

Úplné zatmění Slunce 3. listopadu 2013

M. Bělík, Hvězdárna v Úpici, Úpice, belik@suh.sk, Česká republika

M. Druckmüller, VUT Brno, Brno, Česká republika

C. Emmanouilidis, amatérský astronom, Řecko

P. Horálek, Hvězdárna v Úpici, Úpice, Česká republika

J. Sládeček, amatérský astronom, Česká republika

P. Štarha, VUT Brno, Brno, Česká republika

K. Molnár, amatérský astronom, Slovenská republika

S. Habbal, University of Hawaii, Honolulu, HI, USA

Abstrakt

Toto úplné zatmění Slunce bylo pozorováno několika skupinami koordinovanými Miloslavem Druckmüllerem 3. listopadu 2013 v Ugandě, Keni a Gabunu. Díky velmi podobnému úhlovému průměru jak Slunce tak Měsíce byla úplná fáze tohoto zatmění velmi krátká. Na druhé straně tyto geometrické podmínky umožnily lépe než obvykle pozorovat jevy ve sluneční chromosféře a vnitřní i vnější koróně. Takové unikátní pozorování nám umožňuje studovat dynamické jevy ve sluneční atmosféře velmi precizně. V tomto příspěvku ukazujeme první výsledky pozorování a zpracování získaných dat.

1. ÚVOD

Úplné zatmění Slunce, pozorované pozemskými přístroji za využití moderní fotografické a výpočetní techniky, umožňuje získat během tohoto krátkého jevu velké množství informací a dat dynamiky (Bělík a Druckmüllerová, 2012). Tato data pak slouží pro studium i velmi jemných struktur ve sluneční koróně, včetně jejich (Bělík a kol., 2013). Výhodou je, což platí v extrémní míře u zatmění krátkých, kdy je úhlový rozměr Měsíce na obloze jen o málo větší rozměr Slunce, že můžeme velmi dobře sledovat i napojení koronálních struktur na dění v nižších vrstvách. Naopak, širokoúhlé snímky pořízené při těchto pozorováních umožňují studovat vlastnosti sluneční koróny do velkých vzdáleností od slunečního povrchu.

Zatmění Slunce v roce 2013 patřilo svou délkou k těm krátkým, slibujících velmi kvalitní výsledky.

2. POZOROVACÍ MÍSTA

Zatmění Slunce 3. listopadu 2013, označované díky svému charakteru jako hybridní, bylo pozorovatelné zejména z oblasti Tichého oceánu a Afriky (obr.1). V rámci programů „MMV“ (Mathematical Methods of Visualization of Solar Corona) a „Shadow tracking expedition“, koordinovaných M. Druckmüllerem a H. Druckmüllerovou (<http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/index.htm>) bylo uspořádáno několik expedic do pozorovacích míst, dostatečně od sebe vzdálených. Pozorování na více místech umožňuje jednak ve větší míře eliminovat případnou nepřízeň počasí, jednak, a to zejména, umožňuje pořídit data ve větším časovém rozsahu. Tato data pak slouží ke studiu dynamiky sluneční atmosféry.

Hybrid Solar Eclipse of 2013 Nov 03

Geocentric Conjunction = 12:38:46.1 UT J.D. = 2456600.026923

Greatest Eclipse = 12:46:28.3 UT J.D. = 2456600.032272

Eclipse Magnitude = 1.0159 Gamma = 0.3273

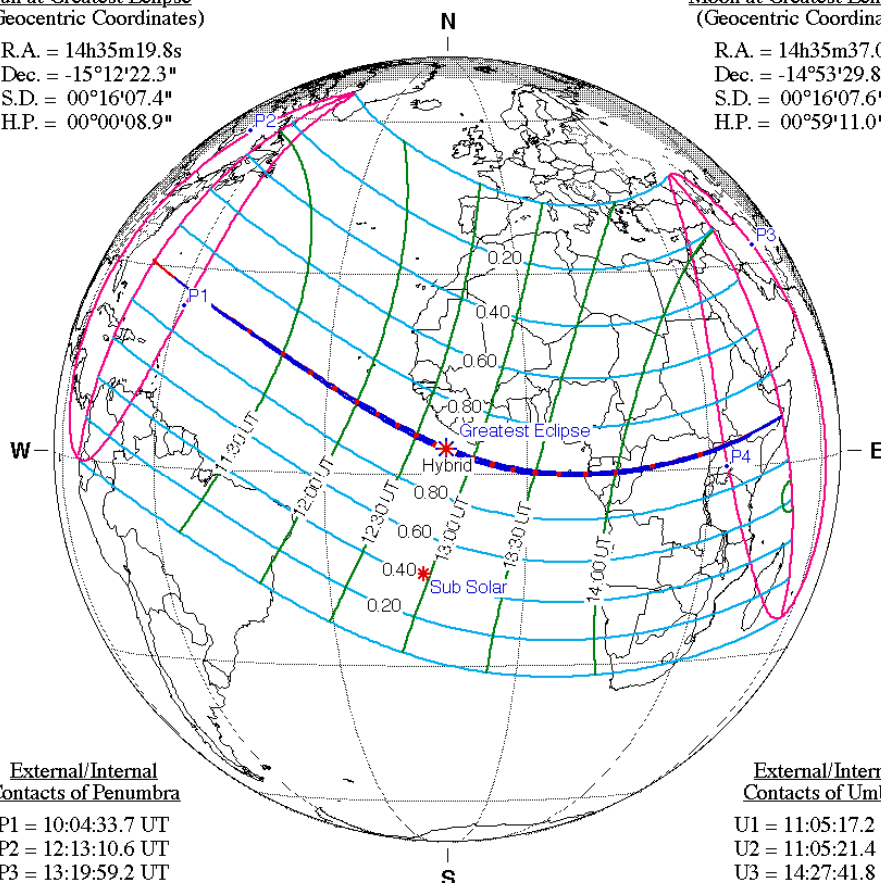
Saros Series = 143 Member = 23 of 72

Sun at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 14h35m19.8s
Dec. = -15°12'22.3"
S.D. = 00°16'07.4"
H.P. = 00°00'08.9"

Moon at Greatest Eclipse (Geocentric Coordinates)

R.A. = 14h35m37.0s
Dec. = -14°53'29.8"
S.D. = 00°16'07.6"
H.P. = 00°59'11.0"



External/Internal Contacts of Penumbra

P1 = 10:04:33.7 UT
P2 = 12:13:10.6 UT
P3 = 13:19:59.2 UT
P4 = 15:28:21.0 UT

Ephemeris & Constants

Eph. = Newcomb/ILE
 $\Delta T = 70.4$ s
k1 = 0.2724880
k2 = 0.2722810
 $\Delta b = 0.0''$ $\Delta l = 0.0''$

Local Circumstances at Greatest Eclipse

Lat. = 03°30.1'N Sun Alt. = 70.9°
Long. = 011°41.5'W Sun Azm. = 192.0°
Path Width = 57.5 km Duration = 01m39.6s

External/Internal Contacts of Umbra

U1 = 11:05:17.2 UT
U2 = 11:05:21.4 UT
U3 = 14:27:41.8 UT
U4 = 14:27:42.5 UT

Geocentric Libration (Optical + Physical)

l = -4.22°
b = -0.39°
c = 19.55°

Brown Lun. No. = 1124



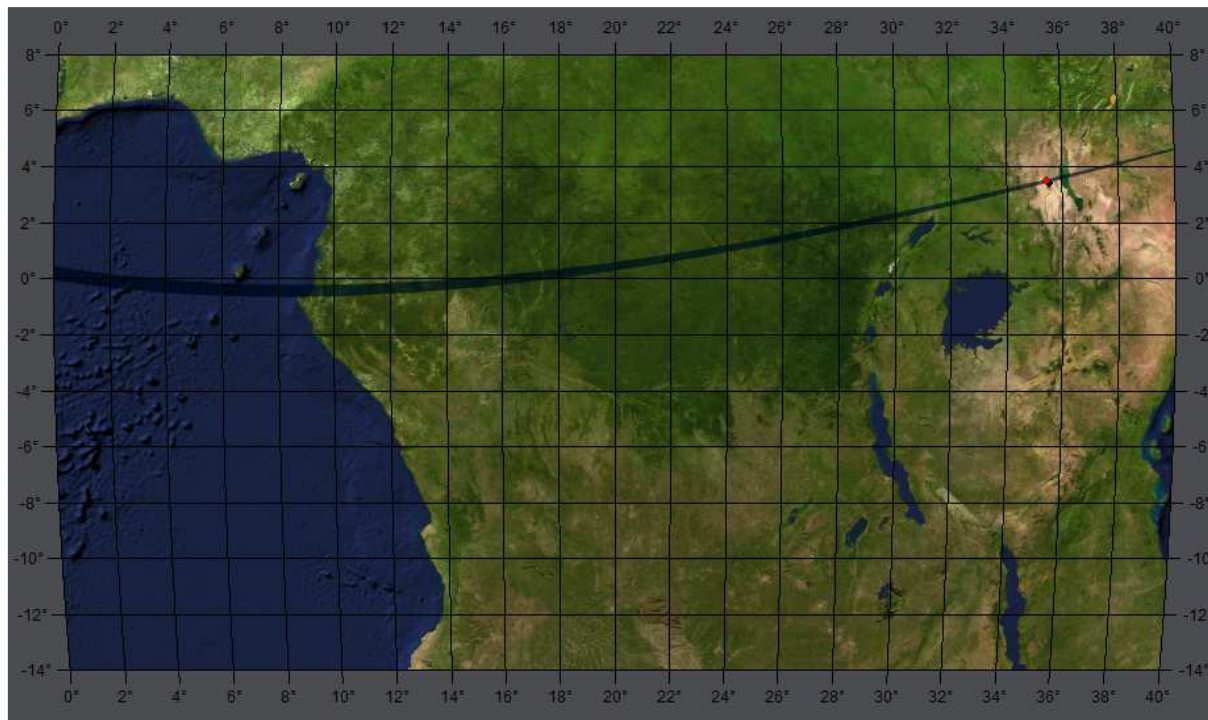
F. Espenak, NASA's GSFC - Fri, Jul 2,
sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

Obr. č. 1. Průběh pozorovatelnosti hybridního zatmění Slunce 3.11.2013 (F. Espenak, NASA's GSFC)

Gabon

Časově první pozorovací místo bylo lokalizováno do afrického státu Gabon, přibližně 50 km od města Lambarene (S 0° 22' 47", E 10° 20' 43", alt. 78 m), kde zatmění pozoroval Constantinos Emmanoulidis z Řecka (obr.2). Výška Slunce nad obzorem byla v době pozorování 45°. Pro získání snímků byly využity dalekohledy Takahashi FSQ106N a Takahashi FS60C ve spojení s fotoaparátů Nikon D7100 a modifikovaný Canon 350D.

Pozorování proběhlo za jasné oblohy. Druhý kontakt zde nastal ve 13:52:40 UT, třetí ve 13:53:45 UT a zatmění trvalo 65 s. Podrobnosti o expozičních dobách, citlivostech a dalších detailech pozorování je možno nalézt na <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/Ecl2013g/0-info.htm>.



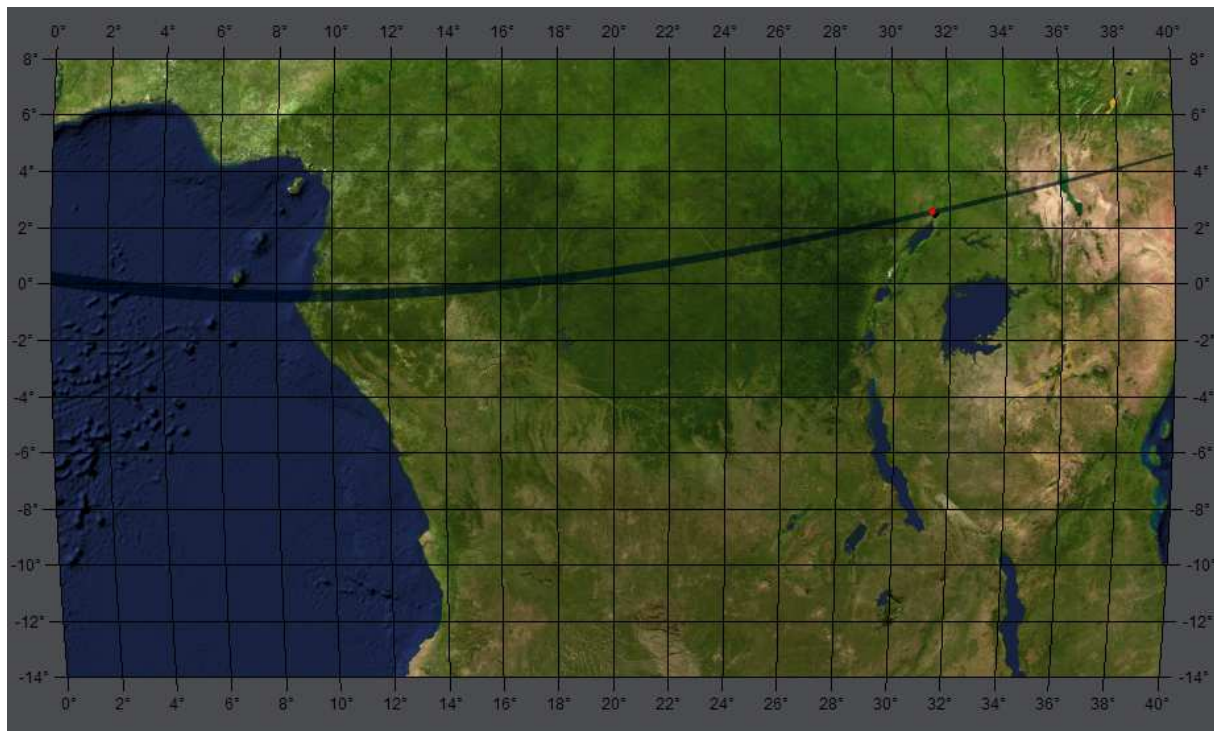
Obr. č. 2. Pozorovací místo - Gabon

Uganda

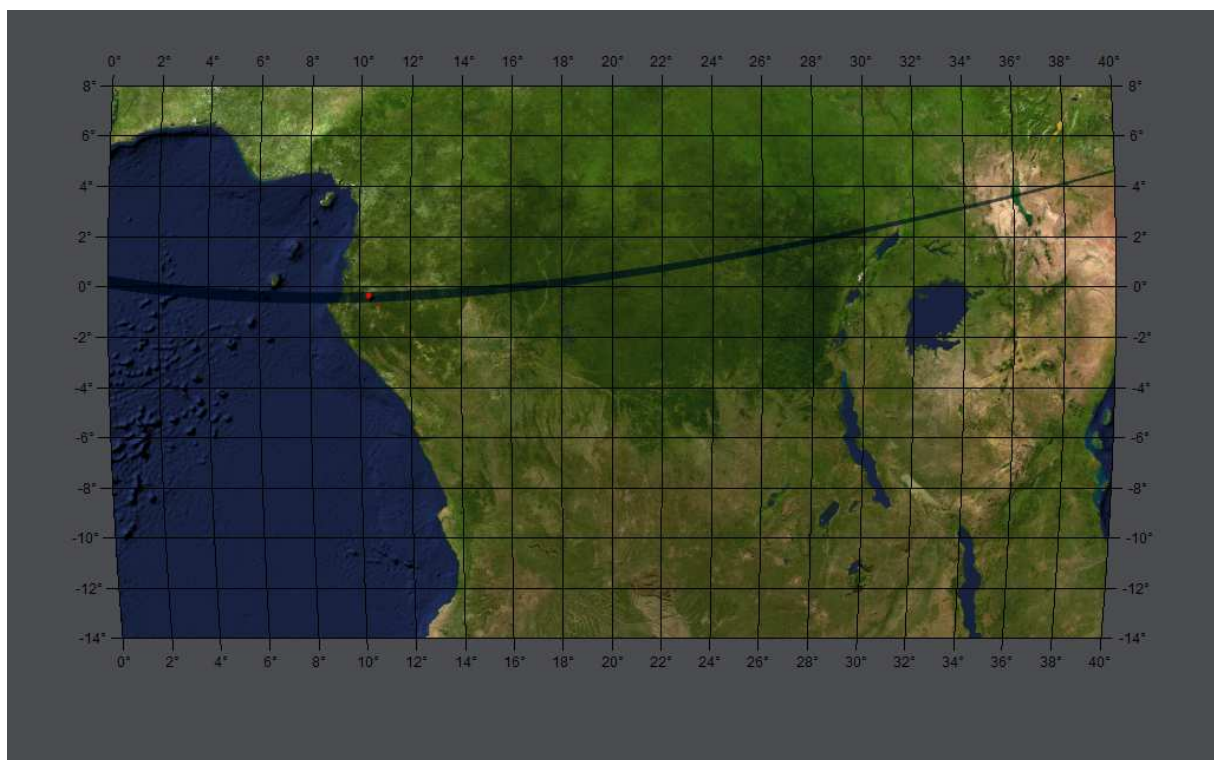
Dalším pozorovacím místem byla vesnice Pokwero (N 2° 33' 21.24", E 31° 23' 59.10", Alt. 640 m) v Ugandě, kde zatmění pozorovali Petr Horálek a Jan Sládeček z České republiky (obr.3). Pro pozorování byly využity dalekohledy Rubinar 10/1000mm a 3M-5CA 8/500mm a fotoaparáty Canon EOS 6D a Canon 350D. Toto pozorování bylo mírně ovlivněno velmi jemnou vysokou oblačností. Druhý kontakt zde nastal ve 14:22:18 UT, třetí ve 14:22:37 UT a zatmění trvalo 19 s. Podrobnosti o expozičních dobách a dalších detailech pozorování na <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/Ecl2013u/0-info.htm>.

Keňa

Poslední zde popisované pozorovací místo se nacházelo poblíž jezera Turkana (E 35° 26.779', N 3° 29.701', Alt. 565 m), kde bylo zatmění pozorováno skupinou ve složení: Shadia Habbal (Institute for Astronomy, University of Hawaii), Peter Aniol (Germany, Astelco), Martin Dietzel (Germany), Adalbert Ding (Germany), Judd Johnson (USA). Pozorování bylo ovlivněno částečnou oblačností. Druhý kontakt zde nastal ve 14:24:46 UT, třetí ve 14:24:56 UT a zatmění trvalo 10 s (obr.4). Byly použity dalekohledy (1) MTO 10/1000 mm, 3M-5CA 8/500 mm, 3M-65CA 6.3/500 mm a Sky-Watcher MAK 90mm/1250 mm a fotoaparáty Canon EOS 5D Mark II a Canon EOS 3000 N. Podrobnosti o expozičních dobách a dalších detailech pozorování na <http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/Eclipse/Ecl2013k/0-info.htm>.



Obr. č. 3. Pozorovací místo – Uganda



Obr. č. 4. Pozorovací místo – Keňa

3. NAPOZOROVANÁ DATA

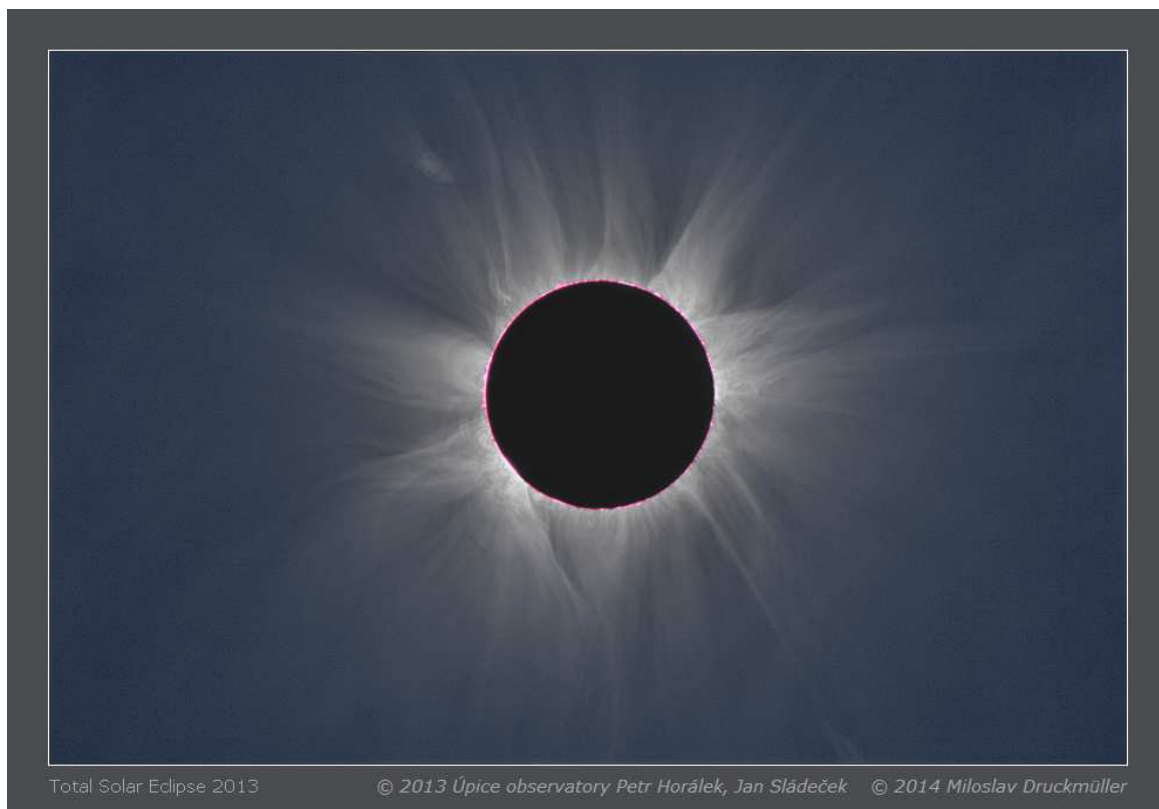
Na všech pozorovacích místech byly získány snímky vnitřní i vnější sluneční koróny a chromosféry. Tyto obrazy byly doplněny o korekční snímky – flat field, dark frame, correction frame a bias. O tato korekční data byly opraveny surové snímky a vytvořeny obrazy, zvyrazňující pozorované detaily.

Takto zpracované snímky sluneční koróny jsou nyní zpracovávány a slouží zejména pro určení tvaru sluneční koróny, zjištění poloměru zdrojové plochy a především pro studium dynamiky jemných koronálních struktur (Bělík a kol., 2013).

Již předběžné zpracování napozorovaných dat, zejména z pozorovacího místa v Gabonu ukazuje, že sluneční koróna byla v době zatmění velmi komplikovaná. Vykazovala velké množství útvarů, které ukazují na velmi zajímavou magnetickou situaci a na velkou dynamiku. Naštěstí jsou pro tato studia použitelné snímky pořízené za méně příznivých pozorovacích podmínek, byť s jistou dávkou opatrnosti.



Obr. č. 5. Pozorovací místo – Gabon



Obr. č. 6. Pozorovací místo – Uganda

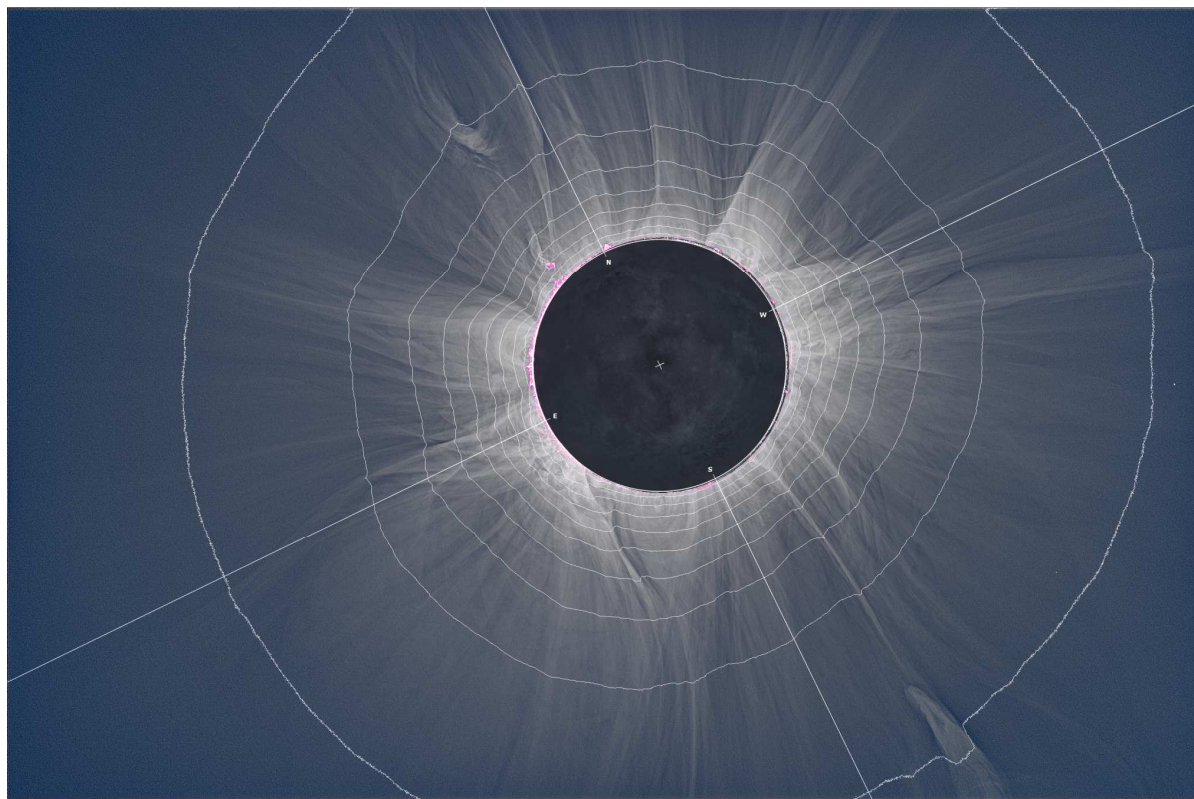


Obr. č. 7. Sluneční koróna - Keňa

4. PRVNÍ VÝSLEDKY

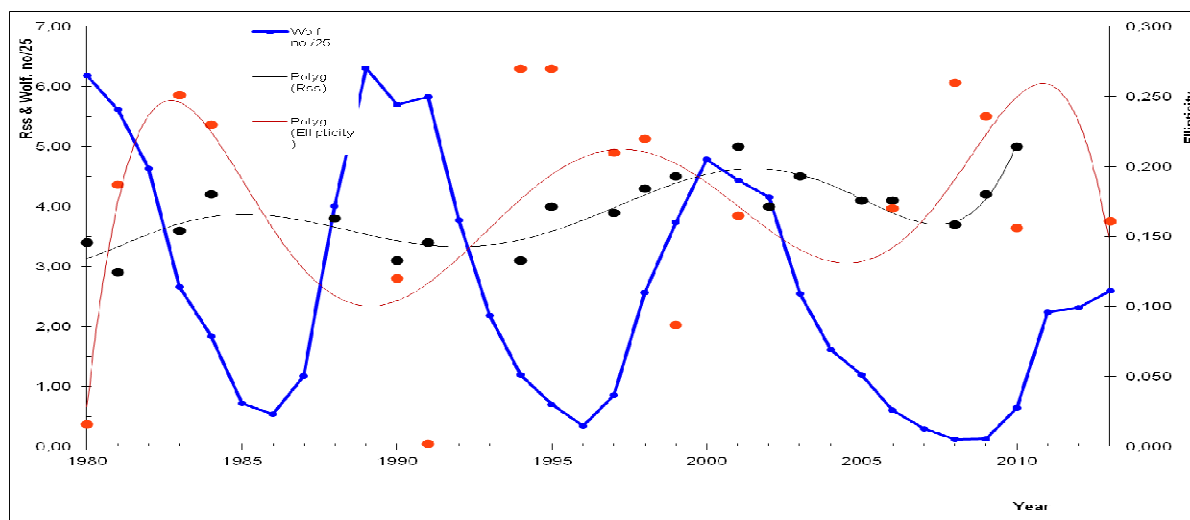
Vzhledem ke krátké době, která uplynula od vlastního pozorování a komplikovanému zpracování velkého množství dat jsou v současné době k dispozici pouze první a předběžné výsledky.

Jako první jsme se zaměřili na určení izofot – čar spojujících místa se stejnou intenzitou jasu na snímku (obr. 8).



Obr. č. 8. Izofoty určené z obrazu sluneční koróny z Gabonu

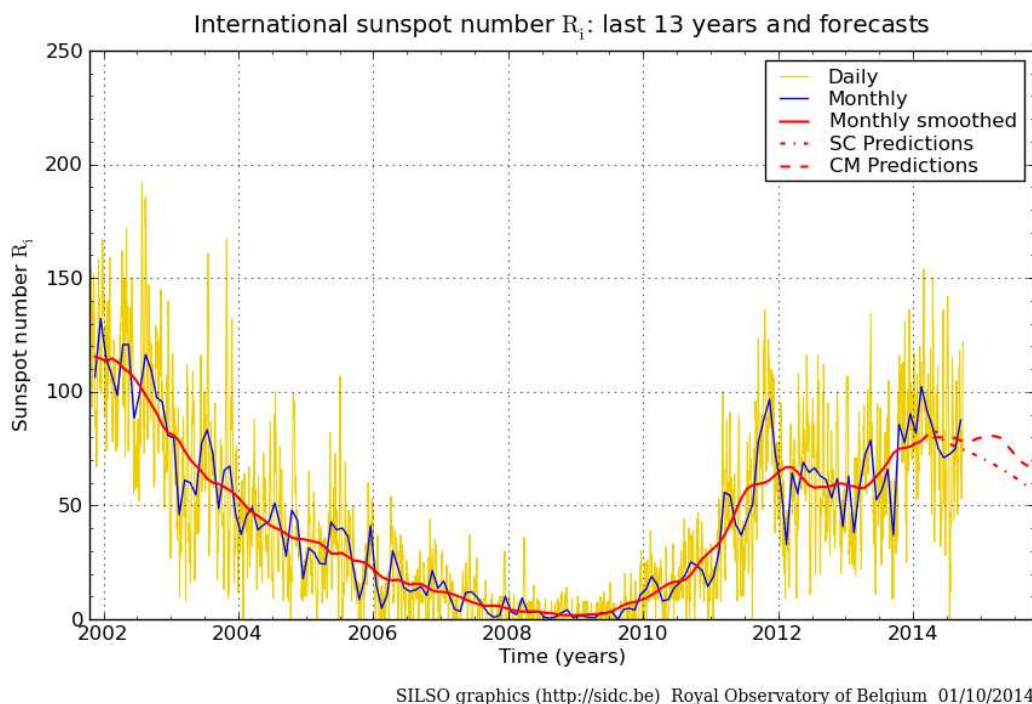
Z průběhu izofot se numericky určí zploštění koróny, které charakterizuje její tvar. Tato veličina se mění během cyklu sluneční aktivity, existuje však několik různých vysvětlení tohoto jevu (např. Bělík a kol., 2004). Hodnota zploštění koróny pro zatmění 3.11.2013 byla určena na $e = 0,161$. Průběh zploštění sluneční koróny ve vztahu k průběhu Wolfova čísla slunečních skvrn a hodnot poloměru zdrojové plochy (Bělík a kol., 2008) během posledních slunečních cyklů ukazuje obrázek 9.



Obr. č. 9. Průběh zploštění koróny, Wolfova čísla a poloměru zdrojové plochy od roku 1980

5. ZÁVĚR

Úplné zatmění Slunce 3.11.2013 proběhlo během vzestupné fáze slunečního cyklu, poblíž maxima (obr. 10). Podle našeho očekávání by hodnota zploštění (viz. kapitola 4) měla být o něco nižší, ukazuje se však, že vzhledem k průběhu hodnot Wolfova čísla a zploštění (obr. 9) je možno očekávat i vyšší hodnotu než předpokládanou. Obr. 9 ukazuje, že hodnota zploštění je vyšší při nižší aktivitě (vyšší Wolfovo číslo během maxima). Tato úvaha se ovšem zakládá pouze na průběhu jednotlivých veličin od roku 1980 a vyžaduje další výzkum.



Obr. č. 9. Průběh počtu slunečních skvrn během posledního minima a maxima sluneční činnosti (<http://sidc.be>, Royal Observatory of Belgium)

V současné době se naše pozornost při zpracování dat z pozorování úplného zatmění Slunce 3.11.2013 soustřeďuje jednak na ověření hodnoty zploštění, pro což bude z nejkvalitnějších snímků (Gabon) pořízen průběh izofot s jemnějším krokem intenzit.

Dalším krokem bude určení hodnoty poloměru zdrojové plochy, jež je jedním z parametrů pro výpočet magnetického pole ve sluneční atmosféře (Bělík a kol., 2008).

V současnosti jsou snímky připravovány pro nejdůležitější část našeho studia, určení dynamiky jemných struktur. V první řadě bude pozornost zaměřena na polární oblasti a polární paprsky. Díky dobré viditelnosti nízkých částí polárních oblastí (chromosféra) doufáme, že se nám podaří lépe než během předchozích zatmění určit vztah mezi polárními paprsky a zdroji jejich aktivity. Pozornost však bude věnována též dalším strukturám během zatmění pozorovaných.

LITERATURA

- Bělík, M., Ambrož, P., Marková, E.: 2008, Development of Source Surface Radius during Solar Cycles, 12th European Solar Physics Meeting, Freiburg, Germany, held September, 8-12, 2008, online at <http://espm.kis.uni-freiburg.de>, 2.111, 12, 111
- Bělík, M., Marková, E., Rušin, V., Mínavý, M.: 2004, Time-latitude Development of the White-light Coronal Structures over a Solar Cycle; *Solar Phys.*, 224, 269
- Bělík, M., Druckmüllerová, H.: 2012, Visualization of Coronal Structures and Solar Physics, *Astronomical Data Analysis Software and Systems XXI. Proceedings of a Conference held at Marriott Rive Gauche Conference Center, Paris, France, 6-10 November, 2011.* ASP Conference Series, Vol. 461. Edited by P. Ballester, D. Egret, and N.P.F. Lorente. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2012., p.471
- Bělík, M., Barczynski, K.; Marková, E., 2013, *Solar Phys.* 284, 439