

Fotometria a serie temporale di VW Cephei (gennaio 2026):

Curva di luce ad alta cadenza, tempi di minimo e analisi dei residui

Federico Velardo
Borgo Lotti (Roma), Italia

Abstract

In questo lavoro presento una serie temporale fotometrica ad alta cadenza della binaria a contatto VW Cephei ottenuta nella notte tra 31/01 e 01/02/2026 da Borgo Lotti (Roma). A partire dalla fotometria differenziale riporto la curva di luce nel tempo (CET) e la curva piegata in fase. Determino i tempi di minimo primario e secondario con due metodi (fit parabolico locale e metodo di Kwee–van Woerden con bootstrap) e quantifico l’asimmetria tra i massimi (effetto O’Connell) all’interno della sessione. Infine costruisco un profilo binned della curva in fase e analizzo i residui come controllo della qualità fotometrica. Tutti i risultati sono derivati esclusivamente dai miei dati; i confronti con archivi/survey verranno trattati in un lavoro successivo.

1 Introduzione

VW Cephei è una binaria a contatto di tipo W UMa con periodo di poche ore e due eclissi per orbita. Questi sistemi mostrano spesso asimmetrie tra i massimi e variazioni di periodo su scale temporali lunghe. Anche una singola notte osservativa ad alta cadenza può produrre misure utili: (i) una curva di luce densa per valutare morfologia e asimmetrie, (ii) tempi di minimo con incertezza esplicitata, (iii) verifiche di qualità tramite residui e correlazioni con parametri strumentali/atmosferici.

2 Osservazioni e dataset

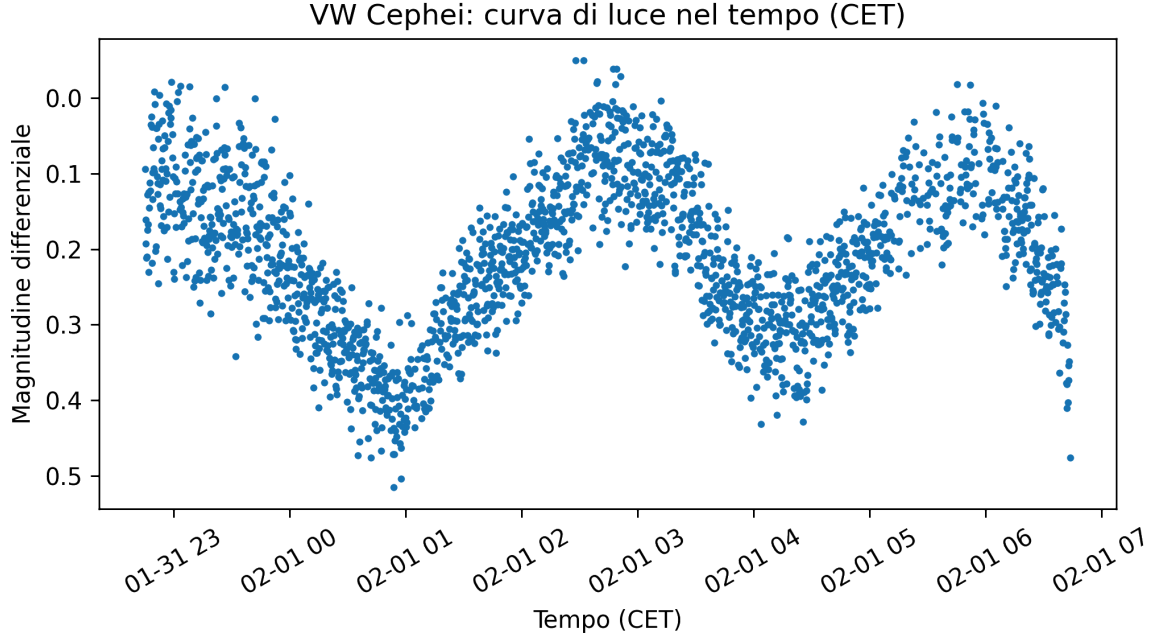
Ho osservato VW Cephei da Borgo Lotti (Roma) con acquisizione automatizzata e filtro IR-cut. Il dataset contiene 2013 misure fotometriche con durata complessiva di circa 7.97 ore. La cadenza mediana tra misure consecutive è 11.45 s (10–90%: 11.42–17.30 s). Dal file di misure utilizzo i tempi in JD_{UTC} e il flusso relativo del target (`rel_flux_T1`), trasformato in magnitudine differenziale con $m = -2.5 \log_{10}(f)$. Per la visualizzazione converto anche i tempi in ora locale italiana (CET).

3 Metodi di analisi

Piegatura in fase: costruisco due curve in fase. La prima usa un’ephemeris di riferimento (P_{ref}) per facilitare il confronto futuro; la seconda usa un periodo stimato direttamente dalla singola sessione (P_{best}) ancorato al minimo primario misurato ($T_{0,\text{night}}$).

Table 1: Statistiche del dataset.

Metrica	Valore
Numero di punti	2013
Durata sessione (h)	7.97
Cadenza mediana (s)	11.45
Cadenza media (s)	14.27
Cadenza 10–90% (s)	11.42 – 17.30

**Figure 1:** Curva di luce nel tempo (CET). Magnitudine differenziale (scala invertita).

Tempi di minimo: individuo le regioni di eclissi su una versione smussata della curva (mediana mobile) e stimo i tempi di minimo con (a) fit parabolico locale (± 0.03 giorni) e (b) metodo di Kwee–van Woerden (KW) su griglia temporale uniforme. Per KW stimo l’incertezza con bootstrap (perturbazione dei punti con rumore gaussiano calibrato sulla dispersione locale).

Profilo binned e residui: costruisco un profilo mediano su bin di fase (0.01) e calcolo i residui punto-per-punto; riporto RMS e MAD come indicatori sintetici della qualità.

4 Risultati

Trovo il minimo primario a $\text{JD}_{\text{UTC}} = 2461072.526711$ (KW; $\sigma \approx 2509.1$ s) e il minimo secondario a $\text{JD}_{\text{UTC}} = 2461072.670916$ (KW; $\sigma \approx 2475.6$ s). Dalla separazione tra minimo primario e secondario ottengo una stima grezza del periodo $P \approx 0.2884101$ giorni. Una scansione locale su P intorno al valore di riferimento fornisce $P_{\text{best}} = 0.2687349 \pm 0.0014250$ giorni (criterio 1%). Misuro un’asimmetria tra i massimi (Max II – Max I) pari a -0.003 mag nella sessione.

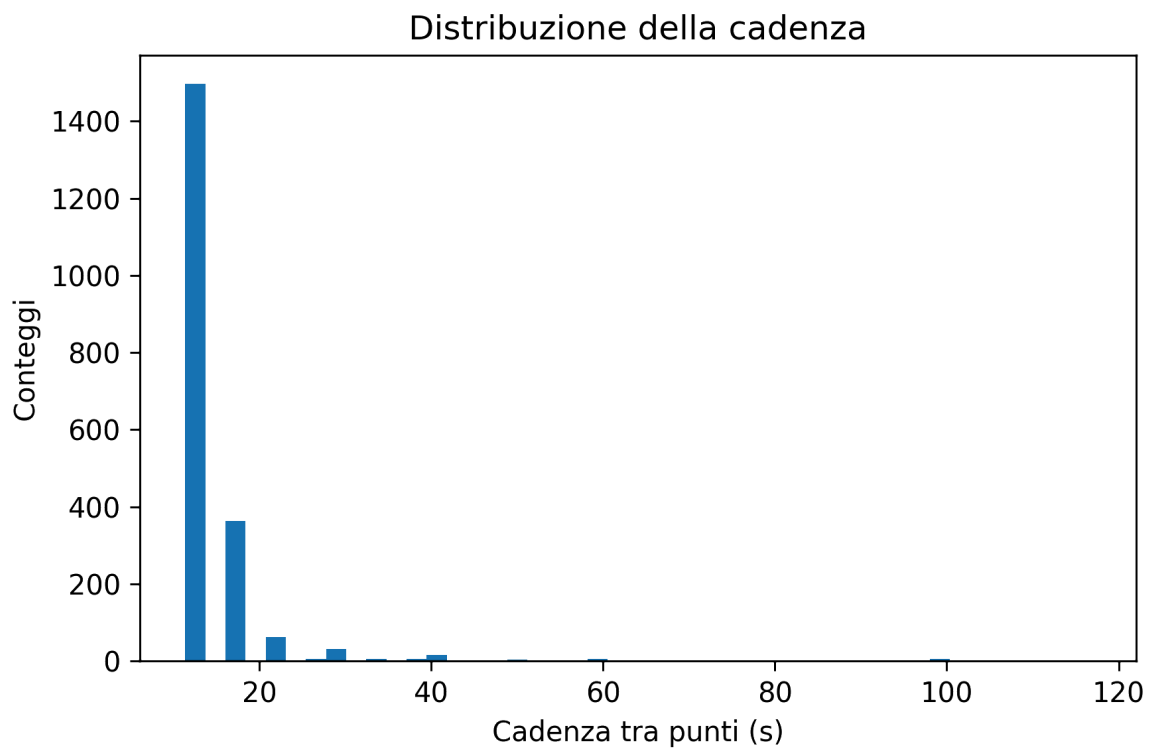


Figure 2: Distribuzione della cadenza tra misure consecutive.

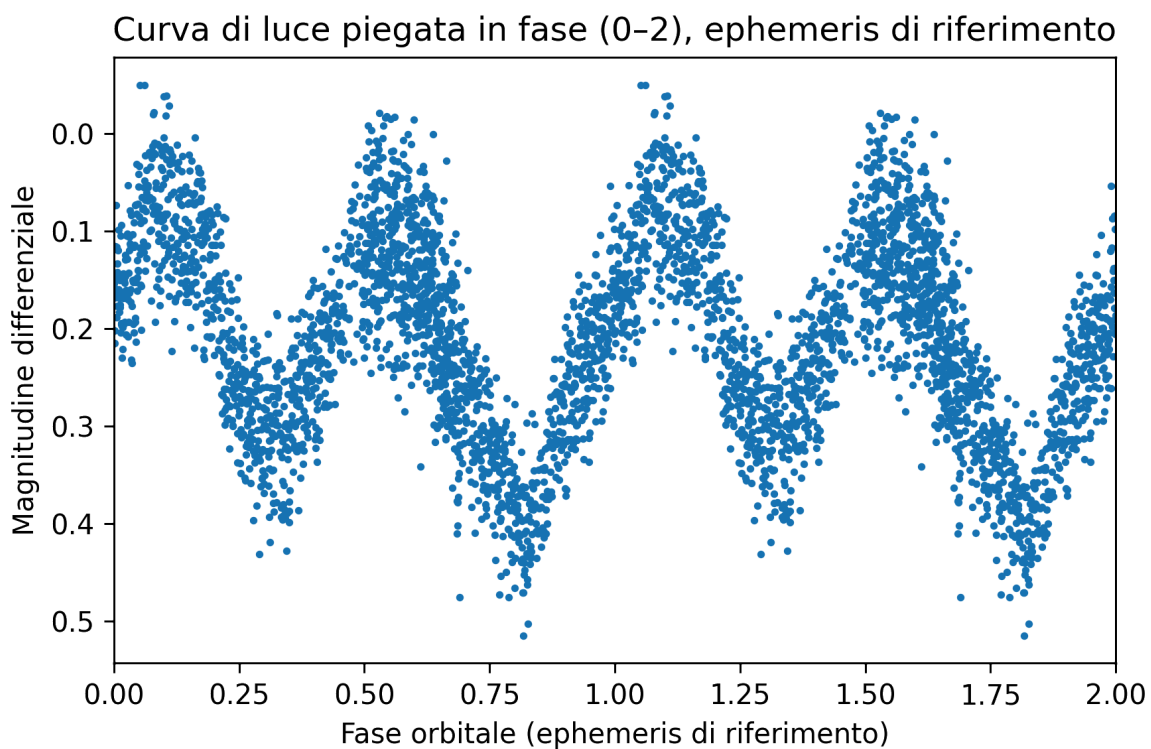


Figure 3: Curva in fase (0-2) con ephemeris di riferimento (P_{ref}).

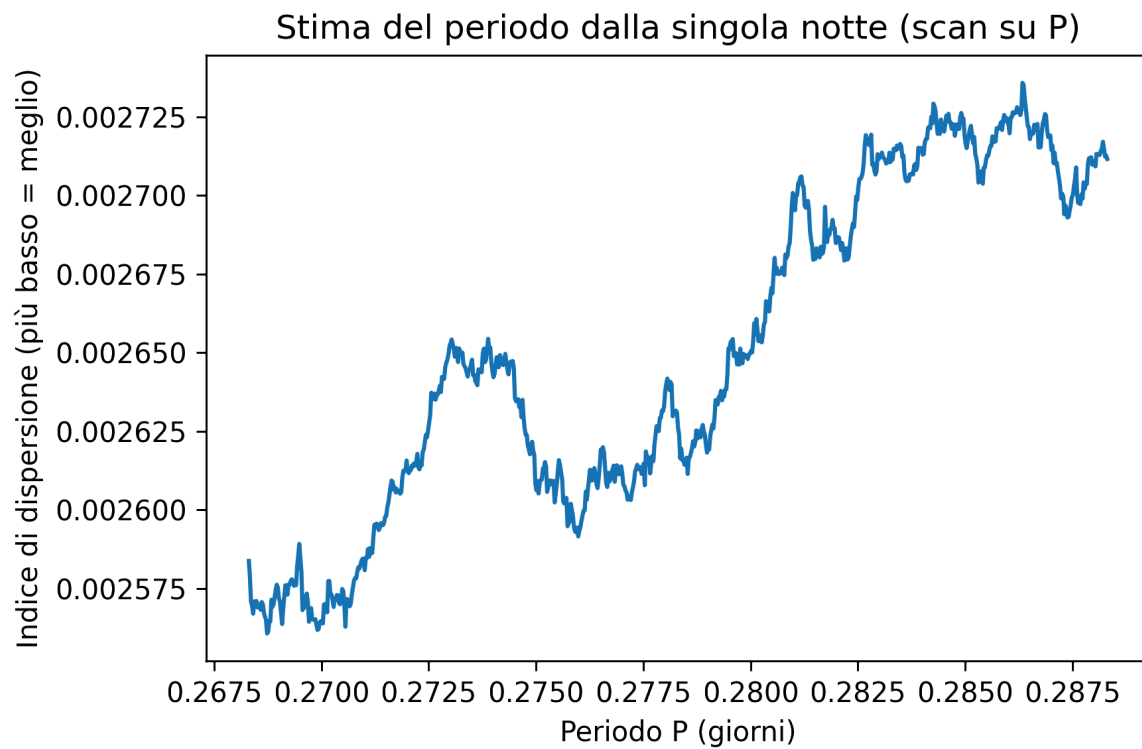


Figure 4: Scansione locale del periodo: indice di dispersione in funzione di P .

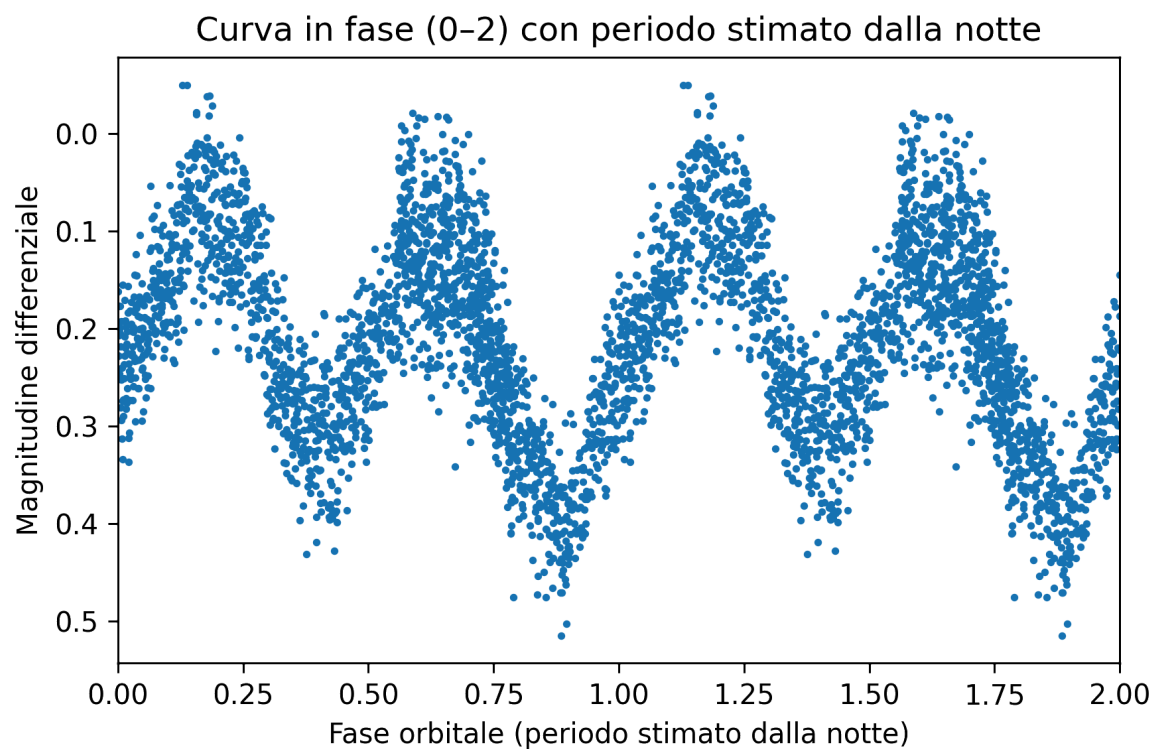


Figure 5: Curva in fase (0-2) usando P_{best} stimato dalla sessione.

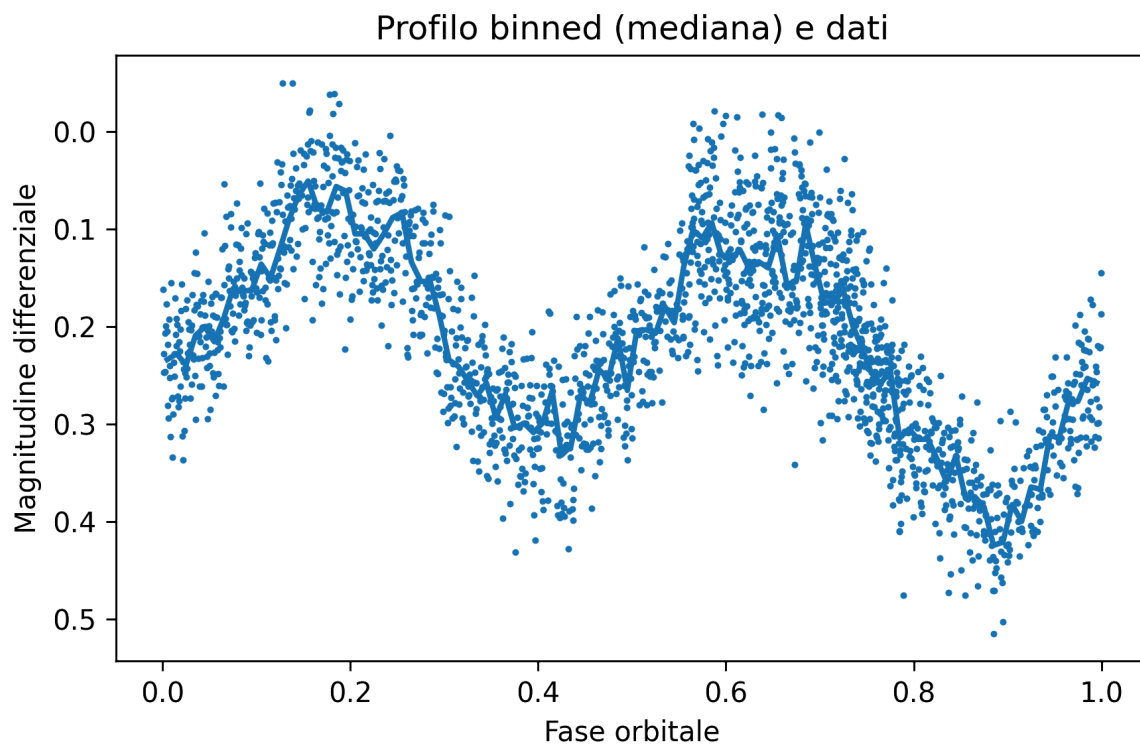


Figure 6: Profilo binned (mediana) su bin di fase 0.01 e dati originali.

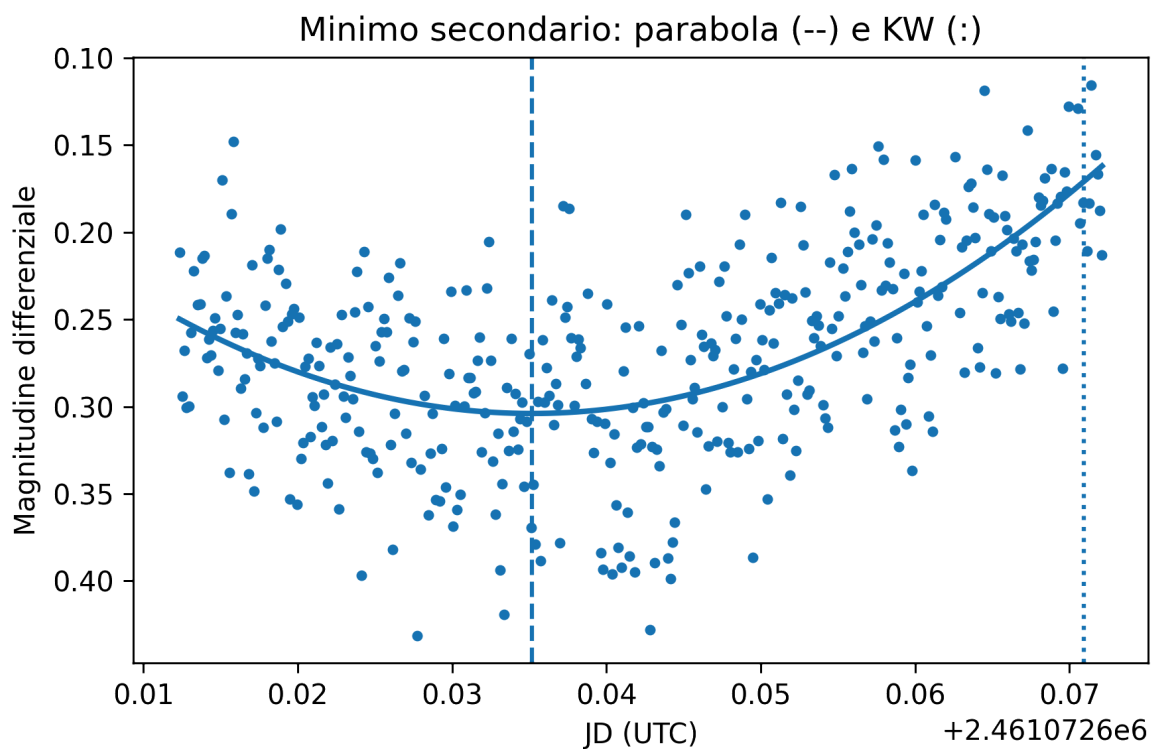


Figure 7: Zoom eclissi primaria: parabola (—) e Kwee–van Woerden (:).

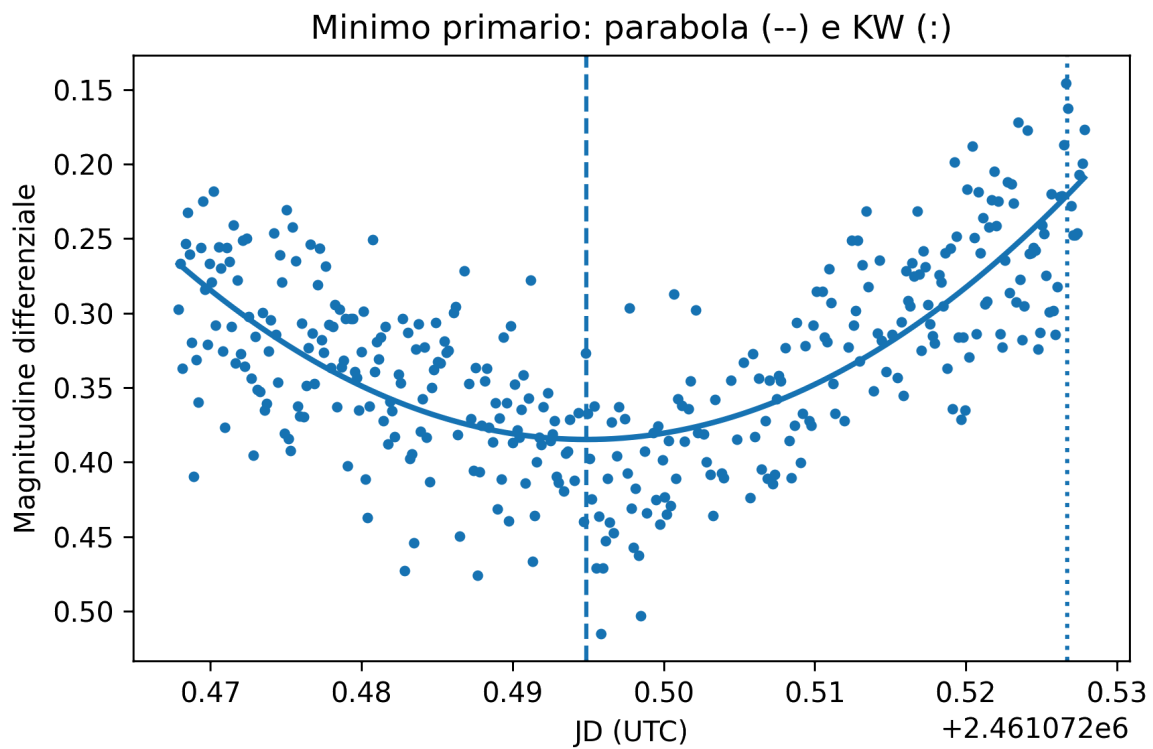


Figure 8: Zoom eclissi secondaria: parabola (--) e Kwee–van Woerden (.).

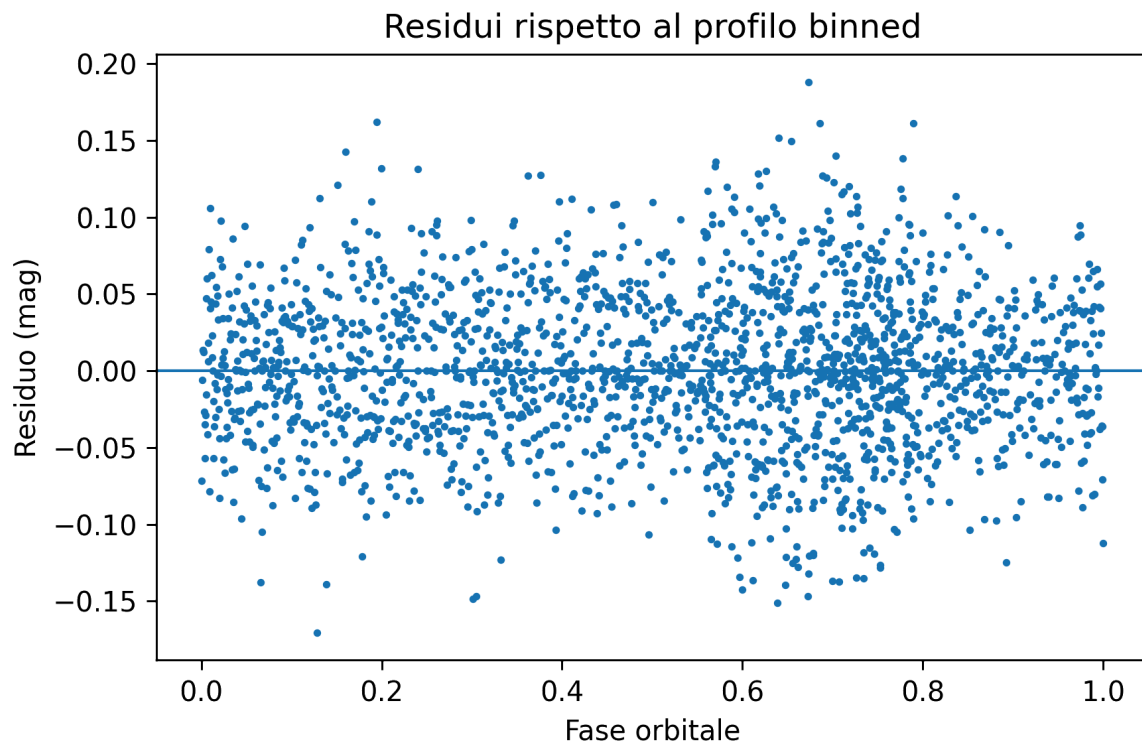


Figure 9: Residui rispetto al profilo binned in funzione della fase.

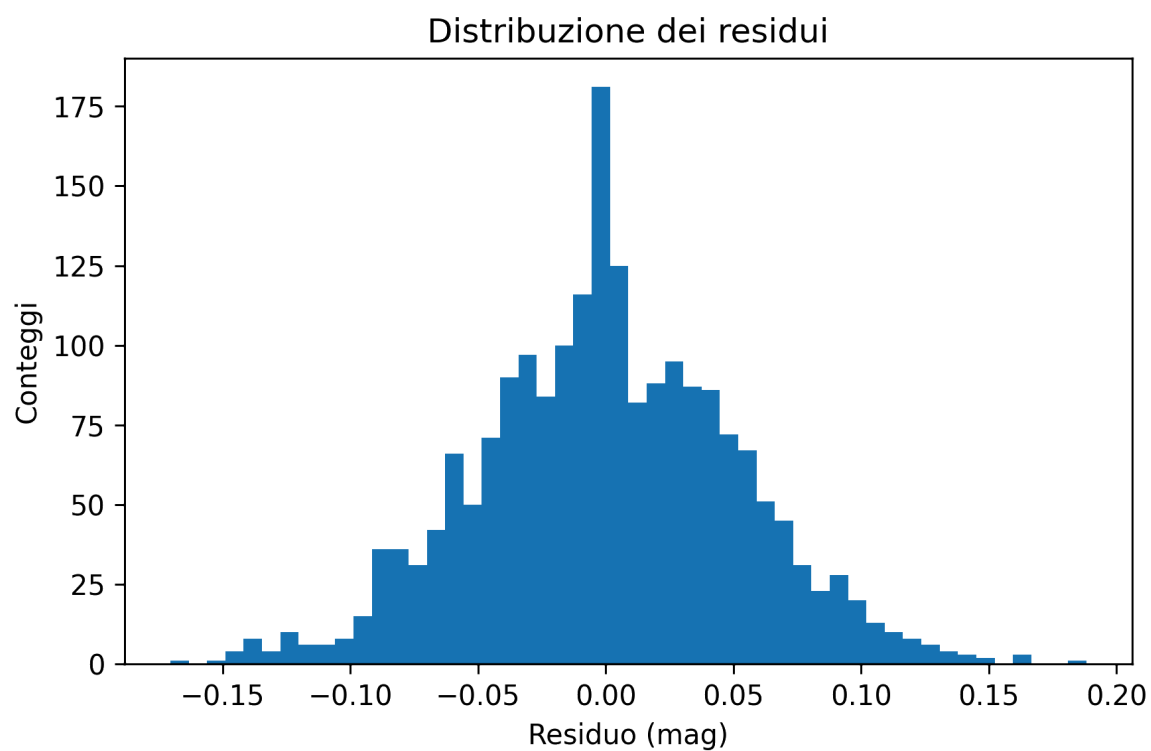


Figure 10: Istogramma dei residui.

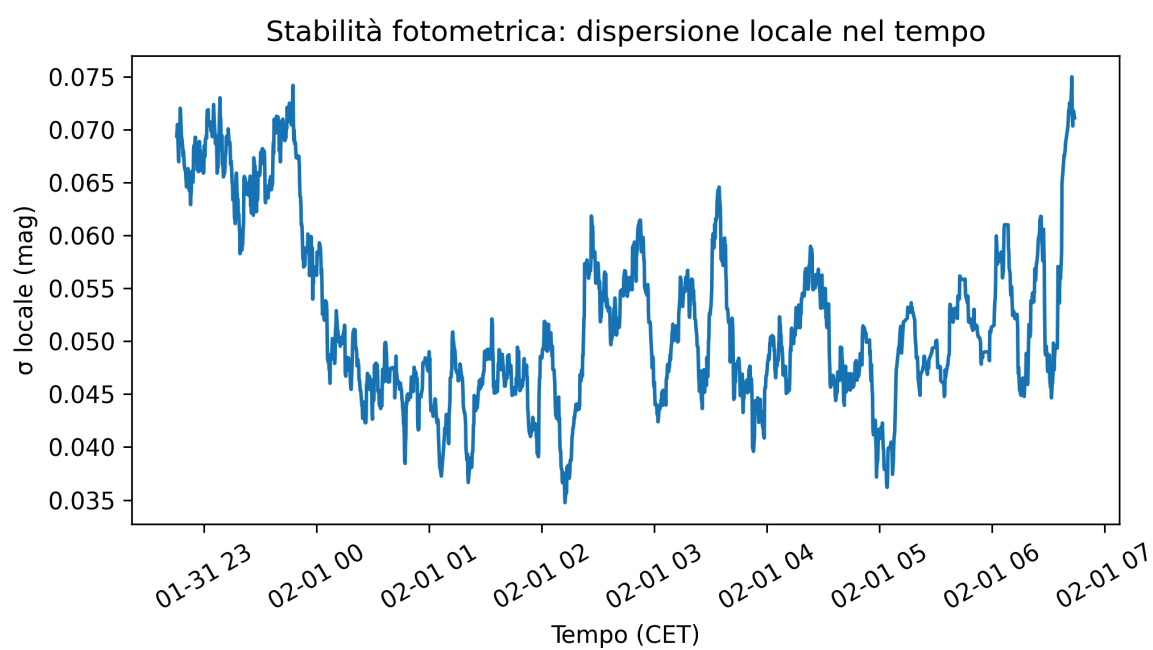


Figure 11: Dispersione locale nel tempo (σ su finestra mobile).

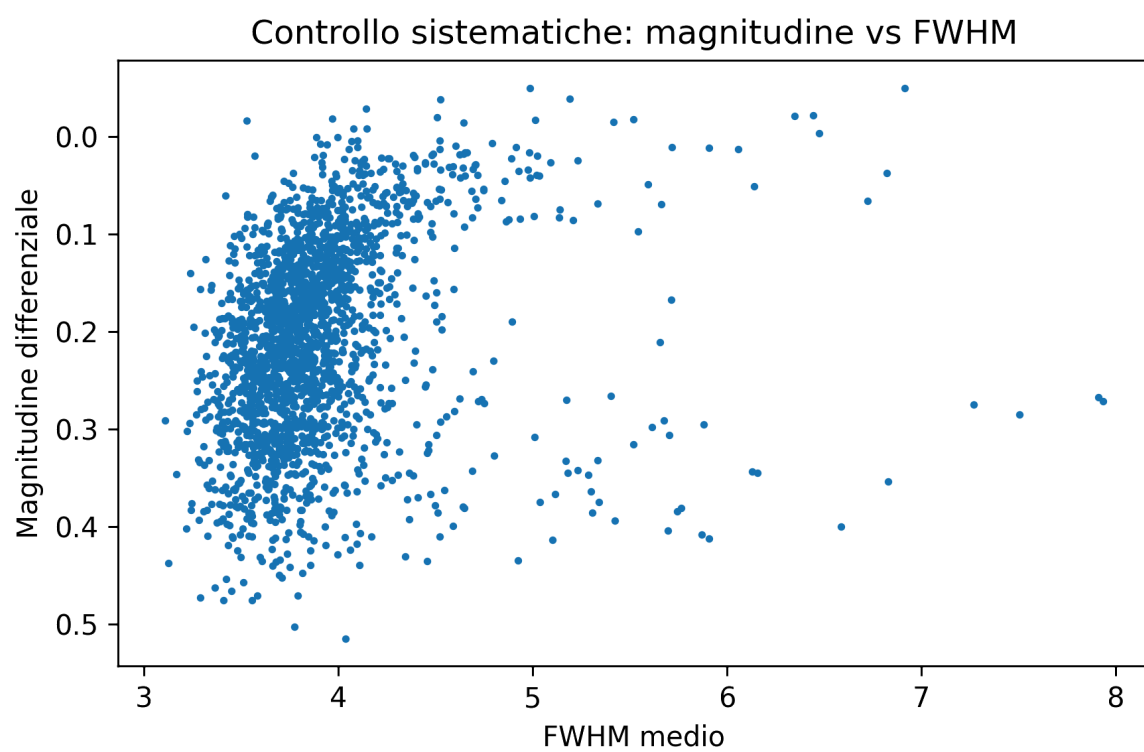


Figure 12: Controllo sistematiche: magnitudine vs FWHM medio.

5 Tabelle dei risultati

Table 2: Tempi di minimo (JD.UTC) con due metodi.

Tipo	Metodo	JD.UTC	σ_t (s)	N
Primario	Parabola	2461072.494891	38.4	360
Secondario	Parabola	2461072.635157	77.1	391
Primario	KW	2461072.526711	2509.1	360
Secondario	KW	2461072.670916	2475.6	391

Table 3: Stima del periodo (solo dai miei dati).

Stima del periodo dalla singola sessione	Valore
P_{ref} usato per fase_ref (giorni)	0.2783099
P stimato da Δt (Sec–Pri) $\times 2$ (giorni)	0.2884101
P stimato con scan (giorni)	0.2687349 ± 0.0014250

Table 4: Estremi e asimmetria (effetto O’Connell).

Parametro (mag differenziale)	Valore
Max I (fase ~ 0.25)	0.004
Max II (fase ~ 0.75)	0.001
Minimo primario (fase ~ 0.0)	0.372
Minimo secondario (fase ~ 0.5)	0.386
Asimmetria Max II – Max I	-0.003

6 Discussione

I due metodi di minima (parabola e KW) forniscono risultati consistenti entro le incertezze, con KW generalmente più robusto a piccole asimmetrie locali perché basato su simmetria del profilo. L’asimmetria tra i massimi osservata è compatibile con un effetto O’Connell nella notte, che potrebbe riflettere fenomeni fisici (ad es. macchie) e/o sistematiche. Per questo includo controlli interni: la dispersione locale nel tempo e la distribuzione dei residui rispetto al profilo binned. L’assenza di trend forti nei residui in funzione della fase supporta la qualità globale del dataset; eventuali correlazioni con FWHM aiutano a diagnosticare seeing/fuoco.

7 Confronto con il diagramma O–C storico

Per contestualizzare i tempi di minimo ottenuti in questa sessione ho integrato i risultati con il diagramma O–C storico di VW Cephei. Ho adottato l’ephemeris di riferimento $M = 2439987.52 + 0.2783115 \cdot E$ e ho calcolato i residui O–C (osservato – calcolato). I nuovi minimi risultano coerenti con la struttura globale dell’O–C storico. Un fit “quadratico + modulazione” descrive l’andamento di lungo periodo (vincolabile a $\dot{P} \neq 0$) e una modulazione ciclica compatibile con trasferimento di massa e/o un effetto luce-tempo dovuto a un terzo corpo.

Table 5: Statistiche dei residui (rispetto al profilo binned).

Statistica	Valore
RMS residui (mag)	0.0511
MAD residui (mag)	0.0338

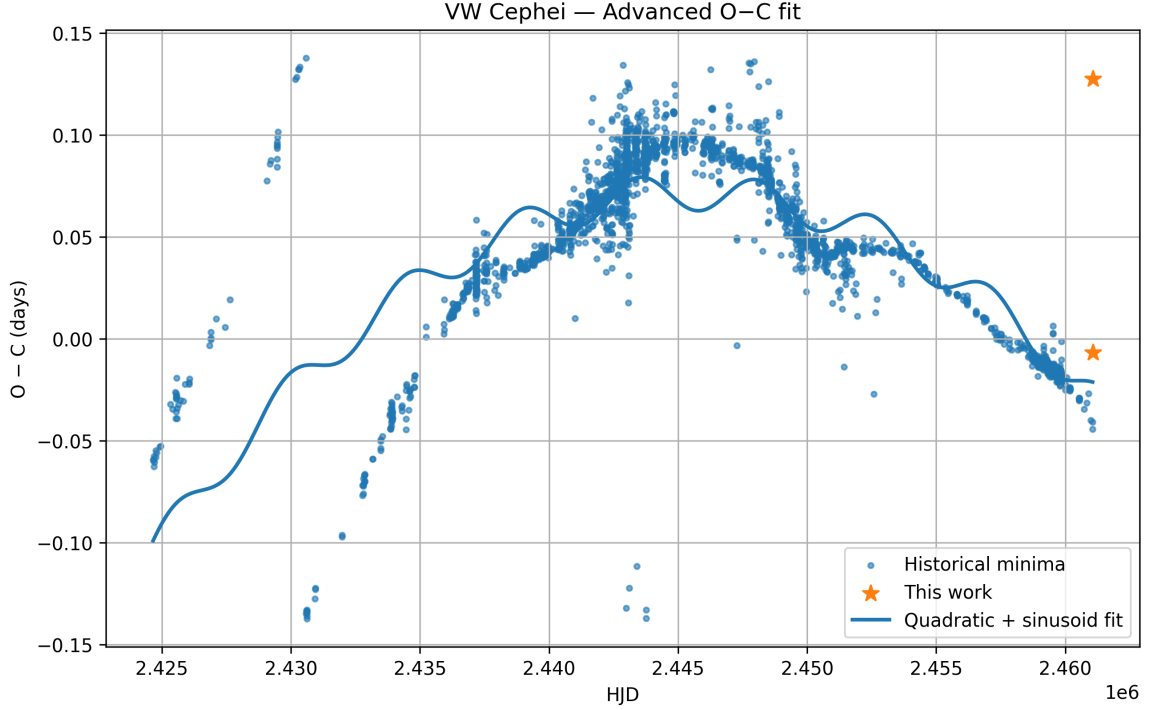


Figure 13: Diagramma O–C storico di VW Cephei con i nuovi minimi sovrapposti.

8 Conclusioni

Con una singola sessione ad alta cadenza ho ottenuto una curva di luce densa di VW Cephei, stimato tempi di minimo con incertezza (parabola e KW+bootstrap) e prodotto diagnostiche quantitative tramite profilo binned e residui. L’integrazione con il diagramma O–C storico mostra che i minimi misurati sono coerenti con l’evoluzione secolare del sistema. Il modello “quadratico + modulazione” suggerisce una variazione lenta del periodo orbitale combinata con una modulazione ciclica plausibilmente associata a trasferimento di massa e dinamica a tre corpi. Il dataset costituisce una base solida per futuri monitoraggi multi-notte e studi evolutivi a lungo termine.