

Cateva caracteristici de precursori ai cutremurilor puternice, specifice inceputului brusc de furtuna geomagnetica (SSC)

Valentin Constantin Furnica

*Romanian Academy, Institute of Geodynamics, 19-21
Jean-Louis Calderon St, Bucharest 37 Romania,
R-020032, tel: 0040213172126, fax: 0040213172120,*

e-mail: cvfurnica@gmail.com

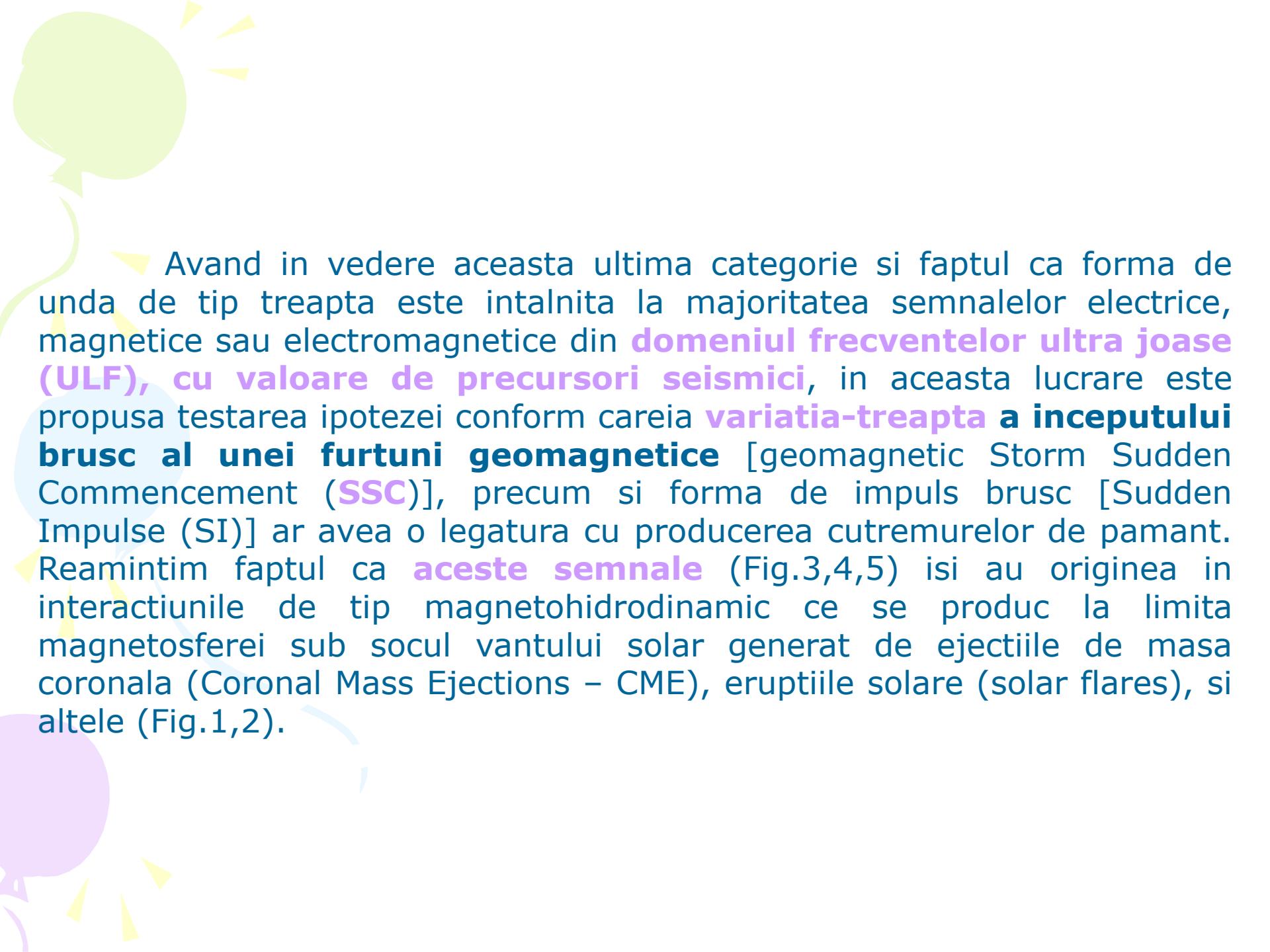


Identificarea precursorilor seismici si ai eruptiilor vulcanice prin masurarea campurilor electrice, magnetice, sau electromagnetice se face pe doua directii principale:

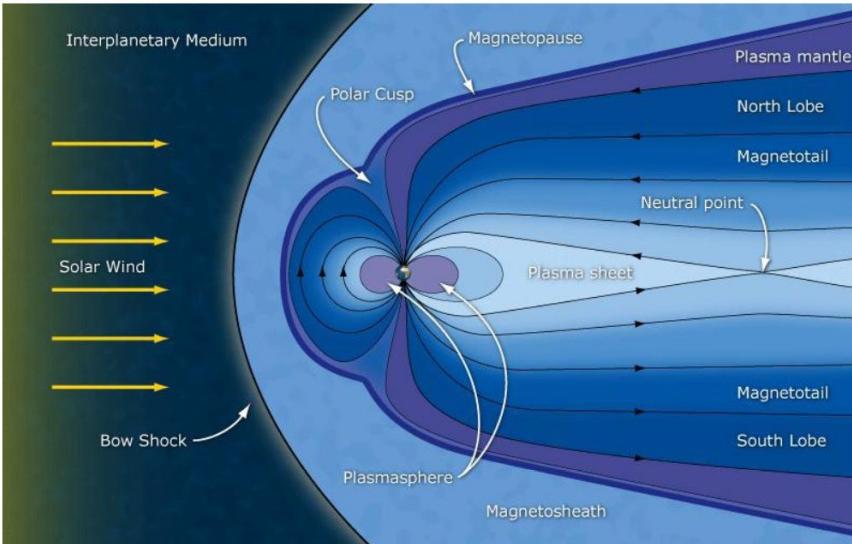
1. daca sunt urmarite fenomene care presupun **modificari in proprietatile fizice ale rocilor**, efectele anomale sunt asociate miscarilor seismice, sau tectonicii, fiind considerate efecte seismomagnetice, vulcanomagnetice, tectonomagnetice, seismoelectrice, seismoelectromagnetice sau,

2. daca masuratorile determina componente electrice si magnetice induse in scoarta de catre variatiile geomagnetice externe, se considera ca efectele anomale inregistrate sunt consecinte ale modificarii conductivitatii electrice asociate structurii geologice aflata sub influenta stresului tectonic.

O categorie aparte o constituie variatiile campului geomagnetic la scara regionala sau globala. Cele datorate variatiei diurne Sq, in conditii normale, se presupune ca realizeaza cuplaje electromecanice intre ionosfera si sursa cutremurelor. **Actiunea unui moment de torsiune** rezultat din momentul magnetic al curentilor telurici turbionari indusi in scoarta si componenta orizontala a campului magnetic principal al Pamantului, poate produce declansarea unui cutremur in zona sa de pregatire (Duma and Ruzhin, 2003; Tanzis, 2010).



Avand in vedere aceasta ultima categorie si faptul ca forma de unda de tip treapta este intalnita la majoritatea semnalelor electrice, magnetice sau electromagnetice din **domeniul frecventelor ultra joase (ULF)**, cu valoare de precursori seismici, in aceasta lucrare este propusa testarea ipotezei conform careia **variatia-treapta a inceputului brusc al unei furtuni geomagnetice** [geomagnetic Storm Sudden Commencement (SSC)], precum si forma de impuls brusc [Sudden Impulse (SI)] ar avea o legatura cu producerea cutremurelor de pamant. Reamintim faptul ca **aceste semnale** (Fig.3,4,5) isi au originea in interactiunile de tip magnetohidrodinamic ce se produc la limita magnetosferei sub socul vantului solar generat de ejectiile de masa coronala (Coronal Mass Ejections – CME), eruptiile solare (solar flares), si altele (Fig.1,2).



The figure after: <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=41918>

Fig.1 Magnetosfera Pamantului si regiunile sale (Yousif, 2011).

Fig.2 Reprezentare schematica a magnetosferei Pamantului. Liniile albastre reprezinta campuri magnetice, iar cele rosii curenti. Liniile campului magnetic interplanetar sunt indreptate catre sudul geografic si se conecteaza la liniile campului geomagnetic pe partea de zi a magnetosferei (Love, 2008).

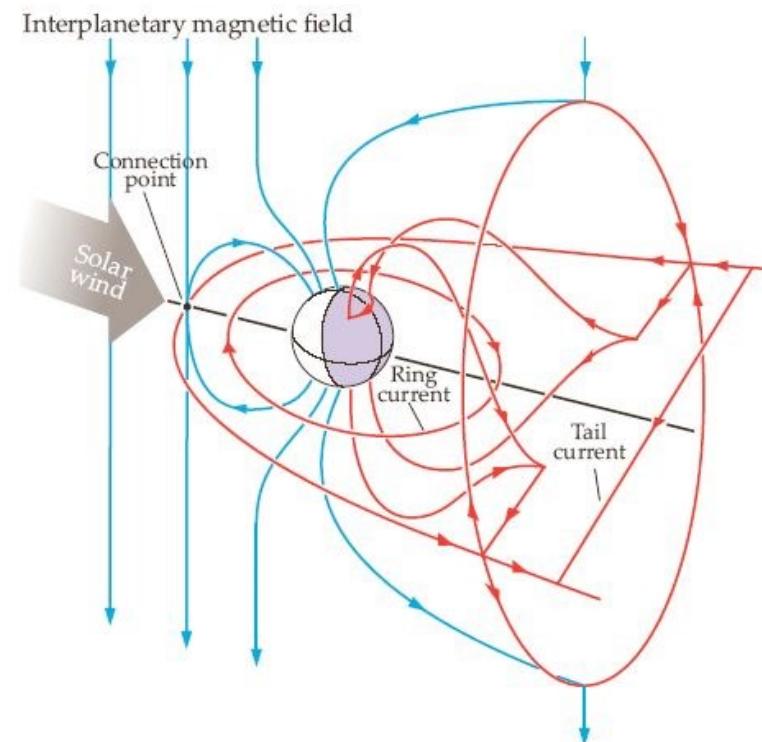


Fig.3 Semnal-treapta al unui inceput brusc de furtuna geomagnetica inregistrat aproximativ la ora 10:30 UT in 08.11.2009, la Observatorul Canberra – Australia, in apropierea ariei epicentrale Fiji, 7.2M/09.11.2009, ora 10:44 UTC.

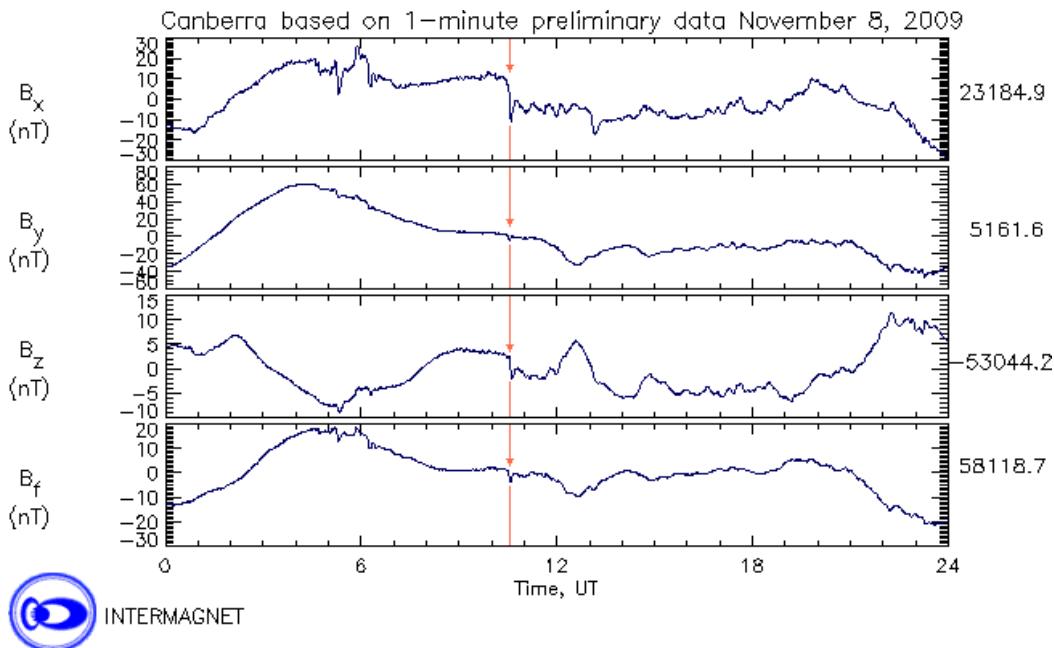
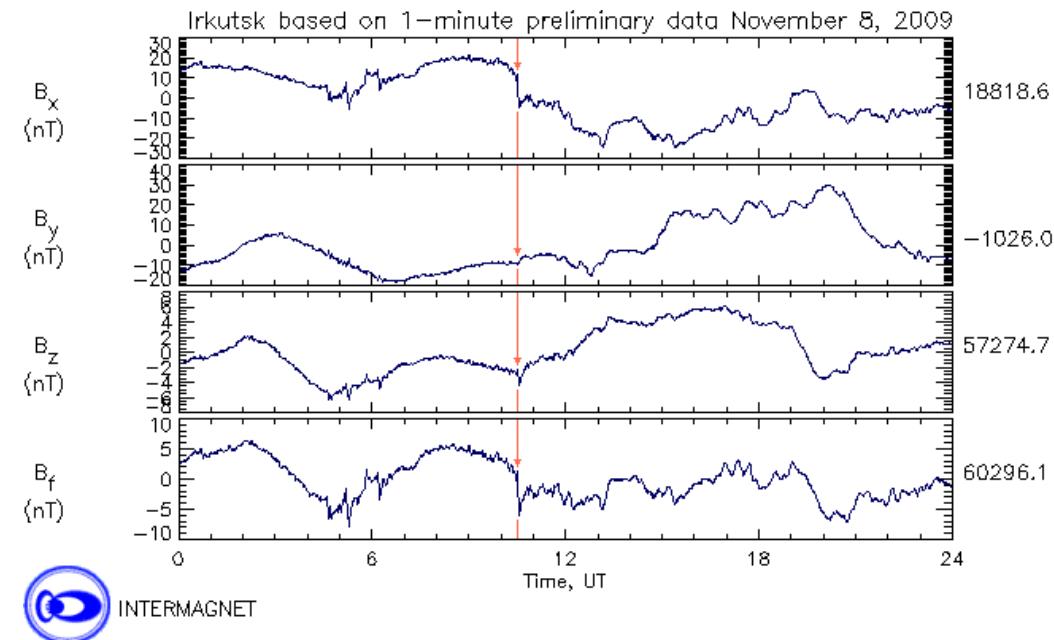


Fig.4 Semnal-treapta al unui inceput brusc de furtuna geomagnetica inregistrat aproximativ la ora 10:30 UT in 08.11.2009, la Observatorul Irkutsk – Rusia, la mare distanta de aria epicentrala Fiji, 7.2M/09.11.2009, ora 10:44 UTC.



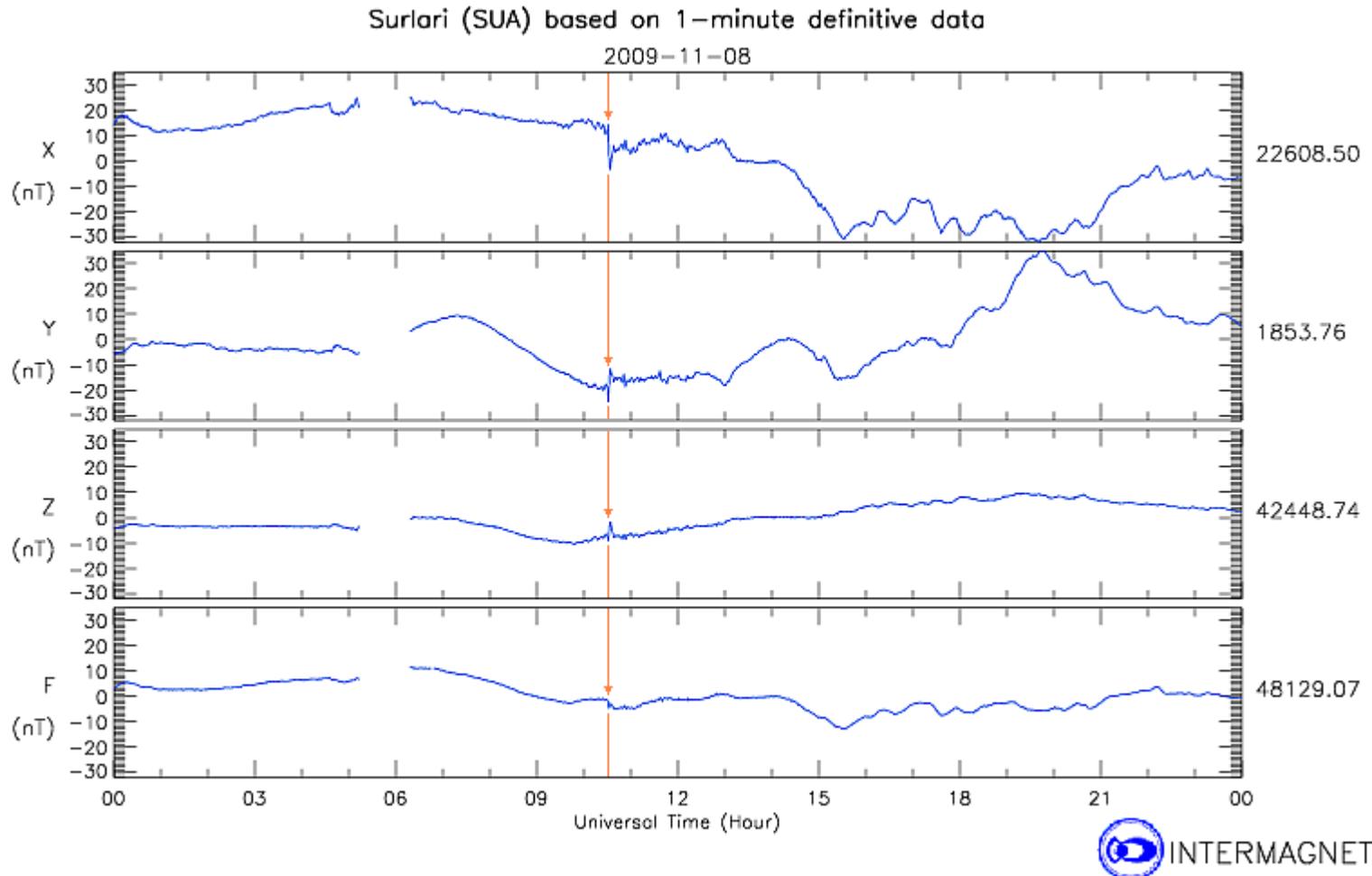
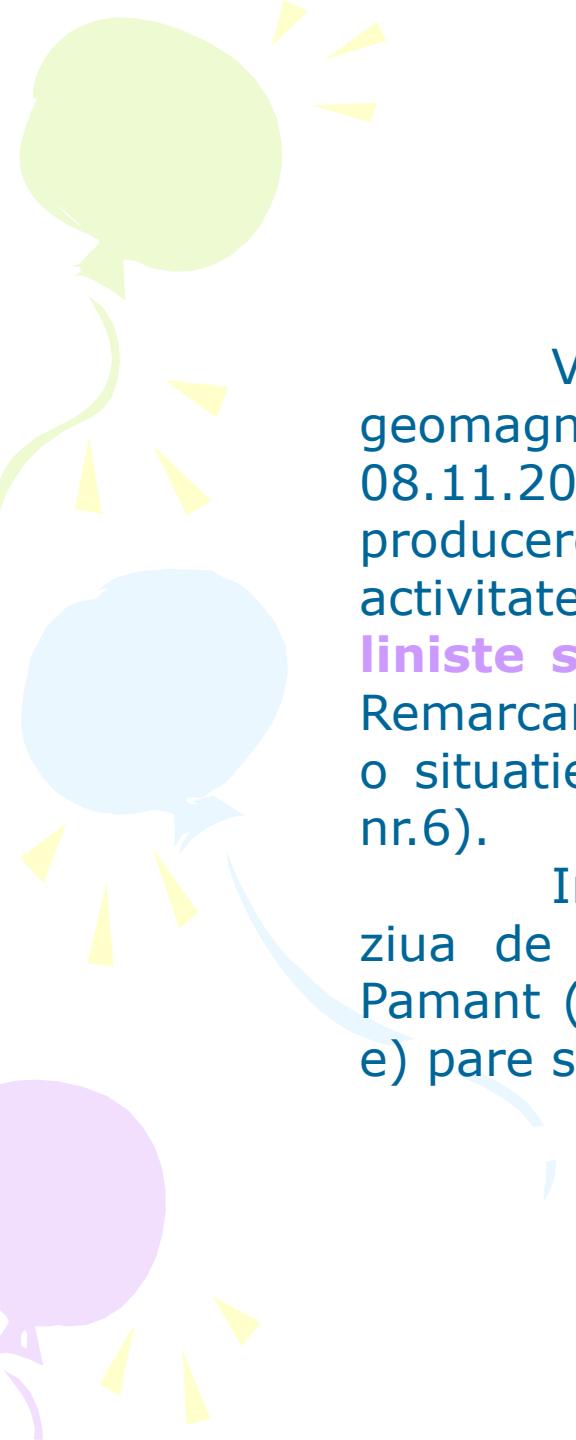


Fig.5 Semnal-treapta al unui inceput brusc de furtuna geomagnetica inregistrat la ora 10:30 UT in 08.11.2009, la Observatorul Surlari-Romania, la mare distanta de aria epicentrala Fiji, 7.2M/ 09.11.2009, ora 10:44 UTC.



Variatia brusca, de inceput al unei furtuni geomagnetice (SSC), aparuta pe magnetogramme in ziua de 08.11.2009, aproximativ la ora 10:30 UTC, implica producerea unor **fenomene impulsive** legate de activitatea Soarelui, care se afla **insa in perioada de liniste specifica tranzitiei de la ciclul 23 la ciclul 24**. Remarcam faptul ca in prezent, in anul 2017, ne aflam intr-o situatie similara, de tranzitie intre ciclurile 24 si 25 (Fig nr.6).

In luna noiembrie 2009, prima data se formeaza in ziua de 6, in emisfera nordica si este indreptata catre Pamant (Fig.7 a, b, c, d), insa din imaginea Soarelui (Fig.7 e) pare sa nu fie importanta.

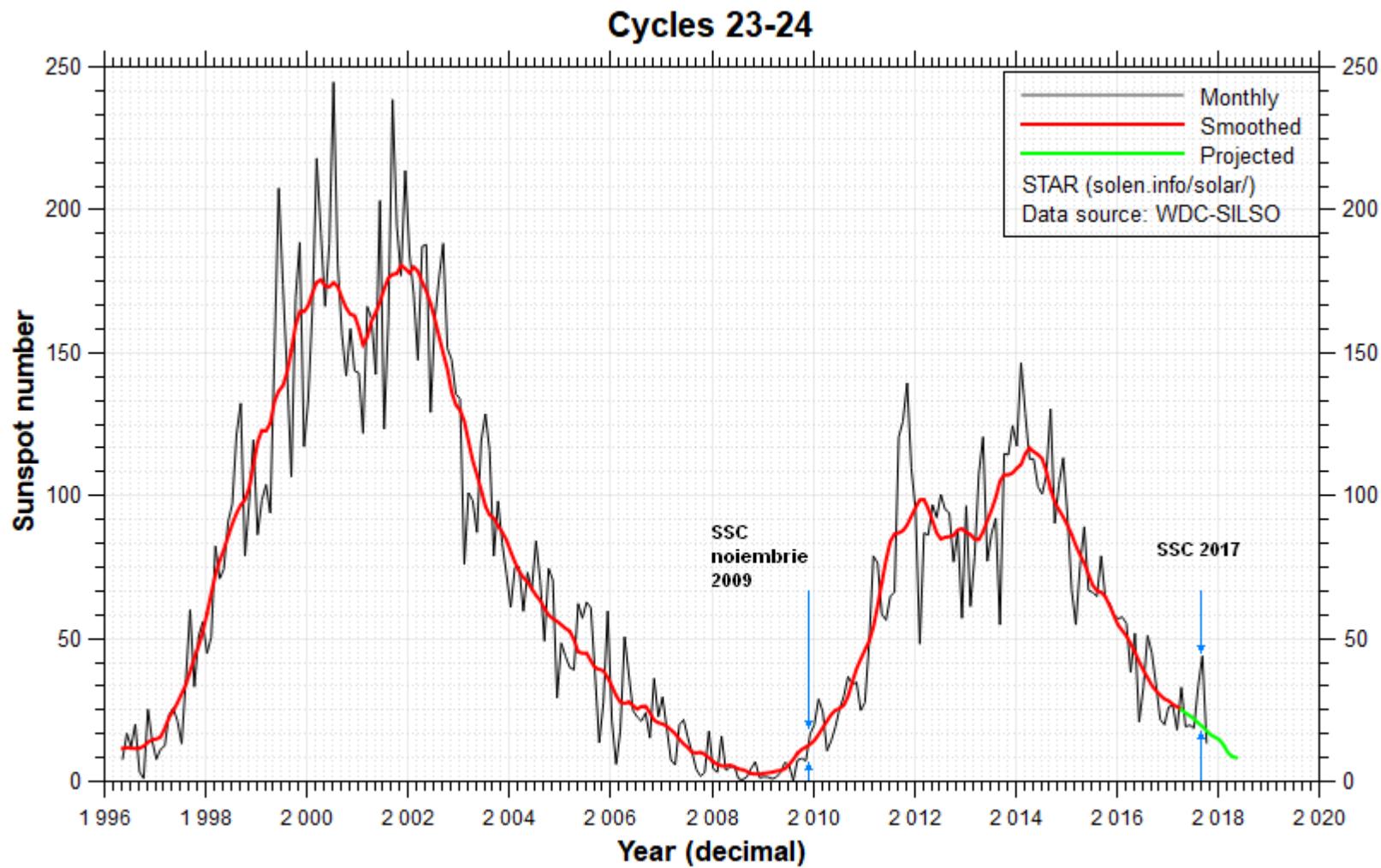
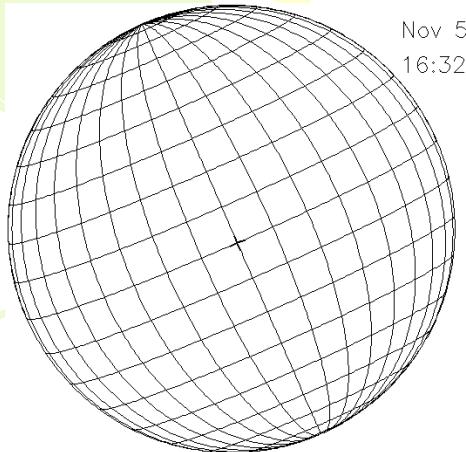
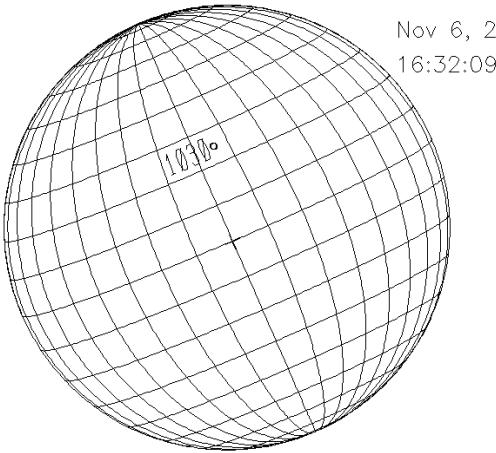


Fig. 6 Dispunerea evenimentelor SSC observate in anii 2009 si 2017 pe domeniile de minim ale activitatii Solare, intre ciclurile 23 si 24, respectiv 24 si 25 (conform Alvestad, 2017)



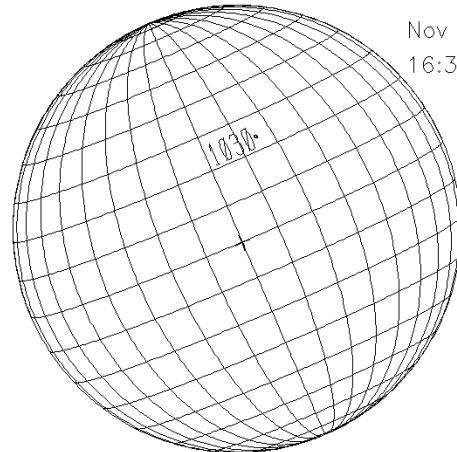
Nov 5, 2009
16:32:09 UT

a



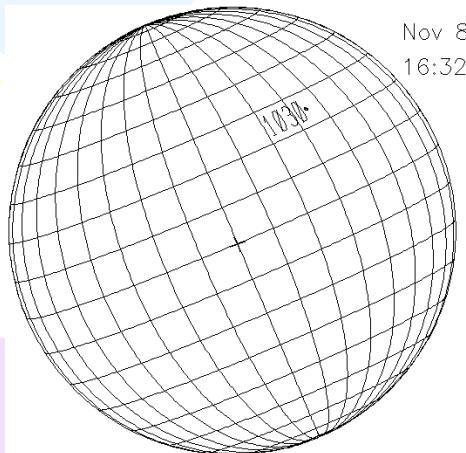
Nov 6, 2009
16:32:09 UT

b



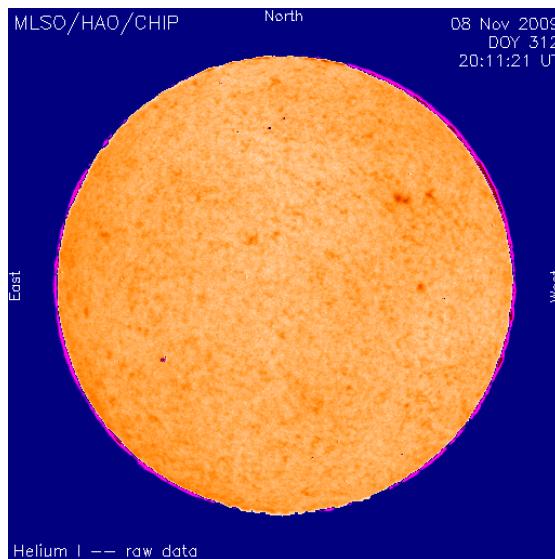
Nov 7, 2009
16:32:09 UT

c



Nov 8, 2009
16:32:09 UT

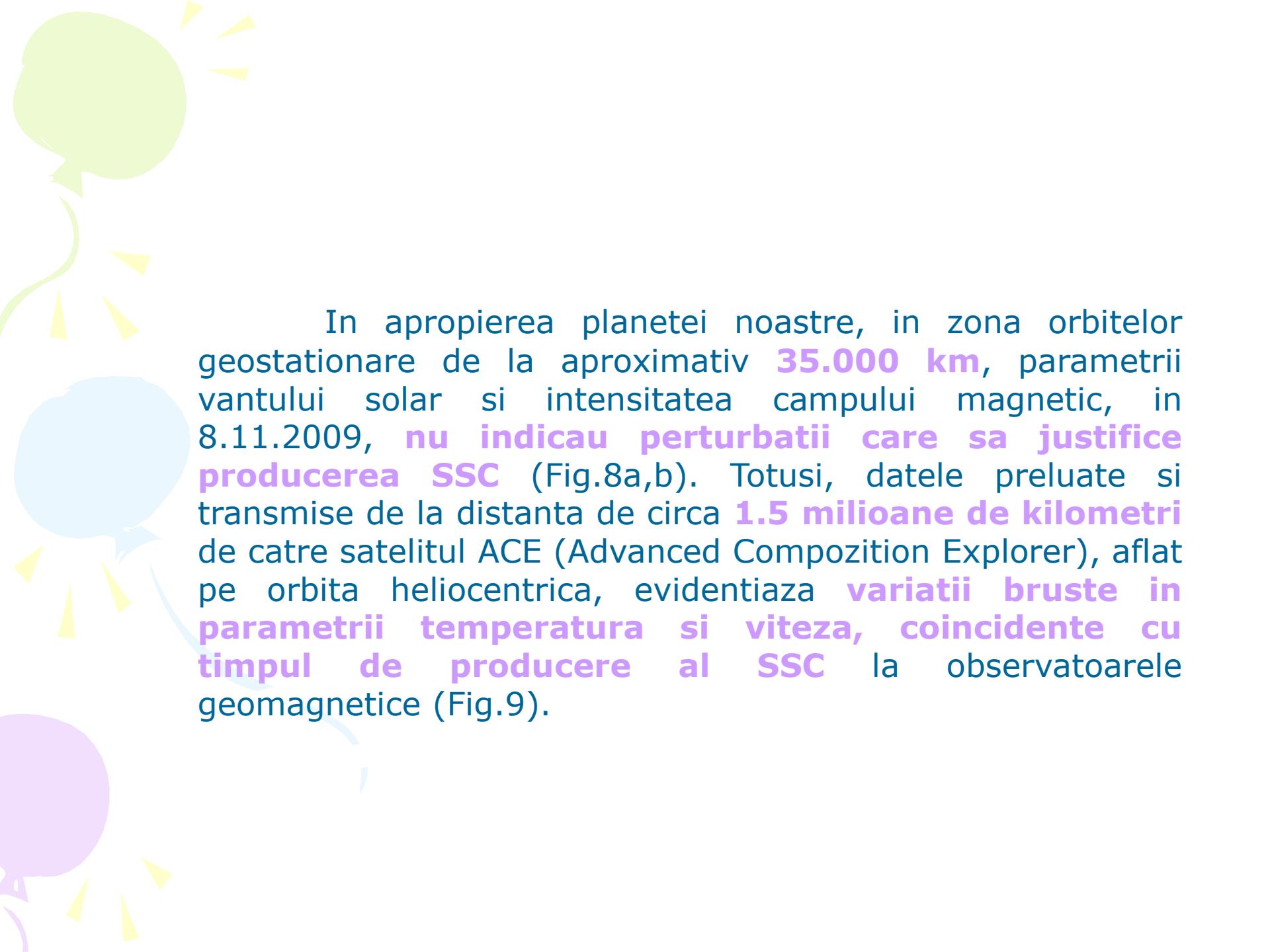
d



e

Fig. 7 a, b, c, d. Cu doua zile inainte de producerea SSC, apare pe suprafata Soarelui pată nr.1030 (ARMaps, 2009).

Fig 7 e. Aspectul petei solare in imaginea (Helium-I) inregistrata de MLSO (2009)



In apropierea planetei noastre, in zona orbitelor geostationare de la aproximativ **35.000 km**, parametrii vantului solar si intensitatea campului magnetic, in 8.11.2009, **nu indicau perturbatii care sa justifice producerea SSC** (Fig.8a,b). Totusi, datele preluate si transmise de la distanta de circa **1.5 milioane de kilometri** de catre satelitul ACE (Advanced Compozition Explorer), aflat pe orbita heliocentrica, evidentiaza **variatii bruste in parametrii temperatura si viteza, coincidente cu timpul de producere al SSC** la observatoarele geomagnetice (Fig.9).

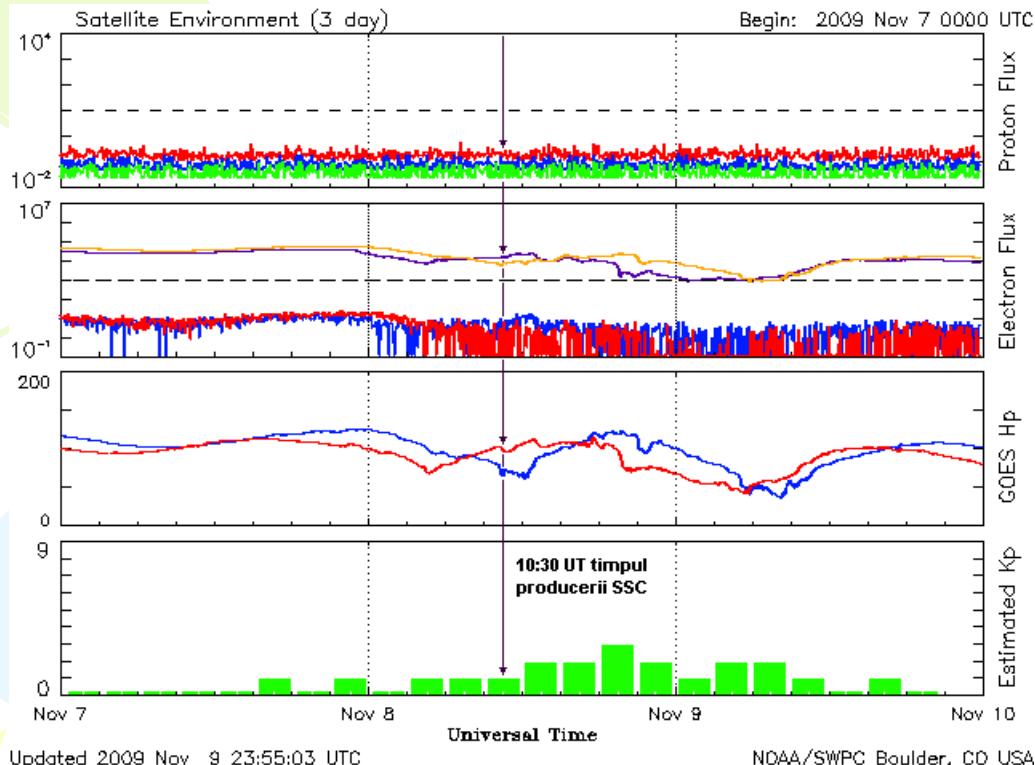
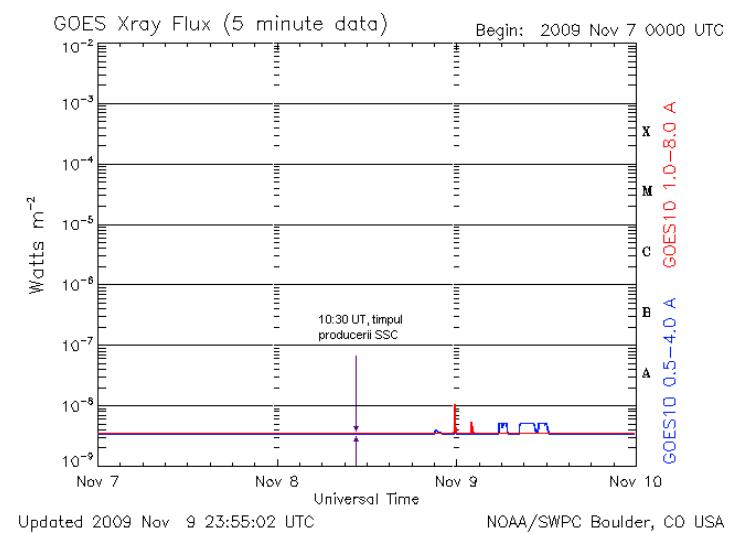


Fig.8 a

Fig.8 b

Fig.8 a, b. Conditii relativ liniistite ale vantului solar in ziua de 8.11.2009, la nivelul orbitelor satelitilor geostationari GOES, situati la circa 35000 km de Pamant: a) in fluxul protonilor, fluxul electronilor, in componenta magnetica H_p , paralela la axa de rotatie a planetei si b) in fluxul razelor X.



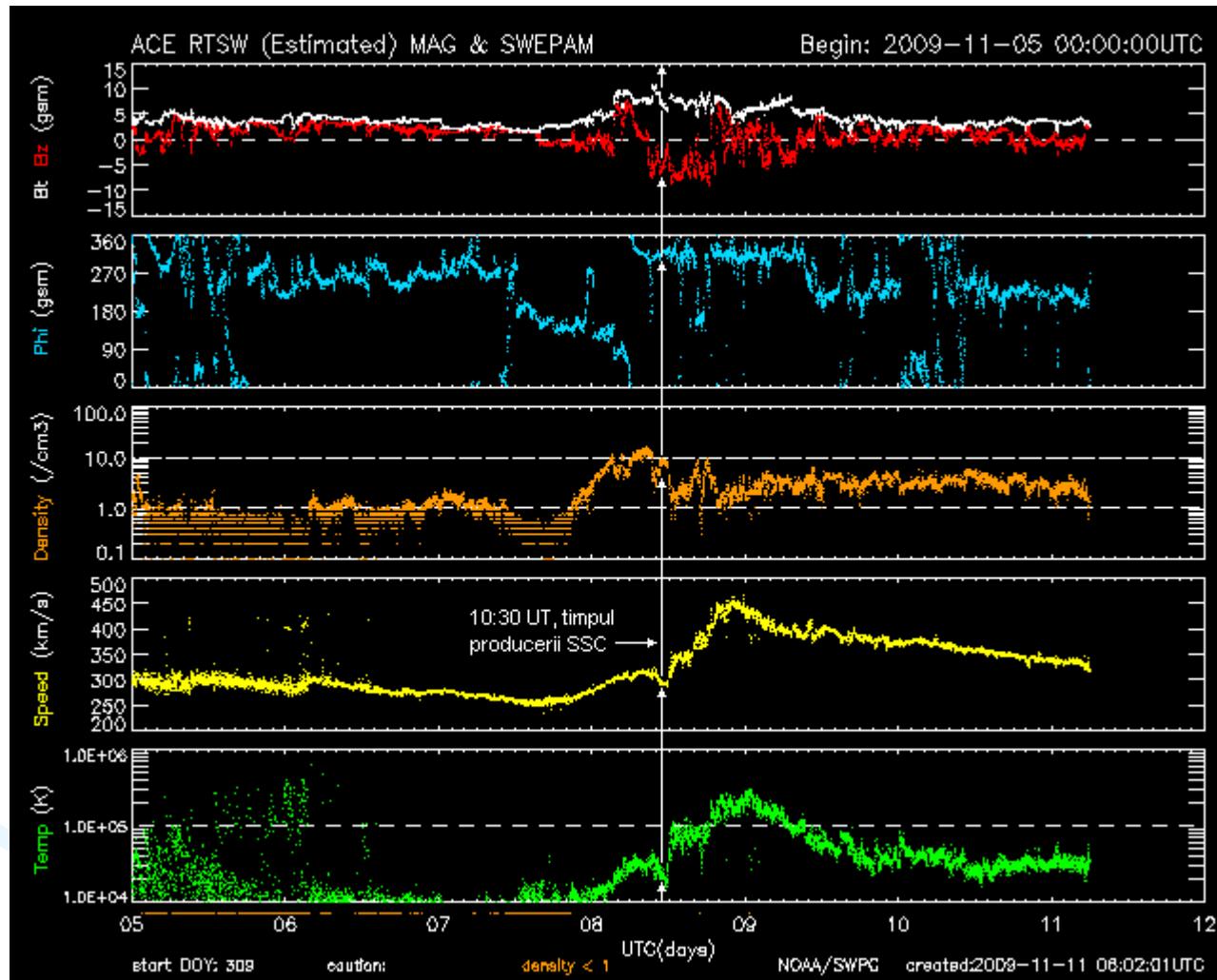
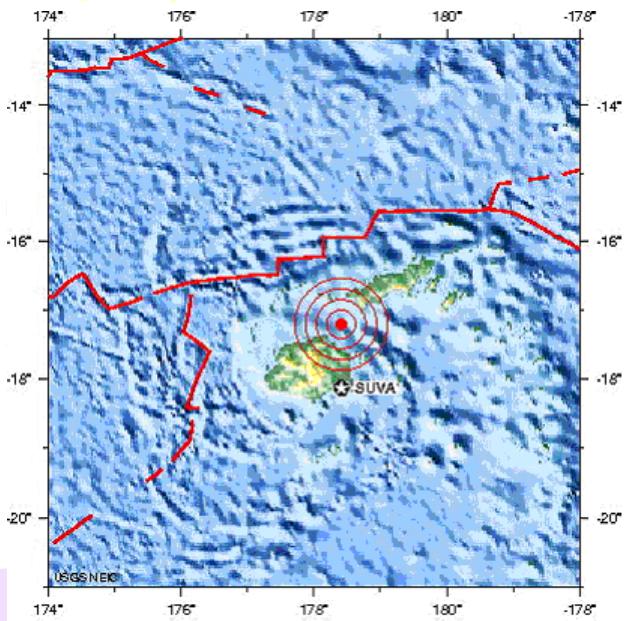
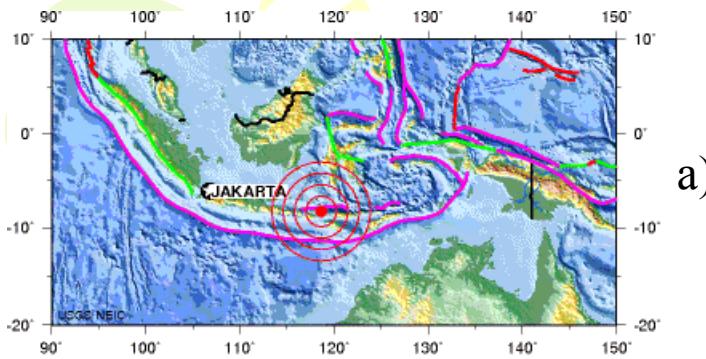


Fig 9 Timpul inceputului brusc de furtuna geomagnetica (SSC), 10:30 UTC/8.11.2009, este coincident cu dezvoltarea unor praguri in cresterea temperaturii si vitezei vantului solar, la distanta de 1,5 milioane de kilometri fata de Pamant, a satelitului ACE.

Posibilitatea de a identifica un "timp precursor" a fost verificata pentru mai multe evenimente seismice majore, avand magnitudini mai mari de 7M, observandu-se **intervale de la cateva ore, pana la circa 10 zile**. Evenimentul selectat a fost seismul de 7.2M, $h=585$ km, produs in data de 09.11.2009/10:44 UTC in Fiji (pe zona nucleu a vortexului tectonic Fiji). Semnalul-treapta SSC s-a produs cu circa 24 de ore mai devreme, in data de 08.11.2009, aproximativ la ora 10:30 UTC si a fost foarte bine evideniat in componenta Bx, la Observatorul Geomagnetic Surlari - Romania. In acelasi interval de timp precursor, de 24 de ore, s-a mai produs un cutremur, de 6.6M, la adancime mai mica ($h=33$ km), la ora 19:41 UTC / 08.11.2009, in Sumbawa Region, Indonesia (Fig. 10 a, b, c, d).



**U.S. Naval Observatory
Astronomical Applications Department**

Day and Night Across the Earth on 2009 Nov 8 at 00:00 UT



**U.S. Naval Observatory
Astronomical Applications Department**

Day and Night Across the Earth on 2009 Nov 8 at 10:44 UT

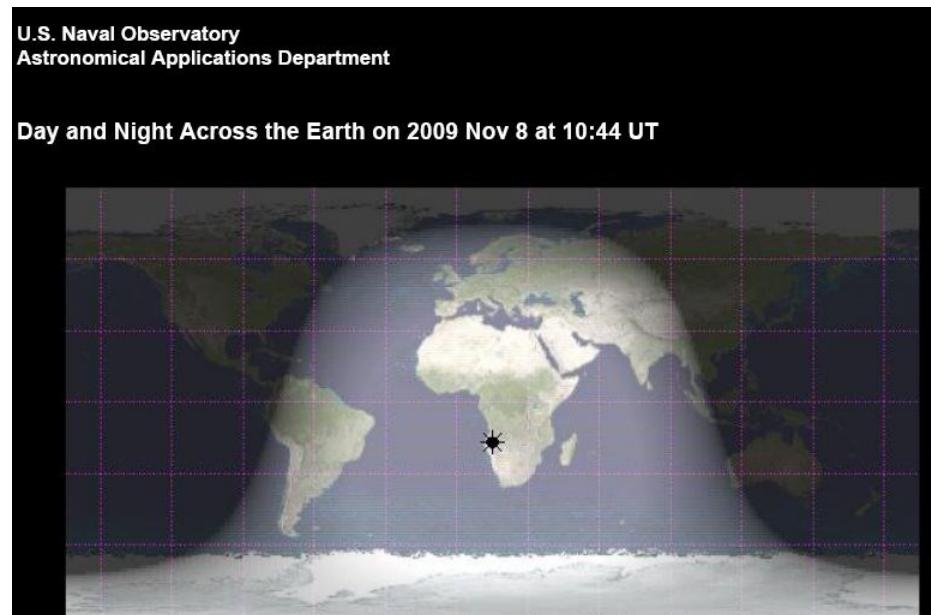


Fig.10 a,b,c,d. Zonele epicentrale Sumbawa, 6.6M, a) si Fiji, 7.2M, b). Pentru seismul Fiji, in ziua producerii semnalului-treapta precursor, Soarele trece chiar pe deasupra locului seismului c), iar la timpul evenimentului Soarele se afla deasupra sudului Africii, d).

Ulterior producerii cutremurului, dar pe domeniul de timp al datelor preliminare (2009), s-a procedat la recunoasterea unei eventuale **atenuari in functie de distanta** pana la epicentru a amplitudinilor diferitelor marimi magnetice disponibile pe magnetogramele si prelucrarile aferente observatoarelor din reteaua globala Intermagnet. In acest scop au fost realizate **harti de distributie ale amplitudinilor** pentru B_x , B_y , B_z , B_f , D , I , dB_x/dt , dB_y/dt , dB_z/dt , prin interpolare aproximativa, manuala, pe o baza topografica cu amplasarea observatoarelor geomagnetice in retea, dintre care doar 81 au avut date. Cele mai interesante au fost hartile cu amplitudini ale SSC si SI corespunzatoare componentelor nordica B_x , verticala, B_z si valorii totale, B_f (Fig.11,12,13).

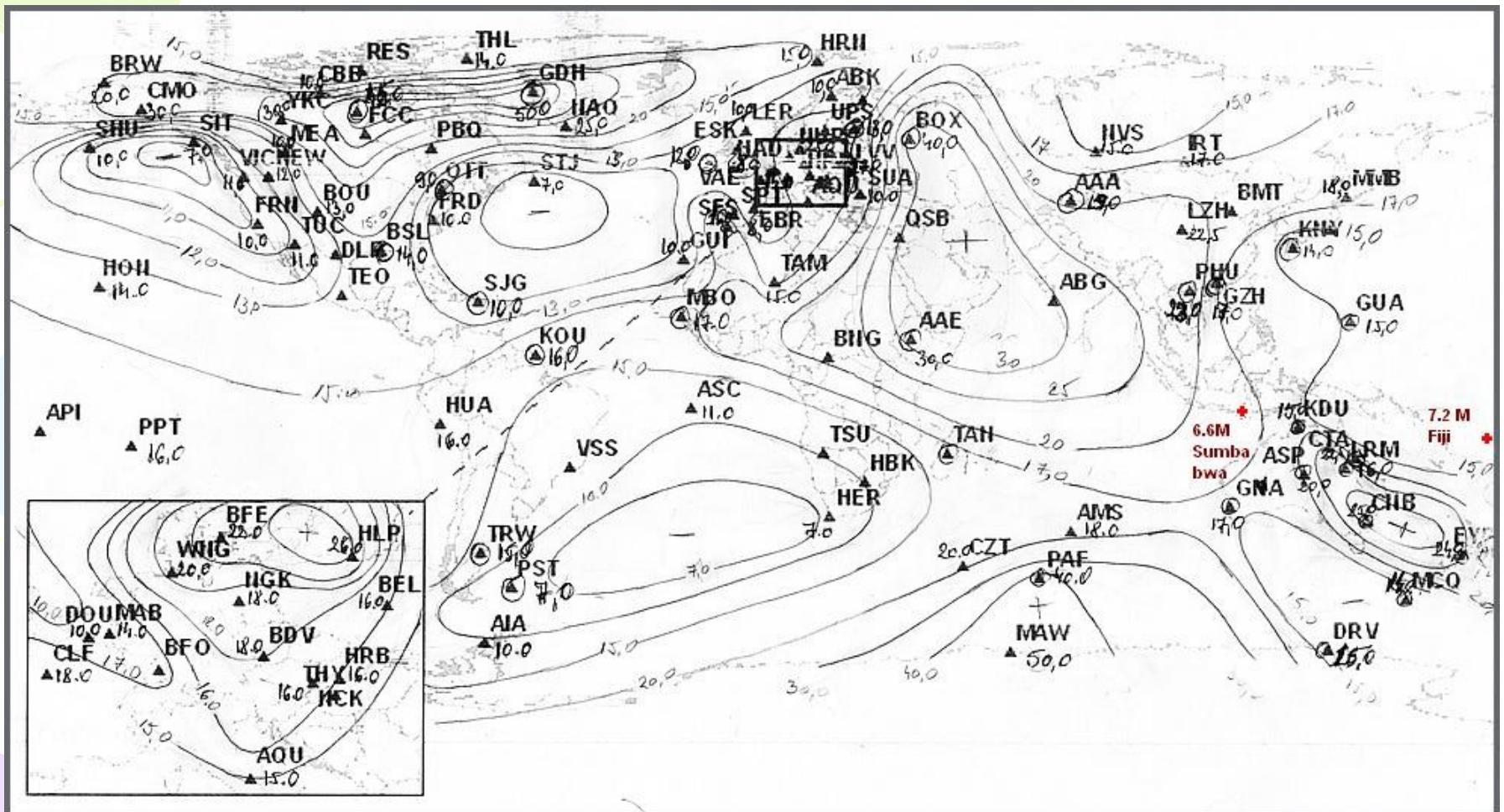


Fig.11 Harta distributiei amplitudinii SSC (nT) in componenta orizontala pe directia nord, Bx.

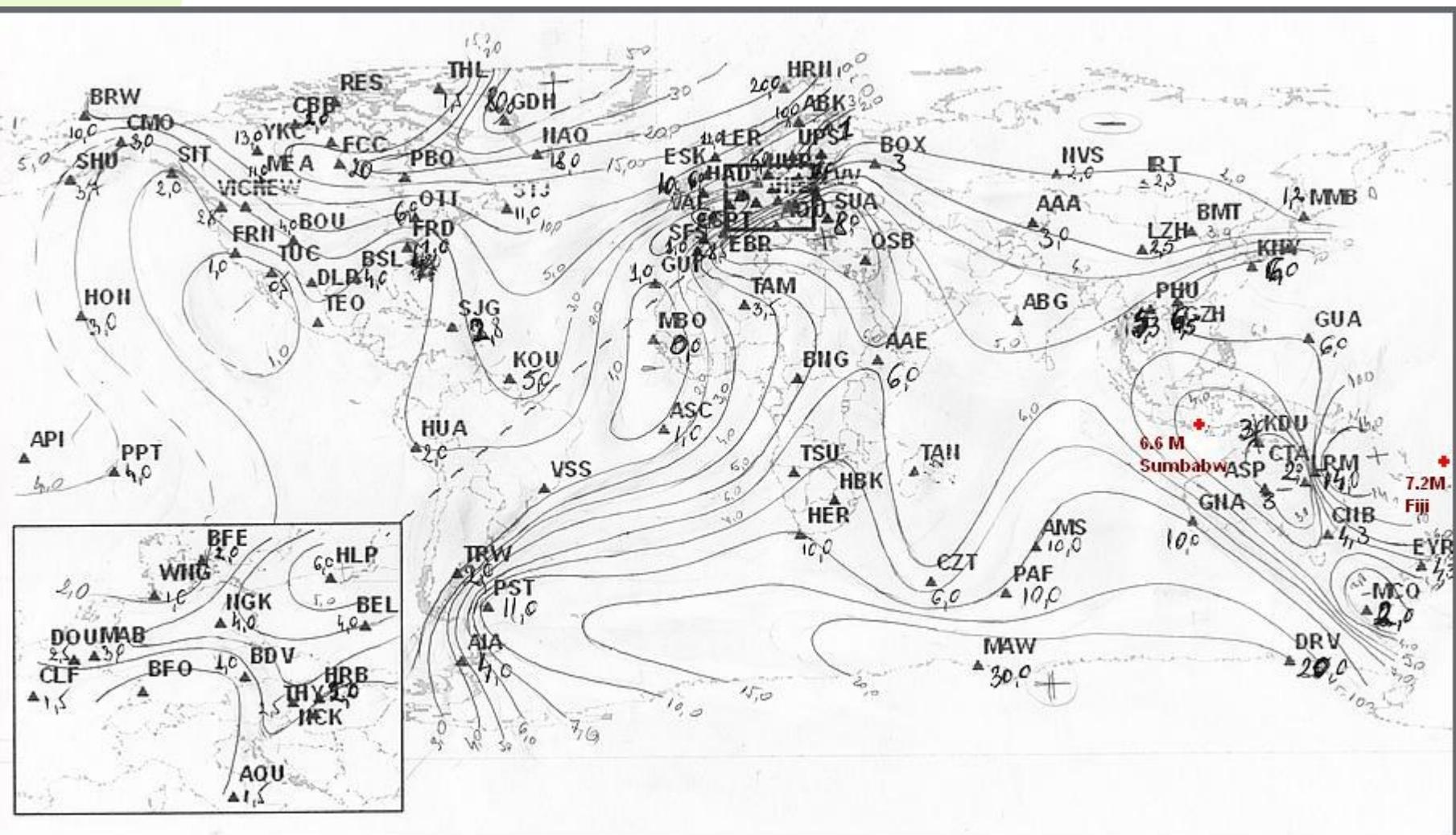


Fig.12 Harta distributiei amplitudinii SSC (nT) in componenta verticala Bz

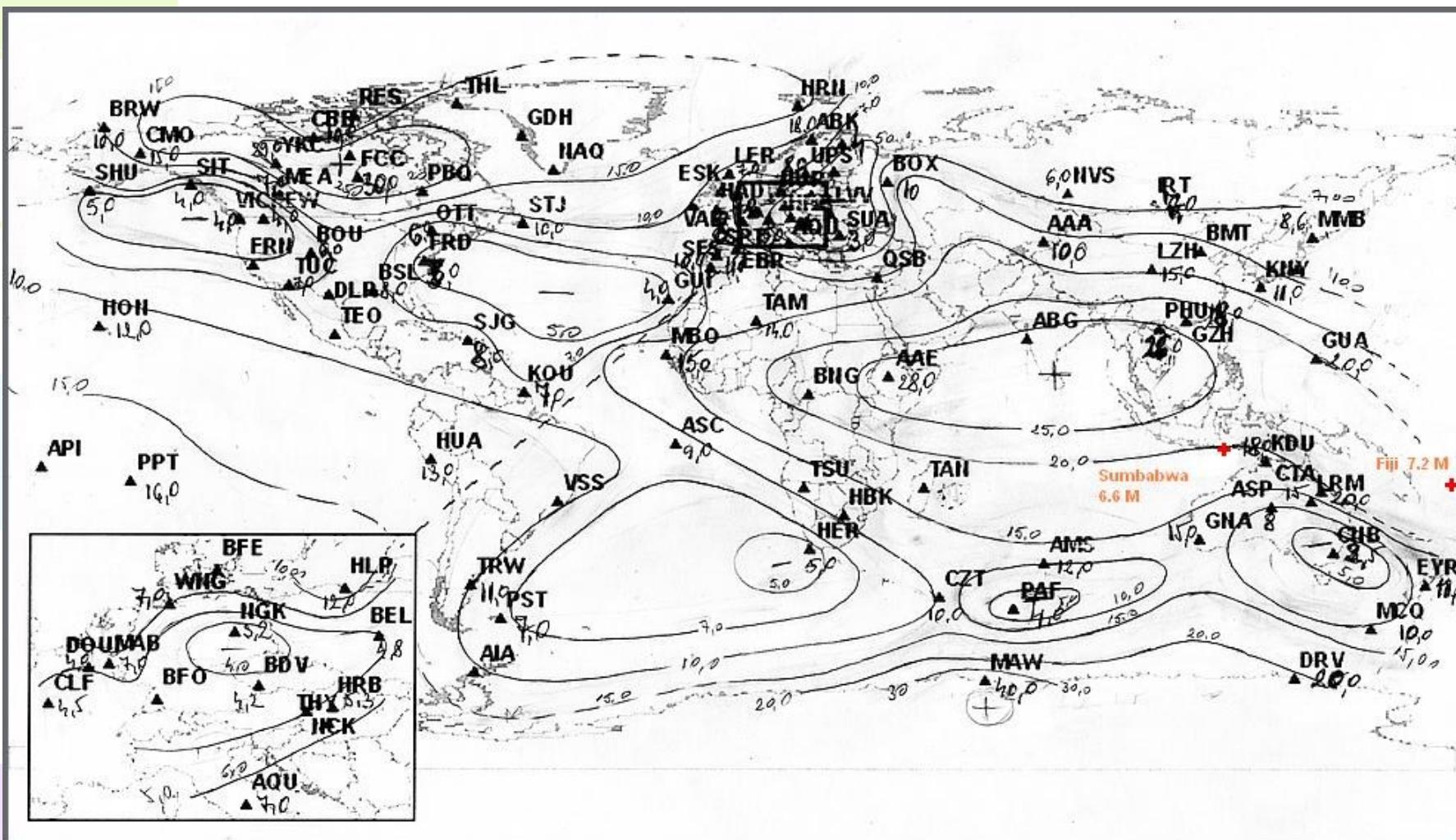
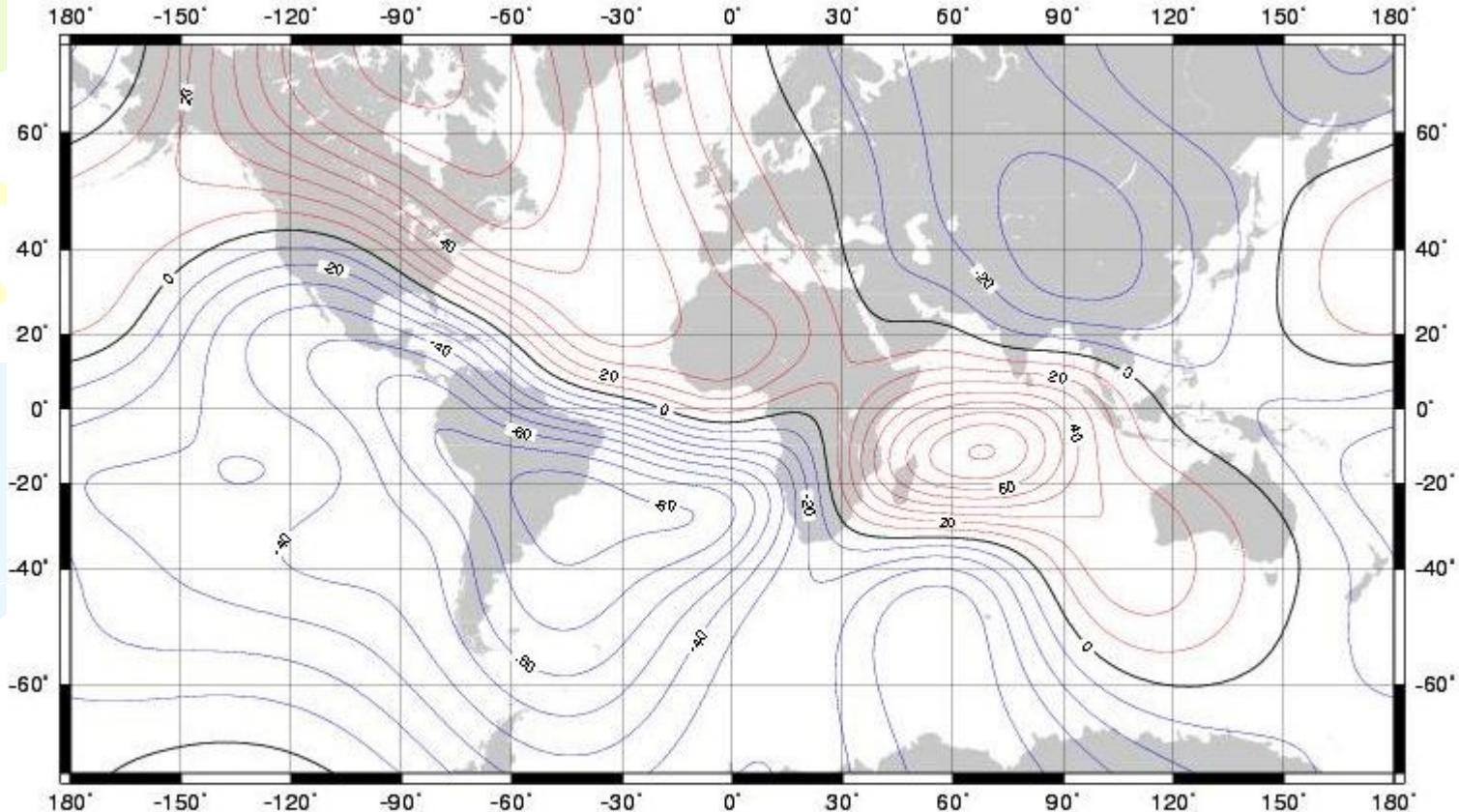
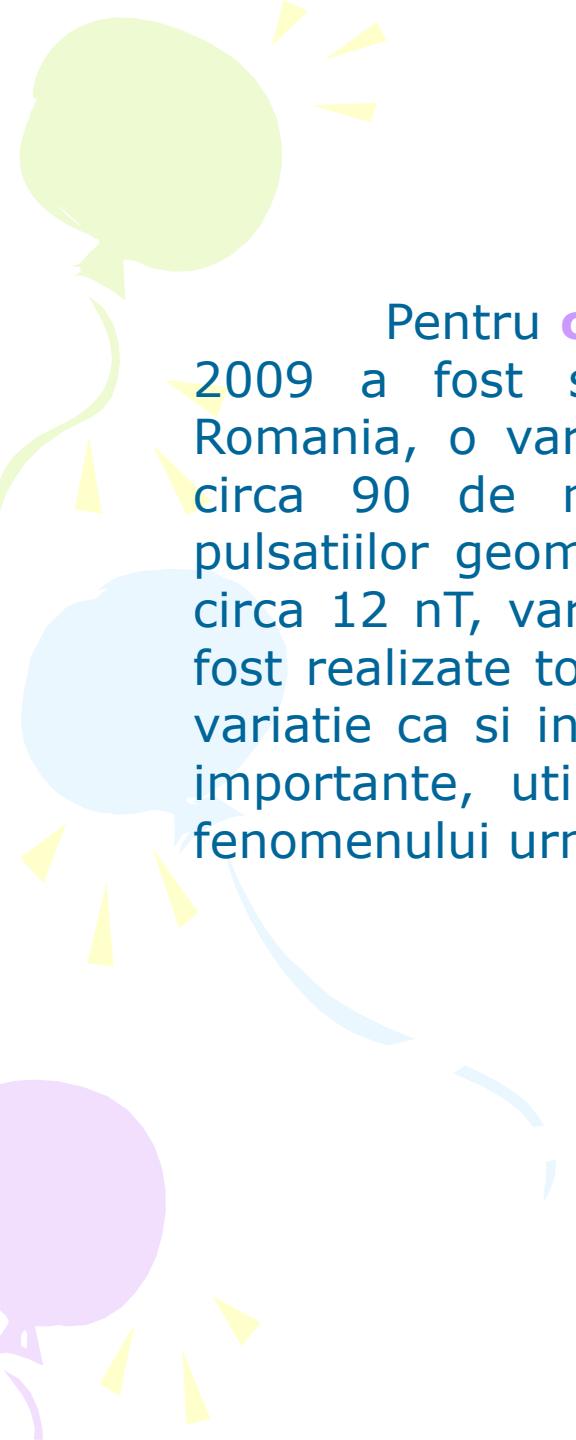


Fig.13 Harta distributiei amplitudinii SSC (nT) corespunzatoare intensitatii totale a campului geomagnetic, Bf.



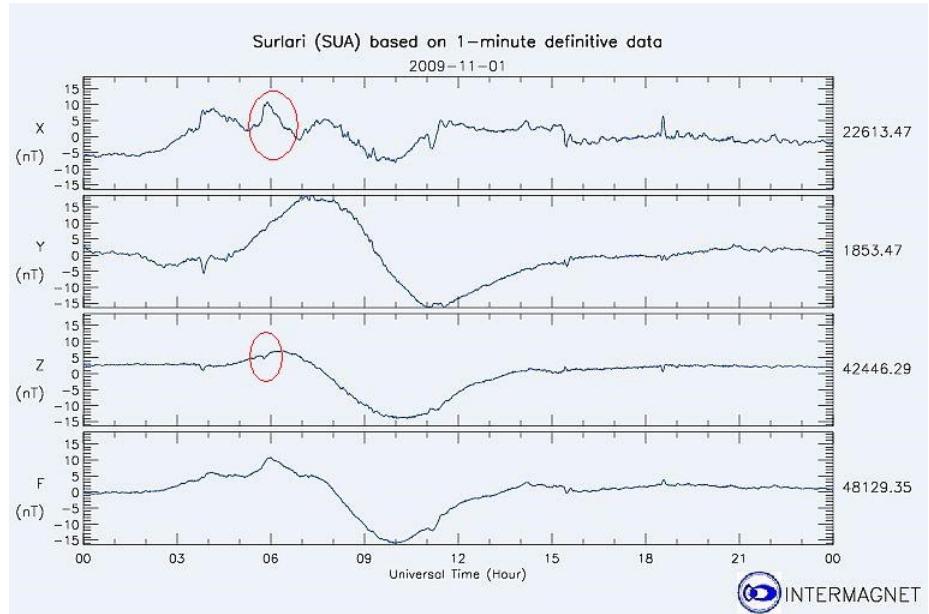
Annual rate of change of north component for 2010.0 to 2015.0 from the World Magnetic Model (WMM2010). Red - positive change, blue - negative change, black - zero change. Contour interval is 10 nT/year and projection is Mercator. This is an example of an isoporic chart. Credit: British Geological Survey (Natural Environment Research Council).

Fig.14 Directia aproximativa NV-SE a zonei cu rata de variatie anuala pozitiva, corespunzatoare intervalului 2010-2015 (BGS, 2010).

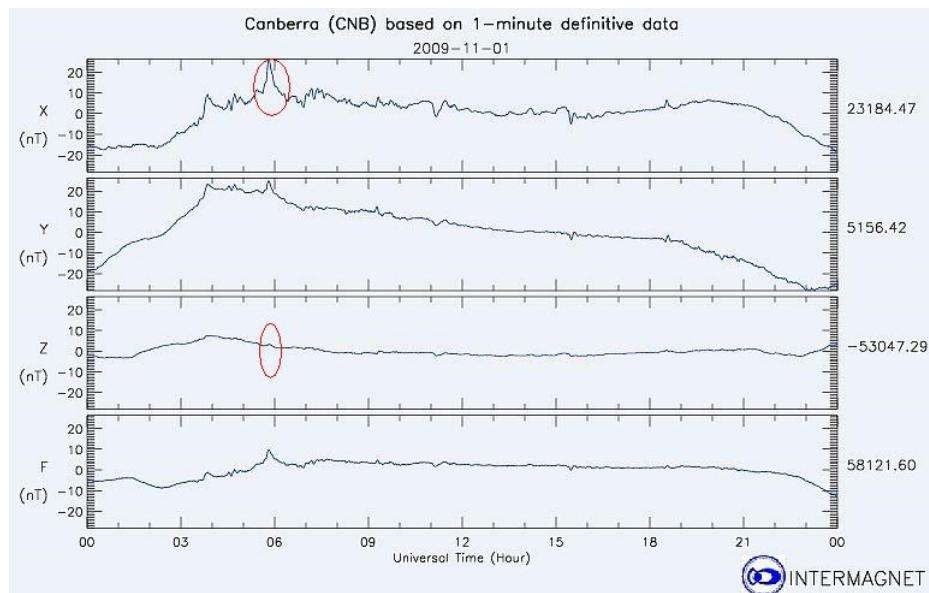


Pentru **comparatie**, pe magnetogramele din 1 noiembrie 2009 a fost selectata, incepand cu observatorul Surlari – Romania, o variatie pozitiva a componentei Bx, cu durata de circa 90 de minute, mult in afara domeniului perioadelor pulsatiilor geomagnetice ULF (0.2-600 s) si cu amplitudinea de circa 12 nT, varful fiind in jurul orei 06:00 UT (Fig.15 a, b). Au fost realizate tot atatea harti de distributie ale acestei forme de variatie ca si in cazul semnalului SSC, constatandu-se deosebiri importante, utile intr-o eventuala incercare de interpretare a fenomenului urmarit (Fig. 16,17).

Fig 15. a, b. Variatie cu forma si amplitudine in componenta Bx, bine definite, aleasa pentru a putea fi identificata in reteaua globala de observatoare geomagnetice (06:00 UTC/01.11.2009). Valorile obtinute au fost utilizate la realizarea de harti de distributie similare celor pentru SSC: a) Observatorul Geomagnetic Surlari - Romania; b) Observatorul Geomagnetic Canberra - Australia.



a)



b)

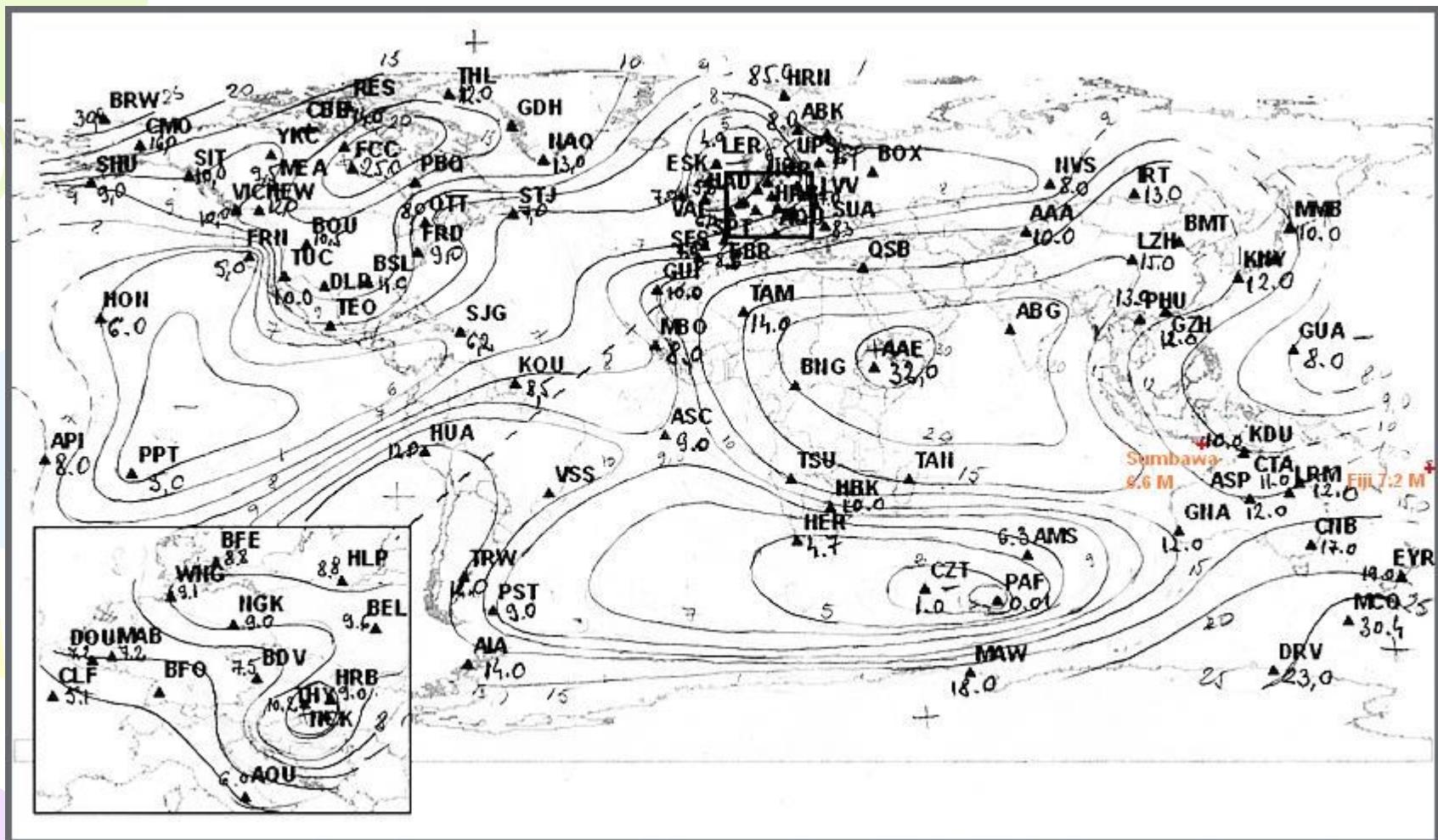


Fig.16 Harta distributiei amplitudinii maxime (nT), a unei variatii in componenta Bx identificata pe magnetograma Observatorului Geomagnetic Surlari – Romania, in data de 1 noiembrie 2009, ora 06:00 UTC.

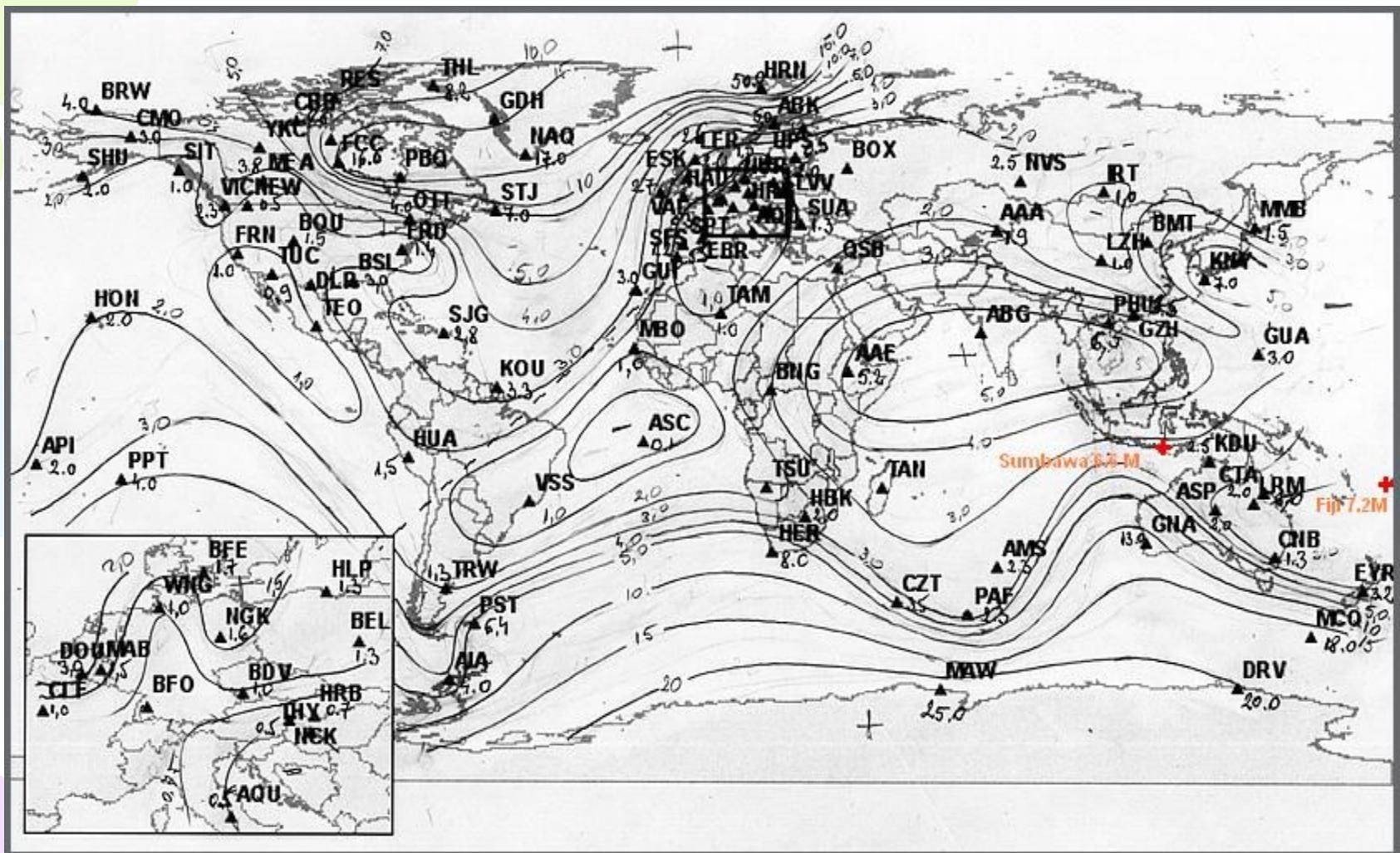


Fig.17 Harta distributiei amplitudinii maxime (nT), a unei variatii in componenta Bz identificata pe magnetograma Observatorului Geomagnetic Surlari – Romania, in data de 1 noiembrie 2009, ora 06:00 UTC.

Desi mecanismul care ar putea justifica existenta **timpului precursor**, aspectul de **semnal tranzitoriu** intr-o perioada de liniste in activitatea solara, sau **legatura SSC cu pozitia pe Pamant a epicentrului** ramane necunoscut, putem aprecia totusi ca fenomenul face parte din categoria celor **electromagnetice**, in domeniul **frecventelor ultrajoase** si are o **acoperire globala**, realizand valorile maxime in zonele polare.

Se pot desprinde cateva concluzii:

1. valorile amplitudinilor SSC si SI interpolate pe hartile de distributie sunt mai mari pe ariile continentale si mai mici in cele acoperite de oceanul planetar sau in zonele insulare;

2. semnalul SSC indica pe hartile Bx, Bz si Bf o crestere a valorilor spre zona epicentrala care ar putea fi si mai importanta, daca s-ar face reducerile necesare privind scaderea amplitudinilor din cauza situarii epicentrelor in zone dominate de apele marilor si oceanelor (Fig. 11,12 si 13);

3. exista o tendinta de grupare a valorilor mari la nord de o zona puternic alungita pe directia NV-SE (Fig.11,12), care pare sa se alinieze marginii de nord a ariei cu valori pozitive a ratei anuale de variatie a componentei orizontale dupa directia nord (Fig.14);

4. ambele seisme au avut conditii de influentare maxima din partea variatiei Sq, avand in vedere pozitia Soarelui aproape de verticala locului la timpul amiezii. Ele s-ar afla de asemenea, pe sectorul estic al eventualei directii NV-SE, care in Europa este aproape de Trans-European Suture Zone (TESZ). Observatorul Geomagnetic Surlari poate face parte din categoria celor aflate la latitudini de peste 30-40 grade, care au de obicei amplitudini mari in cazul variatiilor impulsive (Mayaud, 1975), dar ar putea fi favorizat si de o astfel de structura "sensibila" la semnale electromagnetice in domeniul ULF, conectata la activitatea tectonica de la mare distanta;

5. timpii precursori identificati in legatura cu unele seisme mari din anul 2017 au fost relativ scurti, iar semnalele SSC clare:

SSC		Timp precursor (ore)	Evenimentul seismic considerat				
ziua	ora (UTC)		ziua	ora (UTC)	Magnitudine Mw	Adancime km	Zona
20170716	06:00	42	20170717 20170717	11:05 23:34	6.2 7.7	10 30	Komandorskiye Ostrova Region
20170907	23:00	6	20170908	04:49	8.1	72	Offshore Chiapas-Mexico
20170912	20:00	162	20170919	18:14	7.1	52	Puebla-Mexico
20171021	06:00	77 eveniment asteptat	20171024	10:47	6.5	550	Banda Sea

Determinarile s-au facut, utilizand facilitatile retelei Intermagnet, pe magnetogramale a circa 120 de observatoare geomagnetice disponibile.

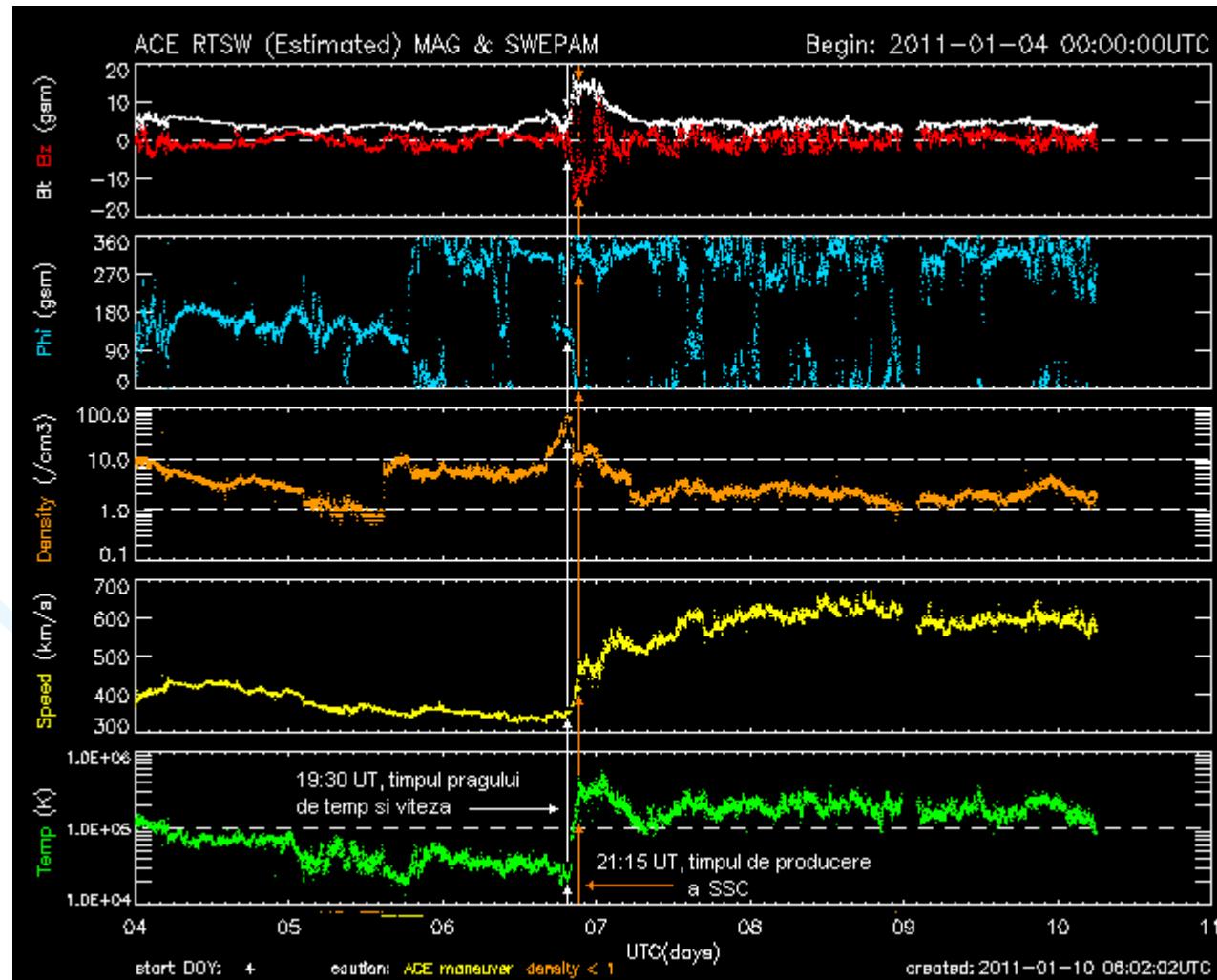
Bibliografie

- Alvestad J. (2017). Solar terrestrial activity report. <http://www.solen.info/solar>
- Duma G. and Ruzhin Y. (2003). Diurnal changes of earthquake activity and geomagnetic Sq variations. *Natural Hazard and Earth System Science*, 3, 171-177.
- Knapmeyer-Endrun B., Kruger F., Legendre C.P., Geissler W.N., PASSEQ Working Group (2013). Tracing the influence of the Trans-European Suture Zone into the mantle transition zone. *Earth and Planetary Science Letters* 363, 73-87.
- Love J. J. (2008). Magnetic monitoring of Earth and space. *Physics Today* 61, 2, 31; <https://doi.org/10.1063/1.2883907>
- Mayaud P. N. (1975). Analysis of storm sudden commencements for the years 1868 – 1967. *Journal of Geophysical Research*, January, Vol.80 NO.I
- Tzanis A. (2010). An examination of the possibility of earthquake triggering by ionosphere-lithosphere electromechanical coupling. *Hellenic Journal of Geosciences* , Vol. 45, 307-316.
- Yousif S. M. E. (2011). Data Analysis. MAGDAS School Redeemer's University, Mowe, Ogun State, Nigeria.
- ARMaps (2009). http://www.solar.ifa.hawaii.edu/ARMaps/Search/ARMaps_200911.html (1 of 2)07.12.2009 14:53:08
- BGS (2010). British Geological Survey (2010). http://www.geomag.bgs.ac.uk/data_service/models_compass/mercator.html (7 of 15)28.07.2011 14:29:33
- Intermagnet (2009; 2017). International Real-Time Magnetic Observatory <http://www.intermagnet.org/data-donnee/dataplot-eng.php>
- MLSO (2009). Mauna Loa Solar Observatory – Hawaii, Chromospheric Helium-I Imager Photometer (CHIP).

The results presented in this paper rely on data collected at magnetic observatories. We thank the national institutes that support them and INTERMAGNET for promoting high standards of magnetic observatory practice (www.intermagnet.org).

Anexe

Comparatie intre conditiile de vant solar (solar-terrestrial), transmise de satelitul ACE la data precursorului SSC (Storm Suden Commencement) - 8 noiembrie 2009 - si cele ale unei perturbatii produse pe ramura ascendenta a ciclului 24, in data de 6 ianuarie 2011 (mai jos)



posibil:

se pare ca cele mai sensibile la SSC sunt zonele de vortex tectonic,
de ex Fiji, cele din nordul Australiei, etc.

