



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

NÁVRH SYSTÉMU ŘÍZENÍ A DIAGNOSTIKY OHŘEVU VODY S VYUŽITÍM SOLÁRNÍ ENERGIE

DESIGN OF SYSTEM CONTROL AND DIAGNOSTICS WATER HEATING USING SOLAR
ENERGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. KRISTIÁN KUŽEL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK VDOLEČEK, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Kristián Kužel

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

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

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

Návrh systému řízení a diagnostiky ohřevu vody s využitím solární energie

v anglickém jazyce:

Design of system control and diagnostics water heating using solar energy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Využití solární energie, například k ohřevu vody, je dnes velmi aktuální téma. Takový systém je však třeba také efektivně řídit a pravidelně diagnostikovat.

Cíle diplomové práce:

Práce se zaměří na využití solárních panelů k ohřevu vody v rodinném domku a jeho začlenění do systému vytápění a přípravy TUV. V rámci řešení budou vytipovány sledované parametry, potřebné k řízení celého otopného systému a jeho pravidelné diagnostice, včetně návrhu příslušné instrumentace. V závěru se zamyslete i nad možnostmi začlenění do systému vyšší úrovně, např. tepelného čerpadla či komplexní automatizace budov.

Doporučená osnova práce:

1. Solární ohřev vody
2. Vytipování parametrů pro řízení a diagnostiku
3. Výběr vhodných snímačů a dalších přístrojů
4. Návrh komplexního systému řízení a diagnostiky ohřevu vody
5. Možnosti začlenění do systému vyšší úrovně

Seznam odborné literatury:

BAŠTA, J.; Regulace vytápění :Praha: Vydavatelství ČVUT Praha, 2002, 99s. ISBN 80-01-02582-9.

DOUBRAVA, J. a kol. ; Regulace ve vytápění :Praha: Společnost pro techniku prostředí. 2000, 156 s. ISBN 80-02-01384-0.

KREIDL, M. a kol.: Diagnostické systémy. Praha: Vydavatelství ČVUT Praha 2001 352 ISBN 80-01-02349-4.

MENTLÍK, V. a kol.: Diagnostika elektrických zařízení. Praha, Ben - technická literatura 2008, 440 s. ISBN 978-80-7300-232-9.

Firemní literatura

Vedoucí diplomové práce: Ing. František Vdoleček, CSc.

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

V Brně, dne 22. 11. 2012




Ing. Jan Roupeč, Ph.D.
Ředitel ústavu


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

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou ohřevu TUV. Zaměřuje se na solární ohřev vody, věnuje se jednotlivým druhům solárních panelů a shrnuje dosavadní poznatky o solárním ohřevu vody. Na konkrétním příkladu ukazuje praktické problémy při řešení solárního systému ve dvougeneračním rodinném domě, kde rozebírá možnosti diagnostiky a řízení tohoto systému. Zabývá se rovněž návrhy možného rozšíření stávajícího solárního systému.

ABSTRACT

This thesis deals with problems related to heating of hot service water. It focuses on solar water heating, describes individual types of solar panels and summarizes the existing information about solar water heating. It demonstrates actual problems of solar system solution on a specific example of a two-generation family house, where it analyses possibilities of diagnostics and control of such system. It also deals with suggestions of possible expansion of the current solar system.

KLÍČOVÁ SLOVA

Solární ohřev vody, diagnostika, solární panel, snímač teploty, sluneční záření, kolektor, heat-pipe, U-pipe, Direct flow

KEYWORDS

Solar water heating, diagnostics, solar panel, temperature sensor, solar radiation, solar collector, heat-pipe, U-pipe, Direct flow

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE

KUŽEL, K. *Návrh systému řízení a diagnostiky ohřevu vody s využitím solární energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 55 s. Vedoucí diplomové práce Ing. František Vdoleček, CSc..

PROHLÁŠENÍ O ORIGINALITĚ

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, jenž je umístěn na konci této práce.

24. května 2013

.....
Kristián Kužel

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Františku Vdolečkovi, CSc. Za jeho vstřícnost, odbornou pomoc a konstruktivní připomínky, Ing. Liboru Pánkovi majiteli solárního systému za možnost psát diplomovou práci na jeho zařízení a rodině za podporu.

Obsah:

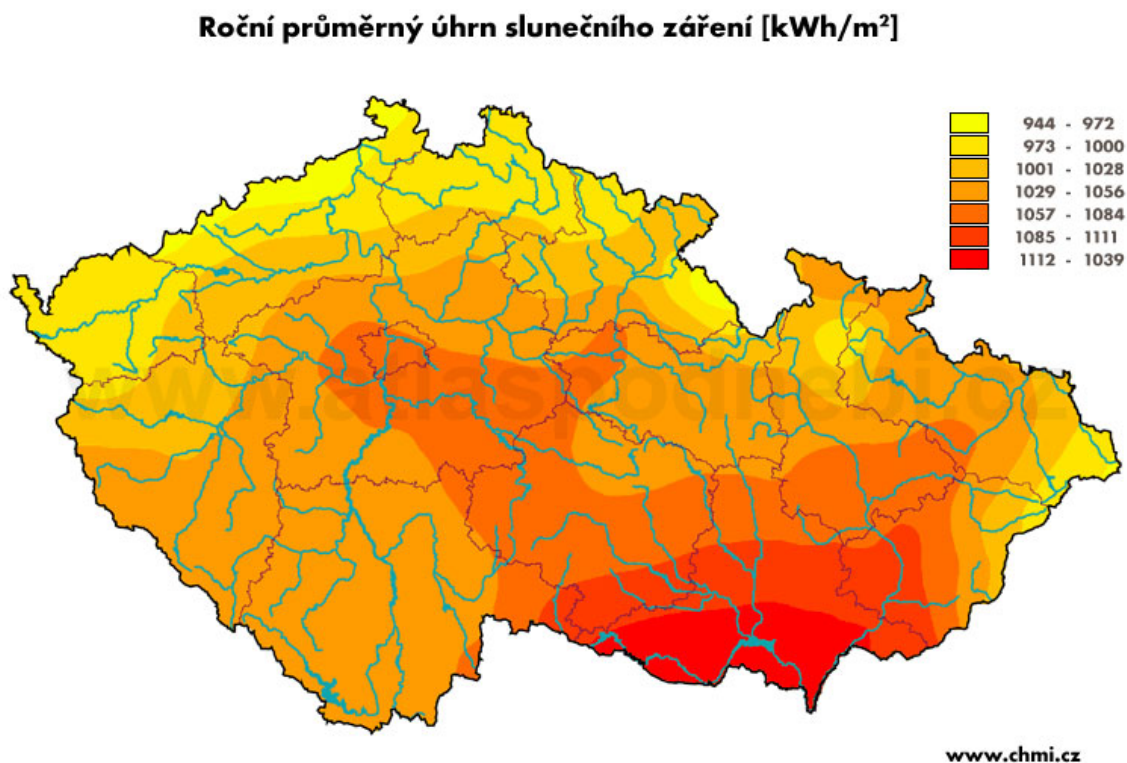
	Zadání závěrečné práce.....	3
	Abstrakt.....	5
1	Úvod.....	11
2	ohřev vody a vytápění	13
2.1	Elektrický ohřev.....	13
2.1.1	Zásobníkové ohřivače vody.....	14
2.1.2	Průtokové ohřivače vody.....	15
2.2	Plynový ohřev.....	15
2.3	Solární ohřev.....	17
2.4	Tepelné čerpadlo	17
2.4.1	Tepelné čerpadlo země - voda.....	18
2.4.2	Tepelné čerpadlo voda - voda.....	19
2.4.3	Tepelné čerpadlo vzduch - voda.....	19
3	Solární panely.....	21
3.1	Klasický průtočný nekrytý.....	21
3.2	Vakuové trubicové kolektory.....	21
3.2.1	Heat-pipe	21
3.2.2	Direct flow.....	22
3.2.3	U-pipe.....	23
3.3	Ploché kolektory.....	23
4	Řízení a diagnostika.....	27
4.1	Řízení.....	27
4.2	Diagnostika.....	28
5	Solární systém v rodinném domě	29
5.1	Solární panel.....	29
5.2	Čerpadlová skupina s řídicí jednotkou – solární okruh.....	30
5.3	Ovládací panel dohřevu a cirkulace – druhá řídicí jednotka.....	33
5.4	Nepřímotopný ohřivač.....	33
5.5	Schema stávajícího topného systému.....	35
5.6	Tlaky, teploty, rozměry potrubí a spotřeba.....	35
5.7	Rozšíření možností diagnostiky.....	36
5.8	Grafické přehledy naměřených teplot v jednotlivých měsících.....	38
5.9	Sledování aktuálního stavu solárního systému.....	45
5.10	Údržba systému.....	45
5.11	Návratnost systému.....	46
6	Možnost rozšíření systému.....	47
6.1	Rozšíření o předeřev vody pro radiátory.....	47
6.2	Rozšíření o tepelné čerpadlo.....	48
7	Závěr.....	49
8	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	51
	Seznam použité literatury.....	53
	Seznam příloh.....	55

1 ÚVOD

Dřevo, uhlí, později elektřina a plyn byly jedinou možností ohřevu vody. S rostoucí cenou fosilních paliv a energií se lidé snaží osamostatnit od centrálních zdrojů energie. Je tedy zapotřebí hledat řešení, nejen z ekologických ale i ekonomických důvodů. Ohřev TUV a topení se podílí na spotřebě v domácnosti asi 85 %. Jednou z možností jak ulevit domácímu rozpočtu je využití energie slunce. Sluneční energie se nabízí jako nejlepší řešení. Je k dispozici každý den a v České republice je k dispozici dostatečný sluneční svit pro stavbu solárních i fotovoltaických systémů (obr. 1).

Fotovoltaický systém nám dodává elektrickou energii, kterou můžeme využít i na ohřev vody. Nevýhodou fotovoltaických systémů je když pomineme vysokou pořizovací cenu jejich degradace v čase tedy postupné snižování účinnosti, která se u nových fotovoltaických článků pohybuje zatím jen kolem 20 %. Jsou náročné na údržbu. Jako vhodnější a levnější řešení se jeví solární systém. Solární panely mají na rozdíl od fotovoltaických systémů několikanásobně vyšší účinnost, nejen kvůli tomu, že u fotovoltaických článků dochází k přeměně slunečního záření na elektrickou energii a její následné úpravy ze stejnosměrného napětí na střídavé, ale hlavně proto, že solární panely využívají širší spektrum slunečního záření. V závislosti na absorbéru pohlcují až 85 % sluneční energie.

Solární ohřev vody zaznamenal v posledních letech veliký rozmach, nejen díky stoupajícím cenám energií, ale i díky klesající ceně solárních panelů. Pro svou relativní jednoduchost, možnost získání dotace si získává stále více zájemců. Solárními systémy z obecného i konkrétního pohledu se zabývá tato diplomová práce.



Obr. 1 Sluneční záření v České republice

2 OHŘEV VODY A VYTÁPĚNÍ

V Evropě se začalo využívat solárního ohřevu vody ve větší míře po roce 1973, když nastala ropná krize. Česká republika i když v menším měřítku nebyla výjimkou a taky postavila několik solárních soustav pro ohřev vody. Zatímco v Evropě se stavěly spíše menší solární systémy pro rodinné domy, u nás, přestože si spíše vybavíme malé hadicové systémy na ohřevy bazénů na chatě, stavěly se i velké solární systémy, některé s rozlohou i několika stovek metrů čtverečních. Na (obr. 2) můžeme vidět jednu z nejstarších československých solárních soustav[1].



Obr. 2 Jedna z nejstarších československých solárních soustav z roku 1976

2.1 Elektrický ohřev

V dnešní době je nejpohodlnějším ale i nejdražším způsobem ohřevu vody a vytápění elektřina. Výhodou je jednoduchá instalace a vyšší bezpečnost než ohřev plynem, pohodlná a snadná regulace. Velkou nevýhodou je cena za kWh. Využití elektřiny k ohřevu vody a nebo k topení se vyplatí jen tam, kde není jiná možnost ohřevu. Začátkem 90 let byla elektřina jako čistý způsob vytápění a ohřevu vody propagována, zlom nastal v průběhu 90 let, kdy cena za kWh prudce stoupla a prakticky se dorovnala na úroveň cen v západní Evropě.

Pokud jsme rozhodnutí pro elektrický ohřev vody, je vhodné pořídit si elektrický tarif s „nočním proudem“ a zajímat se i o jiné možnosti jak si snížit výdaje například kombinací s fotovoltaickým článkem, kdy nám distributor elektrické energie platí za dodanou 1 kWh více, než my jemu za odebranou 1 kWh.

2.1.1 Zásobníkové ohřivače vody

K jejich provozu dostačuje jednofázová elektrická přípojka, protože nemusí ohřívat vodu nárazově, ale ohřívají ji kontinuálně. Jejich odběr činí cca do 2,3 kW, tedy vzhledem k odběru 10 A nám stačí jištění 16 A jističem. Díky relativně nízkému odběru a příznivé ceně nacházejí využití často na chatách a chalupách. Je možno je připojit na více odběrných míst.

Kapacitu zásobníkových ohřivačů volíme dle počtu členů v domácnosti a také podle počtu odběrných míst a jejich typů. Pro menší domácnost: 2 lidé, jeden dřez, umyvadlo a sprcha je minimem 30 litrový bojler a 50 litrů je dostačující. Rozdíl cen 30 l, 50 l a 80 l bojlerů je řádově ve stokorunách, ale čím větší bojler použijeme, tím vyšší máme tepelné ztráty.

Tepelné ztráty jsou hlavní nevýhodou u zásobníkových ohřivačů. Mohou činit i více než 1 kWh za den u 30 litrového ohřivače, což je přes 5 Kč (dle tarifu) za den jen ve ztrátách. Zásobníkové ohřivače vody bývají vybaveny hořčíkovou anodou k zamezení, nebo zpomalení koroze smaltovaného ocelového zásobníku. Cena ochranné anody je několik stovek korun. Anodu je vhodné jednou ročně zkontrolovat, a v případě potřeby vyměnit.



Obr. 3 Zásobníkový elektrický ohřivač vody

2.1.2 Průtokové ohřivače vody

Průtokové ohřivače ohřívají pouze vodu, kterou spotřebováváme. Oproti ohřívání vody v zásobníku, je zde tedy výhoda, že nedochází k tepelným ztrátám. Nevýhodou těchto ohřivačů je ale vysoký okamžitý odběr ze sítě, je tedy nutno mít dostatečně dimenzovanou elektrickou přípojku.

Méně výkonné jednofázové typy řádově do 3 kW jsou většinou v beztlakovém provedení a je možno je připojit jen na jedno odběrné místo. Hodí se nanejvýš k použití pro umyvadlo nebo dřez. Výkonnější typy použitelné i pro sprchu bývají pro svou větší spotřebu častěji v 3 fázovém provedení, aby měly k dispozici dostatečný elektrický příkon postačující k provozu. Je možno je připojit na více odběrných míst. Pokud jsou v jednofázovém provedení mají nezřídka odběr přes 20 A, je tedy nutno je jistit 25 A jističem a to už je hodnota, která bývá použita na hlavním jističi v domácnosti.

Běžné průtokové ohřivače vody v beztlakovém provedení vyžadují připojení ke speciální nízkotlaké vodovodní baterii. Tato baterie se vyznačuje tím, že snižuje tlak z vodovodního řádu. V posledních letech se dají průtokové ohřivače vody zakoupit i v provedení tlakovém. K nim se připojuje běžná vodovodní baterie.



Obr. 4 Beztlakový průtokový elektrický ohřivač vody

2.2 Plynový ohřev

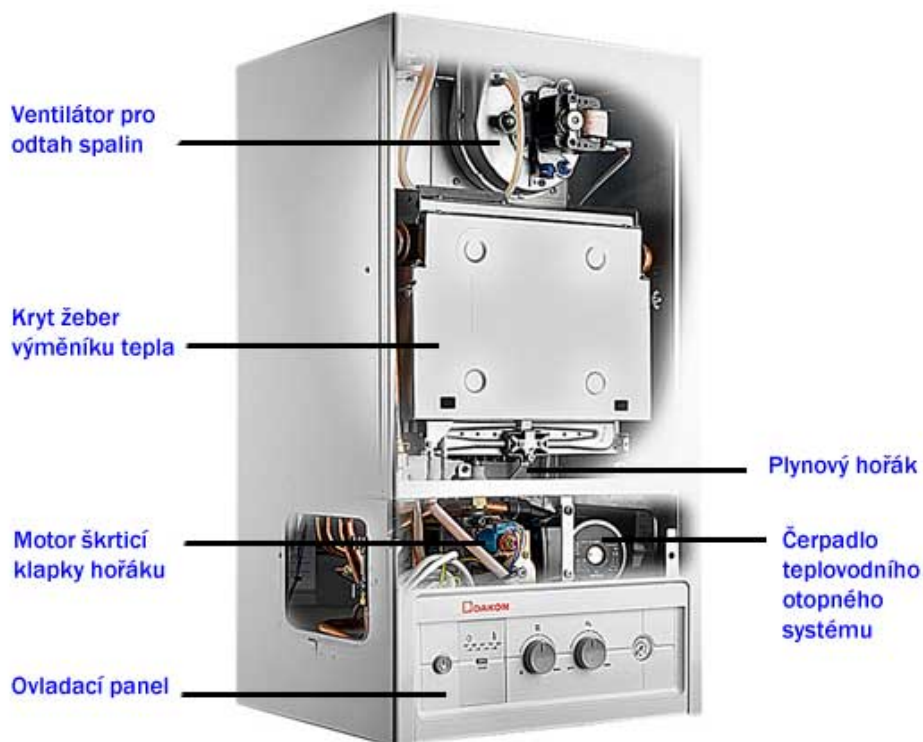
Běžný zejména v rodinných domech. K rozšíření ohřevu vody a vytápění plynem přispělo zejména skokové zvýšení cen elektřiny v 90 letech. Ohřev TUV a topení plynem je náročnější na údržbu. Pořizovací cena je vyšší a instalace složitější, než u elektrických kotlů, ale provoz je dlouhodobého hlediska levnější, než ohřev elektřinou.

Plynové průtokové ohřivače jsou pro svou vyšší složitost oproti elektrickým průtokovým ohřivačům řádově třikrát dražší. Nejméně výkonné typy kolem 8 kW mají odtah do místnosti, není nutno řešit napojení na komín. Výkonnější typy kolem 20 kW využívané pro více odběrných míst vyžadují připojení na komín. Nutno provádět pravidelné revize.

Plynové kotle dělíme je na teplovodní a kondenzační. Atmosférické vynikají nižší cenou, kondenzační zase vyšší účinností. Teplovodní plynový kotel využívá většinou teplotní spád 75/65 °C. Teplotní spád nám udává rozdíl teplot do otopného tělesa vstupující a z otopného tělesa vystupující. Rozdíl těchto teplot by se měl pohybovat kolem 10 K. Plynové kotle můžeme také dělit na závěsné a stacionární. Vyrábějí se v provedení výhradně pro vytápění, pro vytápění a ohřev vody v externím zásobníku, vytápění a ohřev vody s integrovaným zásobníkem a v provedení vytápění a průtokovým ohřevem vody.

V případě použití klasického kotle uniká při spalování část tepelné energie bez užitku do atmosféry. Tato ztráta může představovat až 11 % energie. Tuto energii dokáže kondenzační kotel využít. Horké spaliny prochází speciálním tepelným výměníkem, ve kterém předávají teplo topné vodě. Plynové kondenzační kotle nelze připojit přímo na komín, protože jejich spaliny jsou natolik chladné, že by nevytvořily dostatečný tah. Chladné spaliny navíc kondenzují na stěnách odvodové šachty. Proto je důležité, aby byla komínové cesty odolné vůči kondenzátu. Řešením jsou speciální systémy odvodu spalin pro kondenzační kotle, které lze bez problémů připojit i do již existujícího komínu [2].

Kondenzační kotle jsou vhodné pro nízkoteplotní soustavy. Podlahové vytápění s teplotním spádem 45/35 °C. Není vhodné pro klasické radiátory, kde se využívá teplotní spád 75/65 °C. Pokud tedy uvažujeme o koupi nového kotle, musíme brát v potaz i změnu vytápění v domácnosti. Klasické radiátory nejsou vhodné pro nízké teplotní spády. Kondenzační kotle také vyžadují zajištění odvodu kondenzátu vznikajícího během provozu kondenzačního kotle do kanalizace.



Obr. 5 Závěsný plynový kotel [3]

2.3 Solární ohřev

Základem solárního ohřevu vody je sluneční kolektor, který přeměňuje sluneční záření na teplo, které předává teplotně nosné kapalině. K tomuto účelu se používá speciální teplotně nosná kapalina s nízkým bodem tuhnutí – zámraznou hodnotou ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) a vysokou maximální pracovní teplotou (nad $200\text{ }^{\circ}\text{C}$) která je určena přímo pro solární systémy.

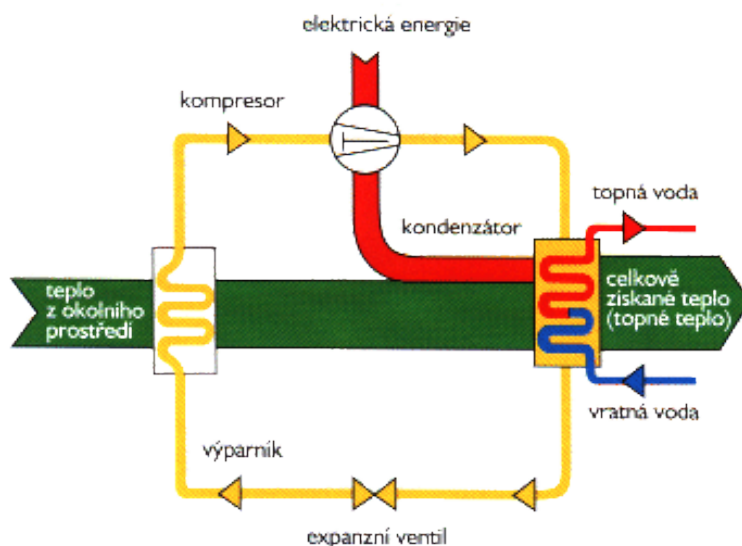
Energii přijatou od solárního panelu předává teplotně nosná kapalina nepřímotopnému ohřívači – zásobníku vody s nejméně dvěma topnými výměníky. Dva výměníky proto, že pokud využíváme energii slunce, je nutno mít záložní zdroj energie, který je nezávislý na počasí a na roční či denní době. Nejčastěji se využívá plyn, nebo elektřina, ale může to být i tepelné čerpadlo, které je sice také závislé na ročním období, ale už ne tolik na denní době.

Aby teplo z kolektorů, které máme umístěny zpravidla na střeše budovy proudilo prostřednictvím teplotně nosné kapaliny do nepřímotopného ohřívače, musíme mít v systému oběhové čerpadlo. Toto nám zajistí spolu s řídicí jednotkou - regulátorem cirkulaci teplotně nosné kapaliny v solárním okruhu.

Regulaci systému zajišťuje většinou řídicí jednotka, která na základě porovnání teplot na solárním panelu a v nepřímotopném ohřívači zapíná, řídí rychlost oběhového čerpadla solárního okruhu a vypíná ho. Regulátor také může zajišťovat spínání dalšího zdroje energie pro ohřev například plynový nebo elektrický kotel.

2.4 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je systém, který za použití chladiva s nízkým bodem varu podobně jako kompresorová lednička (obr. 6) odebírá teplo ze vzduchu, země nebo z vody a tuto energii použije k ohřevu vody. Stejně jako solární systémy se i tepelná čerpadla dají zařadit mezi alternativní zdroje energie. Ceny tepelných čerpadel se pohybují v řádech statisíců.



Obr. 6 Tepelné čerpadlo [4]

Podle druhého zákona termodynamiky nemůže teplo samovolně přecházet z tělesa o teplotě nižší na těleso o teplotě vyšší. Tepelné čerpadlo umožňuje ochlazením vody vzduchu, nebo země ohřát teplotně nosnou kapalinu, ale je nutno dodat energii jeho kompresoru [4].

Základním parametrem tepelného čerpadla je topný faktor, ten určuje účinnost tepelného čerpadla. Čím vyšší je topný faktor, tím je tepelné čerpadlo účinnější. Účinnost tepelného čerpadla, tedy jeho topný faktor se počítá dle vzorce (1) [5].

$$COP = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \quad (1)$$

COP	Topný faktor	[-]
ΔQ	Tepelný výkon – užité teplo kondenzátoru	[W]
ΔP	Dodaný výkon – příkon kompresoru	[W]

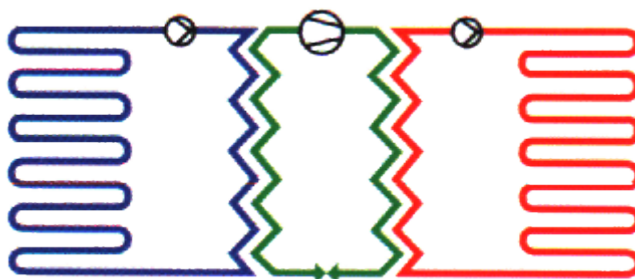
Životnost tepelného čerpadla je závislá na životnosti jeho nejdůležitější součásti – kompresoru. Kompresor je citlivý na časté spínání, proto je nutno správně spočítat jeho výkon a zbytečně ho nepředimenzovat. Příliš výkonný kompresor bude spínat častěji a dříve se poškodí. Při správně nadimenzovaném systému je životnost kompresoru až 20 let [6].

Při použití tepelných čerpadel v novostavbách, je vhodné instalovat namísto klasických radiátorů podlahové vytápění. Podlahové radiátory mají nižší teplotní spád a více se hodí k použití pro nízkoteplotní otopné systémy.

Nevýhody tepelných čerpadel je kromě vysoké pořizovací ceny a tedy delší návratnosti systému i spotřeba kompresoru, která činí asi 30 % celkové vyrobené energie. Existuje speciální energetický tarif pro tepelné čerpadlo: D56d. Cena za 1 kWh je 2,75 Kč s DPH v nízkém tarifu, který trvá 22 hodin denně a 3 Kč za kWh ve vysokém tarifu, který trvá dvě hodiny denně. Je to veliké zvýhodnění oproti standardní ceně cca 5 Kč za 1 kWh [7].

2.4.1 Tepelné čerpadlo země - voda

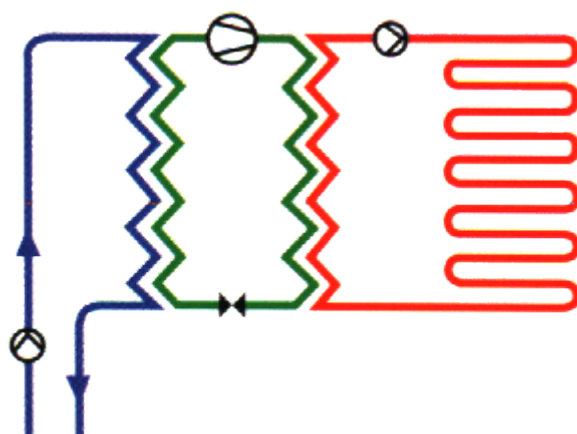
Tento typ tepelného čerpadla je nejúčinnější ze všech druhů tepelných čerpadel. Je více typů tepelných čerpadel země – voda. Dělí se podle způsobu odebírání tepla z půdy. Zřejmě nejúčinnějším typem je tepelné čerpadlo odebírající teplo z hlubinného vrtu cca 100 m hlubokého. Nevýhodou tohoto typu je vysoká cena za vrt. Tento typ tepelného čerpadla dosahuje vyššího topného faktoru, tedy vyšší účinnosti až 3,9 [8]. Dalším typem je tepelné čerpadlo odebírající teplo z plochy. Není zapotřebí vrt, ale dosti velká plocha například zahrady 200 – 400 m² pod kterou se v hloubce cca 1,5 m položí potrubí.



Obr. 7 Tepelné čerpadlo země – voda [4]

2.4.2 Tepelné čerpadlo voda - voda

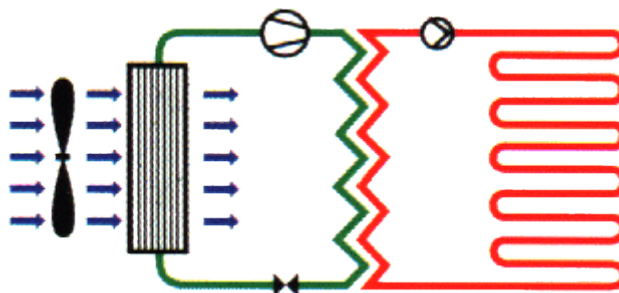
Tepelné čerpadlo pracující na principu voda – voda odebírá vodu většinou ze studny, nebo z vrtu. Voda prochází výměníkem tepelného čerpadla, který z ní odebere část tepla a vrací se zpátky do země přes druhý vrt nebo studnu. Vzdálenost mezi vrtů by měla být co největší, alespoň 10 metrů aby se vzájemně tepelně neovlivňovaly. Nevýhody tohoto typu tepelného čerpadla jsou zřejmé. Je nutno mít dostatečné množství vody cca 0,5 l/s. Pokud je poblíž lokální zdroj tepelné energie například elektrárna nebo jiný výrobní proces, může využívat - rekuperovat tepelnou energii z ní. Další nevýhodou tohoto systému je to, že je otevřený, je tedy nutno pravidelně čistit filtry a výměník.



Obr. 8 Tepelné čerpadlo voda – voda [4]

2.4.3 Tepelné čerpadlo vzduch - voda

Ze všech typů tepelných čerpadel je tepelné čerpadlo pracující na principu vzduch - voda nejjednodušší na výstavbu, dosahuje ale nižší účinnosti, protože je energeticky náročnější na provoz. Dosahuje účinnosti COR kolem 2,9 [9]. Nižší účinnosti dosahuje zejména v chladném období. Díky vyššímu vytížení, má jeho kompresor nižší životnost než ostatní druhy tepelných čerpadel.



Obr. 9 Tepelné čerpadlo vzduch – voda [4]

3 SOLÁRNÍ PANELY

Pro řešení solárních systému existuje spousta druhů různých kolektorů, které jsou podrobněji rozepsány v jednotlivých podkapitolách. Každý kolektor má své výhody i nevýhody. Solární kolektory umísťujeme většinou na střechu domu nakloněné 30° – 50° a čelem je směřujeme jižním, nebo jihozápadním směrem.

3.1 Klasický průtočný nekrytý

Klasické průtočné systémy ať už hadicové nebo trubkové se používají k nenáročným aplikacím například pro sezónní ohřev vody v bazénu a podobně. Jelikož tyto solární kolektory nejsou kryté, natož vakuové, má na jejich účinnost výrazný vliv okolní prostředí: teplota a vlhkost vzduchu, síla větru a podobně.

3.2 Vakuové trubkové kolektory

Kolektor se skládá z jednotlivých trubek vyrobených nejčastěji z borosilikátového skla o tloušťce 1,5 mm. Mají vysokou účinnost 70 – 80 % jsou častěji využívány než ploché konektory. Se zhoršujícími se provozními podmínkami (při nižší teplotě vzduchu) jejich účinnost klesá pomaleji, než u plochých panelů a to asi na 60 – 65 % [11].

Solární panel **SVB 26**

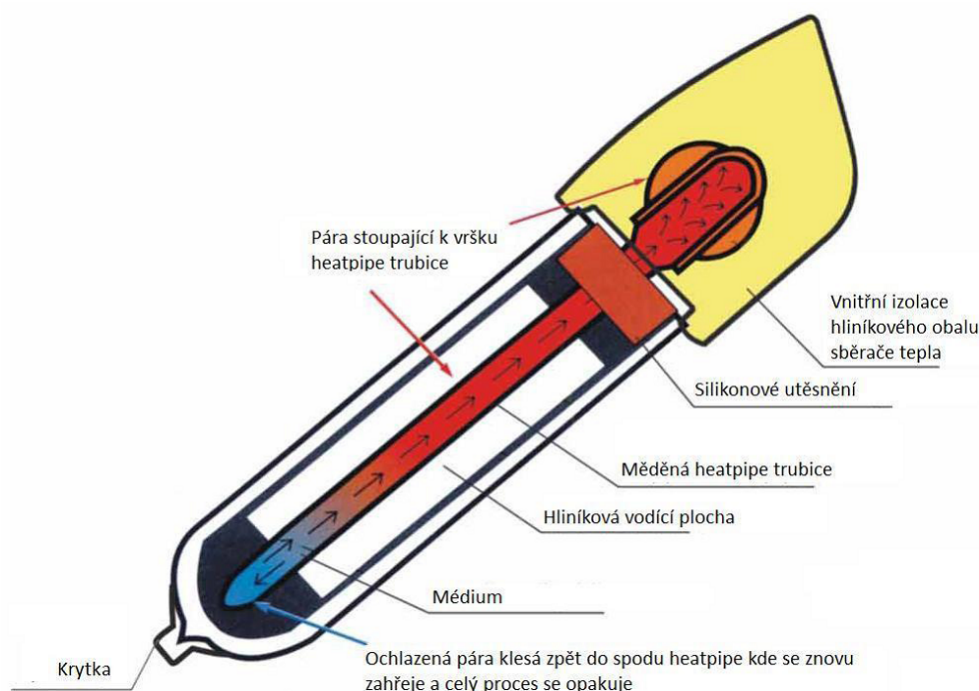


Obr. 10 Trubicový kolektor

3.2.1 Heat-pipe

Jedná se o jeden z nejpoužívanějších vakuových kolektorů u nás. Je to uzavřený systém. Teplonosná kapalina cirkuluje pouze ve sběrači kolektoru, neprotéká tedy jednotlivými trubkami. Výhodou tohoto systému je bezpečnost. V případě poškození jedné nebo více trubek, zůstává systém funkční a nedochází k úniku teplonosné kapaliny. Další výhodou je jednoduchá výměna jednotlivých trubek bez nutnosti odstavit celý systém.

U těchto vakuových kolektorů je možno využít reflektor (plech z nerez, nebo leštěného hliníku) pro zvýšení účinnosti a většímu využití dopadajícího záření. V případě použití reflektoru jsou trubice od sebe více vzdáleny a pod ně se umístí reflektor, který odráží záření zpátky. Sklon u těchto kolektorů je možný od 20° do 70° od vodorovné plochy. Ideální sklon je v létě kolem 30° a v zimě kolem 60° . Většinou se volí kompromis kolem 45° .



Obr. 11 Heat-pipe trubice



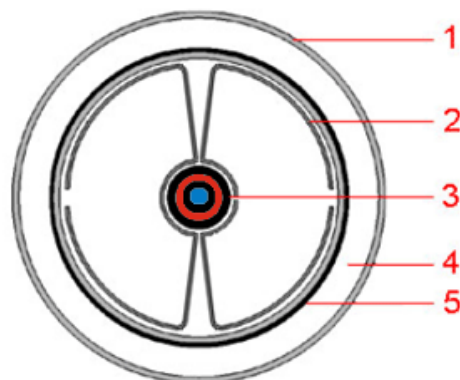
Obr. 12 Řez Heat-pipe trubicí

3.2.2 Direct flow

Další z typů vakuových kolektorů je Direct flow. Oproti Heat-pipe má tento systém vyšší účinnost přenosu tepla protože teplotonosná kapalina přímo protéká vakuovou trubicí, nedochází k tepelným ztrátám způsobeným při předání tepla. Stejně jako u trubic systému Heat-pipe je montáž jednoduchá, jednotlivé trubky se mohou montovat až přímo na střeše, protože se jednotlivě šroubují do kolektoru.

Výhoda tohoto systému v lepším přenosu tepla je nevýhodou pro výměnu a servis. Díky tomu, že teplotonosná kapalina protéká přímo trubicí, je nutno při servisu kolektoru (výměně jedné nebo více trubic) nutno systém zastavit.

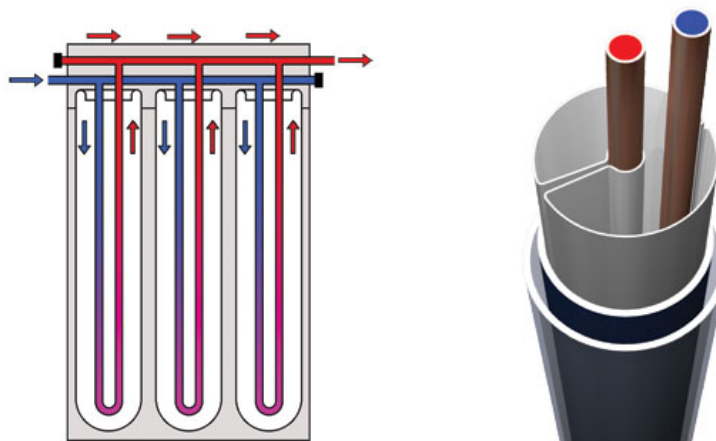
- 1 – borosilikátové sklo.
- 2 – hliníková lamela, která sbírá teplo z celého vnitřního povrchu vakuové trubice.
- 3 – dvoustěnná trubka.
- 4 – vakuum.
- 5 – absorpční vrstva.



Obr. 13 Řez direct flow trubicí

3.2.3 U-pipe

Oproti Heat-pipe má vyšší účinnost přenosu tepla, podobně jako direct flow, ale montáž je složitější. Není možno jednoduše jako u předchozích dvou systémů sestavit solární panel přímo na střeše.



Obr. 14 U-pipe trubice

3.3 Ploché kolektory

Ploché kolektory se skládají z pláště, solárního skla a absorberu, kterým je značně ovlivněna jeho účinnost. Mohou být využívány téměř v jakékoliv poloze. Na rozdíl od vakuových trubicových kolektorů mohou být tedy součástí pláště budov, nebo v horizontální poloze použity na střeších budov. Jejich výhodou je i plochý kryt pláště.



Obr. 15 Plochý kolektor

Nižší cena plochých kolektorů je dána konstrukčním řešením, které je jednodušší, než v případě trubkových vakuových kolektorů. Oproti trubkovým kolektorům mají nižší účinnost, zejména v zimním období, při nižších teplotách a snížení intenzity slunečního záření.

Dělí se na selektivní a neselektivní. Neselektivní mají absorbér většinou opatřený černým nátěrem. Selektivní mají absorbér s povrchem opatřeným spektrálně selektivním materiálem, který mu zaručuje nižší emisivitu (tab. 1) a vyšší absorptivitu záření. Selektivní materiálem může být například titan a podobně. Ploché kolektory mohou být i ve vakuovém provedení pro zajištění menších tepelných ztrát, ale tam je již cena příliš vysoká.

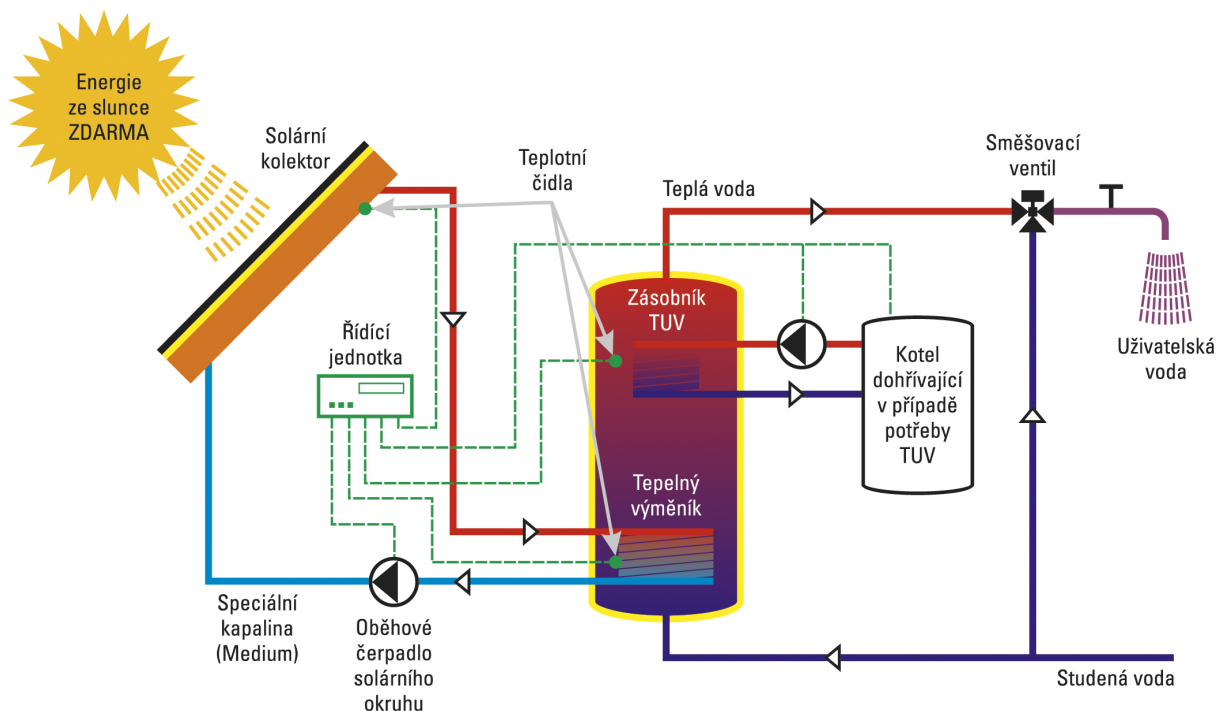
Teoretická účinnost těchto kolektorů se pohybuje dle provedení od 75 do 85 %. V praktickém využití jsou ale oproti vakuovým trubkovým kolektorům náchylnější na nepříznivé podmínky a jejich účinnost klesá v zimním období k 50 %.

Tab. 1 Emisivita různých materiálů [10]

Emisivita pro vybrané materiály a teploty		
Materiál	Teplota	Emisivita
	[°C]	
Beton	0 – 1093	0,94
Cín – neoxidovaný	25	0,04
Cín – neoxidovaný	100	0,06
Hliník - neoxidovaný	25	0,02
Hliník - neoxidovaný	100	0,03
Hliník - neoxidovaný	500	0,06
Hliník – oxidovaný	199	0,11
Hliník – oxidovaný	599	0,19
Hořčík	38 – 260	0,7 – 0,13
Hořčík – oxid	1027 – 1727	0,16 – 0,20
Chrom	38	0,08
Chrom	538	0,26
Chrom – leštěný	150	0,06
Kadmium	25	0,02
Kobalt – neoxidovaný	500	0,13
Kobalt – neoxidovaný	1000	0,23

4 ŘÍZENÍ A DIAGNOSTIKA

Solární ohřev vody potřebuje systém řízení a diagnostiky. Základní řídicí jednotka solárního systému monitoruje dvě teploty a to teplotu na solárním panelu a teplotu v nepřímotopném ohřivači. Obvyklé schéma zapojení řídicí jednotky, která monitoruje tři teploty vidíme zde (obr. 16).



Obr. 16 Nejčastěji používané zapojení topného systému

4.1 Řízení

Řízení oběhového čerpadla, které je jednou z nejdůležitějších součástí systému probíhá pomocí regulátoru (řídicího systému) na základě rozdílů teplot. V řídicí jednotce nastavujeme rozdíl teplot v nepřímotopném ohřivači a teploty v solárním kolektoru. Při horním rozdílu teplot (spínací teplotní rozdíl) řídicí systém sepne oběhové čerpadlo a při spodním rozdílu teplot (vypínací teplotní rozdíl) oběhové čerpadlo vypne. Nepřímotopný ohřivač je plněn až do dosažení vypínacího teplotního rozdílu, nebo maximální teploty nádrže. Maximální teplota, při které vypne oběhové čerpadlo a přestane plnit nepřímotopný ohřivač se nastavuje z bezpečnostních důvodů na 90 °C. Fyzicky by nepřímotopný ohřivač vydržel i teplotu vyšší.

Většina řídicích systémů umožňuje také nastavit různé parametry pro spínání systému v rozličných časových obdobích.

Hlavním sledovaným parametrem je samozřejmě teplota. Teplota v okruhu solárního systému se pohybuje dle použité teplotnosné kapaliny a nastavení systému do maximálně 130 °C. Teplota v nepřímotopném ohřivači bývá omezoována na 90 °C. Teplota TUV ve vodovodním rozvodu v domě se upravuje na nižší – bezpečnou teplotu za použití směšovacího ventilu.

Dle teplot v solárním okruhu a teploty v nepřímotopném ohřivači se reguluje řídicí jednotka rychlost oběhového čerpadla. Nejčastěji používáme kvalitní čidla Pt 100 nebo Pt 1000.

4.2 Diagnostika

Po sestavení solárního systému a napuštění okruhu teplonosnou kapalinou je nutno provést jeho odvzdušnění. Pokud máme k dispozici termokameru je vhodné zkontrolovat úniky tepla v místech spojů například nepřímotopného ohříváče a vlnovce s teplonosnou kapalinou a podobně.

Důkladná kontrola a diagnostika systému by se měla provádět minimálně jednou ročně a při ní by se měly kontrolovat všechna riziková místa systému. Při pravidelné roční údržbě se odvzdušní solární okruh a provede se kontrola viskozity solární kapaliny.

Diagnostika systému, který je v provozu probíhá prakticky automaticky prostřednictvím řídicí jednotky, která sleduje teploty, rychlost oběhového čerpadla a vyhodnocuje i případný havarijní stav. Kontrolu můžeme provádět buď přímo zjišťováním stavu pohledem na indikační prvky řídicí jednotky, nebo, pokud to daný systém umožňuje kontrolu provádíme vzdáleně na počítači, který je připojen na řídicí jednotku.

Řídicí jednotka kontroluje minimálně činnost čidel a oběhového čerpadla. Vyhodnocuje také havarijní stav, který může být způsoben jak přehřátím systému, tak výpadkem oběhového čerpadla. Konkrétní návrhy zásahů a úprav systému s ohledem na řízení a diagnostiku budou navrženy v následující kapitole.

5 SOLÁRNÍ SYSTÉM V RODINNÉM DOMĚ

Solární systém byl uveden do provozu v červnu 2011 a je provozován ve starším dvougeneračním rodinném domě, ve kterém v současné době bydlí 5 lidí. Kapacitně byl navržen tak, aby byl spíše poddimenzován a nedocházelo k přehřívání systému v letních měsících.

Solární systém byl pořízen jako prostředek k úspoře, protože se v rodinném domě topilo výhradně plynem. Plynovým kotlem se ohřívaly radiátory a TUV se ohřívala průtokovými plynovými ohříváči. Zároveň tedy došlo zavedením solárního systému i ke zvýšení bezpečnosti v domácnosti.

V zimním období je nevýhodou častá inverze a s ní spojený velký výskyt smogu v našem regionu. Pokud je jen zataženo, tak solární kolektory dokážou i při nízkých teplotách ohřát vodu alespoň o pár stupňů, pokud je ale smog, tak klesá jejich účinnost.

Rozvody teplotné kapaliny jsou provedeny nerezovým vlnovcem DN 16. Jedná se o dvojpotrubí zaizolované v kaučukové izolaci odolné UV záření vybavené kabelem pro zapojení čidla.

Tab. 2 Vlnovec

Název	Vlnovec – AlphaFlex
Aplikace	Propojovací materiály do solárních nebo topných systémů
Teplonosná trubka	Velmi ohebná nerezová vlnitá trubka
Izolace	Syntetická pryž pro vysoké teploty s uzavřenou buněčnou strukturou do +150°C, krátkodobě do +175°C
Vnější obal	PE velmi odolný vnější plášť, černý s UV filtrem
Délky	10, 15, 20, 25, 50, 100 m

5.1 Solární panel

Třicetitubicový kolektor s délkou trubice 180 cm. Šířka kolektoru je 265 cm. Trubice jsou vyrobeny z borosilikátového skla 3,3 o tloušťce 1,6 mm. Kolektor je natočen vertikálně na 45° horizontálně 19° odklon k jihozápadu.



Obr. 17 Solární kolektor Westech SP-S58/1800A

5.2 Čerpadlová skupina s řídicí jednotkou – solární okruh

Čerpadlová skupina obsahuje čerpadlo, pojistný ventil, manometr, plováчковý průtokoměr, třípolohový jednosměrný kulový ventil se zpětnou klapkou. Uzavřený kulový ventil čerpadla je plnicí stav a otevřený provozní ventil je provozní stav. Dále obsahuje čerpadlová skupina vypouštěcí ventil, který slouží pouze k vypouštění teplotné kapaliny.

Tab. 3 Cirkulační čerpadlo

Název	cirkulační čerpadlo WILO Star ST 15/6
Rozměry	430 x 223 x 193 mm
Připojení	¾" přímo pro solární okruh
Pojistný ventil	max. 6 bar
Průtokoměry	1 - 10 l/min
Manometr	0 - 6 bar
Materiál	Kování mosaz, těsnění EPDM/AFM34
Izolace	EPP pěna

Řídicí jednotka ovládá oběhové čerpadlo. Jako oběhové čerpadlo je použito cirkulační čerpadlo WILO Star ST 15/6 (obr. 18).

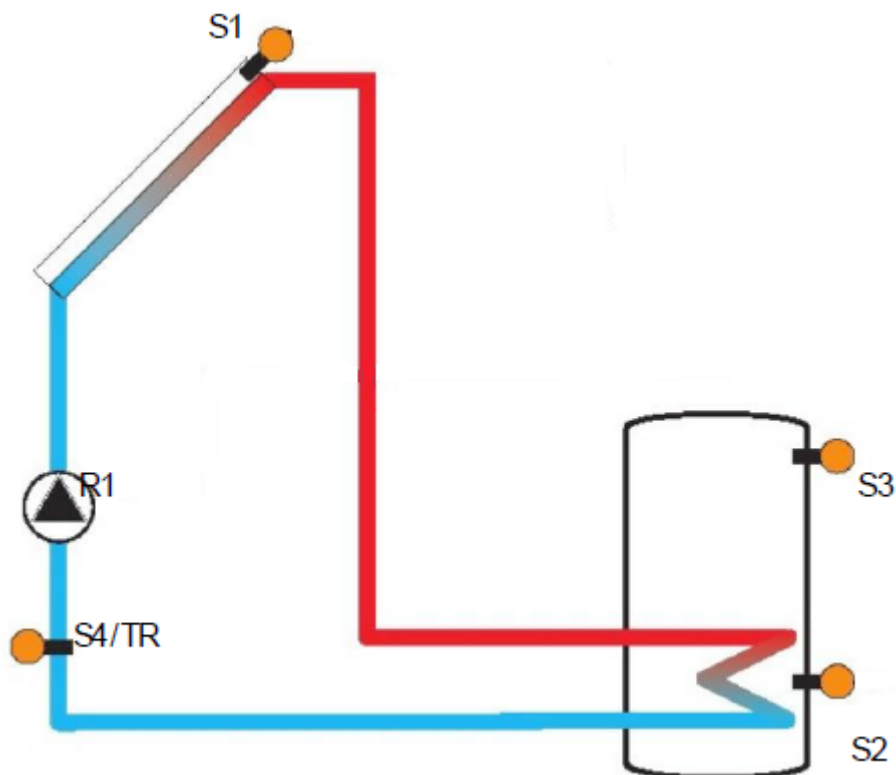


Obr. 18 Oběhové čerpadlo s řídicí jednotkou Resol DeltaSol BS Plus

Řídicí jednotka umožňuje připojit až 4 teplotní snímače Pt 1000. Čidla Pt 1000 měří teplotu kolektoru, teplotu v ohřivači nahoře, teplotu v ohřivači dole a teplotu „zpátečky“. Výhody použití čidla Pt 1000 před Pt 100 jsou zřejmé. Čidla jsou napojena k řídicí jednotce pomocí měděné dvojlinky 0,5 mm, která vede v případě čidla S1 až k solárnímu panelu na střechu, což je 13 metrů. Odpor vedení se tedy u čidla Pt 1000 projeví daleko méně, než u čidla Pt 100.

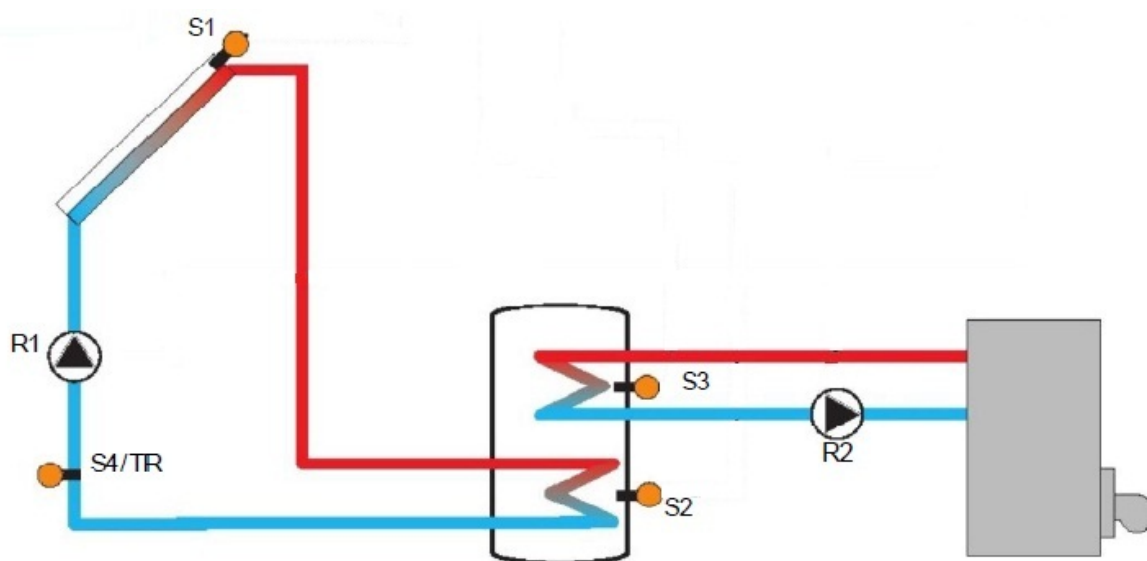
V solárním okruhu je 26 litrů teplotnosné kapaliny Kolekton (příloha 9) včetně cca z poloviny zaplněné 25 litrové expanzní nádoby. Teplotnosná kapalina se do solárního okruhu musí načerpat pomocí speciálního jednoúčelového plnicího čerpadla. Pracovní vymezení teplotnosné kapaliny je: zámrazná teplota $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, pracovní teploty do $230\text{ }^{\circ}\text{C}$, krátkodobě vydrží teplotní přehřátí $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Řídicí jednotka Resol DeltaSol BS Plus umožňuje několik systémových řešení zapojení. Nejjednodušší je systémové řešení 1 (obr. 19). Zapojen je pouze solární panel a nepřímotopný ohřivač bez dohřevu vody z jiného zdroje, než je solární panel. V solárním systému se měří teplota kolektoru čidlem S1 a teplota v nepřímotopném ohřivači S2. Na základě rozdílu teplot řídicí systém reguluje spínání, vypínání a rychlost oběhového čerpadla. V tomto systémovém měření je také možnost měřit objem získaného tepla.



Obr. 19 Systémové řešení 1

V našem případě využíváme systémové řešení 2 s dohřevem (obr. 20). Řídicí jednotka počítá rozdíl teplot mezi čidlem kolektoru S1 a čidlem nepřímotopného ohřivače S2. Na základě rozdílu teplot řídicí systém reguluje spínání, vypínání a rychlost oběhového čerpadla. Vzhledem k použití dohřevu musíme použít třetí čidlo S3, které má v tomto případě termostatickou funkci a řídicí systém podle jím naměřené teploty spouští dohřev. Pokud chceme měřit objem získaného tepla, použijeme čtvrté čidlo, které měří teplotu „zpátečky“.



Obr. 20 Systémové řešení 2

Jelikož ne vždy během dne je zapotřebí teplá voda, tak využíváme funkci řídicí jednotky omezit funkci dohřevu a nastavit až tři časová pásma, ve kterých je dohřev aktivní. Časová pásma pásma fungují tak, že v nich dochází k dohřevu. V ostatních časech se bez ohledu na teplotu dohřev nesepe. Například v noci není zapotřebí dohřev TUV z důvodu nulového odběru vody. Zbytečně bychom tak plýtvali při dohřevu energií. Dohřev systém zapíná klesne-li teplota na 35,5 °C a vypíná pokud dosáhne 42,5 °C. Časová pásma jsou volena s ohledem na pobyt lidí v domě a jejich potřebu teplé vody v daném čase.

Ovládání dohřevu probíhá pomocí relé č. 2, které spíná 3cestný ventil. Při sepnutí relé 2 v řídicí jednotce Resol se přivede 230 V na elektromagnet relé druhé řídicí jednotky (obr. 17). Relátko sepe a spínací kontakty sepnou 3cestný ventil, který se přepne do polohy dohřevu a sepe elektroniku kotle, který začne dohřívat 300l nepřímotopný ohříváč. Časové pásma dohřevu – ovládání 3cestného ventilu v našem případě je v následující tabulce.

Tab. 4 Časové pásma dohřevu

Systém dohřívá je li potřeba:
04:30 – 10:00
12:00 – 12:30
16:00 – 20:15

Spouštěcí teplota je nastavena na rozdíl 8 °C mezi teplotou v nepřímotopném ohříváči a teplotou v solárním panelu. Při dosažení tohoto rozdílu se nastaví čerpadlo na 100 % svých otáček a po deseti sekundách klesne jeho rychlost na minimum, pokud je rozdíl vyšší než 8 °C pak čerpadlo o každé 2 °C navíc se zvýší jeho otáčky o 10 %. Vypínací teplota je nastavena na rozdíl 6 °C. Tlak v solárním okruhu je 0,22 MPa, TUV 0,4 MPa.

5.3 Ovládací panel dohřevu a cirkulace – druhá řídicí jednotka

Druhá řídicí jednotka obsahuje hodiny, které ovládají obvod cirkulace. Ten zajišťuje distribuci TUV i do vzdálených míst od bojleru (po otevření kohoutku TUV teče ihned ohřátá voda). Teplá voda má zdvojené vedení oběhové čerpadlo, které jednou za hodinu sepne na deset minut. Toto je indikováno svítící červenou LED diodou v hodinách. Dále se přes ní ovládá třicestný ventil, který přepíná mezi solárním okruhem a dohřevem plynového kotle. Červená indikační LED dioda indikuje aktivní dohřev (bliká), zelená LED indikuje správnou polohu ventilu v koncové poloze (svítí).



Obr. 21 Ovládací panel dohřevu a cirkulace – druhá řídicí jednotka

5.4 Nepřímotopný ohříváč

Nádoba nepřímotopného ohříváče je svařena z ocelového plechu, který je posmaltován smaltem odolávajícím teplé vodě. Objem zásobníku Dražice je 300 l. Má dva topné výměníky. Jeden je použit pro plynový kotel a druhý pro solární ohřev vody.

Teplota v nepřímotopném ohříváči dosahuje maximálně 85 °C. Při dosažení této teploty vypíná oběhové čerpadlo solárního okruhu bez ohledu na další nastavení systému a nepřímotopný ohříváč se již dále nedohřívá. 85 °C je vysoká teplota, která se nesmí dostat do rozvodu TUV, protože by mohlo dojít k opaření. Toto bezpečnostní riziko je eliminováno použitím bimetalového směšovacího ventilu, který je nastaven na 50 °C a umístěn za výstup nepřímotopného ohříváče.

Expanzní nádoba 25 l slouží k vyrovnání tlaku v solárním okruhu. Je předtlakována na 0,15 MPa. Pojistný tlakový ventil pro havarijní případy je umístěn u expanzní nádoby. Tlak při kterém se otevře je 0,45 MPa. Vypouští se do odchytné nádoby. Po poklesu tlaku se samovolně uzavře. Standardně reguluje tlak v soustavě expanzní nádobka.

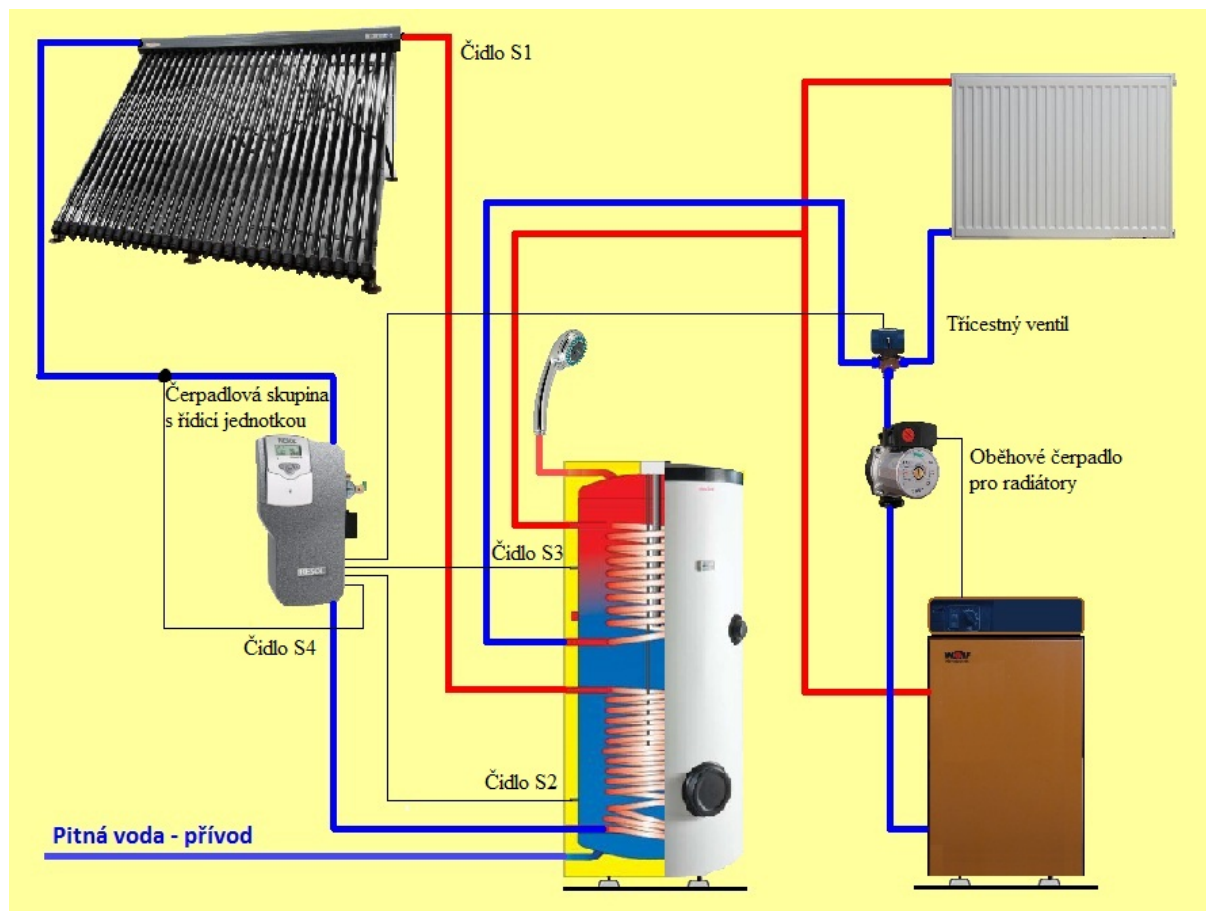
Pro zabránění kontaminace studené pitné vody slouží zpětná klapka. Zamezuje tedy návratu teplé vody do vodovodního řadu. Pojišťovací ventil je umístěn u zpětné klapky (jedna součástka). Aby z pojišťovacího ventilu neodkapávala voda, je použito vylepšení. Mezi pojišťovacím ventilem se zpětnou klapkou a bojlerem je umístěna expanzní nádobka o kapacitě 12 l s přednastaveným tlakem naprázdno 0,25 MPa. Tlak ve vodovodním řadu je 0,4 MPa.



Obr. 22 Nepřímotopný ohříváč Dražice OKC 300 NTRR/1MPa

5.5 Schema stávajícího topného systému

Schéma stávajícího topného systému vychází ze systémového řešení 2 (obr. 20). Konkrétní případ je znázorněn včetně otopného okruhu (obr. 23).



Obr. 23 Schema stávajícího topného systému – systémové řešení 2

5.6 Tlaky, teploty, rozměry potrubí a spotřeba

Na patě domu je tlak 0,6 MPa, což je příliš mnoho, je zapotřebí ho snížit na přijatelnou hodnotu 0,4 MPa pomocí redukčního ventilu. V následujících tabulkách jsou parametry potrubí a spotřeba jednotlivých elektrických zařízení zapojených do systému.

Tab. 5 Potrubí

Potrubí	Tlak	Průměr potrubí	Délka potrubí
Jednotka	[bar]		[m]
Solární okruh – vlnovec	2,2	DN16	13
Patá domu	6	1''	10
TUV	4	1/2''	25
Studená voda	4	3/4''	30
Radiátorový okruh	1	3/4''	-

Tab. 6 Spotřeba

Spotřeba zařízení	[W]
Oběhové čerpadlo solárního systému (50%)	35
Řídicí jednotka	1,5
Oběhové čerpadlo TUV	5
Oběhové čerpadlo pro radiátory	40
Minipočítač CV860A	14

5.7 Rozšíření možností diagnostiky

Z důvodů potřeby monitorovat a zaznamenávat teploty a další data z řídicí jednotky došlo v červnu roku 2012 k rozšíření řídicí jednotky o rozhraní Vbus - Lan (obr. 24) a minipočítač CV860A (obr. 24), Rozhraní Vbus - LAN spojuje řídicí jednotku s ethernet routem a přes toto rozhraní se exportují data do počítače, který je rovněž spojen s routem. Program na logování dat z řídicí jednotky Resol se jmenuje ServiceCenter RESOL FLOW. Je nainstalován v minipočítači.



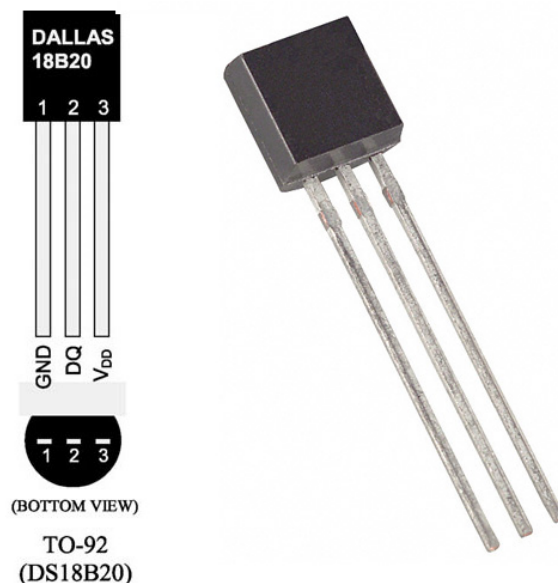
Obr. 24 Rozhraní VBus – LAN

Vzhledem k tomu, že k záznamu dat je zapotřebí mít počítač neustále zapnutý, zvolili jsme starší minipočítač CV860A (obr. 21), který sice není příliš výkonný, ale má nízkou spotřebou elektrické energie a našemu účelu použití plně vyhovuje. Na počítači je nainstalován Windows XP. Parametry použitého počítače jsou uvedeny v příloze 8.

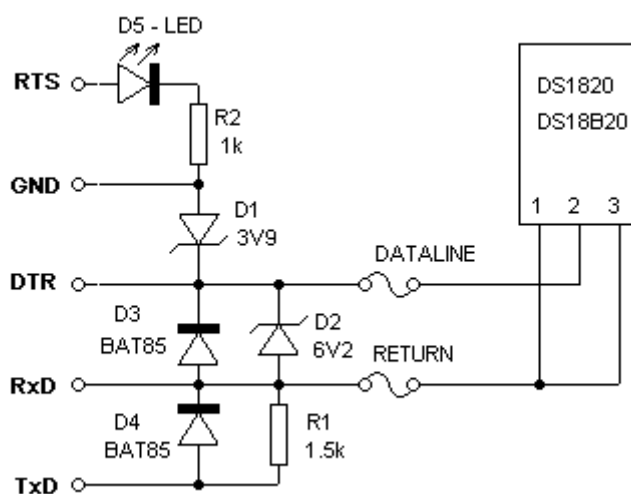


Obr. 25 Minipočítač CV860A

Pro důkladnější diagnostiku a monitorování solárního systému jsme chtěli mít přehled o více teplotách a zlepšit monitorování systému, rozhodli jsme se během léta 2012, že budeme měřit další 4 teploty v systému a to venkovní teplotu, teplotu TUV, teplotu v kotli a teplotu stoupačky solárního systému. Protože řídicí jednotka Resol umožňuje připojení a monitorování pouze 4 čidel museli jsme zvolit jinou cestu. K počítači CV860A jsme připojili na sériový port 4 čidla Dallas DS18B20. Je to jednoduchý převodník teploty na port RS232. Dokáže měřit teplotu od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností na $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedná se o digitální snímač. Čidla neslouží k regulaci systému.



Obr. 26 Čidlo teploty DS18B20

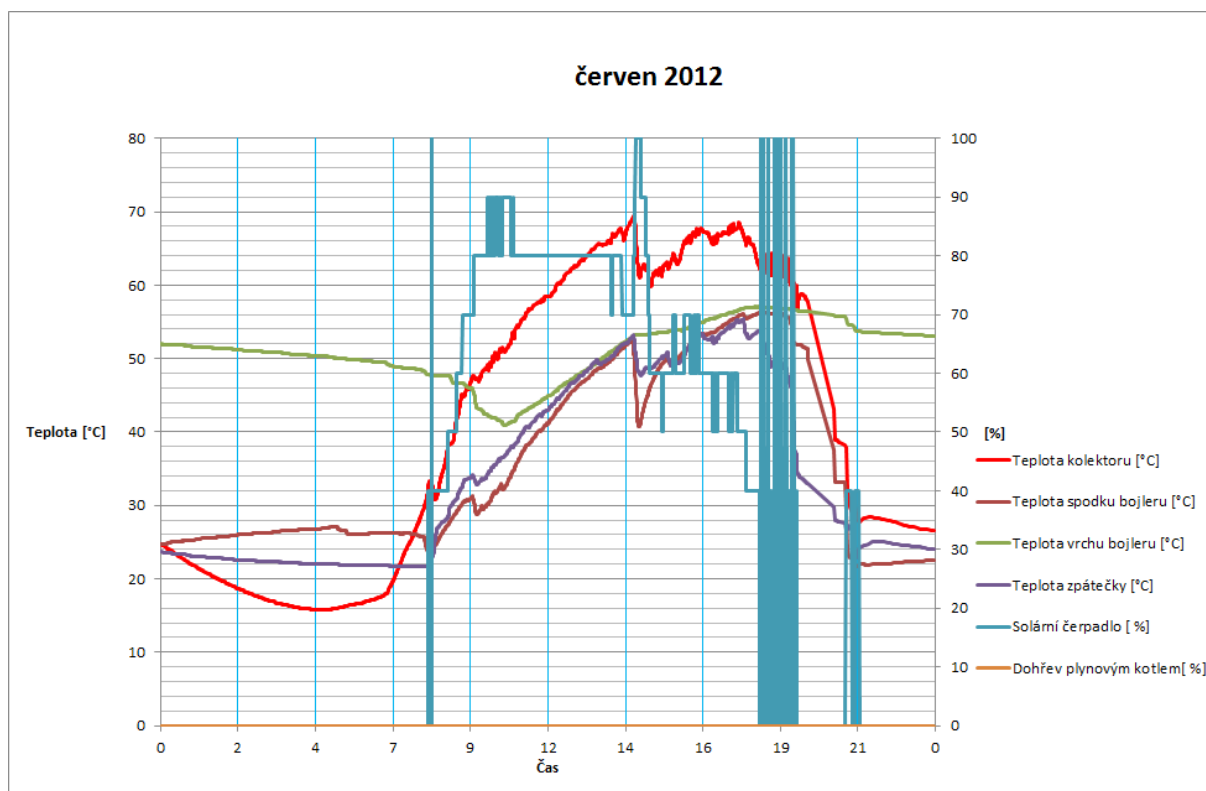


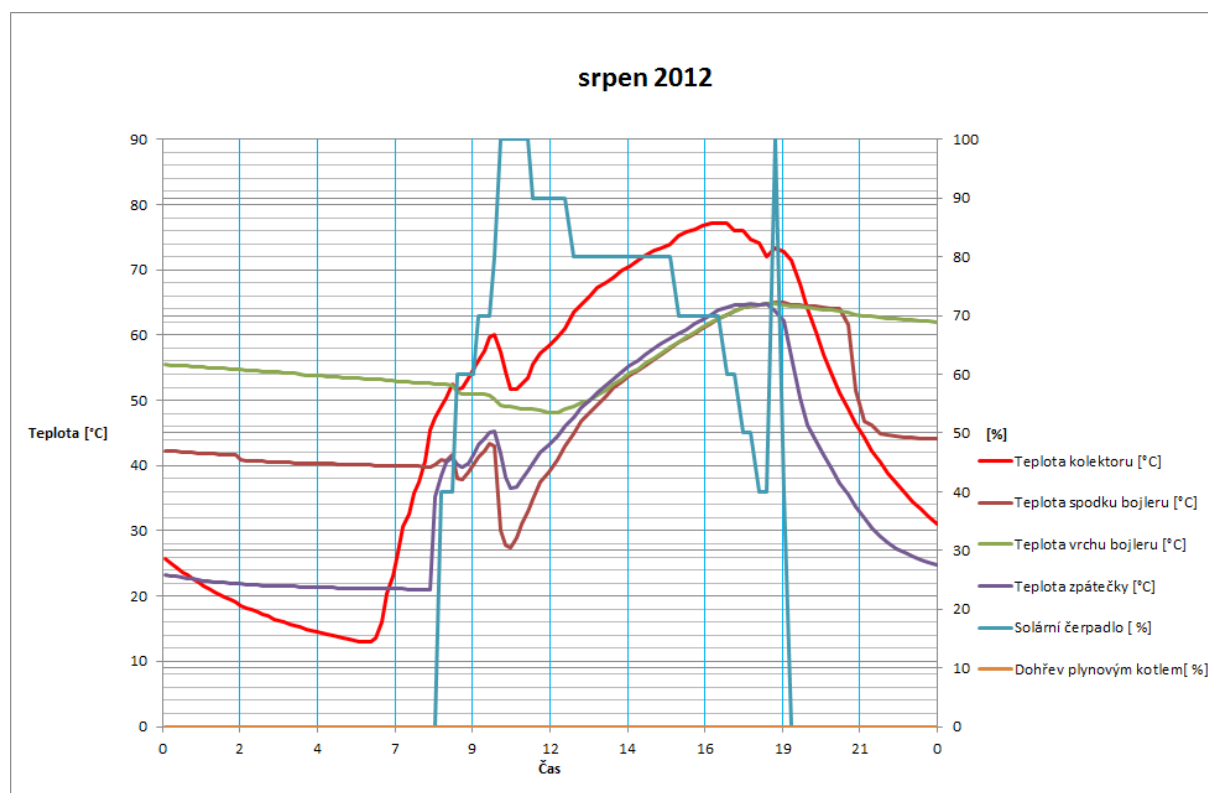
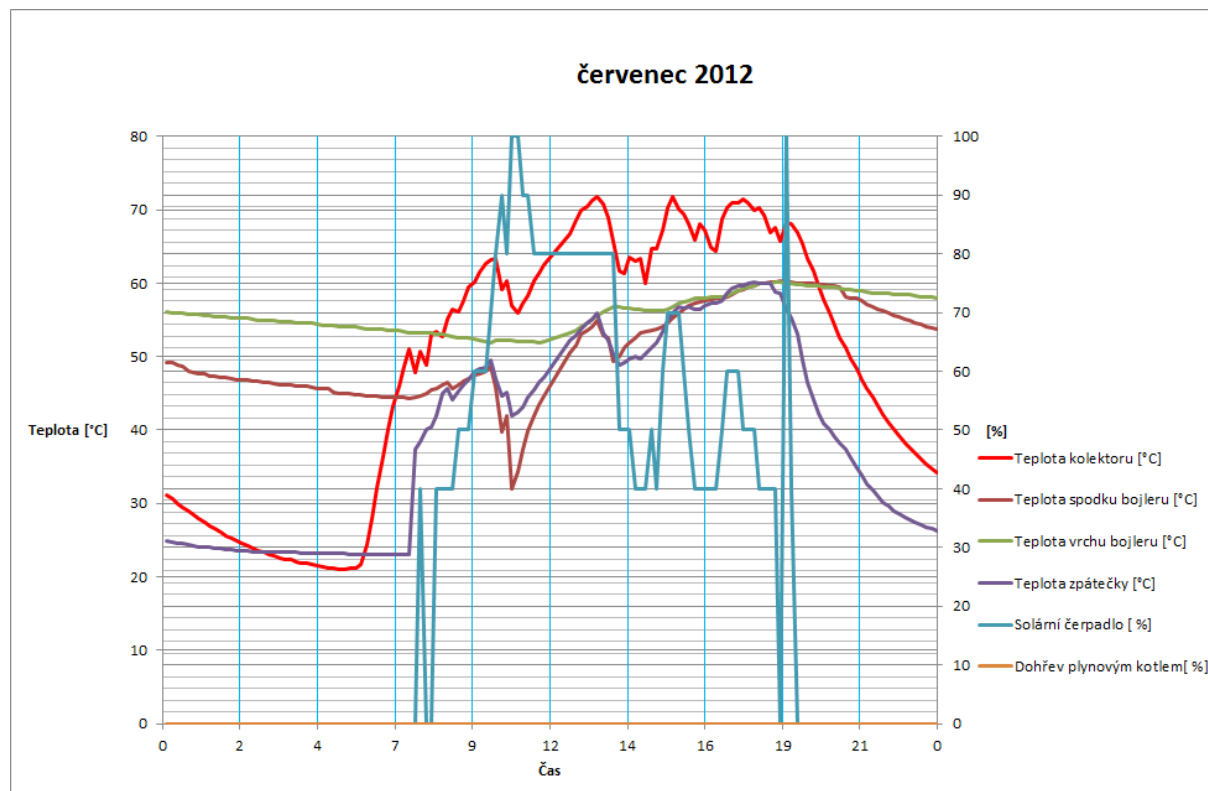
Obr. 27 Schema zapojení

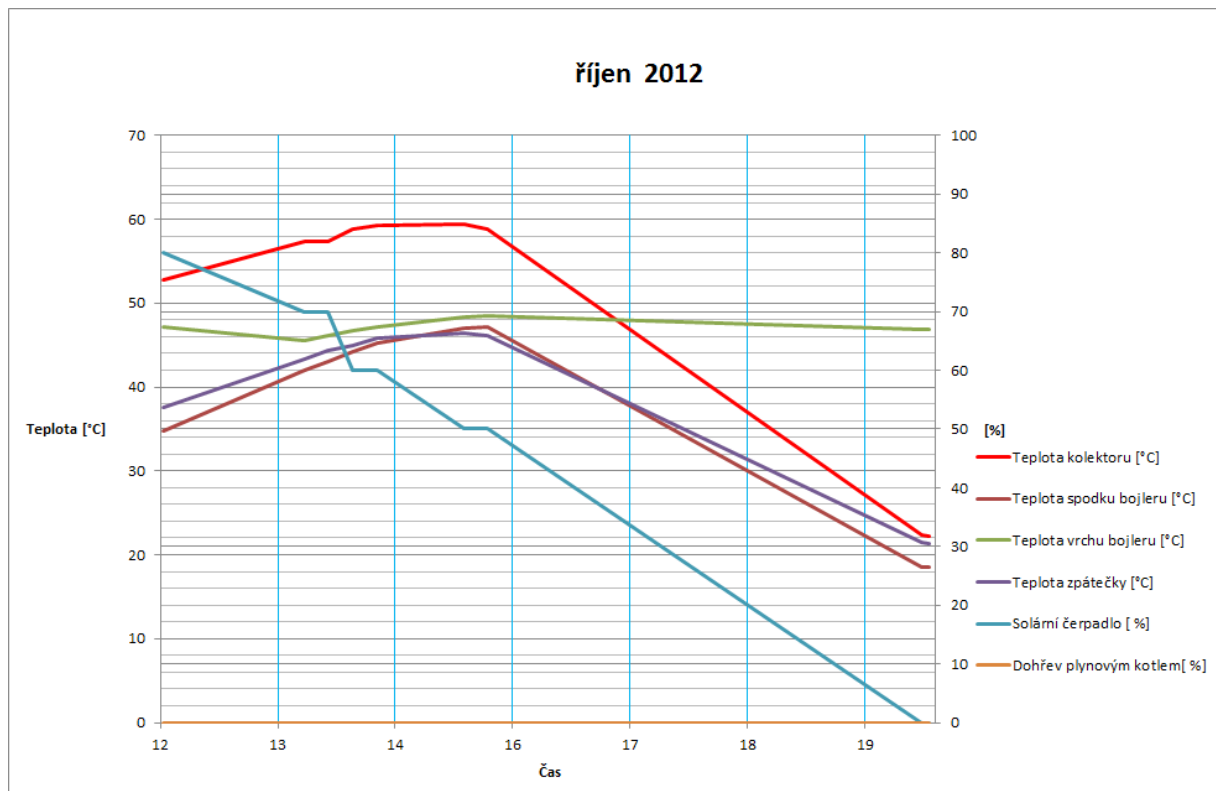
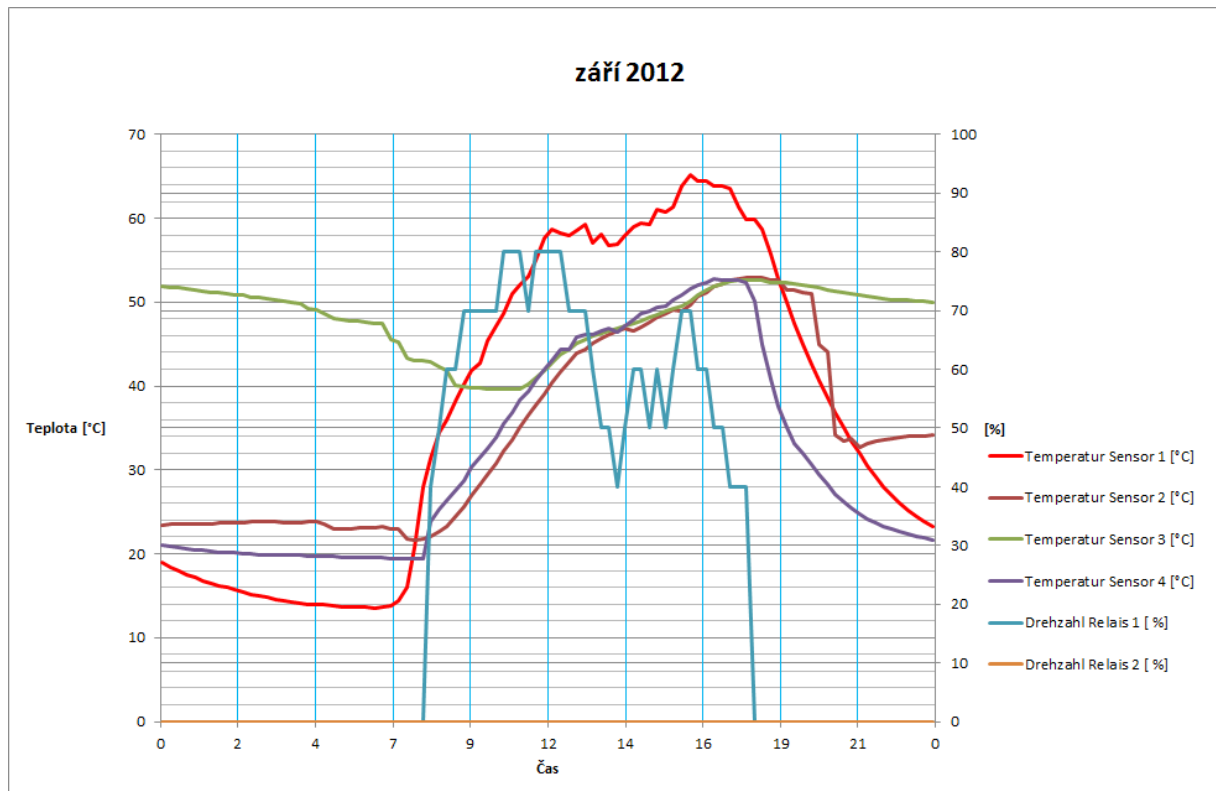
5.8 Grafické přehledy naměřených teplot v jednotlivých měsících

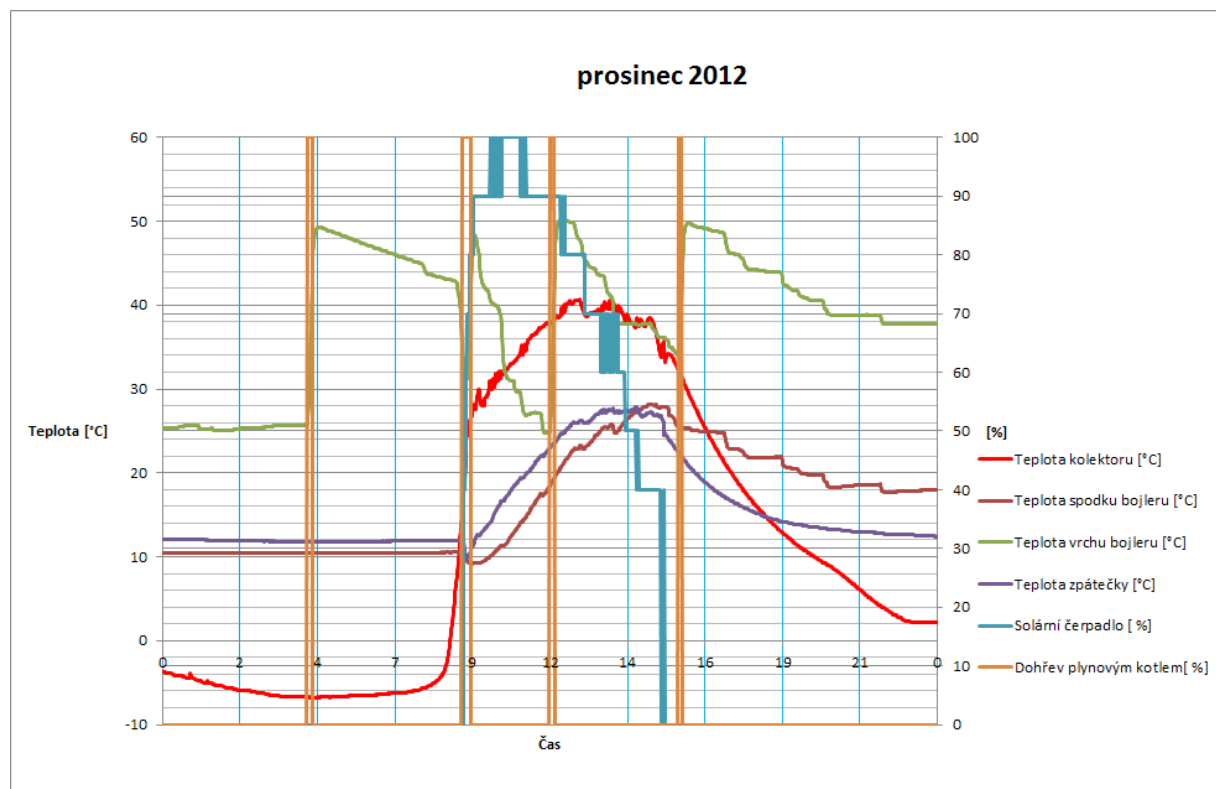
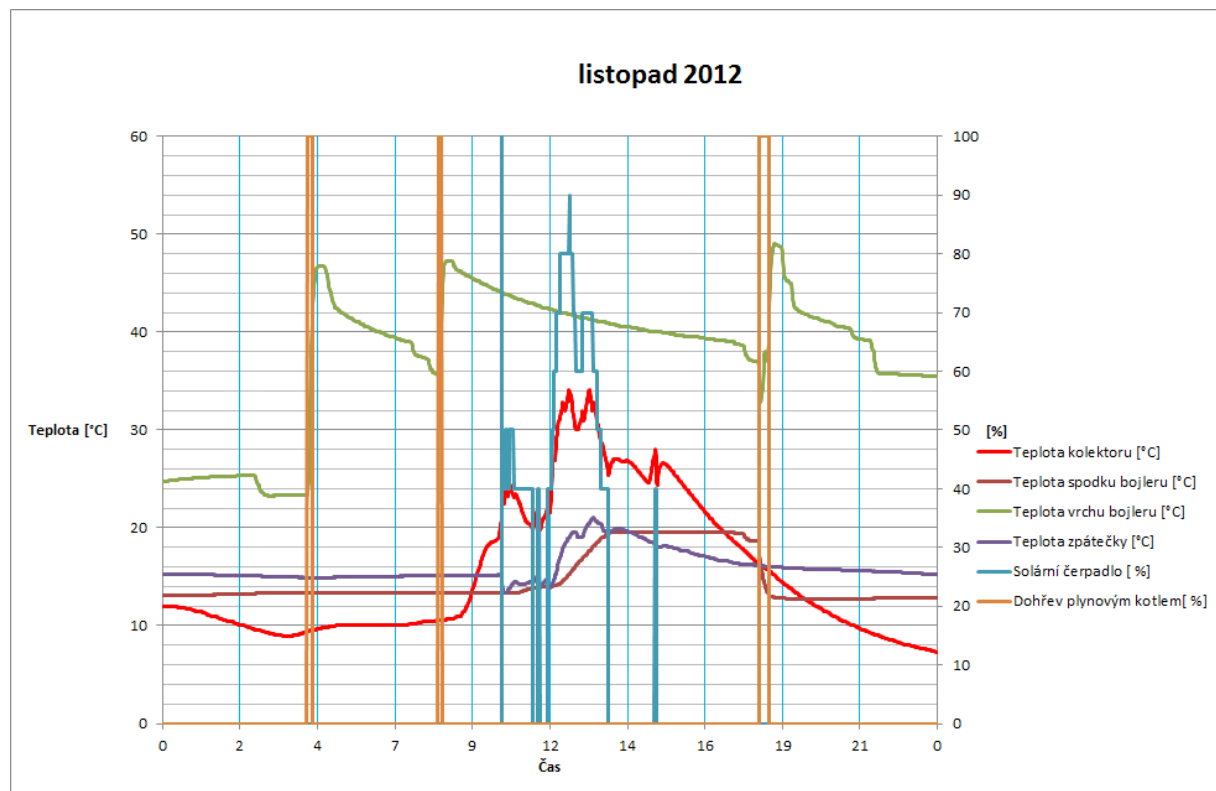
Jednotlivé grafy ukazují průběh teplot na všech čtyřech čidlech řídicí jednotky, rychlost oběhového solárního čerpadla v % a také případný dohřev plynovým kotlem. U kotle se zobrazuje buď 0 % nebo 100 % tzn. Dohřívá nebo nedohřívá.

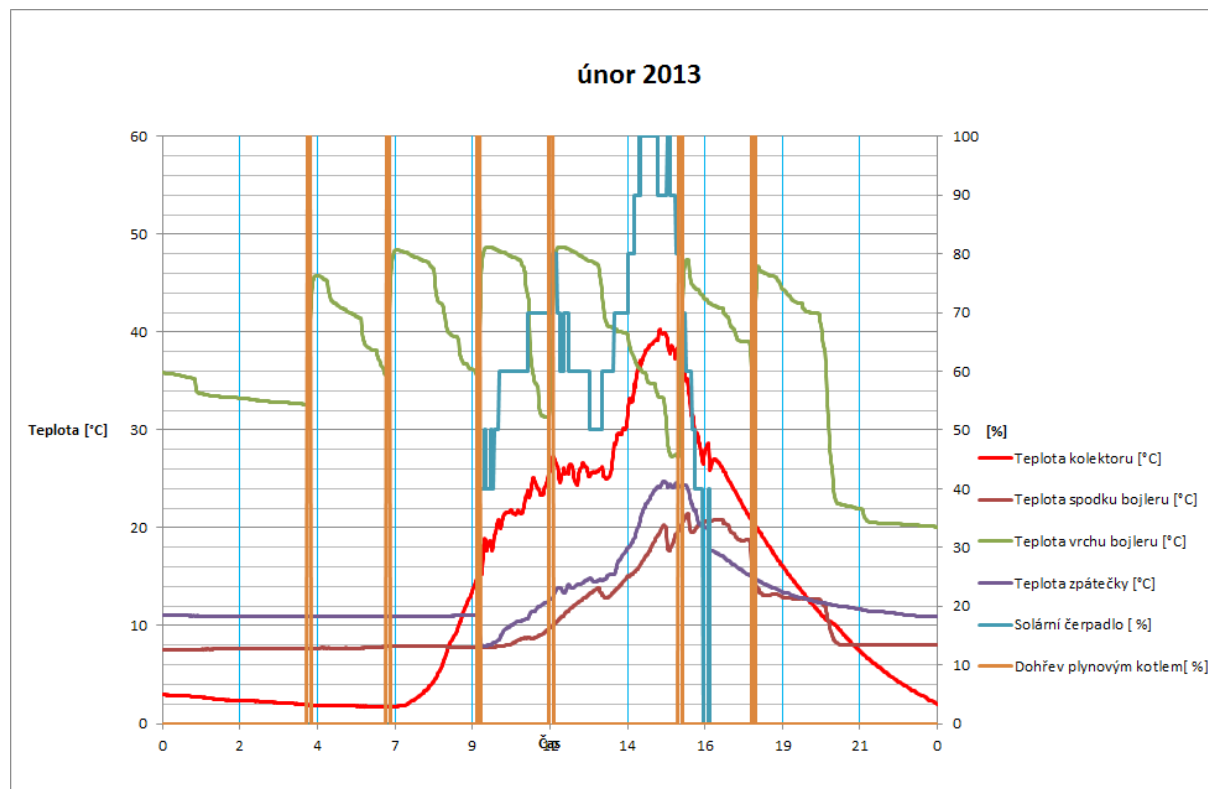
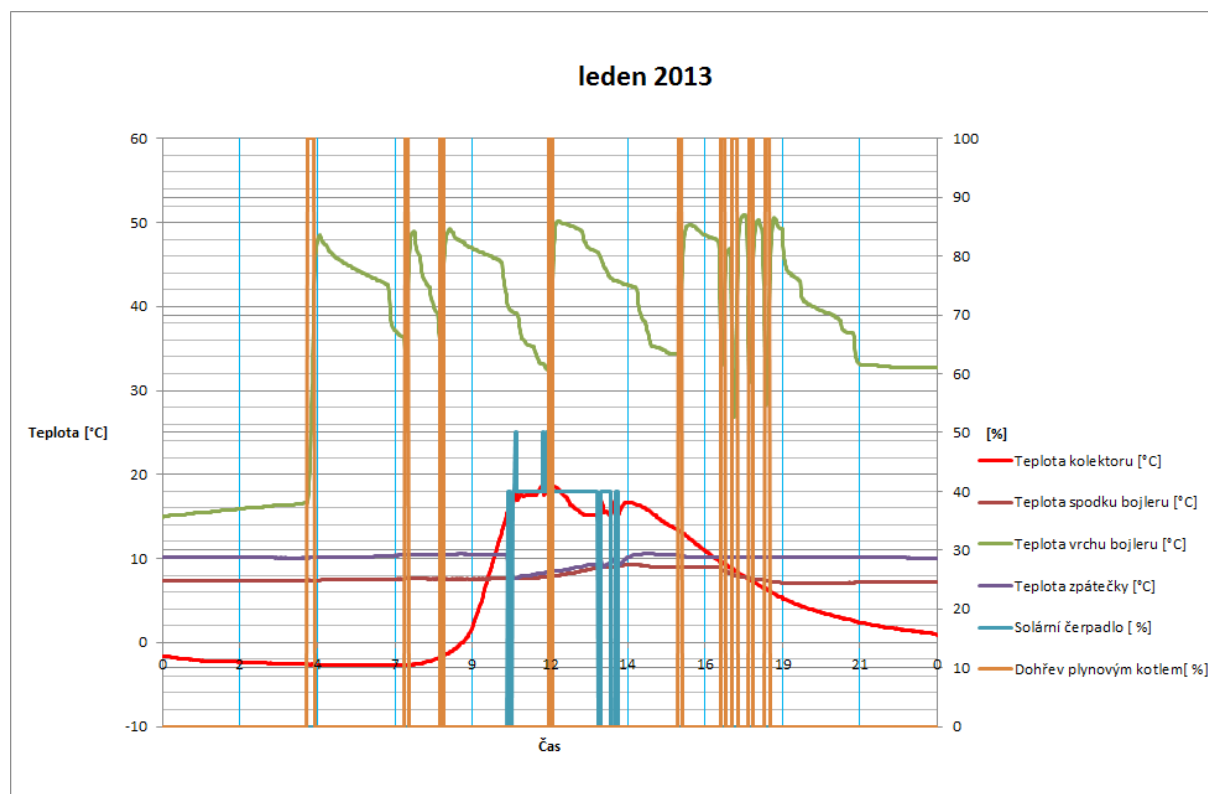
Zpočátku byly problémy se stabilitou programu na logování dat z řídicí jednotky. Tohoto problému si můžeme všimnout v říjnovém grafu, kde nemáme zaznamenaný průběh celého dne. Program ServiceCenter RESOL FLOW byl využíván jak k nahrávání logu na HDD počítače tak i pro uploadování dat na ftp server, kde je uložen web pro on-line monitorování solárního systému. Když nastala chyba při přihlášení na ftp server, tak program zamrzl a bylo nutno ho restartovat. Tento problém jsme vyřešili tím, že program ServiceCenter RESOL FLOW dnes pouze nahrává log na pevný disk počítače a uploadování na FTP server zajišťuje jiný program.

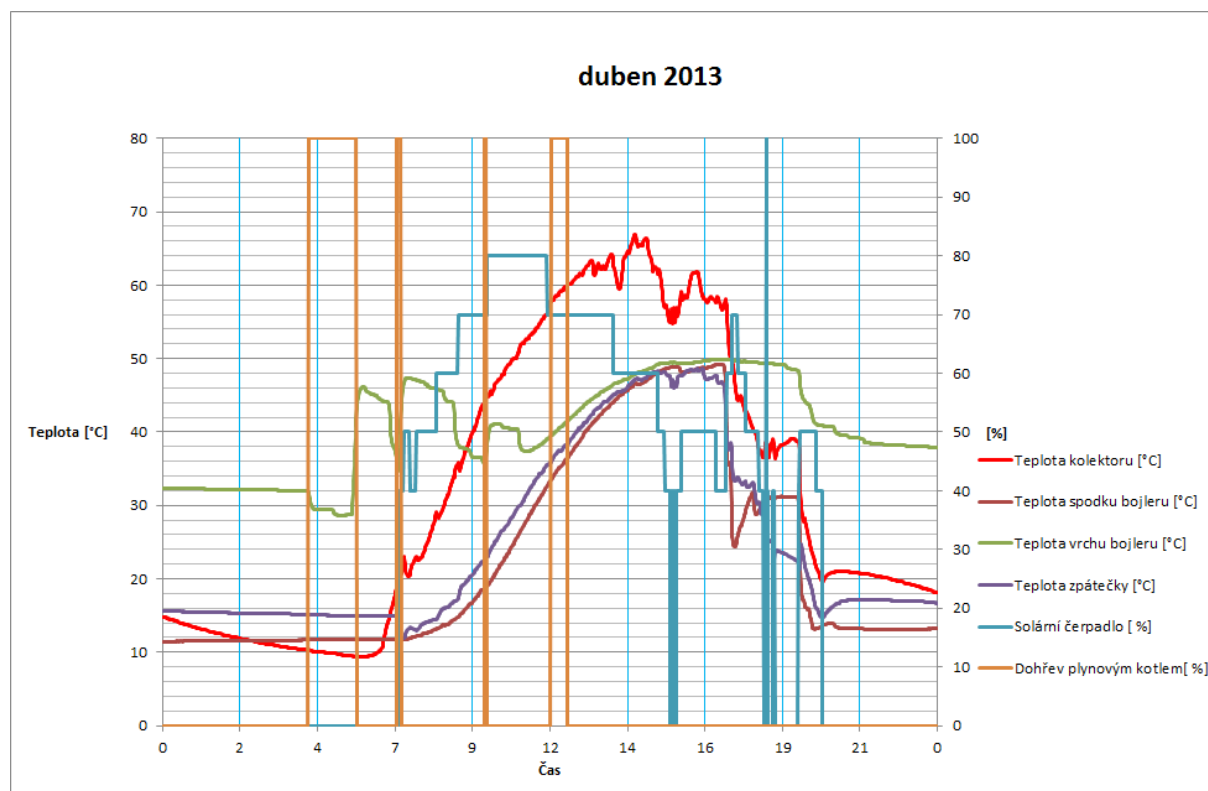
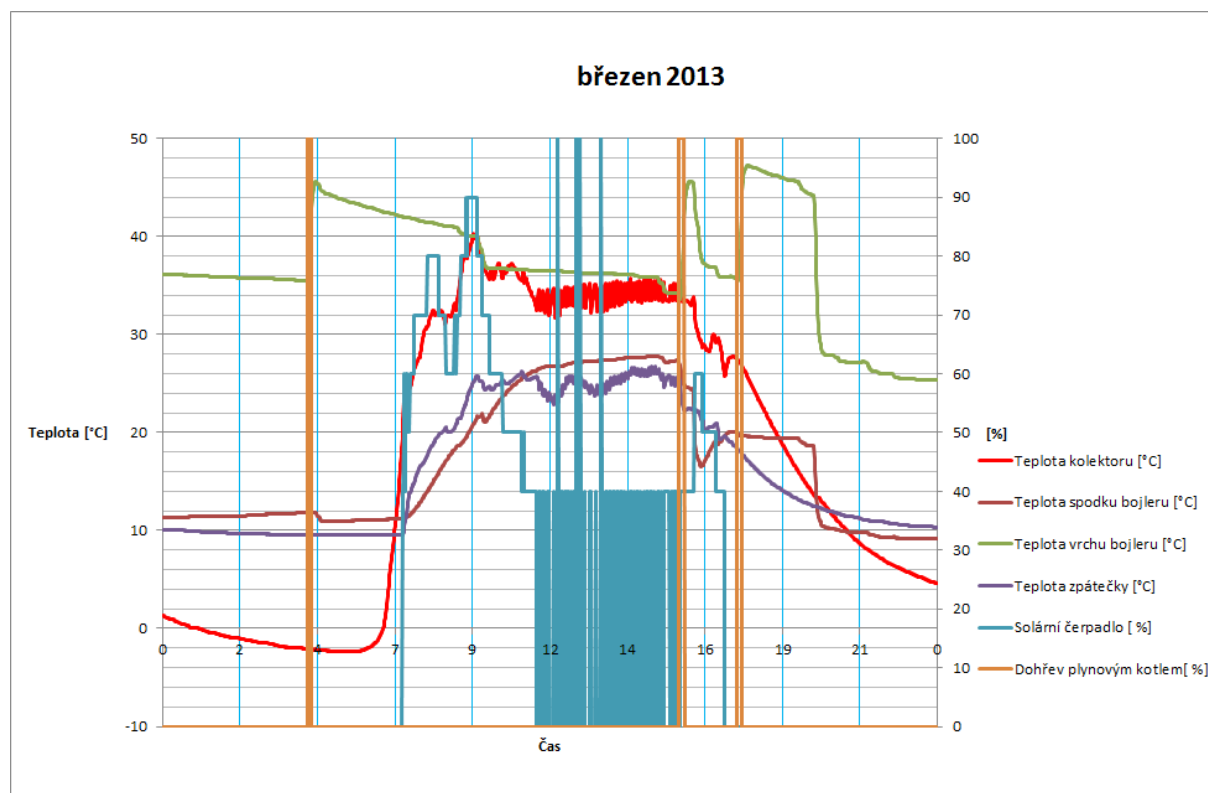


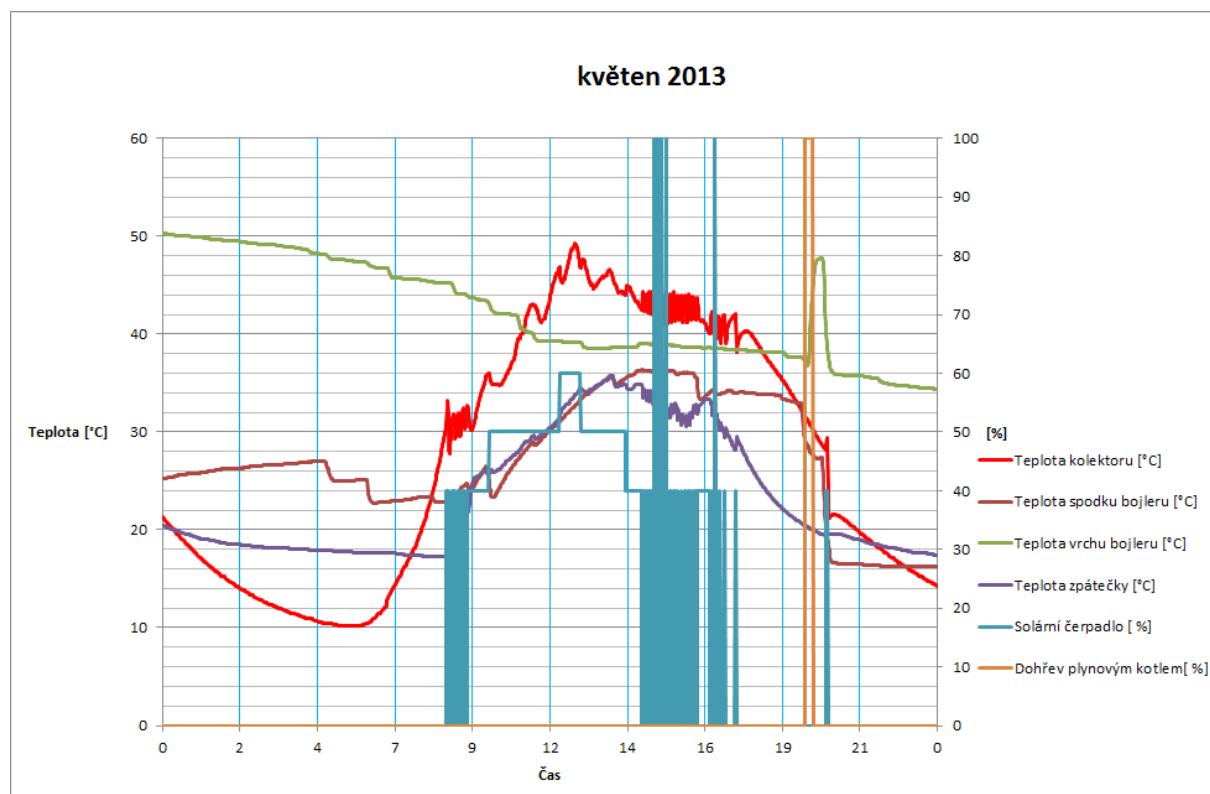








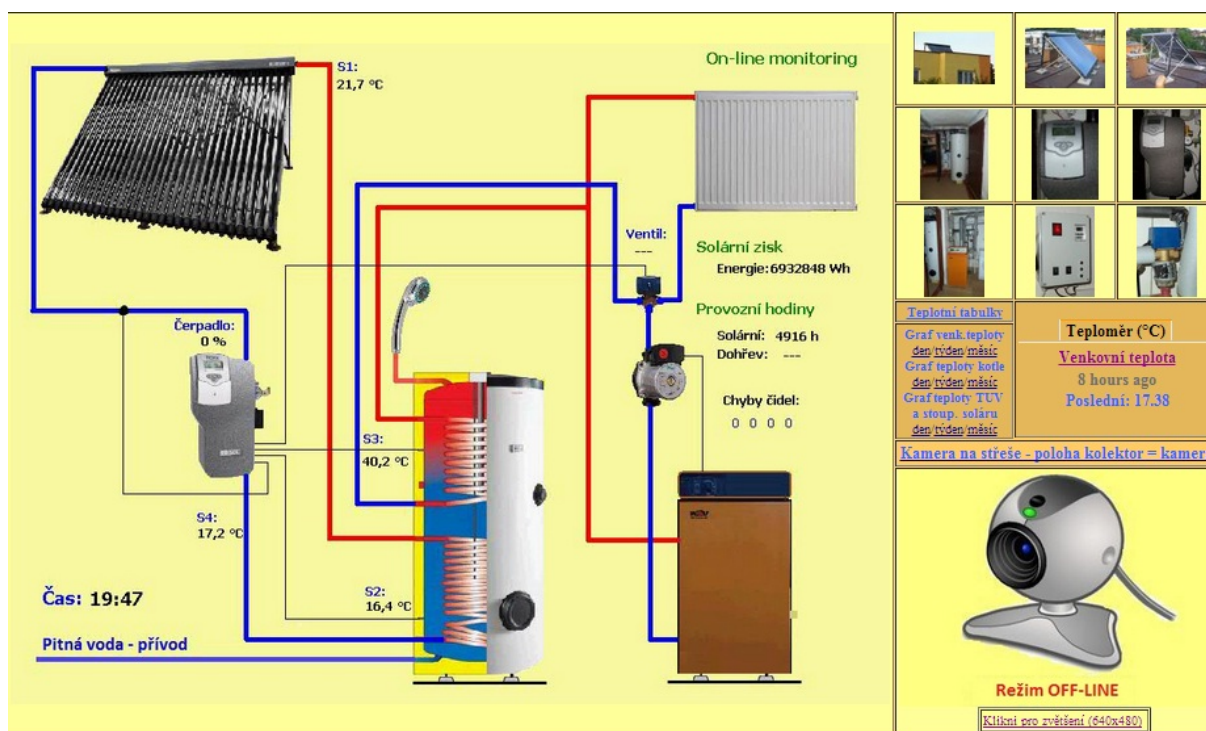




5.9 Sledování aktuálního stavu solárního systému

Aktuální stav solárního systému, tedy všechny teploty z čidel Pt1000 napojených na řídicí jednotku i později přidaných DS18B20 můžeme sledovat přes webové rozhraní na adrese <http://solarct.unas.cz> (obr. 28).

Na počítač jsme nainstalovali program LogTemp, který zaznamenává teploty z těchto čtyř čidel a vytváří z nich přehledné grafy, které si můžeme zobrazit pomocí webového rozhraní.



Obr. 28 Webové rozhraní

5.10 Údržba systému

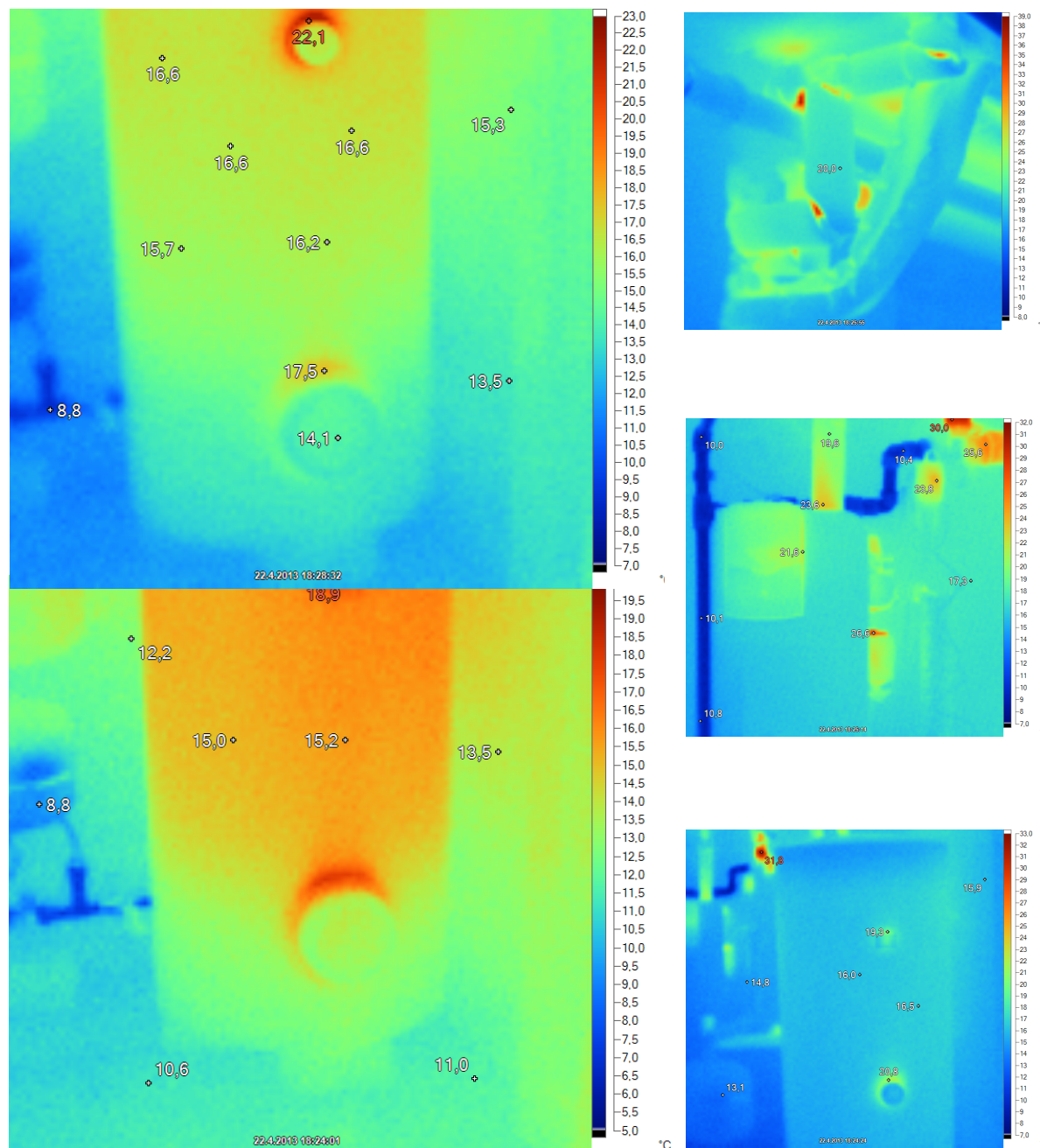
Solární systém byl navržen jako co nejjednodušší systém, aby byl jeho servis co nejméně nutný a údržba zabírala málo času.

Solární okruh je zapotřebí jednou za půl roku až jednou ročně odvzdušnit. V našem případě odvzdušňujeme jednou ročně. Odvzdušňovací ventil je umístěn přímo na solárním panelu na střeše. Pokud bychom použili separátor vzduchu, je možno odvzdušňovat i ve sklepe. Vzhledem k tomu, že střecha je v našem případě téměř rovná a je na ni pohodlný výstup, nebylo toto řešení se separátorem vzduchu nutné.

Dalším problémovým místem může být teplotnosná kapalina. Tu je nutno jednou za pět let vyměnit. Pokud nastane havarijní stav, solární kapalina se přehřeje, je nutno ji vyměnit okamžitě, protože dojde ke změně její viskozity.

Rizikové teploty jsou zámrazná teplota -30 °C a maximální pracovní teplota 230 °C. Teplotnosná kapalina vydrží krátkodobé přehřátí na 300 °C.

Po sestavení solárního systému byla provedeno nafocení rizikových míst, kde jsme předpokládali úniky tepla termokamerou. Na větších snímcích vlevo vidíme nepřímotopný ohřívač a na menších vpravo vlnovec ve kterém proudí teplotná kapalina.



Obr. 29 Snímky z termokamery

5.11 Návratnost systému

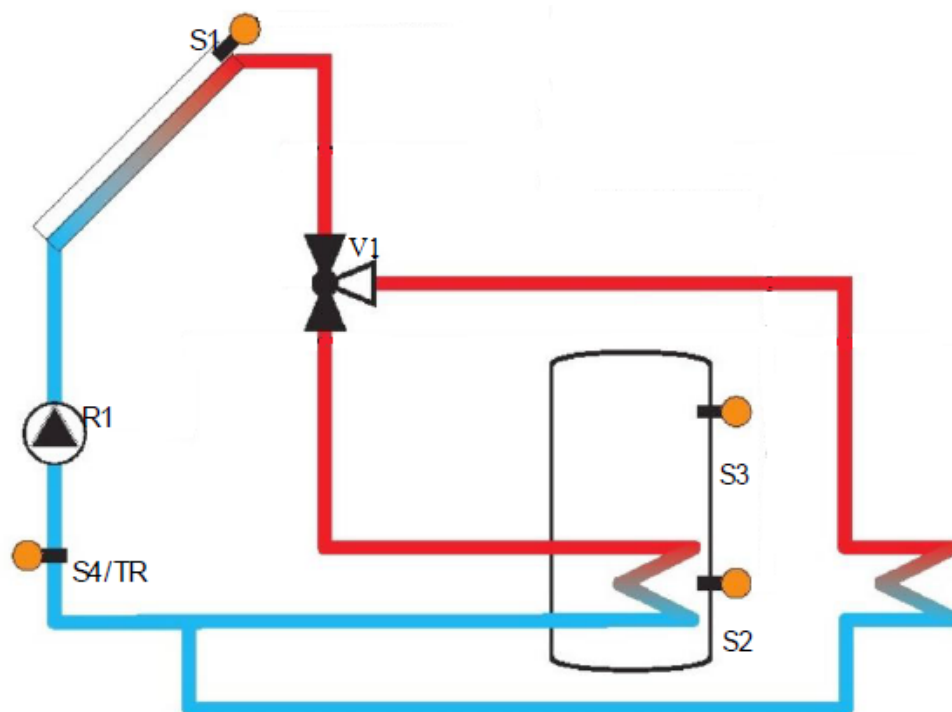
V současné době bydlí v dvougeneračním rodinném domě 5 lidí z toho jedno dítě. Cena, kterou obě rodiny vynaložili před pořízením solárního systému jen za ohřev TUV byla cca 13 500 Kč ročně. Nyní je cca 7 000 Kč. Celý systém stál 65 000 Kč. Návratnost systému tak lze zjednodušeně odhadnout na 9 let.

6 MOŽNOST ROZŠÍŘENÍ SYSTÉMU

Vzhledem ke stále stoupajícím cenám energií se uvažuje o rozšíření systému o další solární panely pro předehřev vody pro radiátory. Nabízí se také možnost rozšířit systém o tepelné čerpadlo.

6.1 Rozšíření o předehřev vody pro radiátory

Stávající systém je kompatibilní. Použili bychom systémové řešení 3 (obr. 30). Řídicí jednotka by sepnula nejprve okruh, který vyhřívá 300l zásobník a po jeho ohřevu na určenou teplotu by přepnula třicestný ventil V1 na druhý okruh a vyhřívala by se 800l akumulční nádrž. Řídicí jednotka má dvě relé. Nyní druhé relé spíná kotel. Po přidání druhého okruhu by kotel spínal externí termostat.



Obr. 30 Systémové řešení 3

V případě rozšíření systému na předehřev pro radiátory by bylo nutno zakoupit další dva až tři 30ti trubkové solární kolektory stejných parametrů jako jsou současné. Ke stávajícímu okruhu s 300 l zásobníkem by se připojila akumulční nádrž o objemu 800 l.

Vzhledem k teplotě na kterou je solární systém schopen vodu ohřát je vhodné použít podlahové vytápění u kterého stačí nižší teplota pro zajištění tepelného komfortu. Pro klasické radiátory potřebujeme teplotu otopné vody cca 60 °C. Pro podlahové vytápění nám stačí teplota 35-40 °C. Podlahové vytápění je relativně úsporné, díky dosažení tepelného komfortu i při nižší teplotě. Nevýhodou je náročnější zabudování a servis při případné havárii (nutno rozebrat podlahovou krytinu).

Vždy musí platit stav, že 300 l nepřímotopný ohřivač má přednost před 800 l akumulací nádrží. Teplota výhřevu 300 l nepřímotopného ohřivače by měla být alespoň 45 °C. Počítáme s hysterezí 10 °C to znamená, že teplota, kdy se přepne třícestný ventil a solární kapalina proudí v druhé části okruhu a dohřívá akumulací nádrž je 55 °C a zpátky se přepne, klesne-li teplota na 45 °C. V případě, že již klesá sluneční svit, řídicí jednotka to rozpozná a přesto, že podle teploty by mělo dohřívát 800 l akumulací nádrž, tak přepne na dohřívání 300 l nepřímotopného ohřivače.

6.2 Rozšíření o tepelné čerpadlo

Záměr rozšířit stávající systém o tepelné čerpadlo byl vzhledem ke konkrétnímu místu realizace pozice domu a ceně zamítnut. Tepelné čerpadlo země – vzduch ve variantě s vrtem je příliš drahé, ve variantě s odebráním tepla z velké plochy je u tohoto konkrétního případu problém s polohou, zahrada je příliš malá. Rozšíření by bylo možné, pokud by se jednalo o čerpadlo vzduch-voda, u tohoto typu tepelného čerpadla ale musíme díky nižšímu tepelnému faktoru počítat s dlouhodobější návratností.

Tepelná čerpadla jsou vhodná zejména pro nízkoteplotní soustavy. Podlahové vytápění s teplotním spádem 45/35 °C. Nízký teplotní spád mají i soustavy, kde se využívá kondenzační plynový kotel. Není vhodné pro klasické radiátory a plynové kotle, kde se používá běžně teplotní spád 75/65 °C. V našem případě by se tedy jednalo nejen o nákup tepelného čerpadla ale i o výměnu radiátorů a staršího plynového kotle.

7 ZÁVĚR

V práci popisovaný solární systém funguje již od poloviny roku 2011 za tu dobu se nevyskytl jediný technický problém. Postupem času je rozšiřován o další možnosti sledování a regulace. Zatím poslední návrh on – line sledování stavu systému solárního okruhu byl již realizován a zdá to být jako dobré řešení i vzhledem k popularizaci solárního systému mezi laickou veřejností.

Jelikož jsem návrhy na rozšíření systému řešil pro potřeby konkrétní domácnosti, tak jejich fyzická realizace je otázkou času a peněz majitele. V dohledné době, řádově do pěti let se uvažuje o rozšíření pro předehřev vody pro radiátory, tedy o rozšíření solárního systému o další kolektory a současně o výměně starého plynového kotle za nový kondenzační. Rozšíření na předehřev pro radiátory by mělo významný vliv hlavně na jaře a na podzim, kdy je ještě zapotřebí topit a zároveň je již dostatek slunečního svitu. Vzhledem k tomu, že by se jednalo o rozšíření o další solární panely, tak by došlo i k výraznému zvýšení využití v zimních měsících pro ohřev TUV. O rozšíření stávajícího systému o tepelné čerpadlo se zatím vzhledem k ceně, složitosti systému a zkušenostem s podobnými projekty neuvažuje. Snad jen v případě výraznějších dotací na projekt, by se tepelné čerpadlo vyplatilo pořídit, jinak by byla návratnost systému výrazně delší, než je jedna generace, což je limitní časový úsek, kdy se vyplatí do podobného systému investovat.

Práce se zabývala konkrétní aplikací ohřevu s využitím solárního ohřevu ve starším dvougeneračním rodinném domě. Pro tuto realizaci a všechny jím podobné, vychází jako postačující sledování dalších zajímavých teplot. Rozšíření původního řídicího systému o tyto sledované teploty může vylepšit samotné řízení celého systému přípravy TUV. Stejně teploty se jeví jako postačující také pro diagnostiku systému, jejíž výhodnou periodickou možností je uplatnění snímků z termokamery, které jsou schopny odhalit velmi jednoduše a rychle případné problémy. samozřejmě, že si asi nebude běžný majitel rodinného domku pořizovat drahou termokameru, ale tato možnost termodiagnostiky je vhodnou a takřka neodmyslitelnou pomůckou servisních firem. Konkrétní detaily doporučení zde uvedené jsou platná pro tuto variantu systému, pro jiné typy kolektorů a výměníků by je bylo třeba patřičně modifikovat.

Účinnost solárního systému je dána nejen geografickou polohou, ale i rozptylovými podmínkami v zimním období, které jsou v našem kraji dosti špatné a smog výrazně negativně ovlivňuje účinnost systému v tomto období. Běžná oblačnost nesnižuje výkon solárního systému tolik co smog. Systém je účinný, pokud teplota kolektoru dosahuje alespoň 35 °C. Pokud jsou v zimě příznivé rozptylové podmínky, tak můžeme i při teplotách -10 °C naměřit na solárním panelu 37 °C. Solární systém je v dnešní době ekonomicky velice zajímavé řešení ohřevu vody. I přes nevýhody geografické polohy a rozptylových podmínek v našem regionu se jeho pořízení vyplatí. Pokud se na stavbě systému podílí odborník, nemusíme se bát složitosti systému.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

TUV	Teplá užitková voda
COP	Coefficient of performance – Topný faktor
Heat pipe	Tepelná trubice
S	Čidlo
R1, R2	Oběhové čerpadlo
V1	Třícestný ventil

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PETERKA, Jaroslav. Solární historie v ČR a SR. *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1940-solarni-historie-v-cr-a-sr>
- [2] Junkers. *Plynové kondenzační kotle* [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.junkers.cz/pro_nase_zakazniky/zakaznicka_podpora/caste_otazky/plynov_e_kondenzacni_kotle_junkers/plyn_kondenzacni_kotle
- [3] EKOMPLEX [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-plynov_e/zavesne.php
- [4] Princip tepelného čerpadla. *Energetická zařízení* [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.enza.cz/princip-tepelneho-cerpadla.htm>
- [5] KUSÁK, Ivo. Stanovení topného faktoru tepelného čerpadla. *Ústavu fyziky Stavební fakulty, VUT v Brně* [online]. s. 7 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: http://fyzika.fce.vutbr.cz/file/kusak/1_tepelne_cerpadlo_navrh_navodu.pdf
- [6] Časté omyly a bludy o tepelných čerpadlech. In: *Abeceda čerpadel* [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/omyly-a-bludy>
- [7] Ceny elektřiny: D-Tepelné čerpadlo. In: *ČEZ* [online]. 2013. vyd. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/ceny/2013/domacnost/etarif/d-tepelne-cerpadlo.html>
- [8] BAŠTA, Jiří. Volba teplotního spádu. *TZB-info* [online]. 13. 4. 2001 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/525-volba-teplotniho-spadu>
- [9] Tepelná čerpadla testy a srovnání. In: *Abeceda čerpadel* [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/testy-a-srovnani>
- [10] KUŽEL, K. *Bezkontaktní měření teplot*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 41 s. [cit. 2013-05-20] Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Němec, CSc.
- [11] PONCAROVÁ, Jana. Solární kolektory pro rodinný dům: Stačí 1 metr čtvereční na osobu. *Nazeleno* [online]. 12. 04. 2011 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-kolektory-pro-rodinny-dum-staci-1-metr-ctverečni-na-osobu.aspx>
- [12] Technika. In: *Solar 24* [online]. [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: http://www.solar24.sk/technika_systemy.html

SEZNAM PŘÍLOH

CD s textem práce a přílohami práce

- Příloha 1 Text práce ve formátu PDF
- Příloha 2 Uživatelský manuál Westech
- Příloha 3 Návod Delta sol BS plus
- Příloha 4 Nepřímotopný ohřívač Dražice_1
- Příloha 5 Nepřímotopný ohřívač Dražice_2
- Příloha 6 Adaptér rozhraní Vbus®/LAN
- Příloha 7 Třícestný ventil
- Příloha 8 Minipočítač CV860A
- Příloha 9 Teplonosná kapalina Kolekton
- Příloha 10 Log z Řídící jednotky Resol