

# Programma osservativo H-alpha

---

## NOTE

Many thanks to Jan Janssens (<http://members.chello.be/j.janssens/Engsolmain.html>) who gave permission to translate the original document from his website. The following program, which is also shared with the Belgian Solar Section (<http://www.digilife.be/club/franky.dubois/werkgroep.html>), is an arrangement of the above mentioned one and we hope it will invite so many solar amateur astronomers to join the very interesting world of our nearest star's studies.

---

## Indice

Programma osservativo H-alpha .....	1
NOTE .....	1
Indice.....	1
Introduzione .....	1
Qualità dell'immagine .....	2
Orientamento dell'immagine .....	3
Programmi Osservativi in H-alpha.....	4
Prominence hearths (nuclei di protuberanze) .....	4
Prominencenumber $R_p$ (indice di attività al lembo).....	6
Per emisfero solare .....	7
Per zone.....	8
Per dimensioni .....	10
Classificazione delle protuberanze .....	13
Determinazione della latitudine delle protuberanze.....	14
Brillamenti solari (Solar Flares) .....	15
Caratteristiche primarie dei brillamenti.....	17
Caratteristiche secondarie dei brillamenti .....	22

---

## Introduzione

La sempre maggior disponibilità sul mercato di telescopi e filtri solari H-alpha di alta qualità ma costo relativamente contenuto, ha reso possibile una maggiore diffusione di tali sofisticate strumentazioni per l'osservazione della cromosfera solare anche tra gli astrofili.

Avvertiamo pertanto la necessità di un nuovo programma osservativo sistematico da affiancare a quello già svolto in luce integrale e in banda radio, con caratteristiche tali da poter essere intrapreso da chiunque si avvicini all'osservazione unicamente della cromosfera solare oppure desideri implementare l'osservazione sistematica della fotosfera. Tale programma avrà pertanto una struttura modulare; ciascun modulo potrà essere sviluppato autonomamente oppure integrare quanto da anni svolto in altre porzioni dello spettro elettromagnetico.

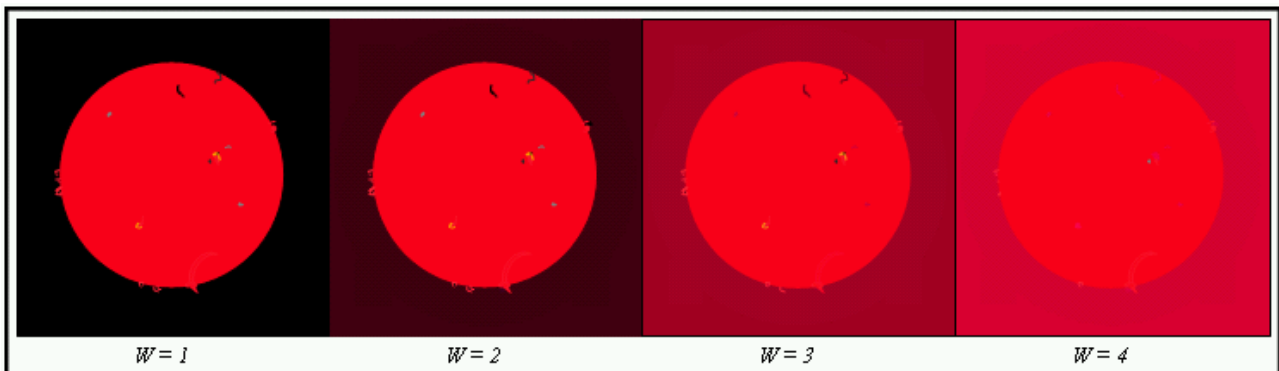
Riportato al campo H-alpha, il programma osservativo di base consiste nel conteggio dei “focolai” di protuberanze (o più propriamente *nuclei* di p.). Il programma più avanzato consiste nella determinazione del numero di protuberanze per emisfero o per zona (polare/principale), nella determinazione dell’indice di attività al lembo  $R_p$  e nella loro classificazione delle protuberanze al lembo in funzione delle dimensioni, della tipologia di Zirin e infine nella loro distribuzione in latitudine. Potenzialmente un contributo all’attività professionale potrebbe derivare dalla classificazione ottica e dalla determinazione di altri parametri morfologici dei *flares*, a supporto delle osservazioni in banda X.

## Qualità dell’immagine

Nella determinazione delle condizioni osservative appare di particolare rilevanza, più che nelle osservazioni in luce integrale, la determinazione dell’indice di trasparenza dell’atmosfera. Di particolare utilità risulta la scala di Wedel essendo stata calibrata opportunamente sulla banda H-alpha.

Tuttavia, in considerazione del fatto che non si ritiene opportuno introdurre i parametri correttivi K generici (come dalle disposizioni interne al [GRSI](#)), ciascun osservatore adoterà la scala già normalmente impiegata per l’osservazione in luce integrale.

Al seguito una tabella relativa alle classi di trasparenza secondo Wedel:



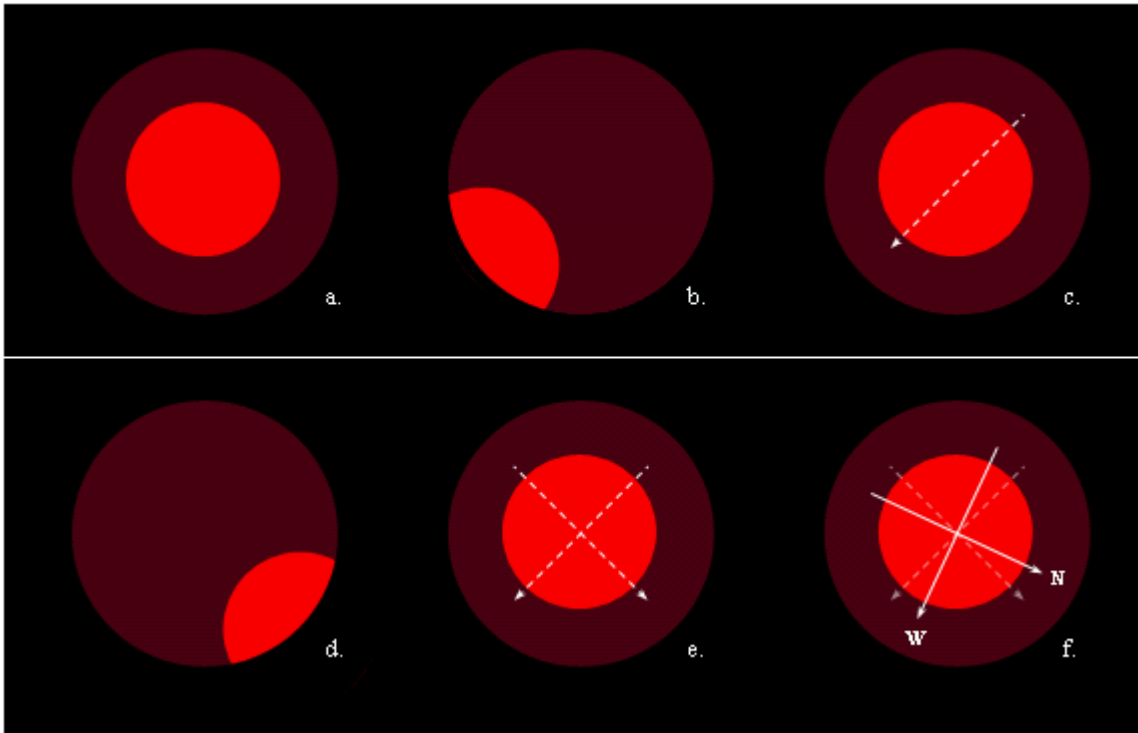
© [Jan Janssen](#)

W	Descrizione
1	Fondocielo decisamente scuro, protuberanze ben distinte
2	Fondocielo scuro, protuberanze distinte
3	Fondocielo moderatamente chiaro, protuberanze abbastanza distinte
4	Fondocielo chiaro, protuberanze poco evidenti o visibili con difficoltà

Sono da considerarsi condizioni mediamente accettabili valori intermedi di seeing e  $2.5 < W < 3$ . Sono da evitare (al fine dei conteggi) condizioni di seeing eccezionalmente scadenti e  $W = 4$ .

## Orientamento dell'immagine

Particolare rilevanza assume l'orientazione del modulo osservativo poichè una corretta procedura consente di determinare la latitudine dei fenomeni al lembo, con la massima precisione compatibilmente con gli strumenti utilizzati, consentendo di ottenere indici di attività correttamente suddivisi per aree. Al seguito è mostrato sommariamente il metodo più efficace e rapido per la determinazione dell'orientazione cardinale:



© [Jan](#)

[Janssen](#)

- porre il disco solare al centro del campo impiegando un oculare che consenta la visione intera del disco del Sole
- spegnere il moto orario lasciando transitare il disco solare al lembo del campo; il primo lembo solare a sparire è quello occidentale
- fissando opportuni riferimenti (una protuberanza, un particolare al disco etc) sarà possibile tracciare con precisione la linea E-W determinata dal moto terrestre medesimo, come mostrato in figura...
- ... analogamente, riportando il disco solare a centro campo, si sposterà il tubo del telescopio per esempio in direzione N così da indentificare il lembo meridionale del Sole, che sarà il primo a sparire oltre il campo oculare
- la linea evidenziata, ottenibile più semplicemente tracciando la perpendicolare alla precedente e passante per il centro disco, identificherà il reticolo N-S e E-W con orientazione geocentrica
- l'orientazione eliocentrica si ottiene correggendo per l'angolo  $P_c$  (angolo di tilting corretto all'ora dell'osservazione) rilevabile da qualsiasi almanacco astronomico o software dedicato (consiglio per la sua rapidità e precisione di calcolo SunEphemerides rilasciato freeware da Albino Carbognani). Si noti che i lembi E e W solari corrispondono a quelli geocentrici, contrariamente a quanto avviene per esempio nell'osservazione planetaria. Il disegno deve

essere corretto dell'angolo  $P_c$  da N verso E del valore tabulare quando esso sia positivo e da N verso W quando esso sia negativo.

Per ottenere una rapida e precisa orientazione risulta di particolare utilità l'uso di un oculare a reticolo, non necessariamente micrometrico, come quelli normalmente adottati per la guida fotografica.

## Programmi Osservativi in Halfa

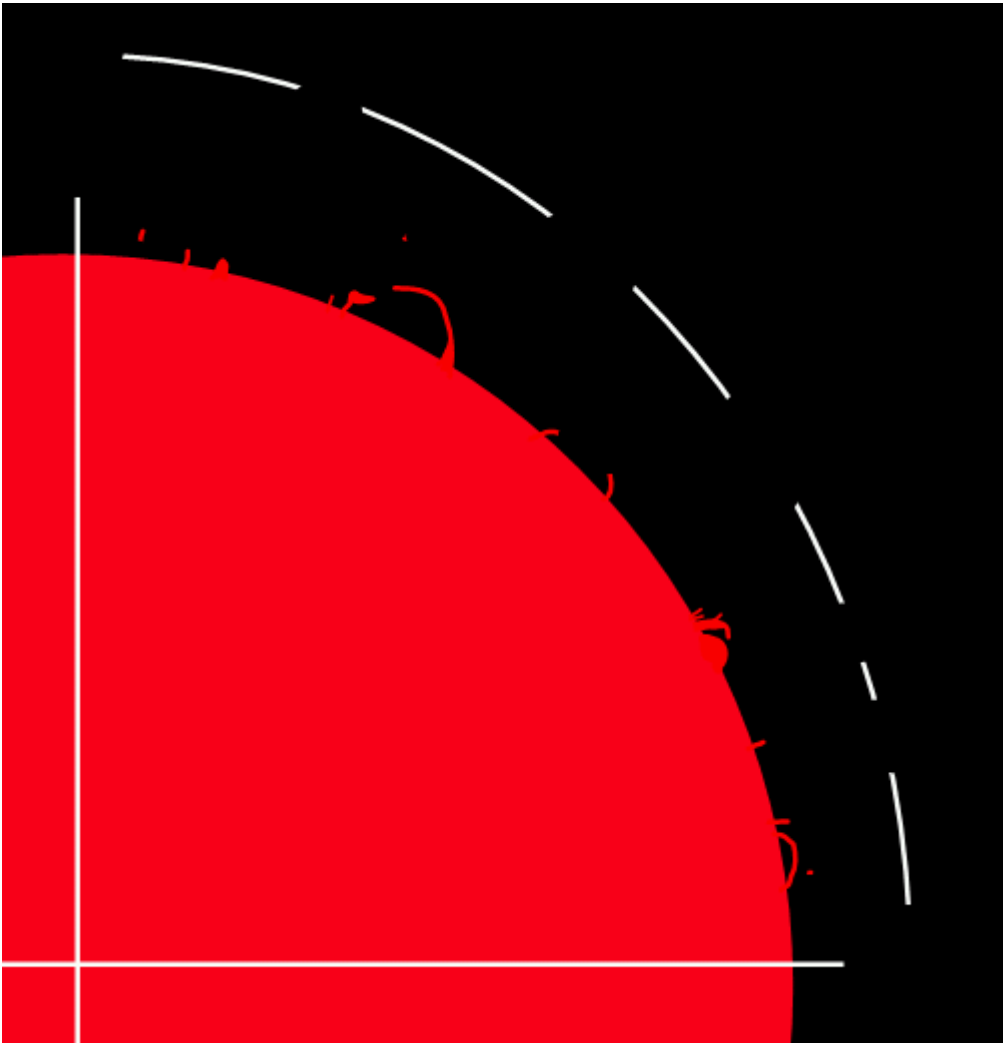
Nuclei di protuberanze					
Prominencenumber $R_p$	Per emisfero solare	Per zona	Classificazione	Dimensioni	Latitudine
Altezza		Area		Flamenti	
Flares solari					

### Prominence hearths (nuclei di protuberanze)

Analogamente ai gruppi maculari, le protuberanze si raggruppano in strutture coerenti. Pertanto, il programma osservativo più semplice consiste nel conteggio del numero di protuberanze visibili al lembo. L'indice di attività così ottenibile viene indicato con il termine H (dal tedesco *herde* per heart [cuore] che noi, in attesa di una più appropriata definizione chiameremo nucleo).

Si considerano appartenenti a un unico nucleo le protuberanze presenti entro  $5^\circ$  eliografici in latitudine da ogni altra struttura. Qualora la distanza fosse maggiore, si considerano ugualmente appartenenti a un medesimo nucleo le strutture che mostrino un evidente legame fisico. Tali regole possono essere dedotte dall'immagine mostrata al seguito, tratta da precedenti lavori svolti dalla sezione solare tedesca SONNE.

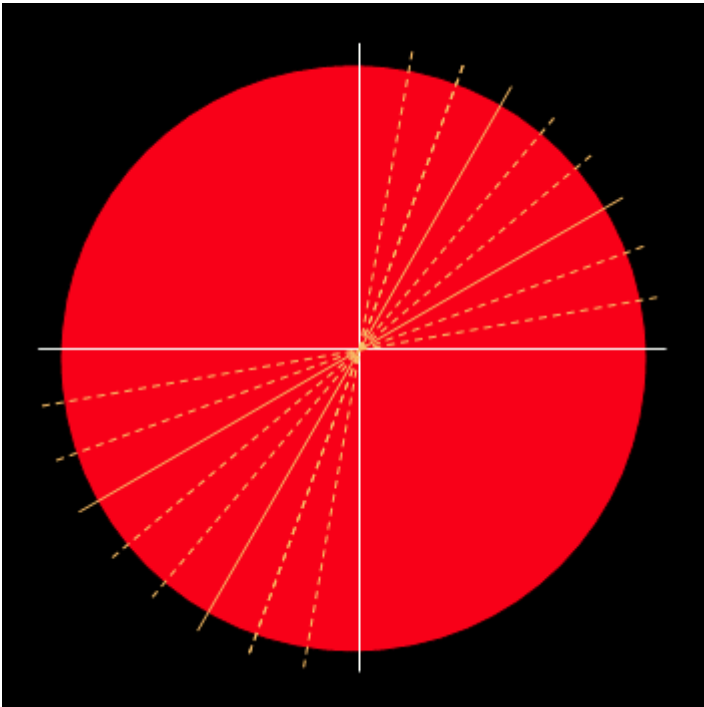
Questi parametri sono utilizzati dalla British Astronomical Association per la determinazione della PMDF (prominence mean daily frequency, frequenza media giornaliera delle protuberanze) e analogamente da SONNE per il computo di  $R_p$  (indice attività delle protuberanze al lembo).



© [Jan Janssen](#)

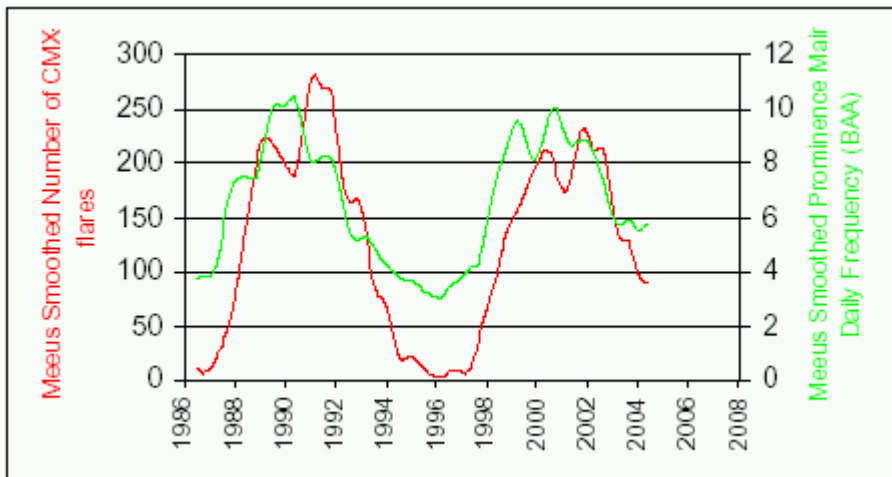
Nella figura sono evidenziati 6 differenti nuclei. La seconda protuberanza da destra è situata  $6^\circ$  dalla prima e  $7^\circ$  dalla terza. Poiché non mostra alcun legame fisico con i due nuclei adiacenti, viene considerata una protuberanza isolata. Nella quarta protuberanza da destra questo legame appare invece evidente, di conseguenza, nonostante il fatto che le due strutture osservate siano localizzate reciprocamente a  $8^\circ$ , vengono considerate un unico nucleo. Un ulteriore esempio si può notare nella quinta protuberanza dove le strutture estreme sono localizzate a distanza ulteriormente superiore una dall'altra ma il legame fisico è addirittura più evidente. Nel sesto nucleo le distanze della struttura centrale dalle estremità sono rispettivamente  $4^\circ$  e  $3^\circ$ , pertanto formano un nucleo unico. Una protuberanza che sia staccata dal lembo solare viene considerata una struttura in fase avanzata.

La figura al seguito mostra una suddivisione in angoli di  $10^\circ$  al centro disco. Si noti come  $5^\circ$  è veramente una piccola frazione del disco (la diciottesima parte del quarto di circonferenza). Si ritiene ancora possibile eseguire una suddivisione accurata basata unicamente su metodi visuali, sebbene rappresenti un valido aiuto l'utilizzo di un oculare a reticolo o a griglia.



© [Jan Janssen](#)

Il conteggio dei nuclei di protuberanze può portare a interessanti considerazioni. Appare evidente dalle osservazioni condotte dalla [British Astronomical Association](#) come il PMDF possa essere considerato un precursore dei massimi dell'attività dei *flares*, con un anticipo medio di 1-2 anni. Appare inoltre evidente come, durante il minimo di attività solare, siano sempre visibili delle protuberanze. I rapporti minimo/massimo dei cicli è approssimativamente di 1/30 per il ciclo delle eruzioni solari, di 1/15 per il numero di Wolf (R), e di 1/3 per il PMDF!



© [Jan Janssen](#)

## Prominencenumber $R_p$ (indice di attività al lembo)

Un'evoluzione del programma base consiste nella determinazione dell'indice  $R_p$ . Viene computato analogamente al numero di Wolf R, ma mentre per la determinazione di R vengono considerati il numero di gruppi maculari (g) e il numero di macule individuali (m), per il computo  $R_p$  vengono presi in considerazione il numero di nuclei di protuberanze (H) e la somma delle strutture

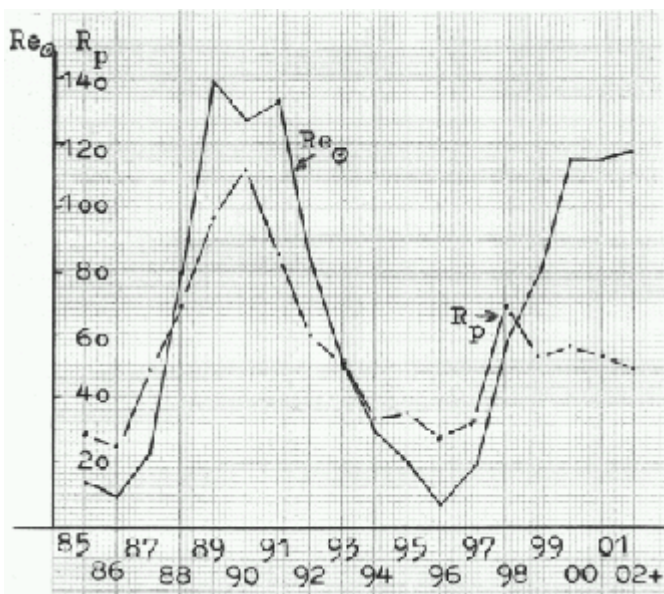
individuali (e) ossia delle strutture visibili all'interno di ciascun nucleo di protuberanze. Anche le formule sono paragonabili. Per il numero di Wolf abbiamo  $R=10*g + m$ , mentre per l'indice  $R_p$  otteniamo  $R_p=10*H + e$

Sebbene non esistano in letteratura restrizioni in riferimento a durata e dimensioni, le protuberanze non devono essere confuse con le spicole. Queste ultime sono larghe alla base mediamente 500 km, filiformi, strutture pulsanti a sviluppo verticale che durano mediamente 10 minuti raggiungendo altezze variabili tra 3000 e 9000 km, causate dalle oscillazioni della superficie solare.

Poiché le spicole mostrano mediamente un'altezza inferiore all'1% del raggio solare, non è opportuno conteggiare alcuna protuberanza con un'altezza inferiore a questo limite. Ciò significa che considereremo protuberanza ogni struttura che si manifesti in modo evidente per almeno 15 minuti sopra il lembo solare e al contempo raggiunga un'altezza superiore all'1% del raggio solare, senza alcuna restrizione circa la tipologia. Componenti distaccate rappresentano strutture individuali conteggiate come tali; analogamente NON vengono conteggiate separatamente le strutture individuali come protrusioni, spire, brillamenti al lembo etc... facenti già parte di una protuberanza.

Nella figura mostrata in precedenza sono visibili 6 protuberanze, o nuclei (H), rispettivamente di 3, 1, 4, 2, 4 e 3 (17 in totale) strutture individuali (e) da cui si ottiene  $R_p= 6*10 + 17= 77$ .

L'indice  $R_p$  fu introdotto da Volker nel 1970. Stranamente questo indice pare sia utilizzato solo dalla sezione solare tedesca (SONNE). Il grafico al seguito mostra l'evoluzione dell'indice durante gli ultimi due cicli di attività.



© Stetter H., SONNE 105

## Per emisfero solare

Poiché l'attività solare (Wolfnumber, solar eruptions) evolve asimmetricamente per emisfero, appare opportuno effettuare la medesima distinzione anche nel computo degli indici H e  $R_p$ . Il metodo per dividere il disco solare orientato in due emisferi è già stato precedentemente esposto. Analogamente abbiamo già spiegato come ottenere gli indici H e  $R_p$ . Possiamo quindi introdurre i

pedici N e S per indicare l'emisfero considerato relativamente agli indici calcolati, per cui otterremo  $H_N$  e  $H_S$ ,  $R_{pN}$  e  $R_{pS}$  da cui naturalmente  $H = H_N + H_S$  e  $R_p = R_{pN} + R_{pS}$ .

---

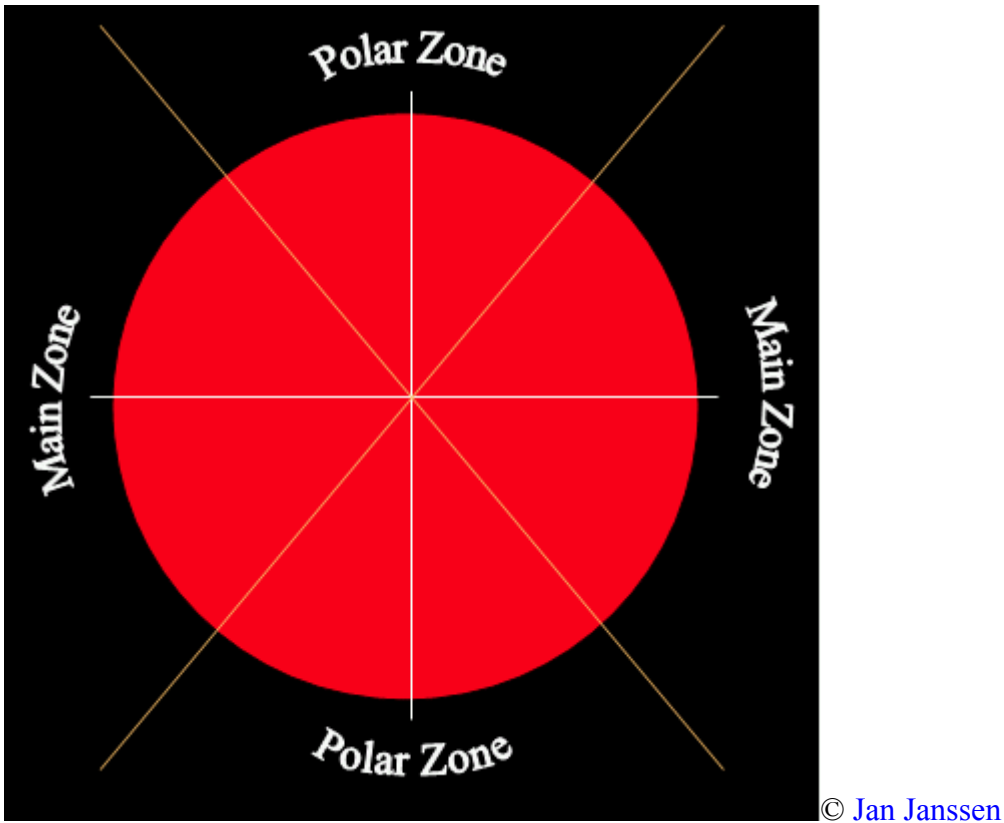
## Per zone

Contrariamente ai gruppi maculari, che normalmente si distribuiscono con maggiore frequenza sotto i 40° di latitudine (in ciascun emisfero), le protuberanze appaiono frequentemente a latitudini superiori. In accordo con quanto elaborato da [SONNE](#), l'evoluzione delle protuberanze polari differisce totalmente da quelle appartenenti alla fascia principale (ossia compresa tra le latitudini +/- 40°):

- le protuberanze appartenenti alla fascia principale imitano molto bene l'evoluzione dell'indice R ma appaiono circa 10° più distanti dall'equatore solare e mostrano un minimo di attività mediamente 1 anno prima del minimo di R
- le protuberanze polari appaiono circa 2 anni prima del minimo di R, dopodichè la loro attività incrementa mentre si assiste al loro spostamento progressivo verso i poli. Le protuberanze polari raggiungono un massimo di frequenza circa 2 anni prima del massimo di R, poi scompaiono. Il termine di questo periodo coincide con l'inversione di polarità durante i massimi solari
- possono esistere e quindi essere evidenziate importanti asimmetrie emisferiche (settentrionale/meridionale)

Pertanto ci appare evidente l'utilità di una suddivisione tra zone polari e fasce principali. Sfortunatamente, la tracciatura di tale confine diviene un po' più complicata poiché non esiste unanimità riguardo ai margini delle fasce. [SONNE](#) considera il parallelo a 50° come margine mentre [The Astronomer](#) e [British Astronomical Association](#) lo individuano a 40°. Questa differenza è dovuta probabilmente all'interpretazione del termine "main zone" (zona principale). Se prendiamo a riferimento soltanto l'evoluzione dei gruppi maculari, la fascia compresa tra +/- 40° è da considerarsi la zona principale. Effettivamente negli ultimi 3 cicli solari soltanto circa 30 gruppi maculari (su quasi 11.000!) sono apparsi a latitudini superiori. Tuttavia, mentre i gruppi maculari appaiono ANCHE ad alte latitudini, la facole (precursori dei gruppi maculari) sono registrabili oltre i 55° (oltre questo limite si rendono visibili le facole polari). In considerazione del legame fisico accennato, appare ragionevole individuare la fascia principale entro le latitudini +/- 50°. In caso di dubbio (per esempio protuberanze che si sviluppino tra le latitudini di +45° e +55°), la protuberanza potrà essere considerata di tipo polare salvo differenti indicazioni osservative.

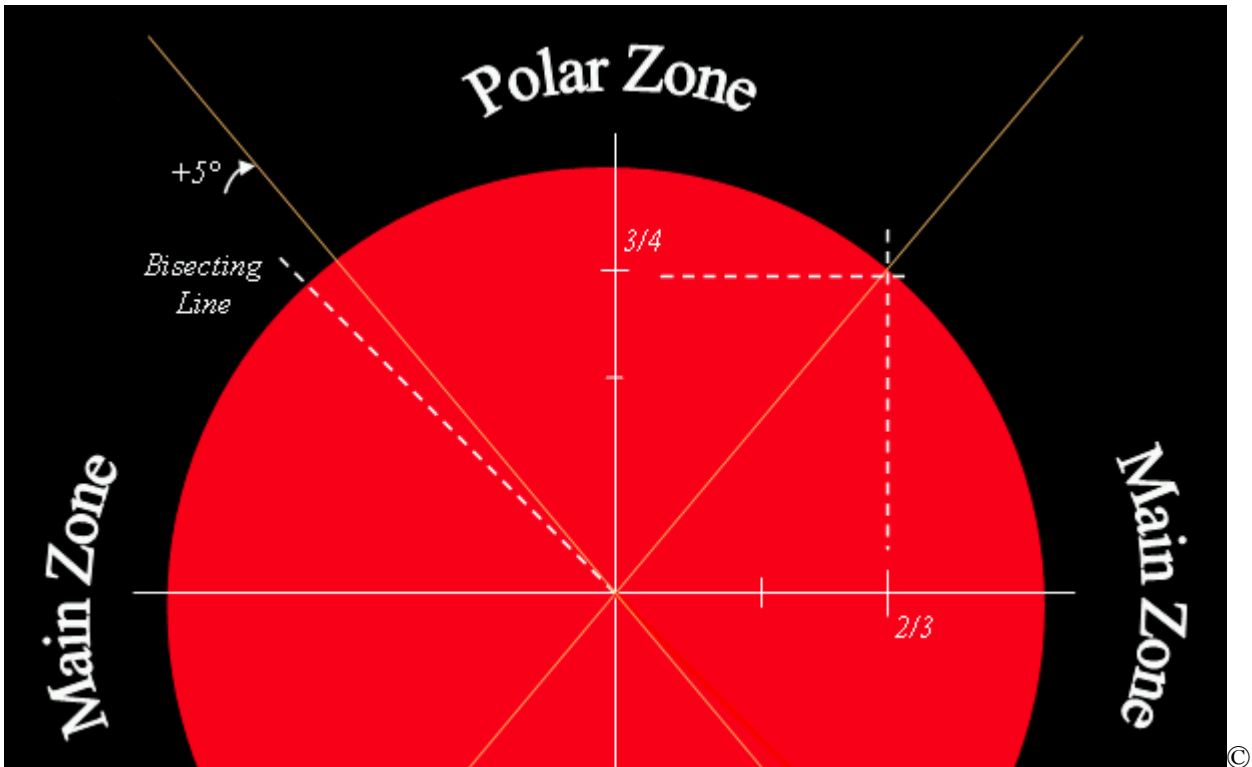




Per la determinazione di queste zone, è innanzitutto necessario che il disco solare sia stato orientato e suddiviso in emisferi come mostrato in precedenza. Quindi si evidenziano visualmente le zone nei modi seguenti:

- si individua la bisettrice di ciascuno dei 4 quadranti in cui si suddivide il disco solare; si aggiungono quindi  $5^\circ$  in direzione dei poli per fissare i limiti delle due zone per ciascun emisfero
- oppure si tenga conto che  $50^\circ$  corrispondono circa a  $3/4$  del raggio solare lungo l'asse polare e  $2/3$  lungo l'equatore. Il punto d'intersezione al lembo individua i limiti di  $50^\circ$  di latitudine

Le immagini sopra e al seguito mostrano schematicamente la suddivisione in zone e il metodo per definirle visualmente.



[Jan Janssen](#)

Suggeriamo tuttavia di realizzare moduli osservativi semplificati e maschere su lucidi da stampa recanti le linee fondamentali (linee polare ed equatoriale, paralleli ai 50° etc) da utilizzare solo in fase di riduzione dei dati al fine di rendere più facilmente leggibili i disegni e i moduli nonché facilitare e velocizzare l'esecuzione dell'osservazione quotidiana.

## Per dimensioni

Le protuberanze possono inoltre essere classificate in base alle dimensioni. Tre sono i metodi impiegabili: in base all'altezza raggiunta o alla loro area oppure in funzione della lunghezza del filamento associato alla protuberanza.

### a. ALTEZZA

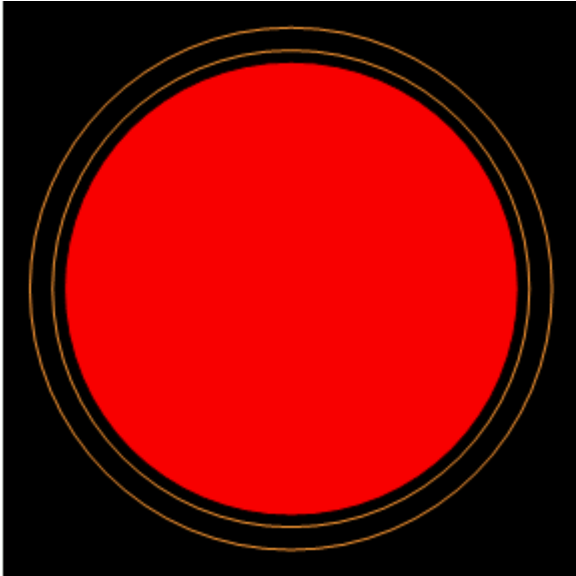
In sostanza questa distinzione viene effettuata in accordo con il sistema proposto da Volker. In funzione della tipologia, la protuberanza viene suddivisa in tre gaterie: *small* ("s" ossia piccola), *large* ("l" ossia grande) e *unusually large* ("xl" ossia eccezionalmente grande). Ciò corrisponde ad altezze sopra il lembo solare rispettivamente di:

- $h_s \leq 0,05 R_{SUN}$
- $0,05 R_{SUN} < h_L \leq 0,15 R_{SUN}$
- $h_{XL} > 0,15 R_{SUN}$

dove  $h_s$  = altezza della protuberanza *small*;  $h_L$  = altezza della protuberanza *large*;  $h_{XL}$  = altezza della protuberanza *extra-large*;  $R_{SUN}$  = raggio solare.

In sintesi classificheremo di tipo “s” una protuberanza che si elevi sopra il lembo di 1/20 (ossia 0,05 volte) del raggio solare, di tipo “l” se mostra un’altezza compresa tra 0,05 e 0,15 volte e infine di tipo “xl” qualora l’altezza eccedesse 0,15 volte il raggio solare.

La figura al seguito mostra indicativamente quanto dovranno essere alte le protuberanze considerate per appartenere a una delle tre categorie menzionate.



© [Jan Janssen](#)

Si è osservato che, in accordo con la classificazione di Zirin, si manifesta un'eruzione solare (entro 48 ore) per ciascuna protuberanza avente un'altezza che eccede i 50.000 km sopra il lembo, ossia qualora  $h_p \geq 0,07 R_{SUN}$ .

#### b. AREA

In ambito professionale (vedi [Osservatorio Astrofisico di Catania](#)) viene utilizzato il PPA (Prominence Profile Area ossia area del sezione della protuberanza) per tracciare l'attività delle protuberanze al lembo. In un'immagine in H-alpha, il lembo solare viene suddiviso in 360 aree di 1° ciascuna. Quindi viene conteggiato il numero di arcosecondi su ciascuna area dove sia presente la protuberanza. Infine tutte le aree vengono sommate. Naturalmente è un'attività molto dispendiosa in termini di tempo!

Un'alternativa è stata proposta nuovamente da Völker. Il metodo è simile a quello impiegato per la determinazione dell'area delle facole polari o dei gruppi maculari. Un modulo trasparente in carta millimetrata viene appoggiato sopra il disegno e viene conteggiato il numero di  $mm^2$  completamente riempiti dal profilo della protuberanza. La loro somma fornisce il valore dell'area. E' naturalmente necessario prestare attenzione che il calcolo venga effettuato per il medesimo diametro solare, il quale com'è noto varia nel corso dell'anno in funzione della distanza reciproca di Sole e Terra. La precisione del metodo incrementa con le dimensioni del disco solare che deve avere un diametro di almeno 15 cm.

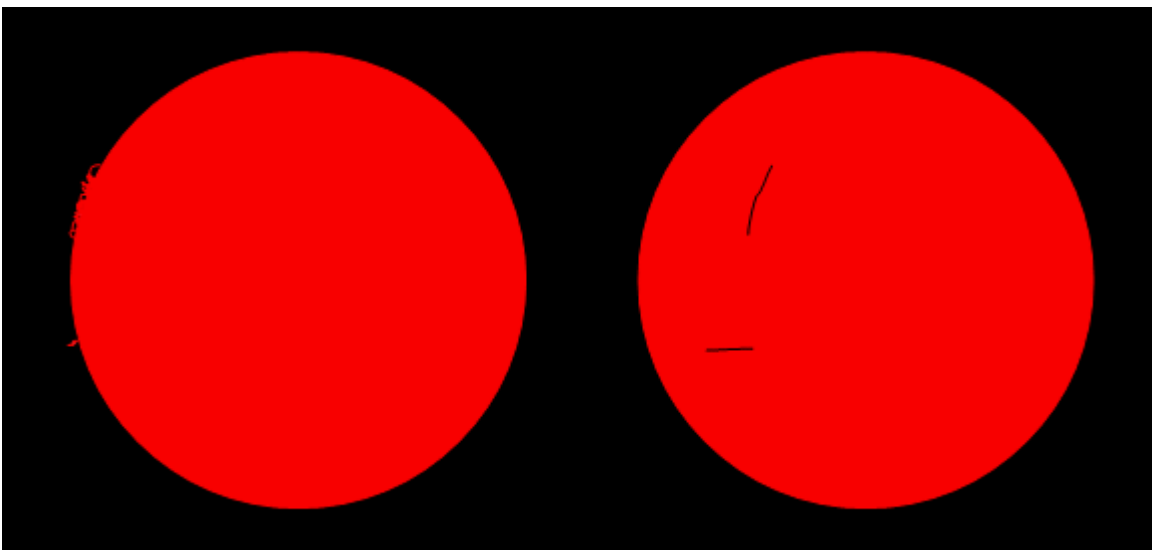
Un ulteriore metodo è utilizzato da [The Astronomer](#) e consiste nella suddivisione del lembo solare in aree di 5°. A ciascuna area in cui sia presente una protuberanza viene attribuito un valore “1”. Infine tutte le aree vengono sommate. Non tutte le protuberanze tuttavia sono utilizzabili al fine dei conteggi. Per esempio se un'area (di 5°) si è staccata da una larga protuberanza ad arco, essa non viene conteggiata. Una protuberanza deve necessariamente essere “attaccata” al lembo ossia non deve appartenere al tipo D (“detached”, distaccata) nella classificazione di Völker. Anche le

protuberanze attive non vengono conteggiate. Questo metodo non pare essere applicabile con accuratezza in osservazioni visuali tuttavia, utilizzando un oculare a reticolo per effettuare un disegno accurato, il conteggio può essere effettuato rapidamente.

Uno studio sulle protuberanze quiescenti (QRF) ha rivelato come esista un'ottima correlazione tra l'indice  $R_p$  come determinato da [SONNE](#) e il PPA (Prominence Profile Area) come determinato da [Osservatorio Astrofisico di Catania](#): ben il 96%!

### c. Lunghezza di Filamenti

Filamenti aventi una lunghezza di oltre  $15^\circ$  mostrano un'elevata possibilità di manifestare effetti geomagnetici rilevanti (qualora vi fossero esplosioni) più di quanto mostrino filamenti di modesta estensione. Osservando le protuberanze al lembo non è possibile fornire una precisa entità della lunghezza dei filamenti a esse associati, come si può dedurre dal disegno al seguito.

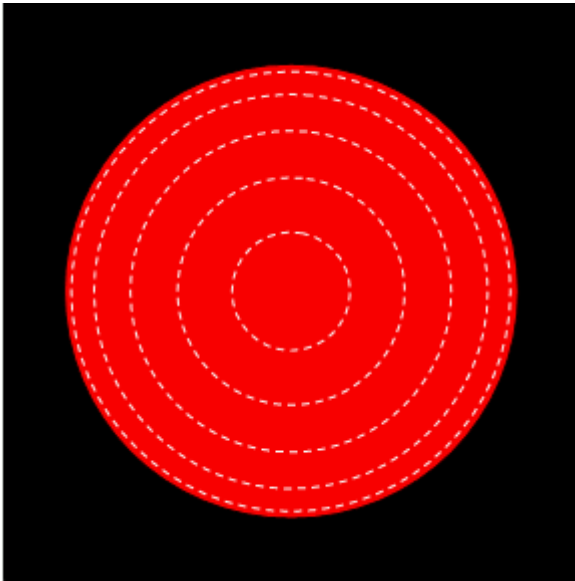


© [Jan](#)

[Janssen](#)

Esistono numerosi programmi finalizzati alla misura della lunghezza di filamenti quiescenti (QF, quiescent filament, non associabili a gruppi maculari), tuttavia sono molto dispendiosi in termini di tempo e richiedono inoltre l'uso di immagini.

Un'alternativa potrebbe consistere nell'osservare ciascun QF stimandone la lunghezza e quindi suddividerlo in più piccolo o più esteso di  $15^\circ$ . Nella determinazione della loro lunghezza è tuttavia necessario tenere in considerazione l'effetto di prospettiva: i filamenti al lembo sono più lunghi di quanto appaiano (esattamente come avviene ai gruppi maculari a causa del ben noto effetto Wilson). L'immagine al seguito potrà risultare utile: mostra cerchi aventi raggio rispettivamente di  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  e  $75^\circ$ .



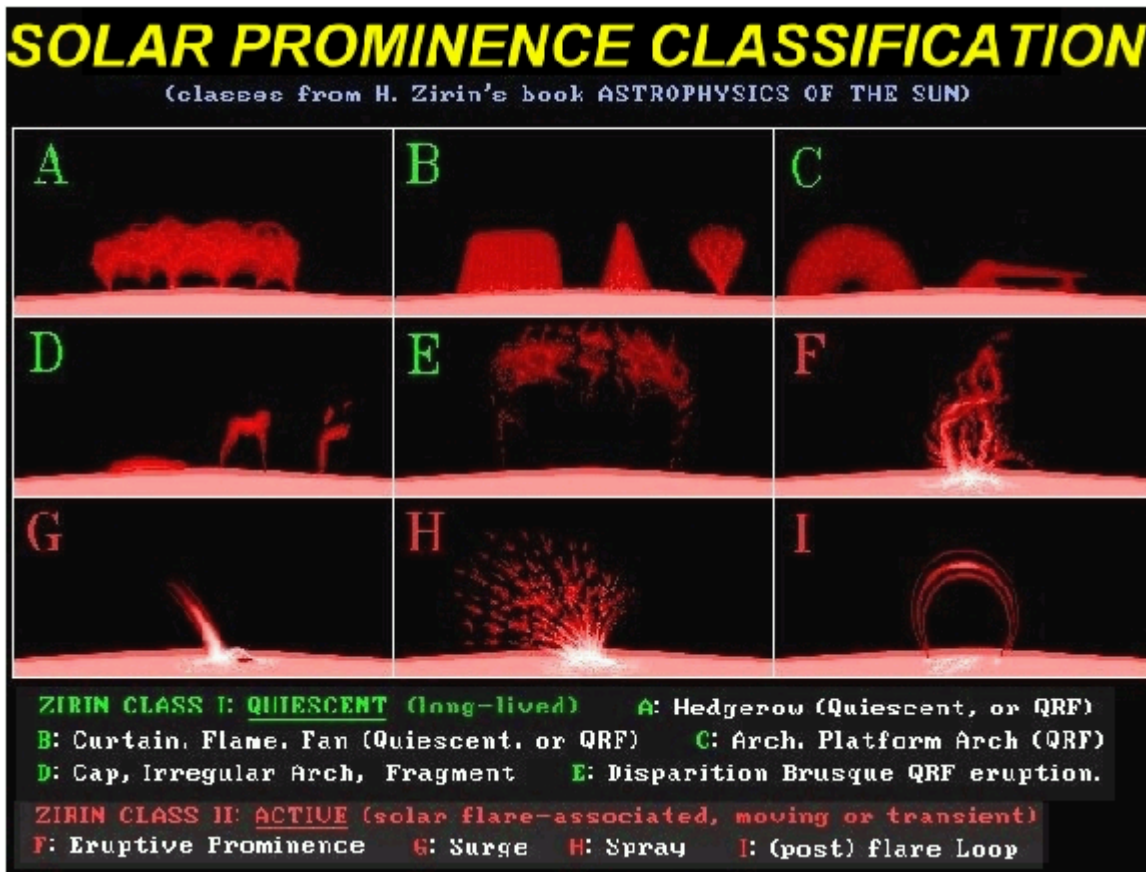
© [Jan Janssen](#)

---

## Classificazione delle protuberanze

Una prima classificazione fu proposta nel 1969 da Völker che analizza le protuberanze in funzione dell'aspetto (ad arco, estese o a barra) e dell'altezza ("s" piccola, "l" grande, "xl" particolarmente grande); tuttavia tale metodo viene applicato a ciascuna struttura risultando dispendioso e poco attendibile da un punto di vista fisico. Non riteniamo pertanto utile e opportuno adottare tale metodo di classificazione.

La classificazione più diffusa e accettata è stata introdotta da Harold Zirin. La distinzione principale è tra quiescenti (QRF) e attive (ARF). Ciascuna tipologia è inoltre suddivisa in 5 classi per le QRF (da A a E) e 4 classi per le ARF (da F a I). Rappresentano (fisicamente) un possibile "problema" tutte le tipologie ARF e la E (QRF) in quanto a esse possono essere correlate emissioni di materia cromosferica o coronale (CME) che può efficacemente interagire con il mezzo interplanetario e il campo geomagnetico, generando disturbi elettromagnetici e aurore polari.



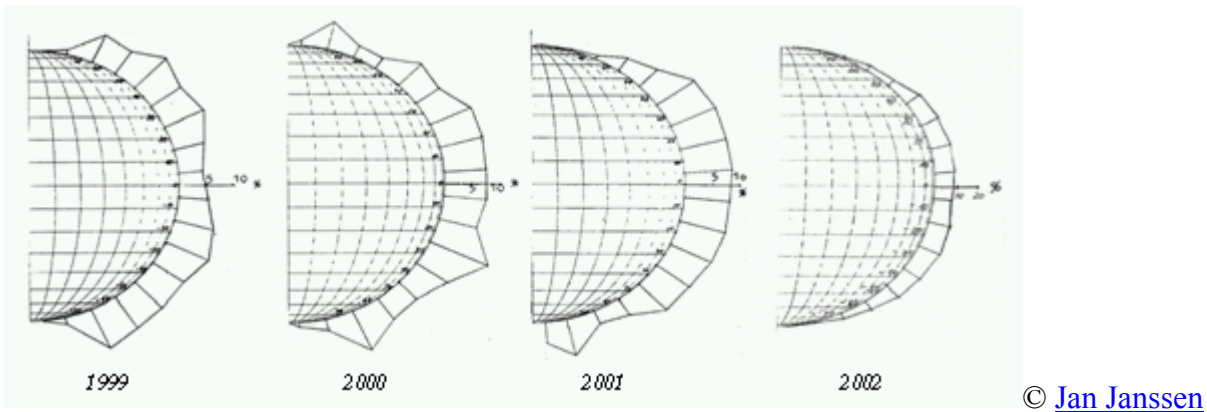
[Knisely](#)

Questa classificazione presenta il vantaggio di essere applicabile all'intera protuberanza. Inoltre può rivelare un reale legame fisico con l'attività cromosferica. Sfortunatamente non esistono attualmente rapporti osservativi che ne fanno utilizzo.

## Determinazione della latitudine delle protuberanze

La latitudine di ciascun nucleo di protuberanza può essere determinata utilizzando un oculare a reticolo o griglia o più accuratamente su un'immagine (disegno in scala o immagine ccd orientati). Alcune possibilità sono espone in Solar Astronomy Handbook. Sebbene tutte queste attività necessitino di analisi molto estese temporalmente, forniscono un'idea molto precisa circa l'evoluzione nella frequenza di protuberanze alle varie latitudini. La figura visibile al seguito è possibile notare la percentuale di protuberanze in funzione della latitudine, nel periodo tra gli anni 1999 e 2002. Gli eventi fisici ai poli divengono qui molto più evidenti.

Riteniamo di particolare interesse e utilità sviluppare nel prossimo futuro questo percorso di analisi che è in grado di evidenziare, con notevole precisione, eventuali anomalie in latitudine nonché schematizzare l'aspetto teorico della bassa corona nel periodo considerato.



## Brillamenti solari (Solar Flares)

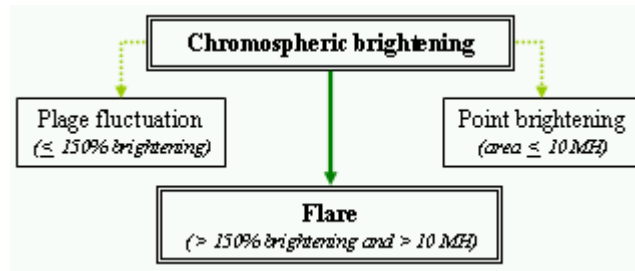
Il programma osservativo dei *flares* solari è sostanzialmente un copia-incolla di quello già svolto dall' [Australian Spaceweather Bureau](#).

I *flares* sono brillamenti transienti della cromosfera che possono durare da pochi minuti ad alcune ore. L'energia rilasciata nel corso del fenomeno può superare i  $10^{25}$  Joule (circa 10 miliardi di bombe atomiche di 250 kilotoni ciascuna!). La maggioranza dei brillamenti è visibile soltanto osservando alcune particolari linee spettrali tramite filtri a banda stretta. Tuttavia i fenomeni più brillanti e intensi possono rendersi visibili in luce integrale. Questi brillamenti “in luce bianca” (WLF acronimo di White Light Flare) sono però molto rari e possiamo aspettarci di osservare una media di 5 eventi per ciclo solare. Un filtro a banda larga nella porzione blu dello spettro (come un Wratten 47) potrebbe sostanzialmente aumentare la possibilità di osservare un brillamento nel continuum e, nei periodi di massima attività, tale filtro potrebbe consentire l'osservazione di dozzine di brillamenti per anno.

Solitamente la banda spettrale H-alpha, a una lunghezza d'onda di 656.28 nanometri, è utilizzata per il monitoraggio dei brillamenti solari. Un filtro con una banda passante compresa tra 0.25 e 0.5 Ang è comunemente impiegato per tali applicazioni. Un apparato di regolazione e slittamento della banda rende possibile esaminare i movimenti cromosferici associati a molti brillamenti, inoltre la profondità spettrale di un flare può fornire indicazioni sulla classe di brillantezza qualora non sia possibile ottenere un'accurata fotometria dell'evento.

Generalmente i brillamenti sono associati alle regioni attive, ma occasionalmente possono manifestarsi lontano da esse ma associati a estesi filamenti quiescenti. Tali eventi sono definiti *Hyder-flares*.

Ci sono due aspetti da prendere in considerazione nel monitoraggio dei brillamenti: il rilevamento dell'evento seguito dalla sua caratterizzazione. Sebbene un *flare* sia definito come un brillamento (una fluttuazione in lucentezza) della cromosfera, non tutti i brillamenti possono essere classificati come tali, e sono definiti sia in base alla loro lucentezza sia all'estensione dell'area interessata dall'evento; sono proprio queste due caratteristiche che definiscono se sia effettivamente occorso un brillamento.



Per essere classificato come “*flare*”, il brillamento cromosferico deve eccedere i limiti di area e brillantezza. Per osservazioni nella banda H-alfa, il limite di brillantezza è il 150% del fondo imperturbato, mentre il limite dell’area è di 10 milionesimi di emisfero visibile (mesv). Un flare che manifesti una brillantezza inferiore al 150% del fondo cromosferico (anche qualora mostrasse un’area più estesa di 10 mesv) viene classificata come fluttuazione facolare (pf). Analogamente un brillamento che ecceda il 150% della brillantezza del fondo cromosferico ma che sia esteso meno di 10 mesv viene definito punto brillante (pb).

Una volta che un brillamento sia stato rivelato, dovrà successivamente essere caratterizzato:

Osservazione	Brillamento cromosferico	
<b>Limiti del rilevamento</b>	<i>Area &gt; 10MH</i>	<i>Brillantezza &gt; 150%</i>
<u>Caratteristiche primarie</u>	Inizio	Area
	Massimo	Brillantezza
	Fine	Ubicazione
<u>Caratteristiche secondarie</u>	Regione attiva o Hyder flare?	Sorgente scura ( <i>dark surge</i> )?
	Copertura dell’ombra?	Scomparsa di un filamento?
	Parallelo (//) o confluyente (Y)?	Spostamento Doppler?
	Sistema di loop?	Brillamenti simpatetici (simultanei)?
	Singolo o multipli centri di eruzione?	Onda di Moreton ( <i>Moreton wave</i> )?
	Numero di punti brillanti ( <i>brilliant points</i> )?	Visibile in luce integrale?

© [Jan Janssen](#)

Esistono sei caratteristiche fondamentali per mezzo delle quali un brillamento può essere descritto. A queste sei principali caratteristiche possono essere aggiunte numerose altre. Le caratteristiche secondarie vengono solitamente specificate perché potenzialmente forniscono indicazioni circa possibili eventi geomagnetici associabili al brillamento osservato. Alcuni di questi possono altresì



essere associati a emissioni di massa coronale (CME); altri possono indicare brillamenti ad alta temperatura con emissione di particelle ad alta energia (protoni etc)

---

## Caratteristiche primarie di un brillamento

- **TIMING DEL BRILLAMENTO:** la durata di un brillamento viene definita in funzione dell'ora di inizio, di picco e di fine evento. L'inizio del brillamento coincide con l'istante in cui vengono superati ENTRAMBI i limiti di brillantezza e area. L'ora di picco coincide invece con l'istante di massima brillantezza di OGNI regione del brillamento che ecceda almeno i 10 mesv. NON è l'istante in cui il brillamento raggiunge la massima estensione in area (eccedente il 150% di brillantezza del fondo). L'istante di picco nella maggioranza dei brillamenti occorre DOPO l'istante di massima brillantezza assoluta. L'ora di fine evento coincide con l'istante in cui l'area che eccede il 150% di brillantezza del fondo scende sotto i 10 mesv. Al fine di ottenere un timing corretto, si rende necessario verificare la sincronizzazione dell'orologio utilizzato con un opportuno segnale campione.
- **LOCALIZZAZIONE DEL BRILLAMENTO:** la localizzazione di un brillamento viene generalmente specificata per mezzo delle coordinate eliografiche del centro geometrico dell'area interessata dall'evento, ossia la latitudine e la longitudine eliografiche ottenibili sia con l'uso di dischi di Stonyhurst, sia con l'adozione di opportune tecniche di riduzione matematica dei disegni o, qualora siano disponibili, delle immagini a disco intero della cromosfera solare. Contrariamente alle protuberanze al lembo, per le quali si rende necessario la sola correzione per l'angolo  $P_0$ , per il calcolo delle coordinate dei brillamenti al disco è necessario introdurre la correzione per  $B_0$ . La localizzazione di un brillamento può anche essere definita in relazione a una rilevante caratteristica solare (quale una regione maculare, un esteso filamento etc). Poiché la maggioranza dei brillamenti avviene all'interno dei gruppi maculari, può essere utilizzato come riferimento il numero NOAA della regione attiva interessata. Nell'eventualità di brillamenti molto estesi o caratterizzati da molteplici centri eruttivi, una localizzazione approssimata può essere ottenuta individuando l'intersezione della linea est-ovest e dell'asse nord-sud relativi alla regione medesima. Un oculare a reticolo opportunamente orientato può essere inoltre utilizzato, nel caso di osservazioni visuali, per migliorare la precisione del rilevamento. Un'accuratezza di almeno  $5^\circ$  eliografici può già essere ritenuto un successo. Nella pratica osservativa, non è necessario eseguire laboriose riduzioni su disegni e immagini a disco intero al fine della determinazione del centro geometrico dell'area interessata dal brillamento, ma è sufficiente considerare le coordinate del centro del rettangolo disegnato, anche mentalmente, intorno all'area del brillamento.
- **AREA DEL BRILLAMENTO:** l'area coperta dal brillamento viene comunemente misurata in unità di mesv. Un mesv equivale approssimativamente 3.047 milioni di  $\text{km}^2$ . Nel passato, venne ugualmente utilizzato il grado eliografico quadrato. Questo è l'area che sottende, al centro solare, un angolo di 1 grado di arco per lato. Un grado quadrato così definito equivale a un'area di 48,5 mesv. Un'altra "oscura" unità è l'angolo solido sotteso alla distanza della Terra da 1 grado quadrato al centro del disco solare. L'angolo solido equivale a 16,73 arcosecondi quadrati. La determinazione dell'area di un brillamento viene normalmente eseguita contando il numero di quadretti di una griglia sovrapposta all'immagine oppure la medesima operazione eseguita digitalmente. Tuttavia questa misurazione richiede la correzione per l'effetto di curvatura qualora la regione

interessata si presentasse prossima al lembo. Ciò presenta un ulteriore problema in quanto i brillamenti mostrano una significativa estensione in altezza sopra la cromosfera e un evento eruttivo al lembo potrebbe avere grossolanamente sovrastimata la relativa area se venisse adottata una riduzione matematica standard. Per risolvere questo problema Smith & Smith (Sacramento Peak Observatory) analizzarono 4700 brillamenti e utilizzando opportune tecniche statistiche giunsero alla seguente formula correttiva:

$$A_c = (A_m / 2) / (0.2 * R_v + \sqrt{(1 - R_v^2)})$$

Dove:

$A_c$  rappresenta l'area del brillamento corretta in mesv

$A_m$  rappresenta l'area espressa in milionesimi di disco solare

$R_v = r/R$  ossia il rapporto dei raggi rispettivamente dell'area del brillamento dal centro del disco e il raggio del disco su cui si esegue la misurazione. E' un numero puro.

Si noti che il fattore 2 converte l'area del disco in area dell'emisfero (in quanto l'area del disco è  $\pi R^2$  mentre l'area emisferica è  $2\pi R^2$ ). Il termine sotto la radice è la correzione standard al lembo, mentre il termine  $0.2 * R_v$  è la correzione per l'altitudine non nulla.

L'espressione succitata può essere talvolta scritta nel seguente modo:

$$A_c = A_h / (0.2 * \sin(\theta) + \cos(\theta))$$

Di fatto questa seconda è identica alla precedente poiché  $\theta$  rappresenta l'angolo sotteso al centro del disco dal cerchio che unisce il centro del disco e il punto misurato, mentre il seno di  $\theta$  è uguale a  $r/R$ .

Qualora un brillamento venisse classificato in base a una sola misurazione d'area, sarà opportuno che questa misurazione venga eseguita nell'istante di picco di brillantezza, come precedentemente discusso, NON nell'istante di massima estensione dell'area (che usualmente ricorre nelle fasi successive all'istante di picco).

Tale misurazione, opportunamente corretta, consente di attribuire al brillamento una class di importanza come da tabella al seguito:

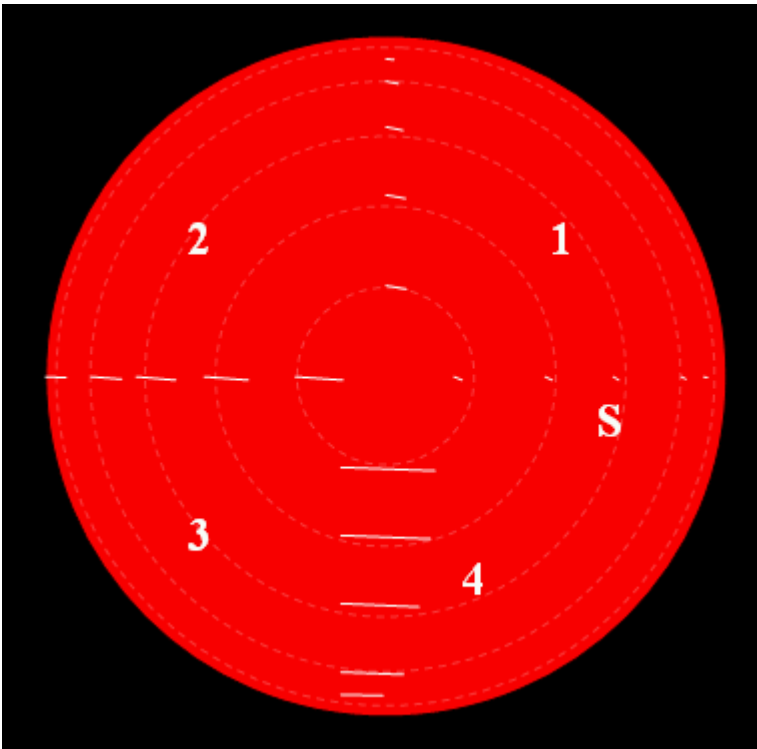
Classe	$A_c$ ( MH )	$A_c$ ( ° <sup>2</sup> )	$A_c$ ( 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )
S	$10 \leq A_c < 100$	$0,2 \leq A_c < 2,1$	$30 \leq A_c < 304$
1	$100 \leq A_c < 250$	$2,1 \leq A_c < 5,2$	$304 \leq A_c < 761$
2	$250 \leq A_c < 600$	$5,2 \leq A_c < 12,4$	$761 \leq A_c < 1826$
3	$600 \leq A_c < 1200$	$12,4 \leq A_c < 24,7$	$1826 \leq A_c < 3653$
4	$1200 \leq A_c$	$24,7 \leq A_c$	$3653 \leq A_c$

fonte [NGDC/NOAA](http://ngdc.noaa.gov)

Nel caso di osservazioni visuali, la lunghezza e l'ampiezza di un brillamento possono essere stimate e successivamente corrette per la curvatura (si veda sopra), e infine classificate in funzione dell'area corretta in gradi quadrati ( $A_c(^{\circ 2})$ ). La figura al seguito può fornire un utile ausilio

per la rapida determinazione della classe di importanza in funzione dell'estensione in lunghezza e latezza. L'ampiezza è unificata a 1° mentre la lunghezza dovrà essere almeno la minima appartenente a ciascuna classe di importanza (1, 2, 3 o 4). Se la lunghezza è inferiore alla minima considerata per "S", il brillamento viene classificato come un *sub-flare*. Sia la lunghezza che l'ampiezza sono state calcolate e corrette per la curvatura su cerchi di 15°, 30°, 45° e 75° dal centro.

L'osservatore visuale dovrà soltanto verificare la corrispondenza tra le dimensioni del disco di riferimento e quanto osservato all'oculare al fine di ottenere una comparazione attendibile.



© [Jan Janssen](#)

- **BRILLANZA DEL FLARE:** la brillantezza del flare è probabilmente uno dei parametri meno utili e riproducibili della sua caratterizzazione, fortemente dipendente dalla tipologia di filtro utilizzato. Per questa e altre ragioni, la brillantezza del flare presenta solo una limitata correlazione con l'energia totale rilasciata durante il fenomeno, risulta perciò di minore utilità nella determinazione degli effetti causati dal brillamento. Quando una fotometria (fotografica o digitale) fosse eventualmente disponibile, il brillamento può essere classificato in una delle tre categorie ( F [debole], N [normale] o B [brillante]) in funzione del picco di brillantezza oltre il 150% del fondo, in ciascuna area che abbia ecceduto i 10 mesv (come specificato in precedenza). Si noti che l'intensità del fondo deve essere misurata nelle immediate vicinanze della regione interessata dal flare onde compensare l'effetto di oscuramento al lembo e ottenere una misurazione di riferimento sufficientemente affidabile.

Qualora invece una corretta fotometria non fosse disponibile, ma il filtro H-alpha utilizzato consentisse lo spostamento fuori banda, allora la profondità di banda della porzione più brillante del flare può essere utilizzata come surrogato per tentare una stima della categoria di brillantezza. Si noti che questa tecnica può anche essere utilizzata per individuare i limiti di rilevamento. Pertanto un brillamento debole (F) deve presentare un'ampiezza di 0.8 Ang (0.08 nm) oltre la quale almeno 10 mesv di area siano chiaramente visibili. Quest'ampiezza di banda può essere distribuita assimetricamente rispetto al centro della line H-alpha (per esempio da +0.2 Ang a -0.6 Ang). Si noti inoltre che cambiamenti nelle condizioni atmosferiche nonché nelle caratteristiche della strumentazione (sia ottiche che elettroniche) introducono dei cambiamenti nel fondo cromosferico di riferimento perciò una fotometria adeguata dovrà essere standardizzata e corretta alle condizioni correnti.

Infine si tenga presente che nei sensori elettronici o fotografici, un'immagine regolata in funzione dell'osservazione visuale presenterà invariabilmente una dinamica insufficiente per permettere una corretta fotometria di un flare. Questo aspetto deve essere preso in considerazione in ogni programma di ricognizione di brillamenti cromosferici. Potrebbe essere necessario mantenere due differenti percorsi d'immagine: uno ad alta

intensità luminosa per l'osservazione visuale e un secondo con livelli più bassi per la determinazione della brillantezza di un flare.

<b>Categoria</b>	<b>Brillantezza (%)</b>	<b>Larghezza di banda</b>	<b><u>Visuale</u></b>
<b>F (faint)</b>	$160 \leq h < 260$	$0,08 \text{ nm} \leq b < 0,12 \text{ nm}$	<u>Normal</u>
<b>N (normal)</b>	$260 \leq h < 360$	$0,12 \text{ nm} \leq b < 0,20 \text{ nm}$	<u>Bright</u>
<b>B (brilliant)</b>	$360 \leq h$	$0,20 \text{ nm} \leq b$	<u>Brilliant</u>

fonte [NGDC/NOAA](#)

La tabella sopra mostra le categorie di un flare in funzione della sua brillantezza relativa, dell'ampiezza di banda e la relativa caratterizzazione visuale.

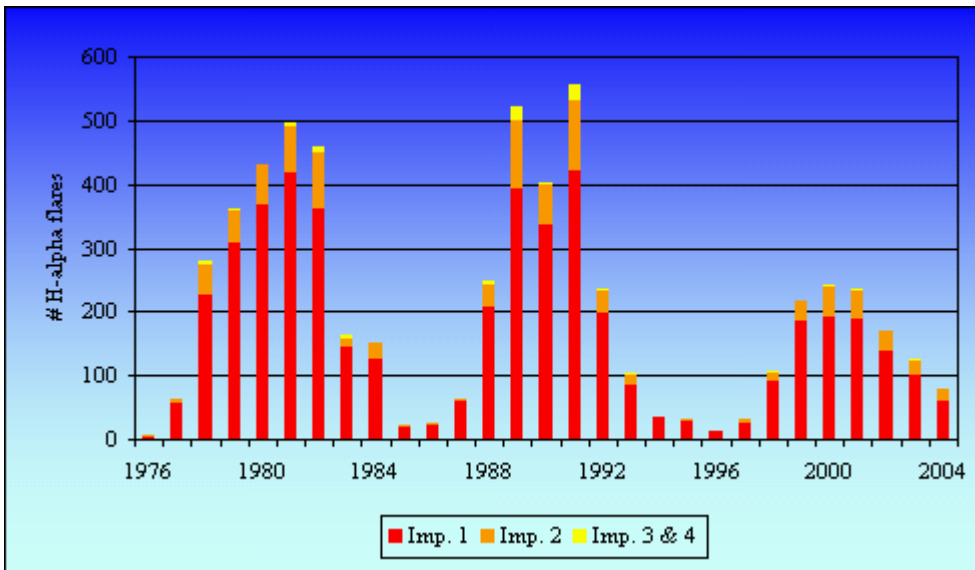
Tabelle e grafici al seguito forniscono un'idea del numero di brillamenti H-alfa in funzione dell'area e della classe di brillantezza. I dati sono basati su circa 30.000 brillamenti (sorgente: NGDC/NOAA) per i quali esista una classificazione sia nella banda H-alpha sia nella regione X dello spettro (da gennaio 1976 a dicembre 2004).

Si noti che moltissimi brillamenti sono classificati come *sub-flare*. Molti di essi possono tuttavia raggiungere classi di brillantezza elevata (SB). Le classi 3F, 4F e 4N non sono state utilizzate per i recenti 30 anni mentre solo 9 appartengono alla categoria 4B. Nel 60% dei casi i brillamenti sono registrati come deboli e solo il 15% raggiunge livelli alti di brillantezza.

<b>Classe</b>	<b>F (faint)</b>	<b>N (normal)</b>	<b>B (brilliant)</b>
<b>S</b>	<b>17368</b>	<b>5095</b>	<b>1970</b>
<b>1</b>	<b>1276</b>	<b>2015</b>	<b>1525</b>
<b>2</b>	<b>86</b>	<b>294</b>	<b>561</b>
<b>3</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>97</b>
<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9</b>

fonte [NGDC/NOAA](#)

Il grafico al seguito mostra l'evoluzione delle differenti classi di importanza (1, 2, 3&4 insieme) per il medesimo periodo (1976-2004). La quantità di brillamenti nelle categorie 3 e 4 è veramente molto bassa mentre il ciclo XXIII ha sinora prodotto un numero significativamente inferiore di brillamenti 3&4 rispetto ai due precedenti cicli (XXII e XXI).



fonte [NGDC/NOAA](http://ngdc.noaa.gov)

La tabella al seguito mostra la relazione tra la classe nella banda X e la sua classificazione ottica in H-alfa dei brillamenti registrati nel periodo considerato, in rapporto 1/1000. La classe C2 rappresenta la media delle C1 e C3, la C5 la media da C4 a C6 e così via, la classe X5 raggruppa tutte le classi X. Lo “zero” significa che nel periodo considerato si sono verificati meno di 14 eventi nella classe considerata mentre il termine “-” significa che non si sono registrati eventi in tale classe nel medesimo periodo. Ancora si noti come il maggior numero di brillamenti si manifesta nelle classi più deboli, sia in banda X che in ottico. E’ altresì importante notare come i più intensi brillamenti in banda X non sono necessariamente i più brillanti o più estesi in banda ottica.

Tipo	C2	C5	C8	M2	M5	M8	X5	Totale
SF	384	88	31	26	2	0	1	532
SN	111	36	13	17	1	0	0	178
SB	27	18	10	15	1	0	0	72
1F	17	12	6	10	1	0	0	47
1N	17	17	11	26	3	1	1	75
1B	6	8	7	27	5	2	2	57
2F	0	0	0	2	0	0	0	3
2N	1	1	1	6	1	1	1	11
2B	0	1	1	7	4	2	6	21
3N	0	0	-	0	0	0	0	1
3B	0	-	0	0	0	0	3	4
4B	-	-	-	0	-	0	0	0
<b>Total</b>	<b>564</b>	<b>181</b>	<b>81</b>	<b>135</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>1000</b>

fonte [NGDC/NOAA](#)

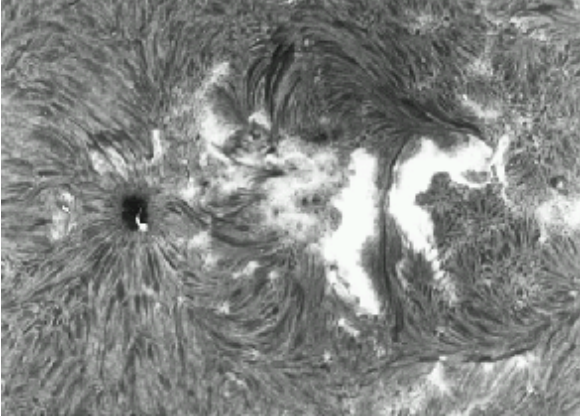
---

## Caratteristiche secondarie dei brillamenti

Ci sono numerose caratteristiche secondarie che possono essere associate ai brillamenti. Alcuni parametri indicano brillamenti ad alta temperatura, altri suggeriscono una correlazione a CME, altri ancora mostrano pur discutibili correlazioni con ogni significativo effetto. Alcune di queste caratteristiche sono discusse al seguito:

- **REGIONE ATTIVA o HYDER FLARE?** La maggioranza dei brillamenti possono essere associati a una regione attiva o a un gruppo maculare. In questi casi è d'uso attribuire a un eventuale brillamento, il numero della regione attiva secondo la classificazione internazionale del NOAA. Un brillamento che non sia associabile a una particolare regione attiva potrebbe invece essere caratterizzato come Hyder flare. Questo tipo di brillamenti sono generalmente associati con la rapida sparizione di un esteso filamento sufficientemente distante da ogni regione attiva, e ciò porta alla supposizione che gli Hyder flare siano associati con CME. Alcuni potrebbero anche apportare ulteriori particelle energetiche a queste emissioni di materia coronale e cromosferica. Sebbene alcuni Hyder flare sono certamente associati a entrambi questi fenomeni, l'evidenza empirica non sostiene la supposizione che tutti lo siano.
- **PERCENTUALE DI COPERTURA DELL'UMBRA?** Se un brillamento copre più del 20% della regione umbrale della maggiore macula del gruppo cui esso è correlato, questo è considerato indicativo di un flare di alta energia.
- **FLARE A "NASTRI" (*ribbon*) PARALLELI (//) o CONFLUENTI (Y)?** Ancora, un flare ad alta energia mostrerà tipicamente uno o più "nastri" di materia in brillamento paralleli alla linea neutra internamente al gruppo maculare, o più comunemente simmetricamente a essa su ciascun lato, in modo che risultino separate le differenti polarità del campo magnetico locale. Questa linea neutra è spesso delineata da un filamento scuro o da un riconoscibile filamento a canale.
- **SISTEMA DI PROTUBERANZA AD ANELLO (LPS o LOOP PROMINENCE SYSTEM)?** Un LPS è con certezza associato a un flare ad alta temperatura. Esso appare come un anello di materia che si innalza dalla superficie della cromosfera verso la bassa corona condensandosi nuovamente verso la medesima regione di origine del brillamento, formando quindi una struttura chiusa ad arco. Una "galleria" o un "ventaglio" di tali strutture formano un sistema di loop. Solitamente un sistema di loop si forma diversi minuti dopo il picco del flare e può durare per un'ora o più. Generalmente è molto facile riconoscerli quando osservati di profilo al lembo, ma decisamente più difficile riconoscerli come dettagli scuri contro il disco solare. Osservatori principianti possono talvolta confondere materiale rilasciato da un brillamento che poi ricade incurvandosi verso la superficie della cromosfera, con un LPS, ma la presenza di un "nocciolo" apicale brillante e la conferma che il materiale ricade lungo gli archi magnetici contemporaneamente da entrambi i lati del nocciolo stesso rappresentano la conferma che si tratti effettivamente di un LPS.
- **NUMERO DI CENTRI ERUTTIVI?** Un brillamento può erompere da uno o più centri. Si è tradizionalmente creduto che numerosi centri eruttivi siano indice del manifestarsi di un brillamento di alta energia, ma questo è probabilmente discutibile.

- **NUMERO DI PUNTI BRILLANTI?** Un brillamento debole (F) o normale (N) può occasionalmente contenere uno o più punti di elevata brillantezza con un'area inferiore ai 10 mesv, la cui brillantezza però può superare il 350% del fondo cromosferico. Il significato di ciò potrebbe essere che l'intensità del flare può essere significativamente maggiore della sua classificazione in intensità.
- **ONDA SCURA?** Spesso si rende visibile un'emissione di materia da un regione eruttiva. La materia può essere osservata come un'onda scura o un getto contro il disco chiaro, mentre se osservato al lembo ci appare come materia chiara proiettata sul fondo cielo scuro (il medesimo principio per cui osserviamo protuberanze al lembo e filamenti scuri sul disco). Molto raramente accade invece che materia eiettata molto calda può essere osservata come un dettaglio chiaro anche contro la superficie della cromosfera. Se misuriamo la velocità di eiezione di questa materia, possiamo talvolta rilevare una velocità superiore a quella di fuga dal Sole (617 km/s) e presumibilmente in questi casi essa viene proiettata verso la corona esterna fuggendo all'attrazione gravitazionale del Sole.
- **SPARIZIONE DI UN FILAMENTO?** Frequentemente accade che parte o interamente un filamento che giace a cavallo della linea neutra o di inversione magnetica di una regione attiva, può essere visto scomparire proprio immediatamente prima o nel corso di un brillamento. Questo può indicare l'evenienza di un CME.
- **SPOSTAMENTO DOPPLER?** Qualora fosse possibile misurarlo, lo spostamento Doppler che caratterizza un brillamento può essere registrato. Lo spostamento in entrambe le porzioni, blu e rossa, dovrebbe essere indicata separatamente. Come discusso in precedenza, questo fenomeno potrebbe essere utilizzato come indicatore dell'intensità del brillamento.
- **BRILLAMENTI SIMULTANEI O SIMPATETICI?** La maggioranza dei brillamenti avvengono completamente isolati ma talvolta accade che due o più brillamenti si sviluppino pressochè contemporaneamente, sebbene in parti diverse del disco solare. Ciò potrebbe far pensare a una connessione magnetica tra le regioni attive interessate dal fenomeno. Si credeva che questa connessione si manifestasse attraverso i flussi fotosferici, ma recenti lavori farebbero pensare invece a una connessione attraverso i campi magnetici coronali. Talvolta può accadere che un'onda si propaghi da un brillamento e appaia innescare un nuovo brillamento in una regione attiva adiacente, attraverso cui si sia spostata l'onda (si veda il punto successivo).
- **MORETON WAVE?** Un brillamento, come ogni fenomeno esplosivo, è undubitalmente accompagnato da un'onda d'urto, particolarmente alle alte energie. Con il concorso delle giuste condizioni, quest'onda può essere vista espandersi dalla regione interessata dal brillamento (come le onde prodotte dalla caduta di un sasso in uno specchio d'acqua), modificando l'intensità del fondo della cromosfera imperturbata. Può effettivamente apparire come un cerchio in espansione. Spesso solo una porzione dell'onda viene osservata. La velocità di espansione è tipicamente dell'ordine di 1000 km/s. Il suo passaggio può essere riconosciuto "dall'ammiccamento" dei filamenti attraversati. L'onda d'urto produce una vibrazione apparente nei filamenti attraversati, e questi movimenti (caratterizzati da uno spostamento Doppler) portano temporaneamente fuori banda il filamento. Il disturbo può essere così intenso da generare instabilità che potrebbe a sua volta provocare un nuovo brillamento.



*Un ampio brillamento a nastri paralleli - Learmonth Solar Observatory*