými a pasivními budovami.
3. Popište elektrická zařízení NED a PD a navrhnete možnou optimalizaci.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. Řehánek, Janouš : Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Předkládaná diplomová práce přehledně zpracovává funkční rozdíly mezi nízkoenergetickými a pasivními budovami a zároveň se zaměřuje na jejich charakteristické znaky. Dále se zabývá problematikou těchto domů a popisuje také současně dostupné a nejpoužívanější zařízení používané v nízkoenergetických a pasivních domech. Cílem této práce je změřeni a návrh možné optimalizace stávající budovy.

Klíčová slova

Spotřeba tepla, nízkoenergetický dům, pasivní dům, tepelné čerpadlo, rekuperace, výměník tepla, větrání a solární kolektory.

Abstract

The presented diploma thesis describes the functional differences between low energy and passive buildings and focuses on their characteristics. It also deals with issues of these buildings and describes the currently available and the most used devices of low energy and passive buildings. The main objective of this thesis is the measurement and design of possible optimization of an existing building.

Keywords

Heat consumption, low-energy house, passive house, heat pump, recuperation, heat exchanger, ventilation and solar collectors.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne 2. května 2012

.....

podpis autora

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D., za odborné vedení a rady při jejím zpracování.

Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům Západočeské univerzity v Plzni za umožnění odborného vzdělání, rodině a manželovi za všestrannou podporu při vysokoškolském studiu.

Obsah

Úvod.....	11
1 Historie nízkoenergetických staveb.....	12
2 Nízkoenergetické domy.....	13
3 Pasivní domy.....	15
3.1 Základní znaky.....	16
3.2 Kritéria pasivních domů.....	17
3.3 Vysvětlení základních pojmů.....	18
3.4 Rozdíly mezi nízkoenergetickými a pasivními domy.....	18
4 Základní problematika nízkoenergetických a pasivních domů.....	21
4.1 Kvalita vnitřního prostředí.....	21
4.1.1 Teplota vzduchu.....	21
4.1.2 Vlhkost vzduchu.....	21
4.1.3 Mikroorganismy.....	21
4.1.4 Prach.....	21
4.1.5 Pachy a plyny.....	22
4.2 Těsnost budovy.....	22
4.2.1 Nutnost vzduchotěsné obálky.....	22
4.2.2 Základní požadavky na neprůvzdušnost.....	22
4.2.3 Souvislost neprůvzdušnosti se ztrátami tepla.....	22
4.2.4 Škodlivá vlhkost v konstrukci.....	23
5 Zařízení pro nízkoenergetické a pasivní domy.....	23
5.1 Zemní výměník.....	23
5.1.1 Vzduchový výměník.....	24
5.1.2 Solankový výměník.....	25
5.2 Nucené větrání s rekuperací tepla.....	25
5.3 Přirozené větrání.....	27
5.4 Rekuperační výměník tepla.....	27
5.4.1 Rekuperační výměníky, typy a účinnosti.....	28
5.4.2 Průtok vzduchu a tlakové ztráty.....	29
5.4.3 Zpětný zisk vlhkosti.....	30
5.5 Solární kolektory.....	30
5.5.1 Typy kolektorů.....	31

5.6	Tepelné čerpadlo.....	36
5.6.1	Princip tepelného čerpadla.....	37
5.6.2	Parametry tepelných čerpadel.....	38
5.6.3	Typy tepelných čerpadel.....	39
6	Měření	45
6.1	Popis měřeného objektu	45
6.2	Popis měřicího přístroje	46
6.3	Výsledek měření , parametry měření	47
6.3.1	Parametry měření	47
6.3.2	Výsledky měření.....	47
7	Návrh optimalizace.....	50
7.1	Návrh tepelného čerpadla.....	50
7.1.1	Zadané hodnoty	50
7.1.2	Určení tepelného čerpadla	51
7.1.3	Finanční stránka.....	54
7.2	Další možnosti optimalizace	59
8	Závěr	61
	Literatura	62
	Seznam příloh	64

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Americký nízkoenergetický dům první generace (lyžařská chata ve Vermontu, USA) [1].....	13
Obr. 2: Základní schéma pasivního domu [1]	16
Obr. 3: Srovnání měrné spotřeby energie jednotlivých typů staveb [1]	17
Obr. 4: Srovnání roční energetické bilance zasklení. Povrchová teplota se vztahuje k venkovní teplotě -10°C a vnitřní teplotě 20°C. [8]	20
Obr. 5: Nejčastější místa netěsností [1]	23
Obr. 6: Schéma cirkulačního vzduchového zemního výměníku [15]	24
Obr. 7: Princip zemního výměníku [1].....	24
Obr. 8: Větrací systém v rodinném domě [4].....	26
Obr. 9: Rekuperační výměník tepla (čerstvý vzduch je ohříván na teplotu blízkou pokojové teplotě, jen zbylých pár stupňů je nutno dohřát) [4].....	28
Obr. 10: Typy výměníků [4]	29
Obr. 11: Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem o mnoho vyšší než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 20%. [4]	30
Obr. 12: Schéma solárního kolektoru [14]	31
Obr. 13: Rozdělení solárních kolektorů [7].....	32
Obr. 14: Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [7].....	33
Obr. 15: Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru [7].....	34
Obr. 16: Trubkový jednotěnné vakuových kolektory: s přímo protékajícím koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo) [7].....	34
Obr. 17: Trubkový dvojstěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou [7]	35
Obr. 18: Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů [13]	36
Obr. 19: Princip tepelného čerpadla [8]	38
Obr. 20: Tepelné čerpadlo země/voda – plocha [11]	40
Obr. 21: Tepelné čerpadlo země/voda – vrt [11].....	40
Obr. 22: Tepelné čerpadlo země/voda – větrací vzduch [11]	41
Obr. 23: Tepelné čerpadlo vzduch/voda – venkovní jednotka [8].....	42
Obr. 24: Tepelné čerpadlo vzduch/voda – vnitřní jednotka [8]	42
Obr. 25: Tepelné čerpadlo voda/voda [11].....	43
Obr. 26: Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch – venkovní jednotka [8]	43
Obr. 27: Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch – vnitřní jednotka [8].....	44
Obr. 28: Termovizní kamera FLIR E50 [9]	47

Obr. 29: Hodnoty teplot – strana od terasy	48
Obr. 30: Hodnota teploty – vchodová strana	48
Obr. 31: Hodnota teploty – zadní strana domu	49
Obr. 32: Hodnota teploty – boční strana ze zahrady	49
Obr. 33: Hodnota teploty – detail pootevřeného okna	50

Seznam tabulek

Tab. 1: Základní požadavky z hlediska potřeby tepla na vytápění podle českých předpisů [5]	14
Tab. 2: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [5]	15
Tab. 3: Nejčastější jednotky [1]	18
Tab. 4: Maximální hodnoty příkonu spotřebičů [16]	19
Tab. 5: Technické parametry termovizní kamery FLIR E50 [9]	46
Tab. 6: Parametry tepelného čerpadla IVT Greenline LC C6 (země/voda) [11]	52
Tab. 7: Parametry tepelného čerpadla IVT Greenline AIR 50 (vzduch/voda) [11]	53
Tab. 8: Výpočet množství spotřeby el. energie	54
Tab. 9: Porovnání vstupních nákladů	55
Tab. 10: Návratnost investic	56
Tab. 11: Skutečná návratnost investic	57
Tab. 12: Návratnost investic	58

Seznam grafů

Graf 1: Vývoj ceny spotřeby	56
Graf 2: Návratnost investice od roku 2007	57
Graf 3: Návratnost investice od roku 2012	58

Úvod

V současné době se díky velkému nárůstu cen elektrické energie či plynu lidé poohlížejí čím dál více po možnosti snížení nákladů na provoz vlastních domů. Díky tomuto problému se trendem ve stavebnictví stávají nízkoenergetické a pasivní budovy, které mají ve srovnání s běžnými budovami výrazně nižší provozní náklady. Většina lidí v dnešní době opomíjí při stavbě rodinných domů fakt, že investice (rozdíl ceny běžné a nízkoenergetické budovy) se jim vyplatí, proto je hlavním cílem této práce návrh možné optimalizace stávajícího rodinného domu.

Práce se také zaměřuje na rozdíly a problematiku nízkoenergetických a pasivních budov a charakterizuje jednotlivé znaky těchto budov. Zabývá se celou řadou zařízení, která jsou v současné době nejpoužívanější v nízkoenergetických a pasivních domech. Tato zařízení slouží nejen k úspoře energií, ale i k zpříjemnění života obyvatel těchto domů. Nejběžnějšími a neznámějšími zařízeními požívající se v nízkoenergetických a pasivních domech jsou tepelná čerpadla, solární kolektory, nucené větrání s rekuperací a další. Existuje mnoho druhů tepelných čerpadel a solárních kolektorů, ze kterých zájemci mohou vybírat.

1 Historie nízkoenergetických staveb

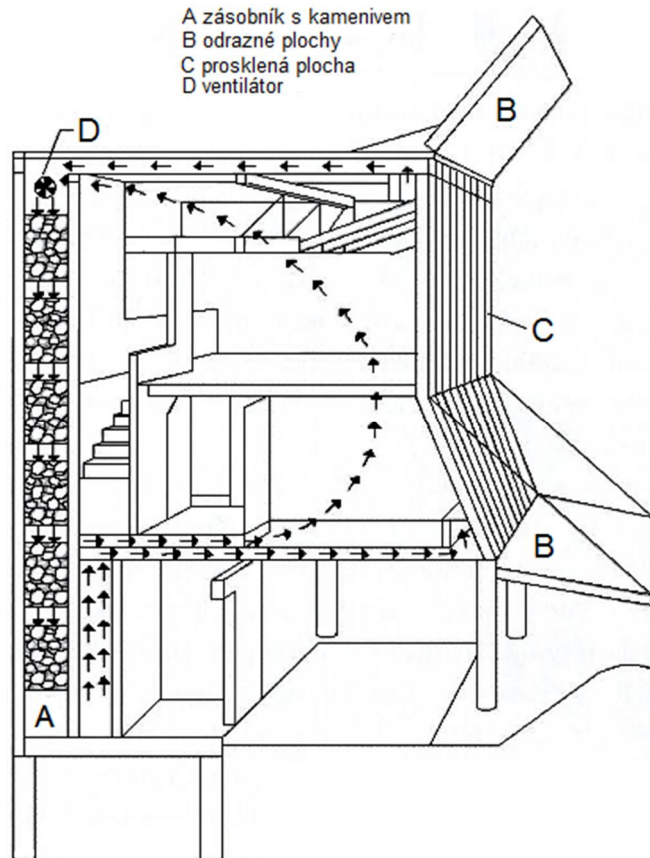
Nízkoenergetická a solární architektura vděčí svému největšímu rozmachu ropným krizím v 70. letech v USA. Svět si tehdy poprvé silně uvědomil svoji závislost na ropě a energii. Spojené státy byly zasaženy ropnou krizí nejvíce. Díky tomu se začal zvyšovat tlak na úspory energie. Úspory ve spotřebě energie se začaly hledat i v jiných oblastech. Hlavní oblastí bylo stavebnictví, kde začala experimentální výstavba úsporných domů, zaměřených na solární energie. Také vzniklo velké množství staveb, které využívaly sluneční energii pomocí velkých ploch slunečních kolektorů, solárních skleníků a prosklených stěn. Používaly se taky velké zásobníky, do kterých se akumulovalo teplo z těchto velkých ploch. Mluvíme zde o nízkoenergetických domech první generace. Charakterizuje je to, že kladou velký důraz na velký zdroj tepla, ale izolační schopnosti stavby zůstaly podceněny. Jelikož byly stavby hodně finančně náročné, brzy se od nich upustilo. Celý vývoj v nízkoenergetickém stavebnictví přinesl veliké zlepšení v izolačních vlastnostech běžné výstavby. Ve Spojených státech se ale stále využívá mohutný zdroj tepla, obvykle se jedná o velké tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch (využívající se současně i na chlazení budovy). [1]

V menším měřítku byla ropnou krizí zasažena i Evropa. Trend nízkoenergetického stavebnictví se zde ale dále rozvíjel. Evropské a americké stavebnictví je založeno na jiných principech. V Evropě se klade větší důraz na tradiční materiály a kvalitní detail, počítá se zde s podstatně vyšší životností staveb. Dále se trend úsporných staveb postupně vyvinul do nízkoenergetických staveb druhé generace. [1]

Pojmem nízkoenergetické stavby druhé generace rozumíme to, že domy se vyznačovaly zvýšenou tepelnou izolací, kvalitními a těsnými okny. Dále se začalo navrhovat tepelné zónování vnitřních prostor. Architekti začali používat nové aktivní technologie, které jsou dnes již běžně dostupné – řízené větrání s rekuperací, tepelná čerpadla, solární kolektory pro ohřev teplé užitkové vody (TUV) a teplovzdušné kolektory. [1]

Jak vývoj stále postupoval, vyskytla se „teorie pasivního domu“. Jedná se o dům, který si vystačí na vytápění s pasivními zisky (zisky ze slunečního záření a z vnitřního provozu domu). První pasivní dům byl postaven v roce 1991 v Německu v Darmstadtu.

V roce 2006 v ČR vzniklo občanské sdružení Centrum pasivního domu. S tím následně vznikla i síť center pasivního domu u nás. [1]



Obr. 1: Americký nízkoenergetický dům první generace (lyžařská chata ve Vermontu, USA)

[1]

2 Nízkoenergetické domy

U nízkoenergetické budovy je kladen velký důraz na energetickou náročnost provozu budovy. Zajímá nás hlavně potřeba tepla na vytápění, dále je důležitá potřeba tepla na větrání, chlazení, umělé osvětlení a technologická zařízení. Tato hlediska jsou zaznamenána ve Směrnici EU o energetické náročnosti budov od roku 2006. Pro výstavbu nízkoenergetického domu je důležité správné navržení umístění toho domu. Zároveň je důležité, aby tento dům měl velká okna směřovaná na jih. V zimě na ně pak dopadá větší množství sluneční energie. [1]

Tepelná izolace by u takových domů měla být minimálně 200 mm. Součástí nízkoenergetického domu může být otopná soustava. Součinitel prostupu tepla by neměl přesahovat hodnotu $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. V nízkoenergetických domech se používají minimálně dvojskla, spíše pak trojskla, která jsou vyplněna argonem nebo kryptonem. [5]

Zařízení, která se využívají v nízkoenergetických domech jsou stejná jako v pasivních domech.

Tab. 1: Základní požadavky z hlediska potřeby tepla na vytápění podle českých předpisů [5]

Kritérium	Od roku	Jednotky	Hodnoty
Potřeba tepla na vytápění vztažená k objemu 200 m ³ (pro byty)	1979	MWh/a	9,3
Potřeba tepla na vytápění vztažená k objemu 200 m ³ (pro byty)	1992	MWh/a	6,5
Celková tepelná charakteristika budovy (Ostatní budovy)	1994	W/(m ³ K)	+1,5((A/V)+0,1)/(A/V)+1,1 ++
Potřeba tepla na vytápění vztažená na jednotkový vytápěný objem nebo na jednotkovou vytápěnou plochu	2001*	kWh/(m ³ a) kWh/(m ² a)	+20,64+26,03(A/V) +0,32(20,64+26,03(A/V))
dtto	2002**	kWh/(m ³ a) kWh/(m ² a)	dtto

* podle Vyhl. 291/2001 Sb. Pro větší budovy, při použití veřejných prostředků i pro malé budovy

** Stále platí Vyhláška 291/2001 Sb. Podle ČSN 73 0540:2 (2002) platí od prosince 2002 tentýž požadavek pro všechny budovy, tedy i pro malé soukromě investované.

+ v závislosti na kompaktnosti budovy (faktoru tvaru A/V dříve označované také jako geometrická charakteristika budovy)

++ doporučené hodnoty o 20% nižší, přípustné pro změny staveb o 40% vyšší.

Základní členění nízkoenergetických domů (NED)

Měrná potřeba tepla na vytápění u budov s velmi nízkou energetickou náročností je výrazně nižší, než je odpovídající závazný požadavek aktuálních předpisů. Množství tepla určujeme za rok (per annum, proto **a** v označení fyzikálního rozměru) a je stanoveno výpočtem. Vztahuje se na 1 m² plochy vytápěné budovy. [5]

Podle normy ČSN 730540:2 považujeme za nízkoenergetické budovy takové budovy, které mají roční měrnou spotřebu tepla na vytápění ≤ 50 kWh/m²a, používající velmi účinnou otopnou soustavu. V tomto ohledu pro nás není podstatný tvar budovy. Podle stavu techniky je možné očekávat další snížení uvedené hodnoty. [5]

V současné době se často setkáváme s pojmem „nulový dům“ nebo dům „s nulovou spotřebou energie“. Nulové domy dostaly svůj název díky skoro nulové spotřebě tepla. Spotřeba tepla je < 5 kWh/m²a. Vybudování nulového domu můžeme dosáhnout jen při velmi mimořádných podmínkách, proto je takový dům vidět jen velmi ojediněle. [5]

Můžeme se setkat i s návrhy na „domy s energetickým přebytkem“ nebo domy „Energie-plus“, jedná se v podstatě o pasivní domy, které vyprodukují více energie, než jsou schopny spotřebovat. U tohoto typu je využito velkoplošné integrace fotovoltaických systémů pro výrobu elektrické energie. Zároveň je dům schopen dodávat přebytky energie do sítě. [5]

Pokud pohlédneme do zahraničí, naskytne se hned několik kategorií. Patří sem např. MINERGIE® (nízkoenergetický standart ve Švýcarsku) a MINERGIE-P® (paralelka k pasivnímu domu). Dále v Německu máme 5-liter-Haus, 3-liter-Haus atd., jedná se o přibližnou spotřebu topného oleje na 1 m² podlahové plochy. 3-litre-Haus přibližně odpovídá 30 kWh/m²a ve středoevropském klimatu. [5]

Mimo tyto kategorie stojí ještě za zmínku „energeticky nezávislý dům“. Je řešen, aby potřebnou energii pro svůj provoz vyprodukoval sám, bez dodávek energie zvenku. Takovýto dům má smysl hlavně v extrémní horské poloze, kde nejsou k dispozici obvyklé energetické sítě. [5]

Tab. 2: Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [5]

Kategorie	Spotřeba tepla na vytápění
Starší budovy	Často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více
Obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků)	80-140 [kWh/m ² a] v závislosti na faktoru tvaru A/V
nízkoenergetický dům	≤ 50 [kWh/m ² a]
pasivní dům	≤ 15 [kWh/m ² a]
nulový dům	< 5 [kWh/m ² a]

3 Pasivní domy

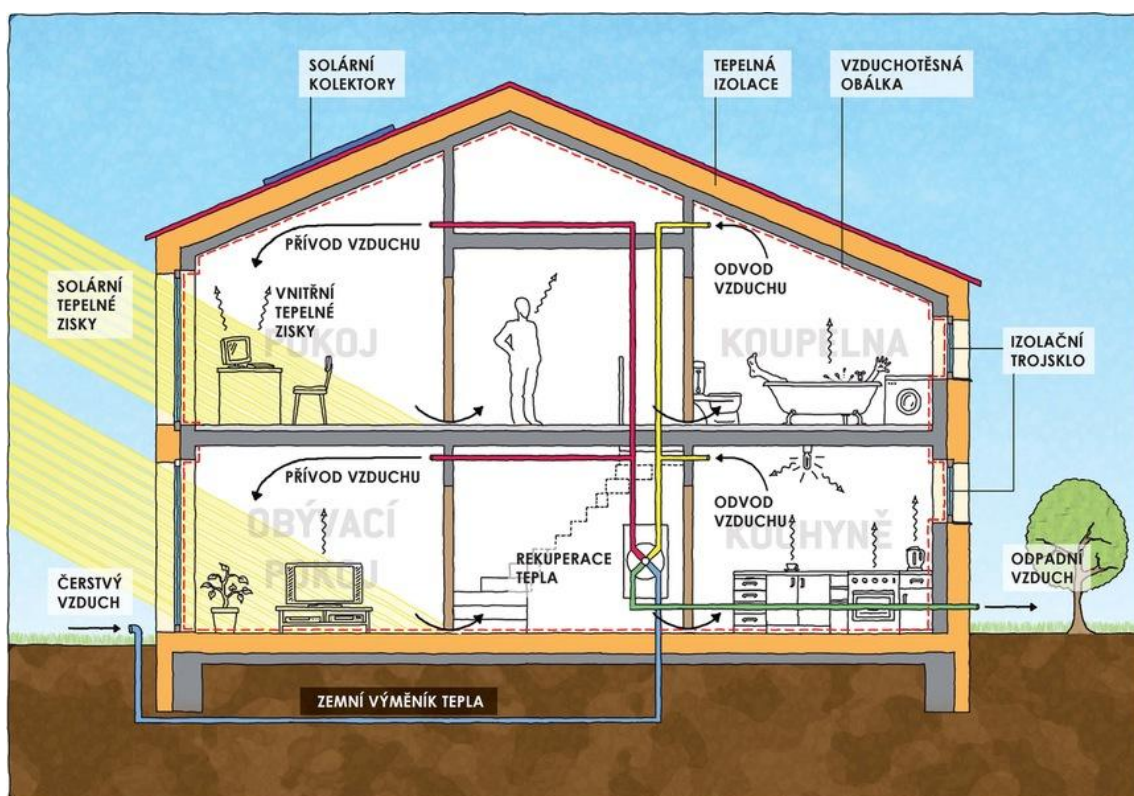
Využívá se zde princip tepelných zisků. Pasivní dům je stavba, která se vytopí téměř sama a to s pomocí slunečního záření a vnitřních tepelných zisků (spotřebiče, osoby atd.). Spotřeba tepla na vytápění je desetkrát menší než u běžných domů, což činí méně než 15kWh/m²a. V pasivních domech se nevyskytuje klasická otopná soustava, stačí pouze malý zdroj, který pokryje zbytkovou potřebu tepla. [1]

U pasivních domů konstrukce tvoří tepelnou obálku domu provedenou standardními technologiemi, které jsou dostupné na trhu. Tloušťka tepelné izolace je 300- 400mm, ve střeše je šířka izolace 400–500 mm a v podlaze 250-300 mm. [1]

Větrací systém se zpětným získáváním odpadního tepla neustále zajišťuje čistý čerstvý vzduch v celém domě. Nevyskytují se zde tepelné mosty, díky tomu a nepřetržitému větrání zůstávají konstrukce suché a bezporuchové. [1]

V praxi se můžeme setkat s pojmem „téměř pasivní dům“ nebo „dům s velmi nízkou spotřebou tepla“, jedná se v podstatě o domy, které jsou velmi podobné pasivním domům, ale nemají dostatečné některé technické parametry. Podobné jsou nejen svým pojetím, ale zároveň použitými technickými prostředky. [1]

Na následujícím obrázku je možno vidět základní schéma pasivního domu. Solární kolektory se umísťují na střechu, kvůli dobrému využití dopadajícího slunečního záření. Dále je zde znázorněna tepelná izolace, vzduchotěsná obálka a izolační trojsklo, které může být naplněno argonem nebo kryptonem. Také je možno vidět kde je umístěn zemní výměník tepla a jednotlivé přívody a odvody tepla, kudy proudí odpadní vzduch a kam se přivádí čerstvý vzduch.



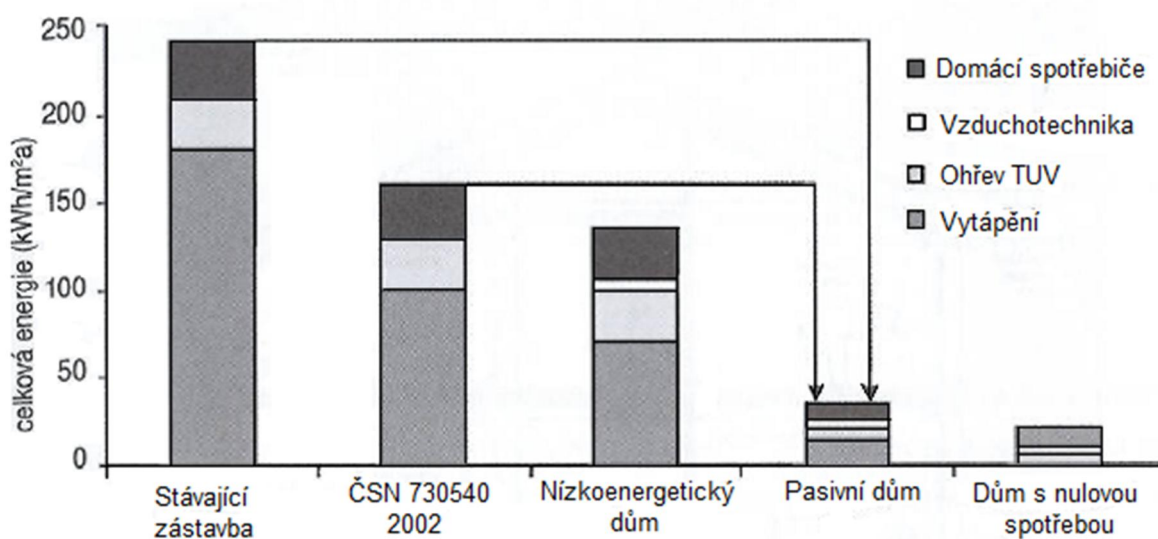
Obr. 2: Základní schéma pasivního domu [1]

3.1 Základní znaky

- Důkladně propracovaný architektonický návrh;
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků;
- orientace prosklených ploch na jih nebo na jihozápad;
- velmi kvalitní izolační okna;
- maximální tepelná izolace a vzduchotěsnost domu;
- efektivní řešení tepelných mostů;
- řízené větrání s rekuperací tepla;
- chybějící klasický otopný systém. [1]

U pasivních domů platíme za ohřev vody a za elektřinu pro domácnost, snažíme se snižovat spotřebu například použitím solárního systému nebo použitím úsporných elektrických spotřebičů. [1]

Z níže uvedeného grafu je zřejmé jak se na celkové spotřebě energie podílejí například domácí spotřebiče, vzduchotechnika, ohřev teplé užitkové vody nebo vytápění. Také je zde znázorněno jakou spotřebu tepla mají jednotlivé budovy. Spotřeba tepla je uvedena v kWh/m²a. Stávající staré zástavby mají nejvyšší spotřebu tepla, nejlépe jsou na tom domy s nulovou spotřebou, ty nejsou zatím v současné době moc k vidění.



Obr. 3: Srovnání měrné spotřeby energie jednotlivých typů staveb [1]

3.2 Kritéria pasivních domů

Hodnoty platí pro středoevropské klimatické podmínky

- Měrná spotřeba tepla na vytápění ≤ 15 kWh/m²a;
- maximální topný výkon 10 W/m²;
- součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí s $U \leq 0,15$ W/m²K;
- okna s hodnotou $U \leq 0,8$ W/m²K a se sklem o hodnotě $g \geq 50\%$;
- celková neprůvzdušnost nesmí přesáhnout 0,6 násobek výměny vzduchu za hodinu;
- součinitel vzduchové neprůvzdušnosti $n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹ ;
- vzduchotechnická jednotka s rekuperací s účinností vyšší než 75%;
- celková roční spotřeba primární energie (na topení, větrání a elektrické spotřebiče) nesmí překročit 120 kWh/m²a. [1]

3.3 Vysvětlení základních pojmů

Tab. 3: Nejčastější jednotky [1]

Název	Symbol	Jednotka	Vysvětlení	Souvislost
Součinitel tepelné vodivosti	λ	W/mK	Schopnost látky (materiálu) vést teplo	
Tloušťka vrstvy	d	m		
Tepelný odpor	R	m ² K/W	Schopnost materiálu o určité tloušťce zadržet teplo	$R=d/\lambda$
Součinitel prostupu tepla	U	W/m ² K	Schopnost materiálu o určité tloušťce vést teplo (čím menší je hodnota U, tím méně tepla projde)	$U=1/R$
Roční spotřeba tepla	Q	kWh/rok		
Měrná spotřeba tepla na vytápění	Ev	kWh/m ² rok	Roční spotřeba tepla vztažená na jeden metr čtvereční podlahové plochy	

3.4 Rozdíly mezi nízkoenergetickými a pasivními domy

Pasivní domy musí splňovat všechna kritéria jako nízkoenergetické domy, jen s tím rozdílem, že u pasivních domů je mnohem více posílená tepelná obálka. V současné době se téměř každá novostavba považuje za nízkoenergetický dům. Dále lze také z běžného rodinného domu udělat nízkoenergetický dům, ale nelze z něj udělat pasivní dům. Pasivní dům je schopen si na svůj provoz vydělat téměř sám a to zejména tepelnými zisky. U pasivních domů hodnoty součinitelů prostupu tepla obvodových konstrukcí mají být <0,15W/m²K. Výsledný součinitel prostupu tepla u oken má být maximálně 0,8 W/m²K. Obvykle jsou do těchto domů instalována okna s trojsklem a špaletová okna. Tepelná izolace je ve stěnách obvykle 300–400 mm, ve střešní konstrukci je pak 500–600mm. Kdežto u nízkoenergetického domu je tloušťka tepelné izolace minimálně 200 mm, celková tloušťka konstrukce je pak 350 mm a více. Součinitel prostupu tepla by u nízkoenergetických domů neměl přesahovat hodnotu 1 W/m²K. Jako v pasivních domech se i v nízkoenergetických používají minimálně dvojskla, spíše pak trojskla, která jsou vyplněna argonem nebo kryptonem.

Jelikož se jedná o velmi kvalitně navržené a zateplené budovy, hrají zde velkou roli vnitřní tepelné zisky. V tabulce 4 jsou uvedeny hodnoty maximálního příkonu jednotlivých zařízení v domácnosti. Z této tabulky je také zřejmé, že domácí spotřebiče mají zejména v pasivních domech velký vliv na celkovou spotřebu tepla. Pokud budeme uvažovat, že např. plazmová televize bude zapnutá celý den, spotřeba energie se zvýší, ale spotřeba tepla na

vytápění se sníží. Proto je doporučováno v pasivních domech používat nízkoenergetické spotřebiče, celková spotřeba se tak může snížit až o 50%.

Tab. 4: Maximální hodnoty příkonu spotřebičů [16]

Spotřebič	Příkon [W]
LCD televize	260
Plazmová televize	460
televize (s klasickou obrazovkou)	400
LCD monitor	30
PC (bez monitoru)	150
laserová tiskárna	500
video moderní	20
video starší	60
mikrovlnná trouba	1000

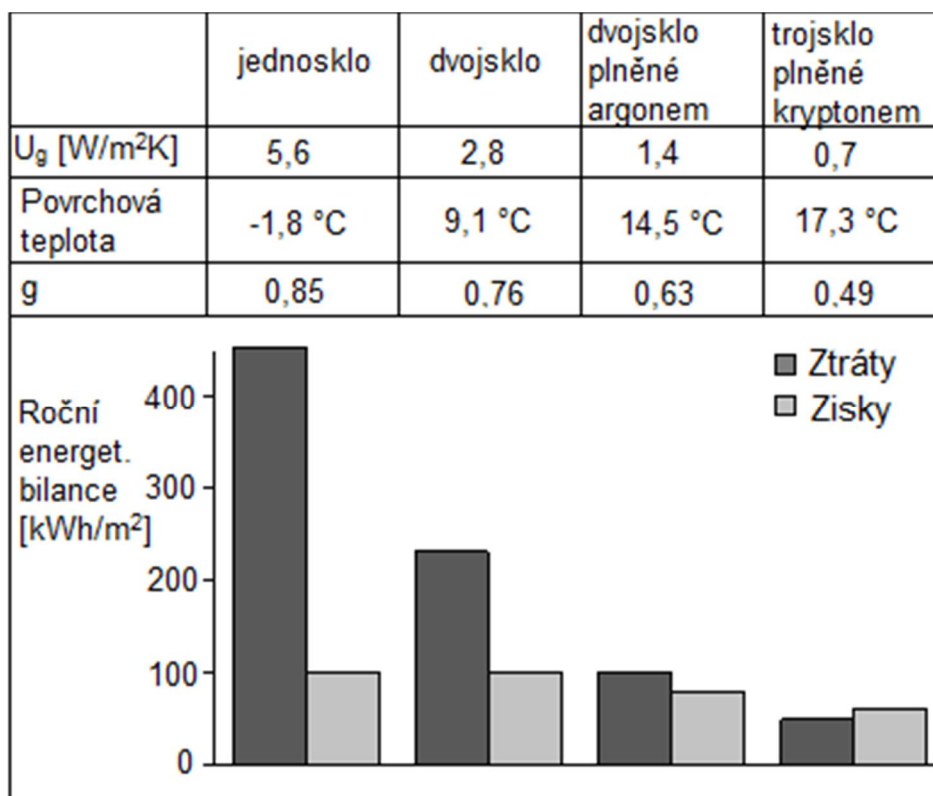
Roční plošná měrná spotřeba tepla na vytápění u pasivních domů nepřesahuje hodnotu 15 kWh/m²a. U nízkoenergetických domů je roční měrná spotřeba tepla na vytápění ≤50kWh/m²a.

Jak v nízkoenergetických, tak i v pasivních domech je využíváno nuceného větrání s účinnou rekuperací tepla (vyšší než 75%) z odváděného vzduchu. Velkým rozdílem těchto staveb je v používání otopné soustavy. Pasivní domy nemají otopnou soustavu, kdežto nízkoenergetické domy ano. U nich musí být celková roční měrná spotřeba tepla primární energie nižší než 120 kWh/m²a. U pasivních domů klademe velký důraz na celkovou průvzdušnost, kde $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$. Ještě než je budova dokončena, provádí se experimentální ověření vzduchotěsnosti podle normy ČSN EN 13829. Prvotní investice se u pasivních budov výrazně neliší od nízkoenergetických budov.

Okna nízkoenergetických a pasivních domů slouží jako sluneční kolektor, proto jsou solární zisky okny velmi významné jako příspěvek k pokrytí tepelných ztrát objektu. Snažíme se používat zasklení s velmi nízkou hodnotou součinitele prostupu tepla U_g . V obou případech domů je důležitá orientace prosklených ploch, které by měly směřovat na jih bez jakéhokoliv zastínění. Na obrázku 4 je vidět, že kvalita zasklení je velice důležitá, dokonce důležitější než množství zasklené plochy. Úspory energie díky pasivním solárním ziskům okny rostou až do 40%. Z obrázku 4 také vyplývá, že nejvhodnější variantou je pořídit si okna s trojskly plněná kryptonem, jelikož mají nejvyšší povrchovou teplotu, která je 17,3°C a velmi nízký součinitel prostupu tepla o hodnotě 0,7 W/m²K. Velkou výhodou oken s trojskly plněné kryptonem je v tom, že zisky převyšují ztráty.

Jak v nízkoenergetickém, tak pasivním domě se instalují solární kolektory, tepelná čerpadla, zemní výměníky, systém nuceného větrání s rekuperací a další zařízení, která nám zpříjemňují život a zároveň šetří peníze.

V nízkoenergetických domech může být větrání řešeno nejen nuceným větráním, ale také přirozeným větráním. Kvalitní čerstvý vzduch má zásadní vliv na kvalitu vnitřního prostředí a pohodlí. Bohužel v zimních měsících není přirozené větrání vhodné, kvůli značným a nekontrolovatelným tepelným ztrátám. Proto se hlavně v pasivních domech používá nuceného větrání s instalovanou jednotkou pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu (rekuperací).



Obr. 4: Srovnání roční energetické bilance zasklení. Povrchová teplota se vztahuje k venkovní teplotě -10°C a vnitřní teplotě 20°C. [8]

4 Základní problematika nízkoenergetických a pasivních domů

4.1 Kvalita vnitřního prostředí

Pasivní domy mají výborné tepelně-izolační vlastnosti a řízené větrání, což zajišťuje velkou kvalitní vnitřní prostředí a následně vysoký komfort bydlení. Zde jsou uvedeny některé složky vnitřního prostředí pasivních domů. Některé z těchto složek ovlivňují vnitřní prostředí pozitivně a některé negativně. [1]

4.1.1 Teplota vzduchu

Vnitřní povrchová teplota stěn je téměř shodná s teplotou vzduchu v místnosti a to zejména díky kvalitní izolaci. Díky tomu nedochází k nepříjemnému efektu chladného sálání stěn, což by bylo způsobeno kondenzací na konstrukcích. Udržování nastavené teploty je automaticky regulováno. [1]

4.1.2 Vlhkost vzduchu

Optimální relativní vlhkost vzduchu je v rozmezí 35–50%. Relativní vlhkost se snižuje v případě topného období nebo pokud zvýšíme teplotu v místnosti. Větrání má odpovídat předepsané intenzitě (25 m³/hod na osobu). Pokud v zimním období příliš větráme, vlhkost vzduchu silně klesá. Pokud relativní vlhkost klesne pod 30%, dochází k vysýchání sliznic a nepříjemnému pocitu, zvyšuje se taky riziko nemoci z nachlazení. Přesáhne-li ale vlhkost 60% zvyšuje se výskyt různých mikroorganismů a plísní, může docházet i ke kondenzaci vodních par. [1]

4.1.3 Mikroorganismy

U pasivních domů je využíváno řízeného větrání, vzduch přechází přes filtry vzduchotechniky, kde dochází k zachycování prachových částic a většiny mikroorganismů. [1]

4.1.4 Prach

Účinnost zachycování prašných částic je velmi vysoká. Prostedí pasivních domů je díky tomu vhodné pro osoby s astmatem a alergiky. [1]

4.1.5 Pachy a plyny

Pokud pomíneme běžné pachy spojené s chodem domácnosti a výskytem lidí v domě, vyskytují se zde i jiné plyny, a to zejména CO₂, formaldehyd, oxid síry a dusíku. V nízkých koncentracích tyto plyny nejsou škodlivé, ale ve vyšších koncentracích způsobují únavu, sníženou koncentraci a zdravotní problémy. Koncentrace těchto plynů se snižuje nejčastěji průběžným větráním a přívodem čerstvého vzduchu řízeným větráním. [1]

4.2 Těsnost budovy

4.2.1 Nutnost vzduchotěsné obálky

Jednou z hlavních zásad, aby pasivní dům fungoval tak jak má, je zajistit potřebnou vzduchotěsnost obálky domu. U pasivních domů se snažíme navrhovat co nejdokonalejší větrací systém s velmi účinnou rekuperací tepla, aby se předcházelo nežádoucímu „větrání“ spárami a netěsnostmi. Při konstrukci těchto systémů je nejdůležitější profesionální přístup, jelikož nedbalost může způsobit nejen tepelné ztráty, ale i kondenzaci vody v konstrukcích, což může mít za následek vznik poruch. [1]

4.2.2 Základní požadavky na neprůvzdušnost

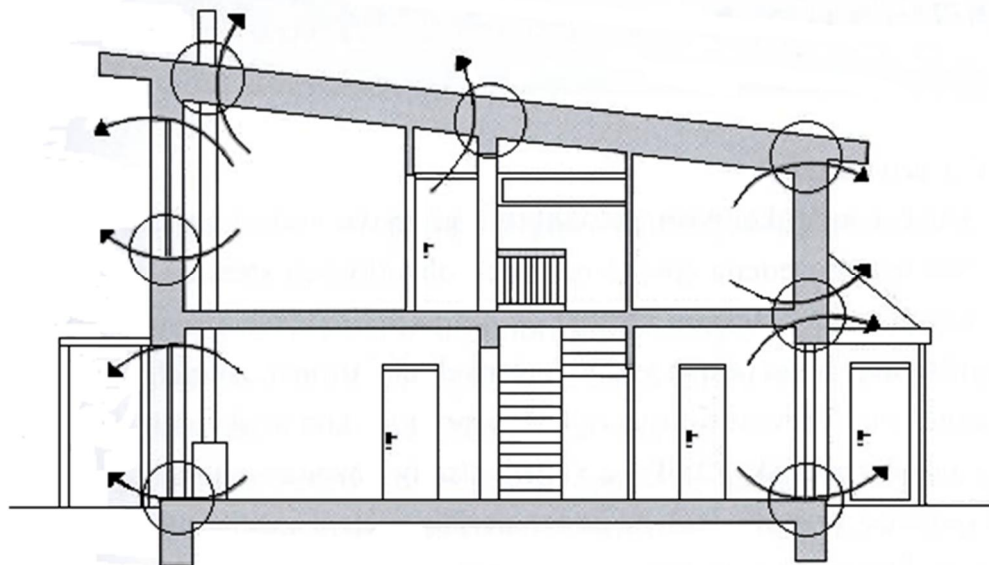
Celkovou průvzdušnost obvodového pláště budovy stanovuje norma jako hodnotu n_{50} celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa. Čím větší je tato hodnota, tím menší je vzduchotěsnost budovy. U pasivního domu je hraniční hodnota $n_{50, N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$. Při tlaku 50 Pa (což odpovídá rychlosti větru 9 m/s) se v budově za jednu hodinu nesmí vyměnit více vzduchu než 60% celkového objemu budovy. [1]

4.2.3 Souvislost neprůvzdušnosti se ztrátami tepla

Čím je průvzdušnost nižší, tím jsou nižší tepelné ztráty. V pasivních domech jsou tepelné ztráty (způsobené hraniční průvzdušností $n_{50, N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$) přibližně 3,5 Wh/m²a. Celková měrná potřeba tepla na vytápění je 15 kWh/m²a. Z toho vyplývá, že tepelné ztráty tvoří nezanedbatelnou část. Pro představu nám slouží porovnání s běžnou budovou, která má při přirozeném větrání hodnotu $n_{50, N} = 4,5 \text{ h}^{-1}$, což znamená roční tepelnou ztrátu cca 26kWh/m²a. Z porovnání výsledků měrné potřeby tepla na vytápění pasivního a běžného domu je zřejmé, že běžný dům má o 1,5 násobek větší měrnou potřebu tepla na vytápění než pasivní dům. [1]

4.2.4 Škodlivá vlhkost v konstrukci

Nositelem nežádoucích vlhkostí je teplý vzduch, který proudí netěsnostmi z interiéru do exteriéru. Nasákové materiály následně tuto vlhkost pohlcují, což může vést ke kondenzaci. Tyto podmínky podněcují vznik plísní a dalších mikroorganismů, to může vést k rozsáhlým škodám. Pokud se vlhkost dostane i do tepelně izolačních materiálů, snižuje se jejich izolační schopnost. [1]

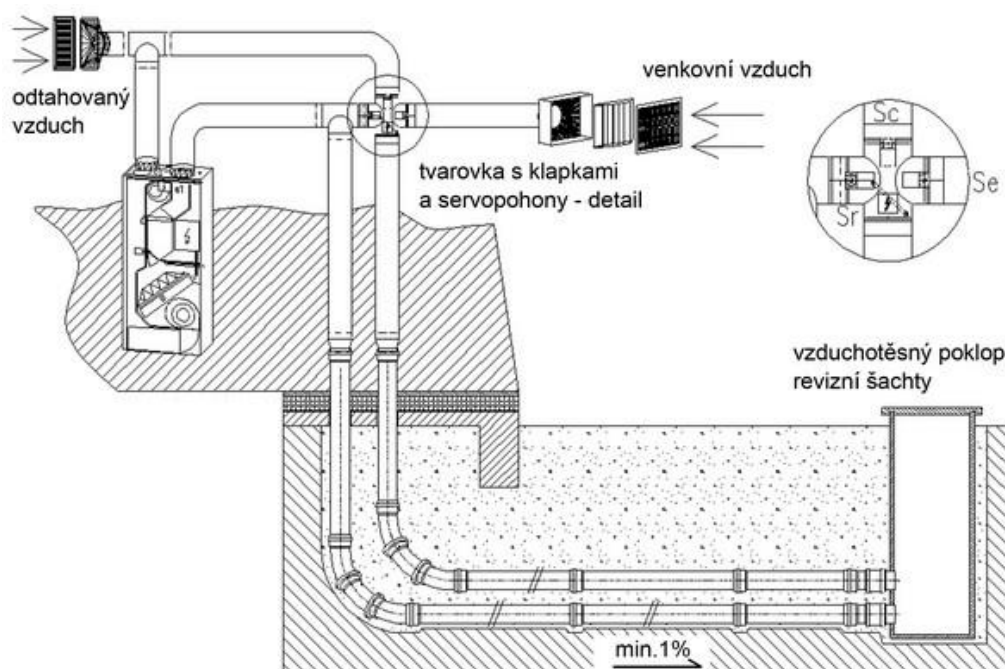


Obr. 5: Nejčastější místa netěsností [1]

5 Zařízení pro nízkoenergetické a pasivní domy

5.1 Zemní výměník

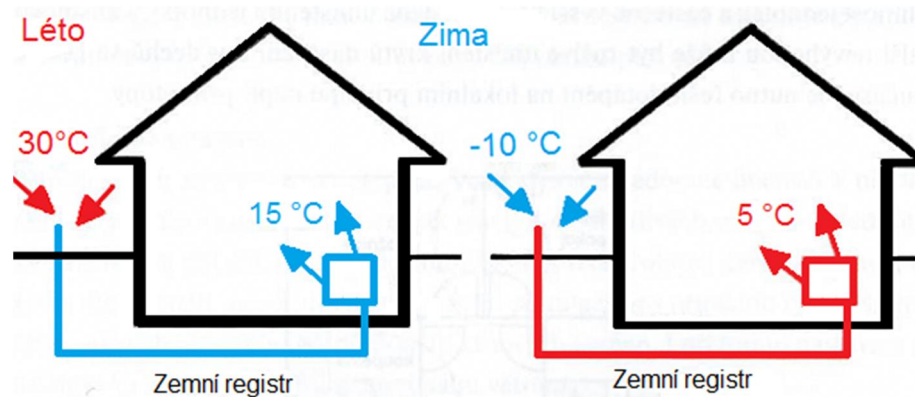
Zemní výměník tepla (ZVT) slouží k přirozenému klimatizování (chlazení) objektů v letním období. V topném období pak předehřívá přiváděný větrací vzduch, tím také slouží jako částečná protimrazová ochrana rekuperačního výměníku. ZVT je tvořen potrubím, které je uloženo do země v hloubce 1,5–2 m. Teplota zeminy v této hloubce se v zimě pohybuje mezi 4-8°C. Vzduch se nasává prostřednictvím ventilátoru rekuperační jednotky. K zemnímu výměníku tepla je dále zabudovaný předřazený filtr čištění nasávaného vzduchu. Ten zabraňuje usazování prachu a plynu na stěnách trubek a zamezí tvorbě bakterií a mikroorganismů. Využívají se dva typy výměníků – vzduchový a solankový. [1]



Obr. 6: Schéma cirkulačního vzduchového zemního výměníku [15]

5.1.1 Vzduchový výměník

U vzduchového výměníku se používá přímé předeřívání vzduchu, který vstupuje do budovy (v létě vzduch ochlazujeme). Současně slouží jako protimrazová ochrana rekuperačního výměníku. Vyrábí se jako potrubí, které je uloženo v hloubce přibližně 2 m, v délce 20–30 m a průměr potrubí je 200 mm. Jelikož může docházet k zanášení potrubí, musí mít možnost čištění, proto se do potrubí na trvalo vloží lanko pro možnost protáhnutí čistící houby. Používají se kanalizační trubky z PP, PE hladké spojované na kroužky. Potrubí musí být v rovině s lomy maximálně 30°, kvůli čištění. [1]



Obr. 7: Princip zemního výměníku [1]

5.1.2 Solankový výměník

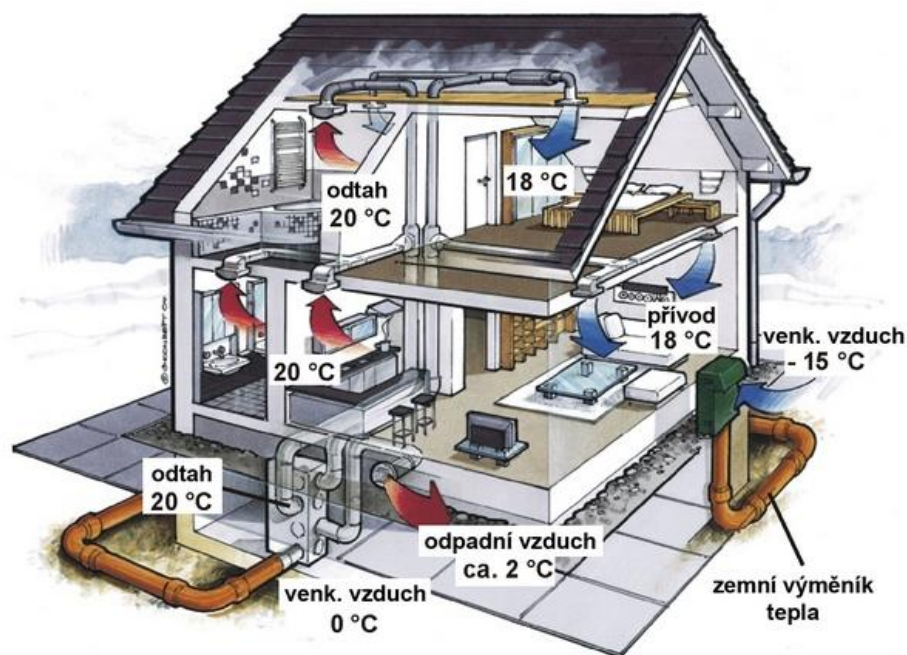
Solankový výměník je analogií k vzduchovému výměníku. Slouží jako protimrazová ochrana větrací jednotky, nebo chladič vzduchu pro větrací systémy rodinných domů a jiných objektů. Vzduch se ohřívá nebo ochlazuje přechodem přes výměník, který získává teplo, resp. se ochlazuje přečerpáváním teplotnosné kapaliny přes trubkový výměník. Ten je zakopaný v zemi, ponořený ve studni nebo v jiném zdroji tepla či chladu.

U solankových výměníků se využívá teplo ze země pomocí vodovodní hadice z PE o průměru 32–40 mm. Délka hadice je obvykle 80–100 m. Obdobně jako u vzduchového výměníku, je i zde hadice uložena v zemi. [1]

5.2 Nucené větrání s rekuperací tepla

Pro život je velmi důležitý kvalitní čerstvý vzduch, ať už se jedná o pracoviště nebo domov. Pravidelné větrání ve stanovených intervalech, které je důležité pro kvalitní čerstvý vzduch, není jednoduché. Správně by se mělo větrat každé 2 hodiny na 3 až 5 minut (ve dne i v noci), ideálně úplně otevřenými okny. V běžném životě není reálné takto větrat. Běžné větrání okny sebou přináší veliké tepelné ztráty. Např. v zimě se větrá mnohem méně, než je zapotřebí. Nedostatek větrání s sebou nese řadu problémů, např. zvyšování relativní vlhkosti, růst plísní, zvyšování škodlivých látek atd. Nedílnou součástí pasivních domů jsou větrací jednotky s rekuperací odpadního tepla, což nám zajistí vynikající kvalitu vzduchu při minimálních tepelných ztrátách. Jednotky jsou tiché a úsporné, při větrání se nevytváří průvan. [4]

U nuceného větrání je výměna vzduchu zajištěna ventilátorem. Při hygroregulovatelém nuceném větrání vyvolává vzduch, který je odsávaný z vlhkých místností, výměnu vzduchu v celém domě nebo bytě. Ventilátor je umístěn na střeše nebo terase domu. Pro výměnu vzduchu v domech i bytech je často využívána i klimatizace, ale v porovnání s použitím ventilátoru se jedná o velmi nákladné zařízení. [4]



Obr. 8: Větrací systém v rodinném domě [4]

Na obrázku 8 je možno vidět, že čerstvý vzduch je přiváděn nepřetržitě do obytných místností a to přesně v potřebném množství a zajišťuje vysoký komfort a hygienu. Aby byla zajištěna správná funkčnost větrání, je odpadní vzduch odváděn z míst kde vzniká velké znečištění (např. kuchyň, WC), přestože by mohlo docházet ke znehodnocování vzduchu v dalších prostorech. Velkou výhodou nuceného větrání oproti běžnému větrání je v tom, že nevzniká průvan. Rychlost proudění vzduchu je velmi malá (řádově několik cm/s), výměna vzduchu probíhá prakticky necitelně a neslyšně. Odchozí teplo při větrání se může zpětně využít. [4]

Tepelné ztráty řízeným větráním znatelně snižuje větrací jednotka se zpětným ziskem tepla. Odváděný vzduch odevzdává své teplo vzduchu přiváděnému. U pasivních domů se používá rekuperační výměník s účinností 90%, tento údaj je udáván výrobcem a jedná se pouze o teoretické číslo, jelikož klasické rekuperátory mají skutečnou účinnost 50-70%. V rekuperačním výměníku dochází k ohřívání přiváděného vzduchu téměř na pokojovou teplotu. Odpadní a čerstvý vzduch je oddělen tenkostěnnou plochou, přes kterou je teplo předáváno. Pokud máme jednotky s účinností vyšší jak 90%, používáme protiproudý princip kanálového výměníku. Nasávaný (studený) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích, kde si odevzdávají teplo (viz obr. 8), přičemž je odpadní a čerstvý vzduch oddělen a není tak ovlivněna kvalita nasávaného vzduchu. [4]

Systém nuceného větrání se často doplňuje o zemní výměník, přes který je vzduch nasáván. V zimě má funkci protimrazové ochrany a v létě vzduch předchlazuje. [4]

Výhody nuceného větrání s rekuperací tepla

- 80% až 95% úspora energie oproti běžnému větrání během topné sezóny;
- neustále čerstvý vzduch;
- filtrovaný vzduch bez znečištění prachem a pyly (vhodné pro alergiky);
- vysoký komfort;
- bez hlukového zatížení (větrání se zavřenými okny);
- kontinuální odvod vlhkosti (ochrana proti plísním);
- bezobslužný provoz. [4]

5.3 Přirozené větrání

Přirozeným větráním rozumíme situaci, kdy je výměna vzduchu řízena hlavně uživatelem tím, že podle svých představ otevírá a zavírá okna. Průzkumy poukazují na fakt, že každý uživatel nakládá s otevíráním a zavíráním oken jinak. Jsou případy, kdy osoby otevírají okna jen výjimečně a spoléhají hlavně na výměnu vzduchu netěsnostmi. Pak jsou odlišné případy, kdy uživatelé potřebují mít stále otevřené alespoň částečně některé okno. [4]

V domě musí být k dispozici kromě netěsností a neuzavřených otvorů i tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím, aby bylo zajištěno přirozené větrání. Bohužel se nejedná o automatickou věc, situace se liší v různých klimatických situacích a zároveň se také liší i v různých částech téhož domu ve stejném okamžiku. [4]

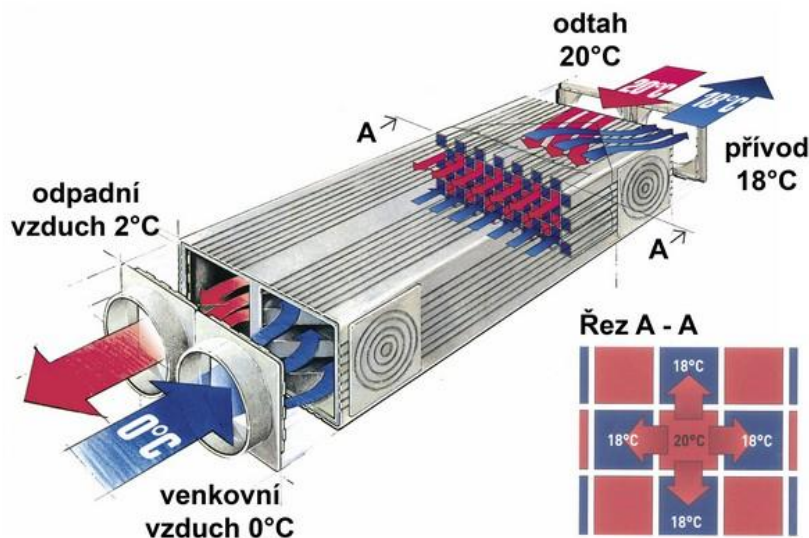
Kompromis mezi úsporami energie a požadavky na výměnu vzduchu je hledán v použití větracích prvků, kterými jsou doplněny rámy oken nebo které jsou umístěny v boxech vnějších rolet. Tyto prvky musí být snadno uzavíratelné a zároveň v uzavřeném stavu těsné. Také musí být vybaveny účinnými tlumiči hluku. Důležité je, aby existoval rozdíl tlaku vnitřního a vnějšího vzduchu, jinak nebude docházet k žádné výměně vzduchu. [4]

5.4 Rekuperační výměník tepla

U pasivních domů, při běžném větrání, jsou tepelné ztráty příliš velké, proto je nutné používat nucené větrání s rekuperací. Uvažujeme-li intenzitu výměny vzduchu $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$, pak tepelné ztráty větráním činní přibližně $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Pokud použijeme nucené větrání s rekuperací s účinností nad 80%, ztráty se sníží na hodnotu $5\text{--}8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. [4]

Výkonový faktor větracích jednotek (poměr výkon/příkon) udává poměr výkonu rekuperace a energie spotřebované na pohon ventilátorů. Přičemž vyšší výkonový faktor znamená větší úspory energie. Výsledná hodnota značně závisí na účinnosti rekuperace, ta je ale ovlivněna řadou faktorů (účinnost samotného rekuperačního výměníku, průtoku vzduchu, možnosti využití kondenzačního tepla a stupni neprůvzdušnosti budovy). Spotřeba

energie ventilátorů je také velmi důležitá. Výkonový faktor úsporných ventilátorů se stejným pohonným se pohybuje mezi 10–15. Nejvyšší jednotky dosahují až na hodnotu 20. [4]




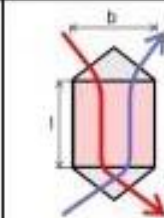
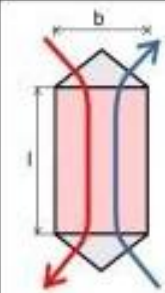



Obr. 9: Rekuperační výměník tepla (čerstvý vzduch je ohříván na teplotu blízkou pokojové teplotě, jen zbylých pár stupňů je nutno dohřát) [4]

Při pořizování rekuperační jednotky je důležité se zamyslet zda pořídit čistě rekuperační jednotku nebo jednotku teplovzdušnou, která slouží zároveň pro vytápění. Jednotka pro teplovzdušné vytápění se skládá z rekuperátoru tepla, ohříváče, filtrů a ventilátoru. Ohříváč tepla je většinou místní a je napájen z místního zdroje tepla. Teplovzdušná jednotka se využívá zejména v zimě. Vzduch je nejprve předeříván v zemním výměníku tepla, následně je ohříván odpadním vzduchem a v ohříváči vzduchotechnické jednotky. [15]

5.4.1 Rekuperační výměníky, typy a účinnosti

Na obrázku 10 je možné vidět jednotlivé typy výměníků. Jsou zde znázorněny jejich schémata, profil proudění a účinnost rekuperace. Zároveň je na obrázku znázorněn křížový, křížový protiproudý a protiproudý výměník. Je zde také uvedena celková plocha jednotlivých výměníků v m^2 , kde křížový výměník má nejmenší plochu a to 4-10 m^2 . Dále jsou zde znázorněny jednotlivé profily proudění, které jsou v řezu. Pro lepší znázornění jsou zde uvedeny i účinnosti jednotlivých typů výměníků.

Z obrázku je také vidět, že největší účinnost 85-99% má protiproudý výměník, který má zároveň největší plochu. Tento typ výměníku se používá nejvíce u pasivních domů. Zvolení typu výměníku je velmi zásadní, má totiž vliv na účinnost zpětného zisku tepla.

Schéma				<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: #e0e0e0; margin-right: 5px;"></div> křížový <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: #f08080; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></div> protiproudý </div>
Typ výměníku	křížový	křížový protiproudý	protiproudý	
Plocha výměníku [m ²]	4 – 10	6 – 14	17 – 60	
Profil proudění (řez)				
Účinnost rekuperace [%] efektivní účinnost dle PHPP	50 – 70	70 – 85 (60 – 75)	85 – 99 (75 – 92)	

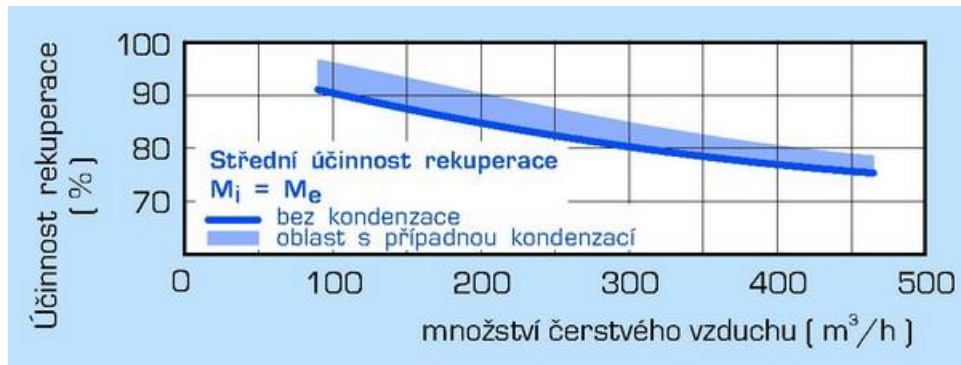
Obr. 10: Typy výměníků [4]

5.4.2 Průtok vzduchu a tlakové ztráty

Účinnost rekuperace je závislá na množství vzduchu procházejícího výměníkem. Pokud je průtok vzduchu větší, než jaký byl dimenzován pro danou jednotku, účinnost rekuperace klesá. Zároveň je účinnost uvedena pro určitý objem vyměňovaného vzduchu (obvykle pro 25–60% výkonu jednotky). Pokud výkon dosahuje vyšších hodnot, než je udáváno, pak účinnost klesá, v některých případech o více než ¼. U vysoce kvalitních rekuperačních výměníků se nejedná o tak závažné snížení. Součástí popisu každé jednotky by měla být křivka účinnosti, která udává závislost účinnosti na objemu větraného vzduchu. [4]

Na správné fungování systému větrání má zásadní vliv

- Těsnost a materiál rozvodů;
- délka, průměr a trasování vedení;
- správné umístění a použití distribučních elementů;
- výběr jednotky;
- zaregulování systému na potřebné průtoky. [4]



Obr. 11: Křivka znázorňuje snižování účinnosti při zvyšování průtoku vzduchu. Je-li objem vzduchu procházejícího výměníkem o mnoho vyšší než je projektováno, účinnost zpětného zisku tepla se může snížit až o 20%. [4]

5.4.3 Zpětný zisk vlhkosti

Zpětný zisk vlhkosti umožňuje např. regenerační systém s rotačními prvky. Výhodou těchto výměníků je využívání latentního tepla obsaženého ve vlhkosti, a tím zvýšení (i když jen nepatrné) celkové účinnosti zpětného zisku tepla. Je možno použít rekuperační výměníky, které mají teplosměnnou plochu z membrány umožňující zpětný zisk až 60% vlhkosti. Tyto systémy se používají jen v místech s nadměrným vysoušením vzduchu. [4]

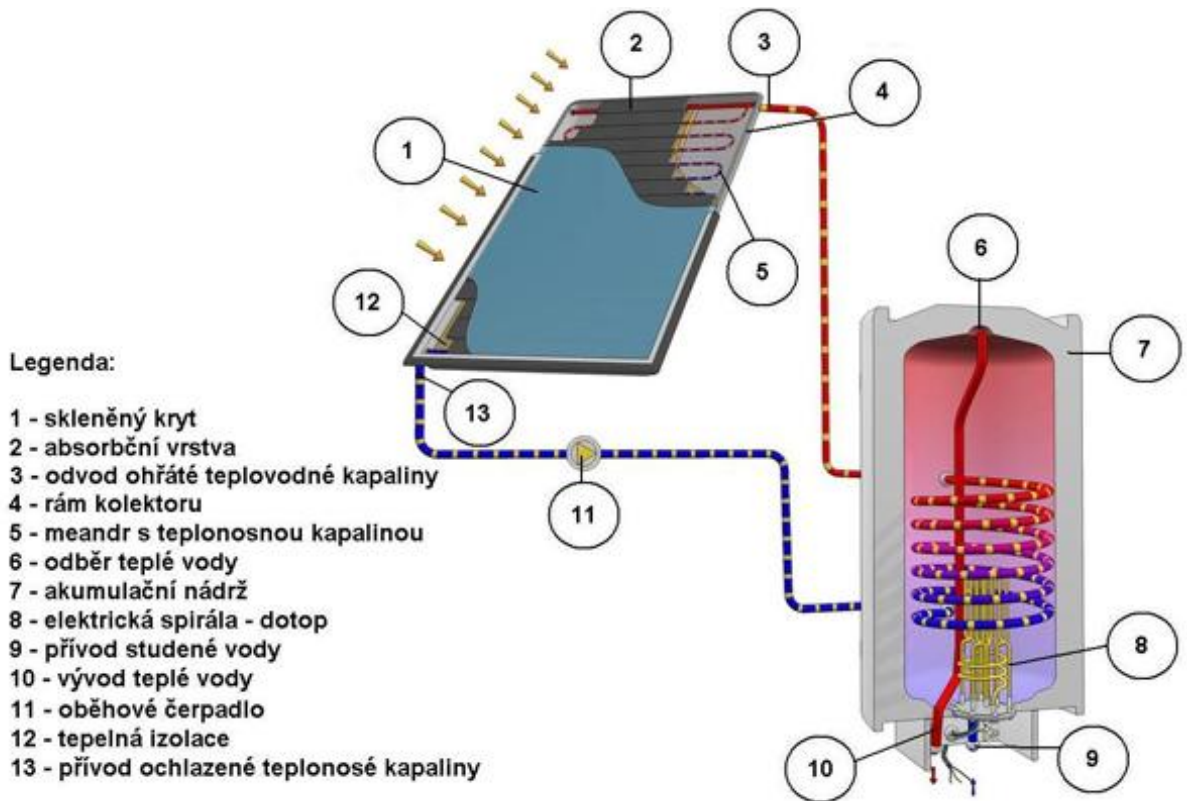
5.5 Solární kolektory

Pro umístění solárních kolektorů je zapotřebí dostatečně velký prostor na střeše, která má sklon 30–50°, natočené mezi jihovýchodem až jihozápadem. Střecha nesmí být stíněna jinými předsazenými objekty, vzrostlými stromy ani blízkými kopcí. Pokud tohle není splněno, zisk tepla ze sluneční energie bude nižší. [4]

Sluneční záření je nízkopotenciální, to znamená, že nám vodu ohřeje za celý den pouze o desítky °C. Není možné považovat solární soustavu pro přípravu teplé vody za průtočnou přípravu. Právě naopak, každý sebemenší sluneční svit regulace registruje a zajišťuje dopravu jeho energie z kolektorů do ohříváče. V ohříváči se teplo akumuluje a teplota vody pomalu stoupá po celý den. Teprve odpoledne je při celodenním slunečním svitu teplota teplé vody dostatečná, že ji už nemusíme dohřívát. Solární ohřev teplé vody je možný pouze jako akumulací. [4]

Na obrázku 12 je vidět funkční spojení solárních kolektorů s oběhovým čerpadlem solární hnací jednotky, které zajišťuje oběh teplonosné kapaliny celým solárním systémem. Čerpadla jsou hlavní částí solární jednotky. Tato jednotka dále obsahuje všechny potřebné

jistící a měřicí prvky, zpětné klapky, kulové uzávěry a plnicí uzel s průtokoměrem. Tím se seřizuje průtok přes kolektory na optimální hodnotu. Solární hnací jednotka je dále spojena s expanzní nádobou s dostatečným objemem (6-8 l na kolektor), která spolu s pojistným ventilem jistí celý systém. [14]



Obr. 12: Schéma solárního kolektoru [14]

5.5.1 Typy kolektorů

V současné době se na trhu vyskytuje velká řada kolektorů. Při výběru kolektoru je nutné sledovat několik zásadních kritérií. [7]

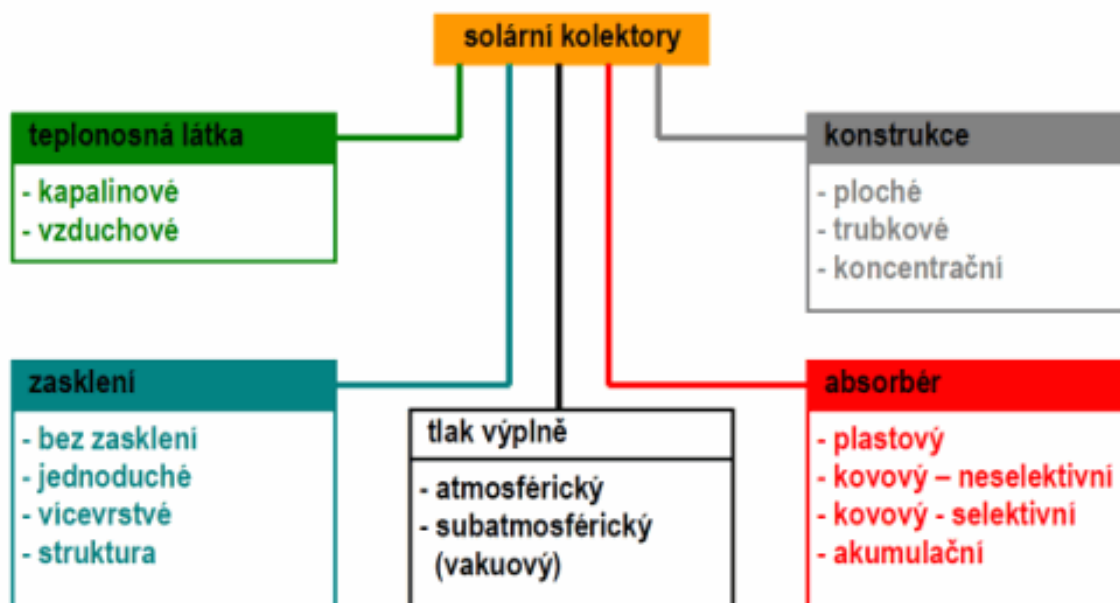
- Tvarové (deskové a trubicové);
- plošně velikostní (dvoumužná montáž až velkoplošné, montované na střechu pomocí jeřábu);
- materiálové (jiný rám i absorbér);
- povrch absorbéro (spektrálně selektivní vrstva);
- druh a kvalita zasklení;
- s atmosférickým tlakem nebo vakuové;
- způsob upevnění na střechu;
- způsob samočinného sjíždění sněhu;

- výkonové parametry (nutné znát atest);
- životnost;
- cena. [7]

Následující kritéria se liší podle jednotlivých prodejců. Tato kritéria nejsou prvořadá, ale jsou důležitá hlavně z pohledu potencionálního vlastníka kolektorů. [7]

- Způsob a podmínky dodávky;
- podmínky a doba záruky;
- doba výroby a montáže konkrétního typu kolektorů;
- reference;
- pohovor s majiteli včetně poptání se na dodávající firmu. [7]

Většinou jsou aplikovány solární kolektory, ve kterých je používána kapalina jako teplotonosná látka (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu). Solární vzduchové kolektory se v ČR využívají jen okrajově, zejména pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění. [7]



Obr. 13: Rozdělení solárních kolektorů [7]

Plochý nekrytý kolektor

Jedná se plastovou rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru. Tyto kolektory jsou hlavně určeny pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni. [7]



Obr. 14: Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření [7]

Plochý neselektivní kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povrchem. Využívá se jen pro sezónní přehřev vody při nízké teplotní úrovni, hlavně kvůli značným tepelným ztrátám vlivem sálání absorbéru. V současné době se na trhu příliš nevyskytuje. Výhodou těchto kolektorů je jejich snadnější výroba, je možné si je vyrobit i doma sám. [7]

Plochý selektivní kolektor

Zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povrchem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně. Tyto kolektory mají snížené tepelné ztráty sáláním absorbéru, proto se používají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně. Tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu, zejména díky dobrým parametrům, nízké ceně a snadnému použití. [7]

Plochý vakuový kolektor

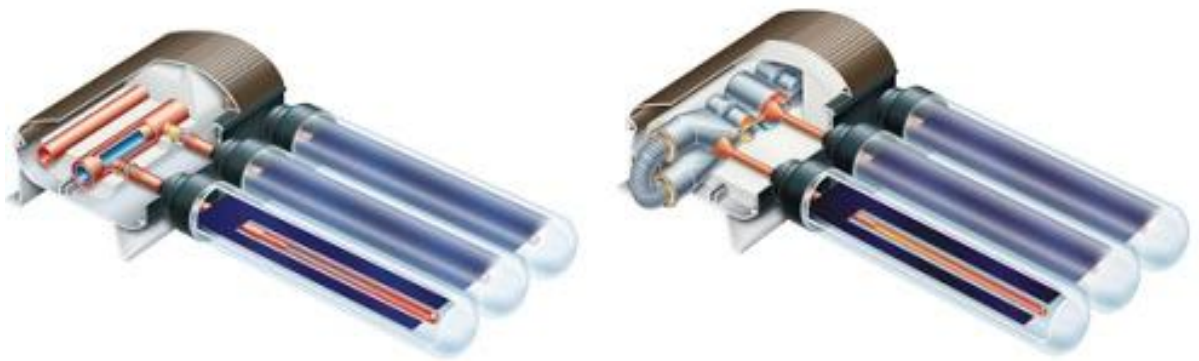
Zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším, než atmosférický tlak v okolí kolektoru pro zajištění nízké tepelné ztráty. Tyto kolektory se používají pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100°C. [7]



Obr. 15: Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru [7]

Trubkový jednotěnný vakuový kolektor

Kolektor s plochým spektrálně selektivním absorberem umístěným ve vakuové skleněné trubce. Výrazně jsou omezeny tepelné ztráty. Absorbér má velký přenos tepla do teplotnosné kapaliny. Kolektor má relativně vysokou účinnost v celém teplotním rozsahu. Celkovou nevýhodou těchto kolektorů je jejich cena, která je velmi vysoká. Proto se tyto kolektory používají zejména pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace. [7]

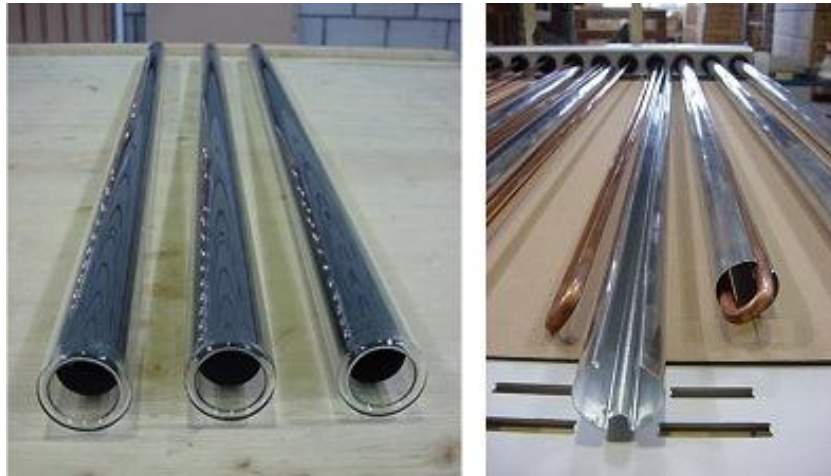


Obr. 16: Trubkový jednotěnné vakuových kolektory: s přímo protékáním koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo) [7]

Trubkový dvojtěnný (Sydney) vakuový kolektor

Kolektor má válcový spektrálně selektivní absorber, který je umístěný ve vakuové skleněné trubce. U těchto kolektorů je problematické zajistit přenos tepla z absorpční trubky do teplotnosné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely. Kolektory Sydney mají nižší

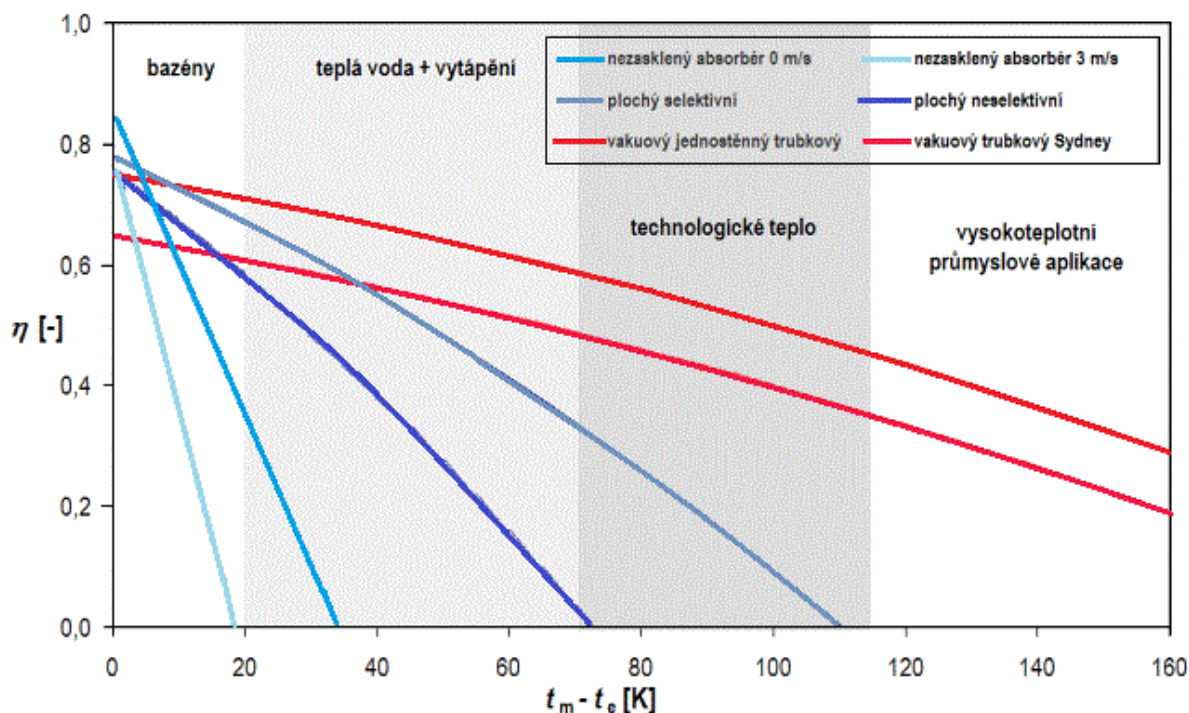
účinnost při nižších teplotách (např. oproti plochým kolektorům) a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace. [7]



Obr. 17: Trubkový dvojitěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplosměnnou lamelou [7]

Soustředující (koncentrační) kolektor

Jedná se o kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aparaturou kolektoru, do ohniska o výrazně menší ploše než je vlastní plocha aparatury. U těchto kolektorů je nutnou podmínkou mít dostatek energie přímého slunečního záření během roku. [7]



Obr. 18: Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů [13]

Na obrázku 18 jsou znázorněny typické křivky účinnosti základních druhů solárních kolektorů. Účinnost je vyjádřena v závislosti na teplotním spádu mezi teplonosnou látkou a okolím pro hodnotu slunečního záření 800 W/m^2 ([7]). Nekryté (nezasklené) kolektory mají vysokou účinnost, ale na druhé straně mají vysoké tepelné ztráty, které jsou ovlivněny zejména rychlostí proudění okolního vzduchu. Ploché selektivní kolektory nebo vakuové kolektory mají nízké teplotní ztráty a zároveň s rostoucím teplotním spádem klesá mnohem méně účinnost.

5.6 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla jsou jedním z alternativních zdrojů obnovitelné energie. Odebírají teplo z okolního prostředí vytápěného objektu (země, vzduchu, vody), dále ho převádějí na vyšší teplotní hladinu a uvolněné teplo využívají pro vytápění a ohřev teplé vody. [6]

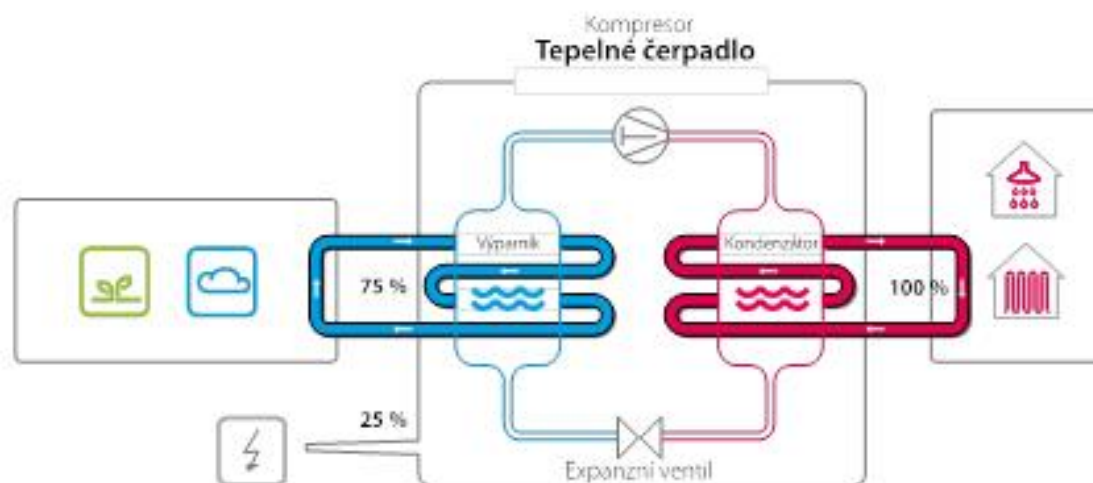
Tepelné čerpadlo se skládá ze dvou částí – venkovní a vnitřní. Vnitřní část je navenek velmi podobná běžnému plynovému kotli nebo ohřivači vody. Nároky na umístění a velikost prostoru jsou malé. Zajišťuje nám předávání tepla do otopného systému. Venkovní část zajišťuje odebrání tepla ze zvoleného zdroje (země, vzduch, voda). Podle zvoleného zdroje pro odběr tepla se odvíjí velikost a podoba venkovní části. [6]

Tepelné čerpadlo by mělo pracovat co nejefektivněji, proto by výstupní teplota (topné vody) měla být co nejnižší. Většina tepelných čerpadel dodává do otopné soustavy vodu o teplotě maximálně 55°C. Čím nižší je výstupní teplota z tepelného čerpadla, tím efektivněji pracuje. Nejlépe tedy tepelné čerpadlo pracuje v tzv. nízkoteplotním systému, kde se teplota výstupní vody pohybuje do 40°C. [6]

5.6.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo odebírá ve výparníku tepelnou energii z okolního prostředí, nejčastěji prostřednictvím kapaliny (nemrznoucí směsi), která proudí v trubkách zakopaných v zemi a přebírá teplo z okolí. Takto ohřátá kapalina putuje do výparníku tepelného čerpadla, tam se nízkopotenciální teplo předává chladivu kolujícímu uvnitř zařízení. Tento způsob platí u systémů, kde se tepelná energie obsažená v zemi přenáší do domu. Podobně můžeme z venkovního vzduchu procházejícího výparníkem odebírat teplo přenosem do chladiva, i při velmi nízkých teplotách vzduchu. Chladivo se ve výparníku vypaří a vznikne plyn, který nasává kompresor. Následně kompresor tepelného čerpadla prudce stlačí ohřáté plynné chladivo o několik stupňů. Zde je využíván fyzikální princip komprese, kdy při vyšším tlaku stoupá teplota, jako teplotní výtah „vynese“ nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu přibližně 80°C. Kompresorem zahřáté chladivo dále putuje do kondenzátoru, zde předává teplo do topné vody k vytápění celého domu, ohřevu vody v bojleru nebo dokonce bazénu. Plynné chladivo změní svoje skupenství na kapalné. Z kondenzátoru putuje kapalné chladivo přes expanzní ventil, kde dochází k prudkému ochlazení, zpět do výparníku, zde dochází opět k ohřátí. Tento cyklus se stále opakuje, proto tepelné čerpadlo skutečně přečerpává teplo z vnějšího prostředí do vytápěného domu. [6]

V praxi je možné se setkat s označením primární a sekundární okruh. Primárním okruhem se v podstatě myslí ta část, která je zakopaná v zemi. Sekundární okruh pak představuje otopný systém. Pokud je uvažováno tepelné čerpadlo vzduch/voda, je primární okruh nahrazen přívodem venkovního vzduchu do zařízení pomocí ventilátoru, který je jejich nutnou součástí. [6]



Obr. 19: Princip tepelného čerpadla [8]

5.6.2 Parametry tepelných čerpadel

Nejdůležitějším a zároveň základním faktorem tepelných čerpadlem je topný faktor (COP = Coefficient of Performance). Topný faktor je bezrozměrné číslo a vypovídá o účinnosti tepelného čerpadla. Je dán poměrem topného výkonu a příkonu (elektrickému) tepelného čerpadla. [6]

$$\varepsilon_t = \frac{Q_{\tau C}}{P_{\tau C}} \quad (1)$$

Vzorec 1 nám udává kolikrát je větší získaný výkon (získaná energie) proti vynaloženému příkonu (vynaložené energii). Topný faktor závisí na teplotě zdroje tepla a na teplotě, při které je teplo vyprodukováno. Čím vyšší je teplota zdroje tepla a čím nižší je teplota, při které se teplo spotřebovává, tím větší je topný faktor. Vztahuje se vždy jako momentální hodnota na určitý provozní stav. Čím je topný faktor vyšší, tím je tepelné čerpadlo lepší, jelikož jeho provoz je levnější. [6]

Za optimálních podmínek může topný faktor nabývat u velmi dobrých tepelných čerpadel až hodnoty 7. Běžně se tato hodnota pohybuje v rozmezí 2,5-5. Topný faktor není pevně stanoven pro každé tepelné čerpadlo, jelikož je velmi závislý na podmínkách, ve kterých čerpadlo pracuje a v souvislosti s těmito podmínkami se mění. [6]

Pro názornost se uvažuje tepelné čerpadlo o výkonu 12 kW a na svůj provoz spotřebuje 3 kW. Topný faktor je určen z prostého výpočtu: $12/3=4$. Tento výpočet může posloužit k porovnání dvou tepelných čerpadel, která mají rozdílný topný faktor, ale pracují za stejných podmínek. [6]

Pro porovnání je uvažován topný faktor u prvního tepelného čerpadla 4,5 a u druhého 3,3, pak je zřejmé, že druhé tepelné čerpadlo spotřebuje pro svůj provoz zhruba o třetinu více elektrické energie než první, z toho plyne, že provoz je podstatně dražší. [6]

Topný faktor při provozu tepelného čerpadla může klidně kolísat mezi hodnotou 2 až 7, vše je závislé na provozních podmínkách čerpadla. Pokud vybíráme tepelné čerpadlo, je nutné srovnávat srovnatelné. Při vyjádření topného faktoru je možno se setkat např. s tímto zápisem: COP při 0°C / 35°C je 4,5 dle EN 14 511. Tento zápis znamená, že se jedná o tepelné čerpadlo, které má při vstupu tekutiny o teplotě 0°C z primárního okruhu, na výstupu do sekundárního okruhu tekutiny o teplotě 35°C, topný faktor 4,5. EN 14 511 znamená, že měření proběhlo v exaktních podmínkách dle metodiky normy EN 14 511. [6]

Různé typy tepelných čerpadel mají i různé hodnoty, při kterých se vzájemně srovnávají. Pro tepelná čerpadla typu vzduch/voda se parametry udávají při 2°C / 35°C, pro tepelná čerpadla typu země/voda je to při 0°C / 35°C a pro tepelná čerpadla typu voda/voda je to 10°C / 35°C. [6]

Topný faktor je příznivější pokud je teplota výstupní vody nižší. Proto je vhodné instalovat s tepelnými čerpadly podlahové topení, kterému stačí pro provoz nižší teplota než radiátorům. [6]

5.6.3 Typy tepelných čerpadel

V označení systémů tepelných čerpadel se setkáváme s výrazy země, voda, vzduch oddělenými lomítky. První označuje, odkud tepelné čerpadlo bere energii (země, voda, vzduch), slovo za lomítkem označuje, jak tepelné čerpadlo energii dodává do objektu (vzduch, voda). [6]

Tepelné čerpadlo typu země/voda

Tento typ tepelných čerpadel je považován za nejstabilnější a to zejména vzhledem k provozu vůči venkovním klimatickým podmínkám. Tento typ tepelných čerpadel se většinou provozuje v bivalentním provozu, což znamená, že pod bodem bivalence (teplota kolem -5 °C až -8°C) se připojuje doplňkový zdroj tepla (elektrokotel) a tepelnou pohodu zajišťují oba zdroje současně. Zařízení je umístěno uvnitř domu (objektu) v technické místnosti. Dá se pořídit kompaktní provedení (tepelné čerpadlo včetně bojleru na teplou užitkovou vodu a doplňkového zdroje) a provedení standardní (pouze tepelné čerpadlo). [6]

Jedinou nevýhodou tohoto typu tepelného čerpadla jsou zemní práce, které jsou úzce spjaty s jeho instalací. Pro čerpání tepla ze země potřebujeme buď zemní kolektor, nebo geotermální vrty. První varianta je mnohem méně finančně náročná, jelikož geotermální vrty zasahují hluboko pod zem. Z toho také plyne, že volba kolektoru je závislá

na geologické situaci a na umístění budovy v zástavbě. U nových domů, kde je dostatečný prostor se doporučují zemní kolektory, pokud ale není k dispozici dostatečná plocha, pak je nutné se přiklonit k geotermálním vrtům. [6]

Tepelná čerpadla typu země/voda poskytují stabilní výkon a úspory, které dosahují až 70% provozních nákladů na provoz tradičního otopného systému. Vzhledem k nezávislosti tepelného čerpadla na venkovních klimatických podmínkách je možné ho použít skoro kdekoliv, i ve velmi drsných horských oblastech, kde venkovní teploty dosahují i pod -25°C . [6]



Obr. 20: Tepelné čerpadlo země/voda – plocha [11]



Obr. 21: Tepelné čerpadlo země/voda – vrt [11]



Obr. 22: Tepelné čerpadlo země/voda – větrací vzduch [11]

Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda

Typ vzduch/voda má mnoho výhod, nejen snadnou instalaci, ale i velkou univerzálnost. Tepelná čerpadla vzduch/voda lze namontovat prakticky na jakoukoliv stavbu velmi jednoduše. Pokud si vybereme tento typ, odpadájí složité zemní práce spojené s případem tepelného čerpadla země/voda a zároveň i pořizovací náklady jsou mnohem nižší. Výkon tepelného čerpadla se mění s teplotou venkovního vzduchu, pokud vzrůstá teplota venkovního vzduchu, pak roste i výkon tepelného čerpadla a naopak, klesá-li teplota, klesá i výkon. Díky tomuto faktu se tepelná čerpadla vzduch/voda provozují v bivalentním provozu, pod bodem bivalence (teplota kolem -3°C až -5°C) je připínán doplňkový zdroj tepla (elektrokotel) a tepelná pohoda je zajišťována oběma zdroji současně. Bivalentním bodem rozumíme bod, kdy již nestačí výkon tepelného čerpadla na pokrytí energetické spotřeby domu. [6]

Tento typ tepelného čerpadla je schopen pracovat při minimální teplotě -20°C , ale můžeme se setkat i se stroji pracujícími až do -25°C . Nárazově dokáže pracovat i při nižších teplotách než je -20°C . Při dlouhodobě nižších teplotách je tepelná spotřeba pokrývána jen doplňkovým zdrojem, jeho výkon musí pokrýt spotřebu tepla celého domu. [6]

Tepelná čerpadla vzduch/voda se skládají buď ze dvou jednotek a to venkovní nebo vnitřní, nebo s kompaktním provedením, kdy celé tepelné čerpadlo může stát venku nebo uvnitř objektu. V případě děleného provedení venkovní část nasává okolní vzduch a je většinou umístěna na jižní straně domu nebo na střeše. Vnitřní zajišťuje ohřev teplé vody a topného systému. [6]

Výkon tepelného čerpadla je závislý na teplotě okolního vzduchu, proto není vhodný pro použití do horských oblastí s dlouhotrvajícími nízkými venkovními teplotami. [6]



Obr. 23: Tepelné čerpadlo vzduch/voda – venkovní jednotka [8]



Obr. 24: Tepelné čerpadlo vzduch/voda – vnitřní jednotka [8]

Tepelné čerpadlo typu voda/voda

Tento systém tepelných čerpadel má nejvyšší topný faktor. Bohužel lokalit, kde se dá využít je velmi málo. Tepelná energie se odebírá z vody povrchové nebo podzemní. Pokud to geologické dispozice a vydatnost pramene dovolí, jsou studny tím nejlepším zdrojem tepelné energie. Výhoda podzemních vod je v tom, že mají poměrně stabilní teplotu kolem 10°C. Jedná se tak o nejteplejší přírodní zdroj. [6]

Pokud máme tepelné čerpadlo voda/voda, jsou zapotřebí dvě studny. Jedna topná nebo-li zdrojová a druhá vsakovací. Vzdálenost mezi těmito studnami by měla být minimálně 15 m. Pro běžný rodinný dům je třeba vydatnost pramene alespoň 0,5 l/s. Řeky, rybníky a jiné vodní plochy jsou jako zdroj tepla v instalaci tepelných čerpadel spíše raritou. Teplota vody v povrchových tocích kolísá. [6]

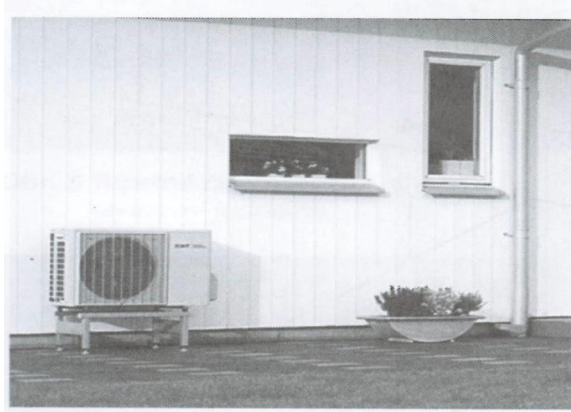


Obr. 25: Tepelné čerpadlo voda/voda [11]

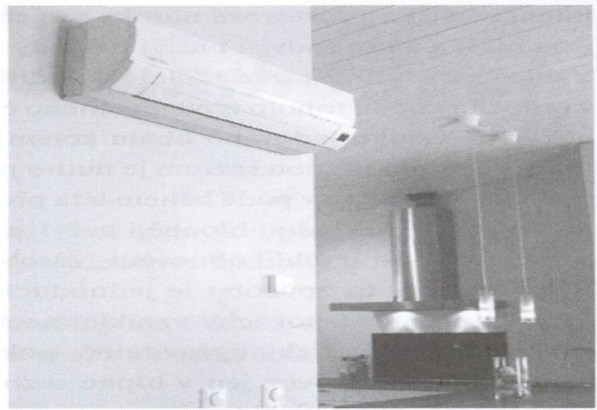
Tepelné čerpadlo typu vzduch/vzduch

Tento druh tepelných čerpadel pracuje na stejném principu jako tepelné čerpadlo vzduch/voda. Jediným rozdílem je, že tepelný výkon předávají vnitřnímu vzduchu objektu. V současné době jsou na trhu malá nástěnná tepelná čerpadla pracující na tomto principu. Jsou vhodné do objektů s požadavkem teploty po většinu topné sezóny (např. chaty). Další využití mají v malých bytech. Bohužel se vytápí pouze místnost kde je tepelné čerpadlo umístěno a do dalších místností se přes zavřené dveře teplo dostává obtížně. [6]

Mezi tyto systémy tepelných čerpadel jsou řazeny systémy na rekuperaci tepla. Omezují se hlavně na ohřev bazénů. [6]



Obr. 26: Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch – venkovní jednotka [8]



Obr. 27: Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch – vnitřní jednotka [8]

Tepelná čerpadla s přímým odběrem tepla

V podstatě se jedná o tepelné čerpadlo typu země/voda. U běžného typu je náplní zemního kolektoru nemrznoucí směs, která proudí přes deskový výměník tepla a výparník, kde se předává teplo vnitřnímu chladivovému okruhu. Oběh nemrznoucí směsi je nucený a je k němu zapotřebí oběhového čerpadla. [6]

V zemním kolektoru tepelného čerpadla s přímým odběrem proudí přímo chladivo, které odebírá teplo zemi. Oběh chladiva je poháněn kompresorem a tím odpadá pohon oběhového čerpadla primárního okruhu. Díky většímu objemu chladiva a vyšším tlakovým ztrátám v okruhu se používá jiný typ kompresoru než u běžných tepelných čerpadel. [6]

Prostorové nároky na horizontální i vertikální uložení kolektoru jsou nižší, s tím souvisí i nižší náklady na potřebné zemní práce. Teplota chladiva v kolektoru je velmi nízká, dochází tedy k značnému podchlazování půdy, někdy až k vzniku ledového obalu kolem jímacích trubek. Proto je nutná regenerace okolí půdy kolektoru mimo topnou sezónu, kdy během léta dochází k obnovení tepla v půdě. [6]

Velikou výhodou je jednoduchá a rychlá instalace. Nevýhodou je nebezpečí případné poruchy vzniklé mechanickým poškozením kolektoru, což je problematicky opravitelné, pokud je to vůbec možné. Další nevýhodou je provoz pouze v topné sezóně. [6]

6 Měření

V rámci návrhu optimalizace bylo provedeno měření rodinného domu termokamerou. Díky tomu můžeme na níže uvedených obrázcích vidět jednotlivé hodnoty teplot na vyznačených místech.

6.1 Popis měřeného objektu

Měřeným objektem byl rodinný dům 4+1. Dům byl postaven v roce 2006. Celková zastavěná plocha (plocha s terasou, přístřeškem a objektem) je 165,7 m² a obestavěný prostor domu a přístřešku je 735 m². Zpevněná plocha a chodník jsou o velikosti 120 m², příjezdová zpevněná plocha má velikost 102 m². Přičemž celková velikost pozemku je 1385m². Jedná se o přízemní nepodsklepený objekt rodinného domu s obytným podkrovím a na boční stěnu navazuje vstupní přízemní část.

Celý objekt, o užité ploše 121,16 m², je řešen jako montovaná dřevostavba v technologii LORD firmy RD Rýmařov, používající při montáži stěnové příčkové a stropní panelové dílce na bázi dřeva.

Součástí stavby rodinného domu je i samostatný objekt otevřeného přístřešku pro dva osobní automobily o užité ploše 45,68 m².

Součástí domu je otopná soustava, která je realizována dvoutrubkovým teplovodním systémem s teplotním spádem 65°C / 45°C s nuceným oběhem otopné vody pomocí oběhového čerpadla. Teplá užitková voda je připravována v elektrickém akumulacním zásobníku, odkud je rozvedena k jednotlivým spotřebičům. Zdrojem tepla je elektrický nástěnný kotel PROTHERM typ REJNOK 9K. Dle níže uvedeného výpočtu potřebného příkonu je zřejmé, že kotel pro vytápění rodinného domu je zcela dostačující.

$$Q_c \times k \times 10^{-3} = 6400 \times 1,1 \times 0,001 = 7,04 [kW] \quad (2)$$

Na obvodové stěně je tepelná izolace (mezi stojany rámu) 120 mm, celková tloušťka izolace je 265 mm, tepelný odpor konstrukce je $U=0,189 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vnitřní nosná stěna má tepelnou izolaci 120 mm, celková tloušťka izolace je 170 mm. Vnitřní nenosná stěna má celkovou tloušťku tepelné izolace 170 mm. Strop nad přízemím má šířku tepelné izolace 120 mm, celková tloušťka je pak 412 mm. Strop nad podkrovím (rovná část) má tepelnou izolaci 180 mm, celková tloušťka tepelné izolace je 347 mm a tepelný odpor konstrukce je $U=0,140 \text{ W/m}^2\text{K}$. Strop nad podkrovím (šikmá část) má tepelnou izolaci 240 mm, celková šířka tepelné izolace je 360 mm a tepelný odpor konstrukce je $U=0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tepelné ztráty byly vypočteny dle ČSN 06 0210 pro nejnižší oblastní venkovní teplotu minus 18°C a krajinu s normální intenzitou větru. Teploty v jednotlivých místnostech jsou voleny dle ČSN a v souladu s hygienickými předpisy. Pro přízemí je potřeba tepla 3,6 kW, pro podkroví tato hodnota činí 2,8 kW, maximální celková potřeba je pak 6,4 kW.

6.2 Popis měřicího přístroje

Pro měření byla použita termokamera FLIR E50, která se řadí do nižší střední třídy. Velkou předností termokamery E50 je velký 3,5“ LCD displej, laser pro přesné zaměření a vestavěný digitální fotoaparát 3,1 Mpx s diodou. Rozlišení termokamery E50 je 240 x 180 pixelů, dosahuje teplotní citlivosti lepší než 0,05 °C při obnovovací frekvenci až 60 Hz. Další předností této termokamery je rozmanitost použití, nachází využití při diagnostice a údržbě elektrických strojů a zařízení, rozvodů a rozveden elektrické energie, fotovoltaických panelů, transformátorů či elektrických zařízení. Splňuje vysoký stupeň krytí IP54, ten zaručuje ochranu proti prachu a stříkající vodě. Nabízí nám také funkci obraz v obraze, kde dochází k propojení reálného snímku s termosnímkiem přímo v přístroji. [9]

Tab. 5: Technické parametry termovizní kamery FLIR E50 [9]

Rozlišení detektoru	240 x 180
Typ detektoru	nechlazený mikrobolometr
Frekvence	60 [Hz]
Teplotní rozsah	-20 [°C] až +120 [°C]
Citlivost detektoru	0,05 [°C]
Přesnost	±2 [°C] nebo ±2 [%]
Obrazovka	3,5“ barevné LCD
Ostření	manuální
Bluetooth, wifi	ano
Zoom	1-4x digitální zoom
Váha	825 [g] s baterií
Stupeň krytí	IP54



Obr. 28: Termovizní kamera FLIR E50 [9]

6.3 Výsledek měření, parametry měření

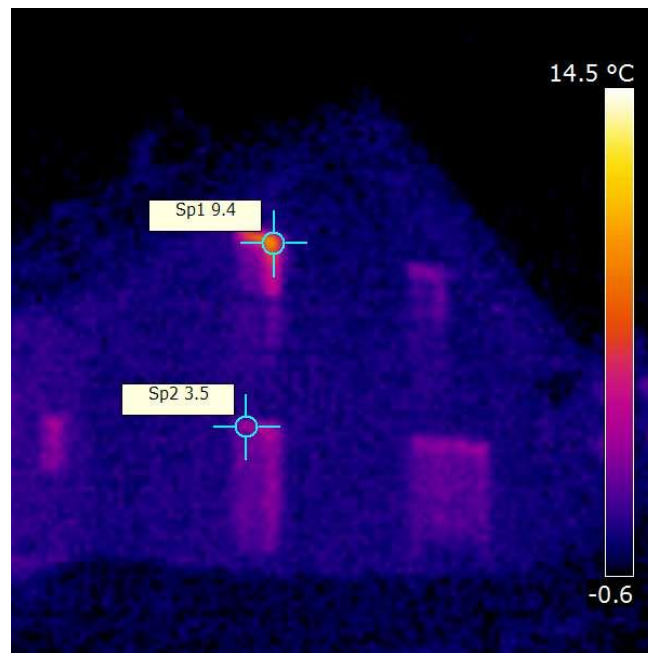
6.3.1 Parametry měření

Měření proběhlo v ranních hodinách, okolo 7. hodiny. Výsledky měření mohou být trochu zkreslené a nepřesné, kvůli nepříznivému počasí, jelikož v den měření sněžilo. Venkovní teplota v den měření byla -1°C až 0°C . Vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 97%. Emisivita objektu je 0,91. Vzdálenost měření od objektu se pohybovala od 10 m do 15 m. Při měření detailu okna, kde byly největší hodnoty teploty díky pootevřenému oknu, byla vzdálenost měření 1 m.

6.3.2 Výsledky měření

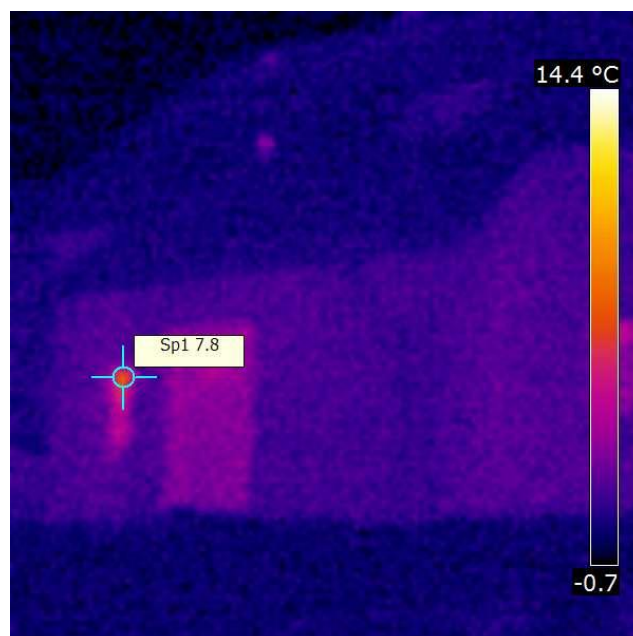
Výsledky měření je možné vidět na následujících obrázcích, na kterých jsou viditelné jednotlivé teploty na vyznačených místech. Nejvyšší teplota, jak bylo předpokládáno byla okolo oken a dveří.

Na následujícím obrázku je možné vidět, jak velké jsou hodnoty teploty při pootevřeném okně. Jedná se o pohled od terasy, jihovýchodní strana. Při zavřeném okně je v okolí okna teplota o hodnotě $3,5^{\circ}\text{C}$, je-li okno pootevřeno pak je v okolí okna teplota o hodnotě $9,4^{\circ}\text{C}$. Měření proběhlo ve vzdálenosti 10 m od domu.



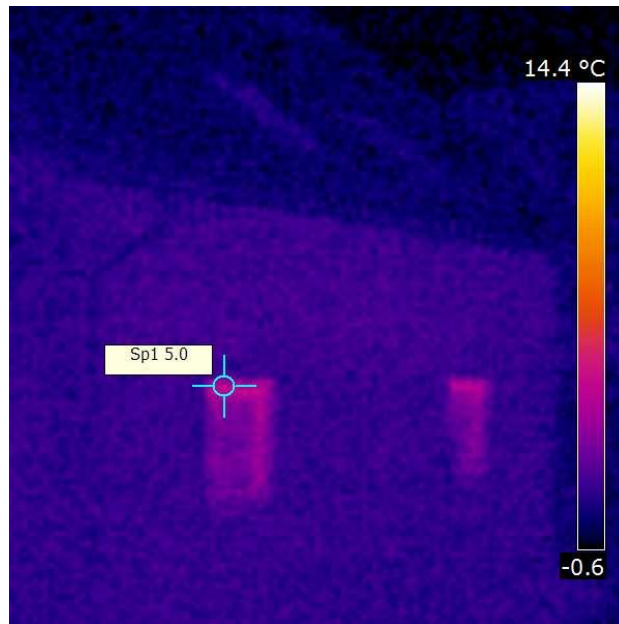
Obr. 29: Hodnoty teplot – strana od terasy

Na obrázku 30 lze vidět hodnotu teploty na vchodové straně domu. Bylo zde nedovřené okno do technické místnosti. Byla zde naměřena teplota o hodnotě 7,8°C. Měření proběhlo ve vzdálenosti 10 m od domu.



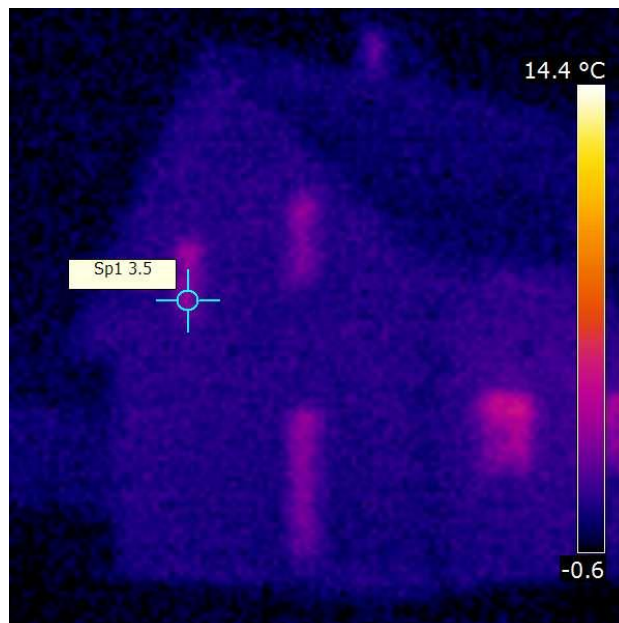
Obr. 30: Hodnota teploty – vchodová strana

Na obrázku 31 vidíme hodnotu teploty na zadní straně domu. Největší hodnota teploty byla zaznamenána u okna a hodnota této teploty byla 5°C. Měření proběhlo ve vzdálenosti 10 m od domu.



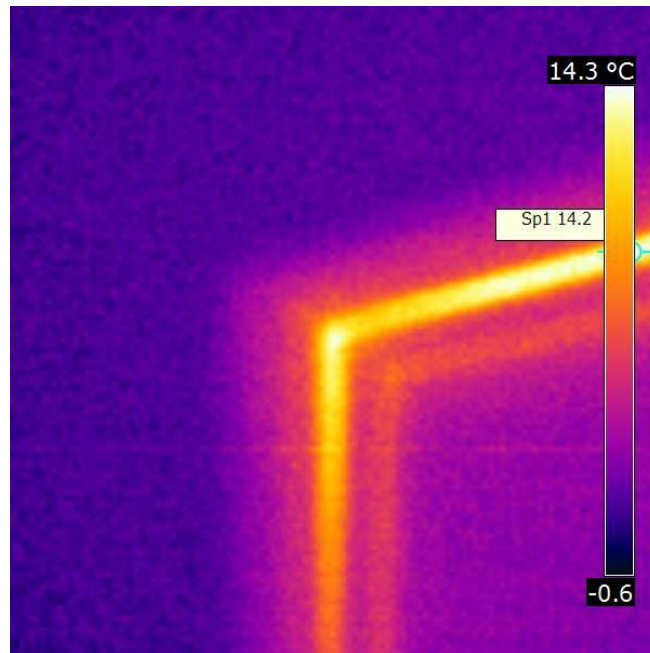
Obr. 31: Hodnota teploty – zadní strana domu

Na obrázku 32 je znázorněna boční strana ze zahrady. Kde nejvyšší hodnota teploty byla zaznamenána u horního okna o hodnotě 3,5°C. Měření proběhlo ve vzdálenosti 10 m od domu.



Obr. 32: Hodnota teploty – boční strana ze zahrady

Obrázek 33 nám ukazuje detail pootevřeného okna, kde byla naměřena nejvyšší teplota o hodnotě 14,2°C. Měření proběhlo ve vzdálenosti 1 m od domu.



Obr. 33: Hodnota teploty – detail pootevřeného okna

7 Návrh optimalizace

Optimalizace bude provedena na základě získaných informací a hodnot měřeného objektu, které obsahovala technická dokumentace rodinného domu. Technická dokumentace byla poskytnuta majiteli domu. Na základě informací z technické dokumentace vyšlo nevhodněji řešit optimalizaci pomocí tepelného čerpadla.

7.1 Návrh tepelného čerpadla

Pro lepší názornost a porovnání jsou níže uvedeny dva návrhy tepelného čerpadla. Prvním návrhem je tepelné čerpadlo typu země/voda, druhým návrhem je tepelné čerpadlo typu vzduch/voda. Pro návrh byla vybrána švédská tepelná čerpadla firmy Tepelná čerpadla IVT s.r.o. Tato firma nabízí čerpadla s nejlepším poměrem ceny a výkonu a zároveň na svých internetových stránkách poskytují veškeré potřebné informace a hodnoty pro návrh.

7.1.1 Zadané hodnoty

Vstupní hodnotou je rodinný dům s tepelnou ztrátou 6,4 kW (při venkovní výpočtové teplotě $t_e = -15^\circ\text{C}$), ohřev teplé užitkové vody pro 3 uživatele s běžnou spotřebou. Dům je vybaven dvourubkovým teplovodním systémem s teplotním spádem $65^\circ\text{C} / 45^\circ\text{C}$. U domu je

zahrada o ploše 997,3 m². Půda je tvořena středně zrnitou muskovit-biotitickou žulou. Všechny potřebné hodnoty pro výpočet jsou dány technickou dokumentací, která byla poskytnuta majiteli domu.

7.1.2 Určení tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo země/voda

Měřený dům má velmi malou tepelnou ztrátu, proto je důležité do dimenzování tepelného čerpadla zahrnout i zvednutí výkonu pro ohřev teplé užitkové vody. [6]

$$3 \times 0,2 = 0,6 [kW] \quad (3)$$

Potřebný výkon kotelny je pak

$$6,4 + 0,6 = 7 [kW] \quad (4)$$

Vzhledem k návrhu tepelného čerpadla typu země/voda a tedy možnosti odběru tepla ze země, je potřebný výkon tepelného čerpadla v rozmezí 60-80% potřebného výkonu kotelny, tj. 4,2-5,6 kW. Následně bylo z katalogu výrobce vybráno nejvhodnější tepelné čerpadlo. Bylo zvoleno tepelné čerpadlo IVT Greenline LC C6 o výkonu 5,4 kW, elektrickém příkonu 1,7 kW při 0 °C / 50 °C a topném faktoru 3,2. Toto tepelné čerpadlo má vestavěný bojler o objemu 185 l, který bude tří členné rodině na pokrytí běžných potřeb plně vystačovat. [6], [11]

Tab. 6: Parametry tepelného čerpadla IVT Greenline LC C6 (země/voda) [11]

Tepelné čerpadlo	Jednotky	IVT Greenline LC C6
Výkon při 0/35 [°C] ¹	kW	5,9
Příkon	kW	1,3
Topný faktor při 0/35 [°C]		4,5
Výkon při 0/50 [°C] ²	kW	5,4
Příkon	kW	1,7
Topný faktor při 0/50 [°C]		3,2
Množství teplé užitkové vody	l	185 (celkové množství vody 225 [l])
Množství topné vody	l	40
Vestavěný elektrický kotel		Kaskádní spínání výkonu 3-6-9 [kW]
Nominální průtok na studeném okruhu	l/s	0,3
Vestavěné čerpadlo - externí tlak	kPa	49
Nominální průtok na teplém okruhu	l/s	0,2
Vestavěné čerpadlo - externí tlak	kPa	36
Pojistka při dotopu 6 [kW]	A	16
Pojistka při dotopu 9 [kW]	A	20
Startovací proud (se softstartérem) ³	A	27(27)
Hladina akustického tlaku L _w	dB(A)	44,4
Hmotnost	kg	200
Připojení na studeném okruhu	Cu	28
Připojení na teplém okruhu	Cu	22
Množství chladiva	kg	1,35
Chladicí medium		Bezfreonové chladivo R 407 C
Rozměry	mm	600 x 600 x 1800
Elektrické zapojení		400 V, N3 fáze
Kompresor		Mitsubishi Scroll
Maximální vstupní teplota primárního okruhu		20 [°C]
Maximální výstupní teplota topné vody		65 [°C]
Vestavěná regulace		Ekvitermní REGO 1000

1) Při podmínkách +35°C na výstupu z tepelného čerpadla a 0°C na vstupu do tepelného čerpadla. (podle EN 14511).

2) Při podmínkách +50°C na výstupu z tepelného čerpadla a 0°C na vstupu do tepelného čerpadla. (podle EN 14511).

3) Tepelné čerpadlo možno objednat včetně softstartéru, vyjma modelu IVT Greenline LC C6.

Tepelné čerpadlo vzduch/voda

V tomto případě je postupováno stejně jako u tepelného čerpadla typu země/voda. Stejně jako v předchozím případě má dům velmi malou tepelnou ztrátu, proto je nutné do dimenzování tepelného čerpadla zahrnout i zvednutí výkonu pro ohřev teplé užitkové vody.

Tab. 7: Parametry tepelného čerpadla IVT Greenline AIR 50 (vzduch/voda) [11]

Tepelné čerpadlo	Jednotky	IVT AIR 50
Výkon při 7/35 [°C] ¹	kW	5,9
Příkon	kW	1,4
Topný faktor při 7/35 [°C]		4,2
Výkon při 7/45 [°C] ¹	kW	5,6
Příkon	kW	1,7
Topný faktor při 7/45 [°C]		3,3
Výkon při -7/35 [°C] ¹	kW	3,7
Příkon	kW	1,4
Topný faktor při -7/35 [°C]		2,6
Nominální průtok na teplém okruhu	l/s	0,19
Tlaková ztráta na teplém okruhu	kPa	5
Průtok vzduchu	m ³ /h	2200
Hmotnost	kg	140
Ventilátor	A	0,44 A/230 V
Elektrické zapojení		400 V, N3 - 50 Hz
Jistič pro tepelné čerpadlo	A	10
Připojení na teplém okruhu		G1 vnitřní závit
Připojení odvodu kondenzátu		Plast 32 mm
Množství chladiva R 407 C	kg	2,5
Rozměry ²	mm	840 x 665 x 1223
Odtávání		Horkým plynem přes čtyřcestný ventil
Kompresor		Mitsubishi Scroll
Maximální výstupní teplota topné vody	°C	65 [°C] (při teplotách nad -15 [°C])
Minimální provozní teplota	°C	-20 [°C]
Hladina akustického tlaku Lp ³	dB(A)	49,9
Hladina akustického výkonu Lw	dB(A)	64,9
Opláštění		Galvanicky pokovený lakovaný plech
Softstartér		ANO

1) Hodnoty výkonu a topného faktoru jsou uvedeny podle normy EN 14511.

2) Rozměry bez nožiček, +min. 20 mm až max. 30 mm, vždy podle nastavení.

3) Hladina akustického tlaku měřená ve výšce uší (1,8 m) ve vzdálenosti jednoho metru od tepelného čerpadla dle EN ISO 11203:2009.

U tohoto typu tepelného čerpadla byl předpokládán odběr tepla ze vzduchu, díky tomu byl uvažován potřebný výkon tepelného čerpadla v rozmezí 70–90% potřebného výkonu kotelny, tj. 4,9–6,3 kW. Následně z katalogu výrobce bylo vybráno nejvhodnější tepelné čerpadlo IVT AIR 50 o výkonu 5,6 kW, elektrickém příkonu 1,7 kW při 7 °C / 45 °C a topném faktoru 3,3. [11]

V prvním případě návrhu bylo rozhodováno mezi dvěma typy tepelných čerpadel země/voda od firmy IVT Tepelná čerpadla. Jednalo se o tepelné čerpadlo IVT Greenline HE C6 a nebo tepelné čerpadlo IVT Greenline LC C6. Nakonec bylo zvoleno tepelné čerpadlo IVT Greenline LC C6, jelikož jsou cenově výhodnější než řada LVT Greenline HE. Jsou vybavena stejnými scroll kompresory Mitsubishi, ale používají standardní oběhová čerpadla a odlišnou ekvitermní regulaci Rego 637. Stejně jako řada čerpadel IVT Greenline HE, má řada IVT Greenline LC výstupní teplotu až 65°C. Tepelné čerpadlo řady IVT Greenline LC se dodává ve dvou variantách: s vestavěným zásobníkem teplé vody (C), nebo s možností připojení externího zásobníku (E).

7.1.3 Finanční stránka

Tato kapitola porovnává všechna výše uvedená vhodná zařízení pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody rodinného domu s tepelnou ztrátou 6,4 kW (při venkovní výpočtové teplotě $t_e = -15^\circ\text{C}$) a ohřevem teplé užitkové vody ve 200 litrovém elektrickém zásobníku teplé užitkové vody. Níže uvedené výpočty vychází z aktuálního množství a ceny spotřebované energie, příkonu jednotlivých zařízení a zohledňuje také roční růst elektrické energie.

V tabulce 8 je výpočet množství spotřebované elektrické energie elektrickým kotlem a elektrickým ohříváčem teplé užitkové vody. Množství této energie se v průběhu roku mění, dle ročního období a tedy dle potřeby vytápění, ale celkem se množství takto spotřebované energie pohybuje v rozmezí 65-75%. V níže uvedených výpočtech je počítáno s průměrnou hodnotou, tedy se 70%. Hodnoty spotřeby energie a ceny za energii pro celý dům jsou získány od majitele domu.

Tab. 8: Výpočet množství spotřeby el. energie

	za rok	
	Celý dům	Elektrokotel + ohříváč vody (70% celkové spotřeby)
Spotřebovaná energie [kWh]	9987	6990.9
Cena za energii [Kč]	28325	19827

V tabulce 9 je vidět porovnání vstupních nákladů na pořízení daných topných zařízení a z příkonu jsou vypočítány náklady na energie potřebné pro jednotlivá topná zařízení. Dále je v tabulce vypočítána návratnost dané investice. Tato návratnost, ale nezahrnuje každoroční růst ceny elektrické energie, takže se tato hodnota dá považovat za jakousi maximální hranici návratnosti.

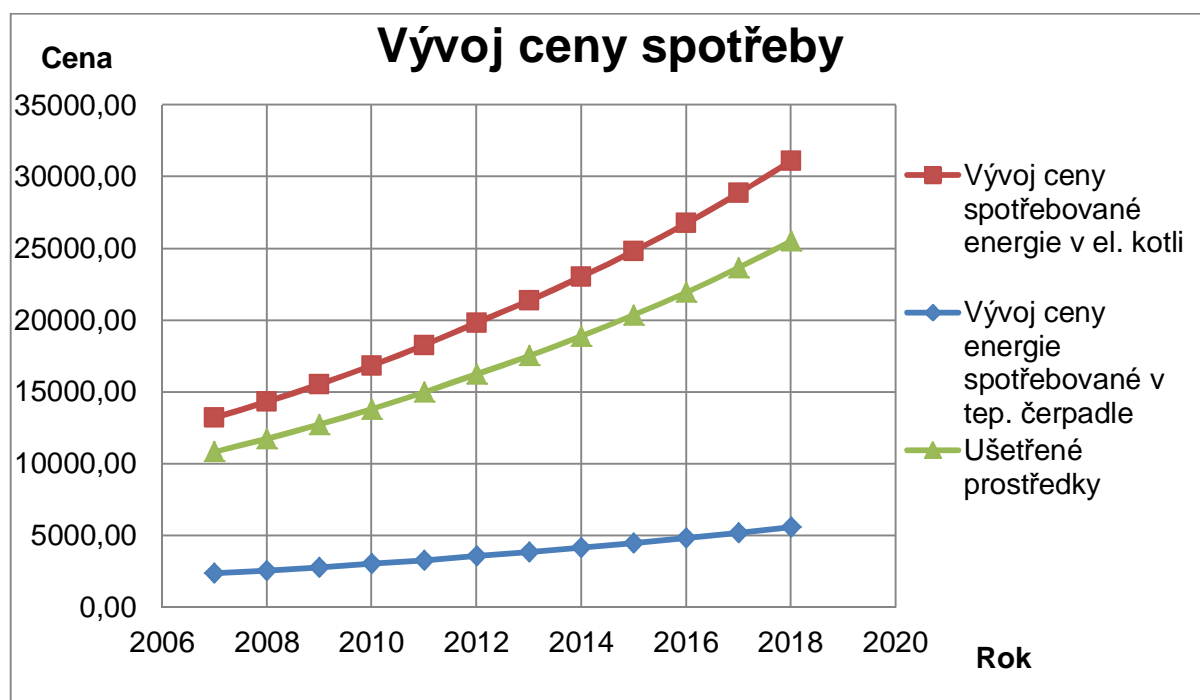
Tab. 9: Porovnání vstupních nákladů

	Tepelné Čerpadlo IVT Greenline LC C6	Elektrický Kotel Protherm Raynok 9k
Cena zařízení	178000	13250
Cena zásobníku teplé vody 200l	v ceně	23000
rozdíl nákladů	141750	
Příkon	1.7 kW	9.45 kW
Cena el. energie/rok	3566,8	19827
rozdíl nákladů	16260,2	
návratnost	8,7	

V dalších tabulkách (10, 11 a 12) je již počítána návratnost nutných investic s ohledem na každoroční zvyšování cen elektrické energie. Vzhledem k faktu, že růst elektrické energie dosáhl za posledních 10 let 78%, je počítáno s růstem 7,8% za rok.

Tab. 10: Návratnost investic

	Cena spotřeby elektrického kotle	Cena spotřeby tepelného Čerpadla	Rozdíl nákladů	Návratnost
2007	13210,27	2376,45	10833,82	13,08
2008	14327,84	2577,49	11750,34	12,06
2009	15539,96	2795,55	12744,41	11,12
2010	16854,62	3032,05	13822,57	10,25
2011	18280,49	3288,55	14991,94	9,46
2012	19827,00	3566,76	16260,24	8,72
2013	21373,51	3844,97	17528,54	8,09
2014	23040,64	4144,88	18895,76	7,50
2015	24837,81	4468,18	20369,63	6,96
2016	26775,16	4816,70	21958,46	6,46
2017	28863,62	5192,40	23671,22	5,99
2018	31114,98	5597,40	25517,58	5,55

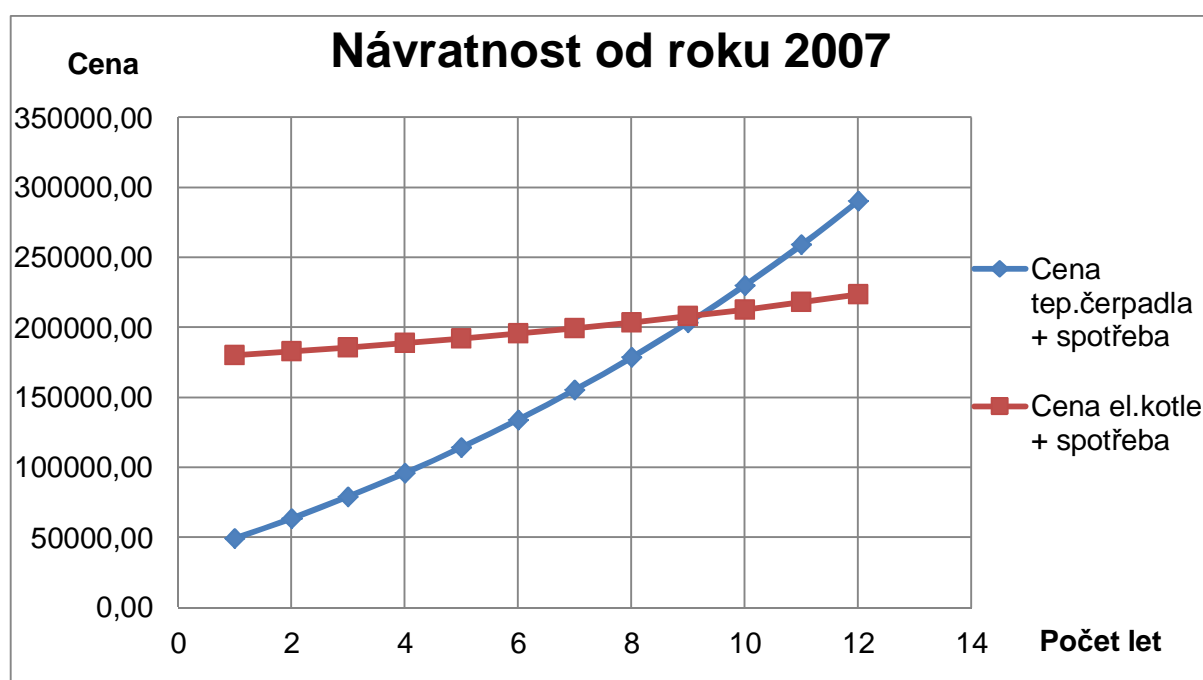


Graf 1: Vývoj ceny spotřeby

Tabulka 10 ukazuje vývoj ceny spotřebované elektrické energie od roku 2007, tedy od roku nastěhování do domu a také návratnost pro jednotlivé roky. Při nastěhování v roce 2007 by byla návratnost 13,08 let, což je vysoká hodnota, ale jak ukazuje tabulka 11 a graf 2, skutečná návratnost by byla mnohem nižší díky vzrůstající ceně elektrické energie.

Tab. 11: Skutečná návratnost investic

	Cena elektrického kotle + cena spotřeby	Cena tepelného čerpadla + cena spotřeby
2007	49460.27	180376.45
2008	63788.11	182953.95
2009	79328.06	185749.49
2010	96182.68	188781.54
2011	114463.17	192070.09
2012	134290.17	195636.86
2013	155663.68	199481.83
2014	178704.32	203626.70
2015	203542.13	208094.88
2016	230317.28	212911.58
2017	259180.91	218103.97
2018	290295.89	223701.38

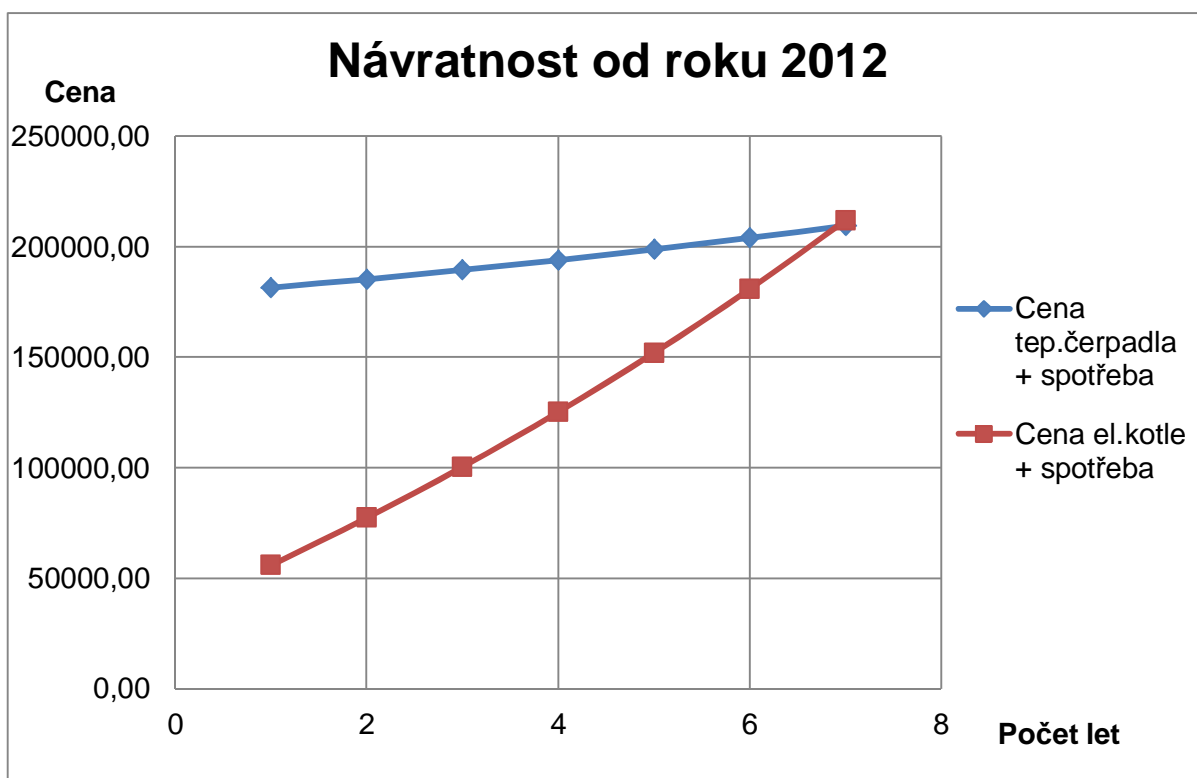


Graf 2: Návratnost investice od roku 2007

Stejně tak ukazuje návratnost investice i tabulka 12 a graf 3, který ale ukazuje návratnost počítanou od letošního roku. Pokud se tedy vezme v úvah, že se rodina nebude chtít po 10 letech domu zbavit, ale bude tam chtít zůstat celý život, jednoznačně by se jim vyplatilo si pořídit tepelné čerpadlo, ať už při výstavbě domu s návratností 9 let, či v současné době s návratností necelých 7 let.

Tab. 12: Návratnost investic

Cena elektrického kotle + cena spotřeby	Cena tepelného čerpadla + cena spotřeby	
56077.00	180937.00	2012
77450.51	184103.09	2013
100491.15	187516.13	2014
125328.95	191195.38	2015
152104.11	195161.62	2016
180967.73	199437.23	2017
212082.72	204046.34	2018
215665.28	245624.67	2019



Graf 3: Návratnost investice od roku 2012

7.2 Další možnosti optimalizace

Mezi další možnosti optimalizace se řadí instalace venkovních hliníkových rolet. Instalace těchto rolet může být buď při stavbě domu, nebo dodatečně k stávajícím oknům. Pokud by rolety byly instalovány při stavbě domu jednalo by se o rolety se schránkou pod omítku nebo by se instalovaly přímo s oknem, další možností je instalace do vestavěných schránek. Jelikož rodinný dům, pro který je optimalizace řešena již stojí, bylo by nutné zvolit klasickou dodatečnou montáž nebo dodatečnou montáž s kulatou schránkou. Velkou výhodou těchto hliníkových rolet je úspora energie. V zimním období je prostor díky roletám „vytápěn“ a v letním období „klimatizován“. Pokud jsou rolety zcela staženy (zavřeny), vzniká mezi oknem a roletou vzduchová mezera, která slouží jako tepelný izolant. Díky tomu se zabrání tepelným ztrátám až o 40%. Celkové náklady na vytápění se mohou snížit až o 10%.

Další úsporou energie může být instalace solárních kolektorů. V tomto případě by byla vhodná instalace dvou druhů kolektorů, ploché selektivní kolektory nebo ploché vakuové kolektory. Oba druhy kolektorů jsou vhodné pro celoroční ohřev teplé užitkové vody a vytápění. Cena plochých selektivních kolektorů je přijatelnější, proto bych pro uvažovaný rodinný dům volila tento druh kolektorů. Pokud by rodina v budoucnosti uvažovala o pořízení bazénu, pak by byla vhodná dodatečná instalace plochého nekrytého kolektoru jen pro ohřev vody v bazénu.

Následně mezi další způsoby jak ušetřit energii lze řadit i budoucí zlepšení tepelné schránky domu a případně výměnu oken s dvojskly za okna s trojskly. Dále nesmíme opomenout fakt, že domácí spotřebiče mají velký vliv na celkovou spotřebu energie, proto by bylo vhodné vyměnit všechny stávající spotřebiče za nízkoenergetické spotřebiče. Jako příklad si vezmeme ledničku. Rodina používá ledničku energetické třídy A, proto by bylo vhodné ji vyměnit za ledničku energetické třídy A+, která je úspornější o 25%. Nebo si dokonce pořídit ledničku energetické třídy A++, která je úspornější dokonce o 45%. Mezi další velký krok k úspoře energie by rodina měla vyměnit stávající televizi s klasickou obrazovkou za aspoň LCD televizi. Pokud bude stávající televize s klasickou obrazovkou (400 W) v provozu 5 hodin denně, spotřeba energie za rok je 730 kWh/rok, vymění-li se za aspoň LDC televizor dojde k úspoře energie za rok přibližně na 456 kWh/a. I osvětlení má velký vliv na celkovou spotřebu energie. Úsporná zářivka vydrží svítit tři až pětkrát déle a zároveň spotřebuje až o 80% méně energie než klasická žárovka. V tomto případě se nejedná pouze o úsporu energie, ale i peněz.

Nejen vhodnou volbou nízkoenergetických spotřebičů se dá v nízkoenergetických a pasivních domech ušetřit energie. Velký vliv na spotřebu energie má i volba vhodného a šetrného programu u domácích spotřebičů. Např. když u myčky nádobí snížíme teplotu mytí

ze 60°C na 50°C, ušetříme přibližně 30% energie. U pračky platí stejný přístup, pokud snížíme teplotu praní z 90°C na 60°C spotřeba se sníží o 25%.

8 Závěr

Práce sjednocuje potřebné informace zabývající se problematikou nízkoenergetických a pasivních budov, protože popisuje nejen rozdíly mezi nimi, ale i zařízení využívaná v těchto typech budov. Jednotlivé technologie používaných zařízení se neustále vyvíjejí a lze tedy předpokládat, že rozdíl nákladů na provoz běžného domu a nízkoenergetického či pasivního domu bude stále větší a tím bude v budoucnu stále větší zájem o nízkoenergetické či pasivní budovy.

Hlavním cílem této práce bylo nejen shrnout rozdíly v charakteristických rysech nízkoenergetických a pasivních budov, ale také popsat jednotlivá zařízení využívaná v těchto budovách. Jedno z těchto zařízení jsem využila v návrhu možné optimalizace stávajícího rodinného domu. Vybrala jsem technologii tepelného čerpadla, která je v současnosti z uvedených technologií nejpoužívanější, díky velké rozmanitosti provedení a také velké variabilitě vzhledem k potřebě zákazníka. Mohlo by se zdát, že nejpoužívanější jsou solární kolektory, které lze vidět všude kolem nás, ale ve srovnání s tepelnými čerpadly nejde o vhodný zdroj tepla kvůli závislosti účinnosti na ročním období.

Závěrem lze tedy říci, že ačkoliv jsou v současné době tepelná čerpadla často využívaná, jsou většinou využívána samostatně. Z tohoto důvodu bych doporučila využívat tepelná čerpadla v kombinaci s dalšími zařízeními jako jsou rekuperační výměníky a zemní výměníky. Tyto kombinace přinesou další nemalé úspory nákladů pro vytápění a zvýšení pohodlí obyvatel domu.

Literatura

- [1] HUDEC, M.: *Pasivní rodinný dům*. Praha, Grada Publishing 2008.
- [2] KŘÁP, P.: *Jak postavit kvalitní dům s nízkou spotřebou energie*. Ekologické bydlení [online].2011,[cit.2012-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekobydleni.eu/domy/jak-postavit-kvalitni-dum-s-nizkou-spotrebou-energie-13>>
- [3] SMOLA, J.: *Realizace pasivních rodinných domů v ČR*. Časopis stavebnictví [online]. 2007,[cit.2012-01-22].Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/realizace-pasivnich-rodinnych-domu-v-cr_A47_I1>
- [4] *Základní principy*. [online]. 2007, [cit. 2012-02-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/vetrani-a-teplovzdušne-vytapeni.html>>
- [5] TYWONIAK, J.: *Nízkoenergetické domy*. Praha, Grada Publishing 2005.
- [6] KALÍK, R.: *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha, Grada Publishing 2009.
- [7] CEMC – České ekologické manažerské centrum: *Vytápíme sluncem*. Praha, TIGIS, spol. s.r.o. 2010
- [8] ATREA: *Systémy pro rodinné domy, byty a bazény*. Dokumentace [online]. 2012, [cit. 2012-03-07]. Dostupné z WWW: < <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni-divize-vetrani-teplovzdušne-vytapeni-rodinnych-domu-bytu> >
- [9] TERMOGRAM: *Termovizní kamery FLIR řady E*. [online]. [cit. 2012-03-17]. Dostupné WWW: < <http://www.termogram.cz/prehled-rady-flir-e>>
- [10] PAUL: *Solankový výměník*. [cit. 2012-03-19]. Dostupné WWW: <<http://www.paul-rekuperace.cz/solankovyvyvmenik>>
- [11] IVT TEPELNÁ ČERPADLA: *IVT Greenlin*. [online]. [cit. 2012-03-26]. Dostupné WWW: <<http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/ivt-greenline-he-zeme-voda>>
- [12] TEPELNÁ ČERPADLA: *Funkce: Solární ohřev vody a moderní tepelná čerpadla*. [online]. [cit. 2012-04-13]. Dostupné WWW:< <http://www.tepelna-cerpadla.cz/cz/princip-funkce-tepelneho-cerpadla>>
- [13] MATUŠKA T: *Účinnost solárního kolektoru*. [online]. [cit. 2012-04-13]. Dostupné WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/ucinnost-solarniho-kolektoru>>
- [14] ENERGETICKÝ PORADCE PRE: *Solární kolektory*. [online]. [cit. 2012-04-15]. Dostupné WWW:< <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce/solarni-kolektory.html>>
- [15] NALEZENO: *Rekuperace: Představení technologie aneb proč ji zvolit?*. [online]. [cit. 2012-04-15]. Dostupné WWW:<<http://www.nazeleno.cz/stavba/rekuperace/rekuperace-predstaveni-technologie-aneb-proc-ji-zvolit.aspx>>

- [16] EKOWATT: *Zisky od spotřebičů*. [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné WWW:<<http://www.ekowatt.cz/uspory/zisky-od-spotrebicu.shtml>>
- [17] ALMMA: *Venkovní hliníkové rolety*. [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné WWW:<<http://www.venkovnirolety.cz/cz/venkovni-rolety/venkovni-rolety-pro-dodatecnou-montaz-finalm.asp>>
- [18] RWE: *Tipy na úspory energie v domácnosti*. [online]. [cit. 2012-04-17]. Dostupné WWW:<www.setrimenergii.cz/download_file.php?id=5>

Seznam příloh

Příloha 1. Výkresová dokumentace měřeného domu	I
Příloha 2. Výkresová dokumentace měřeného domu	II
Příloha 3. Výkresová dokumentace měřeného domu	III
Příloha 4. Výkresová dokumentace měřeného domu	IV
Příloha 5. Výkresová dokumentace měřeného domu	V
Příloha 6. Výkresová dokumentace měřeného domu	VI
Příloha 7. Výkresová dokumentace měřeného domu	VII
Příloha 8. Protokol z měření	VIII
Příloha 9. Protokol z měření	IX
Příloha 10. Protokol z měření	X
Příloha 11. Protokol z měření	XI
Příloha 12. Protokol z měření	XII
Příloha 13. Protokol z měření	XIII

Přílohy

Příloha 1. Výkresová dokumentace měřeného domu

v.č. : 007

SKLADBY KONSTRUKCÍ RD S VAZNICOVÝM KROVEM

E – STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

- STŘEŠNÍ KRYTINA 33 mm
- STŘEŠNÍ LATĚ 50/13 33 mm
- KONTRALATĚ 50/33 33 mm
- POUŠŤNÁ FOLIE ~30 mm
- KROKVEJ (180 mm) 240 mm
- VZDUCH. MEZERA 12,5 mm
- TEPELNÁ IZOLACE 3 x 80mm 12,5 mm
- PE FOLIE 12,5 mm
- FERMACELL SÁDROKARTON ~361 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM

$U = 0,170 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

A – OBVODOVÁ STĚNA

- TERMOFASÁDA ~107 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- RÁM (120mm) 120 mm
- TEPEL. IZOLACE 120 mm
- PE FOLIE 12,5 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- SÁDROKARTON 12,5 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~265 mm

$U = 0,189 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

C – STROP NAD PŘÍZEMÍM

- KONSTRUKCE PODLAHY 95 mm
- DTD 22 mm
- STŘOPNÝ NOSNÍK (240mm) 120 mm
- VZDUCHOVÁ MEZERA 120 mm
- PE FOLIE 120 mm
- PE FOLIE 120 mm
- POŠŤ Z LATI 30 mm
- SÁDROKARTON 2x 25 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~412 mm

F – VNITŘNÍ NOSNÁ STĚNA

- SÁDROKARTON 12,5 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- RÁM (120mm) 120 mm
- TEPEL. IZOLACE 120 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- SÁDROKARTON 12,5 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~170 mm

H – PODLAHA PŘÍZEMÍ

- PODLAH. KRYTINA ~5 mm
- PODLAHOVÝ DÍLEČ 25 mm
- (ALT. 2x01D)
- POLYST. CELK 100 mm
- SLEHÝ PODSYP 20 mm
- FOLIE PE
- KONSTRUKCE
- ÓLOŽNÉ DESKY
- TLOUŠŤKA CELKEM ~150 mm

$U = 0,330 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

B – ZVÝŠENÁ STĚNA PODKROVÍ

- TERMOFASÁDA ~107 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- RÁM (120mm) 120 mm
- TEPEL. IZOLACE 120 mm
- PE FOLIE 12,5 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- SÁDROKARTON 12,5 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~265 mm

$U = 0,189 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

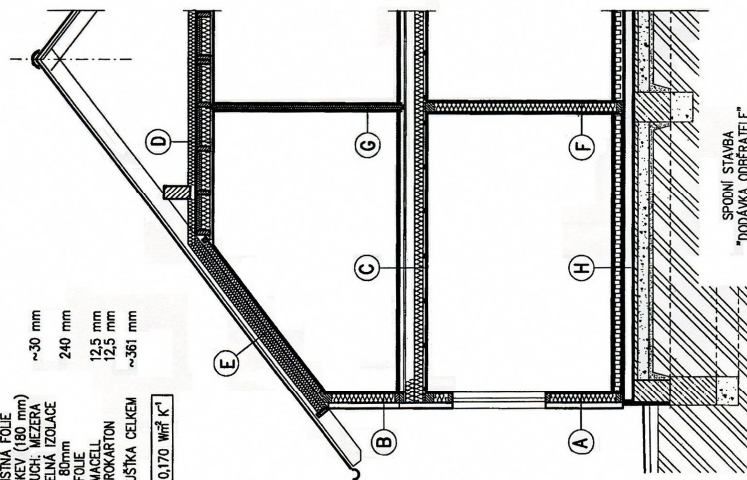
D – STROP NAD PODKROVÍM

- TEPEL. IZOLACE 100 mm
- DTD 22 mm
- STŘOPNÝ NOSNÍK (180mm) 180 mm
- PE FOLIE 180 mm
- PE FOLIE 180 mm
- POŠŤ Z LATI 30 mm
- SÁDROKARTON 15 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~347 mm

$U = 0,140 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

G – VNITŘNÍ NENOSNÁ PŘÍČKA

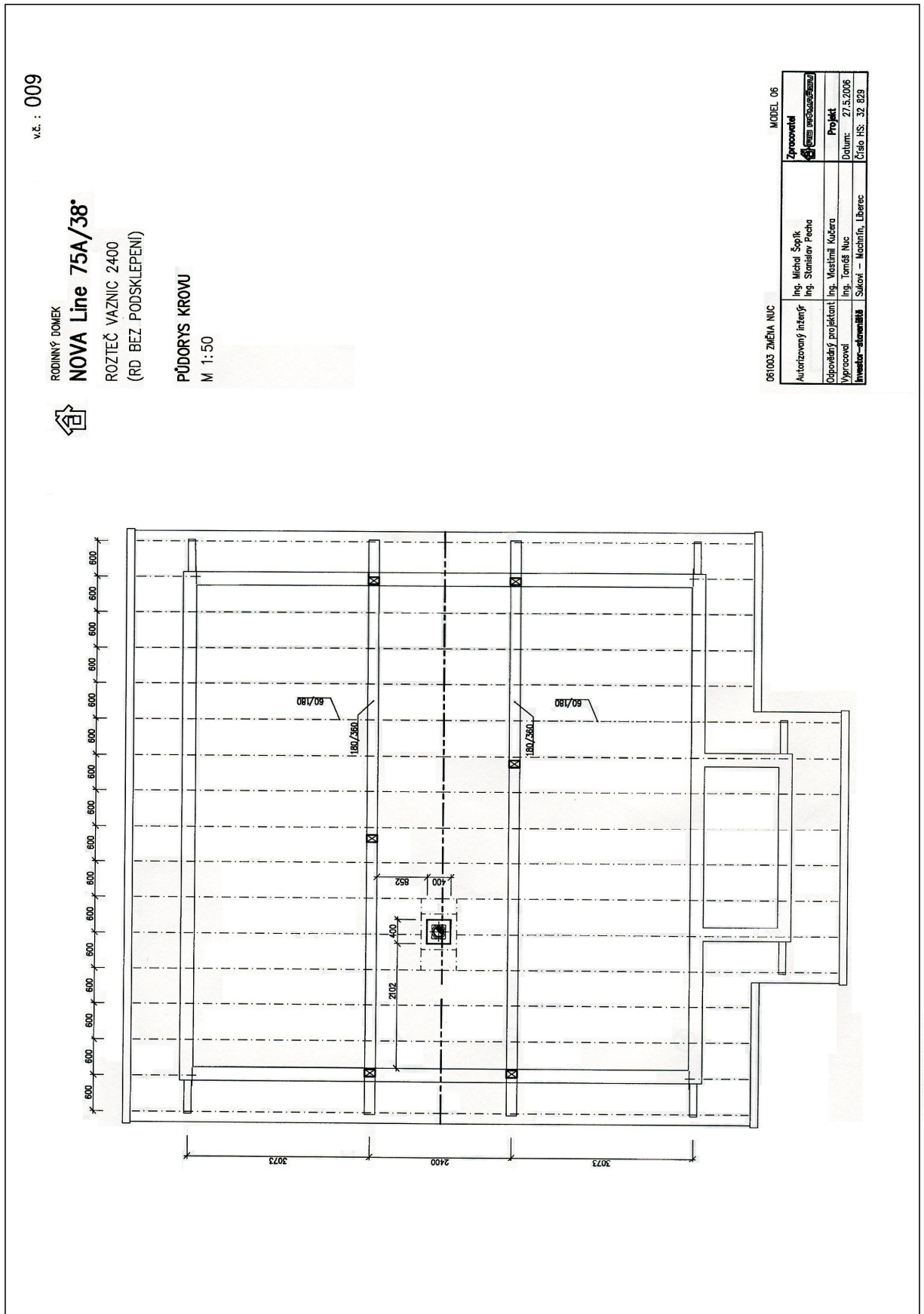
- SÁDROKARTON 12,5 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- RÁM (60mm) 60 mm
- TEPEL. IZOLACE 12,5 mm
- FERMACELL 12,5 mm
- SÁDROKARTON 12,5 mm
- TLOUŠŤKA CELKEM ~110 mm



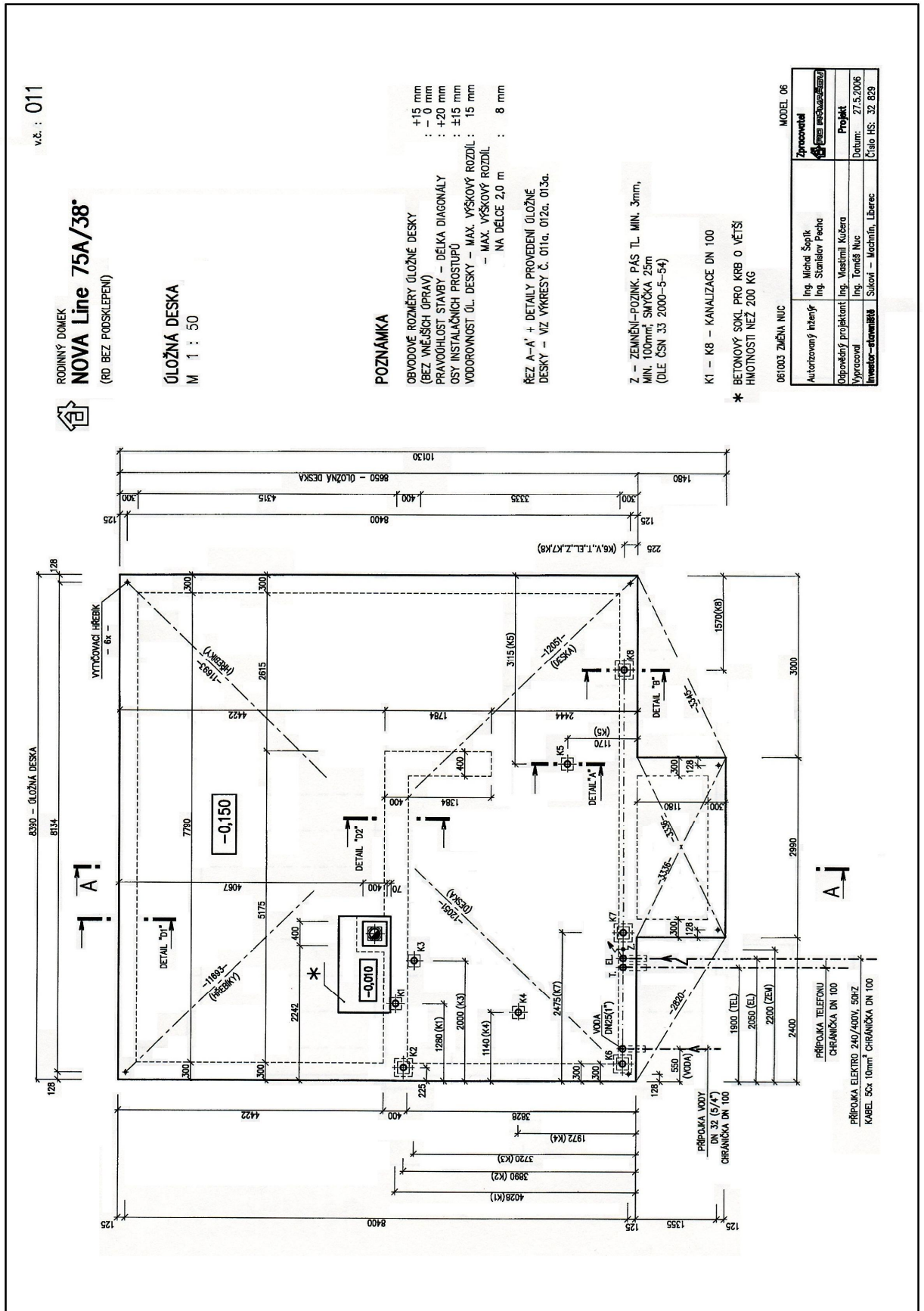
SPONNÍ STAVBA
"DODÁVKA ODBERATELE"

Autorizovaný inženýr	Ing. Michal Šapík Ing. Stanislav Pecho	Zpracovatel	ESB PROJEKTOVÁ
Obdobový projektant	Ing. Vlastimil Kubera	Projekt	
Vypracoval	Ing. Petr Štěpánek	Datum:	
Investor-stavětelem		Číslo HS:	

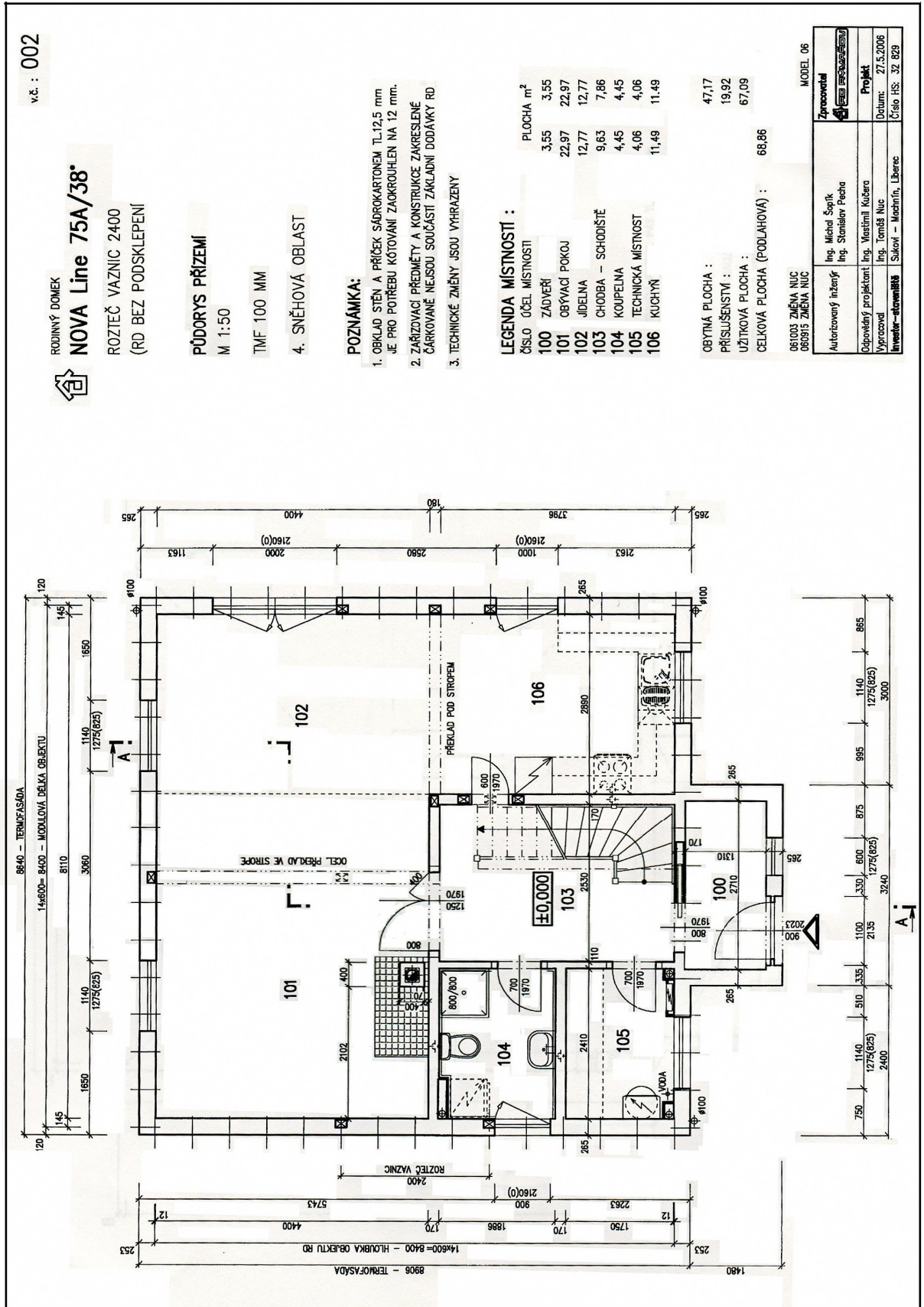
Příloha 2. Výkresová dokumentace měřeného domu



Příloha 3. Výkresová dokumentace měřeného domu



Příloha 4. Výkresová dokumentace měřeného domu



v.č. : 002

RODINNÝ DOMEK
NOVA Line 75A/38'

ROZTEČ VAZNIC 2400
(RD BEZ PODSKLEPENÍ)

PŮDORYS PŘÍZEMÍ
M 1:50

TMF 100 MM

4. SNĚHOVÁ OBLAST

POZNÁMKA:

1. OBKLAD STĚN A PŘÍČEK SÁDROKARTONEM TL.12,5 mm JE PRO POTŘEBU KÓTOVÁNÍ ZAKROUHLĚN NA 12 mm.
2. ZARÍZVACÍ PŘEDMĚTY A KONSTRUKCE ZAKRESLENÉ ČÁRKOVANĚ NEJSOU SOUČÁSTÍ ZÁKLADNÍ DODÁVKY RD
3. TECHNICKÉ ZMĚNY JSOU VYHRAZENY

LEGENDA MÍSTNOSTI :

ČÍSLO	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA m ²
100	ZÁDVEŘÍ	3,55
101	OBYVACÍ POKOJ	22,97
102	JÍDELNA	12,77
103	CHODBA – SCHODIŠTĚ	9,63
104	KOUPELNA	4,45
105	TECHNICKÁ MÍSTNOST	4,06
106	KUCHYŇ	11,49

OBYTNÁ PLOCHA : 47,17

PŘÍSLUŠENSTVÍ : 19,92

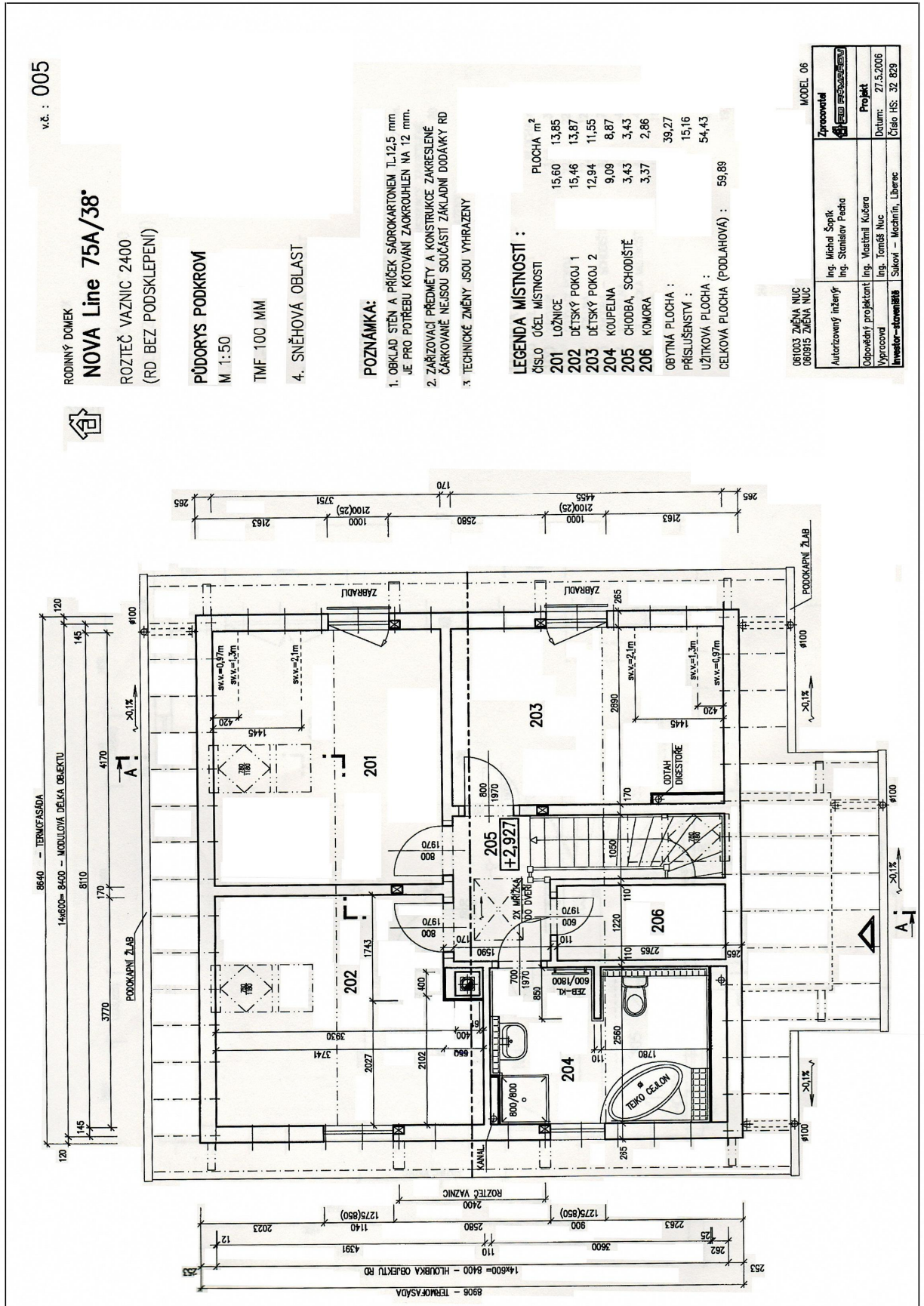
UŽITKOVÁ PLOCHA : 67,09

CELKOVÁ PLOCHA (PODLAHOVÁ) : 68,86

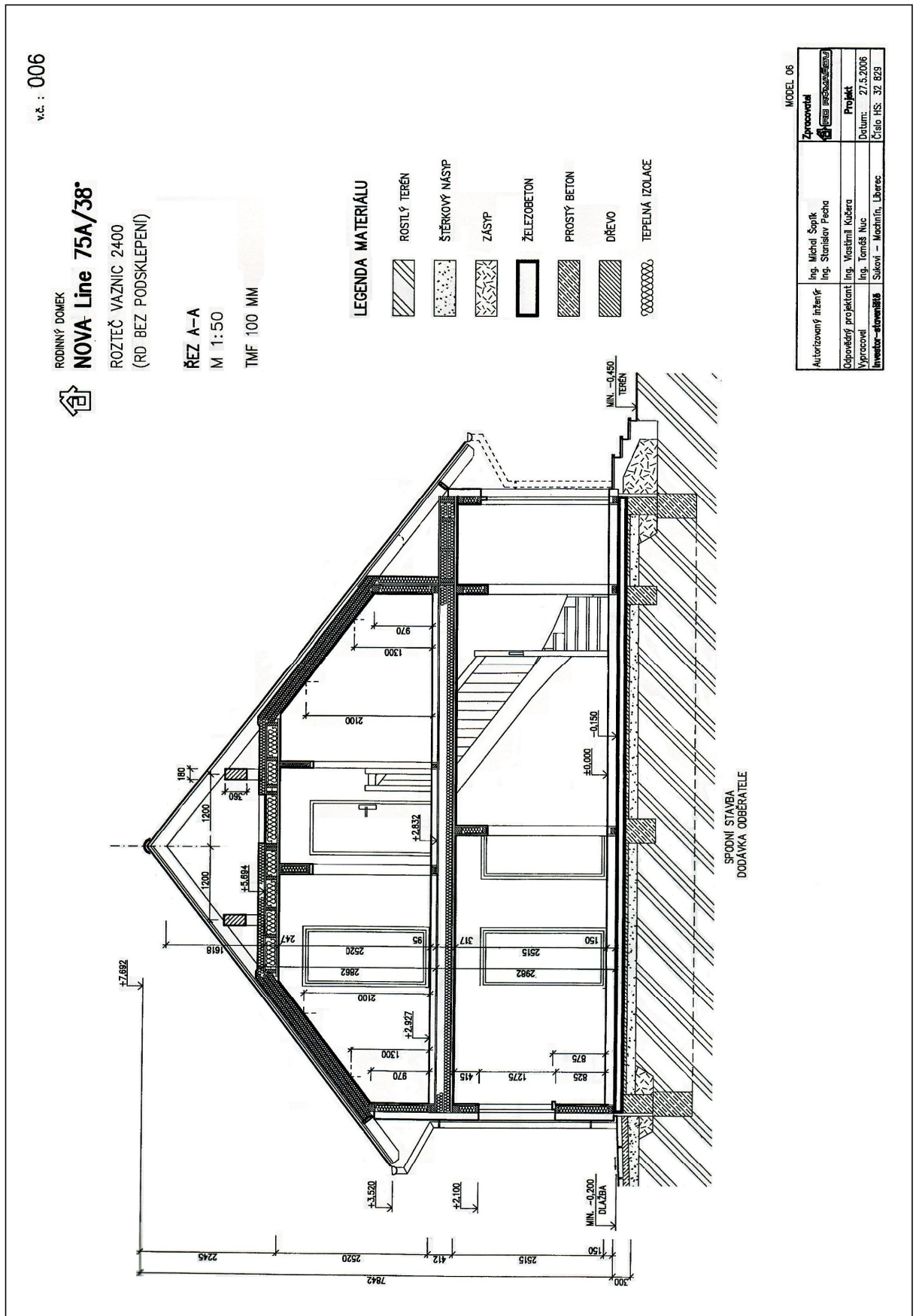
061003 ZMĚNA NUC
060515 ZMĚNA NUC

MODEL 06	
Zpracoval	Ing. Michal Šupník Ing. Stanislav Pecha
Autorem návrhu inženýr	Ing. Vladimír Kůčera
Objednatel	Ing. Tomáš Nůc
Vypracoval	Suková – Mochlín, Liberec
Investor-stavětelem	
Datum:	27.5.2006
Číslo HS:	32 629

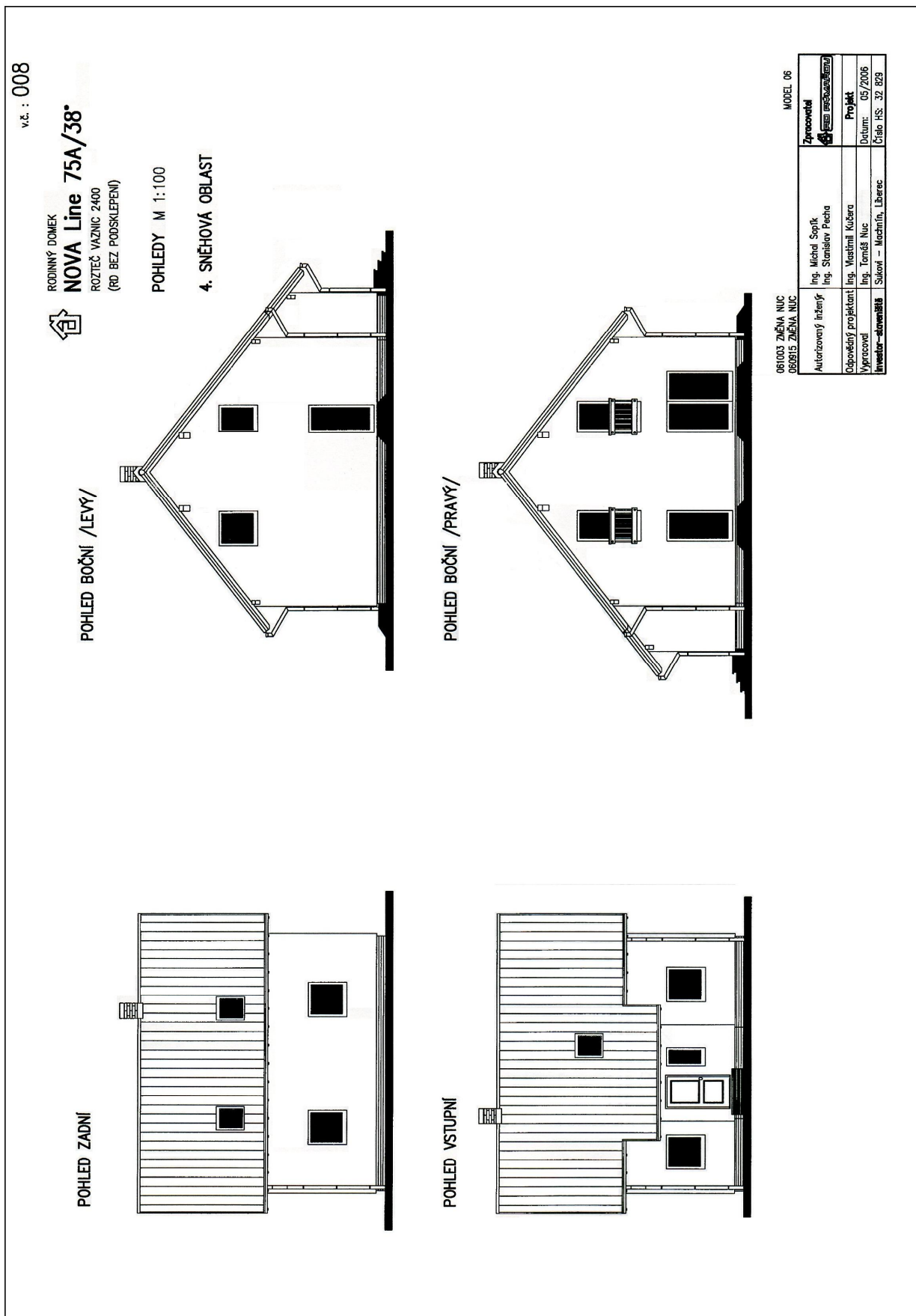
Příloha 5. Výkresová dokumentace měřeného domu



Příloha 6. Výkresová dokumentace měřeného domu



Příloha 7. Výkresová dokumentace měřeného domu



Příloha 8. Protokol z měření

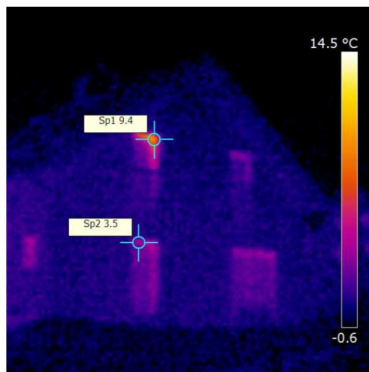


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
Adresa Vřesová 137, Liberec 16
Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:42:25
Jméno snímku	[000003]_upr.jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	15,0 m

Textové komentáře

Popis

Strana od Terasy - Špatně dovřené okno

Příloha 9. Protokol z měření

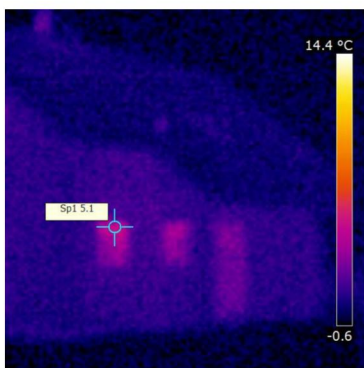


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
Adresa Vřesová 137, Liberec 16
Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:39:11
Jméno snímku	[000067]_upr.jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Textové komentáře

Popis

Čelní vchodová strana

Příloha 10. Protokol z měření

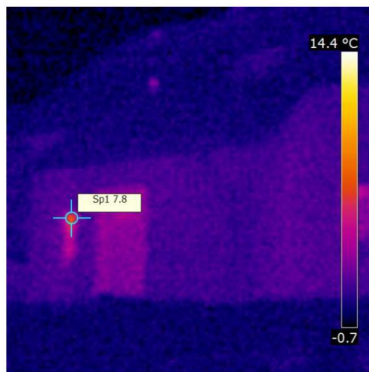


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
 Adresa Vřesová 137, Liberec 16
 Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
 Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
 Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:46:23
Jméno snímku	[000010]_upr.jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Textové komentáře

Popis

Čelní vchodová strana

Příloha 11. Protokol z měření

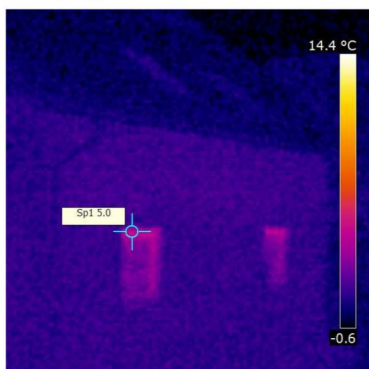


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
Adresa Vřesová 137, Liberec 16
Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:43:39
Jméno snímku	[000005].jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Textové komentáře

Popis

Zadní strana

Příloha 12. Protokol z měření

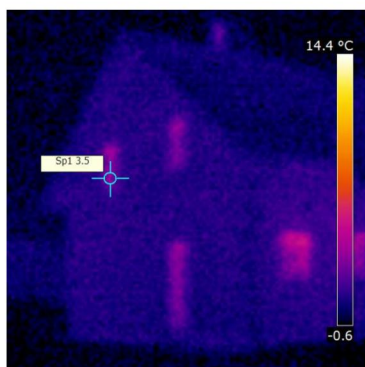


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
Adresa Vřesová 137, Liberec 16
Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:38:57
Jméno snímku	[000066]_upr.jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	10,0 m

Textové komentáře

Popis

Boční strana ze zahrady

Příloha 13. Protokol z měření

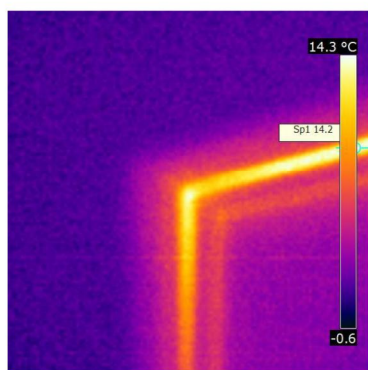


Zpráva o kontrole

Datum zprávy 19.2.2012

Společnost Bc. Monika Hamplová
Adresa Vřesová 137, Liberec 16
Měření provedl Bc. Monika Hamplová

Zákazník Jana Suková
Adresa sídla K Bedřichovce, Liberec
Kontaktní osoba Jana Suková



Parametry obrazu a objektu

Typ kamery	InfraCAM Wester
Datum snímku	19.2.2012 6:37:44
Jméno snímku	[000062]_upr.jpg
Emisivita	0,91
Odražená teplota	0,0 °C
Vzdálenost objektu	1,0 m

Textové komentáře

Popis

Otevřené okno

