

Využitie slnečných pecí na hvezdárni v Rožňave

J. Lörinčík st., Gemerské osvetové stredisko, úsek astronómie, Rožňava, lorincik@gos.sk

Abstrakt

Cieľom štúdie je posterová prezentácia technického riešenia a didaktického postupu využitia dvoch solárnych pecí z prístrojového parku hvezdárne v Rožňave. Sériou obrázkov s popisom je vysvetlený princíp solárnej pece a na príklade najväčšej solárnej pece vo francúzskom Odeillo je vysvetlené aj technické riešenie. Tabuľkou a grafom sú prezentované výsledky pomerných meraní tepelného výkonu rýchlovarnej kanvice a väčšej (\varnothing 150 cm) z dvoch solárnych pecí. Zaradené sú ukážky využitia solárnej energie počas školských exkurzií v rámci Európskych solárnych dní 2011-2013 na hvezdárni v Rožňave v porovnaní s ukázkami pracovného postupu výroby solárnej pece v doposiaľ jedinej zistenej Základnej škole v Jedľových Kostolčanoch, okres Zlaté Moravce.

1. ÚVOD

Prvé zmienky o astronomickej činnosti v rožňavskom regióne spadajú do polovice 20. storočia, kedy klub astronómov pri Baníckom múzeu v Rožňave stavia svoj prvý ďalekohľad. V roku 1966 pri príležitosti masového verejného pozorovania čiastočného zatmenia Slnka získava klub už vo vlastných priestoroch štatút odborného – popularizátorskej organizácie. Vzniká hvezdáreň Uránia, ktorá po vzore hustej siete vtedajších ľudových hvezdární, hľadania vlastného programu, budovania prístrojovej bázy, pod rôznym vedením, názvom a statusom prežíva až do dnešných dní.

2. CIEĽ A METÓDA

Odborné zameranie hvezdárne prešlo cestu od astronómie meteorickej, stelárnej či rádiovkej, aby sa nakoniec našlo v astronómii solárnej. Tú reprezentuje mnohoročný rad kresieb slnečnej fotosféry v rámci koordinovaných programov, rádioastronomický program „SID monitor“, vodorovné a equatorálne slnečné hodiny, slnečný ďalekohľad Coronado, no hlavne monumentálne a návštevníkmi hvezdárne vyhľadávané slnečné pece (obr.1) od českého výrobcu z druhej polovice 20. storočia.

Malá slnečná pec s priemerom 60 cm a ohniskovou vzdialenosťou 25 cm je umiestnená na betónovom podstavci na paralaktickej montáži bez pohonu. Pec sa do pracovnej polohy nastavuje ručne podľa okamžitej polohy Slnka.

Veľká slnečná pec s priemerom 150 cm a ohniskovou vzdialenosťou 75 cm vzhľadom na svoju hmotnosť presahujúcou 100 kg spočíva na dvoch masívnych trojnožkách na východo-západnom vodorovnom otáčavom čapovom uložení, teda nie je schopná pohybu do strán.



Obr. 1. Veľká (v popredí) a malá slnečná pec

Tomuto technickému obmedzeniu sa prispôbil pracovný harmonogram pece, a tak minimalizoval nedostatky jednoduchej montáže. Zatiaľ čo malá pec môže byť v prevádzke kedykoľvek počas slnečného dňa, veľká pec najúčinnejšie sleduje Slnko v azimute ± 2 hodiny od meridiánu, keď sa uhol sklonu roviny rámu zrkadla s vodorovnou rovinou nastaví podľa ročnej doby.

Obidve pece sú v čase mimo prevádzky z bezpečnostných dôvodov opatrené uzamykateľnými krytmi.

2.1. Princíp činnosti

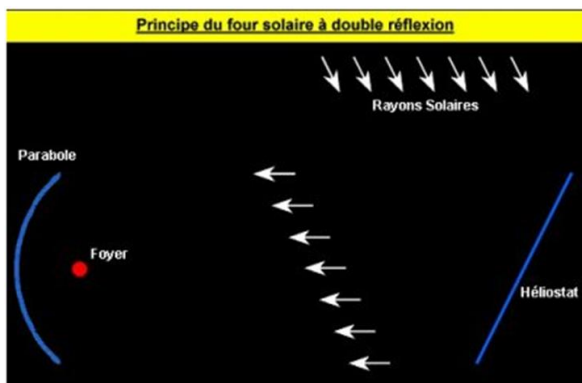
Najväčšie svetové slnečné pece sú najnákladnejšie termálne energetické zariadenia svojho druhu. Nákladnými ich robia bezpečnostné opatrenia, systémy navádzania za Slnkom a dopravná infraštruktúra. Stavajú sa na miestach s aspoň 200 slnečnými dňami v roku a v nadmorskej výške s nižším výskytom atmosférickej vlhkosti.

K nám najbližším zariadením tohto druhu je pec pri Odeillo vo francúzskych Pyrenejách (obr.2), ako súčasť *Centre national de la recherche scientifique*.



Obr.2. *Slnčná pec pri francúzskom Odeillo*

Bola postavená v roku 1969 a dodnes je využívaná k výskumu materiálov pri extrémnom zahriatí. Do ohniska býva sústredených asi 1,1 MW žiarenia Slnka, čo pri teplote asi 3800°C predstavuje súčasný teplotný metalurgický strop. Bez ohľadu na veľkosť či využitie pecí, všetky pracujú na fokusácii slnečného žiarenia pomocou dutého zrkadla (obr.3).



Obr. 3. *Princíp činnosti slnečnej pece*

Na posúdenie účinnosti pece slúži tzv. faktor koncentrácie, čo je bezrozmerné číslo udávajúce pomer plochy všetkých navádzaných heliostatov vrhajúci žiarenie na hlavné duté zrkadlo k ploche obrazu Slnka v ohnisku. V prípade pece v Odeillo je pri ploche ohniska 625 cm² udávaný faktor asi 20000 po zohľadnení absorpcie a difrakcie. Udávaný teoretický faktor má hodnotu okolo 37700. Hlavné zrkadlo s plochou 2000 m² je segmentové a parabolické v zmysle vtedajších konštruktérskych možností. Uvedené skutočnosti boli využité pri pokuse o určenie výkonu väčšej z dvojice pecí, ďalej ako SF 2 (solar furnace) na hviezdárni v Rožňave, čo okrem predstavenia ich využitia bolo jedným z cieľov štúdie.

2.2. Meranie a spracovanie výsledkov

V snahe o porovnanie s francúzskym zariadením, s vedomím hrubej aproximácie a s využitím matematických metód základnej a strednej školy sme zvolili jednoduchú kalorimetrickú metódu určenia výkonu pece SF 2. Spočívala v priamom porovnaní smerníc priamok ako grafov funkčných závislostí čas – objem pri ohreve rovnakých množstiev vody do bodu varu v rýchlovarnej kanvici a v ohnisku pece SF 2, (obr. 4). Predpokladali sme smernicu priamky ako mieru výkonu teplotného zariadenia.

Pomôcky:

1. plastová rýchlovarná kanvica ETA, 1,7 litra, nominálny príkon 1850 W,
2. odmerný valec, stopky, teplomer do 100°C
3. závesný systém pre pec SF 2,
4. čajník hliníkový s efektívnym objemom do 1,8 litra.

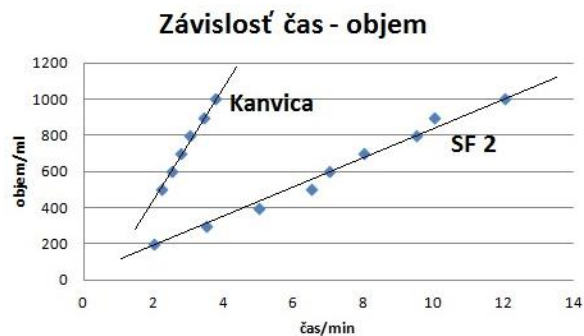


Obr.4. *Usporiadanie experimentu v ohnisku SF 2*

Postup práce:

1. zistenie funkčnej závislosti čas – objem v rýchlovarnej kanvici ETA s rozličnými množstvami vody,
2. zistenie funkčnej závislosti čas – objem v ohnisku pece SF 2 s rozličnými množstvami vody,
3. porovnanie smerníc získaných grafov.

Z nameraných hodnôt sme zostrojili dva grafy:



Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke:

Meranie času varu vody		
Objem	kanvica	čas SF 2
[ml]	[min]	[min]
200	-	2
300	-	3,5
400	-	5
500	2,2	6,5
600	2,5	7
700	2,75	8
800	3	9,5
900	3,42	10
1000	3,75	12

PC programom Excel boli stanovené rovnice trendových čiar:

$$1. \text{ kanvica } \dots\dots y = 323x - 198$$

$$2. \text{ pece SF 2 } \dots y = 85x + 3$$

Ak nominálny príkon kanvice (1850 W) stotožníme so smernicou prvého grafu, potom smernica druhého grafu nám približne udáva neupravený výkon pece SF 2 ($P \approx 500 \text{ W}$) pri ohreve čajníka s vodou. Na jeho úpravu použijeme koeficient šumu k pece podľa Odeillo. Ten získame ako pomer oboch faktorov koncentrácie ($k = 377/200 = 1,885$). Takto upravený výkon P pece SF 2 má hodnotu okolo 940 Watov.

2.3. Diskusia k výsledkom

Zatiaľ čo kalorimetrické merania v rýchlovarnej kanvici viedli k jednoznačným záverom ovplyvnených len malými chybami, celkom iná situácia sprevádzala merania okolo SF 2. Faktor koncentrácie sa ukazoval byť asi 23 x menší (v našej situácii teda horší) než v Odeillo. Príčinu sme hľadali v konštrukcii zrkadla pece SF 2, ktoré je monolitné, sklenené, s nanosenou vrstvou ortuťového amalgámu.

Navyše o stupni parabolizácii zrkadla sú pochybnosti. Tento optický systém so zadnou reflexnou plochou trpel zjavnými chybami, pre ktoré sa faktor plošnej koncentrácie žiarenia dal určiť len orientačne.

Svojou dávkou chýb prispel aj rad rušivých meteorologických faktorov, aj keď vlastný proces merania pece prebehol počas slnečného dňa za takmer rovnakých podmienok od začiatku až do konca. Meniaci sa smer a rýchlosť vetra, malé zmeny vlhkosti aj teploty okolitého vzduchu mali bližšie neurčený vplyv na hliníkové neizolované teleso čajníka. Okamžik dosiahnutia teploty varu vody sa podľa možnosti závesného systému dali na teplomere odčítať len s veľkou relatívnou chybou.

Berúc do úvahy všetky uvedené skutočnosti, výkon pece SF 2 (presnejšie príkon čajníka v ohnisku pece) predbežne zhora ohraničujeme hodnotou $P \approx 1 \text{ kW}$.

3. VYUŽITIE PECÍ

Slnečné pece na hvezdárni v Rožňave sa využívajú k účelom prezentačným (výchovnovzdelávacím a didaktickým) a odborným. Na prezentačné účely sa pece využívajú ako v denných, tak aj v nočných hodinách. Počas slnečných dní sú to hlavne denné školské exkurzie s ukázkami práce pecí podľa dohody, alebo tematické exkurzie pravidelne počas tzv. Európskych solárnych dní – ESD (obr.5).



Obr. 5. Opekanie chleba v peci SF 2 počas EDS

Tieto kampane sa v mesiaci máj konajú pod záštitou Slovenskej agentúry pre obnoviteľné zdroje energie. Zapájajú sa do nich hvezdárne, školy, rôzne energetické inštitúcie, neziskové organizácie i jednotlivci, ktorí rôznymi formami propagujú využívanie slnečnej energie v jej rôznych podobách, čím zvyšujú všeobecnú informovanosť.

Denné odborné využitie pecí je okrem energetických pokusov o tzv. bleskový ohrev vody, doménu technologických experimentov z hutníctva farebných kovov, dokumentované obrázkami 6 až 8.



Obr. 6. Príprava zliatiny olova na tavbu v peci SF 2

Pri pokuse s ľahkotavitelnými kovmi (olovo, cín a ich zliatiny), bolo 100 gramov tlačiarenskej zliatiny tzv. písmenkového olova v ocelevej lyžici roztavené asi za jednu minútu. Bronzy a zliatiny hliníka ohrevu odolali.



Obr. 7. Tavba zliatiny olova v ohnisku pece SF 2



Obr. 8. Zlievanie taveniny do vody

Nočné využitie slnečných pecí, objavu ktorého dopomohla náhoda pri rutínnej údržbe, bolo príjemným prekvapením. V ohniskovej rovine pece otočenej do horizontálnej polohy (obr. 9), sa zobrazuje obloha nad pecou. Ak sa pozorovateľ zohne nad rám pece (a nespadne do nej) s hlavou medzi ohniskovú rovinu a zrkadliacu plochu, stane sa svedkom ilúzie: okolo seba vidí 3D obraz oblohy, s hlavou sa pohybuje medzi hviezdami.



Obr. 9. Príprava pece SF 2 na večerné pozorovanie

Z hľadiska geometrickej optiky sa jedná o efekt zrkadlovej lupy. Prezentácia 3D vesmíru pecou SF 2 sa stala obľúbenou atrakciou počas večerných verejných pozorovaní na hviezdárni.

Zážitková solárna gastronómia v rôznych podobách sa teší najväčšej obľube počas denných prezentácií pecí a zväčša tvorí prirodzený záver programu exkurzií. Prekvapeným účastníkom sa servírujú grilované údeniny, opečený chlieb a zalieva sa solárny čaj alebo káva, obr. 10 až 12.



Obr. 10. Opekanie v ohnisku pece SF 1



Obr. 11. Servírovanie pečenej klobásy z pece SF 1



Obr. 12. Zalievanie solárneho čaju pred pecou SF 1

4. ZÁVER

Počas obzvlášť prudkých búrok v lete 2014 bola pec SF 2 vážne poškodená, preto je v druhej polovici roka v celkovej rekonštrukcii. Kým sa tak stane, je tu priestor na podrobnejšie štúdium meteorologických fenoménov v lokalite hvezdárne, ba aj na oživenie tradície meteorologických meraní.

Obnovená pec na plánovanej azimutálnej montáži, s odborným poradenstvom in situ, bude magnetom pre záujemcov o ekologickú a nesporne zdraviu prospešnejšiu solárnu gastronómiu, či záujemcov o podobné solárne energetické systémy.

Propagácia využívania solárnej energie už dávno nie je len doménou hvezdární, kde ako huby po daždi rastú prezentačné komplexy, obvykle vo forme terás, náučných chodníkov, informačných panelov, funkčných modelov, či tvorivých dielní. Prebiehajúca školská reforma vniesla do školských zariadení všetkého druhu prvky projektového vzdelávania, ktoré prináša svoje ovocie aj vo sfére obnoviteľných zdrojov energie. Tak s minimálnymi nákladmi a plánovaným maximálnym didaktickým využitím žiacke kolektívy pod odborným vedením budujú na školách rôzne ekologické expozície. Príkladom je Základná škola v Jedľových Kostolánoch, okres Zlaté Moravce (obr. 13),



Obr. 13. *Slničná pec v Jedľových Kostolánoch*

kde malými zrkadielkami polepený vyradený parabolický tanier satelitnej antény sa stal úspešnou vyučovacou pomôckou a inšpiráciou pre celú generáciu.

Pretože raz vidieť je lepšie ako stokrát počuť. Táto stará pravda je pre tvorivého jedinca rovnako nevyčerpatelná ako samotná slnečná energia.

LITERATÚRA

Haring V.: 1981, A potom spútame slnečné lúče, SUH Hurbanovo
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_furnace
<http://zsjedlovekostolany.edupage.sk/album/>