

Cristiano Fidani, che da alcuni anni segue le nostre esperienze e il nostro lavoro, come del resto noi seguiamo con interesse la sua attività di ricerca, ci invia questa estesa nota sui possibili obiettivi che potrebbero uniformare la nostra attività presente e futura.

Pubblicandola vorremmo fosse la base anche di una discussione.

Saranno quindi graditi interventi in questo senso,

che potranno essere inviati a

[Info@itacomm.net](mailto:Info@itacomm.net)

Con soggetto "Obiettivi CIPH"

A settembre renderemo pubblica la discussione.

Grazie per la collaborazione.

*Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen*

## Obiettivi scientifici raggiungibili dalle osservazioni dei fenomeni luminosi in atmosfera

Cristiano Fidani<sup>1</sup><sup>1</sup>ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE, Sez. Perugia

I dati raccolti dalla stazione SOSO (Silvestri 2008), dalle stazioni della rete IMTN e del progetto ITATOR costituiscono un patrimonio fondamentale nella ricerca pionieristica dello studio dei fenomeni luminosi in atmosfera. Questi fenomeni hanno oggi svelato una serie di accadimenti in alta atmosfera che si ripetono su larga scala in maniera ricorrente (Pasko 2003), così da costituire una nuova realtà di indagine grazie alle tecnologie che migliorano la nostra percezione ottica. La somiglianza di alcune registrazioni con le osservazioni luminose di origine elettrica ha sostenuto l'idea che anche in questo caso si abbia a che fare con fenomeni legati all'elettricità atmosferica (Pasko 2002), spingendo gli studiosi alla ricerca dei processi responsabili dell'emissione di luce in una sfida che non ha niente da invidiare alle altre branche della scienza. Poiché questi fenomeni luminosi hanno una durata caratteristica molto breve, inferiore alla decina di millisecondi, fanno pensare a variazioni repentine delle grandezze elettriche in gioco e l'indagine sulla loro natura ricade nel campo dell'elettrodinamica. Svitati processi di indagine sono oggi associati ai fenomeni dell'elettrodinamica in un mezzo dielettrico come l'atmosfera, cosicché un approccio multidisciplinare allo studio di questi fenomeni luminosi può contribuire a rivelare qualche aspetto nuovo relativo al loro legame con altri processi geofisici.

Ad ulteriore sostegno di un approccio multidisciplinare si può osservare che non esiste ancora una visione unitaria della grande diversità di forma dei fenomeni luminosi (Lyons 2003) e che, per far luce sui processi che li originano, si dirigono gli studi verso l'acquisizione di un maggiore dettaglio sul tempo, posizione e caratteristiche spettrali degli eventi (Marshall 2007). Questo approccio segue l'abitudine della scienza a scomporre un fenomeno in eventi elementari, di durata e dimensioni inferiori a quelle dell'intero evento, e ad ordinarli in relazioni di causa-effetto. In questo approccio la spettroscopia ha lo scopo di comprendere la parte materiale del fenomeno, interpretando le emissioni luminose attraverso i costituenti microscopici del gas atmosferico e le loro mutue interazioni (Pasko 2007). D'altra parte, un approccio multidisciplinare dello stesso fenomeno, di cui l'emissione luminosa è un aspetto, permetterebbe di caratterizzare l'ambiente dove si svolge, anche se esso è molto più grande della regione che emette luce. Questo approccio rappresenterebbe un metodo complementare di indagine, dove il fenomeno è pensato essere dovuto ad una liberazione dell'energia contenuta nell'ambiente che lo circonda, come già ipotizzato in ambiti differenti (Bak 1991).

Se le apparecchiature necessarie per descrivere con maggiore precisione l'evoluzione spazio temporale e spettrale di questi fenomeni risultano molto costose, l'analisi multidisciplinare dell'ambiente dove si svolgono offre qualche ulteriore spunto di indagine realizzabile attraverso strumenti elettromagnetici alla portata di piccoli gruppi di studio. Gli strumenti a basso costo da affiancare per esempio a SOSO, possono essere dei sensori elettrici e magnetici in ELF e VLF, dei ricevitori in LF, un radometro per la radioattività naturale, un elettrometro per la misura di carica elettrica in atmosfera, dipoli elettrici per la misura di correnti di terra e dei ricevitori GPS. Inoltre, in rete sono disponibili tutta una serie di dati interessanti che possono dare informazioni sull'ambiente che caratterizza i fenomeni luminosi in atmosfera. Essi sono: le triangolazioni dei fenomeni di fulminazione temporalesca, le perturbazioni atmosferiche regionali, le misure dallo spazio nell'infrarosso e di precipitazione di particelle, le perturbazioni geomagnetiche e solari. La possibile utilità di dati e misure è descritta nelle righe seguenti.

Nella banda VLF e attraverso i ricevitori nella banda LF è possibile sondare le caratteristiche del canale sub-ionosferico nelle direzioni delle emittenti. Infatti, molti lavori sono stati presentati su questo argomento in relazione ai fenomeni sismici (Biagi 2007) e da qualche tempo anche in occasione dei fenomeni luminosi transitori in atmosfera (Kumar 2008). In questi lavori è stato mostrato l'andamento dell'ampiezza del segnale di un ricevitore situato nella parte opposta

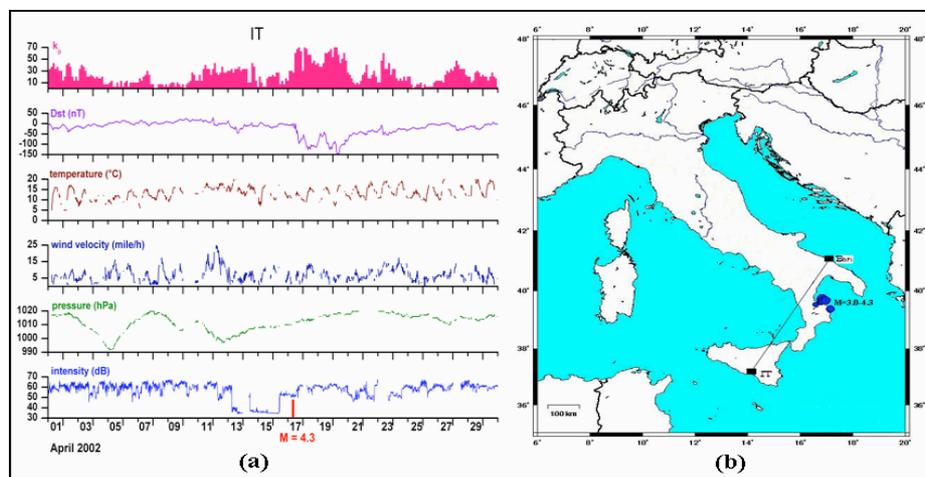


Fig. 1. Diminuzione del campo elettrico in occasione del terremoto nel Golfo di Taranto dell'Aprile 2002 (Biagi 2007).

alla posizione dell'emittente rispetto alla regione interessata dal fenomeno, cioè quando il canale sub-ionosferico attraversa la regione dell'epicentro o dell'atmosfera che emette luce. Ad esempio, prima di forti terremoti è stata messa in evidenza una riduzione dell'ampiezza del segnale ricevuto, che fanno pensare ad una variazione delle proprietà dielettriche dell'atmosfera attraverso cui si propaga il segnale. Nella figura 1, la linea verticale rossa nel grafico (a) indica il momento del terremoto, l'evento è stato preceduto da una diminuzione dell'ampiezza del segnale radio il cui tragitto ha sovrastato la regione dell'epicentro del terremoto, visibile nella figura 1b. In maniera analoga, il segnale di altre stazioni VLF, campionato ad appropriata frequenza, ha mostrato repentine perturbazioni riconducibili ai fenomeni luminosi transienti apparsi nel canale sub-ionosferico (Inan 1995).

Un contatore Geiger per la misura della radioattività naturale insieme ad un misuratore di carica in atmosfera sono utili per capire se i fenomeni elettrici che si osservano sono legati alla ionizzazione dell'aria dovuta al decadimento del gas radioattivo oppure all'emissione di carica dalla crosta per effetto dell'aumento di stress (Freund 2009). Sebbene gli sprites si verificano ad altitudini difficilmente raggiungibili per questo gas, alcuni studi teorici hanno mostrato che l'emissione di Radon su larga scala può indurre il movimento di cariche e la creazione di campi elettrici fino alle quote di tali fenomeni, vedi figura 2 (Liperovsky 2005), inoltre, il fenomeno di condensazione delle gocce d'acqua intorno agli ioni prodotti dal decadimento può riscaldare la bassa atmosfera aumentando la sua emissione infrarossa (Pulinets 2006). L'energia liberata in atmosfera nel processo di emissione di Radon legato all'attività sismica, è stata valutata essere molte volte superiore all'energia liberata dal terremoto stesso (Pulinets 2010), tale energia sarebbe capace di influenzare anche gli strati più alti della ionosfera.

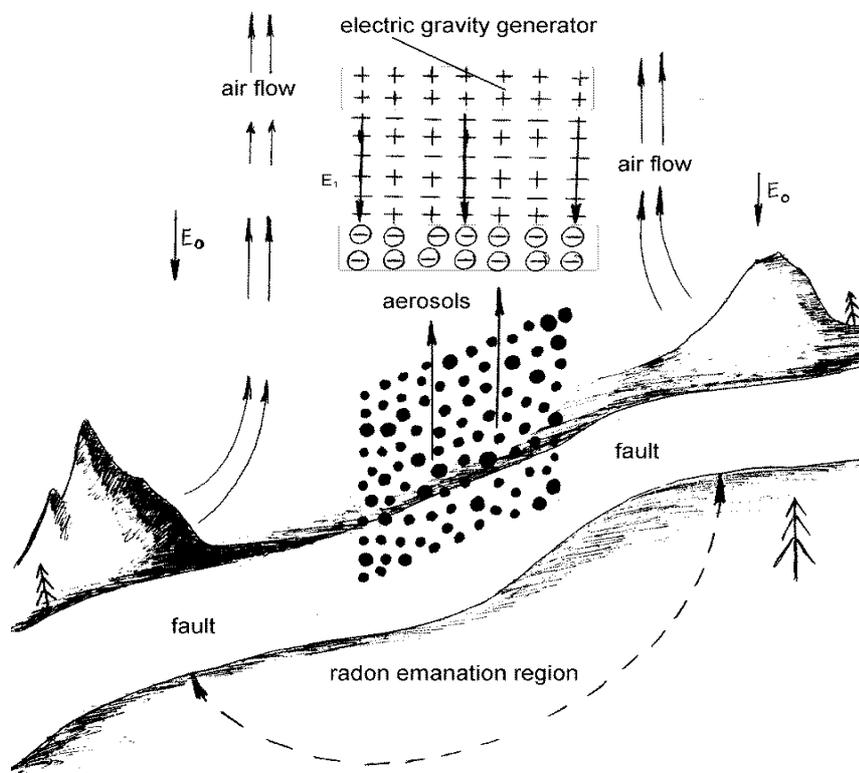


Fig. 2. Impulsi di campo elettrico generati da nuvole di aerosol sulla regione del futuro epicentro (Liperovsky 2005).

In questo processo di migrazione di gas e di energia vengono inquadrati anche le luci sismiche. Osservate in grande quantità in occasione di molti terremoti, esse compaiono abbondantemente anche prima degli eventi principali. Ad esempio, in occasione del terremoto dell'Aquila, il rossore del cielo e delle nuvole insieme con le sfere luminose sono state osservate prima del 6 aprile 2009 (Fidani 2010). questi avvistamenti sono stati fatti principalmente nella Valle dell'Aterno, quasi esclusivamente sulla regione di faglia, con pochi avvistamenti fatti ad una distanza maggiore di 10km e sempre all'interno di un raggio di 50km dall'epicentro. Poiché i forti terremoti in Italia si sono verificati principalmente nella regione appenninica là dove ci sono bacini circondati da montagne, potrebbe essere utile attivare delle stazioni di video registrazione in grado di catturare fenomeni luminosi transitori, come quelli usati per gli sprites, proprio sui bordi di questi bacini ma puntati sulla parte più bassa dell'atmosfera. Se poi si osserva che i maggiori terremoti italiani sono sempre stati preceduti da sciame sismici, si può pensare (Fidani 2010) di realizzare delle stazioni mobili, semi-mobili o comunque di facile trasferimento, da installare in quelle regioni dove di volta in volta si presenta uno sciame, per cercare di capire la sua evoluzione. Una rete per questo genere di monitoraggio sarebbe innanzitutto utile per avere un campione statisticamente significativo di osservazioni, ma è anche indispensabile per eseguire indagini più approfondite dei singoli fenomeni, sulla loro precisa determinazione spaziale e natura. Ad ulteriore conferma di quest'ipotesi, attraverso i sistemi GPS è stato possibile valutare il contenuto elettronico della

regione della ionosfera interposta fra satellite e ricevitore. Questa tecnica è stata in grado di rivelare delle sensibili variazioni di tale concentrazione qualche giorno prima dei forti terremoti al di sopra della regione dell'epicentro (Smirnova 2007). Le variazioni del contenuto elettronico della ionosfera possono essere messe in relazione con i fenomeni luminosi in atmosfera e sono utili a sondare le variazioni di concentrazioni ioniche nelle regioni sopra gli avvistamenti. Tali misure possono essere utilizzate per stimare la quantità di carica che si concentra momentaneamente nella ionosfera, così da rendere valutabile la carica elettrica necessaria ad innescare il processo di emissione luminosa. Due dipoli elettrici perpendicolari per le misure di correnti di terra possono essere utili a fornirci un riflesso delle correnti presenti nella ionosfera e nella regione immediatamente sottostante per effetto dell'induzione (Pulkkinen 2005). In altri termini, la misura delle correnti telluriche può essere utile per vedere se ci sono spostamenti e concentrazioni di carica in una regione dell'atmosfera, per riflesso dei fenomeni transitori associati. In particolare, tali studi sono anche importanti per capire se gli impulsi registrati ripetutamente in occasione dei fenomeni sismici (Varotsos 2007) hanno origine nella crosta, oppure nell'atmosfera. Infatti, come si può vedere dalla figura 3, diversi fenomeni luminosi sono associati all'emissione di impulsi nella banda ELF (Greenberg 2007).

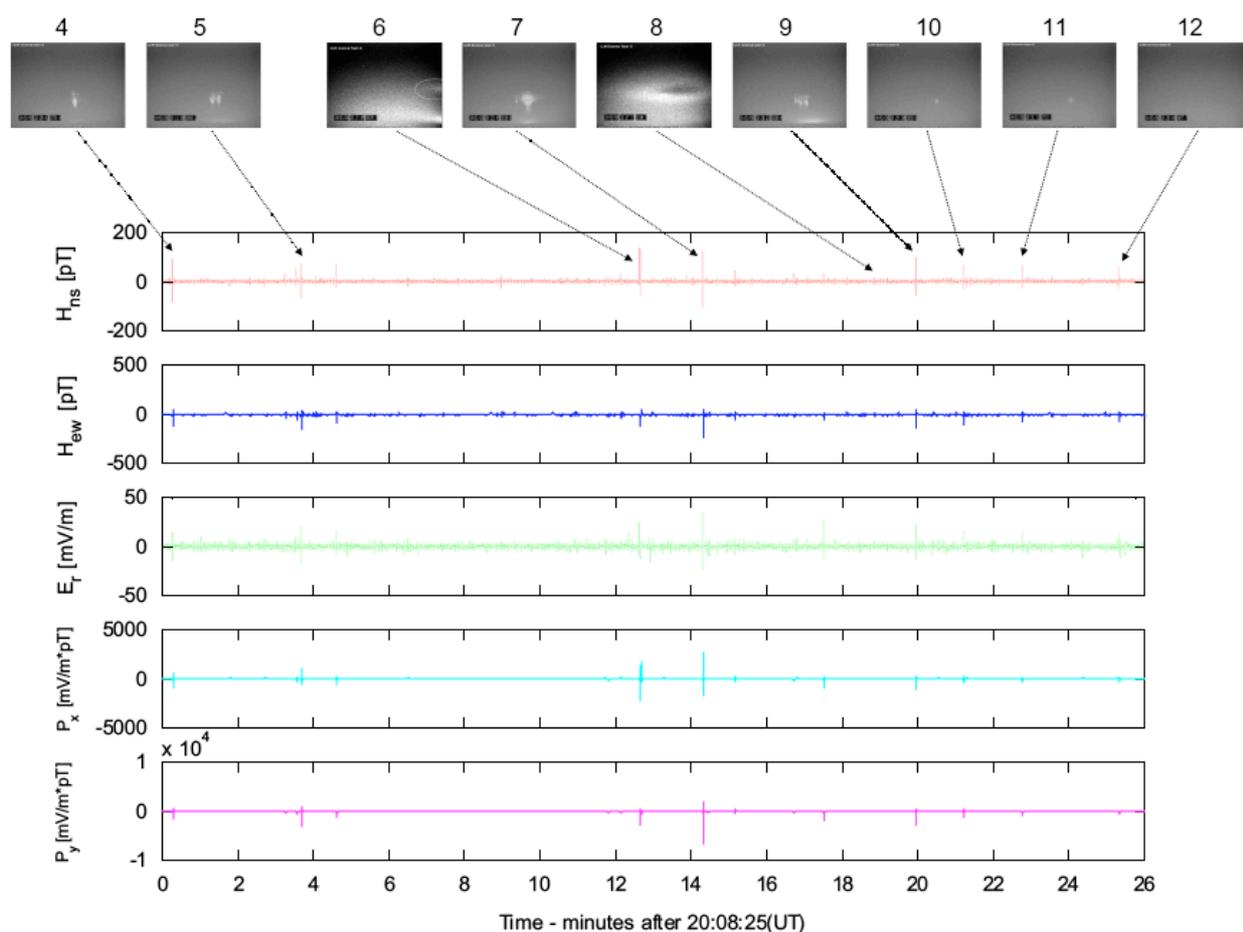


Fig. 3. Sprites e elves sono catturati ed associati ad intensi segnali ELF (Greenberg 2007).

Le misure di particelle cariche ad opera dei satelliti NOAA può essere utile per capire se i fenomeni elettrici in alta atmosfera hanno delle cause esterne all'atmosfera stessa. In particolare, i dati pubblici dei satelliti NOAA, riguardano il passaggio di particelle energetiche nelle regioni attraversate dai satelliti, elettroni e protoni con energie fra pochi eV e qualche MeV. Tali particelle si suppone che provengano dal bordo inferiore delle Fasce di Van Allen e siano capaci di ionizzare la parte più alta dall'atmosfera sotto i 100 Km. La loro precipitazione avviene principalmente in occasione delle perturbazioni solari e in minore conseguenza di forti temporali, uragani, emissioni elettromagnetiche antropiche e forse terremoti (Fidani 2008).

La figura 4 mostra i conteggi del detector di elettroni del NOAA 15 durante il giorno 26 dicembre 2004. A sinistra sono disegnate le orbite percorse dal satellite in coordinate geografiche e la posizione della faglia del terremoto di Sumatra con il Tempo Universale dell'evento. Le frecce indicano i luoghi e il verso di percorrenza del satellite negli intervalli in cui il detector ha misurato degli eccessi nel conteggio di particelle. Le linee tratteggiate delimitano le regioni polari e l'Anomalia Sud Atlantica, dove i flussi di particelle sono grandi e difficili da analizzare. A destra è riportata l'entità dell'anomalia nello stesso giorno, evidenziando la sua ampiezza eccezionale rispetto a quella misurata nelle altre posizioni dell'orbita, tenendo conto che il 26 dicembre 2004 non è stato caratterizzato da perturbazioni solari significative.

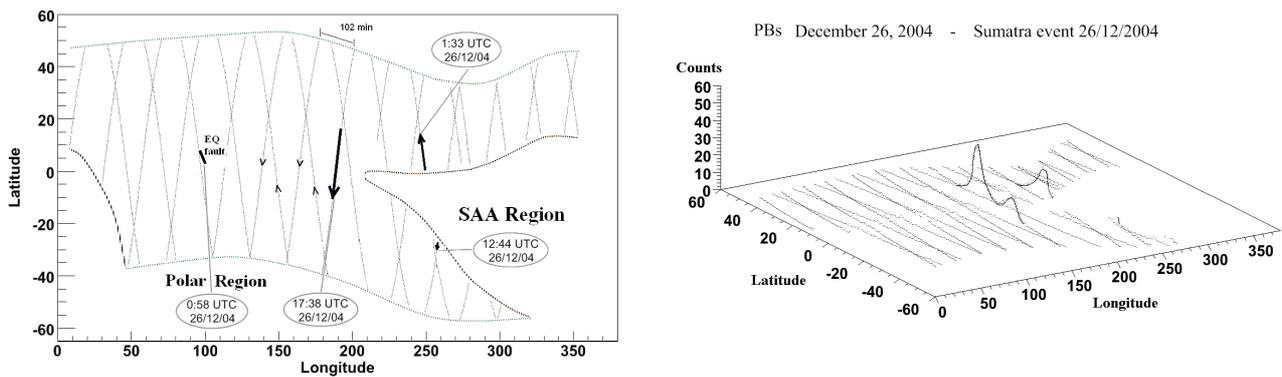


Fig. 4. Il conteggio di particelle misurato a bordo del satellite NOAA 15 il 26 dicembre 2004 (Fidani 2008).

In conclusione, gran parte dello spettro elettromagnetico viene coinvolto da questi fenomeni geofisici e ogni intervallo dello spettro elettromagnetico può dare informazioni sui particolari di un processo che ai nostri sensi è quasi impercettibile. La video cattura dei fenomeni luminosi viene proposta come uno strumento di misura a sé, che ha l'obiettivo di catalogare con sistematicità le forme, i colori, i tempi, la posizione e l'estensione delle manifestazioni luminose dei terremoti e dell'alta atmosfera. Tuttavia, è insieme ad altre misure che il video monitoraggio potrà dare un contributo alla comprensione del complesso processo di migrazione di energia che si manifesta in forme differenti, tale migrazione può essere la chiave di svolta nella previsione di questi fenomeni ancora non completamente compresi.

### Bibliografia

- Bak, P. and Chen, K., Self-Organized Criticality, Scientific American, January, 26, 1991.
- Biagi, P.F. et al., Decrease in the electric intensity of VLF/LF radio signals and possible connections, NHESS, 7, 423, 2007.
- Fidani, C. and Battiston, R., Analysis of NOAA particle data and correlations to seismic activity, NHESS, 8, 1277, 2008.
- Freund, F.T., et al., Air ionization at rock surfaces and pre-earthquake signals, J. Atm. Solar-Terrestrial Phys., 71, 1824, 2009.
- Greenberg, E., et al., ELF transients associated with sprites and elves in eastern Mediterranean winter thunderstorms, J. Atm. Terr. Phys., 69, 1569, 2007.
- Inan U.S., et al., VLF signatures of ionospheric disturbances associated with sprites, Geophys. Res. Lett., 22, 3461, 1995.
- Kumar, S., et al., Subionospheric early VLF perturbations observed at Suva: VLF detection of red sprites in the day?, J. Geophys. Res., 113, A03311, 2008.
- Liperovsky, V.A., et al., On the possible influence of radon and aerosol injection on the atmosphere and ionosphere before earthquakes, NHESS, 5, 783, 2005.
- Lyon, W.A., et al., Upward electrical discharges from thunderstorms tops, Am. Meteor. Soc., April, 445, 2003.
- Marshall, R.A. and Inan, U.S., Possible direct cloud-to-ionosphere current evidenced by sprite-initiated secondary TLEs, Phys. Rev. Lett., 34, L05806, 2007.
- Pasko, V.P., et al., Electrical discharge from a thundercloud top to the lower ionosphere, 416, 152, 2002.
- Pasko, V.P., Electric Jets, Nature, 423, 927, 2003.
- Pasko, V.P., Theoretical modelling of sprites and jets, in Sprites, Elves and Intense Lightning Discharges, Fullekrug et al. (eds), Springer, pp.253-311, 2006.
- Pasko, V.P., Red sprite discharges in the atmosphere at high altitude: the molecular physics and the similarity with laboratory discharges, Plasma Sources Sci. Technol., 16, S13-S19, 2007.
- Pulkkinen, A., et al., First-principles modeling of geomagnetically induced electromagnetic fields and currents from upstream solar wind to the surface of the Earth, Ann. Geophys., 25, 881, 2005.
- Pulintets, S.A., et al., The physical nature of thermal anomalies observed before strong earthquakes, Phys. Chem. Earth, 31, 143, 2006.
- Pulintets, S.A. and Ouzounov, D., Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling (LAIC) model - An unified concept for earthquake precursors validation, J. Asian Earth Sci., accepted March 2010.
- Silvestri, M.: Come Realizzare SOSO: Smart Optical Sensors Observatory, available at: <http://www.ciph-soso.net/SOSO/SOSO%3A%20REALIZZAZIONE.html>, 2008.
- Smirnova E.V. and Smirnov V.M., Monitoring the Earth Ionosphere During the Earthquake by Radio Translucence Method by GPS Data, IEEE, 1-4244-1057-6, 666, 2007.
- Varotsos, P.A., et al., Electric pulses some minutes before earthquake occurrences, App. Phys. Lett., 90, 064104, 2007.