



Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SOLÁRNÍ SYSTÉM PRO PŘEDEHŘEV TEPLÉ VODY

Štěpán Rampas

Střední odborná škola a Střední zdravotnická škola Benešov, příspěvková organizace
Černoleská 1997, Benešov

Anotace:

Projekt popisuje opatření vedoucí k úsporám energie v bytovém domě v Týnci nad Sázavou, především využití solárních kolektorů pro přehřev teplé vody. Hodnotí podrobně nejen celkovou ekonomickou stránku, ale i způsob financování a realizace projektu. Zabývá se ekologickým dopadem projektu. Uvádí i některé zajímavosti, které vyplynuly až po realizaci úsporných opatření.

Obsah:

Obsah:	2
Úvod	3
Energie Slunce.....	3
Možnosti využití.....	4
Teplá vody pomocí solárních kolektorů.....	4
Jaké kolektory použít pro určitou aplikaci?	5
Jednoduché plastové absorbery, nebo jednoduché kolektory	5
Kovové ploché kolektory s konverzní selektivní vrstvou	5
Trubicové vakuové kolektory.....	6
Bytový dům v Týnci nad Sázavou	6
Východiska	7
Rozbor spotřeby energií za rok 2012.....	8
Navržený postup.....	8
Stanovení prosté návratnosti projektu.....	9
Termín realizace projektu.....	9
Technologické řešení solárního ohřevu TV v SVJ 271.....	9
Financování projektu	13
Závěr	14
Zdroje	16
Příloha 1: Schéma měření a regulace výměníku Cetetherm s napojením solárního systému do VS.....	17
Příloha 2: Průběh teplot na jednotlivých čidlech ze dne 11. 9. 2016.....	2
Příloha 3: Spotřeba tepla CZT a zisk ze solárních panelů	3
Příloha 4: Financování úvěru	4
Příloha 5: Termovizní měření před zateplením 2012 a po v 2014 (stejná část domu)	5

Úvod

Dozvěděl jsem se, že na bytovém domě v Týnci nad Sázavou (13 bytových jednotek) mají již několik let instalovány solární kolektory na ohřev teplé vody a díky tomu platí za ohřev teplé vody daleko méně než dřív. Zajímalo mě to, a proto jsem navštívil pana Ing. Nohejla, který v tomto domě bydlí a zasloužil se o realizaci všech úsporných opatření.



Obr. 1: Pan Nohejl mi vysvětluje zpracovávání dat z měření

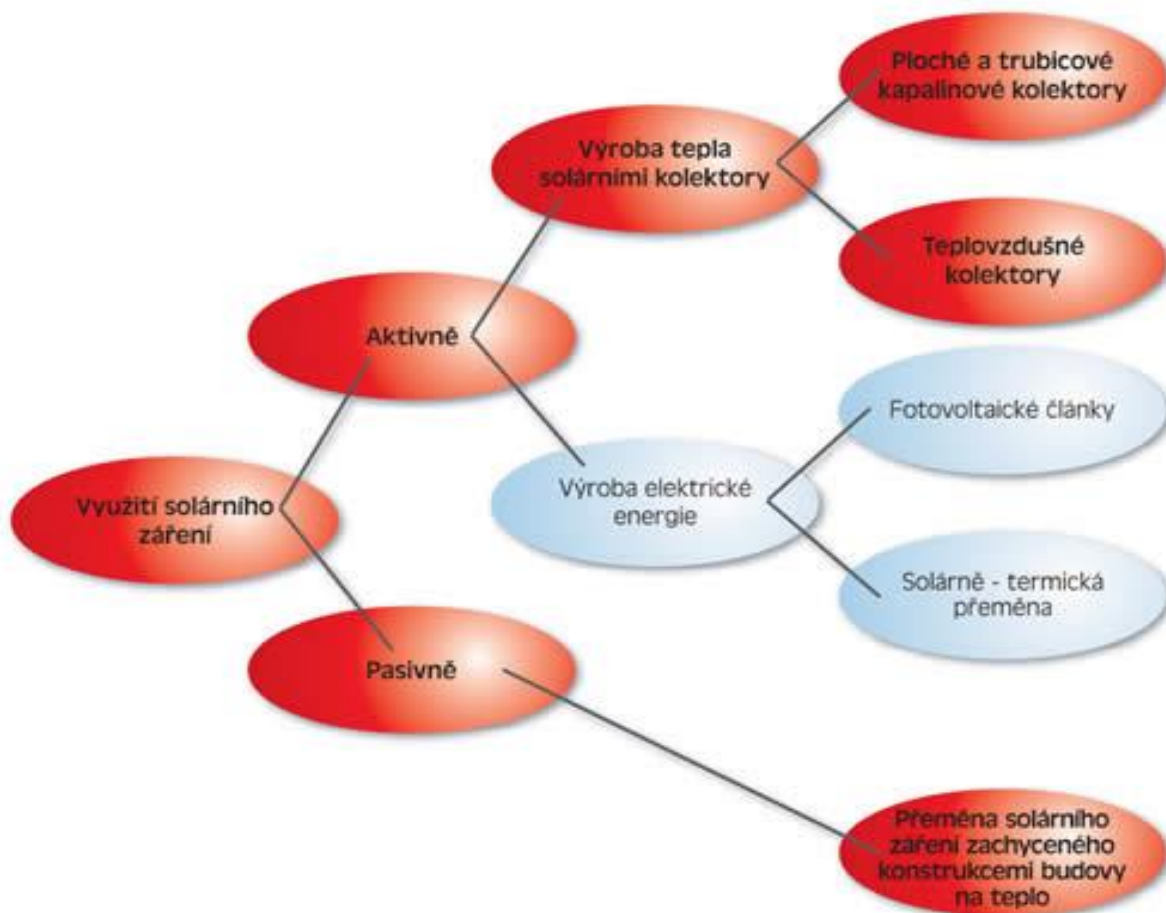
Energie Slunce

Téměř veškerá energie, kterou na Zemi máme, pochází ze Slunce. Na území ČR dopadne za rok stotisíckrát více energie, než je veškerá spotřeba paliv. Sluneční záření lze **přímo** využívat k výrobě tepla, chladu a elektřiny, **nepřímo** jako energii vodních toků, větru, mořských vln, tepelnou energii prostředí. Nejvýznamnější je využití sluneční energie "uskladněné" v rostlinách a jiné živé hmotě - biomase.

Při využívání sluneční energie narážíme na dva problémy: skladovatelnost a účinnost. Slunce lze výborně skladovat v biomase, ovšem zde je účinnost velmi nízká – v biomase zůstane asi jedno procento dopadnuvší sluneční energie. Naopak vysoké účinnosti lze dosáhnout při výrobě tepla (termální kolektory) i elektřiny (fotovoltaika), ale zde je drahá akumulace zachycené energie.

Možnosti využití

Ze slunce lze nejnáze získat teplo – to ví každá kočka, rozvalující se na zápraží. Využití slunečního záření pro vytápění budov se využívá umístěním nejvíce využívaných místností na jižní stranu budovy. Současně jsou třeba dobře izolující okna a velmi dobře teplotně izolované stěny, strop a podlaha. Na tomto principu fungují tzv. pasivní domy, které jsou z větší části vytápěny právě sluncem. Tyto tzv. pasivní zisky se využívají i jinde v architektuře. Pro teplo na ohřev vody (na mytí i do radiátorů) se používají tzv. aktivní systémy. Primitivní, ale v létě dostatečně účinný je i sud s vodou natřený načerno, pro celoroční provoz nebo pro vyšší teploty je nutné složitější zařízení – solární termální systém.



Obr. 2: Možnosti využití sluneční energie

Teplá vody pomocí solárních kolektorů

Solární termické kolektory se využívají jako zdroj části energie nutné pro přípravu teplé vody. Výhodou slunečního záření je, že se jedná o obnovitelný zdroj energie, který snižuje negativní dopady výroby tepla na životní prostředí. Nevýhodou je závislost na počasí - slunečním svitu. Optimálně navržený solární systém by měl pokrývat ca 40 % celoroční

spotřeby tepla na přípravu teplé vody a 60 % jiným zdrojem energie, např. v Týnci stávajícím systémem centrálního zásobování teplem (CZT). Při instalaci kolektorů na střechu objektu lze zvolit optimální sklon a orientaci panelů a je tedy z energetického i ekonomického hlediska nejvýhodnější.

Solární kolektory pro vytápění budov nejsou příliš vhodné, protože v zimě, kdy je spotřeba tepla pro vytápění nejvyšší je nejnižší sluneční svit a naopak, jak je dobře vidět z přílohy č. 3. Pro vytápění se využívají jiné technologie např. tepelná čerpadla. Naproti tomu je spotřeba teplé vody po celý rok zhruba stejná.

Jaké kolektory použít pro určitou aplikaci?

Jednoduché plastové absorbery, nebo jednoduché kolektory

Jsou vhodné zejména na letní ohřev vody, např. pro ohřev bazénu. V létě dosahuje i takto jednoduché zařízení téměř stejných parametrů, jako kvalitní solární kolektor, nebo může mít dokonce i lepší parametry. Je to tím, že absorber nemá krycí sklo, které snižuje výkon a tepelné ztráty do okolí jsou zanedbatelné (teplý vzduch na sluníčku má teplotu až kolem 40 °C).

Výhody: Jsou levné a mají velmi dobrý výkon v létě, snadno se instalují a udržují.

Nevýhody: Vhodné pouze pro sezónní použití, nevhodné jsou na celoroční provoz.

Kovové ploché kolektory s konverzní selektivní vrstvou

Jsou velmi rozšířeny a používají se na celoroční provoz – pro celoroční ohřev TV a případně i pro přitápění. Dávají velmi dobrý výkon v létě a při plném slunečním svitu. Jinak jejich solární zisk značně klesá. Mají vyšší ztrátový tepelný koeficient než vakuové.



Výhody: Přijatelná cena, vysoký výkon, celoroční provoz, univerzální použití.

Nevýhody: Náročná instalace, nevhodné pro montáž vlastními silami.

Obr. 3: Plochý vodní kolektor (foto EkoWATT)

Trubicové vakuové kolektory

Jsou speciální kolektory určené do klimaticky náročnějších podmínek. Mají velmi malé tepelné ztráty (vakuum je ideální tepelný izolant) a i v zimě poskytují vyšší teplotu na výstupu než ploché kolektory. Jsou vhodné pro celoroční provoz na ohřev vody, popř. přitápění.



Výhody: Nejvyšší možný výkon; celoroční provoz; zvláště vhodné pro přitápění. Vysoce odolné proti poškození (kroupy). Možnost výměny jednotlivé trubice.

Nevýhody: Vyšší cena; náročná instalace; nevhodné pro montáž vlastními silami.

Obr. 4: Trubicový vakuový kolektor (foto EkoWATT).

V Týnci jsou instalovány vakuové kolektory fy Vacusol s.r.o. s tepelnými trubicemi.

Bytový dům v Týnci nad Sázavou



Obr. 5: Pohled na bytový dům, Družstevní 271



Obr. 6: Další pohled na bytový dům – soláry na střeše nejsou z ulice téměř vidět

Východiska

Bytový dům Družstevní 271 byl vystavěn svépomocí v letech 1970-73 v rámci SBD Týnec nad Sázavou. Do vzniku Společenství vlastníků jednotek (dále SVJ) v roce 2009 byl průběžně udržován, rekonstrukcí prošly rozvody vody a v roce 1994 byl připojen přes lokální výměňkovou stanici umístěnou v přízemí domu na horkovodní rozvod tepla z Teplárny Týnec. Rekonstrukce z této doby nebyly prioritně zaměřeny na úsporu energie na vytápění a ohřev teplé vody.

Přechod bytů do soukromého vlastnictví společně s trvalým nárůstem cen energií a založením SVJ podnítl tlak na snižování nákladů za energie, především tepla z centrálního zásobování teplem (dále CZT) a zaměřil rekonstrukce energetických systémů domu na úsporu energií a současně na energetickou osvětu vlastníků.

Náklady a úspory za teplo včetně ohřevu teplé vody při porovnání proti roku spotřeby v roce 2009 (vznik SVJ) = 100 % se v roce 2012 snížily na 64 % (ve srovnatelných cenách). Úspory tepla byly dosaženy postupnými kroky:

2009 - osazení měřidel ústředního topení a výměna vstupních dveří

2010 - dokončení výměny oken u šesti bytů

2011 - zateplení střechy, podhledů vstupu a kolárny a výměna oken v bytech a na střeše

2012 - výměna oken v přízemí (společné prostory – sklepy a prádelna)

Celkové investice do úspory energií za období 2009-2012 jsou za SVJ **785 000 Kč**.

Vlastníci investovali individuálně do úspor energií 780 tis. Kč (výměna oken).

Celková roční úspora 2012 proti 2009 při stálých cenách tepla činí **115 800 Kč**

Prostá návratnost investic z fondu oprav od roku 2012 je proti 2009 **4,9 roků**.

Rozbor spotřeby energií za rok 2012

Celková spotřeba tepla byla **425 GJ**, z toho na ohřev vody počítáme 24,7 %, tj. **105 GJ**. Měrná roční energetická spotřeba byla v roce 2012 130,5 kWh/m², v roce 2009 194 kWh/m². Další významnější úspory energií s využitím dílčích řešení by bylo obtížné dosáhnout. Byl předpoklad, že se cena tepla v Týnci výrazně zvýší v průběhu několika let. Proto představenstvo zpracovalo počátkem r. 2013 a předložilo shromáždění členů projekt zásadní rekonstrukce domu včetně financování.

Cílem záměru bylo významné snížení nákladů na vytápění a ohřev teplé vody (dále TV), při současném zvýšení tepelné pohody v bytech, využití tepelně akumulčních vlastností objektu, zvýšení tržní hodnoty bytů v osobním vlastnictví a odstranění negativních důsledků lokálních tepelných mostů z energeticky neúspěšných stavebních technologií a postupů (viz příloha č. 5).

Navržený postup

1. Kompletní zateplení vnějšího pláště domu kontaktním systémem ETICS Baunit, o síle tepelné izolace 140 mm - náklady na vytápění lze snížit o **ca 30 %**, to je cca 100 GJ z 320 GJ využitých na topení. Při ceně 525,4 Kč/GJ to je **52 500 Kč za rok**. Předpokládaná investice **1 600 000 Kč**. Po výběrovém řízení byla vybrána firma R-STAV servis s.r.o. Realizováno 05-06/2013.
2. **Solární systém pro ohřev vody** - ve výběrovém řízení byla vybrána firma VacuSol, s.r.o. se systémem vakuových solárních kolektorů VS 10-T. Dohřev TV bude ve výměníku stávajícím CZT. Solární systém umožní snížit spotřebu tepla pro ohřev o více než **50 %**, to je cca 50 GJ z 105 GJ využitých pro ohřev TV. To představuje úsporu **26 300 Kč za rok**. Předpokládaná investice **350 000 Kč**. Životnost solárního systému se předpokládá **30-35 let**. Realizováno 06/2013.
3. Následně bude provedena **optimalizace některých režimů topení a rozvodu TV**, ve výměníkové stanici dodavatelem CZT Teplárna Týnec. Cena cca 30 000 Kč.

4. **Obnova izolace rozvodů** s výjimkou topných kanálů bude provedena částečně svépomocí. Náklady cca **30 000 Kč**. Předpokládaná úspora **cca 5 %** nákladů na teplo.
5. **Vyregulování topné soustavy** bude provedeno po realizaci všech výše uvedených opatření firmou ENBRA Praha, která regulaci topné soustavy v bytovém domě prováděla v roce 1994. Cena **cca 50 000 Kč**, úspora **5-10 %** nákladů na teplo, což společně s bodem 3 činí úsporu ca **25 000 Kč za rok**. Realizováno 09-10/2013.

Stanovení prosté návratnosti projektu

Pro výpočty návratností byly zahrnuty již vynaložené náklady a dosažené úspory – viz výše.

	Náklady [Kč]	Úspory [Kč/rok]
Investice do úspory energií za období 2009-2012	785 000	116 000
Zateplení	1 600 000	52 500
Solární systém pro ohřev vody	350 000	26 300
Obnova izolace rozvodů	30 000	10 000
Vyregulování topné soustavy	50 000	15 000
Celkem	2 815 000	219 800

Tab. 1: Přehled investic a úspor

Náklady od roku 2009 do roku 2013 jsou celkem **2 815 000 Kč**

Úspory od roku 2012 jsou celkem **220 000 Kč/rok**

Prostá návratnost v cenách 2012 vychází **12,8 roků**

Termín realizace projektu

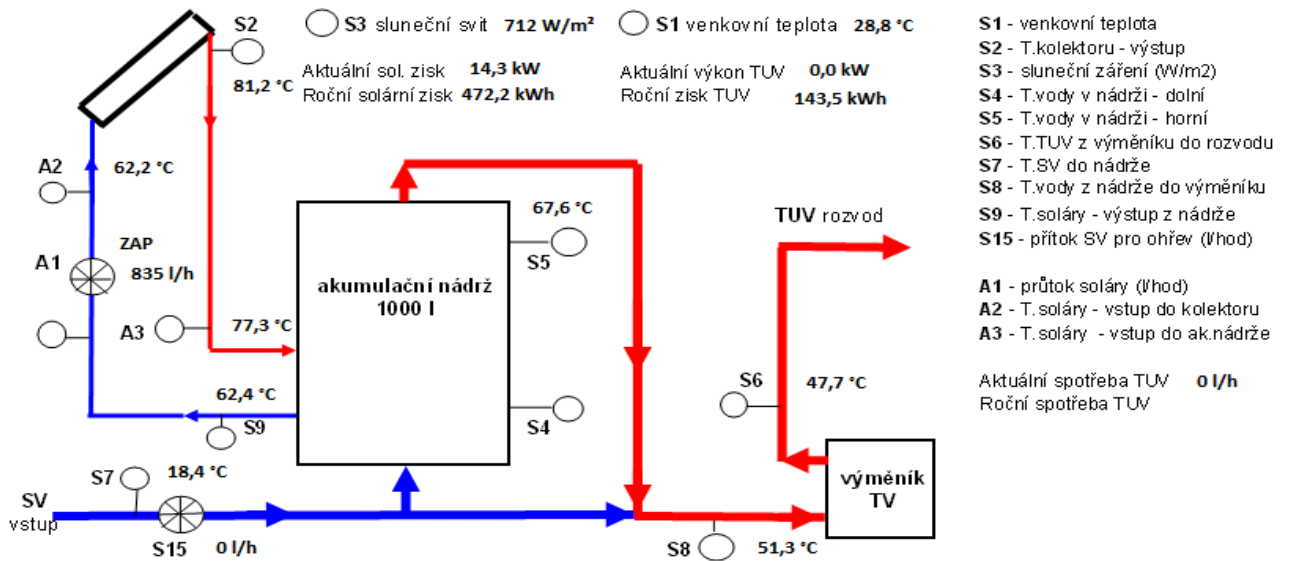
První informace představenstvu byla v lednu 2013. Zateplení se realizovalo v květnu až červnu 2013, solární systém pro ohřev TV byl instalovaný v červnu 2013, nová izolace soustav TV a ÚT proběhla v srpnu a září 2013 a vyregulování topné soustavy v říjnu téhož roku.

Technologické řešení solárního ohřevu TV v SVJ 271

Technologie solárního ohřevu TV - akumulární nádrž 1000 l, čerpadlo a řídicí ústředna jsou umístěno ve výměníku CZT domu v přízemí. Na střeše jsou umístěny solární

panely. Doohřev TV je zajištěn výměníkem Cetetherm. Solární systém slouží jako předeřev pro tento výměník (viz příloha č. 1).

Schema MaR solární ohřev TUV v SVJ 271 (Vacusol a SunPower)



Obr. 7: Schéma ohřevu vody v SVJ 271 (reálné hodnoty)

Zdrojem tepla pro využití sluneční energie jsou instalovány vakuové kolektory VS 10-T s tepelnými trubkami, které tvoří kolektorové pole o celkové ploše $12 \times 1,57 = 18,84 \text{ m}^2$. Kolektory jsou umístěny na střeše, kolmo k jihu, na hliníkové konstrukci se sklonem 45°. Přenosovým médiem tepla v solárním zařízení je nemrznoucí směs (-30 °C až 140 °C). Ohřátá směs je ze solárních kolektorů vedena do akumulární nádrže (1 m³) s integrovaným výměníkem.



Obr. 8: Panely pravé pole



Obr. 9: Panely - boční pohled



Obr. 10: Panely horní detail



Obr. 11: Panely spodní detail



Obr. 12: Panely - čidlo teploty a pojistný ventil



Armaflex AC - hadice

CLOSE X

Obr. 13: Solární-izolace - Obchodsolar-cz

Vychlazená směs je oběhovým čerpadlem umístěným ve vratném potrubí vedena zpět do solárních kolektorů. Přívod studené vody je do spodní části nádrže. Ohřátá voda stoupá do horní části, odkud je průběžně odebírána do rozvodu TV. V létě je běžné ohřátí vody v akumulární nádrži nad teplotu, kterou je možné pustit do domovního rozvodu TV (více než 60 °C). Proto je na výstupním potrubí TV ze zásobníku vody termostatický směšovací ventil, nastavený na 55 °C, který přimíchává studenou vodu do vody vedené ze zásobníkového ohříváku vody.

Ohřátá (předehřátá) voda je vedena přes výměník Cetetherm (je součástí výměníku CZT), kde dochází v případě potřeby k dohřátí teplé vody na teplotu 50 °C a voda je předána do domovního rozvodu. Pokud je teplota vody cca 50 °C, výměníkem Cetetherm pouze proteče. Právě zde se realizují úspory energie z CZT předehřátím TV solární energií.

Zdrojem tepla pro výměník je horkovod CZT z Teplárny Týnec, která je majitelem výměňkové stanice. Zapojení rozvodu studené vody do výměňkové stanice Cetetherm přes

akumulační nádrž solárního systému umožňuje využít solární energii i pro malý přehřev. Například: SV vstupující do akumulace má teplotu v průměru do 10 °C. Při požadavku TV 50 °C je to rozdíl 40 °C, o který potřebujeme vodu ohřát. Jen malý ohřev soláry, např. o 5 °C šetří $\frac{5}{40} \cdot 100 \% = 12,5 \%$ energie potřebné k ohřátí na 50 °C. Oběh nemrznoucí směsi solárního systému zajišťuje oběhové čerpadlo, které je součástí solární stanice.



Obr. 14 a 15: Čerpadlo, trojcestný ventil a expanzní nádrž (solárního okruhu)

Potrubní rozvod solárního zařízení je navržen z měděného izolovaného potrubí. Potrubí je uchyceno v přichytkách potrubí přichycených pomocí hmoždinek.

Odvzdušnění solární soustavy je provedeno pomocí armatur umístěných v potrubním rozvodu jednotlivých solárních kolektorů, vypouštění solární soustavy je prováděno v nejnižším místě. Současně s potrubním rozvodem je vedena kabeláž MaR teplotních čidel. Potrubní rozvody jsou vybaveny armaturami příslušných dimenzí (uzavírací, zpětné, regulační, filtry) a o min. PN 10. Jištění soustavy solárního systému je pojistným ventilem - součástí solární stanice. Pro vyrovnání změn objemové roztažnosti nemrznoucí kapaliny solárního okruhu slouží expanzní tlaková nádoba.



Obr. 16: Čidlo teploty a průtokoměr (přítok SV) Obr. 17: Výměník - čerpadla 2



Obr. 18: Výměník - jednotka s teploměry



Obr. 19: Výměník CZT

Regulace je řešena pomocí programovatelné jednotky UVR 1611, která zajišťuje:

- měření teploty
- měření výkonu solárního systému
- měření slunečního svitu
- přenos informací do externího počítače
- ovládání čerpadla



Obr. 20: S panem Nohejlem u regulační jednotky

Financování projektu

Rekonstrukce střechy byla financována z Fondu oprav SVJ (dále FO). Stejně tak další drobné úpravy do roku 2012 po prověření nemožnosti získat dotace z „Nové zelené úsporám“ (v roce 2013 vypsáno pouze pro rodinné domy).

Závěr - získání dotace nebylo reálné a představovalo by v tom případě mimořádnou administrativní zátěž a značné vedlejší náklady na auditorské a další zprostředkovatelské firmy. Významné hledisko bylo také časové, kdy realizaci je nutné odložit do rozhodnutí o dotaci a investor/ SVJ tak přestává projekt řídit.

Ve výběrovém řízení financování projektu zvítězila ČS. Bylo projednáno 100% financování úvěrem od ČS s **fixní úrokovou sazbou 2,56 % a splatností 13 let**. Anuitní měsíční **splátka je 15 215 Kč**.

Základem financování projektu bylo zachování současné výše předpisu zálohových plateb (od roku 2008 do 2017) pro jednotlivé vlastníky SVJ. Zvýšení příspěvku fondu oprav o 20 % (celkem o 42 000 Kč/rok) bylo realizováno pouze z přeplatků záloh na energie a plně

pokrylo anuitní splácení úvěru. 25 % FO (60 000 Kč/rok) zůstává na FO pro SVJ pro další drobné opravy. Mimo to se snížením nákladů na energie po realizaci projektu generuje další zdroj úspor/přeplatků (více než 90 000 Kč/rok), který při trvalém zvyšování cen za GJ poslouží jako „polštář“ pro dlouhodobé udržení současné výše předpisu plateb. Viz příl. č. 4.

Závěr

Celkový roční energetický zisk z 12 ks kolektorů byl **7 800 – 10 800 MWh**, což představuje 30 - 40 % současné spotřeby tepla pro ohřev TV.

Zajímavé je, že kolektory „topí“ i večer, když na ně sluníčko svítí zezadu.

Teplá voda je ohřívána na **48 °C místo původních 60 °C**. Tím se snížily tepelné ztráty na rozvodech a přitom se nesnížil uživatelský komfort.

Z následující tabulky a grafu je patrné, že se náklady na teplo snížily proti roku 2009 na **44 %, tj. o 160 000 Kč** (o 12 000 Kč/byt za rok).

Použitím **dvojího potrubí** se spotřeba vody (SV+TV) proti 2014 snížila na **79 %, tj. o 254 m³**, náklady klesly o 20 000 Kč.

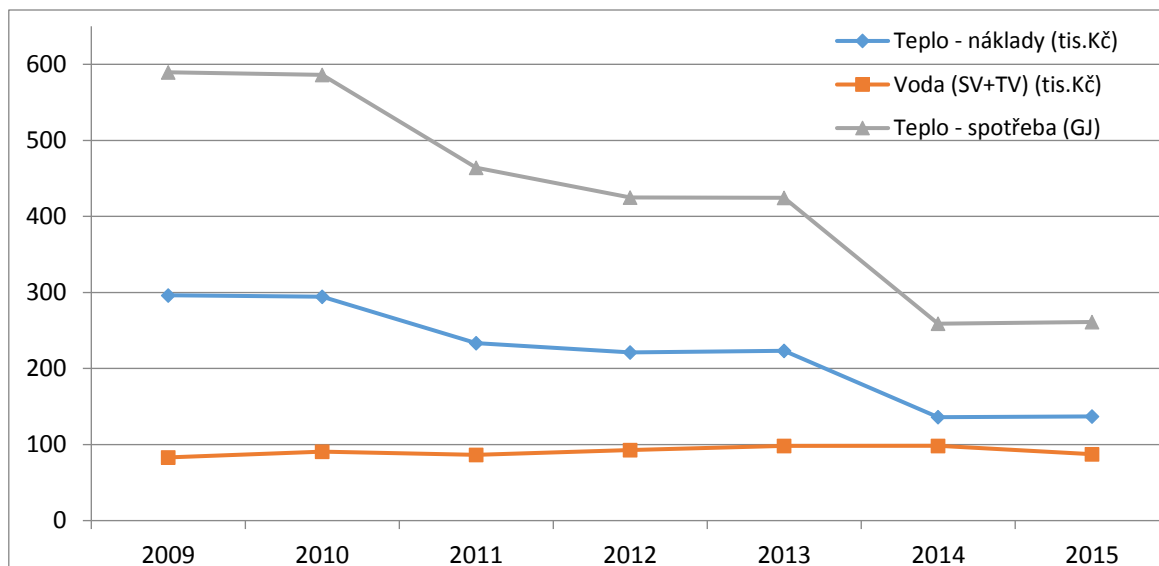
Svůj význam má i to, že akumulční nádrží trvale protéká voda, takže je zcela vyloučeno **množení legionely**.

Další úspora energií je ve snížení spotřeby vody. (Studená voda stojí 96,- Kč/m³, teplá voda 135,- Kč/m³).

Výsledky hospodaření SVJ za období 2013-16 prokázaly realnost původních předpokladů. Z následující tabulky je vidět úspory energie a vody.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
spotřeba (GJ)	650	590	586	464	425	424	259	261
Rok 2009 = 100 %	110 %	100 %	99 %	79 %	72 %	72 %	44 %	44 %
GJ/m ²	0,717	0,651	0,647	0,512	0,469	0,468	0,286	0,288
kWh/m ²	199,4	181,0	179,8	142,4	130,4	130,1	79,5	80,1
Teplo-náklady (tis.Kč)		296,3	294,6	233,3	221,3	223,3	136	137
Voda (SV+TV) (tis. Kč)		83,1	90,6	86,5	92,8	98,4	98,4	87,3
Teplo - spotřeba (GJ)		589,5	586,2	464,1	425	424,5	258,9	261
Voda - spotřeba (m³)		1 181	1 366	992	1 029	1 044	1 191	937

Tab. 2: Spotřeba tepla a úspory, náklady na vodu



Graf 1: Pokles nákladů na teplo a vodu

Typ znečišťující látky	kotel ZP	kotel dřevo	Elektřina systémová	Kotel HU pevný	kotel HU mostecké
Tuhé látky	0	361	10	274	217
SO ₂	0	29	189	518	465
NO _x	18	87	160	66	66
CO	4	29	15	989	989
C _x H _y	21				
	430	26	15	220	195
CO ₂	21		125	38	38
	430	0	357	571	571

Tab. 3: Množství znečišťujících látek v kg přepočtené na množství energie

V tabulce 3 je uvedeno, o kolik emisí unikne do ovzduší ročně méně, než před provedením úsporných opatření (když klesne spotřeba z 650 GJ na 260 GJ, tj. o 108 MWh).

Zateplením budovy a instalací solárního ohřevu teplé vody došlo k výrazným úsporám energie a vynaloženým financím za ně. Vynaložené prostředky mají přijatelnou návratnost a slouží jako vytváření rezerv pro udržitelnost zvoleného způsobu vytápění a ohřevu v případě nenadálých oprav a pravidelnou údržbu. Současně je důležitý i přínos pro životní prostředí v podobě uspořených emisí do ovzduší.

Další snížení energií by podle Ing. Nohejla vyžadovalo investice neodpovídající úsporám (nucené větrání, izolace podlah v přízemí - doporučení z Průkazu energetické náročnosti budov z roku 2015).

Také pro mě bylo zajímavé, že nejsou důležité jen celkové náklady, ale i rozpočet a to, v jakém časovém horizontu bude potřeba investovat a kdy se začnou projevovat úspory.

Pan Nohejl je pro mě inspirací, že nestačí jen přijít s nápadem, ale dokázat ho i v často konzervativním prostředí prosadit.



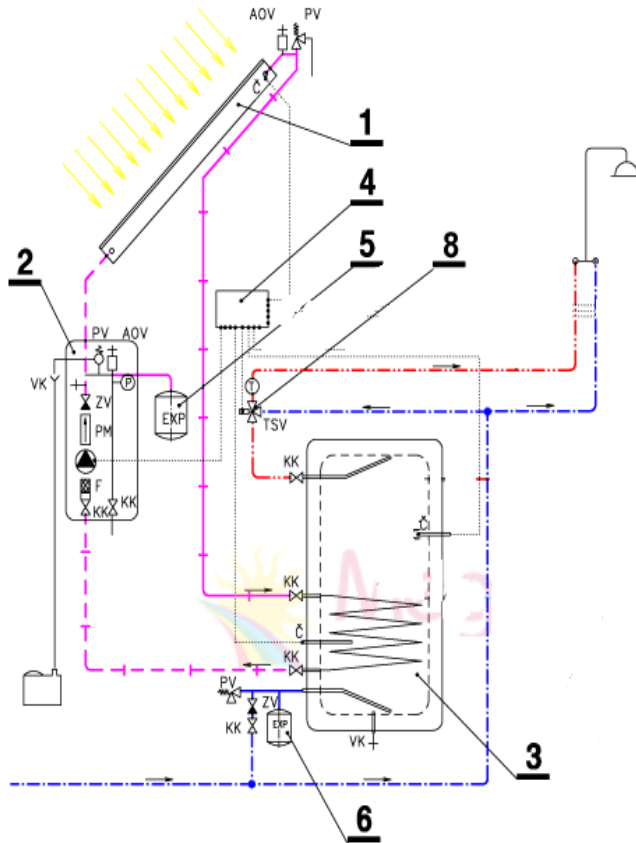
Obr. 21: S panem Nohejlem při sledování výkonu solárů

Zdroje

- 1) Energie slunce. *EkoWATT: Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie* [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/slunce_teplo_new.pdf
- 2) Využití solární energie k výrobě tepla. *Efekt-energie efektivně* [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/informacni-listy/8950>
- 3) Materiály poskytnuté SVJ
- 4) Vlastní fotografie

Příloha 1: Schéma měření a regulace výměníku Cetetherm s napojením solárního systému do VS

SOLÁRNÍ OHŘEV PITNÉ VODY



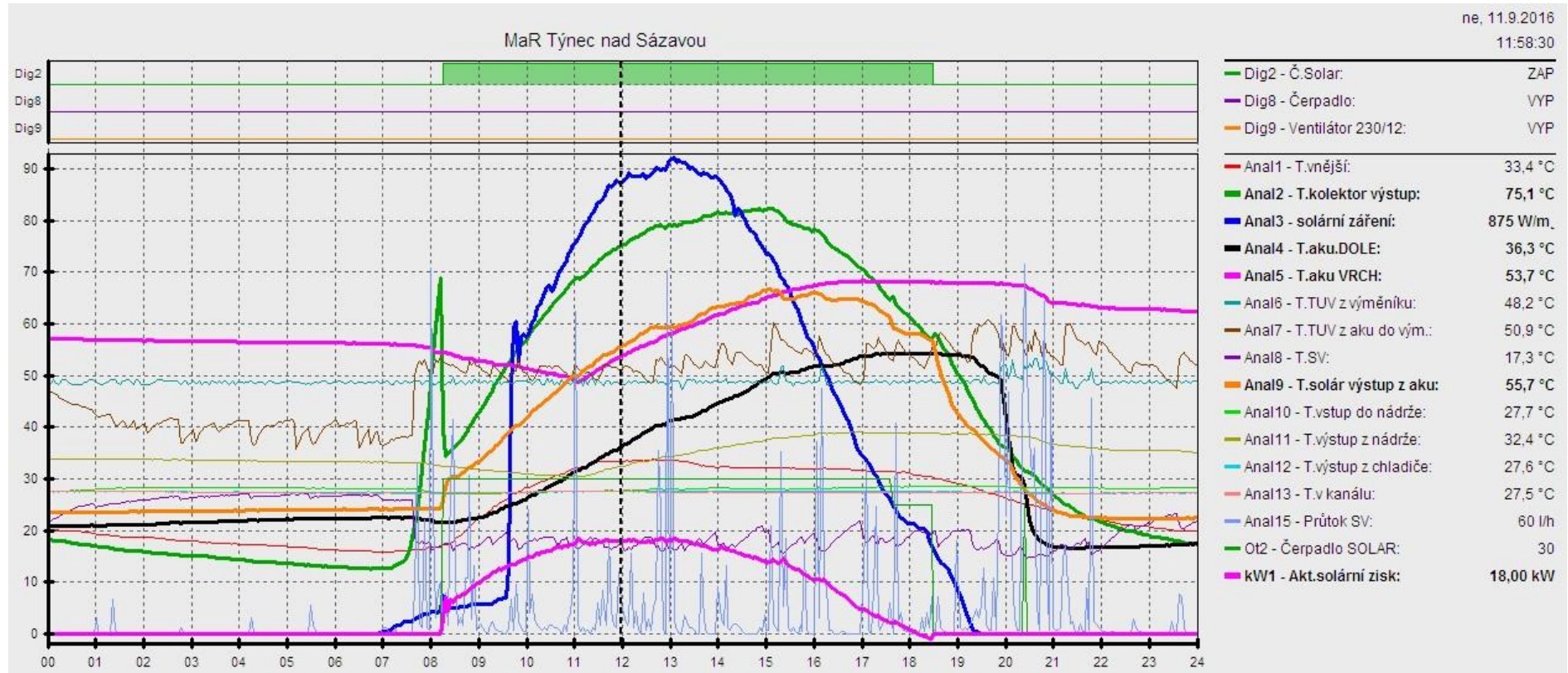
F	Filtr
Č	Teplotní čidlo
KK	Kulový kohout
ZV	Zpětný ventil
VK	Vypouštěcí kohout
PV	Pojistný ventil
SV	Směšovací ventil
OČ	Oběhové čerpadlo
PM	Průtokoměr
PT	Pokojový termostat
TMV	Motorický rozdělovací ventil
TSV	Termostatický směšovací ventil
EXP	Tlaková expanzní nádoba
Ⓜ	Teploměr
Ⓟ	Manometr

1	Solární kolektor
2	Solární čerpací stanice
3	Solární výměník
4	Solární řídicí jednotka
5	Tlaková expanzní nádoba - solár
6	Tlaková expanzní nádoba - teplá voda
7	Tlaková expanzní nádoba - vytápění
8	Termostatický směšovací ventil
9	Hlavní zdroj tepla (kotel)

LEGENDA:

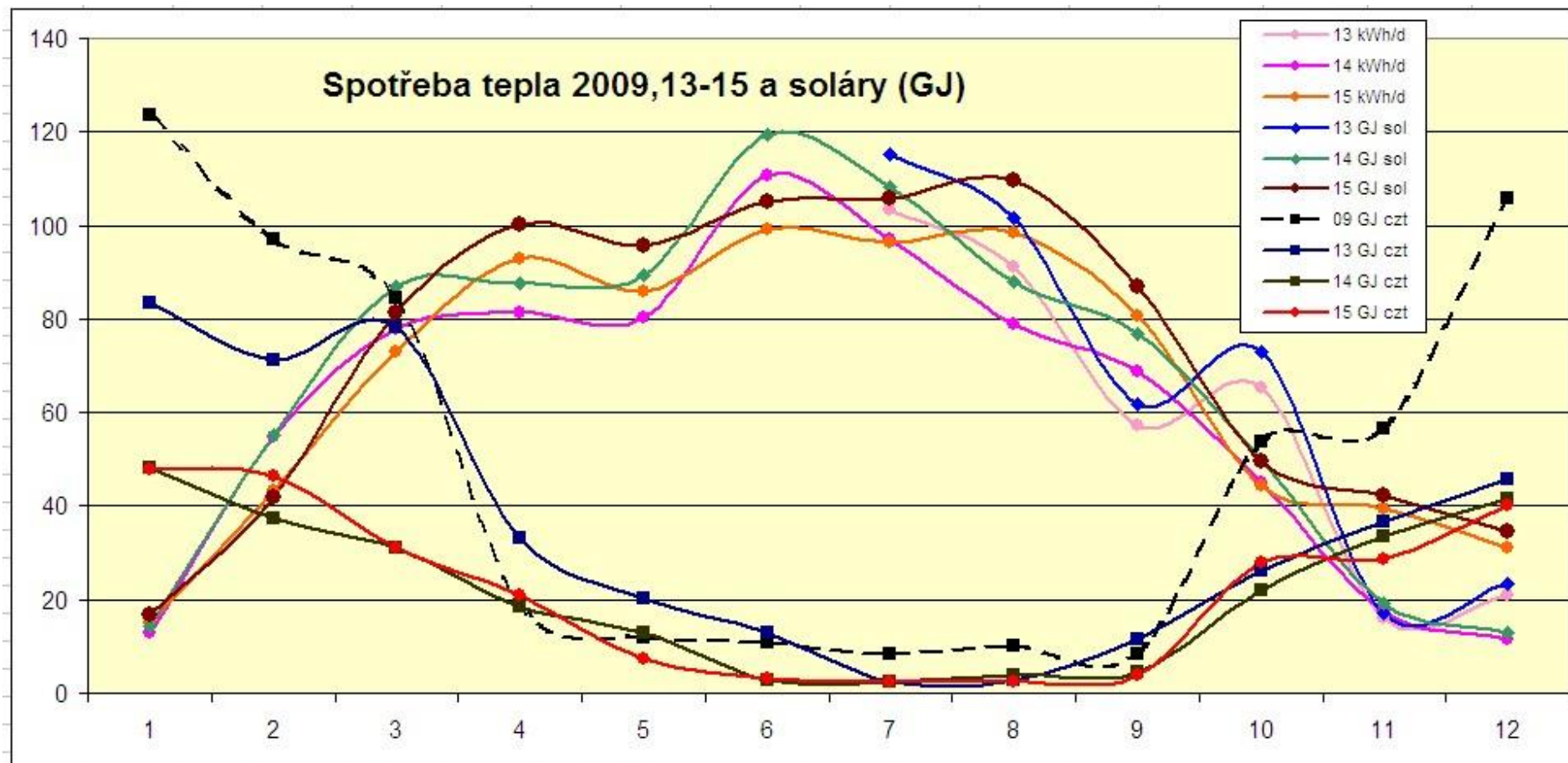
	Solární směs teplá
	Solární směs ochlazená
	Studená pitná voda
	Teplá pitná voda
	Topná voda
	Zpětná topná voda
	Signalizační vodič

Příloha 2: Průběh teplot na jednotlivých čidlech ze dne 11. 9. 2016



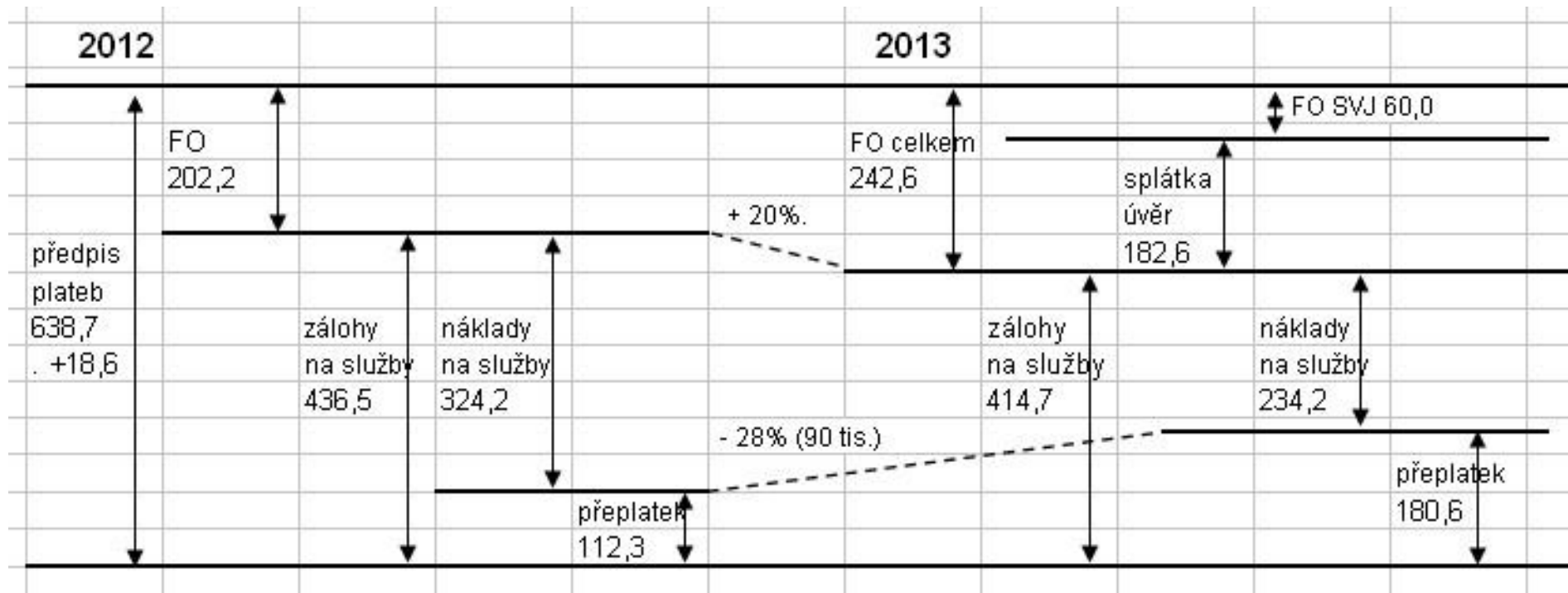
Průběh teplot na jednotlivých čidlech ze dne 11. 9. 2016 (shodou okolností se v nedalekém Benešově přesně v tu dobu konal závod Benešovská desítka. Pro závodníky teplota vzduchu přes 33 °C ve stínu nebyla ideální, ale soláry „topily“)

Příloha 3: Spotřeba tepla CZT a zisk ze solárních panelů



Spotřeba tepla = GJ czt Teplo ze solárů = GJ sol (! x 10 !)
 Před instalací solárů : 09 GJ czt a 13 GJ czt (do 07/2013) = teplo pouze z teplárny (czt)

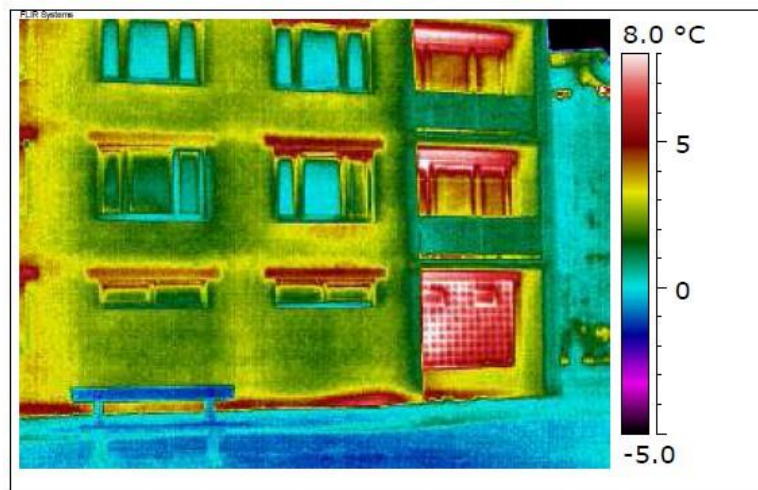
Příloha 4: Financování úvěru



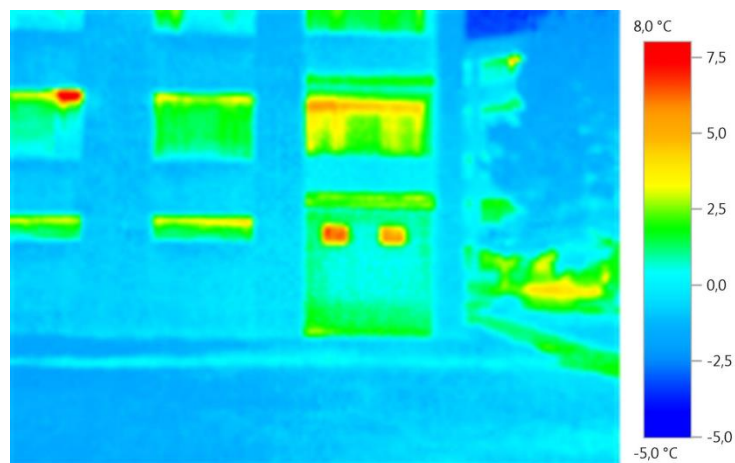
Příloha 5: Termovizní měření před zateplením 2012 a po v 2014 (stejná část domu)



Obr. 1: Pohled na východní fasádu



Obr. 2: Před zateplením



Obr. 3: Po zateplení 2014