L'importanza della morfologia di macchie, plages e flares

Costantino Sigismondi *prof.sigismondi@icra.it*
(ICRANet, Pescara e UPRA, Roma)

Submitted September 19th 2025, revised & accepted September 21st

Abstract The occurrence of an eruptive C2.3 flare on the western plage of AR4225 on Sept 18 2025 at 16-17 UT, with a clear two-ribbons structure has been inspected through multiwavelenght analysis, with SDO images. Its appearance in H-alpha telescope had clearly the aspect of major two-ribbons flares, lasting for one hour. A previous C3.6 flare on AR4220 may have ignited AR4225 40 minutes before; both have been the most significant events of the day. AR4220 had dipolar aspect with the spost arranged in an elliptical area. This configuration type already expressed X-class flares, along with its rapid growth. In a phase of the cycle without sympathetic flares, the correlation between the two regions and their energetic relevance seem evident.

Sommario Un flare eruttivo di classe C2.3 è stato registrato sulla plage occidentale della regione AR4225 il 18 Settembre alle 16-17 UT. La struttura a due nastri è apparsa chiara, ed è stata studiata tramite analisi multicanale con i dati SDO. L'aspetto in H-alfa era quello dei flares maggiori a due nastri, ed è durato un'ora. Un precedente flare C3.6 su AR4220 può averlo innescato, provando la correlazione tra le due regioni con flares simpatetici, in una fase dove questi non accadono da mesi. AR 4220 ha un aspetto dipolare in H-alfa, e le macchie sono disposte in ellissi in visuale. Questo tipo di configurazione, unita anche alla sua crescita veloce, ha già espresso in passato dei flares X.

Keywords: AR4225, AR4220, flares, two-ribbons flares, plages, delta regions, solar telescopes.

Introduzione: osservare il Sole e riconoscere configurazioni

L'osservazione del Sole al telescopio "in luce bianca" ha una storia di oltre 400 anni, e quella in H-alfa non supera di molto il secolo. L'attenzione alle macchie solari è stato merito degli astronomi del XIX secolo, quando è stata scoperta la periodicità undecennale del numero di macchie sul Sole. La morfologia delle macchie solari è diventata rilevante quando è stata compresa la correlazione tra brillamenti solari e regioni attive (macchie) ed eventi geomagnetici (aurore boreali e disturbi radio). La classificazione morfologica delle macchie solari è diventata molto più complessa di "classe

magnetica" α, β, γ, δ e loro combinazioni (unipolare, bipolare, complessa, penombre in comune e polarità opposte…)[1] necessitando la combinazione di "classi di macchie" con tre lettere latine e sessanta casi in totale.[2]

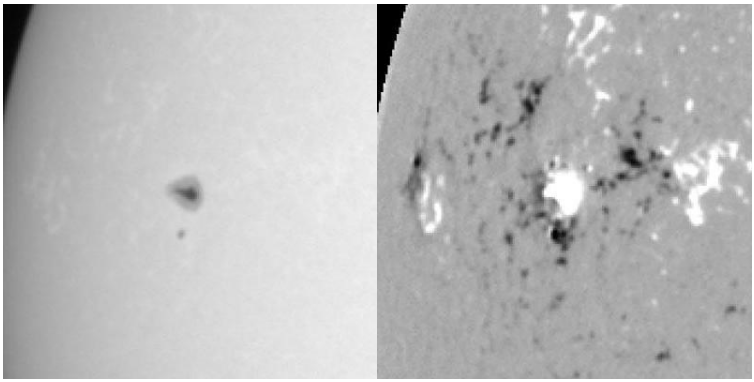


Fig. 1 AR 4225 il 19 settembre 2025.[3] La macchia era classificata come α ed HSX al momento del flare eruttivo. A destra il magnetogramma. La regione attiva AR4225 è molto più estesa della macchia solare, ed il flare eruttivo è avvenuto nella plage ad Ovest della macchia.

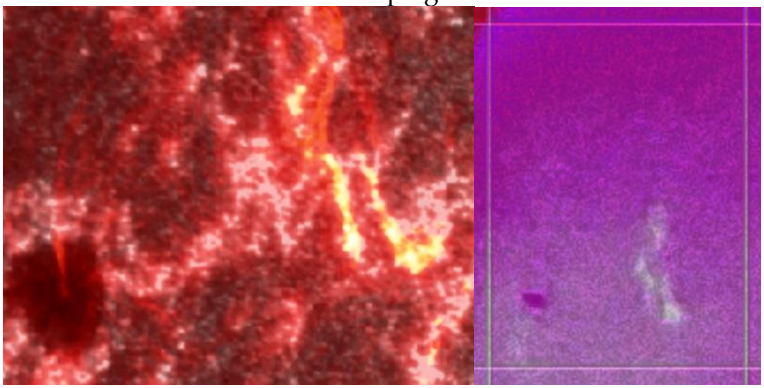


Fig. 2 Flare C2.3 del 18 Set 25 h 16:21 UT su AR4225 a 1700 Å + 304 Å (SDO) a confronto con H-α (foto mia). 2 nastri (ribbons) ben separati.

[1] https://www.spaceweatherlive.com/it/aiuto/la-classificazione-magnetica-delle-macchie-solari.html 8 tipologie

[2] https://www.spaceweatherlive.com/it/aiuto/la-classificazione-delle-macchie-solari-dopo-malde.html 60 tipologie

[3] https://www.spaceweatherlive.com/it/attivita-solare/regioni-di-macchie-solari.html#AR4225-2

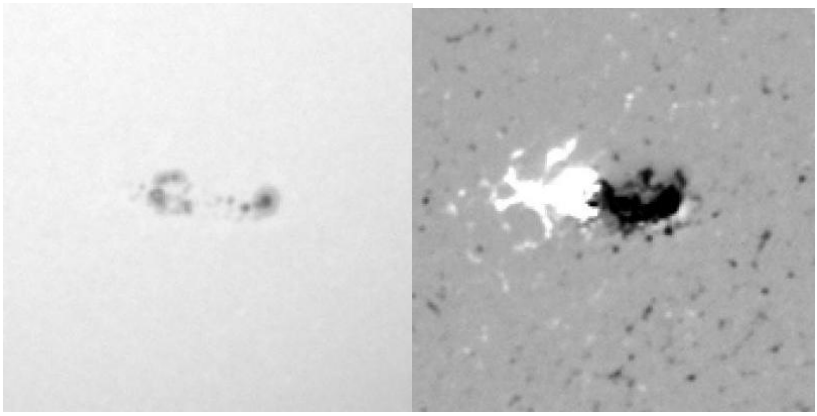


Fig. 3 AR 4220 in luce bianca DKI e magnetogramma β-γ. Il numero di macchie solari è passato da 4 a 20 dal 15 al 18 settembre, così come l'area da 10 a 250 MH.[4] Le classificazioni possono cambiare velocemente in questi casi, anche la AR4225 muta rapidamente,[5] anche perché verso il centro del Sole si vedono dettagli migliori.

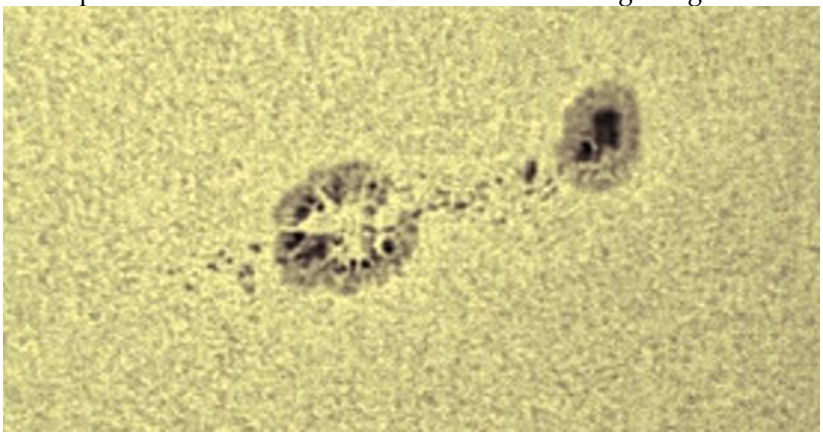


Fig. 4 L'anello di AR 4200 in luce bianca il 19 settembre alle 15:22UT.[6]

Tab.1 AR4220 macchie, area, classe magnetica, morfologia, coordinate.

15/9/2025	4 spots	10 MH	β	BXO	S18E28
17/9/2025	18 spots	80 MH	β	DAI	S18W02
19/9/2025	21 spots	240 MH	β-γ	DAI	S18W28

[4] https://www.spaceweatherlive.com/it/attivita-solare/regione/14220.html
[5] https://www.spaceweatherlive.com/it/attivita-solare/regione/14225.html
[6] Frank J. Melillo AR #14220

Il flare C3.6 su AR4220 e quello C2.3 su AR 4225

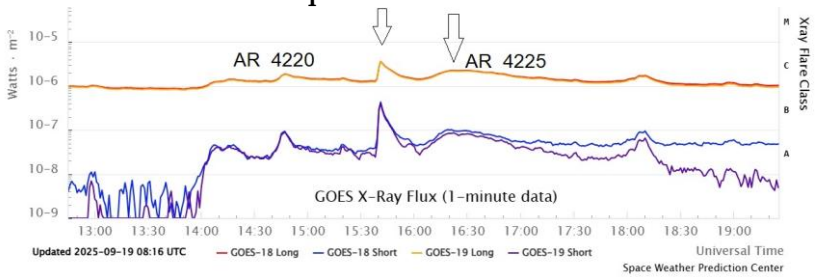


Fig. 5 I due flares consecutivi: il primo picco su AR 4240 è alle 15:41UT e il secondo picco, largo, su AR 4225 alle 16:21 UT.

I due picchi sono separati di 40 minuti. Nel primo caso l'evento è una serie di tre picchi graduali, nel secondo caso è un evento di lunga durata. L'osservazione di quest'ultimo è stata "allertata" dal triplo evento precedente: eventi come questi preludono spesso a manifestazioni più energetiche.

Separazione tra le due regioni AR 4220 S18W15 e AR 4225 N10E52

Al momento dei flares le due regioni risultano ben separate sui due emisferi. I flares sono stati rilevati alle posizioni N19 E 48 e S18 W 07.

La formula che dà la distanza in ortodromia (sulla sfera) è

γ=arccos(cos(Lon2-Lon1)cos(Lat1)cos(Lat2)+sen(Lat2)sen(Lat1))

La distanza sferica è 65.5° corrispondente a 791 Mm percorsi in 40 min. L'onda sismica sulla superficie del Sole viaggiava a v=330 km/s.

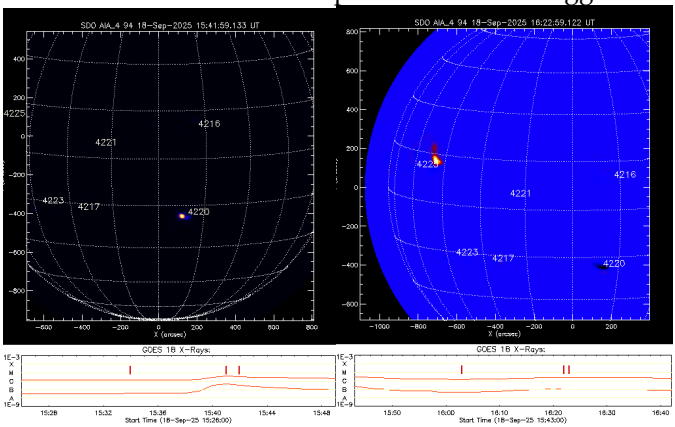


Fig. 6 identificazione degli eventi C3.6[7] e C2.3[8] dal sito LMSAL

[7] !3SolarSoft Latest Events - Summary of event: gev_20250918_1534

Confronto con altri flares simpatetici

Questi flares hanno la caratteristica di apparire quasi in simultanea, durante periodi in cui la frequenza dei flares è superiore a qualche ora. Un intervallo di tempo di 40 min può essere certamente frutto del caso, a meno che la velocità non sia proprio quella di transmissione delle onde acustiche in superficie.

Ho esaminato due casi: il 14 maggio 2024 X8.79 e M4.5 esploso agli antipodi (163°) 47 minuti dopo,[9] la velocità è pari a v=697 km/s;

il 6 novembre 2024 M3 e M5.9 separati da 51° e 46 minuti, la velocità in questo caso risulta di v=222 km/s. Le regione AR3883 (ad anello e autrice nello stesso giorno di un flare X2.37) e AR3887 hanno mostrato collegamenti più rapidi con un flare C5 non presente nell'archivio, perché quasi sovrapposto a M3.

Le velocità sono molto diverse fra loro, mentre ci si può aspettare che le onde sismiche,[10] elastiche, abbiano la stessa velocità di propagazione. e perciò non si può escludere che gli eventi del 18 settembre siano stati simpatetici, ossia collegati fra loro. In tutti i casi esaminati ho considerato regioni attive poste a Nord e a Sud dall'equatore, mentre si ritiene che i flare simpatetici appartengano allo stesso emisfero e siano separati per meno di 30°.[11]

Onde acustiche o sismiche sul Sole

Sono chiamati Sunquakes, e occorrono nel 20% dei flares di classe da M in su,[12] e le velocità delle onde sismiche (acustiche)[13] sono 100 km/s,[14] sono associati a flares impulsivi, con "ipocentri" relativamente profondi nella fotosfera.[15] I Sunquakes costituiscono ancora un *major unsolved problem* nella fisica dei brillamenti solari.

---

[8] !3SolarSoft Latest Events - Summary of event: gev_20250918_1603

[9] https://svs.gsfc.nasa.gov/14592/

[10] https://www.nasa.gov/missions/sdo/secrets-behind-sunquakes-could-lurk-beneath-the-solar-surface/ V. Thomas (2021).

[11] https://irfu.cea.fr/en/dap/2025/01/the-first-robust-evidence-of-sympathetic-solar-flares A. Stugarek e F. Guite (2025)

[12] https://arxiv.org/pdf/1911.04197 Sharikin e Kosovicev (2019).

[13] Stefan & Kosovichev (2025) https://arxiv.org/html/2509.06848v1

[14] The Curious First Sunquake of Solar Cycle 25 - HelioWiki Home Page

[15] Charles Lindsey et al 2020 ApJL 901 L9 (pdf) a 1120 km di profondità.

Conclusioni i due brillamenti del 18 settembre 2025 qui esaminati, hanno la caratteristica, comune ad altri eventi di flares simpatetici, di essere avvenuti ravvicinati nel tempo. Statisticamente è possibile che due eventi indipendenti accadano consecutivamente, ma è poco probabile. Il flare eruttivo[16] a due nastri di AR 4225 del 18 settembre 2025 è stato osservato proprio in conseguenza dell'analisi della curva di luce nei raggi X (fig. 5) che aveva risalite consecutive. Poiché la regione attiva AR 4220 presentava una struttura ad anello, che già era stata osservata nella AR 3883, che produsse un X2.67, proprio la sua morfologia è stata la causa dell'osservazione del fenomeno su AR 4225, del tutto imprevedibile. La struttura a due nastri per un flare di classe C2.3 è sembrata meritevole di studio oltre che di osservazione.

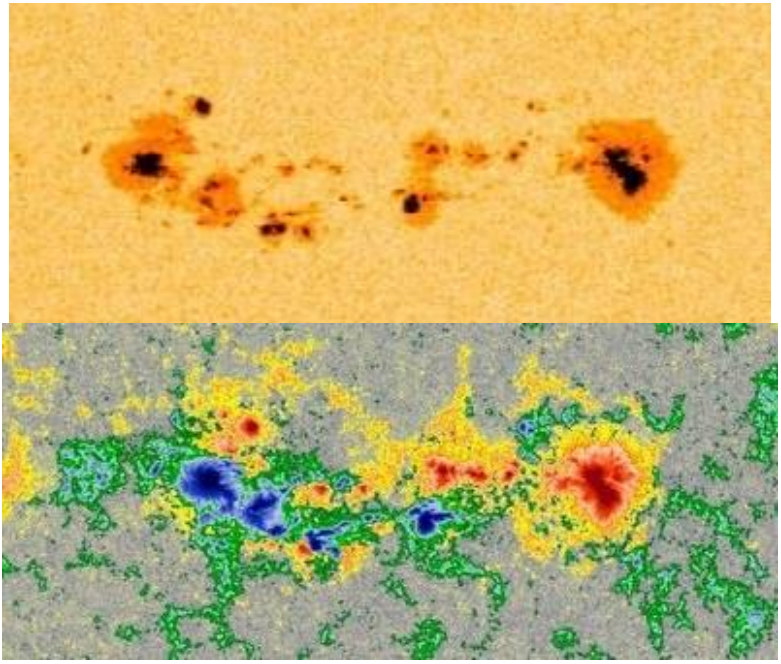


Fig. 7 AR 3883 il 6 novembre 2025 (SDO) prima del flare X2.67

Referenze C. Sigismondi, Gerbertus 21, 19 (2024)
Mawad & Moussas Astrophysics and Space Science (2022) 367:107
Chen & Zhao ApJ 908 182 (2021) pdf
Moreton & Ramsey PASP 72, 357 (1960) pdf

[16] https://nso.edu/telescopes/dkist/csp/flares-eruptive-activity/