



## **Středoškolská technika 2013**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Heliantus – úspora energie v domácnosti**

Jan Zmatlík, Jan Valeš, David Valenta

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Kladno  
Jana Palacha 1840  
272 01 KLADNO

## Obsah

1. Proč jsme si vybrali solární kolektory a energii slunce	3
2. Charakteristika projektu	3
3. Solární kolektory	4
4. Helianthus – inteligentní automatizovaný systém	5
4.1. Konstrukční provedení	5
4.2. Oběh média	6
4.3. Elektronické provedení	7
4.4. Využití zařízení	8
5. Zhodnocení	9
5.1. Anketa	9
6. Zdroje	10

## 1. Proč jsme si vybrali solární kolektory a energii slunce

Důvod je prostý. Z předchozích pokusů s fotovoltaickými články jsme zjistili, že při odklonění panelu od slunce o více než  $30^\circ$  klesne jejich účinnost pod 80% a s rostoucí odchylkou účinnost klesá exponenciálně. Z praktického hlediska tedy stacionární fotovoltaické články dosahují plného výkonu ne déle než 2 hodiny denně. Z hlediska efektivity práce – nic moc.

Ve chvíli, kdy jsme vyrobili zařízení, které je schopno se průběžně natáčet za sluncem, se nám podařilo značně prodloužit dobu, po kterou získáváme energii s maximálním výkonem, a i když se odečetla energie nutná na provoz vlastního zařízení, povedlo se dosáhnout zvýšení účinnosti článku o 22%, tedy že se z energetického hlediska vyplatí panely takto rozpohybovat.

Teď jsme si dali za cíl zjistit, zda se vyplatí stejným způsobem rozhýbat i solární kolektor, a současně zajistit, aby toto zařízení mohlo sloužit jako výukový prostředek. A pokud naše měření ukáží, že se vyplatí solární kolektory natáčet, budou se naše výsledky točit nejenom na Slunce ale i okolo peněz, protože návratnost takového zařízení by mohla být poměrně rychlá v případě, že se tato technologie aplikuje na průmyslově vyráběné solární kolektory či fotovoltaické články, čímž by došlo ke značné úspoře energie v domácnostech.

## 2. Charakteristika projektu

Jelikož vliv úhlu natočení fotovoltaického článku na slunce je prokázán, naším cílem je tedy zjistit, zda má tento úhel vliv i na účinnost solárního kolektoru. Za tímto účelem jsme sami sestavili experimentální solární kolektor, a k němu i zařízení na jeho rozpohybování. Zařízení bude plně automatické, avšak nebude dáno nějakým převodem a časovým průběhem slunce, ale bude měřit úhel natočení, a ve chvíli kdy úhel přesáhne určitou hodnotu, zařízení tento úhel natočením vyrovná. Takto se to bude opakovat, dokud zařízení nebude vypnuto. Výhodou je, že pokud je úhel natočení relativně malý, zařízení si najde optimální polohu samo, v případě že by úhel byl příliš velký, bude zde i ruční ovládání pro nastavení startovní polohy.

Budeme tedy měřit vyrobené teplo, pomocí výkonu za určitý čas. Změříme hodnoty tepla v pevné poloze optimálně nastavené a poté je porovnáme s hodnotami naměřenými při natáčení. Současně zde bude umístěn fotovoltaický článek, aby společně s akumulátory napájel zařízení.

Vzhledem k tomu, že v zimních měsících toto měření nelze provádět, do zařízení bude začleněna elektrická topná spirála, aby se dal simulovat ohřev vody, a aby se mohl zkoumat vliv proudu tekoucím spirálou na ohřev. Tento aspekt zařízení se dá využít pro fyzikální pokusy.

Stejně tak bude možné monitorovat stav řídicího obvodu pomocí vizualizačního panelu a panelových digitálních měřicích přístrojů, aby se dala vysvětlit jeho funkce na konkrétních obvodech veličinách a signálech. Tohoto lze taktéž využít pro ukázkou aplikací elektroniky a automatizace do značných podrobností.

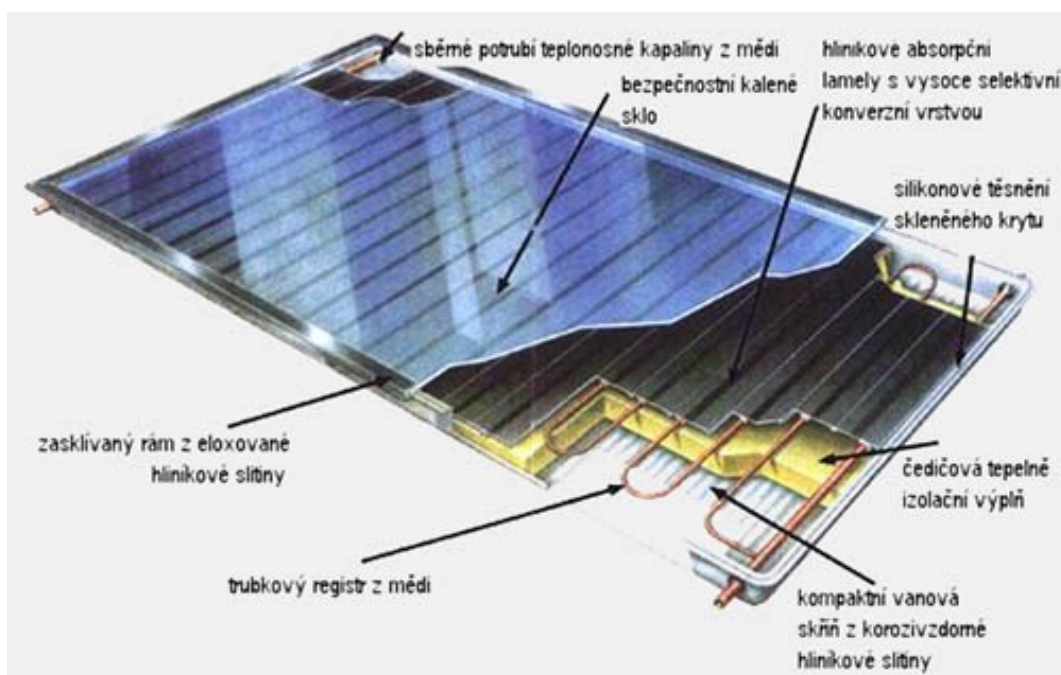
### 3. Solární kolektory

Sluneční kolektor pracuje na principu skleníkového efektu. Teplo se zachytává pod skleněným (nebo jiným průsvitným) krytem v absorbéru, který se ohřívá a odevzdává teplo, teplotonosnému médiu, které může být voda, vzduch, olej, apod. Tmavá barva absorbéru odráží asi 10% dopadajícího slunečního záření. Některé kolektory bývají pokryty tzv. selektivním nátěrem, který zvyšuje absorpci tepla v kolektoru (snižuje úniky) a také je trvanlivější než běžná černá barva. Má také malou emisivitu v oblasti infračerveného záření. Absorbéry jsou obvykle vyráběny z mědi anebo hliníku. Měď je sice dražší než hliník, ale lépe vede teplo a méně koroduje. Jako izolace se většinou používá skleněná vata nebo různé formy PU, ale i vakuum. Rám absorbéru nebo celá vana je z hliníku, plastu, železa, ale může být i ze dřeva.

Všechny kolektory mají své uplatnění, nejvíc se však používají kapalinové kolektory, hlavně na ohřev teplé vody. Celoročně se dá pomocí slunečních kolektorů ušetřit až 80% nákladů na ohřev teplé vody a cca 30 - 40% nákladů na topení. Stále více se začínají kapalinové kolektory používat na ohřev vody v bazénech.

Ploché sluneční kolektory jsou velmi oblíbené pro svoji velkou absorpční plochu a příznivou cenu. Ploché sluneční kolektory ku ohřevu TUV, případně na ohřev bazénů. Jejich energetický zisk je zajímavý především v období od cca dubna do října.

Vakuové trubicové sluneční kolektory využívají jako tepelnou izolaci vakuum, vytvořené mezi dvěma skleněnými trubicemi. Na vnitřní trubici je nanášena vysoce selektivní absorpční vrstva. Vzniklé teplo se odvádí speciálními hliníkovými lamelami do měděných trubiček, ve kterých proudí ohřívající kapalina, nebo kapalina proudí přímo uvnitř skleněné trubky, která má na svém vnějším povrchu absorpční vrstvu. Tepelné ztráty trubicových kolektorů jsou díky tomu velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním záření (slunce za mrakem - difusní záření) anebo při extrémních teplotách (nízká teplota vzduchu a vysoká teplota ohřívající kapaliny). Jejich energetický zisk je zajímavý celoročně.



Obrázek 1- solární kolektor

## 4. Helianthus – inteligentní automatizovaný systém

### 4.1. Konstrukční provedení

Mechanismus jest z důvodu úspor financí sestaven z těžké masivní kostry, která tvoří torzo nejmenšího možného objemu pro umístění:

- vodní nádržky – tepelný výměník o objemu 3l
- teplotní průtokoměr
- uzávěrů vody
- topného tělesa – průtokový ohříváč
- propojovacích trubek a hadic
- motoru pro horizontální rotaci sol. Panelu
- elektronického bloku
- vizualizačního a ovládacího panelu.

Veškeré prvky, rozvádějící kapalinu jsou opatřeny dostatečnou izolací, minimalizující úbytek tepla. Tato izolace také zajišťuje oddělení aktivních prvků od torza, na němž jest připevněn pozinkový plášť s popisky jednotlivých ovládacích prvků. Část opláštění jsouce zhotovena z průhledného plexiskla, které umožňuje okamžitou vizuální kontrolu zařízení.

Motor horizontální rotace je propojen s hlavním ložiskem, které je součástí kostry a jehož úkolem je přenesení rotačního momentu z motoru na kostru solárního kolektoru. Tato kostra má zaimponovaný mechanismus pro horizontální naklápění, který jsme z důvodu minimální hmotnosti oproti solárnímu kolektoru nemuseli umístit do torza přístroje.

Teplotní průtokoměr se sestává z těla s digitálním displejem a implementovaným teplotním čidlem a ze samostatného teplotního čidla. Tělo měřáku je připojeno k výstupu chladné kapaliny z výměníku, aby se minimalizovaly ztráty na teple, a druhé externí miniaturní teplotní čidlo je umístěno v přívodu teplé kapaliny do výměníku.

Uzávěry vody jsou dvě mosazné šoupě umožňující připojovat a odpojovat solární kolektor a průtokový ohříváč.

Topné těleso je koncipováno v podobě průtokového ohříváče a dosahuje minimálně stejného výkonu jako solární kolektor.

Hadice jsou využity z důvodu snížení tepelné vodivosti a tudíž snížení vyzářených ztrát do okolí.

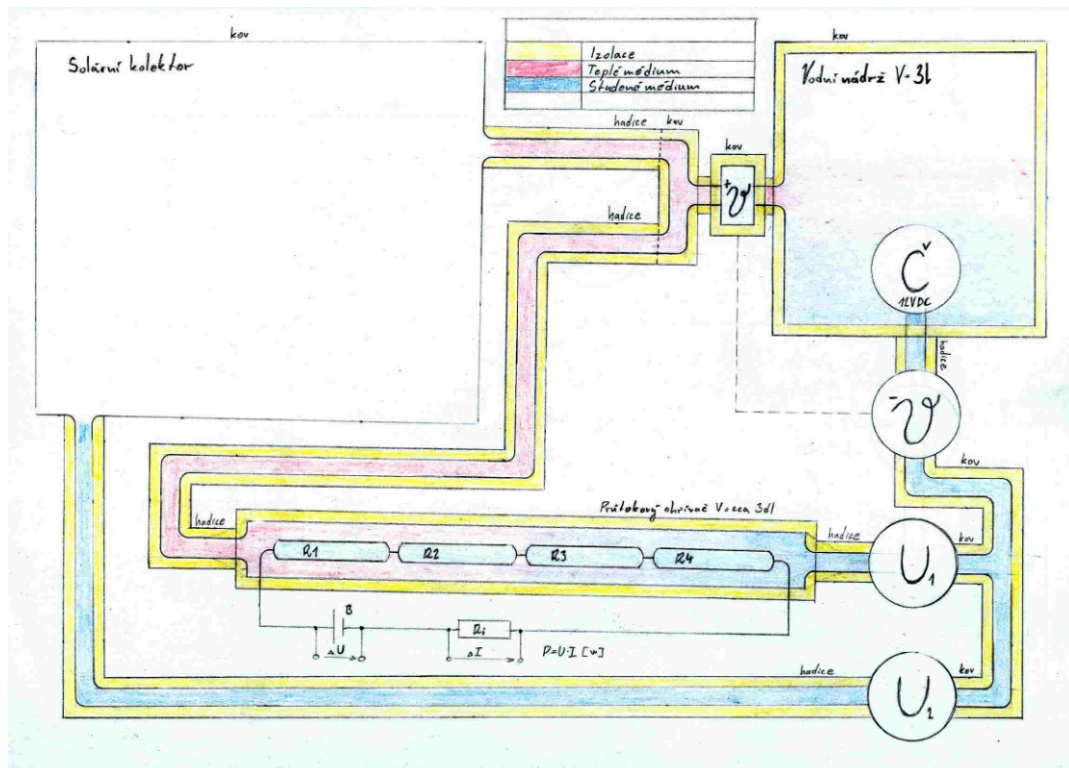
Elektronický blok je zkonstruován stavebnicově, tudíž se dá velmi snadno obměňovat. Jednotlivé části elektronického bloku jsou umístěny na sběrnici, jež umožňuje velmi snadné přivedení řídicích, akčních a měřících signálů.

Na vizualizačním a ovládacím panelu neboli na předním panelu jsou umístěny jak měřicí přístroje, tak ovládací prvky, umožňující správné nastavení zařízení. Nezbytnou součástí je také přívod elektrické energie, jelikož v laboratorních podmínkách se zařízení nestihá dobíjet.

Solární kolektor je vyroben z odizolovaného pláště a černé hadice, uložené ve spirále, což je ideální rozmístění pro využití veškeré plochy panelu. Vstup i výstup kapaliny je zajištěn průchodkami, které zároveň umožňují odpojení solárního kolektoru od zařízení v případě údržby či oprav. Objemová kapacita tohoto panelu je 3,5l.

## 4.2. Oběh média

Jako médium je použita voda kombinovaná s chladicí kapalinou do počítačového vodního chlazení.



Obrázek 2 – oběh média

### Kolektorový oběh

Cirkulace tepelného média je zajišťována maloobjemovým ponorným čerpadélkem s možností řízení průtoku, umístěným v tepelném výměníku. Kapalina je čerpadélkem hnána přes teplotní průtokoměr a dále se dostává ke dvojici kohoutů, které jsou přepínačem mezi oběhy. Externí hadicí dále proudí do kolektoru, kde přijímá tepelnou solární energii. Z kolektoru vtéká další hadicí přímo do vstupu výměníku, v němž je implantované druhé teplotní čidlo.

### Oběh topného tělesa

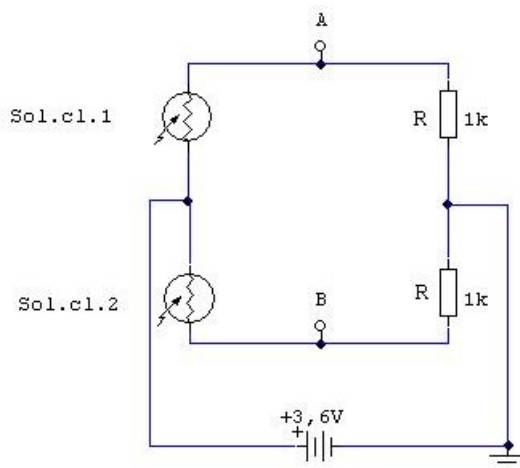
Je možno zapnout jedním z dvojice kohoutů a místo do kolektoru začne kapalina proudit do průtokového ohřívače, tvořeného sadami výkonových rezistorů, jimiž můžeme regulovat výkon topného tělesa.

Oba dva oběhy mohou běžet současně, nebo si můžeme vybrat, který z oběhů bude aktivní.

Z důvodu bezpečnosti je osazen výměník přetlakovým ventilem.

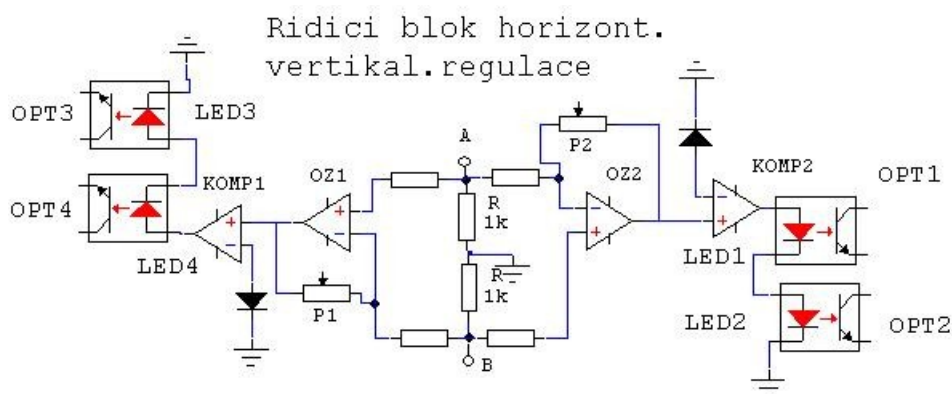
### 4.3. Elektronické provedení

Nejprve je nutné nějakým způsobem změřit úhel odchýlení od slunce. To jsme zajistili měřícím můstkem, složeným ze dvou fotorezistorů a dvou přesných rezistorů. Fotorezistory jsou umístěny do poloviny stran panelu proti sobě, a porovnává se světlo, které na ně dopadá. Ve chvíli, kdy je panel natočený kolmo, měřící můstek je vyvážený a regulační odchyška je nulová. Jakmile je ale panel od slunce odchýlen, na výstupu měřícího můstku vzniká regulační odchyška, kterou zpracuje řídicí obvod.



Obrázek 3 – měřící můstek

Řídicí obvod je složen z operačních zesilovačů, které upraví hodnotu regulační odchyšky, a komparátorů, které poté vysílají akční signál. Pravděpodobně však bude vhodnější popsat činnost obvodu než vysvětlovat jeho princip.

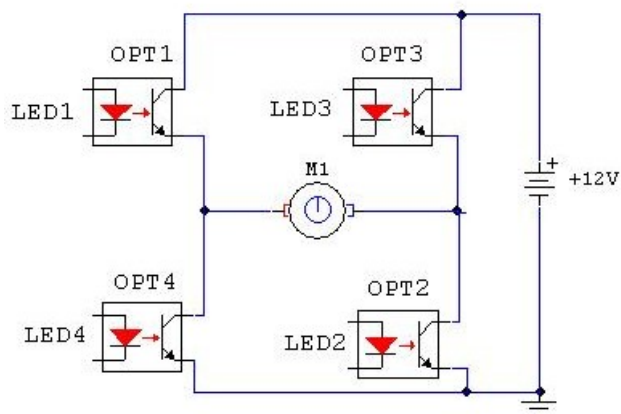


Obrázek 4 řídicí obvod

Jakmile se na měřícím můstku objeví regulační odchyška, řídicí obvod ji zpracuje. Hodnota regulační odchyšky určuje úhel natočení oproti optimálnímu stavu, a její polarita směr natočení. Pokud přesáhne nastavené povolené pásmo nepřesnosti, začne vysílat akční signál, který roztočí motory požadovaným směrem, čímž dojde k postupnému snižování regulační odchyšky. Jakmile regulační odchyška zanikne úplně, řídicí obvod přestane vysílat akční signál, motory se zastaví a opět nastane vyvážený stav.

Řídicí obvod může vysílat dva akční signály. Akční signál, přivedený na diody LED1 a LED2 způsobí otevření fototranzistorů a roztočení motoru doprava, zatímco akční signál

přivedený na diody LED3 a LED4 začne motor roztáčet doleva. Použitím těchto optotranzistorů se současně galvanicky oddělil řídicí obvod od možných rušení z motorů. Funkce řídicího obvodu současně vylučuje možnost přivedení obou akčních signálů, což znamená vysokou spolehlivost tohoto zařízení.



Obrázek 5 komutace motoru

Vzhledem k tomu že zařízení je určeno pro měřicí účely, je nutné správně nastavit jeho startovní polohu. Proto je také vybaveno ručním ovládním pro nastavení startovní polohy. Páčkovými třípolohovými přepínači se nastaví horizontální i vertikální natočení, a ve chvíli, kdy se přepne z ručního režimu na režim automatický, řídicí obvod buď zjistí že je regulační odchylka v povoleném pásmu nepřesnosti, v případě že není zajistí nápravu.

Vizualizační panel pak zobrazuje veškeré signály v podobě světelných indikátorů a panelových měřících přístrojů.

#### 4.4. Využití zařízení

Jak již bylo řečeno, zařízení je nejvíce využitelné pro měřicí a výukové účely, je zde tedy značný prostor pro užití při výuce fyziky, elektroniky, automatizace a environmentální výchovy.

Ve fyzikálních laboratořích se dá zkoumat vliv úhlu odchýlení od optimální polohy, stejně tak se dá měřit teplo a tepelná účinnost zařízení pomocí topné spirály a proudu, který spirálou poteče.

Tím vzniká značné množství úloh pro měření, například:

$$Q = E \cdot \sin \alpha + Q_0$$

$Q_0$  je teplo přijaté z okolí (počáteční teplota),  $E$  je energie dopadající na kolektor a  $\sin \alpha$  udává koeficient poklesu výkonu při úhlové odchylce  $\alpha$ . Je možné měřit prakticky cokoliv z tohoto vzorce.

$$Q_p / P_p = Q_s / P_s$$

$Q_p$  je teplo z kolektoru,  $P_p$  je výkon kolektoru,  $Q_s$  je teplo z topné spirály,  $P_s$  elektrický výkon spirály. Tímto způsobem je možné měřit výkon kolektoru při daném osvětlení,



porovnává se teplo z kolektoru s teplem z topné spirály za stejný čas, elektrický výkon spirály pak určuje výkon kolektoru.

Lze samozřejmě řešit i mnoho dalších fyzikálních experimentů.

Odborná pracoviště automatizace pak ocení ukázkou činnosti řídicího systému a regulačního obvodu pro nespojitou regulaci, a vzhledem k tomu že je řídicí obvod sestavený z diskretních součástí, je to i přínos pro laboratoře elektroniky.

## 5. Zhodnocení

Náš měřicí přípravek tedy simuluje rozvod teplé užitkové vody po domě a její ohřev.

Nicméně, toto zařízení má největší využitelnost pro nově vznikající obory. Už dnes má široká veřejnost poměrně značné znalosti, týkající se obnovitelných zdrojů energie, a o tyto technologie je dosti velký zájem. Důkazem toho jsou vznikající a prosperující firmy, které zpracovávají posudek, zda se na ten či onen dům vyplatí aplikovat fotovoltaické články či solární kolektory.

Při konstrukci zařízení se nám podařilo navázat kontakt se společností zabývající se přílehlým oborem. Její pracovníci byly obeznámeni o co se pokoušíme a s radostí se stali našimi sponzory a zapůjčili nám už několikrát zmiňovaný teplotní průtokoměr, díky němuž jsme se s vervou pustili do práce. Ředitel průmyslovky nám propůjčil k dispozici vhodnou dílnu, kde můžeme pracovat na tomto oproti slunečnici velmi složitém zařízení pracovat.

Tímto odvětvím by se mohl zabývat nový učební obor, pro kterýžto by byl náš měřicí přípravek značným přínosem, pokud zjistíme, že se vyplatí tuto technologii aplikovat.

Věříme v aplikovatelnost tohoto přípravku, že i když naše měření prokáže, že není efektivní kolektory rozhýbat (o čemž všichni členové týmu pochybují) už jen to, že jsme prokázali zvýšení účinnosti fotovoltaického článku je dobrý výsledek. Většina členů týmu po těchto zkušenostech silně uvažuje nad tím, že by si na střechu pořídili fotovoltaický článek, sluneční kolektor a oboje rozhýbali.

### 5.1. Anketa

Zeptali jsme se 36 studentů střední průmyslové školy na následující 3 otázky:

1. Vyplatí se dle tebe investovat do obnovitelných zdrojů energie?
  - a) Ano 34x
  - b) Ne 2x
2. Víš co je to sluneční kolektor?
  - a) Ano 17x
  - b) Ne 19x
3. Platil bys více za zelenou energii? (Energie získávána s minimálním poškozením životního prostředí)
  - a) Kolik? 2x
  - b) Ano 12x
  - c) Ne 22x

Z ankety je zřejmé, že skoro polovina dotázaných má velmi malé znalosti v oboru environmentální výchovy, i tak by byli rádi, kdyby někdo investoval do záchrany naší planety a dokonce by 1/3 dotázaných ráda osobně přispěla.

## **6. Zdroje**

<http://www.iexpos.cz/slunecni-kolektory/>

<http://www.vrsinsky.cz/voda-topeni/>

<http://www.heliostar.cz/slunecni-kolektory.php>

<http://www.archiweb.cz/salon.php?type=10&action=show&id=1205>