

Bollettino delle radiometeore di marzo 2025

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

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

carmelometeor@gmail.com

Introduzione

Marzo, come febbraio, è uno dei mesi meno attivi per quanto riguarda il passaggio di grossi sciami meteorici. In attesa del picco delle Liridi, previsto per la seconda metà di aprile, questo mese abbiamo concentrato la nostra attenzione su alcune considerazioni riguardanti il rumore radioelettrico.

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 marzo

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 marzo.

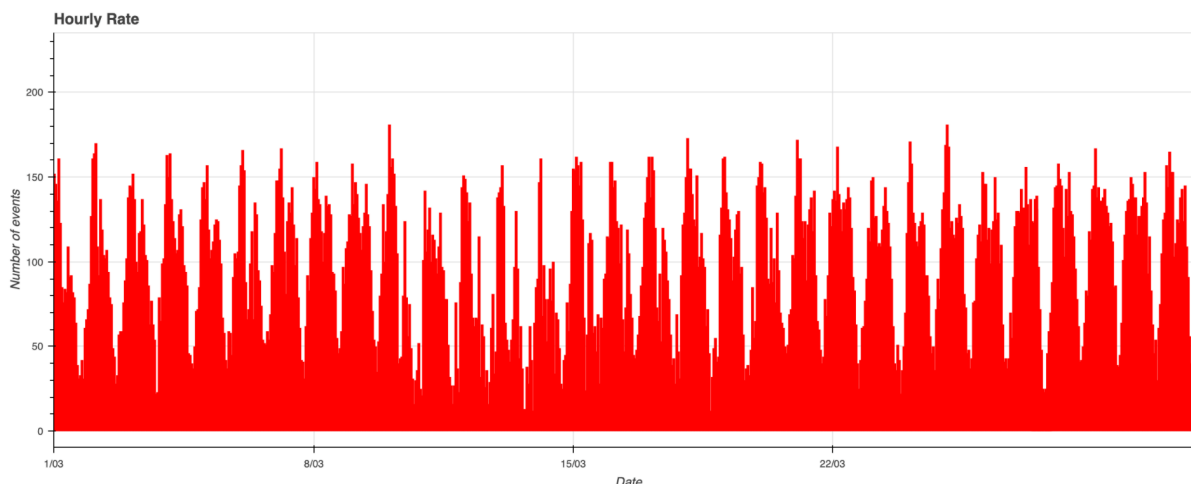


Fig. 1: Andamento nel mese di marzo 2025.

Marzo è uno dei mesi meno attivi dell'anno per l'osservazione delle meteore. In questo periodo non si verificano picchi rilevanti di sciame meteorici noti, e l'attività complessiva resta dominata da meteore sporadiche. Le reti di osservazione radio, come CARMELO, registrano un tasso giornaliero di echi meteorici relativamente basso e stabile, senza variazioni significative.

Gli echi registrati nel corso del mese, quindi, sono per lo più echi prodotti da meteore di piccola massa e bassa energia, che generano riflessioni radio di breve durata (inferiori al secondo) e di bassa intensità.

Il rumore

Nelle osservazioni meteoriche radio condotte da reti come CARMELO, il rumore radioelettrico rappresenta uno degli elementi più critici da comprendere, monitorare e, per quanto possibile, mitigare. È utile distinguere tra tre componenti fondamentali del rumore:

1. Il rumore intrinseco all'apparato, generato dall'agitazione termica degli elettroni nei circuiti elettronici. Si tratta di un rumore fisico ineliminabile, la cui potenza è proporzionale alla temperatura del sistema secondo l'equazione di Boltzmann:

$$P = kT\Delta F$$

ovvero maggiore è la temperatura, maggiore è il rumore, come noto anche agli astrofili che raffreddano le camere CCD per lo stesso motivo. Nella formula, P è la potenza media del rumore in Watt, k è la costante di Boltzmann pari a $1.380\ 649 \times 10^{-23}$ J/K, T è la temperatura assoluta in Kelvin, ΔF è la banda passante in Hertz, ovvero l'intervallo di frequenze su cui si misura o si osserva il rumore. Più larga è la banda, più rumore viene integrato.

Nei ricevitori CARMELO, qualora testati a banco su impedenza di 50 Ohm, il rumore intrinseco si attesta sotto i -130 dBm, in linea con quanto atteso da circuiti VHF, anche se il limite teorico per circuiti passivi è attorno ai -140 dBm.

2. Il rumore esterno naturale, che si aggiunge al rumore intrinseco una volta collegata l'antenna. Questo include:

- Rumore atmosferico, legato all'attività della ionosfera, in particolare a scariche elettriche (fulmini) e disturbi causati dall'attività solare.

- Rumore galattico e cosmico, legato all'emissione di sorgenti radio della Via Lattea e della radiazione cosmica di fondo (CMB). Il livello percepito varia in funzione della direzione verso cui è puntata l'antenna.

3. Il rumore antropico, ovvero quello generato da attività umane. Questo tipo di rumore può essere considerato vero e proprio inquinamento radioelettrico, e oggi rappresenta la componente più problematica, per la rete. Le sue sorgenti includono torri 4G/5G, ponti radio per la trasmissione dati e – in modo crescente – i satelliti per la telefonia diretta ai cellulari (come la costellazione Starlink di SpaceX).

Una delle maggiori difficoltà risiede nel fatto che queste sorgenti non sono stabili nel tempo: i gestori delle reti mobili possono accendere o spegnere trasmettitori, variare le potenze emesse in base al traffico, oppure, nel caso dei satelliti, la loro influenza dipende dal passaggio in orbita sopra la zona di osservazione. Ne risulta un rumore variabile, difficile da modellare o filtrare in modo statico.

Il rumore e CARMELO

Dai dati della rete CARMELO emerge chiaramente che i ricevitori situati in zone radio-silenziose presentano livelli di rumore complessivo (intrinseco + esterno) attorno ai -130 dBm, come atteso. Tuttavia, alcuni osservatori registrano livelli ben più elevati.

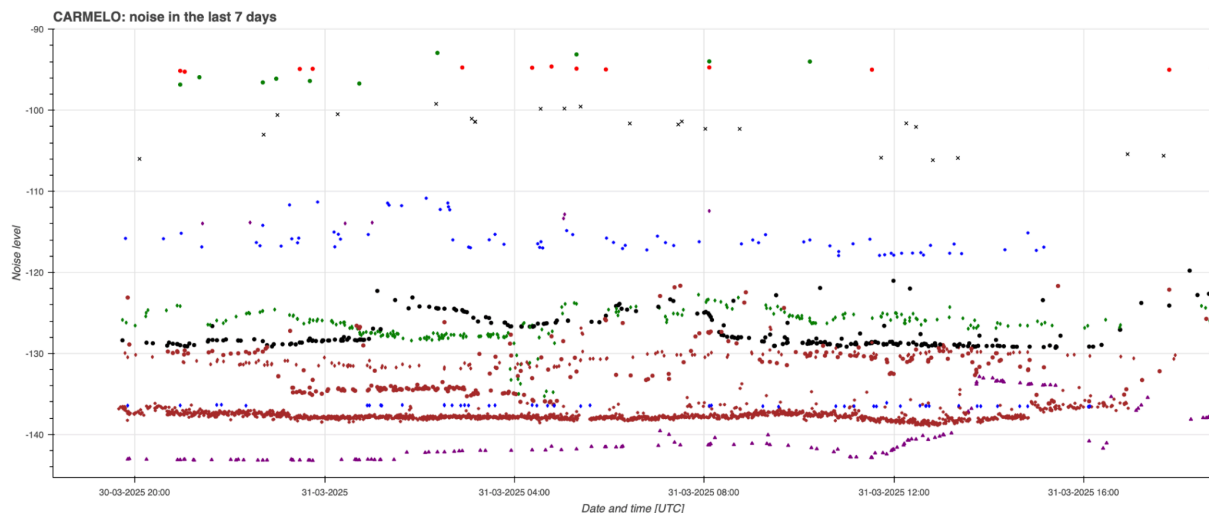


Fig. 2: Andamento del rumore dei diversi ricevitori della rete dalle 20:00 del 30 marzo alle 20:00 del 31 marzo 2025. Colori e simboli differenti corrispondono a diversi osservatori.

In *fig. 2* notiamo come alcuni osservatori si attestino a valori di rumore complessivo tra -110 e -90 dBm. I più rumorosi nel grafico sono, in ordine dal più al meno rumoroso: in rosso, un ricevitore posto a San Giovanni in Persiceto, in provincia di Bologna; in verde, un ricevitore dell'Associazione Astrofili Bolognesi (AAB) a Medelana, sempre in provincia di Bologna; con la croce nera, il ricevitore nel Derbyshire in Inghilterra; in blu, un ricevitore di Orciatico (PI); in viola, di Belluno. Si tratta di ricevitori posti in prossimità di torri 4G/5G o di ponti radio di trasmissione dati per Internet.

Tuttavia, notiamo anche altri tipi di comportamento del rumore che non sembrano riconducibili né a fenomeni atmosferici né a interferenze antropiche costanti. Un esempio interessante è rappresentato dal ricevitore di Foligno (in *fig. 3*), in provincia di Perugia. I dati raccolti negli ultimi sette giorni, mostrano un andamento del rumore, con oscillazioni regolari su scale di diverse ore difficili da imputare a cause naturali.

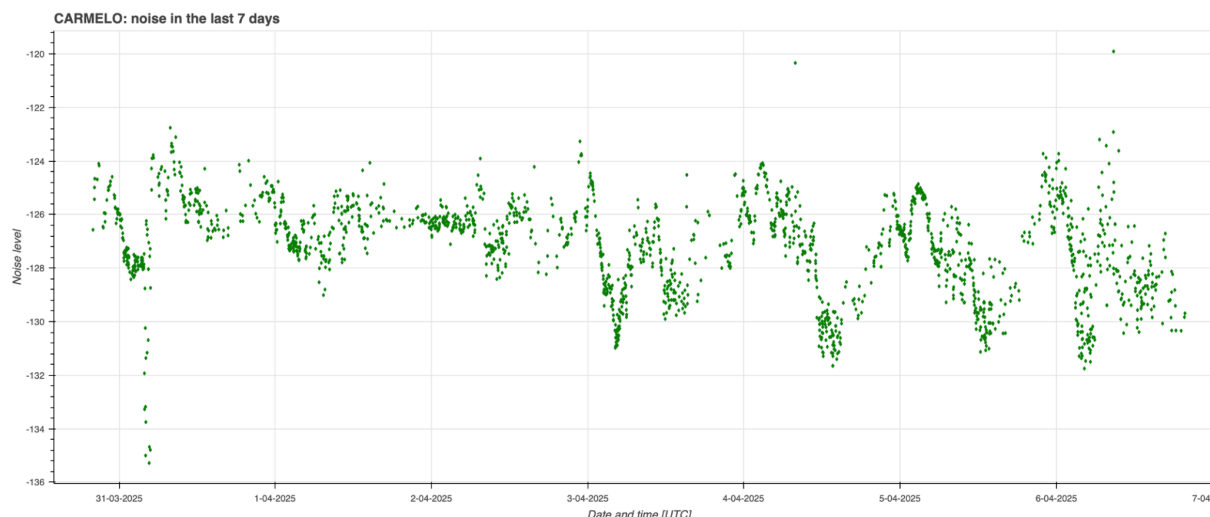


Fig. 3: Andamento del rumore del ricevitore presso Foligno (PG) tra il 31 marzo e il 7 aprile 2025.

Questo pattern non sembra compatibile con un classico effetto di accensione/spegnimento di apparati terrestri (come router, sistemi industriali o centrali radio), ma presenta una struttura più graduale e ciclica, difficile da spiegare con sorgenti statiche o locali.

Tra le ipotesi che abbiamo considerato, una delle più plausibili riguarda il transito di satelliti. Tuttavia, la durata dei picchi sembra incompatibile con il passaggio isolato di un singolo satellite in orbita bassa, il cui effetto diretto sarebbe tipicamente molto più breve. Questo porta a spostare la considerazione su costellazioni o "trenini" di satelliti, come quelli utilizzati per la telefonia diretta (come appunto Starlink).

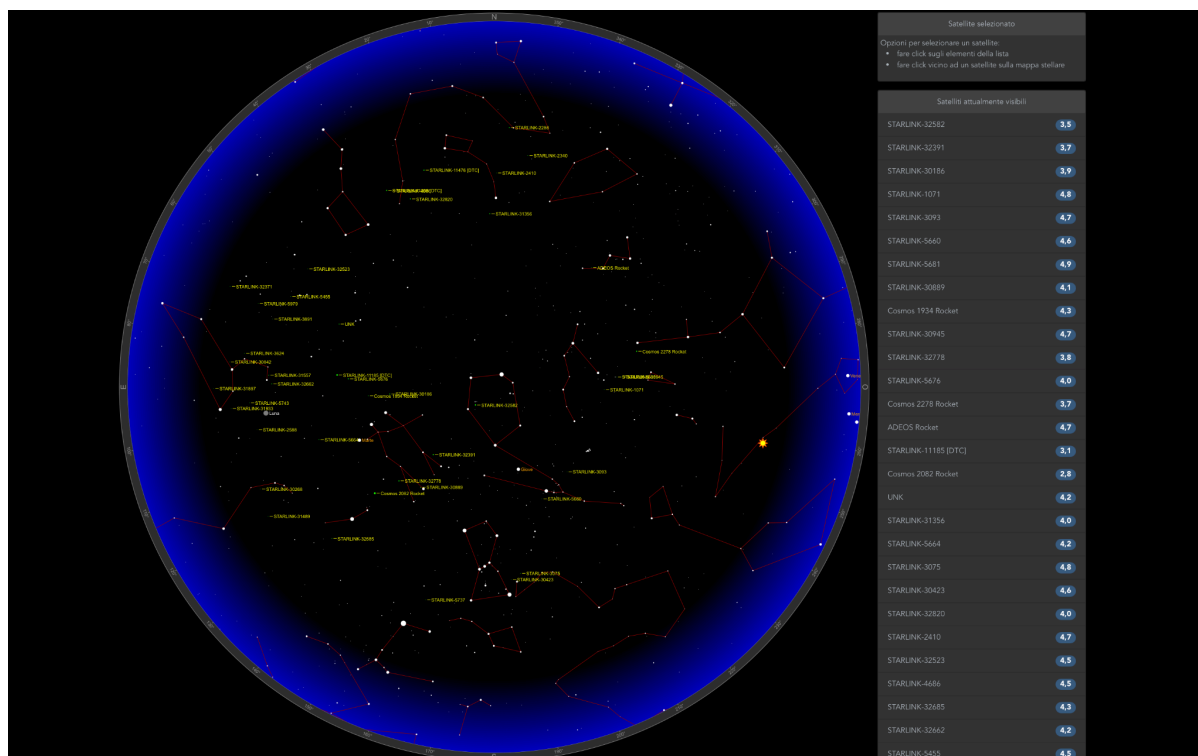


Fig. 4: Screenshot delle 17:33 del 7 aprile 2025 dei satelliti di passaggio sopra a Foligno (PG) dal sito Heavens Above.

Strumenti utili per monitorare il passaggio dei satelliti sono:

- *Heavens Above* (1) tramite il quale è possibile seguire i passaggi e le traiettorie dei diversi satelliti in transito sopra una determinata località in tempo reale.
- *Satellite Map* (2) utile per vedere quanti satelliti passano sopra una certa zona e se lo fanno in sequenza, verificare visivamente quando una costellazione transita in quella zona e identificare le costellazioni più attive.

Un articolo pubblicato a settembre 2024 (3) ha portato nuova evidenza alla crescente preoccupazione per l'interferenza generata dai satelliti per telefonia diretta. In particolare, lo studio mostra come alcuni satelliti, progettati per comunicare direttamente con dispositivi mobili a terra, operino in bande radio molto vicine a quelle utilizzate da ricevitori scientifici per l'osservazione di meteore, galassie e segnali transienti.

Questi satelliti emettono segnali attivi e direzionali verso aree specifiche del pianeta, e la loro influenza sul rumore registrato dai ricevitori terrestri non è costante, ma legata alla posizione orbitale del satellite e alla configurazione del fascio trasmesso. Questo comportamento dinamico rende difficile prevedere e filtrare il rumore associato, e rischia di compromettere la qualità dei dati, specialmente nei sistemi che operano a banda relativamente stretta e a bassa potenza di segnale.

Il rischio, già tangibile, è che l'incremento del numero di satelliti attivi in banda VHF porti a una perdita sistematica di sensibilità per le reti radio non protette, e renda più difficile l'identificazione di eventi deboli, come meteore poco brillanti o segnali transienti lontani. Da qui la necessità di lavorare su strategie di filtraggio avanzato e sul potenziamento della rete, sia in termini di densità di stazioni, sia nella condivisione e classificazione dei pattern di rumore.

Per quanto riguarda CARMELLO, questa situazione impone due considerazioni operative su quanto sarà necessario fare per abbassare questa componente di rumore:

1. Lavorare sull'apparato per filtrare i segnali interferenti, sia a livello hardware (riducendo la banda passante), sia a livello software, mediante filtri digitali per ridurre i falsi positivi.
2. Interpretare con cautela i dati del tasso meteorico, poiché un aumento del rumore, abbassa il numero di meteore rilevabili. Un tasso basso non implica necessariamente una reale diminuzione di eventi, ma potrebbe riflettere un contesto radio disturbato.

In questo quadro, aumentare il numero di ricevitori nella rete non è solo utile per migliorare la copertura spaziale, ma diventa essenziale per compensare e mediare le variazioni locali del rumore, migliorando l'affidabilità dei dati risultanti.

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 Theyta, 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) Heavens Above: <https://heavens-above.com/>
- (2) Satellite Map: <https://satellitemap.space/>
- (3) Bassa, C. G. et al. (2024): [Bright unintended electromagnetic radiation from second-generation Starlink satellites](#), *Astronomy & Astrophysics*, Vol. 689