

Bollettino delle radiometeore di settembre 2025

A cura della rete CARMELO
(Cheap Amatorial Radio Meteor Echoes Logger)

Lorenzo Barbieri (Rete CARMELO e AAB, Associazione Astrofili Bolognesi)
Mariasole Maglione (GAV, Gruppo Astrofili Vicentini)

carmelometeor@gmail.com

Introduzione

A settembre l'attività meteorica rilevata dalla rete CARMELO è stata moderata e non ha permesso di evidenziare picchi di attività di determinati sciame. Abbiamo perciò scelto di sfruttare l'occasione per una riflessione ragionata sulla possibilità di valutare, almeno qualitativamente, il comportamento degli sciame meteorici a partire dai dati della rete.

La strumentazione

La rete CARMELO è costituita da ricevitori radio SDR. In essi un microprocessore (Raspberry) svolge simultaneamente tre funzioni:

- 1) Pilotando un dongle, sintonizza la frequenza su cui trasmette il trasmettitore e si sintonizza come una radio, campiona il segnale radioelettrico e tramite la FFT (Fast Fourier Transform) misura frequenza e potenza ricevuta.
- 2) Analizzando il dato ricevuto per ogni pacchetto, individua gli echi meteorici e scarta falsi positivi e interferenze.
- 3) Compila un file contenente il log dell'evento e lo spedisce ad un server.

I dati sono tutti generati da un medesimo standard, e sono pertanto omogenei e confrontabili. Un singolo ricevitore può essere assemblato con pochi dispositivi il cui costo attuale complessivo è di circa 210 euro.

Per partecipare alla rete leggi le istruzioni [a questa pagina](#).

I dati del mese di settembre

I grafici che seguono sono tratti da [questa pagina](#): nelle ascisse è rappresentato il tempo, che è espresso in UT (*Universal Time*, Tempo Universale) oppure in longitudine solare (*Solar Longitude*) e le ordinate rappresentano il tasso orario (*hourly rate*), calcolato come il numero totale di eventi registrati dalla rete nell'ora diviso per il numero di ricevitori in funzione.

In *fig.1*, l'andamento dei segnali rilevati dai ricevitori per il mese di settembre.

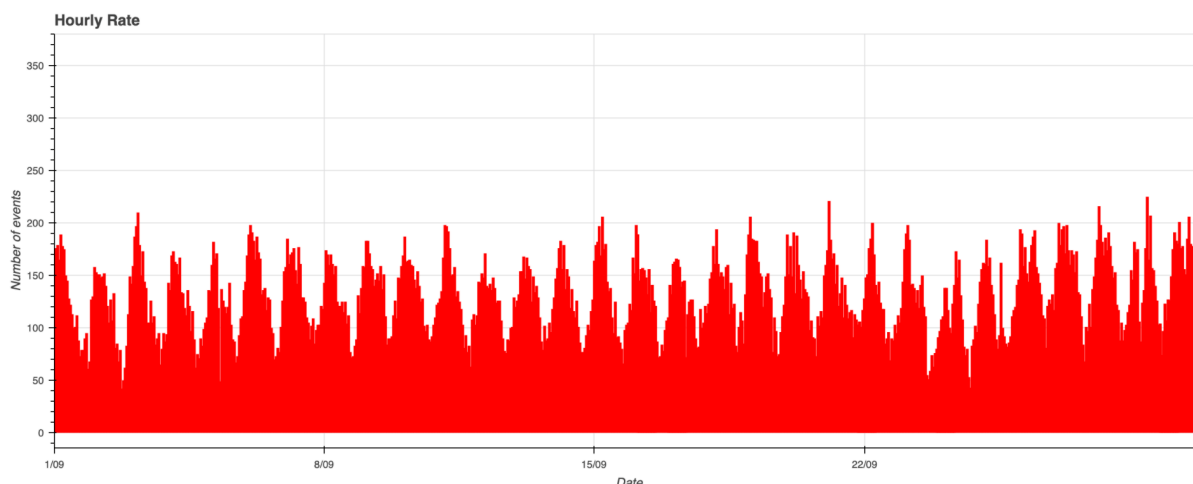


Fig. 1: Andamento nel mese di settembre 2025.

Nel mese di settembre l'attività meteorica registrata dalla rete CARMELO è stata più o meno costante. Non si sono verificati picchi di attività associabili a qualche sciame in particolare.

Il comportamento degli sciami

L'osservazione delle meteore tramite *radio meteor scatter* in ambito amatoriale, come abbiamo già visto, soffre la grave limitazione di non poter definire le orbite. Di conseguenza è impossibile classificare le singole meteore.

All'opposto, come è noto, questo tipo di osservazione prescinde dalle condizioni meteo e dalla presenza o meno del Sole o della Luna. Può quindi essere di supporto nella valutazione, almeno qualitativa, del comportamento degli sciami. Proviamo quindi a ipotizzare un utilizzo dei dati di CARMELO con questo obiettivo.

Ipotizziamo che uno sciame meteorico, al momento della sua formazione, abbia una struttura omogenea, cioè che le particelle che lo compongono siano uniformemente distribuite all'interno del cilindro venutosi a creare dalla liberazione di materia dal corpo progenitore.

Come è noto, col passare del tempo questa omogeneità viene a perdersi a causa di alcune forze perturbanti. La più nota di queste è quella che va sotto il nome di *effetto di Poynting Robertson*. Questo effetto si spiega con il fatto che le particelle che vengono riscaldate dal Sole tendono a raffreddarsi riemettendo la stessa energia nell'infrarosso, in tutte le direzioni.

Prendendo in esame il comportamento medio di tutte le particelle, quindi attribuendo loro una simmetria sferica, se la particella fosse ferma, la radiazione emessa sarebbe la stessa in tutte le direzioni, con uguale quantità e uguale frequenza.

Tutte le particelle invece viaggiano nel Sistema Solare, e lo fanno a una velocità di circa 30 km/s, di conseguenza nella direzione di marcia la frequenza della radiazione emessa è più alta di quella emessa nella direzione inversa, a causa dell'effetto Doppler. (1)

Secondo la legge di Plank, la famosa legge alla base della meccanica quantistica:

$$\epsilon = h\nu$$

Dove ϵ è l'energia, h la costante di Plank e ν la frequenza.

L'energia rilasciata nella direzione di marcia è maggiore di quella rilasciata nella direzione opposta: ne consegue quindi che la particella subisce un'azione frenante. Tale azione frenante non sarà uguale per tutte le particelle, ma sarà proporzionale alla loro capacità di ricevere e riemettere calore e quindi, tra le altre grandezze, alla loro massa.

Più un corpo viene rallentato più la sua orbita si “stringe”, cioè gli assi dell'orbita divengono minori. Ne consegue quindi che particelle diverse vengono indotte dall'effetto Poynting Robertson a differenziare le loro orbite in ragione della loro massa (vedi *fig. 2*).

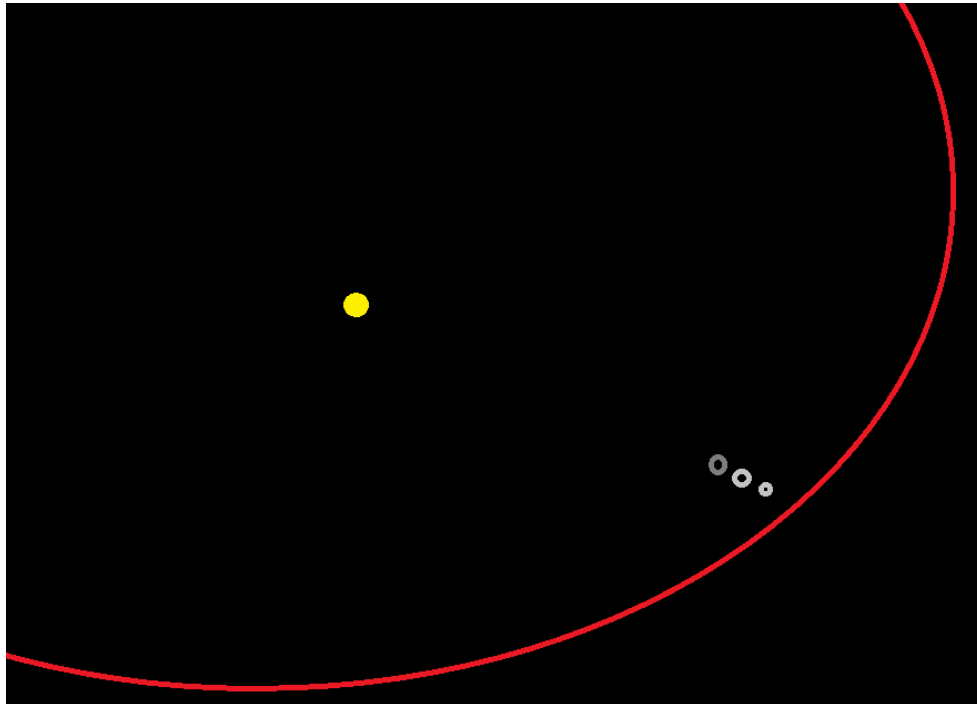


Fig. 2: Differenziazione delle orbite in funzione delle masse.

Lo sciame, con il passare degli anni viene a perdere sempre più la sua simmetria. Ci sono due parametri, derivati dall'osservazione visuale, che descrivono analiticamente questo fenomeno:

- La densità del flusso meteorico (*meteoric flux density*).
- L'indice di massa (*mass index*).

La densità del flusso meteorico (*meteoric flux density*) si indica con $Q(m_o)$ ed è definita come la quantità di meteoroidi di massa m_o nell'unità di tempo, in una unità di area perpendicolare alla direzione del moto.

Per esempio, per $m_o = 10$ mg potremo avere $Q(m_o) = 0.001$ miliardesimi al metro quadro al secondo.

L'indice di massa (*mass index*) è l'esponente (s) in una distribuzione di potenza delle masse dei meteoroidi, un metodo per modellare il numero di meteoroidi di diverse dimensioni esistenti. La formula è:

$$dN/dM = N_0(M/M^*)^{-s}$$

dove dN è il numero di meteoroidi in un intervallo di massa dM , N_0 è una costante, M^* è una massa caratteristica e s è l'indice di massa. (2)

Nel grafico che segue è riportato il confronto tra $Q(m_o)$ ed s per uno sciame generico: sulle ascisse la longitudine solare, cioè il tempo.

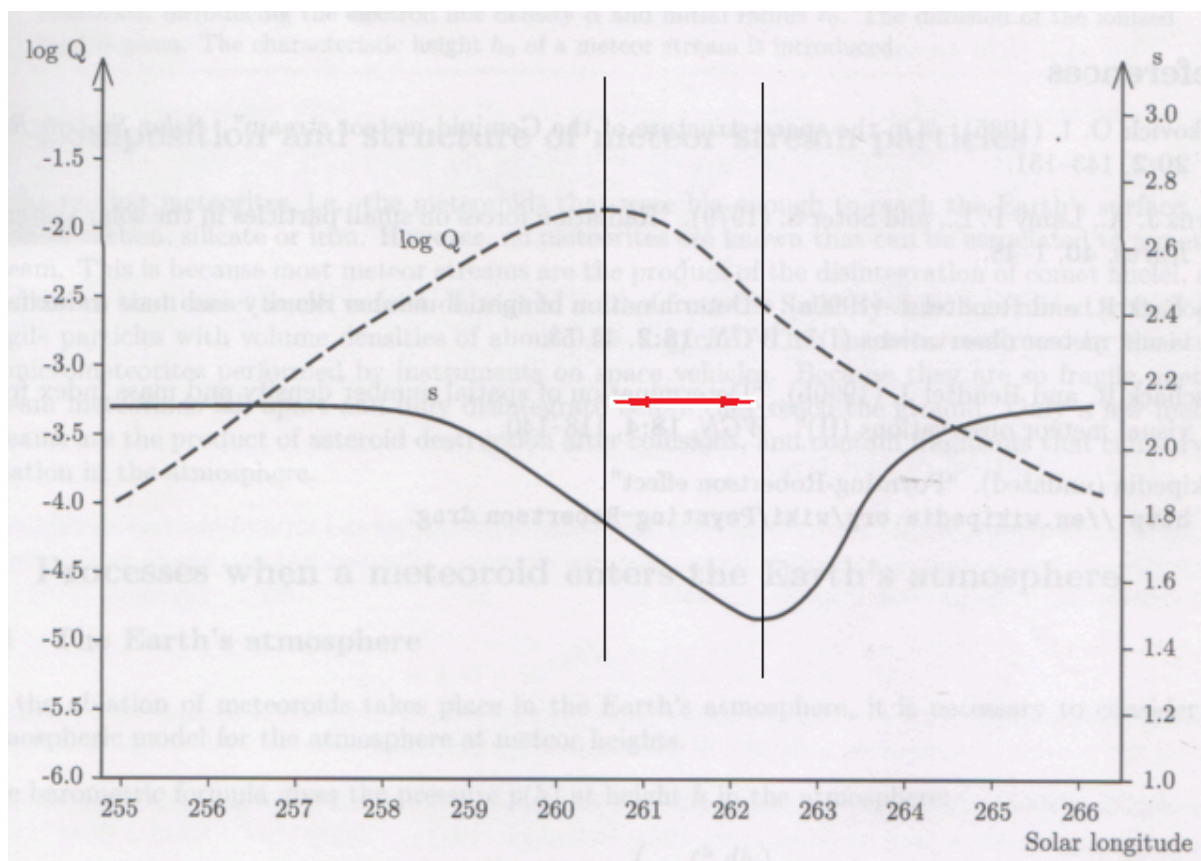


Fig. 3: Confronto tra $Q(m_o)$ ed s in uno sciame generico. (2)

La differenza tra il massimo di $Q(m_o)$ e il massimo di s rappresenta il lasso di tempo che intercorre tra il massimo della densità di particelle e il massimo di particelle di maggior massa, ed è proporzionale all'età dello sciame: quanto più lo sciame è giovane, tanto più la lunghezza della freccia rossa in *fig. 3* tende a zero.

A complicare le cose, occorre considerare l'inclinazione delle orbite, che cambia il modo in cui la Terra incontra lo sciame (vedi *fig. 4*).

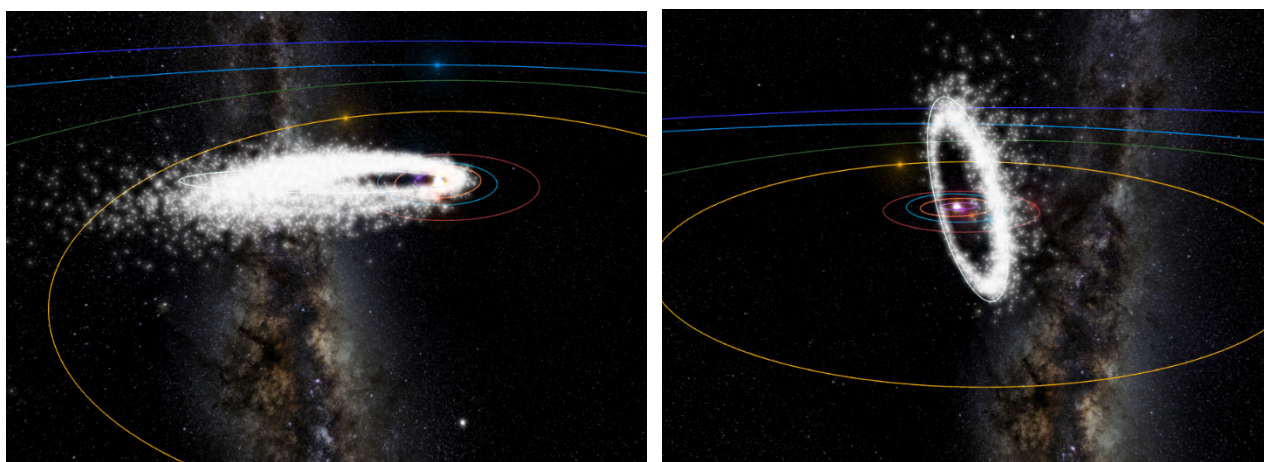


Fig.4: Orbita a bassa inclinazione sull'eclittica (a sinistra) e ad alta inclinazione (a destra, con corpo progenitore proveniente dalla fascia di Kuiper).

CARMELO, analizzando il numero degli eventi registrati, produce il grafico Hourly Rate (HR, in rosso [qui](#)). In esso non si distingue tra sciame e sciame o tra sciame e meteore sporadiche, ma ipotizzando che nei giorni in cui è attivo un determinato sciame la maggioranza delle radiometeore registrate appartenga, appunto, a quello sciame, si può, con grande approssimazione, considerare che questo dato sia assimilabile al $Q(m_o)$ calcolato a partire dalle osservazioni visuali.

Nella [stessa pagina](#) è presente anche il grafico della durata (in blu), in cui si registra la durata dei segnali radioelettrici ricevuti dai ricevitori CARMELO. Tali durate dipendono dal grado di saturazione del cilindro di elettroni liberi formato dall'impatto della meteora con le molecole della ionosfera.

Sono molte le grandezze in gioco che determinano il grado di saturazione di una radiometeora, e tra questi citiamo: velocità (al quadrato), massa, sezione d'urto (quindi dimensioni), quota del punto P di riflessione speculare, frequenza, potenza del trasmettitore, impedenza del ricevitore, guadagni delle due antenne, pressione atmosferica. (3)

Nell'ottica di semplificare la ricerca delle grandezze predominanti, possiamo grossolanamente affermare che la quota del punto P di riflessione speculare, la frequenza, la potenza del trasmettitore, l'impedenza del ricevitore e i guadagni delle due antenne sono sempre gli stessi, e ignorare la pressione atmosferica. Nel caso di uno sciame, anche la velocità può essere ignorata, considerando che le particelle a essa appartenenti impattano l'atmosfera alla stessa velocità e quindi, pur con grossolane semplificazioni, possiamo provare a considerare la durata degli echi come assimilabile all'indice di massa s .

Nell'immagine che segue proponiamo il confronto tra Hourly Rate e durata nel caso delle Quadrantidi.

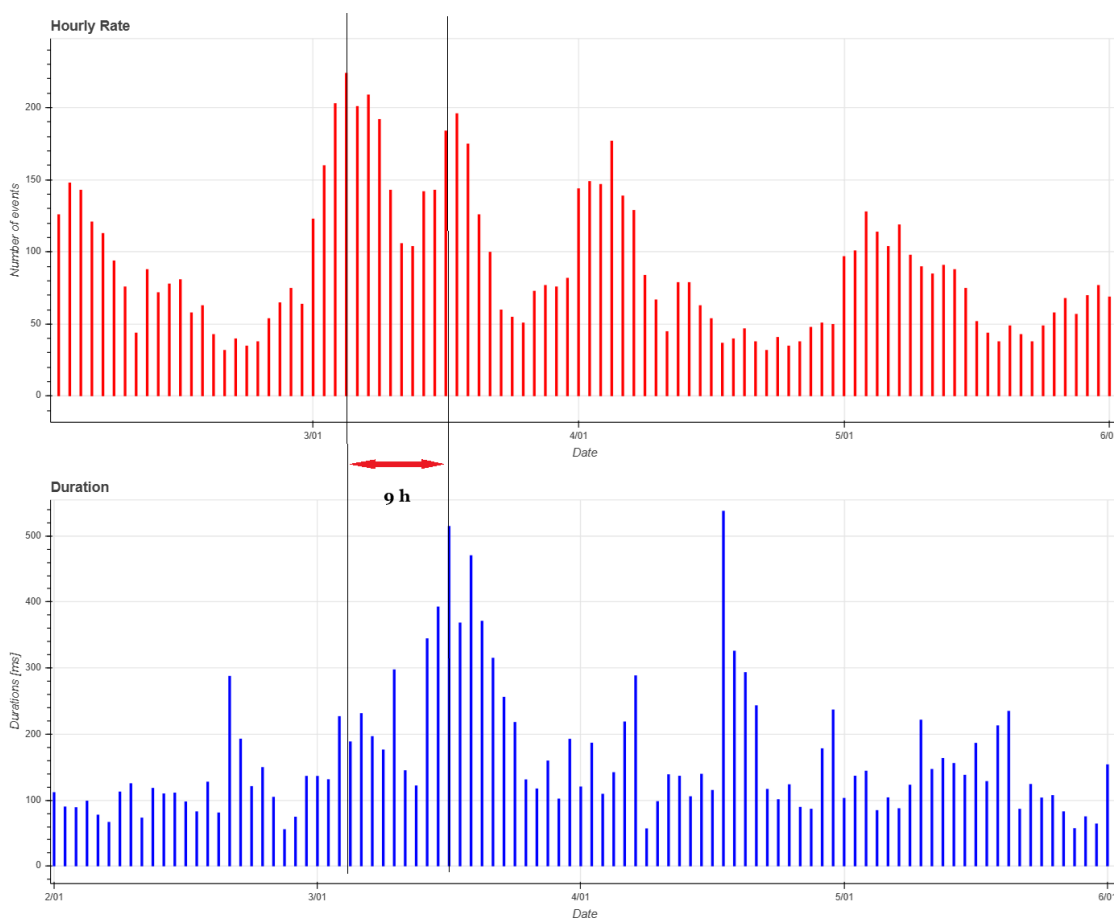


Fig.5: Confronto tra HR e durata, nel caso delle Quadrantidi.

Si tratta di uno sciame notoriamente “giovane”, ma già alla sua età uno sfasamento tra i due massimi è apprezzabile.

Ammettendo che queste considerazioni abbiano un fondamento scientifico nonostante le semplificazioni effettuate, potremmo anche spingerci a valutare un ordine di grandezza delle distanze in gioco.

Considerando che:

$$s=v*t$$

e che la velocità v della Terra nel Sistema Solare è di circa 30 Km/s, in 9 ore lo spazio percorso sarà di:

$$s=30*9*60*60 = 972000 \text{ Km}$$

Ovvero, lo scivolamento verso un'orbita interna da parte delle particelle più massicce ha comportato una distanza tra le orbite dell'ordine di grandezza di un milione di chilometri.

L'attendibilità del confronto che qui proponiamo andrà verificata in futuro con altri sciame.

La rete CARMELO

La rete è attualmente composta da 14 ricevitori di cui 13 funzionanti, dislocati in Italia, Regno Unito, Croazia e USA. I ricevitori europei sono sintonizzati sulla frequenza della stazione radar Graves in Francia, pari a 143.050 MHz. Partecipano alla rete:

- ❖ Lorenzo Barbieri, Budrio (BO) ITA
- ❖ Associazione Astrofili Bolognesi, Bologna ITA
- ❖ Associazione Astrofili Bolognesi, Medelana (BO) ITA
- ❖ Paolo Fontana, Castenaso (BO) ITA
- ❖ Paolo Fontana, Belluno (BL) ITA
- ❖ Associazione Astrofili Pisani, Orciatice (PI) ITA
- ❖ Gruppo Astrofili Persicetani, San Giovanni in Persiceto (BO) ITA
- ❖ Roberto Nesci, Foligno (PG) ITA
- ❖ MarSEC, Marana di Crespadoro (VI) ITA
- ❖ Gruppo Astrofili Vicentini, Arcugnano (VI) ITA
- ❖ Associazione Ravennate Astrofili Rheyta, Ravenna (RA) ITA
- ❖ Akademsko Astronomsko Društvo, Rijeka CRO
- ❖ Mike German a Hayfield, Derbyshire UK
- ❖ Mike Otte, Pearl City, Illinois USA

L'auspicio degli autori è che la rete possa espandersi sia quantitativamente che geograficamente, permettendo così la produzione di dati di miglior qualità.

Bibliografia:

- 1) P. Jenniskens (2006): “Meteor showers and their parent comets”. *Cambridge University Press*
- 2) O. Belkovich, D. Pajovic, J M. Wislez (2005): “Basic elements of meteor stream theory”. *Proceedings of the radio meteor school 2005, p. 17 e seg.*
- 3) O. Belkovich, Cis Verbeeck (2005): [“The physics of meteoroid ablation and the formation of ionized meteor trails”](#). *Proceedings of the radio meteor school 2005, p. 21 e seg.*