

# Sluneční koróna během zatmění Slunce v roce 2009

E. Marková, Hvězdárna v Úpici, markova@obsupice.cz

M. Druckmüller, VUT Brno, druckmuller@fme.vutbr.cz

L. Krivský, Hvězdárna v Úpici, krivsky@obsupice.cz

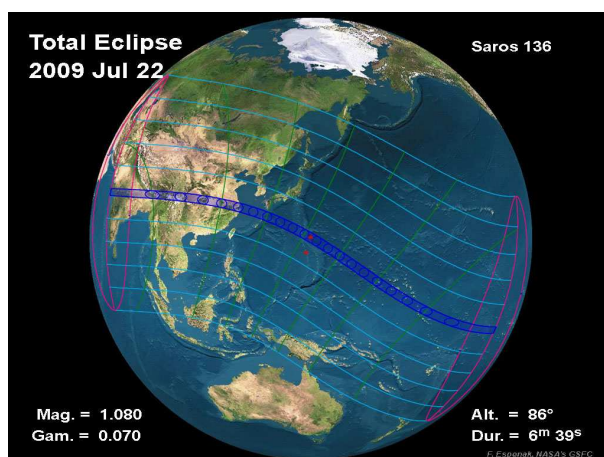
M. Bělík, Hvězdárna v Úpici, belik@obsupice.cz

## Abstrakt

Práce je zaměřena na prvotní zpracování pozorování úplného zatmění Slunce 22. července 2009. V rámci projektu „Shadow-tracking expedition“ bylo organizováno několik expedic za pozorováním tohoto jevu. Bohužel, špatné počasí zabránilo úspěšnému pozorování v oblasti Číny. Ze snímků pořízených na atolu Enewetak na Marshallových ostrovech bylo provedeno předběžné zpracování. Z průběhu izofot bylo zjištěno zploštění koróny a ze zpracovaných obrazů jemné struktury byl určen parametr zvaný „poloměr zdrojové plochy“, sloužící zejména k výpočtům modelů magnetického pole v koróně. Oba tyto parametry doplňují data získaná během předchozích zatmění a jsou vyvozeny první závěry o stavu koróny v době zatmění.

## 1. ÚVOD

Úplné zatmění Slunce 22. července 2009 bylo pozorovatelné z oblasti jižní a jihovýchodní Asie a Tichého oceánu (obr.1.). V rámci projektu „Shadow tracking expedition“ bylo v pásu totality rozmístěno několik pozorovacích expedic s cílem zachytit průběh zatmění v co největší délce pásu totality. Cílem těchto vzájemně vzdálených pozorování je studium dynamických jevů ve sluneční atmosféře.



Obr. č. 1. Průběh pásu pozorovatelnosti úplného zatmění Slunce 22. července 2009 (Eclipse Predictions by Fred Espenak, NASA/GSFC).

## 2. POZOROVACÍ STANOVIŠTĚ

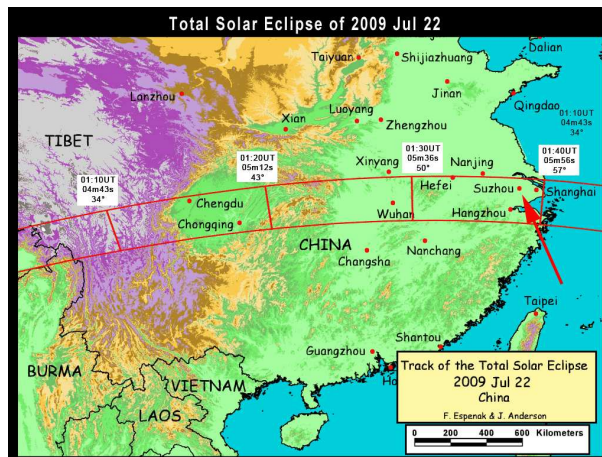
Pro pozorování byla vybrána dvě pozorovací místa, na kterých bylo plánováno realizovat stejné, nebo velmi podobné experimenty. Úplná fáze na atolu Enewetak nastala téměř 2 hodiny po okamžiku totality v Suzhou. To by umožnilo velmi kvalitní studium koronálních struktur a jejich případných změn.

### 2.1. Suzhou, Čína

Místem prvního pozorovacího stanoviště bylo vybráno město Suzhou v Číně. Zde byli pozorovatelé z Hvězdárny v Úpici, AsÚ AVČR, v.v.i. Ondřejov a VUT Brno.

Experimenty plánované a připravované pro toto pozorovací místo byly voleny tak, aby bylo možno snadno po zpracování snímků porovnávat obrazy koróny pořízené na obou pozorovacích místech s cílem zachytit dynamiku koróny.

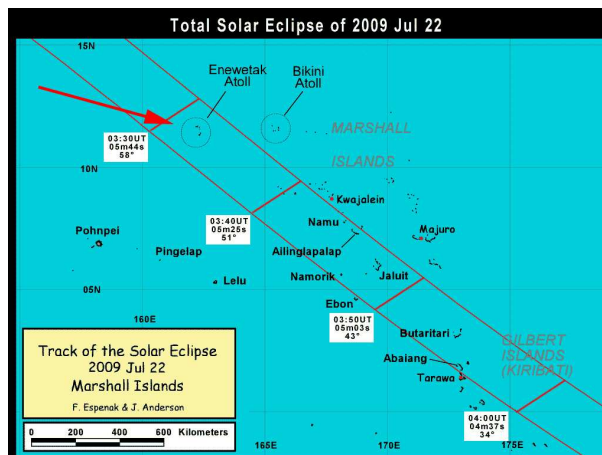
Bohužel, pro nepřízeň počasí nebylo možno experimenty na tomto stanovišti realizovat, neboť během úplné fáze zatmění byla obloha zcela zatažena a velmi silně přšelo.



Obr. č. 2. Pozorovací stanoviště Suzhou (označeno červenou šipkou) (Eclipse Predictions by Fred Espenak, NASA/GSFC).

## 2.2. Atol Enewetak, Marshallovy ostrovy

Druhé pozorovací místo bylo umístěno na atolu Enewetak v Marshallových ostrovech. Zde Pozorovatelé z VUT Brno, AÚ SAV Tatranská Lomnica a další zde pozorovali v rámci mezinárodní expedice organizované Shadiou Habbal z Institute for Astronomy, University of Hawaii. Ani zde nebyly po část totality meteorologické podmínky příznivé. Po větší část totality však bylo možno pořizovat kvalitní záběry koróny.



Obr. č. 3. Pozorovací stanoviště Enewetak (označeno červenou šipkou) (Eclipse Predictions by Fred Espenak, NASA/GSFC).

Souřadnice pozorovacího místa byly  $N 11^{\circ} 21,546''$ ,  $E 162^{\circ} 20,827''$ , 3 m n.m. 2. kontakt zde nastal 03:28:39 UT, 3. kontakt v 03:34:20 UT. Úplná fáze trvala 5 m 41 s. Atol se nacházel téměř přesně ve středu pásu totality.

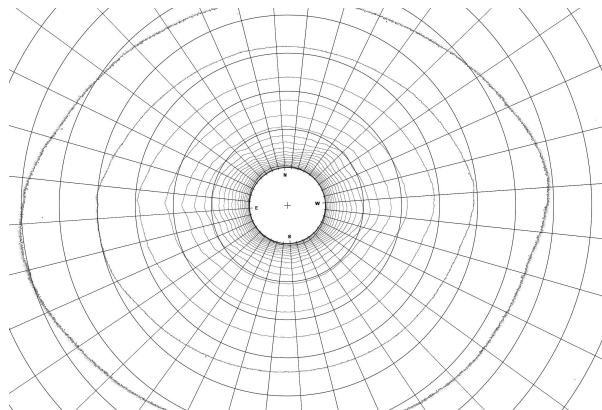
## 3. ZPRACOVÁNÍ A PRVNÍ VÝSLEDKY

Vzhledem ke špatnému počasí na pozorovacím stanovišti v Suzhou bylo možno realizovat pozorování pouze na atolu Enewetak. z jednotlivých snímků pořízených různými objektivy a fotoaparáty byly pořízeny výsledné kompozice, ukazující velké množství jemných detailů ve sluneční koróně. Podrobný popis jednotlivých experimentů realizovaných na tomto pozorovacím stanovišti spolu s podrobným popisem jednotlivých snímků a kompozic lze nalézt na <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/Ecl2009e/0-info.htm>. Ze surových kalibrovaných snímků byly určeny izofoty relativních intenzit. Z jejich tvaru bylo určeno zploštění koróny podle Ludendorfa (Ludendorf, 1928). Její hodnota byla určena na  $\epsilon = 0,14$ . Tato hodnota je ve velmi dobrém souhlasu se vzestupnou fází cyklu sluneční aktivity, což je ovšem poněkud v rozporu s velmi slabými projevy jejích ostatních projevů. Například relativní číslo slunečních skvrn bylo pro období +/- 15 dní ode dne

totality pouze 0,36, pro období +/- 180 dní bylo 3,1 (<http://sidc.oma.be/sunspot-data/dailyssn.php>). Zdá se tedy, že neobvykle dlouhé období slunečního minima neovlivnilo výrazně změnu tvaru sluneční koróny.

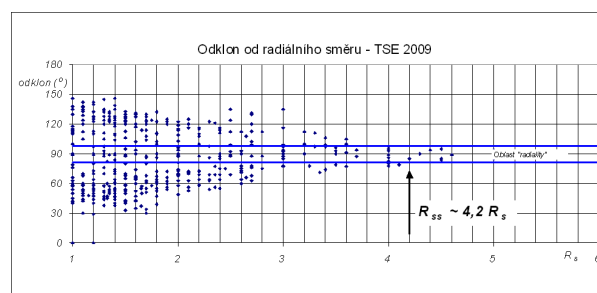


Obr. č. 4. Sluneční koróna pořízená na atolu Enewetak. Kompozice 9 snímků z objektivu Canon 200mm 1:2.8 L II (Canon EOS 5D Hutech Ia) a 38 snímků z Maksutov-Cassegrain 3M-6A, 6.3/500 mm (Canon EOS 5D).



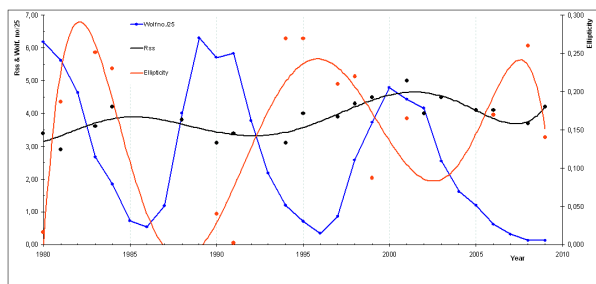
Obr. č. 5. Průběh izofot pro zatmění 2009.

Dalším krokem ve zpracování napozorovaných dat bylo určení poloměru zdrojové plochy  $R_{ss}$ . Ta představuje vzdálenost od Slunce, od které považujeme struktury koróny za radiální, tedy s odklonem od radiálního směru menším než +/-  $10^\circ$  (Bělík a kol., 2006).



Obr. č. 6. Odklon koronálních paprsků od radiálního směru (radiální směr  $\sim 90^\circ$ ).

Měřením, které bylo provedeno do vzdálenosti  $4,8 R_s$ , byla zjištěna hodnota  $R_{ss} \sim 4,2 R_s$ . Zjištěné hodnoty zploštění i poloměru zdrojové plochy byly použity pro doplnění jejich časové závislosti na cyklu sluneční aktivity.



Obr. č. 6. Závislost  $R_{ss}$ , relativního čísla slunečních skvrn a zploštění koróny na čase. Pro lepší přehlednost grafu jsou hodnoty relativního čísla děleny 25).

Ukazuje se, že poloměr zdrojové plochy není konstantní, nýbrž vykazuje časovou změnu. Případnou periodicitu a amplitudu této změny není možno zatím spolehlivě zjistit.

#### 4. ZÁVĚR

Pozorování úplného zatmění Slunce v roce 2009, realizované v rámci projektu „Shadow-tracking expedition“ byla díky nepřízní počasí úspěšná pouze částečně. Přesto bylo možno pořídit kvalitní snímky sluneční koróny různými pozorovacími technikami a přístroji. Již předběžné zpracování ukazuje výtečnou kvalitu získaných dat. Základním zpracováním byly určeny některé charakteristiky sluneční koróny jako celku – její zploštění a odklony paprsků od radiálního směru – poloměr zdrojové plochy. Tyto údaje budou použity v dalších fázích výzkumu, například pro modelování magnetických polí ve sluneční atmosféře.

Vzhledem k tomu, že máme pozorování pouze z jednoho místa a tedy není možno studovat dynamiku koróny, snažíme se v současné době domluvit spolupráci s dalšími pozorovateli, kteří toto zatmění úspěšně pozorovali na jiných místech pásu totality.

#### Poděkování

Práce byla částečně realizována za finanční podpory grantu 205/09/1469 Grantové Agentury České Republiky. Další poděkování patří sponzorům Astelco Systems GmbH (Munich), Kayser-Threde (Munich), SL-Rasch (Stuttgart), Canon (Germany), KN-Studioteknik (Munich), Optaglio (Prague) stejně jako Max-Planck Institute for Gravitational Physics, Dr. Ursule Hill-Samelson a Zdeněku Andráškoví. Linuxový software Multican (Linux Fedora), použitý pro řízení fotoaparátů byl vytvořen Jindřichem Novým.

#### LITERATURA

- Bělík, M., Ambrož, P., Eva Marková, E.: Contribution to modeling of coronal magnetic field; Proc. of the 11th European Solar Physics Meeting: The Dynamic Challenges for Theory and Observations, Leuven, 11 - 16 September 2005, ESA, SP-600, 2006  
 Ludendorff, M.: 1928, Sitz. Ber. Preuss. Akad. Berlin, 16, 185