

Cosa vede CARMELo

Lorenzo Barbieri AAB (Associazione Astrofili Bolognesi) (1)

Gaetano Brando AAB (Associazione Astrofili Bolognesi) (1)

Abstract

CARMELo (Cheap Amatorial Radio Meteor Echoes Logger) è un progetto finalizzato alla osservazione delle radiometeore ed è stato sviluppato in ambito amatoriale. E' interamente digitale e misura direttamente le grandezze fisiche dell'eco meteorico. Con esso si supera quindi il tradizionale ascolto analogico tramite l'utilizzo di un ricevitore radio funzionante in SSB (Suppressed Side Band). Essendo interamente digitale ed essendo i ricevitori calibrati i dati prodotti dai vari osservatori sono quindi omogenei; essi affluiscono ad un unico database che permette confronti, analisi dei profili e statistiche.

Il ricevitore

CARMELo si basa su un dispositivo ricevitore interamente digitale in grado di:

- a) Sintonizzare la frequenza della portante continua del trasmettitore prescelto dall'osservatore
- b) Campionare il segnale ricevuto con una frequenza di circa 250 Hz
- c) Effettuare la FFT (Fast Fourier Transform) su ogni campionamento
- d) Riconoscere automaticamente l'eco meteorico
- e) Eliminare i falsi positivi: aerei, satelliti, fulmini, transitori di corrente sull'impianto di alimentazione ecc...
- f) Inviare al server un piccolo file di log contenente tutti i parametri fisici e geometrici dell'eco meteorico, tra cui: ampiezza del segnale radio, frequenza, durata, orario al millisecondo, eventuale presenza dell'eco di testa, nome e coordinate dell'osservatore.

I ricevitori CARMELo sono tutti calibrati utilizzando generatori campione così che le misure sono omogenee e confrontabili e lo standard usato è unico.

In un ricevitore CARMELo sono presenti in ingresso: un filtro passa banda (opzionale), un LNA (Low Noise Amplifier, anch'esso opzionale), un dongle SDR (Software Defined Radio), un microcomputer Raspberry che in coppia con il dongle svolge i compiti suddetti, un alimentatore 5 v, ed una schedina monitoria opzionale che svolge il compito di mostrare all'utente il funzionamento del ricevitore.

Il progetto è pensato per rendere possibile ad ogni osservatore l'acquisto e l'assemblaggio in proprio del ricevitore con una spesa che, se si escludono i moduli opzionali, è inferiore ai 200 euro.

Chiunque non fosse in grado di autocostruirselo può rivolgersi ad un astrofilo disponibile a farlo con altrettanto modica cifra.

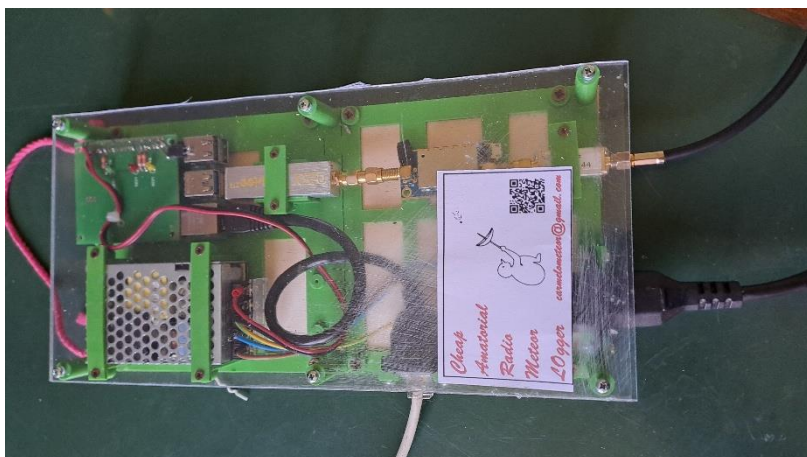


Fig 1 a CARMELo receiver

Il software è disponibile gratuitamente e può essere installato dall'utente senza difficoltà.

Il linguaggio del software è il Python.

I dati prodotti dal dispositivo entrano in Internet tramite un cavo Ethernet: la modalità wifi del Raspberry è stata volutamente disattivata al fine di ridurre le radiofrequenze.

In occasione di interruzione di connessione ad internet i dati non vengono persi, ma, dopo essere stati accantonati in una cartella temporanea, vengono poi spediti all'atto della riconnessione.

Eventuali aggiornamenti del software vengono inviati dal gruppo CARMELo ed ogni ricevitore si aggiorna automaticamente senza alcun intervento dell'osservatore.

Per coloro che risiedono a distanze relativamente brevi da un trasmettitore a portante continua sui 50 Mhz è consigliabile sintonizzarsi su questa frequenza, per gli altri, in Europa, ci si può sintonizzare sui 143,05 Mhz del radar militare Graves.

La quantità di echi meteorici captati dipende dalla qualità dell'impianto di antenna e dall'assenza di rumore, sia nei dintorni che sull'alimentazione; con una antenna moderatamente direttiva e correttamente puntata un ricevitore CARMELo può ricevere quotidianamente quasi 2000 echi meteorici al giorno.

La rete

I ricevitori CARMELo si sono inizialmente sviluppati in Italia, poi progressivamente la rete si è allargata alla Spagna, alla Svizzera, al Regno Unito ed agli USA. In questo momento i ricevitori CARMELo sono 21: la dislocazione di quelli effettivamente in funzione è riportata nella pagina: http://www.astrofiliabologna.it/obs_on_line

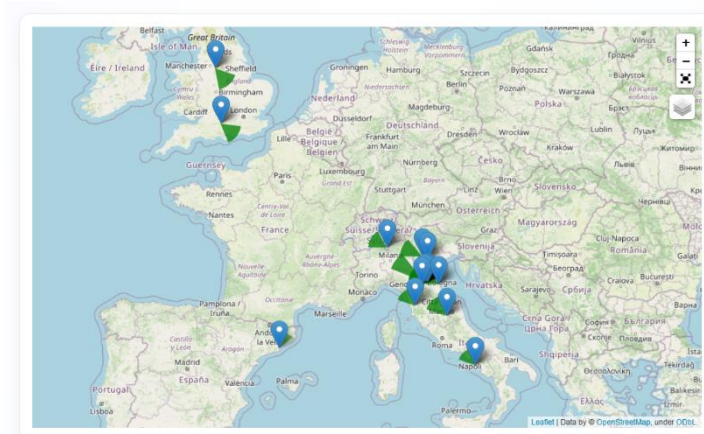


Fig 2. CARMelo network map

Attualmente registriamo interessanti da osservatori in Polonia, in Austria ed in Francia.

Il server

Ogni ricevitore trasmette ogni 5 minuti le registrazioni eventualmente prodotte al server che provvede a:

- Registrarle in un apposito database. Ad oggi (27 settembre) gli echi meteorici di quest'anno sono 1,3 milioni, si prevede quindi che il dato finale supererà quello del 2025 che fu di 1,6 milioni. A fronte dell'alto numero delle meteore registrate va notato che le dimensioni del database sono dell'ordine dei 300 Mb.
- Mostrare l'eco nell'apposita pagina "events" praticamente in tempo reale.

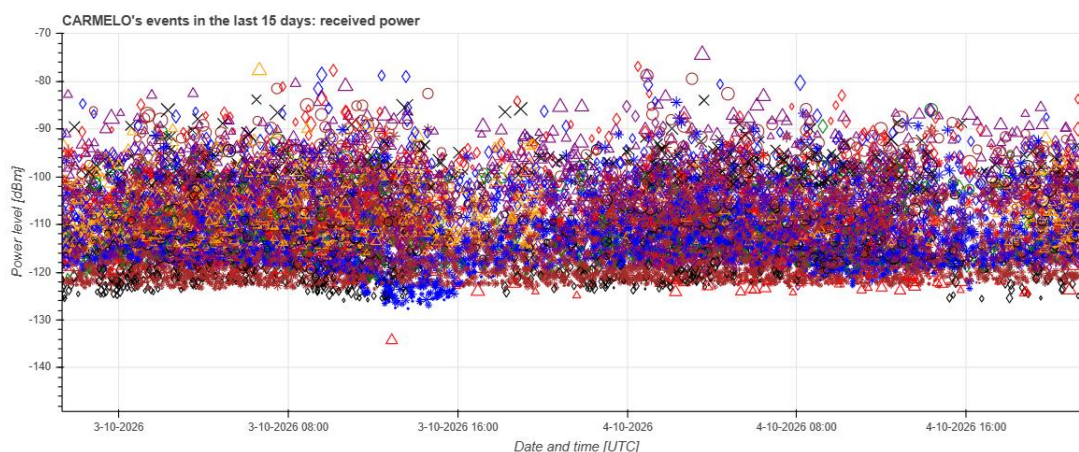


Fig 3. "Events" page.

- Mostrare il profilo di ogni eco meteorica qualora l'utente clicchi sull'evento, graficando così tutti i parametri fisici contenuti nel file inviato.

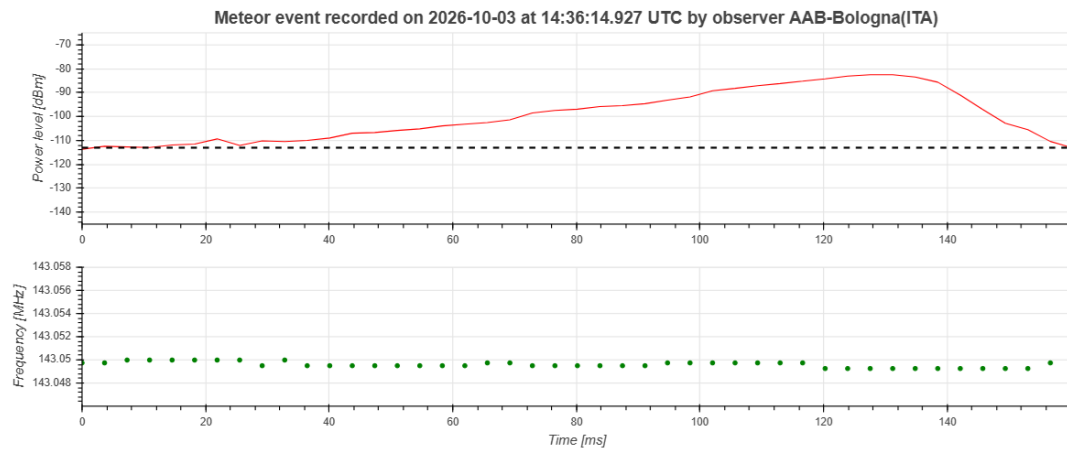


Fig 4. An echo profile. It is an underdense meteor

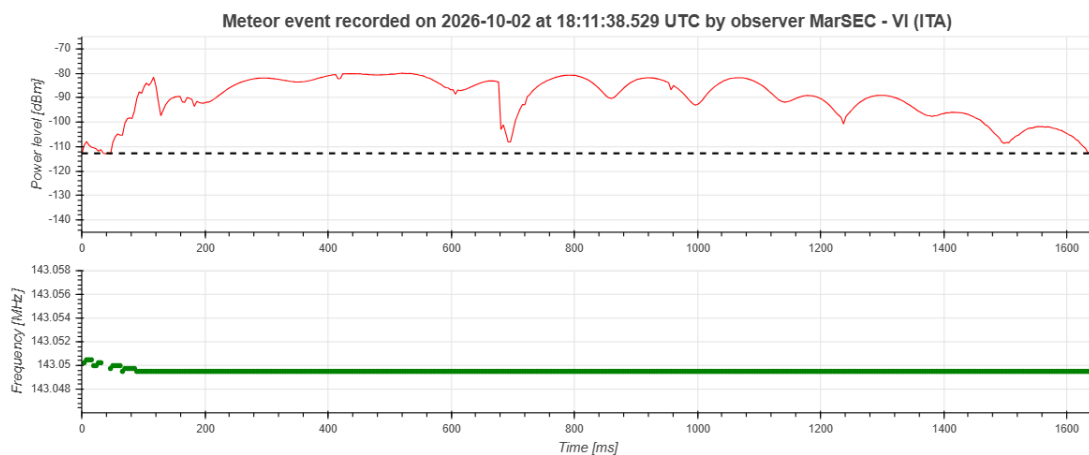


Fig 5. An overdense profile, it is possible to see the head echo before the beginning of the specular reflection. It is possible to see some Fresnel zones.

- d) Verificare se l'evento in questione è stato osservato da più stazioni, nel qual caso mette a disposizione dell'utente la sovrapposizione degli n profili meteorici e graficando anche la dislocazione geografica degli n osservatori. In questa maniera si può notare come la successione temporale degli istanti di ricezione rispecchi in maniera evidente sia nella sequenza che nei ritardi temporali la dislocazione delle stazioni sul territorio.

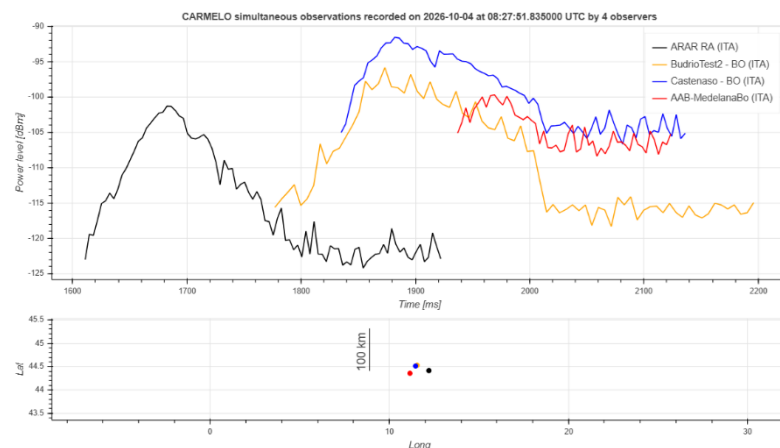


Fig 6. The same meteor seen by four observers. In the upper plot the time delay of every echo, bottom the observers position.

- e) Calcolare il tasso orario (con risoluzione temporale di 15 minuti) dell'attività meteorica e renderlo disponibile sull'apposita pagina "statistics". Nella stessa pagina sono presenti anche il grafico relativo alla media delle durate degli echi ed alla massima potenza radioelettrica ricevuta. Tutti e tre questi grafici sono riprodotti con l'ascissa riportante la data sia con la longitudine solare.

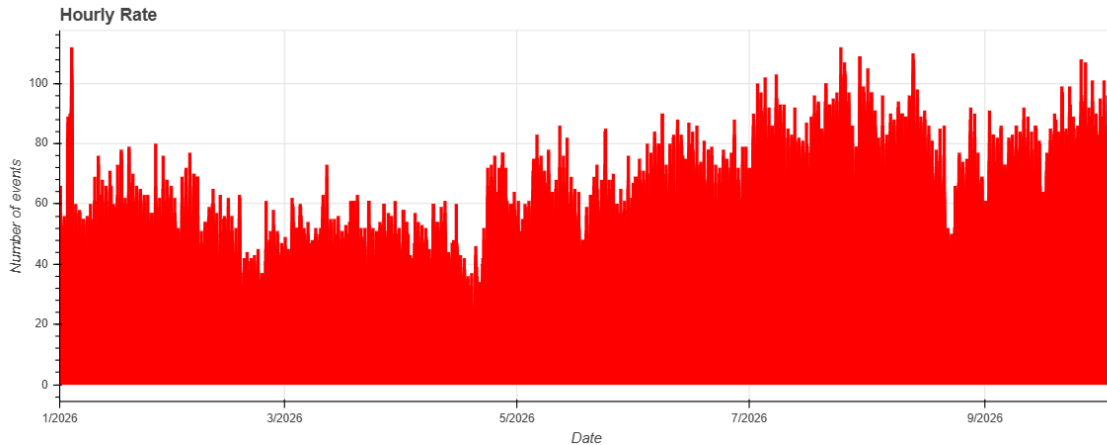


Fig 7. In the "Statistical" page the hourly rate.

L'RZHR

Il gruppo CARMELO ha elaborato una pipeline al fine di analizzare la eventuale presenza degli sciami meteorici ed indagare sui loro profili temporali.

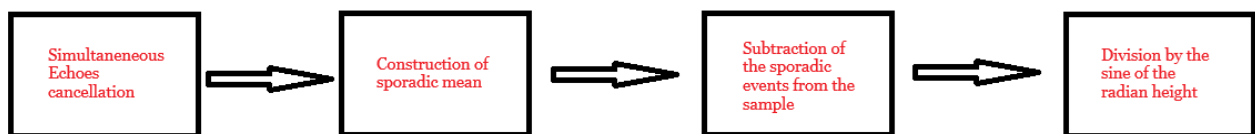


Fig 8 The RZHR pipeline

Il primo passo di questo processo è la ricerca, evento per evento, di tutte quelle meteore osservate simultaneamente da più osservatori; nell'ipotesi in cui un evento sia osservato da n osservatori il numero di eventi preso in esame viene portato ad 1.

I dati vengono quindi aggregati in bin da 15 minuti: la somma degli eventi in ognuno di questi bin è il tasso di attività o Ar_{comp} .

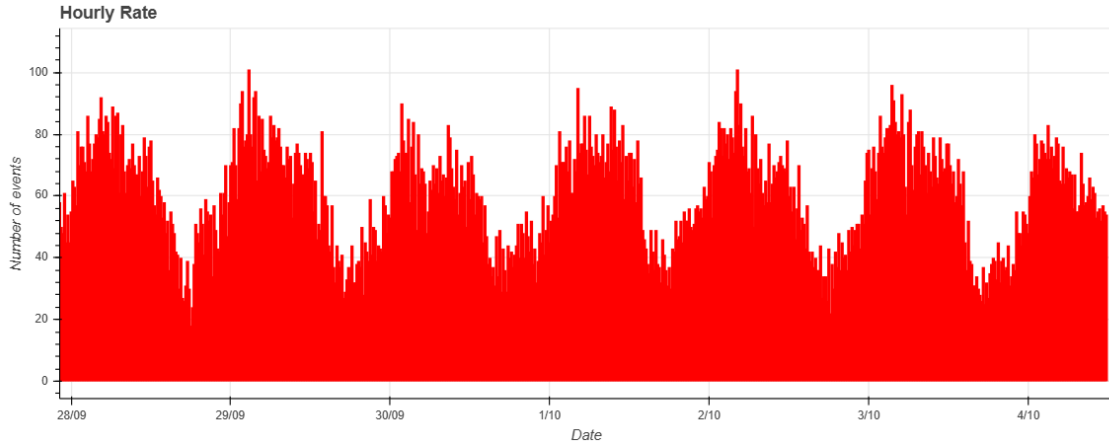


Fig 9. The activity rate: a one-week period is shown

Il secondo passo del processo si pone l'obiettivo di eliminare dai dati il contributo delle cosiddette "sporadiche" e cioè di tutte quelle meteore che nei millenni hanno perso ogni correlazione con il corpo progenitore a causa delle interazioni gravitazionali all'interno del sistema solare. Per questa ragione esse costituiscono una sorta di fondo continuo che, introducendo una prima arbitraria approssimazione, consideriamo costante giorno per giorno.

Il metodo va quindi alla ricerca di dati giornalieri in periodi privi di sciami noti o particolarmente attivi supponendo, con un altro presupposto arbitrario, che la media dei dati di questi giorni possa rappresentare un campione fedele dell'andamento giornaliero delle meteore sporadiche, definiamo questo dato: Ar_{spo} .

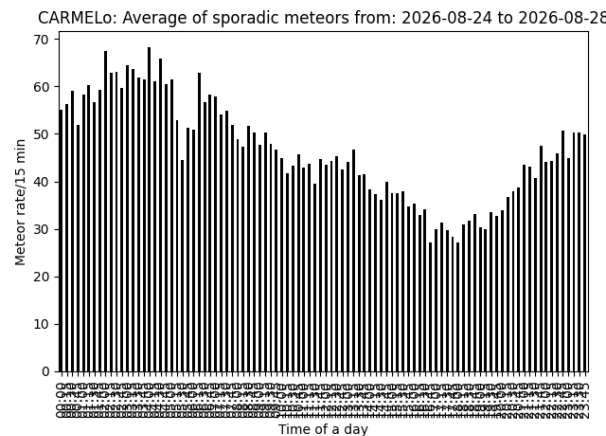


Fig 10. The sporadic activity

L'analisi continua quindi sottraendo la media delle sporadiche ai dati dei giorni prescelti ottenendo così l'andamento temporale dell'attività dello sciame da analizzare.

Poi, per ogni i bin nei giorni prescelti, calcoliamo:

$$Ar_{shower(i)} = Ar_{comp(i)} - Ar_{spo(i)}$$

Introducendo una terza approssimazione si considera la latitudine e la longitudine medie tra gli osservatori presi in esame e per essa si prende in esame l'altezza sull'orizzonte del radiante dello sciame al fine di tener conto di quella che alcuni definiscono “funzione di osservabilità”. A questo riguardo occorre precisare che il metodo consente all'operatore la scelta di quali osservatori prendere in esame, magari scartando quelli penalizzati da una collocazione geografica scarsa per l'osservabilità di quello sciame.

Per far ciò analogamente all'equazione usata dagli osservatori visuali per il calcolo dello ZHR (Zenithal Hourly Rate) dividiamo il tasso di attività per il seno dell'altezza del radiante (h_R) calcolato istante per istante.

Il risultato è quello che abbiamo chiamato RZHR.

$$RZHR_{(i)} = \frac{Ar_{shower(i)}}{\sin h_{R(i)}}$$

Le tre approssimazioni sopra descritte rendono questa pipeline quanto più efficace quanto più gli sciami considerati rispondano a questi criteri:

- 1) Siano “giovani”, cioè limitati a pochi giorni non avendo ancora subito la dispersione spaziale e temporale che gli sciami antichi hanno subito a causa delle interazioni con i corpi maggiori del sistema solare.
- 2) Abbiamo un radiante con declinazione abbastanza alta da permettere una osservabilità sufficiente per gli osservatori presi in esame.
- 3) Non vi siano sciami “interferenti”, attivi quindi nello stesso periodo.
- 4) Vi siano giorni, non troppo lontani da quelli presi in esame, in cui ci sia assenza di sciami meteorici noti ed attivi.
- 5) Che i ricevitori della rete CARMELo abbiano funzionato continuamente senza interruzioni dovute ad avaria od altro.

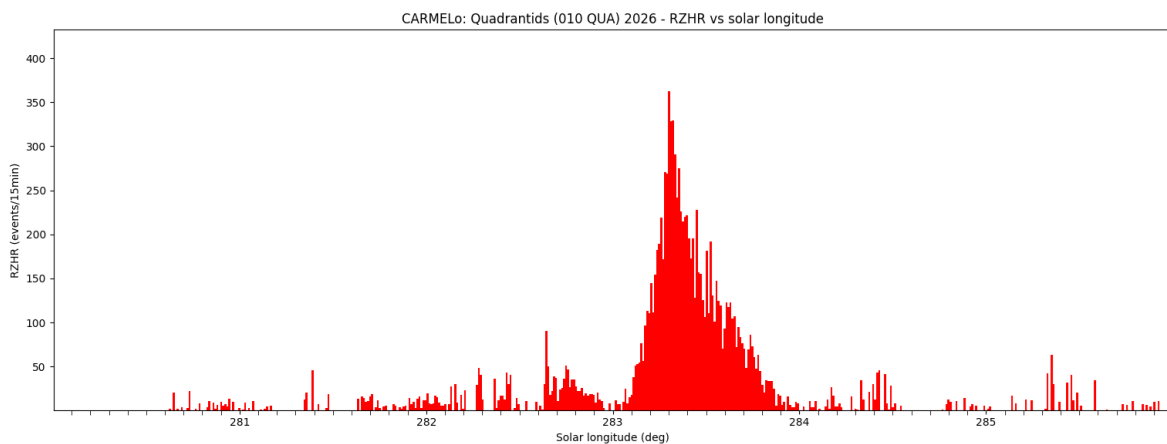


Fig 11. The 2026 Quadrantidis RZHR

Se questi criteri vengono a realizzarsi il risultato è sorprendente, con una ricostruzione dell'andamento dell'attività che non ha nulla da invidiare al risultato dello ZHR creato

dalle reti di osservatori visuali siano essi ad occhio nudo o tramite telecamere. La risoluzione temporale di 15 minuti contribuisce ad una ricostruzione assai fedele.

Conclusioni

La rete CARMELO è la prima rete di osservatori interamente digitale nel campo delle radiometeore. Per la prima volta astrofili privi di trasmettitore impulsato e ricevitori in grado di triangolare possono andare oltre il semplice ascolto del suono prodotta da una radio o della sua trasposizione video tramite software che producono i waterfall.

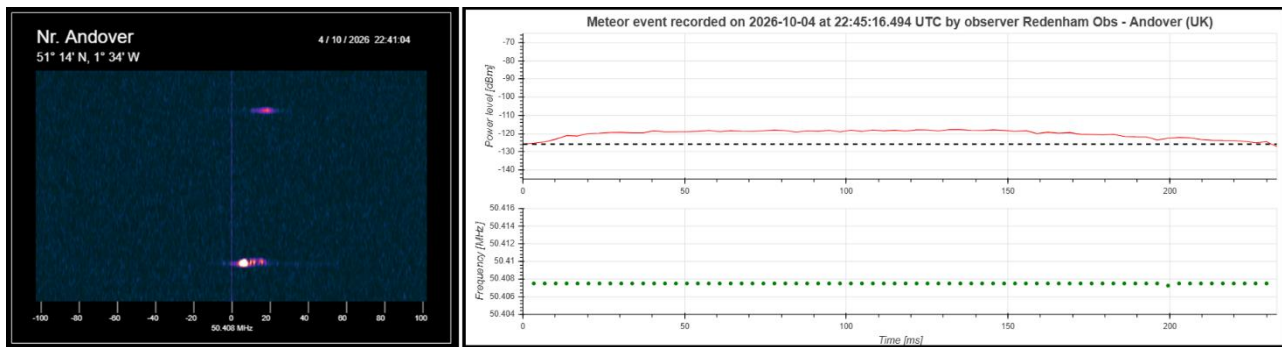


Fig 12. Left: a typical “waterfall” resulting from an analog observation. Right: the same observation made by CARMELO. This meteor was observed at the Redenham Observatory in UK.

Il fatto di avere uno standard unico e ricevitori calibrati permette la creazione di un data base omogeneo in cui sono registrate le grandezze fisiche delle radiometeore, utilizzabile per lo studio degli sciame meteorici.

L’auspicio è che altri osservatori ed appassionati vogliano abbracciare anch’essi questa tecnica osservativa contribuendo ad allargare la rete attuale, sia aumentando il numero di osservazioni disponibili, sia ampliando la distribuzione geografica.

(1) carmelometeor@gmail.com