

# Analisi radio dello sciame meteorico delle Liridi nel periodo 2005-2006

IARA, SdR RadioAstronomia UAI, Astronomia Valli del Noce, Società Italiana di Fisica, IMO

---

## Abstract

*The Lyrids meteor stream has a medium activity and its origin is cometary. Their parent body is the comet Thatcher, that passed the last time near Earth in 1861. The stream occurs in the last days of April and the maximum of activity occurs in the day 22 April. The Lyrids were studied in 2005 and 2006 using radio observations. The radio data were obtained using the meteor scatter techniques. The data were taken from the Radio Meteor Observation Bulletins. The purpose of this analysis is the definition of a profile for the activity of the swarm during the maximum. From the profile they have been defined the main characteristics of the stream. The solar longitude of the maximum of the activity is  $\lambda_0 = 32.18^\circ \pm 0.02^\circ$  in 2005 and  $\lambda_0 = 32.01^\circ \pm 0.02^\circ$  in 2006. The data show that the maximum is characterized only from a peak.*

---

*Nella notte di sabato, primo giorno di Safar dell'anno 599 A.E. (19 ottobre del 1202), le stelle caddero in gran numero; se ne vide un numero enorme tutto d'un colpo. Attraversavano il cielo verso sud-est, da Sana verso Aden. Non potrei dire se siano apparse anche altrove oppure no. Hanno continuato dalla prima ora della notte fino alle prime luci dell'alba. Non è stato notato alcun moto delle stelle conosciute dalle loro posizioni normali.*

*al-Mshani da Sana, la capitale dello Yemen*

## Introduzione

Lo sciame meteorico delle Liridi fa parte di quegli sciami in cui l'attività meteorica è molto bassa per molti anni, ma presenta qualche volta una intensa attività. Negli anni cosiddetti normali il massimo di attività si registra nel periodo dal 21 al 23 aprile con un tasso orario zenitale medio da 10 a 15 [1]. L'attività dello sciame copre un intervallo che va da circa il 14 al 26 aprile [2]. Le prime registrazioni, che evidenziavano la presenza di uno sciame meteorico ricorrente, risalgono al 1835 per opera di Arago [3][4]. Furono ritrovati in cronache più antiche la presenza di attività per questo sciame, ed in particolare si osservò la presenza di un outburst nel 1803 [5][6]. Andando ad analizzare le cronache di antichi osservatori cinesi, si scopre come questi abbiano descritto uno di questi eventi come "stelle che cadono come pioggia" [7].

Altri eventi importanti, verificatesi nel 687 e 15 a.C., sono stati associati con l'attività delle Liridi.

Dai dati raccolti per l'outburst del 1803 è stato possibile definire preliminarmente la posizione del radiante che è risultata essere pari a  $273^\circ$  in ascensione retta e  $45^\circ$  in declinazione [8]. Tuttavia dai dati raccolti nel diciannovesimo secolo è emerso come la posizione del radiante fosse inferiore di  $10^\circ$  in declinazione [9][10]. È difficile affermare se questo cambiamento in declinazione sia dovuto ad un reale mutamento dello sciame o causato da errori nelle osservazioni. Tale valore inferiore in declinazione sembra essere perdurato per tutto il ventesimo secolo [2][11][12]. La posizione recente del radiante delle Liridi è pari a  $272^\circ$  in ascensione retta e  $34^\circ$  in declinazione [13].

La cometa progenitrice delle Liridi fu identificata nel 1867 e si tratta della cometa C/Thatcher 1861 G1 [6][14]. I parametri orbitali hanno subito delle modificazioni nell'arco degli anni [15][16][17] fino a giungere agli attuali parametri [18][19]. Osservazioni astrometriche di questa cometa esistono solo dal 1861 e implicano un periodo per la cometa pari a 415 anni. L'orbita ottenuta per la C/Thatcher 1861 G1 è molto simile a quella media ottenuta per le Liridi [13].

Lo scopo del presente lavoro è quello di migliorare la conoscenza delle caratteristiche dello sciame meteorico delle Liridi. Attraverso dati radio verranno ricreati i profili di attività dello sciame dai quali verranno ricavate le principali caratteristiche dello sciame prima fra tutte la longitudine solare del massimo. La procedura di analisi verrà proposta da un punto di vista matematico con una trattazione non tradizionale.

## Procedura di analisi dei dati

I dati sono stati prelevati dall'archivio internet del Radio Meteor Observation Bulletins (RMOB). In questa ricerca sono stati analizzati gli anni 2005 e 2006.

I dati raccolti dagli osservatori del RMOB utilizzano la tecnica del meteor scatter operante nella banda VHF da circa i 50 MHz ai 100 MHz.

Non esistendo una tecnica standard che permetta di analizzare tali dati, si è creata una procedura di analisi consistente con le usuali procedure che si adottano in ambiti simili.

Innanzitutto sono stati selezionati quegli osservatori che avessero un numero sufficiente alto di osservazioni durante tutto il mese di aprile. Per ognuno di essi si è valutato in maniera approssimativa l'andamento dell'attività meteorica dello sciame delle Liridi. È stato

valutato il giorno del massimo che per entrambi gli anni è risultato essere il 22 aprile, longitudine solare pari a 31.898 - 32.833 per il 2005 e 31.649 - 32.584 per il 2006.

**Tabella 1.** La tabella, per ogni anno considerato nell'analisi, evidenzia il numero di osservazioni dello sciame (#oss) e quelle effettivamente utilizzate nell'analisi (#util).

Anno	#oss	#util
2005	15	14
2006	17	10
Totale	32	24

I dati così selezionati tuttavia risentono di due fattori di disturbo: il primo si riferisce al background sporadico ed il secondo all'effettiva visibilità dello sciame durante il giorno del massimo [1]. Per correggere la prima causa di errore è stata utilizzata la procedura di sottrazione del background. Tale tecnica consiste nell'andare a selezionare alcuni giorni, nel caso in esame tre incentrati in media intorno al 6 aprile, dove l'attività dello sciame e di qualsiasi altro sciame fosse assente. Selezionati i tre giorni si è andati a mediare l'attività ad intervalli orari creando così un set di dati caratterizzati da attività sporadica. Il fatto di utilizzare degli intervalli orari deriva in quanto l'attività di fondo non è costante durante la giornata (variazioni diurne) e il motivo per cui sono stati selezionati dei giorni non troppo distanti dal massimo scaturisce dal fatto che l'attività di fondo non è neppure costante durante l'anno (variazioni stagionali). Il set di dati ottenuto è stato sottratto a quello registrato per il giorno del massimo.

La seconda procedura effettuata è stata quella di cancellare quei dati che sicuramente non erano caratterizzanti delle sciame. In effetti, uno sciame meteorico è osservabile solo se il suo radiante si trova sopra l'orizzonte. In questo caso è stata creata per ciascun osservatore una curva di visibilità dello sciame. Sono stati rigettati quei dati in cui il radiante dello sciame si trovava sotto i 20° rispetto all'orizzonte.

Dunque per ogni osservatore è stato creato il profilo di attività dello sciame durante il 22 aprile, giorno del massimo. Il profilo è stato normalizzato al valore massimo in quanto attraverso questa operazione è possibile confrontare e lavorare sui diversi profili.

Utilizzando i diversi set di dati è stato possibile ricreare il profilo comune dell'attività dello sciame. Tale profilo è stato ricavato utilizzando la funzione media nei vari intervalli orari ed il risultato ottenuto è stato normalizzato al valore massimo in modo che il picco fosse caratterizzato da un valore pari ad 1.

È stato così ricavato il grafico tasso normalizzato in funzione della longitudine solare.

Tale procedura può venire descritta anche in un linguaggio matematico nel seguente modo. Si definisca  $X$  la matrice che ha per colonne i vari set di dati per ogni osservatore e per righe l'intervallo orario:

$$X = (X_{ij})$$

con  $i = 1, \dots, N$  dove  $N$  è il numero di osservatori e  $j = 0, \dots, 23$  rappresenta gli intervalli orari. Chiamo ora  $X_j$  il vettore riga tale che

$$X_j = \{X_{1j}, \dots, X_{Nj}\} = \{X_{zj}\}$$

per ogni  $j$  fissato e con  $z = 1, \dots, N$ . Definisco ora il valor medio del seguente vettore in questo modo [20]:

$$\langle X_j \rangle = \frac{\sum_{z=1}^N X_{zj}}{N}$$

Ora definisco il vettore normalizzato che serve per creare il profilo comune nel seguente modo:

$$\bar{X} = \{\bar{X}_j\}$$

dove  $\bar{X}_j = \frac{\langle X_j \rangle}{\max \langle X_j \rangle}$  rappresenta il valore

normalizzato rispetto a quello massimo.

Per il calcolo dell'errore sul tasso è stata utilizzata una procedura non codificata che qui verrà spiegata in breve. Per ogni intervallo orario vi è una distribuzione di valori caratterizzata da un valor medio e da uno scarto quadratico medio se si suppone che la distribuzione sia binomiale. Tale valore è pari a [20]:

$$\sigma_{X_j} = \sqrt{\frac{\sum_{z=1}^N (X_{zj} - \langle X_j \rangle)^2}{N}}$$

In realtà la distribuzione non può essere caratterizzata da una simmetria rispetto al valore massimo. Per questo sono state applicate delle correzioni che derivano dall'analisi statistica e precisamente è stato applicato un fattore correttivo pari a  $\sqrt{2N}$ . L'errore sul singolo valore normalizzato è stato valutato nel seguente modo:

$$\sigma_{\bar{X}_j} = \frac{1}{\sqrt{2N}} \frac{\sigma_{X_j}}{\langle X_j \rangle} \bar{X}_j$$

dove  $\frac{\sigma_{X_j}}{\langle X_j \rangle}$  rappresenta l'errore relativo sulla misura.

La precedente formula può anche essere riscritta nel seguente modo:

$$\sigma_{\bar{X}_j} = \frac{\sqrt{\sum_{z=1}^N (X_{zj} - \langle X_j \rangle)^2}}{\sqrt{2N} \max \langle X_j \rangle}$$

L'errore sulla longitudine solare è pari a  $0.02^\circ$  che corrisponde a circa mezz'ora in quanto i valori del tasso sono orari.

### Risultati del 2005

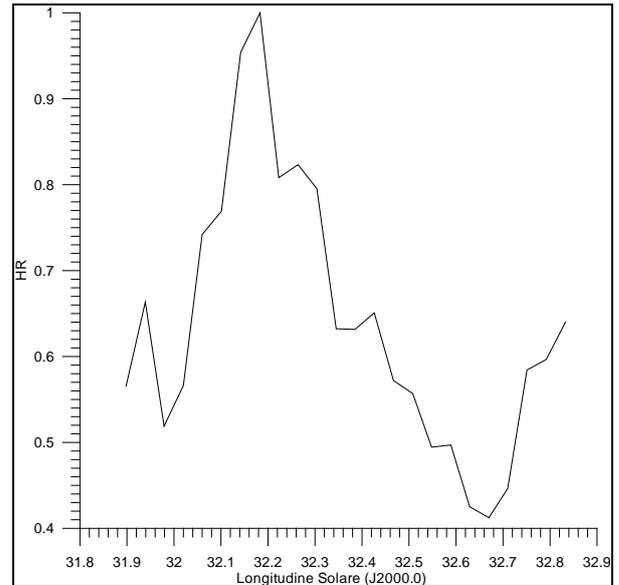
Come già visto, nel 2005 quasi tutti i set di dati dei vari osservatori sono stati utilizzati per lo svolgimento dell'analisi. Questo ha permesso di ottenere un profilo alquanto dettagliato poiché i vari report provengono da tutto l'emisfero boreale, dagli USA, all'Europa, fino alla Cina e al Giappone.

Nella tabella seguente sono riportati i valori relativi all'attività meteorica dello sciame delle Liridi. In questo tipo di analisi è impossibile valutare un tasso orario reale, ma nonostante ciò è possibile ugualmente valutare la presenza di una forte o normale attività di sciame.

**Tabella 2.** La tabella mostra per l'anno 2005 i valori di longitudine solare  $\lambda_0$  con relativo errore  $\sigma_{\lambda_0}$  ed il corrispondente valore di tasso orario normalizzato HR con errore  $\sigma_{HR}$ .

$\lambda_0$ ( $^\circ$ )	$\sigma_{\lambda_0}$ ( $^\circ$ )	HR	$\sigma_{HR}$
31,90	0,02	0,57	0,07
31,94	0,02	0,66	0,07
31,98	0,02	0,52	0,07
32,02	0,02	0,57	0,08
32,06	0,02	0,74	0,09
32,10	0,02	0,77	0,07
32,14	0,02	0,95	0,08
32,18	0,02	1,00	0,08
32,22	0,02	0,81	0,09
32,26	0,02	0,82	0,08
32,30	0,02	0,80	0,08
32,35	0,02	0,63	0,07
32,39	0,02	0,63	0,07
32,43	0,02	0,65	0,07
32,47	0,02	0,57	0,04
32,51	0,02	0,56	0,06
32,55	0,02	0,49	0,06
32,59	0,02	0,50	0,08
32,63	0,02	0,43	0,06
32,67	0,02	0,41	0,06
32,71	0,02	0,45	0,04
32,75	0,02	0,58	0,06
32,79	0,02	0,60	0,06
32,83	0,02	0,64	0,08

Nella figura sottostante è stato disegnato l'andamento del profilo di attività dello sciame. In ascissa si hanno i valori della longitudine solare (J2000.0), mentre in ordinata si trova il tasso orario normalizzato HR.



**Figura 1.** L'immagine mostra l'andamento del tasso orario normalizzato in funzione della longitudine solare per il giorno del massimo, il 22 aprile 2005.

Il grafico evidenzia come vi sia un unico massimo pronunciato e questo permette di valutare come il periodo di massima attività sia durato alcune ore, circa due. Tale massimo si è verificato ad una longitudine solare pari a  $32.18^\circ \pm 0.02^\circ$ .

Sfortunatamente non vi è la possibilità di un confronto coi dati visuali in quanto il database del maggior organo mondiale in questo ambito, l'International Meteor Organization (IMO), non presenta nessun dato per questo periodo. Inoltre tale sciame non è tra i più studiati a causa della sua modesta attività in condizioni normali e quindi non vi sono delle serie campagne osservative in ambito visuale.

### Risultati del 2006

I dati del 2006 presentano le stesse caratteristiche di quelli dell'anno precedente. Vi è come unica differenza il fatto che sono stati campionati un numero inferiore di osservatori, tuttavia in numero sufficiente per ricreare un profilo di attività dello sciame soddisfacente.

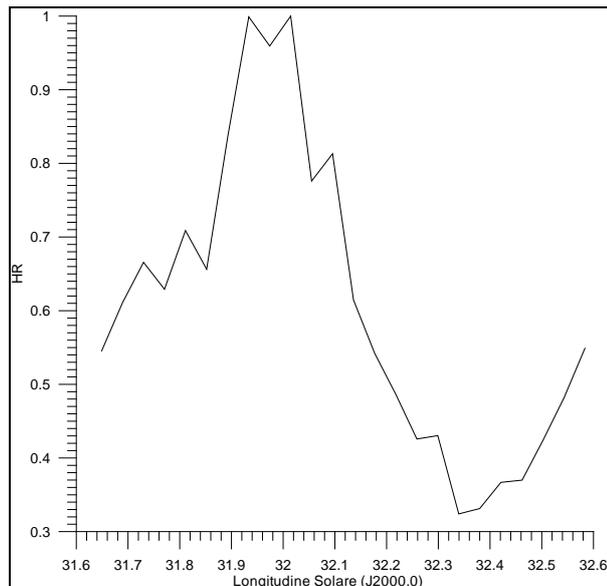
Nella tabella seguente sono riportati i dati riguardanti l'attività dello sciame durante il giorno del massimo, il 22 aprile.

**Tabella 3.** La tabella mostra per l'anno 2005 i valori di longitudine solare  $\lambda_0$  con relativo errore  $\sigma_{\lambda_0}$  ed il corrispondente valore di tasso orario normalizzato HR con errore  $\sigma_{HR}$ .

$\lambda_0$ ( $^\circ$ )	$\sigma_{\lambda_0}$ ( $^\circ$ )	HR	$\sigma_{HR}$
31,65	0,02	0,55	0,06
31,69	0,02	0,61	0,07
31,73	0,02	0,67	0,07
31,77	0,02	0,63	0,06
31,81	0,02	0,71	0,06
31,85	0,02	0,66	0,03
31,89	0,02	0,84	0,04
31,93	0,02	1,00	0,03
31,97	0,02	0,96	0,05
32,01	0,02	1,00	0,04
32,06	0,02	0,78	0,07
32,10	0,02	0,81	0,06

32,14	0,02	0,61	0,05
32,18	0,02	0,54	0,06
32,22	0,02	0,49	0,06
32,26	0,02	0,43	0,06
32,30	0,02	0,43	0,08
32,34	0,02	0,32	0,07
32,38	0,02	0,33	0,06
32,42	0,02	0,37	0,06
32,46	0,02	0,37	0,05
32,50	0,02	0,42	0,03
32,54	0,02	0,48	0,05
32,58	0,02	0,55	0,05

I dati sono stati successivamente utilizzati per visualizzare il profilo di attività dello sciame.



**Figura 2.** L'immagine mostra l'andamento del tasso orario normalizzato in funzione della longitudine solare per il giorno del massimo, il 22 aprile 2006.

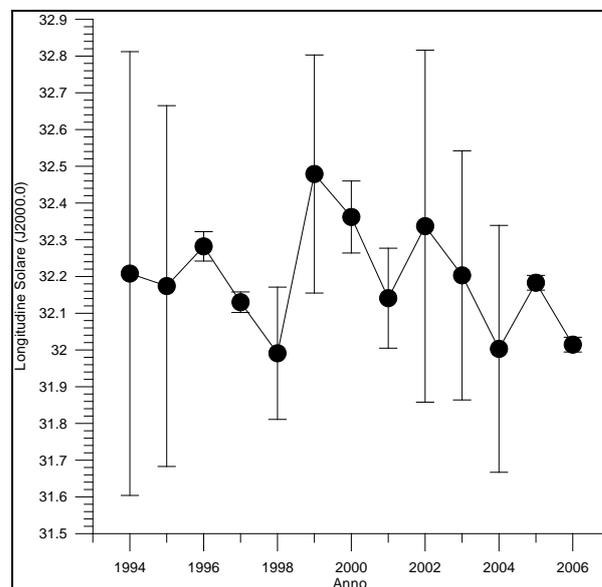
Il grafico evidenzia come l'attività dello sciame si è protesa per parecchie ore, a differenza rispetto all'anno precedente, circa per 4 ore. Il massimo di attività dello sciame, andando ad analizzare con maggior rigore il massimo si è verificato ad una longitudine solare pari a  $32.01^\circ \pm 0.02^\circ$ . Valori elevati del tasso orario si riscontrano già ad una longitudine solare pari a  $31.93^\circ \pm 0.02^\circ$ .

Essendo questa analisi effettuata a pochi mesi dalla manifestazione dello sciame, non si hanno a disposizione dei dati recenti sull'attività dello sciame nel visuale. Vi è solo una circolare dell'IMO [21] in cui si ricava che il massimo si è verificato alla longitudine solare  $32.2^\circ \pm 0.3^\circ$ , valore questo compatibile con quello ricavato, anche se non di grande interesse a causa dell'elevato errore sulla misura.

### Conclusioni

I profili ottenuti evidenziano la presenza di un unico picco. La longitudine solare media dei massimi trovati risulta essere pari  $32.1^\circ \pm 0.1^\circ$ . Tale valore è confrontabile con quello tabulato dall'International Meteor Organization e comunemente accettato come quello medio dello sciame e pari a  $32.1^\circ$ .

Il valore ottenuto è confrontabile altresì con precedenti osservazioni dello sciame [1]. Questo farebbe emergere come la geometria tra l'orbita terrestre e quella dello sciame sia alquanto stabile, almeno in questi ultimi anni. Andando a rivedere i risultati ottenuti in precedenti analisi [1], si vede come la longitudine solare del massimo sia rimasta pressoché inalterata rispetto agli anni precedenti.



**Figura 3.** L'immagine mostra la posizione in longitudine solare del massimo di attività dello sciame con relativo errore in funzione dell'anno.

I piccoli errori che si hanno rispetto alle osservazioni precedenti derivano da due fattori: il primo è che i risultati dipendono molto dal numero di osservazioni, il secondo, più importante, che l'analisi è stata effettuata nelle due ricerche con tecniche diverse e che quindi non possono fornire gli stessi ordini di grandezza per gli errori.

I profili da un punto di vista morfologico sono molto simili, segno che la struttura dello sciame non è mutata nel corso dei due anni in esame. Altresì non vi è la presenza di doppi picchi ravvicinati, ma solo di un picco di larghezza più o meno importante temporalmente parlando.

Sfortunatamente in questo tipo di analisi non vi è la possibilità di evidenziare la presenza di eventuali outburst, nonostante il 2006 dovesse essere caratterizzato da un possibile outburst. Infatti, molti autori hanno evidenziato come lo sciame meteorico delle Liridi presenti una periodicità di 12 anni [22][23]. L'ultimo outburst studiato nel dettaglio risale al 1982 [24][25][26], dunque con una tale periodicità il 2006 dovrebbe essere stato un anno di particolare interesse per un'attività superiore alla media. In realtà questo non sembra essere avvenuto, stando ai risultati preliminari emersi in differenti ricerche [21]. Tuttavia una tale affermazione necessita di un maggiore approfondimento.

## **Bibliografia**

- [1] Sandri M., *Astronomia UAI*, **4**, 21-27 (novembre-dicembre 2006)
- [2] Denning W.F., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **84**, 46 (1923)
- [3] Quetelet A., *Catalogue des Principales Apparitions d'Etoiles Filantes*, Brussels, 1839
- [4] Lovell A.C.B., *Meteor Astronomy*, Oxford University Press, Oxford, 1954
- [5] Newton H.A., *Am. J. Sci. Arts*, **39**, 193 (1865)
- [6] Weiss E., *Astronomische Nachrichten*, **68**, 382 (1867)
- [7] Stohl J., Williams I.P., *Meteors and their Parent Bodies*, Astron. Inst. Slovak Acad. Sci., 1993
- [8] Olivier C.P., *Meteors*, The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1925
- [9] Herschel A., *Report British Association*, (1864)
- [10] Denning W.F., *Sidereal Messenger*, **5**, 106 (1886)
- [11] Hoffmaister C., *Astronomische Nachrichten*, **200**, 206 (1915)
- [12] Hoffmaister C., *Meteorstrome*, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1948
- [13] Lindblad B.A., Porubcan V., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **42**, 354-359 (1991)
- [14] Galle J.G., *Astronomische Nachrichten*, **69**, 33 (1867)
- [15] Auwers A., *Astronomische Nachrichten*, **55**, 206 (1861)
- [16] Pape C.F., *Astronomische Nachrichten*, **55**, 206 (1861)
- [17] Oppolzer T., *Astronomische Nachrichten*, **56**, 369 (1862)
- [18] Marsden B.G., *Catalog of Cometary Orbits*, Enslow Publisher, New Jersey, 1983
- [19] Oppolzer T., *Astronomische Nachrichten*, **62**, 177 (1864)
- [20] Taylor J.R., *Introduzione all'analisi degli errori*, Zanichelli, Bologna, 1990
- [21] Arlt R., *IMO Shower Circular*, (26 aprile 2006)
- [22] Arter T.R., Williams I.P., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **277**, 1087-1096 (1995)
- [23] Arter T.R., Williams I.P., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **286**, 163-172 (1997)
- [24] Lindblad B.A., Porubcan V., *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, **42**, 354-359 (1991)
- [25] Arter T.R., Williams I.P., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **329**, 175-180 (2002)
- [26] Marsden B.G., *IAU Circular*, **3691** (28 aprile), (1982)