

# LA VARIAZIONE « $Sq$ » ALL'OSSERVATORIO DI GIBILMANNA

M. GIORGI - F. MOLINA

*Premessa.* — In un lavoro precedente <sup>(1)</sup> è stato esposto uno studio sugli indici «  $K$  » dell'Osservatorio di Gibilmanna in Sicilia. Il calcolo di essi è basato sulla conoscenza delle curve normali della variazione diurna: infatti, come si è visto, gli indici «  $K$  » forniscono una misura della attività geomagnetica prodotta dalla radiazione corpuscolare del Sole la quale può essere dedotta sottraendo al campo di variazione totale la porzione che ha origine invece dalla radiazione elettromagnetica (ultravioletta), rappresentata quasi totalmente dalla variazione  $Sq$ .

Si è ritenuto opportuno trattare a parte lo studio della  $Sq$  sia per la importanza intrinseca della conoscenza di essa, sia per le particolarità interessanti che essa presenta a Gibilmanna data la latitudine geomagnetica dell'Osservatorio, situato nella zona di transizione tra il tipo « polare » ed il tipo « equatoriale » dell'andamento diurno della componente  $H$ .

Le coordinate geografiche e geomagnetiche di Gibilmanna sono le seguenti:

$\varphi$	$\lambda$	$\Phi$	$\lambda$	$\psi$
37° 59', 4N	14° 01', 2E	38° 28' N	92° 13' E	—14° 39'

Per tutte le altre notizie relative all'Osservatorio ed alle caratteristiche strumentali si rinvia alla nota citata.

*La variazione  $Sq$ .* — La variazione media  $Sq$ , computata per ogni componente in base ai cinque giorni calmi internazionali mensili e corretta della variazione non ciclica, contiene anche in generale una parte del campo di variazione lunare  $L$ , che potrebbe essere eliminata solo nel caso di una opportuna distribuzione nel ciclo lunare dei cinque giorni calmi.

La variazione  $Sq$  dipende dal tempo locale e dalla latitudine, pur potendo essere influenzata dalle particolarità geografiche dell'Osservatorio. Essa varia con la stagione e nel corso del ciclo solare: la variazione stagionale è caratterizzata da un massimo di ampiezze in estate,

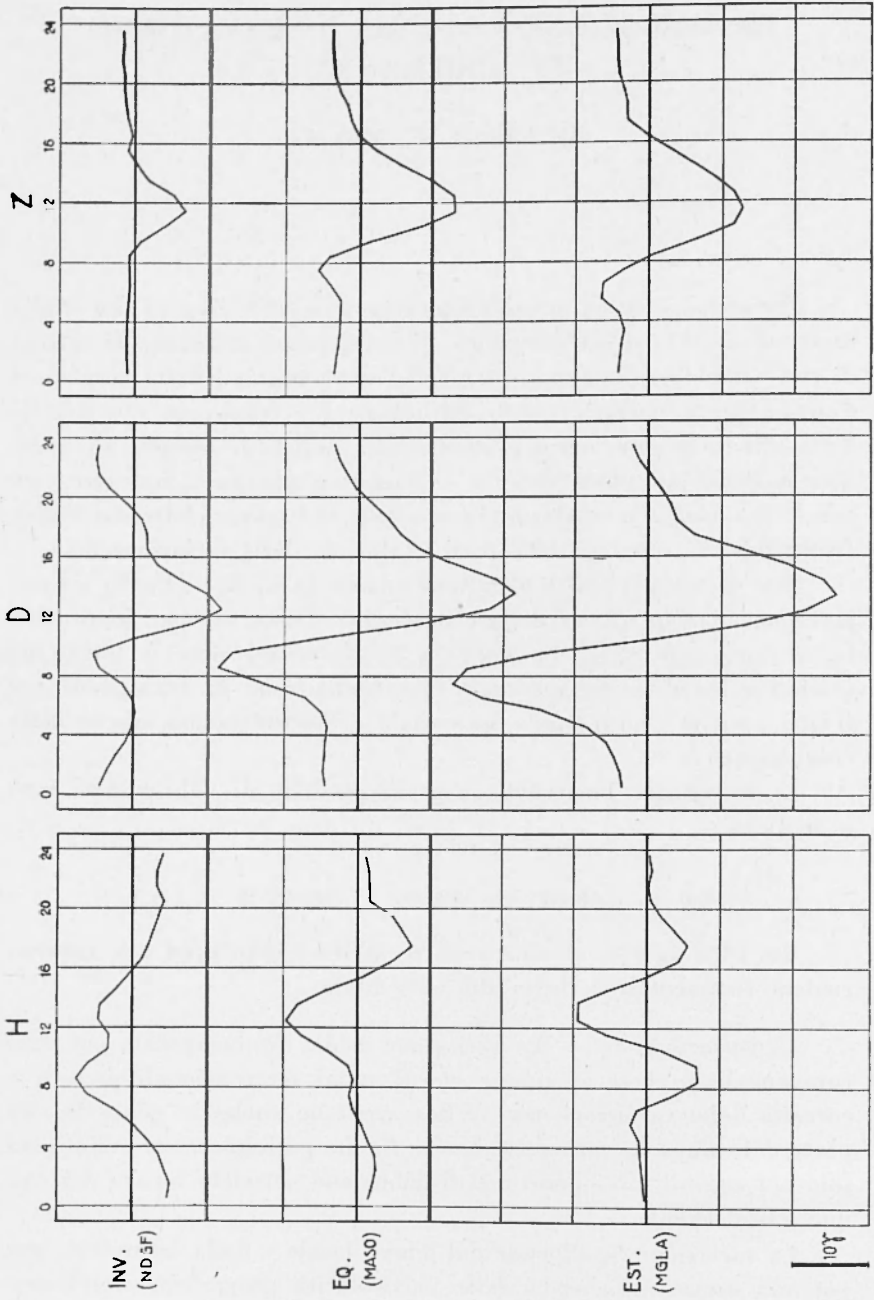


Fig. 1

mentre nel ciclo solare le massime ampiezze si verificano nella fase di massima attività, con aumenti variabili dal 50% al 100% rispetto al minimo di attività.

La  $Sq$  di Gibilmanna relativa alle componenti  $H$ ,  $D$ , e  $Z$  è stata calcolata in base ai dati magnetici degli anni 1954-55. Il criterio di scelta dei giorni è stato il seguente: sono stati considerati tutti i giorni calmi internazionali per i quali il massimo indice planetario  $Kp$  era inferiore o uguale a 2+ e di cui esistevano le registrazioni complete per le tre componenti. La  $Sq$  così dedotta comprende evidentemente anche una parte del campo di variazione  $L$ , non computabile con i dati di due soli anni, che però si deve ritenere praticamente trascurabile <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>.

Le curve ottenute si riferiscono ad un periodo di minimo di attività solare, all'inizio della fase ascendente del nuovo ciclo.

Sono state calcolate in primo luogo le curve  $Sq$  per le tre componenti  $H$ ,  $D$ , e  $Z$  distinte per i tre gruppi di mesi  $NDGF$  (inverno),  $MASO$  (equinozi), e  $MGLA$  (estate); le curve sono riportate nella fig. 1. Il numero di giorni utilizzati per il computo di ognuna delle curve è riportato nella tab. 1 (colonne prima, quarta e settima). Tutte le curve anche quelle riportate più avanti, sono riferite al tempo medio dell'Europa Centrale (T.M.E.C.) che differisce dal tempo locale dell'Osservatorio di soli 4 minuti circa. La scala dei grafici è stata scelta (salvo che per la fig. 2) in modo che la misura in ordinate di  $2\gamma$  corrisponda all'intervallo di un'ora in ascisse; le variazioni della  $D$  sono espresse in  $\gamma$  e considerate positive verso Est.

TABELLA 1

*Numero dei giorni su cui sono computate le curve*

	$H_T$	$H_E$	$H_P$	$D_T$	$D_E$	$D_P$	$Z_T$	$Z_E$	$Z_P$
Inverno	26	8	10	27	8	10	26	6	9
Equinozi	33	23	7	43	23	43	43	23	7
Estate	40	19	33	39	18	12	39	17	14

Le curve sono state corrette per la variazione non ciclica, che rappresenta l'effetto del lento ristabilimento del valore assoluto delle com-

ponenti che segue le perturbazioni (*post perturbation effect* <sup>(2)</sup>). I valori della variazione non ciclica per tutte le curve sono riportati nella tabella 2.

I valori della escursione diurna per le tre componenti nei soliti tre gruppi di mesi di Lloyd ed i rapporti fra le ampiezze Equinozi/Inverno ed Estate/Inverno sono riportate nelle colonne prima, quarta e settima della tab. 3.

TABELLA 2  
*Variazione non ciclica delle singole curve in  $\gamma$ .*

	H <sub>T</sub>	H <sub>E</sub>	H <sub>P</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>E</sub>	D <sub>P</sub>	Z <sub>T</sub>	Z <sub>E</sub>	Z <sub>P</sub>
Inverno	+ 4,2	+ 4,1	+ 5,9	0,0	- 1,7	+ 0,2	- 1,3	- 3,3	- 1,1
Equinozi	+ 3,1	+ 2,4	+ 5,1	0,0	+ 0,2	+ 1,5	- 0,5	- 0,1	- 2,3
Estate	+ 2,1	+ 2,9	+ 0,5	0,0	- 0,6	+ 2,7	- 0,4	- 0,2	- 0,7

Dalla fig. 1 risulta evidente che per le componenti *D* e *Z* l'andamento della *Sq* è quello proprio della latitudine geomagnetica ( $\Phi = 38^\circ$ ) dell'Osservatorio <sup>(2, 3, 4)</sup>; anche il notevole aumento dell'ampiezza dall'inverno all'estate presenta le normali caratteristiche della nota variazione stagionale della *Sq*.

Per quanto riguarda invece la componente *H* si nota che essa non ha un andamento ben definito come le altre due componenti; inoltre la curva varia irregolarmente da stagione a stagione e l'aumento della ampiezza tra l'inverno e l'estate è pressoché irrilevante.

TABELLA 3  
*Ampiezza delle curve in  $\gamma$  e rapporti Equin./Inv. e Est./Inv.*

	H <sub>T</sub>	H <sub>E</sub>	H <sub>P</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>E</sub>	D <sub>P</sub>	Z <sub>T</sub>	Z <sub>E</sub>	Z <sub>P</sub>
Inverno	13,0	21,3	11,6	17,5	15,5	19,1	8,4	9,2	9,0
Equinozi	17,0	21,4	8,1	40,1	37,6	43,7	19,1	17,6	19,2
Estate	16,5	21,6	18,8	52,6	51,5	54,9	19,2	19,5	20,0
Equin. / Inv.	1,3	1,0	0,7	2,3	2,4	2,3	2,3	1,9	2,1
Est. / Inv.	1,3	1,0	1,6	3,0	3,3	2,9	2,3	2,1	2,2

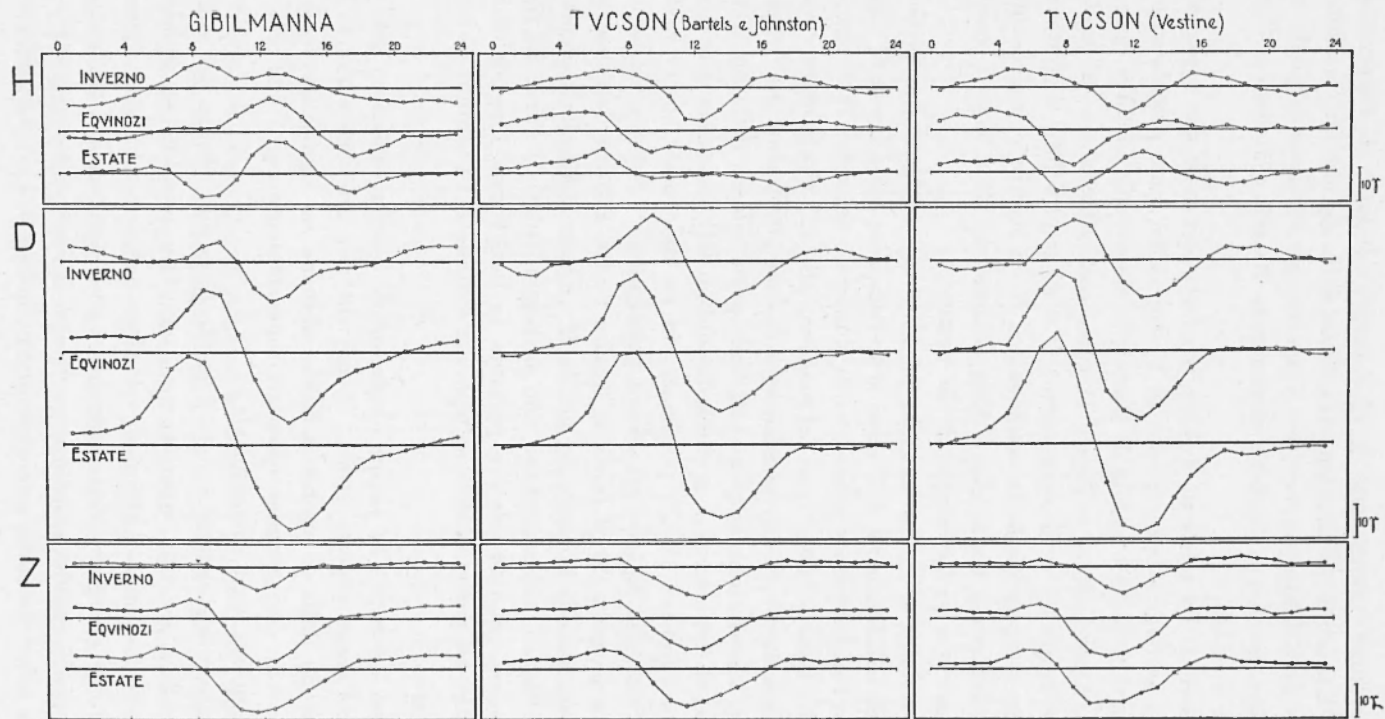


Fig. 2

Anche questo andamento di  $H$  è proprio di tutti gli Osservatori in questa latitudine, come viene illustrato dalla fig. 2, dove a fianco alle curve di Gibilmanna vengono riportate per confronto quelle di Tucson (Lat. geomagn.  $40^{\circ},4 N$ ), ottenute da Bartels e Johnston <sup>(5)</sup> e da Vestine e collab. <sup>(4)</sup>.

Le curve di Bartels e di Vestine si riferiscono anch'esse a periodi di minima attività solare; quelle di Vestine sono state calcolate per l'anno polare 1932-33 e quelle di Bartels si riferiscono ad altra epoca.

Dalla figura risulta evidente l'ottima concordanza tra gli andamenti e le ampiezze delle componenti  $D$  e  $Z$ ; risulta pure altrettanto evidente la irregolarità della componente  $H$  ed inoltre è interessante notare la differenza fra le curve della componente  $H$  a Tucson calcolate da Bartels e quelle computate da Vestine.

Questo fatto si spiega tenendo presente che le latitudini geomagnetiche di Gibilmanna e di Tucson sono comprese nella fascia di transizione fra l'andamento « polare » (con il minimo verso le 11<sup>h</sup> di tempo locale) ed « equatoriale » (con un massimo alle 12<sup>h</sup> circa) della variazione  $Sq$  per la  $H$  <sup>(2)</sup>. La transizione è dovuta alla forma del sistema di correnti ionosferiche, responsabili della parte esterna della  $Sq$ , sistema che ha il suo « fuoco » a quelle latitudini. Gli spostamenti in latitudine del « fuoco » <sup>(6, 7, 8)</sup> producono in un dato osservatorio variazioni di tipo della  $Sq$ , che presenterà l'andamento « polare » o « equatoriale » a seconda che il fuoco si trovi a Sud o a Nord dell'Osservatorio stesso. Quindi le curve  $Sq$  per la  $H$  a queste latitudini calcolate nel modo usuale rappresentano una sovrapposizione di curve di tipo « polare » ed « equatoriale » e pertanto la loro forma dipende dalla percentuale dei giorni di diverso tipo che entrano nel computo di esse.

*Il tipo « polare » ed il tipo « equatoriale » della variazione  $Sq$ .* — Da quanto sopra esposto risulta chiaro che per ottenere curve della variazione  $Sq$  della componente  $H$  che abbiano un significato reale è necessario che esse vengano calcolate separatamente per i due tipi di giorni: « polare » ed « equatoriale ».

In base a tale criterio è stata pertanto fatta una cernita dei giorni distinguendoli per tipo, quando ciò è risultato possibile in maniera chiara, e tralasciando i giorni di carattere dubbio; sono state quindi ricalcolate le curve separatamente per i due tipi, e per i tre gruppi di mesi; il numero dei giorni sui quali ogni curva è computata è riportato nella tab. I. Le curve sono riportate nelle figg. 3, 4 e 5; la variazione

non ciclica, le ampiezze e i rapporti tra le ampiezze Equinozi/Inverno e Estate/Inverno sono contenute nelle tabelle 2 e 3 già citate.

Dall'esame della figura si nota subito la regolarità delle curve relative ai due tipi; le curve « equatoriali », mentre non mostrano una va-

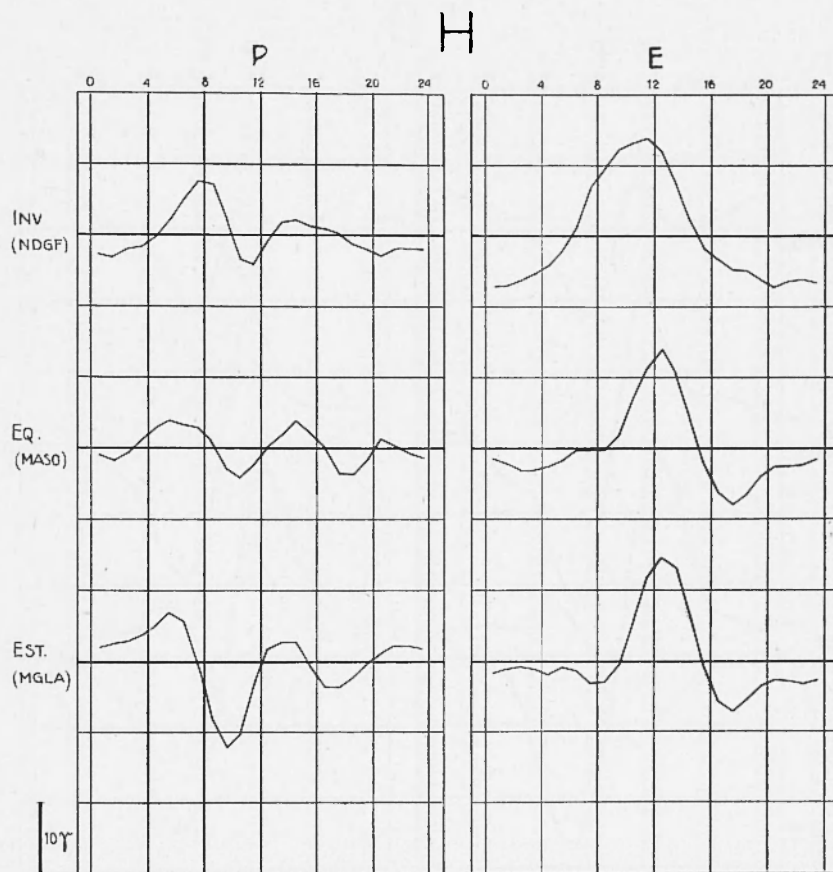


Fig. 3

riazione di ampiezza da stagione a stagione, presentano però una sensibile variazione di forma tra l'inverno e gli altri due gruppi di mesi.

Le curve « polari » mostrano anch'esse un andamento piuttosto ben definito; per quanto riguarda l'ampiezza, mentre in estate essa è maggiore che in inverno, presenta invece un minimo agli equinozi; è da ritenere tuttavia che la curva equinoziale abbia una attendibilità relativa dato lo scarso numero di giorni su cui sono state computate

le curve. Si deve inoltre osservare che, mentre i giorni di tipo « equatoriale » sono in generale ben individuabili, quelli di tipo « polare » hanno un carattere meno spiccato e talvolta confondibile con i giorni di tipo intermedio.

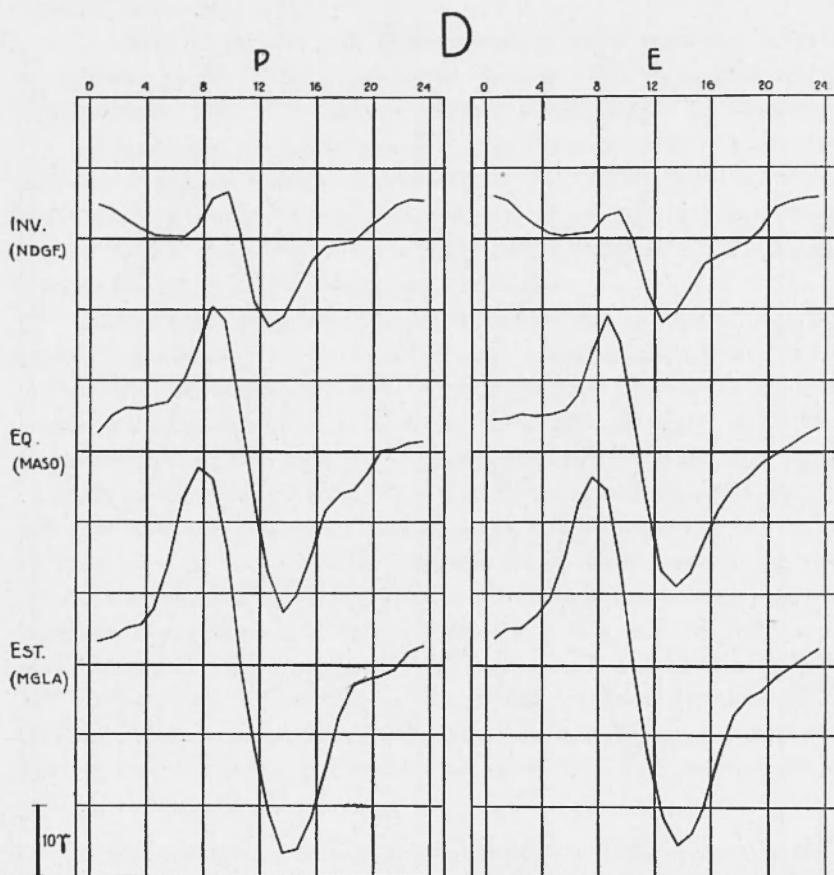


Fig. 4

Allo scopo di verificare se le modificazioni del sistema di correnti che producono le variazioni di tipo della componente  $H$  influiscano anche sulle altre componenti, sono state computate le curve per la  $D$  e per la  $Z$  separatamente per i due tipi di giorni; esse sono riportate nelle figure 4 e 5.

Nella componente  $Z$  non si nota nessuna differenza significativa né nella forma né nella ampiezza (vedi tab. 3). Per la  $D$ , mentre la



forma è praticamente la stessa nei due tipi di giorni, l'ampiezza delle curve « polari » è lievemente ma sistematicamente maggiore di quella delle curve « equatoriali ».

Questo fatto sarebbe in accordo con il supposto spostamento verso

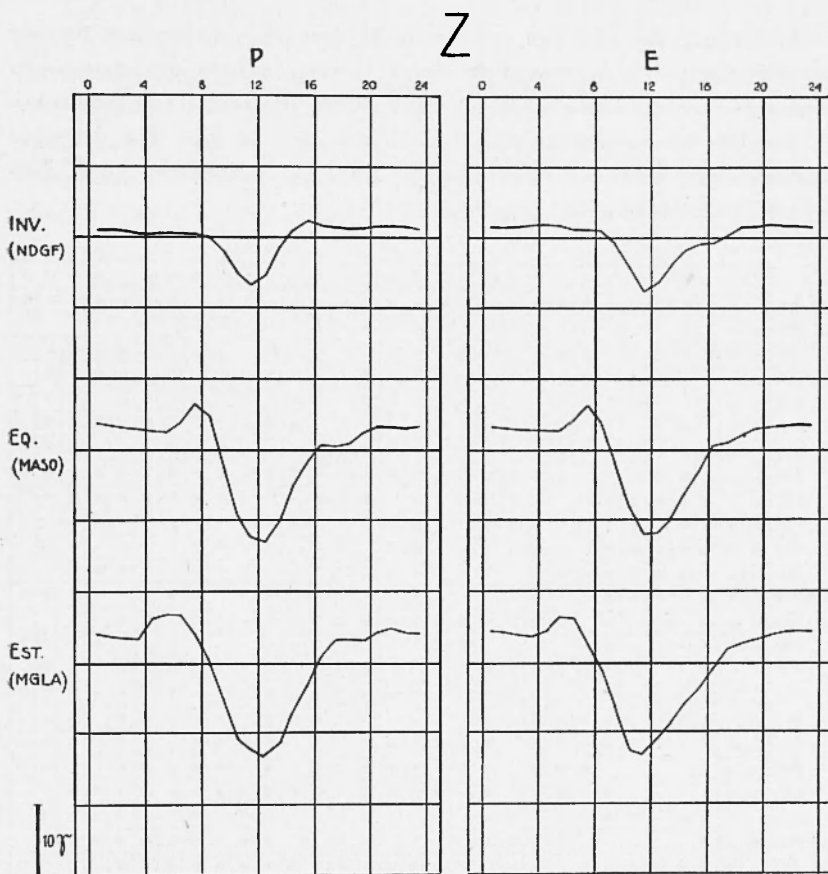


Fig. 5

Sud del sistema di correnti; tale spostamento infatti equivale ad uno spostamento a Nord dell'Osservatorio e ciò comporta, secondo l'analisi di Chapman <sup>(2)</sup>, una maggiore ampiezza della *D*.

Per quanto riguarda l'andamento delle ampiezze delle curve « equatoriali » della componente *H*, il mancato effetto stagionale, che del resto si verifica anche in altri osservatori in prossimità della fascia di transizione (Tucson, S. Juan, etc.) <sup>(4)</sup>, può essere spiegato o con una

variazione della forma del sistema di correnti o con uno spiccato spostamento a Nord del « fuoco » nei giorni equatoriali durante la stagione invernale; il che, corrispondendo ad una posizione più meridionale dell'Osservatorio, dà luogo ad un aumento della ampiezza.

*Frequenze dei vari tipi.* — Poiché il tipo della variazione  $Sq$  per la componente  $H$  è strettamente legato alla posizione del centro del sistema di correnti ionosferiche, è interessante studiare sia la frequenza dei due tipi di variazione nei singoli mesi, sia la loro distribuzione nel tempo per dedurne possibilmente qualche indicazione sugli spostamenti in latitudine del centro stesso.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1954 GEN.	.	.	.	●	○	○	X	●	●	X	●	○	●	.	●	.	●	.	○	.	.	.	.	●	●	●	●	●	●	X	●	
FEB.	●	○	○	○	○	○	○	○	○	X	●	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
MAR.	X	●	●	●	X	○	.	.	●	○	○	○	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	●	X	○	○		
APR.	○	○	○	.	○	X	○	○	○	.	.	.	.	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.	○	○	○	○	X	.	
MAG.	○	○	.	.	○	○	.	.	.	.	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	
GIV.	○	○	.	●	○	○	○	○	○	X	○	○	○	○	○	X	.	●	●	●	●	●	●	○	○	X	X	○	○	○		
LVG.	.	X	X	X	○	.	●	X	X	●	○	○	○	.	.	X	●	●	●	●	○	X	●	X	●	.	○	○	○	○		
AGO.	.	X	○	●	●	●	.	.	○	●	●	○	○	○	○	○	○	X	○	X	○	●	X	○	X	●	X	●	●	●		
SET.	X	.	●	●	●	○	○	○	X	○	X	○	X	.	.	●	●	●	.	X	○	X	X	○	X	○	X	○	X	○		
OTT.	●	●	●	●	●	○	○	○	X	○	X	○	X	.	.	●	●	●	.	●	.	.	.	.	.	.	.	.	●	●	X	●
NOV.	●	○	○	○	○	○	○	○	X	.	.	.	.	.	X	.	○	X	X	X	X	X	○	X	X	○	○	.	X	○		
DIC.	○	X	●	●	●	●	●	○	.	.	.	.	.	.	●	.	X	○	●	X	X	●	○	○	○	○	○	○	○	○	X	
1955 GEN.	○	X	○	○	○	○	○	○	○	.	○	○	X	X	○	.	○	.	.	.	.	.	.	.	○	○	X	X	X	○	X	
FEB.	X	○	.	○	○	○	.	.	●	X	X	●	●	.	X	●	X	○	X	○	○	.	.	○	○	X	○	.	.	.		
MAR.	○	○	X	○	○	○	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	X	
APR.	.	○	○	.	X	○	○	○	X	.	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○	X	X	○	.	.	.	.	
MAG.	○	○	○	○	.	.	.	.	X	○	○	○	○	.	.	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
GIV.	○	X	X	●	○	.	.	●	○	X	○	○	.	.	.	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	○		
LVG.	○	○	X	○	○	○	○	○	X	X	○	○	○	○	○	X	○	X	X	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
AGO.	X	●	●	.	.	.	.	●	●	○	X	●	○	.	.	X	●	X	○	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
SET.	X	.	.	.	.	.	●	●	●	●	●	●	.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	X	○	○	○	○	○	○	○	
OTT.	.	X	.	.	.	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X	○	.	.	X	○	○	
NOV.	○	X	○	.	.	.	.	○	X	X	○	○	○	.	.	X	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DIC.	○	○	○	○	○	○	○	.	X	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	●	○	X	.																												
	P	E	M	NC																												

Fig. 6

A tale scopo si è cercato di individuare il tipo di tutti i giorni compresi nei due anni considerati e non solo quindi dei giorni magneticamente calmi.

I giorni sono stati classificati in una delle seguenti categorie: « polare » ( $P$ ), « equatoriale » ( $E$ ), « mista » ( $M$ ), « non classificabile »

(NC), comprendendo in quest'ultima i giorni fortemente disturbati (o talvolta mancanti) nei quali la individuazione è risultata impossibile. È da notare però che anche negli altri giorni la individuazione non sempre è stata facile.

La fig. 6 mostra la distribuzione giorno per giorno dei tipi « polare », « equatoriale », e « misto » nei due anni considerati; le caselle contrassegnate da un punto rappresentano i giorni non classificabili.

Dalla figura risulta evidente la tendenza alla permanenza di un determinato tipo in diversi giorni successivi; ciò sta ad indicare una certa stabilità della causa che determina il tipo di variazione *Sq*; il che, presumibilmente, implica una analoga stabilità dei moti dell'alta atmosfera che regolano la forma del sistema di correnti ionosferiche.

Nella fig. 7 sono riportate le percentuali dei giorni « *P* », « *E* » ed « *M* » mese per mese. Il tipo « equatoriale » ha un netto massimo in Aprile-Maggio, mentre il tipo « polare » ha un massimo nei mesi di Dicembre-Gennaio; comunque la frequenza dei « *P* » è piuttosto elevata nei mesi estivi.

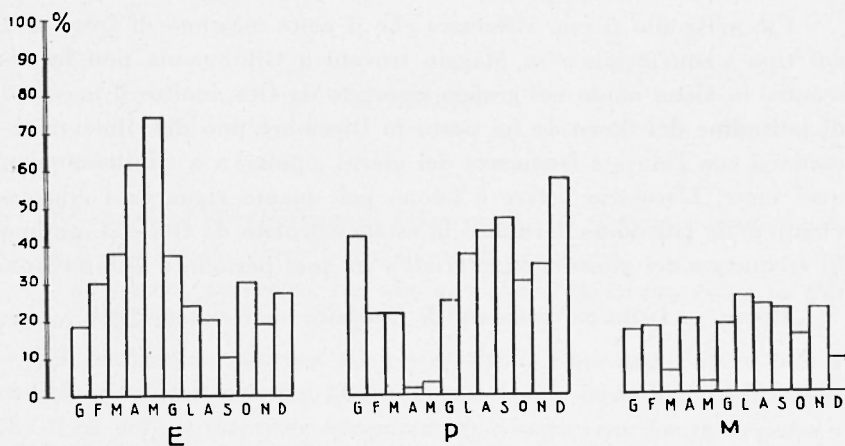


Fig. 7

La figura riporta il risultato globale del biennio 1954-55, ma il computo delle frequenze fatto separatamente per i due anni porta a risultati strettamente concordanti e ciò prova che essi rappresentano un reale andamento annuale (almeno per i due anni considerati).

La distribuzione dei giorni « *P* » ed « *E* » sembra quindi non seguire un andamento stagionale nel senso consueto della parola. Interpretando i grafici dal punto di vista della indicazione che essi possono

dare sulla posizione del centro del sistema di correnti, si può in via di massima affermare che esso si trova prevalentemente a Nord dell'Osservatorio nella prima metà dell'anno ed a Sud nell'altra metà. A questo proposito può essere interessante un confronto, sia pure indiretto, con i risultati ottenuti da Ota (<sup>9</sup>) in uno studio riguardante la variazione da mese a mese della posizione del centro stesso. Secondo Ota, che usa i dati dell'Anno Polare 1932-33, la latitudine del fuoco del sistema di correnti nella regione europea raggiungerebbe un massimo di 45° circa in Dicembre, diminuendo con lievi oscillazioni fino ad un minimo di 30° circa in Agosto.

I nostri risultati e quelli di Ota non sono quindi del tutto in accordo; occorre tuttavia osservare che essi non sono direttamente confrontabili, infatti: a) i dati su cui si basano si riferiscono ad anni diversi per quanto approssimativamente in una stessa fase di ciclo solare, b) Ota calcola la latitudine media mese per mese del fuoco del sistema di correnti, mentre nel presente lavoro viene calcolata la frequenza dei giorni in cui il fuoco è a Nord o a Sud della latitudine dell'Osservatorio senza però poterne dedurre la posizione effettiva.

Ciò malgrado si può affermare che il netto massimo di frequenza del tipo « equatoriale » in Maggio trovato a Gibilmanna non ha riscontro in alcun modo nel grafico riportato da Ota, inoltre il massimo di latitudine del fuoco da lui posto in Dicembre può difficilmente accordarsi con l'elevata frequenza dei giorni « polari » a Gibilmanna in quel mese. L'accordo invece è buono per quanto riguarda l'abbassamento della latitudine del fuoco in estate calcolato da Ota e il minimo di frequenza dei giorni « equatoriali » in quel periodo a Gibilmanna.

*Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Gennaio 1956.*

### RIASSUNTO

*Vengono date le curve della variazione media Sq dell'Osservatorio di Gibilmanna per le tre componenti H, D e Z distinte per i tre gruppi di mesi di Lloyd NDGF (Inverno), MASO (Equinozi) ed MGLA (Estate). Le curve sono state corrette per la variazione non ciclica, e si riferiscono agli anni 1954-55.*

*Eseguito un confronto tra la Sq di Gibilmanna e quella di Tucson*

(con i dati di Bartels e di Vestine) e rilevato il dubbio significato delle curve per la componente H relative agli Osservatori situati alle latitudini di transizione, sono state calcolate le curve della H separatamente per i due tipi « polare » ed « equatoriale ».

Sono state pure calcolate separatamente per i due tipi le curve della D e della Z; esse non mostrano sensibili differenze di forma salvo una maggiore ampiezza nel tipo « polare » della D rispetto al tipo « equatoriale ».

Vengono quindi studiate le frequenze mese per mese dei vari tipi di variazione Sq per tutto il biennio 1954-55: il tipo « equatoriale » ha un netto massimo in Aprile-Maggio ed un minimo in estate, mentre il tipo « polare » presenta un massimo nei mesi di Dicembre-Gennaio ed una frequenza piuttosto elevata nei mesi estivi.

Tutti i risultati vengono interpretati e discussi in relazione alla forma ed agli spostamenti del sistema di correnti ionosferiche responsabili della Sq.

### SUMMARY

Sq curves of the Gibilmanna Observatory for the three components H, D, Z and for the three Lloyd's seasons are given.

The curves, corrected for the non cyclic variation, refer to the period 1954-55.

A comparison between the Sq of Gibilmanna and Tucson points out the doubtful meaning of the H curves for transitional latitudes; the H curves are therefore computed again separately for the « polar » and « equatorial » type.

Two curves for both D and Z components are calculated in the same manner; they show no notable difference in shape, except a greater amplitude in the « polar » than in « equatorial » type of D.

Monthly frequencies of the different types of Sq for the whole period 1954-55 are then studied: the « equatorial » type shows a conspicuous maximum of frequency in April-May and a minimum in summer, while the « polar » type has a maximum in December-January, with a rather great frequency also in summer months.

Moreover a general tendency of a given type to continue for several days is pointed out.

All results are interpreted and discussed with reference to the form and displacements of the ionospheric current-system responsible of the Sq variation.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) GIORGI M. - MOLINA F., *Sugli indici «K» per il 1955 dell'Osservatorio Magnetico di Gibilmanna (Sicilia)*. Annali di Geofisica, vol. IX, n. 1, 1956.
- (2) CHAPMAN S. AND BARTELS J., *Geomagnetism*. Oxford 1940.
- (3) BARTELS J. - HECK N. H. - JOHNSTON H. F., *The three-hours-range index measuring geomagnetic activity*. Terrestrial Magnetism n. 44, 1939, (411-454).
- (4) VESTINE E. H. - LAPORTE L. - LANGE I. - SCOTT W. E., *The geomagnetic field, its description and analysis*. Carnegie Inst. Washington n. 580 (1947).
- (5) BARTELS J. - JOHNSTON H. F., *Main features of the daily magnetic variations at Sitka, Cheltenham, Tucson etc.* Terr. Magn., n. 44, 1939, (455-489).
- (6) HASEGAWA M., *On the type of the diurnal variations of terrestrial magnetism on quiet days*. Proc. Imp. Acad., Tokyo 12, 1936, (88-90).
- (7) HASEGAWA M., *A statistical study of the type of diurnal variations of terrestrial magnetism on quiet days*. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 12, 1936, (185-188).
- (8) HASEGAWA M., *On the progressive change of the field of diurnal variations of terrestrial magnetism*. Proc. Imp. Acad. Tokyo, 12, 1939 (277-280).
- (9) M. OTA, *The position and motion of the focus of the electric current vortex etc.* IATME Bull. n. 13, Transactions of Oslo Meeting 1948. Washington 1950 (438-442).