

# Variácie EUV žiarenia Slnka (26 – 34 nm)

I. Dorotovič, M. Lorenc a M. Rybanský, Slovenská ústredná hviezdáreň, 947 01 Hurbanovo; ivan.dorotovic @suh.sk

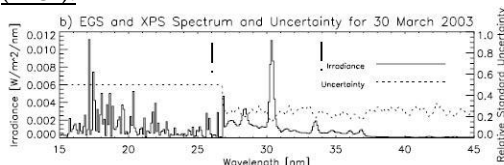
## Abstrakt.

Za EUV žiarenie Slnka považujeme žiarenie s rozsahom vlnových dĺžok od 10 do 100 nm. Sledovanie jeho variácií je zaujímavým z hľadiska jeho vplyvu na hornú atmosféru Zeme vo výškach 80 – 1000 km a aj s hľadiska dobrého indikátora úrovne slnečnej aktivity. Jeho intenzita počas cyklu slnečnej aktivity kolíše zhruba v rozsahu od  $1 \cdot 10^{-4}$  do  $10 \cdot 10^{-4}$  W/m<sup>2</sup>nm.

EUV žiarenie, merané družici SOHO používame na zostavovanie modifikovaného koronálneho indexu slnečnej aktivity, MCI (Lukáč a Rybanský, 2010). Od roku 2002 meria toto žiarenie aj družica TIMED. V príspevku upozorňujeme na problém dlhodobej stability týchto meraní. Využitie korelácie medzi úrovňou EUV žiarenia s koronálnym indexom, ktorý poznáme od roku 1939 na extrapoláciu časového radu EUV do minulosti môže byť cenným prínosom pre klimatologické štúdie.

## 1) Úvod

Žiarenie EUV v oblasti okolo 30 nm meria niekoľko prístrojov na družiciach SOHO, TIMED, SORCE, ISS, SDO a ešte niekoľkých ďalších. Ďalej sa budeme zaoberať dátami z prístrojov CELIAS/SOHO a EGS/TIMED, ktoré používame na konštrukciu modifikovaného koronálneho indexu slnečnej aktivity (MCI).



Obr. 1: Kombinované merania prístrojov EGS a XPS (TIMED) so vzorkovaním 0,1 nm.

(Hock, R.A. and Eparvier, F.G.: 2008,). Na prevzatom obrázku je naznačená oblasť 26 – 34 nm, v ktorej meria aj prístroj CELIAS/SOHO. Vidíme, že neistota meraní

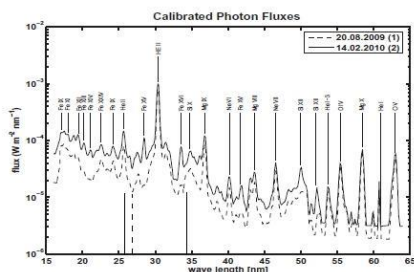


Fig. 7. EUV irradiance in original resolution from 16 to 58 nm at the minimum and local maximum of Fig. 3.

v niektorých úsekoch presahuje 100%.

Obr. 2 : Prevzatý obrázok 7 z článku Nikutovski et al. (2011). Je na ňom vidieť priebeh EUV spektra podľa merania prístroja SolACES na orbitálnej stanici ISS. Do obrázku sme naznačili úsek, v ktorom úroveň meria CELIAS/SOHO a EGS/TIMED (čiarkovane).

Pred érou kozmických pozorovaní sme mali určité informácie o tomto žiarení z pozemských pozorovaní zelenej koronálnej čiary. Predpokladalo sa totiž, že jej vznik má rovnakú príčinu ako vznik energetických EUV žiarení. Pravidelné štandardné pozorovania zelenej čiary boli od roku 1947 programovou súčasťou sledovania slnečnej aktivity. Z nich sme konštruovali „koronálny index slnečnej aktivity“ (CI); Rybanský (1975), Rybanský et al. (2005).

Jeho hodnoty do roku 2008 sú na:

[http://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-indices/solar\\_corona/coronal-index/](http://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-indices/solar_corona/coronal-index/)

Od roku 1996 meria EUV žiarenie koróny prístroj CELIAS na SOHO. Zistili sme, že údaje zo spektrofotometra CELIAS/SEM, ktorý meria úroveň žiarenia v rozsahu 26 – 34 nm každých 15 sekúnd dobre korelujú s CI (koeficient korelácie za obdobie 1996 – 2005 je  $r = 0,94$ ). Preto sme z týchto pozorovaní, pri postupnom obmedzovaní pozemských pozorovaní (a súčasnom rozširovaní kozmických aktivít v pozorovaní slnečnej aktivity) začali zostavovať „modifikovaný index slnečnej aktivity“ (MCI; Lukáč a Rybanský, 2010). MCI je totožný s CI do roku 1995 a od roku 1996 je odvodený z pozorovaní SEM/CELIAS/SOHO. Denné hodnoty sú dostupné na webovej stránke Slovenskej ústrednej hviezdárne (SÚH). V časti 2 krátko opakujeme postup ako sme získali reláciu medzi CI a meraním CELIAS. V časti 3 porovnávame údaje z družice TIMED, ktorá od roku 2002 meria v takmer rovnakom pásme EUV žiarenia Slnka ako CELIAS. V časti 4 sa zaoberáme posúdením presnosti meraní v tomto úseku spektra EUV žiarenia Slnka.

## 2) Koronálny index a SOHO/CELIAS/SEM

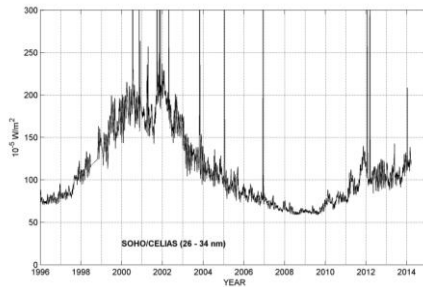
Prístroj SOHO/CELIAS/SEM (Solar Extreme Ultraviolet Monitor) je svojou ideou najbližšie k CI. Ide o mriežkový spektrometer na priehľad, ktorý pomocou hliníkových filtrov ohraničuje a následne meria celkový tok EUV žiarenia Slnka v rôznych pásmach s časovým rozlíšením 15 sekund. Pre porovnanie s CI sme vybrali denné priemery EUV toku v pásme 26 – 34 nm za celé obdobie spoločných pozorovaní: 1996 – 2005, čo je celkom 3653 dní. Údaje sú dostupné na :

[http://www.usc.edu/dept/space\\_science/semdatafolder/semdownload.htm](http://www.usc.edu/dept/space_science/semdatafolder/semdownload.htm)

Pred porovnávaním sme obidva časové rady, CI a rad meraní vo vybranom pásme, ktoré budeme nazývať CE upravili takto:

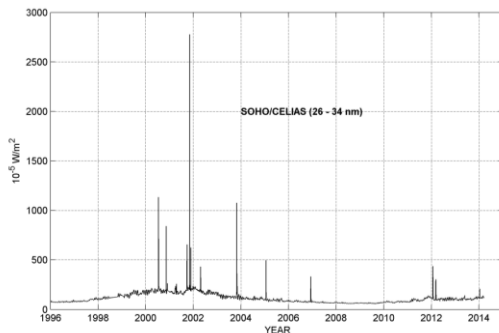
**CE** – vylúčili sme dni, kedy v danom období prístroj nepracoval (221 dní);

– vylúčili sme dni so silnými erupciami, kedy v niektorých prípadoch krátkodobý vzrast býva aj viac ako desaťnásobný; (pozri obr. 3 a 4);



Obr. 3 : Priebeh denných priemerných hodnôt CE za celé obdobie 1996 – 2013.

V priebehu pozorujeme impulzy, ktoré idú až mimo rozsah. Sú reálne, ale často ich nemôžeme spojiť so žiadnym prejavom slnečnej aktivity. Prepokladáme, že v týchto prípadoch ide buď slnečnú erupciu, alebo o prechod CME cez priestor družice. Dáta v takých dňoch sme upravili interpoláciou podľa susedných neporušených dní (pozri zoznam).



Obr. 4: Zvýraznené „záblesky“ v signále CE. Celý zoznam týchto udalostí je v dodatku.

**CI** – pre porovnanie sme vybrali iba tie dni, CI ktorých je určené najmenej z 9 reálnych meraní, t.j. z potrebných 13 meraní sú interpoláciou získané hodnoty maximálne za 4 dni.

Po týchto úpravách ostalo na porovnanie 1735 hodnôt. Obidva časové rady sme previedli na rovnaké jednotky:  $W/m^2$  vo vzdialenosti 1 AU. Pôvodne je CI udávané v tzv. koronálnych jednotkách, čo je žiarivý výkon na Slnku (teda vo vzdialenosti 1 AU)  $10^{26} W/ster.$  a CE je udávané v počte fotónov/cm<sup>2</sup> za sekundu vo vzdialenosti 1 AU. ( $CI [W/m^2] = 4,468 \cdot 10^{-7}$  kor. jedn.;  $CE [W/m^2] = 6,622 \cdot 10^{-14}$  fot./cm<sup>2</sup>.s).

Z odpovedajúcich dvojíc denných hodnôt bol v práci Lukáč a Rybanský (2010) odvodený aproximačný vzťah:

$$(1) \quad CI = 4,015 \cdot 10^{-6} \ln(CE) + 2,976 \cdot 10^{-5} [W/m^2]$$

Používame však jednoduchší, lineárny vzťah, s rovnakou strednou kvadratickou odchýlkou :

$$(2) \quad CI [\mu W/m^2] = 3600CE - 1,9 [W/m^2].$$

Pomocou posledného vzťahu sme určili MCI pre roky 1996 – 2001. Medzery v meraniach sme zaplnili pôvodnými hodnotami CI (zoznam).

## 3) Porovnanie meraní EGS/TIMED a CELIAS/SOHO.

V roku 2001 bola vypustená na kruhovú obežnú dráhu so sklonom 74,1° a výškou 625 km družica TIMED (Thermosphere, Ionosphere, Mesosphere, Energetics and Dynamics). Dva zo štyroch prístrojov družice merajú EUV žiarenie v rovnakom obore spektra ako CELIAS/SOHO.

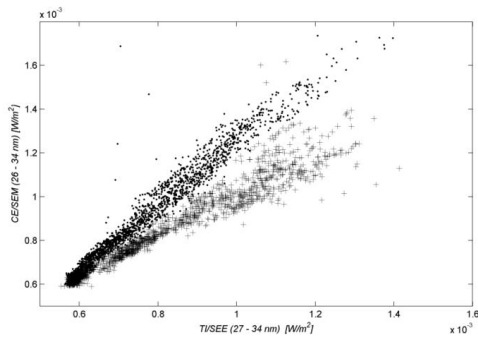
**EGS** (EUV Grating Spectrograph), ktorý meria v obore od 25 do 200 nm so spektrálnym rozlíšením 0,4 nm a **XPS** (XUV Photometer System) merajúci XUV žiarenie od 0,1 nm do 40 nm s rozlíšením 2- 5 nm. Spojením meraní z týchto dvoch prístrojov sa získajú hodnoty integrované v 1nm intervaloch od 0.5 do 190nm. Na internetovej adrese:

[http://lasp.colorado.edu/see/spwx\\_data\\_page.html](http://lasp.colorado.edu/see/spwx_data_page.html) sú uvedené merania v rozsahu 27 – 34 nm, t.j. takmer v rovnakom pásme ako CELIAS (26 – 34 nm) od 39. dňa 2002.

Merania sa vykonávajú počas troch minút pri každej otočke, ktorá trvá 97 minút. Počas dňa sa získa 14-15 pozorovaní.

Po ukončení misie SOHO sa dá s týmito meraniami počítať na zostavovanie MCI a zatiaľ poskytujú vítané kontrolné meranie.

**Pri porovnaní dát sme však zistili rozdielny priebeh v dvoch rôznych obdobiach obr. 3:**



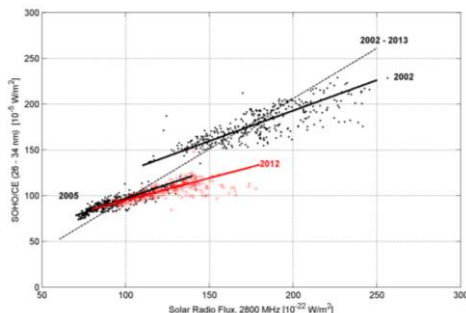
**Obr. 5:** Porovnanie meraní úrovne EUV žiarenia v rozsahu 26 – 34 nm prístrojom CELIAS SEM, inštalovanom na družici SOHO (CE) a merania rovnakého žiarenia v rozsahu 27 – 34 nm prístrojom EGS z družice TIMED (TI) od 2003 do 2012. Pozorujeme rozdiel v priebehoch merania v období od januára 2003 do júna 2008 (•) a od júla 2008 do decembra 2012 (+).

#### 4) Analýza kalibrácie merania EUV žiarenia Slnka

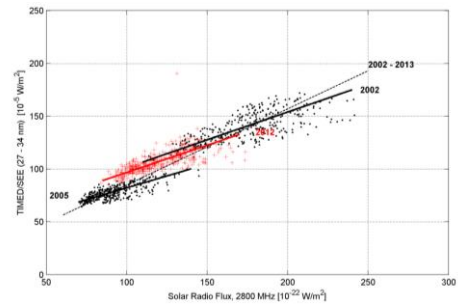
Toto porovnanie nás priviedlo k analýze dôveryhodnosti meraní v EUV oblasti slnečného spektra.

Na to, aby sme rozhodli, ktorý z dvoch meracích radov je správny sme nemali žiadne argumenty. Z počiatku sme predpokladali, že postupne dochádza k zníženiu citlivosti merania a ten prístroj, ktorý je dlhšie v kozmických podmienkach je viac postihnutý. (Neskôr sme sa dozvedeli, že tento proces má odborný názov – *degradácia merania* a môže prebiehať aj kladným smerom). Príčina môže byť v znižovaní priepustnosti zobrazovacej optiky, respektíve zvyšovaní priepustnosti obmedzovacích filtrov.

Z pozemských meraní existuje iba jediný index slnečnej aktivity, ktorý má fyzikálne definovanú mieru. Je to meranie celkového žiarenia v rádiovnej oblasti spektra na frekvencii 2800 MHz ( $\lambda = 10,7$  cm). Jednotkou je  $10^{-22}$  W/m<sup>2</sup>.Hz. Meranie sa robí pri prechode Slnka cez miestny meridián v lokalite Pentchone (od 1. júna 1991), t.j. v čase 20 h UT. Autori (Tanaka et al., 1973) uvádzajú, že stabilita kalibrácie sa dodržiava na úrovni 1 %. Pre porovnanie sme vybrali z 15 sekundových meraní prístroja SEM/CELIAS najbližší údaj k UT = 20 h pre daný deň a rovnako aj z meraní prístroja SEE/TIMED pre všetky roky, kedy existujú spoločné merania, t.j. 2002 – 2013. Takto upravené časové rady sme porovnávali.



**Obr. 6:** Porovnanie integrálneho rádiového žiarenia Slnka na frekvencii 2800 MHz s EUV žiarením Slnka v rozsahu 26 – 34 nm, podľa merania prístroja CELIAS/SOHO.

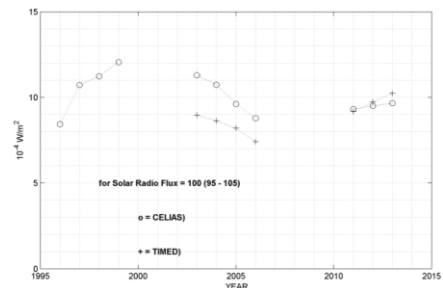


**Obr. 7:** Porovnanie integrálneho rádiového žiarenia Slnka na frekvencii 2800 MHz s EUV žiarením Slnka v rozsahu 26 – 34 nm, podľa merania prístroja EGS/TIMED.

Na obrázkoch 6 a 7 sú znázornené regresné priamky pre celé študované obdobie (2002 – 2013) a zvlášť pre roky 2002, 2005 a 2012.

Z porovnania polohy regresnej priamky pre rok 2012 jednoznačne vyplýva, že citlivosť CE oproti TI poklesla. Ďalej môžeme z obrázkov 6 a 7 dedukovať, že **názor o vysokej korelácii medzi časovými radmi RA (rádio) a CE, prípadne TI je klamný.** Hoci koeficient korelácie je vysoký (okolo 0,9), podrobnejší pohľad ukázal, že charakter vzťahu závisí ešte od úrovne slnečnej aktivity; je pre každé obdobie iný.

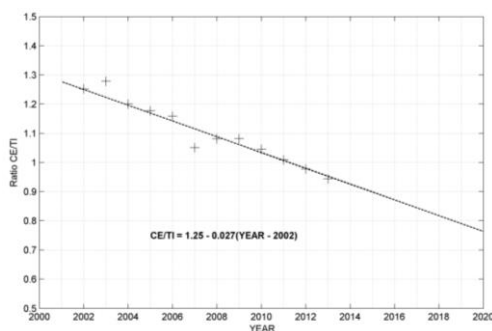
Ak porovnáme úroveň EUV žiarenia CE a TI ( $mW/m^2$ ) pri konkrétnej úrovni rádiového žiarenia, napr. pre RA = 100 (95 – 105) pre jednotlivé roky, dostaneme priebehy, znázornené na obr. 8.



**Obr. 8:** Porovnanie úrovne EUV žiarenia CE a TI počas rokov 1996 – 2013 pri rovnakej intenzite rádiového žiarenia Slnka na 2800 MHz ( $I_{2800} = 100; <95, 105>$ ).

Aj na obr. 8 pozorujeme pokles úrovne merania CE voči TI.

Pre presnejšie kvantitatívne zhodnotenie poklesu citlivosti merania CE sme určovali pomer priemerných ročných hodnôt CE a TI za celé obdobie oboch meraní. Výsledok je na obr. 9.



Obr. 9: Znárodnenie časovej zmeny pomeru priemerných ročných hodnôt meraní CE a TI.

Teda od roku 2002 do roku 2013 poklesla citlivosť CE o cca 25%.

**Toto tvrdenie je v rozpore s konštatovaním o takmer stabilnej úrovni citlivosti podľa**

**BenMoussa et al. (2013)** ; (pozri poznámku na konci článku).

Ďalej, od roku 2002 postupujeme podľa našich vyššie opísaných zistení a vyrovnanie priebehu CE na úroveň TI robíme podľa rovnice :

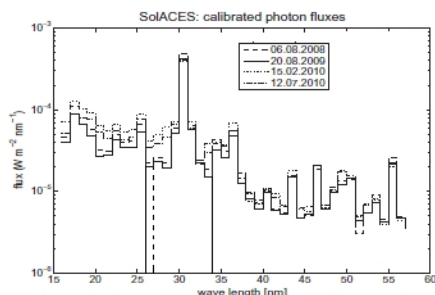
$$(3) \quad CEr = CE / (1 - 5.914 \cdot 10^{-5} d),$$

kde  $d$  je počet dní od 39. dňa roku 2002 (JD = 2 452 313,5).

Po vyrovnaní je priebeh denných hodnôt v rámci bežných odchýlok totožný pre CE aj TI od roku 2002 do 2014. (TI je však v celom rozsahu v absolútnej hodnote nižšie ako CE. Pomer CE/TI je 1,25. Je to viac, ako by vyplývalo pre menšiu šírku meracieho pásma pri TI (27 – 34 nm), t.j.  $8/7 = 1,14$ ). MCI počítame podľa rovnice (2), iba namiesto CE dosadzujeme CEr.

Pre spresnenie absolútnej úrovne CE sme nakoniec využili meranie spektrofotometra SolACES, kde autori tvrdia, že na rozdiel od predchádzajúcich prístrojov je tolerancia menšia ako 5%.

Spektrofotometer SolACES je jeden z troch fotometrov, ktoré boli 7. februára 2008 inštalované na medzinárodnú kozmickú stanicu ISS. Meria EUV žiarenie Slnka v pásme 16 – 150 nm. Výsledky publikujú vo forme tabuliek a grafov (obr.9).



Obr. 10: Forma publikovania meraní SolACES. Prevzaté z práce Nikutowski et al. (2011). Na obrázku sme vyznačili pásmo, v ktorom meria CELIAS/SOHO a SEE/TIMED (čiarkovane).

Žiaľ, existuje iba malý počet takýchto pozorovaní. Pre porovnanie sme z nich vybrali niekoľko takých pozorovaní s opravenou úrovňou CEr (redukované CE podľa rovnice 3) a Tir (redukované TI na úroveň CE:  $Tir = 1,25 \cdot TI$ ), pre ktoré existujú merania prístroja SolACES. Tie sme vybrali z práce Thuillier et al. (2014), v ktorej určovali obdobie minima medzi 23. a 24. cyklom slnečnej aktivity.

Dátum	SolACES	CELIAS (redukované)
2009 August 14	226 6.1698E-04	7.6051E-04
2009 August 17	229 6.4294E-04	7.6755E-04
2009 August 18	230 6.4028E-04	7.5066E-04
2009 August 20	232 6.0517E-04	7.2966E-04
2009 August 21	233 6.2880E-04	7.2109E-04
2009 August 23	235 6.4246E-04	7.5251E-04
2009 August 25	237 6.7716E-04	7.4227E-04

Priemer 6.363 E-04 7.463 E-04 W/m<sup>2</sup>

Z porovnania vyplýva pomer SolACES/Cer = 0,8526.

S ohľadom na zaručovanú presnosť 5% prístroja SolACES používame tento koeficient na spresnenie výsledného MCI a v takom pomere sme redukovali aj všetky predchádzajúce merania CE a TI.

### 5) Záver. Postup pri určovaní výsledného MCI.

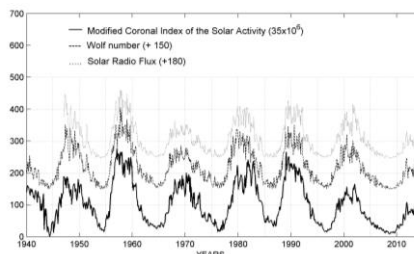
Pri výpočte MCI zohľadňujeme teda pokles citlivosti CELIAS podľa rovnice (3) a kalibráciu upravujeme na úroveň SolACES. Chýbajúce merania dopĺňujeme meraniami TIMED/EGS.

(Pripravujeme sa aj na použitie meraní z prístroja EVE/SDO).

Výsledné hodnoty MCI sú prístupné na webovej stránke Slovenskej ústrednej hviezdárne

[www.suh.sk](http://www.suh.sk)

Časový rad mesačných priemerných hodnôt MCI je na obr. 11; zároveň sú tam znázornené aj obvyklé indexy slnečnej aktivity, Wolfove číslo a rádiový tok Slnka na frekvencii 2800 MHz.



Obr. 11 : Mesačné priemerné hodnoty MCI za celé obdobie. Od 1940 do 1995 je MCI odvodený z pozemských pozorovaní zelenej koronálnej čiary 530,3 nm a od 1996 z merania družicových prístrojov na SOHO a TIMED. Pre porovnanie sú na obrázku uvedené aj Wolfove čísla slnečných škvŕn a rádiové žiarenie Slnka na 2800 MHz.

Inverzný vzťah k rovnici:

$$(4) \quad CE \left[ \frac{W}{m^2} \right] = \frac{CI \left[ \frac{\mu W}{m^2} \right] + 1.9}{3600}$$

nám umožní extrapolovať časový rad CE do minulosti, až do roku 1939.

#### Literatúra

- BenMoussa, A., and 40 coauthors: 2013, *On-Orbit Degradation of Solar Instruments* Solar Phys. ??, DOI: 10.1007/10.1007/s11207-013-0290-z
- Hock, R.A. and Eparvier, F.G.: 2008, „Cross-Calibration of TIMED SEE and SOHO EIT Irradiances“; Solar Phys **250**, 207 – 219.
- Lukáč B. and Rybanský M.: 2010, *Modified Coronal Index of the Solar Activity*, Solar Phys. **263**, 43 – 29.
- Nikutowski, B., Brunner, R., Erhardt, Ch., Knecht, and Schmidtke, G.: 2011, *Advances in Space Research* **48**, 899-903.
- Rybanský, M.: 1975, *Bull. Astron. Inst. Czechoslov.* **28**, 367.
- Rybanský M.: 1978, *Ph.D. Dissertation, Astr. Inst. Slovak Acad. Sci., Tatranská Lomnica.*
- Rybanský, M., Rušin, V., Minarovjech, M., Klocok, L., Cliver, E.W.: 2005, *J. Geophys. Res.* **110**, A08106.
- Tanaka, H., Castelli, J.P., Covington, A.E., Krüger, A., Landecker, T.L. and Tlamicha, A.: 1973, Solar Phys. **29**, 243 – 262.
- Thuillier, G., Bolseé, D., Schmidtke, G., Foujols, T., Nikutowski, B., Shapiro, A.I., Brunner, R., Weber, M., Erhardt, C., Hersé, M., Gillotay, D., Peetermans, W., Decuyper, W., Pereira, N., Haberreiter, M., Mandel, H., and Schmutz, W. : 2014, *The Solar Irradiance Spectrum at Solar Activity Minimum Between Solar Cycles 23 and 24*; Solar Phys. **289**, 1931 – 1958.

#### Dodatok 1: Zoznam interpolovaných údajov, príp. nahradených CI

Roky 1996 a 1997 bezchybné

Rok 1998, chýbajúce dni: 176 – 297 a 356 – 365 nahradené z časového radu CI (CIx0,8526 – oprava absolutnej kalibrácie podľa SolACES ;podrobnejšie v texte).

Dni 111 – 112 interpolované pre záblesky. Pri týchto ďalej uvádzame deň/intenzita – nad úrovňou priebehu MCI v mW/m<sup>2</sup>.

Deň 111 / 0,76; deň 112/0,33.

Rok 1999, chýbajúce dni: 1 – 33, 46 – 59, 39, 110, 123, 153 – 155, 199, 336 nahradené z CI.

Rok 2000, chýbajúce dni: 7,206,275,354 nahradené z CI.

Záblesky : deň 196 /5,4; deň 197/13,7; deň 314/11,0; deň 315/0,8.

Rok 2001, deň 1 nahradený z CI.

Záblesky : deň 93/0,25; deň 105/0,3; deň 228/0,2; deň 229/0,1; deň 267/0,6; deň 268/3,9; deň 269/3,0; deň 270/0,6; deň 275/0,5; deň 308/0,5; deň 309/9,4; deň 310/6,8; deň 311/0,3; deň 327/3,1; deň 328/4,0; deň 360/0,3.

Rok 2002, dni 25 – 29 a 37 nahradené z dát TIMED (v ďalšom texte iba TI).

Záblesky : dni 111 – 114 nahradené z TI. Deň 111/1,8; deň 112/0,8.

Rok 2003, dni 301 – 303 a 306 - 307 počas zábleskov nahradené z dát TI.

Záblesky : deň 302/12,3; deň 307/1,1.

Rok 2004, dni 84, 114 – 116 a 175 nahradené z dát TI.

Rok 2005, dni 233 – 256 a 331 – 338 nahradené z dát TI.

Dni 16 – 20 a 132 – 135 počas zábleskov nahradené z dát TI.

Záblesky : deň 17/1,6; deň 133/0,2.

Rok 2006, dni 1, 65 – 68, 102, 183 a 192 nahradené z dát TI.

Dni 338 – 348 počas zábleskov nahradené z dát TI.

Záblesk : deň 339/2,0.

Rok 2007, dni 28 a 310 nahradené z dát TI.

Rok 2008, dni 365 a 366 nahradené z dát TI.

Rok 2009, deň 350 nahradený z dát TI.

Rok 2010, dni 15, 75 a 76 nahradené z dát TI.

Rok 2011, dni 34, 39, 72 a 73 nahradené z dát TI.

Záblesk : deň 356/0,48.

Rok 2012, dni 130, 233 – 240, 265 a 365 nahradené z dát TI.

Dni 20 – 29 a 67 – 70 počas zábleskov nahradené z dát TI.

Záblesky : deň 24/2,1; deň 28/0,6; deň 68/2,5.

Rok 2013, dni 141 – 144 a 272 – 274 počas zábleskov nahradené z dát TI.

Záblesky : deň 143/0,7; deň 273/0,1.

Rok 2014, dni 8 a 9 počas zábleskov nahradené z dát TI.

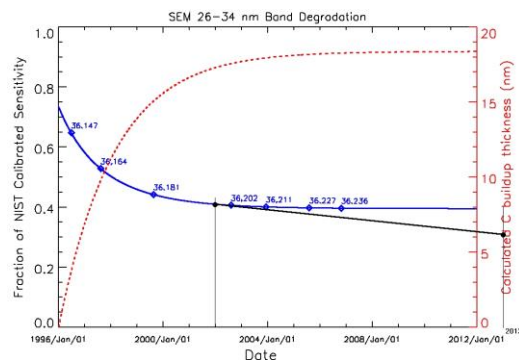
Záblesky : deň 8/0,8.

#### Dodatok 2: Poznámka : o stabilite CELIAS

Ako sme už spomínali, v literatúre sa tvrdí, že merania CELIAS po roku 2004 sú stabilné, čo sa dokazuje kalibráciou pomocou výškových rakiet.

Text z článku : *The SEM showed steady degradation of the first-order signal over the first seven years of operation, and after that the degradation has remained almost constant as shown in Figure 9. The degradation has been tracked by a series of sounding-rocket underflights with a copy of the SEM instrument that is calibrated at the National Institute of Standards and Technology (NIST) with the Synchrotron Ultraviolet Radiation Facility (SURF) before and after flight.*

Nasledujúci obr. 8 je obr. 9 z citovaného článku



Obr. 10a: Je prevzatý z BenMoussa et al. (2013), kde to je obr. 9 s textom:

*Figure 9. Degradation of the SOHO/CELIAS-SEM 26 – 34 nm band (blue, solid line) as measured by sounding-rocket underflights of a NIST calibrated copy of the SEM*

*(diamonds). The degradation is modeled as the build-up of a layer of carbon (red, dotted line). This is an updated version of the degradation trending first presented by McMullin et al. (2002).*

Podľa našich zistení, opísaných vyššie, sa skutočný pokles citlivosti dá znázorniť čiarou, dokreslenou na obrázku. Rozdiel v tvrdeniach nevieme vysvetliť.

Pokúsili sme sa prácu publikovať, boli sme odmietnutí.

Anonymný recenzent pri pokuse o publikovanie v roku 2013 napísal ...

...3. The statement: "Assuming there is no secular behavior in the TI data..." (p5/39) is incorrect from two points of view. The first is that different rates of degradation occur for EUV instruments as a function of operation time (see, e.g., A. BenMoussa et al. Sol. Phys., DOI 10.1007/s11207-013-0290-z, 2013). The rate of degradation for 7 years of SEE operation (2002 - 2008) is larger than the rate of degradation of SEM (13 years of operation from 1996 to 2008). The rate of degradation is determined from the sounding rocket underflight measurements. An underestimated degradation leads to a negative trend in calculated irradiances, while an overestimated degradation causes a reverse (positive) trend. As Fig 9 (A. BenMoussa et al. Sol. Phys., DOI 10.1007/s11207-013-0290-z, 2013) shows, SEM degradation rate was determined based on a sufficient number of underflights. The second is the short time of EUV observations by the SEE during a day compared to the continuous observations throughout the day by SEM. This causes significantly larger deviation in TI for the time of active sun, for example the range in TI data for 1.2 [mW/m<sup>2</sup>] SEM measurement in Fig 2 is from about 1.0 to 1.3 [mW/m<sup>2</sup>] for TI.

Tieto tvrdenia sa však v citovanom článku nevyskytujú. Opakujeme: naše tvrdenia sú založené na porovnaní meraní CELIAS a TIMED s rádiovým žiarením Slnka, kde je zaručená vysoká presnosť.