

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 55 (1962)

Artikel: Del campo magnetico terrestre
Autor: Rima, Alessandro
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003554>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

PARTE II
COMUNICAZIONI SCIENTIFICHE E NOTE

Del campo magnetico terrestre

Alessandro Rima, Muralto

I. INTRODUZIONE

Lo studio di diverse serie pluviometriche (bibl. 41), termometriche, barometriche, idrografiche, dell'umidità relativa e dell'ozono (bibl. 45), ha messo in risalto delle periodicità dello stesso ordine di grandezza per le regioni al Sud delle Alpi, principalmente nella Svizzera Italiana.

La correlazione di queste con le serie solari si è manifestata piuttosto stretta.

Le periodicità dello stesso ordine di lunghezza d'onda, gli spostamenti di fase con quelle risultanti dall'analisi delle serie dei numeri relativi delle macchie solari, indicanti un'attività sul sole, hanno creato le premesse per una indagine sui fenomeni che si suppone abbiano una dipendenza più stretta e più diretta dal sole.

Infatti i fenomeni rappresentati da serie di osservazioni alquanto omogenee e continue e più sensibili alle variazioni solari sono quelli derivanti dal campo magnetico terrestre le cui variazioni regolari dipendono dalla posizione reciproca della terra, sole e luna. Le relazioni tra periodicità ed ampiezza delle onde componenti le serie del campo magnetico terrestre sembrano risultare più significative ed indicare un aspetto più particolare permettente un'interpretazione adeguata delle interdipendenze con i fenomeni terrestri.

Per un'indagine di tal genere sono necessarie lunghe serie di osservazioni con garanzia di omogeneità, come è il caso per quelle di Val-Joyeux. Non è trascurabile il fatto di avere a disposizione numerosi studi di ordine statistico e fisico su queste osservazioni, che forniscono, da un lato una preziosa documentazione scientifica e dall'altro la possibilità di mettere in rilievo eventuali errori sistematici, dovuti alle apparecchiature o a cambiamenti di ubicazione.

Questa fatica consiste nel ricercare caratteristiche correlazionabili secondo i criteri sviluppati nei precedenti studi per stabilire e spiegare le anomalie che si riscontrano nelle selezioni dei periodi nelle serie di genere diverso riferite a successioni del grado di anni.

Da ciò l'utilità che può rivestire nel momento della sintetizzazione del complesso dei risultati interpretati sotto aspetti differenti, abbracciati un campo vasto di fenomeni naturali, cosicchè le indagini e i concetti generali derivanti portano a dei frutti concreti per le applicazioni pratiche immediate.

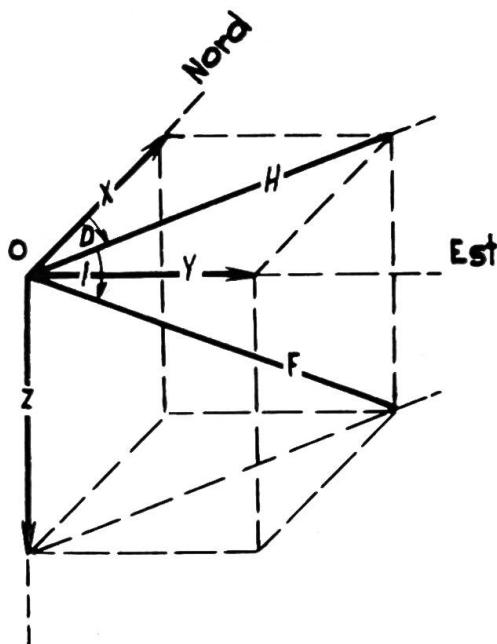
FIGURA 1: *Elementi del campo magnetico terrestre.*

D = declinazione espressa in (°)

I = inclinazione in (°)

H = componente verticale
esprese in Gauss (γ) di 5° ordine $\left\{ \begin{array}{l} X \text{ componente Nord} \\ Y \text{ componente Est} \end{array} \right.$

F = intensità totale del campo in Gauss (γ) di 5° ordine



In particolare ci si propone di studiare le serie annuali di osservazioni del campo magnetico terrestre riferite ad una determinata posizione della terra sull'eclittica. La variazione del campo magnetico secondo la posizione geografica sarà eventualmente oggetto di un secondo lavoro presentandosene la necessità.

Saranno dunque esaminate le variazioni delle serie delle medie annuali o delle serie annuali del giorno e del mese del campo magnetico terrestre a Parigi per i diversi elementi: declinazione, componente orizzontale, componente verticale (tab. VI) ecc., visti alla luce delle relazioni con i fenomeni solari.

II. GENERALITA'

Nel campo magnetico terrestre vien chiamata F l'intensità totale del campo. Questa intensità è rappresentabile per mezzo di due vettori Z e H che sono le componenti, rispettivamente verticale ed orizzontale (fig. 1). La componente orizzontale H può essere scomposta in una componente Nord X e componente Est Y . L'angolo che fa il vettore H con la direzione Nord X è chiamato declinazione D . L'angolo che fa il vettore F con H è l'inclinazione I . Le relazioni esistenti tra i diversi elementi sono date dalle formule seguenti

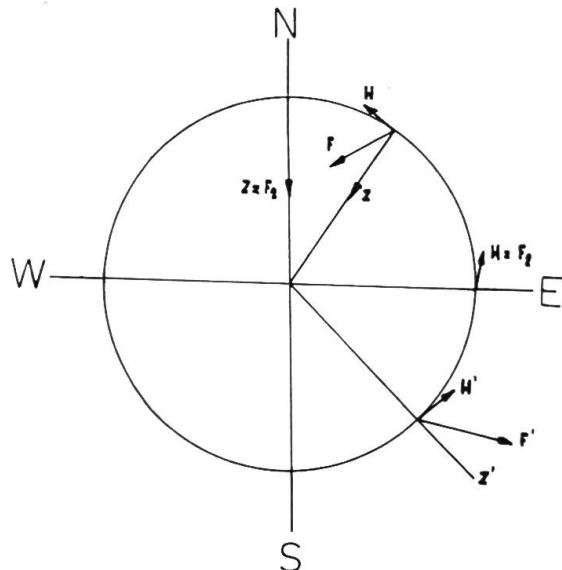
$$F = \sqrt{H^2 + Z^2} \quad /1/$$

$$\tan I = Z/H \quad /2/$$

$$\tan D = Y/X \quad /3/$$

che permettono di dedurre dalle tre misure che sono la declinazione, l'inclinazione e la componente orizzontale, tutti gli altri valori. Per gli scopi geologici sono i vettori X , Y e Z che soli permettono di definire quantitativamente le cause perturbatrici.

FIGURA 2: *Variazione degli elementi del campo magnetico terrestre con la latitudine.*



Le misure degli elementi magnetici nell'insieme della terra mostrano che le ripartizioni del campo magnetico terrestre alla superficie possono essere concepite come una calamitazione uniforme del globo terrestre paral-

lelo ad un asse magnetico leggermente inclinato per rapporto all'asse dei poli, oppure all'esistenza di un magnete centrale, orientato secondo l'asse magnetico, o ad un sistema di corrente distribuita secondo dei circuiti circolari perpendicolari all'asse magnetico.

In prima approssimazione dunque il campo magnetico terrestre si avvicina a quello di una sfera calamitata, considerata omogenea, i cui poli coincidono con il polo magnetico della terra. La forza totale F si confonde con Z al polo nord, H essendo = 0, con H all'equatore, essendo uguale a 0 il vettore Z . Tra il polo e l'equatore la forza totale si scomponete in un vettore Z ed in un vettore H , il primo crescente ed il secondo decrescente, dall'equatore verso il polo (fig. 2). Per questa variazione regolare è necessaria, per lo studio delle anomalie, l'introduzione di un'importante *correzione di latitudine*. D'altra parte il fatto che l'asse magnetico terrestre non coincide con l'asse di rotazione della terra, implica una *correzione di longitudine* (fig. 2), le cosiddette variazioni normali del campo.

Oltre il campo in questione esiste un campo esterno, molto più debole, variabile con il tempo e le cui cause sono meteorologiche e cosmiche. A questo è dovuta la variazione diurna, la quale oscilla regolarmente in un ciclo di 24 ore e in un ciclo più lungo stagionale, così come le *tempeste magnetiche*, che sono delle variazioni accidentali brusche e molto violente.

Esistono pure delle *variazioni secolari* che rappresentano una modificaione estremamente lenta del campo osservato sulla declinazione e componenti da essa dipendenti, nel corso dei secoli. Altre variazioni irregolari del campo magnetico terrestre, dette *anomalie magnetiche*, sono dedotte dalle differenze tra il campo omogeneo teoricamente previsto in funzione della longitudine e della latitudine ed il campo realmente osservato, ottenute eliminando le variazioni esterne (da confrontare con quelle definitive di altre anomalie).

Le cause del campo magnetico terrestre non sono ancora spiegate ma sembra che siano molteplici. Una parte del campo può essere attribuita alla ripartizione dei terreni più o meno magnetici (bibl. 15).

Si sa che le proprietà magnetiche delle rocce diminuiscono con la temperatura e scompaiono a 580° . La stima della profondità che corrisponde al punto di *Curie*, secondo il grado *geotermico*, permette di stimare a 15 o 20 km o più la scomparsa del magnetismo delle rocce, come lo si conosce in superficie. Per il grado geotermico può essere accettato, come ordine di grandezza, il suo valore di 30 m in profondità. Fatte le dovute deduzioni di queste anomalie di origine geologica superiori a 15 km di profondità, si costata che sussiste un campo importante, la cui origine deve essere più profonda e che subisce esso stesso delle grandi variazioni estendentesi su dei continenti interi. Ci si è chiesto se queste variazioni, dette anomalie crostali, abbiano ugualmente un rapporto con la struttura interna del globo o se esse hanno delle cause puramente fisiche, come

quelle delle rotazioni della corrente elettrica circolare. Sembra esistere un parallelo con le anomalie dell'*isostasia* da attribuirne l'origine alla parte del magma situata sotto la zona corrispondente al punto di Curie, conservando però un magnetismo estremamente debole, che comporterebbe delle masse enormi. Esistono però altre cause, così che le *anomalie magnetiche totali* non possono ancora essere considerate sufficientemente definite.

Per riassumere si può dividere la variazione in *regolare* ed *irregolare* (bibl. 47). Per variazione regolare si intende la differenza fra i valori osservati delle D , H , I , Z , o calcolati dai valori osservati X , Y , F ; le medie di questi valori per l'intervallo di un giorno danno la *variazione diurna*; le medie mensili danno la *variazione mensile*; la media di un anno dà la *variazione annuale*; la media di anni successivi dà la *variazione secolare*.

Nelle variazioni *irregolari* figurano i *disturbi magnetici* e le *tempeste magnetiche* che non sono altro che disturbi magnetici notevoli.

Questo elaborato approfondisce solo la prima parte, cioè quella delle variazioni regolari.

Inoltre una quantità di disturbi alterano, anche se leggermente, le misure del campo magnetico. Tale fatto, specie in questo periodo di sviluppo industriale non può essere taciuto, in vista specialmente di una corretta interpretazione delle analisi. Un'alterazione permanente degna di nota del campo magnetico terrestre avviene nelle vicinanze di una canalizzazione elettrica e può presentarsi nei due casi seguenti :

- a) *con corrente* : la perturbazione è evidente,
- b) *senza corrente* : può darsi che ci sia un'alterazione dell'ago magnetico anche quando è cessata la corrente.

E' possibile che permanga una leggera magnetizzazione (calamitazione) presso le rocce sotto l'azione del campo della corrente circolante nelle canalizzazioni o di correnti vagabonde circolanti nella terra, oppure perturbazioni derivanti dai binari delle linee tramviarie sotto l'influsso del motore al momento del passaggio della vettura. Tutte queste anomalie sono state analizzate per la regione parigina cosicchè i risultati possono essere discussi anche sotto questo aspetto.

L'interpretazione delle osservazioni o delle onde del magnetografo è basata su di un sistema arbitrario di misura. Per caratterizzare lo stato magnetico di ogni giornata sulla base delle curve del magnetografo si è determinato un certo numero qualitativo secondo il numero e l'importanza dell'indicazione della curva, ossia è stato determinato per un intervallo qualunque un certo numero medio proporzionale alla frequenza ed alla grandezza del disturbo magnetico che si è prodotto (bibl. 5). Questo numero caratterizza dunque l'intensità dell'azione magnetica e permette di studiarne la variazione in tutte le perturbazioni, qualunque sia il loro ordine di grandezza.

La qualifica è associata ad una cifra nel modo seguente (vedi la (a) :

<i>definizione</i>	(a)	(b)
calmo	(0)	0
quasi calmo	(1)	
poco agitato	(2)	1
agitato	(3)	
molto agitato	(4)	
perturbazione	(5)	2
forte perturbazione,	(6)	
perturbazioni molto forti		

oppure, secondo un altro metodo più semplificato, le espressioni cifrate sopra, raggruppate a lato, secondo la (b) della tabelletta sopra esposta e vengono chiamati « *numeri caratteristici magnetici internazionali "C"* », pubblicati trimestralmente ed annualmente dall'Associazione Meteorologica Internazionale. Ordinando questi valori per mesi e per intervalli può essere messa in evidenza una serie indicativa, in relazione all'attività solare.

Con questo metodo si è potuto fissare che la loro azione diminuisce a misura che diminuiscono le macchie solari e che l'agitazione magnetica sembra influenzata dalla velocità con la quale si estende la superficie occupata dalle macchie del sole.

Invece di elaborare le serie, che risultano alquanto arbitrarie, degli indici magnetici, può essere sviluppata l'analisi direttamente sulle serie delle diverse componenti del campo magnetico terrestre, trattate in modo che ne risulti eliminata la variazione secolare. Appunto sulle serie della declinazione e componente verticale ed orizzontale e serie annua del giorno fu sviluppata la presente ricerca. Nel cap. III saranno in parte descritti questi dati di osservazione.

III. ESAME DEI DATI

Sono conosciuti i risultati delle osservazioni della declinazione magnetica a Parigi dal 1541, questi rappresentano la più lunga serie di osservazioni che possiede la Francia.

Arago si è occupato di misure di magnetismo ed ha fatto delle osservazioni continue della declinazione dal 1820 al 1835 (bibl. 2).

Misure sono state fatte dal 1868/1869 da *Perry* e *Sidgreaves* in 33 stazioni francesi, per stabilire le carte con le linee di uguale valore di *D*, *H*,

oppure *I* (isogoniche, isodinamiche, isoclina). Dal 1872 al 1895 le osservazioni furono regolari all'osservatorio di *Montsouris* a Parigi e pubblicate nell'Annuario dell'osservatorio omonimo. Tali misurazioni sono riportate pure nell'« *Annuaire du Bureau des Longitudes* ».

Dal 1882 furono create le stazioni magnetiche fisse. La prima, quella del *Parc-Saint-Maur* fino al 31 dicembre 1900, trasferita il 1. gennaio 1901 a *Val-Joyeux* per i disturbi dati dalle linee dei tram elettrici, indi nuovamente spostata a *Chambon-la-Forêt* nel 1938 e seguita dall'Istituto della Fisica del Globo (bibl. 2) con sede a Parigi. Le osservazioni magnetiche sono continue fino al 1921 a *Val-Joyeux* e gli apparecchi registratori sono regolati sull'ora di *Greenwich*.

Osservatorio di Parc-Saint-Maur

longitudine : $0^{\circ} 9',4$ E
 latitudine : $48^{\circ} 48',6$
 altitudine : 50 m
 ad 11,5 km ESE dall'osservatorio di Parigi.

Osservatorio di Val-Joyeux

longitudine : $0^{\circ} 19',4$ W
 latitudine : $48^{\circ} 49',3$
 altitudine : 114 m
 a 24 km W dall'osservatorio di Parigi.

Dal 1938 l'osservatorio è stato spostato a *Chambon-la-Forêt*.

Variazione periodica del magnetismo terrestre

I valori dal 1883 possono essere tolti dagli « *Annales du Bureau Central Météorologique* ». I valori a *Val-Joyeux* sono i seguenti

	<i>Val-Joyeux</i> 1901	<i>Chambon-la-Forêt</i> 1960
D = declinazione	$15^{\circ} 12',0$	$6^{\circ} 23',0$
I = inclinazione	$64^{\circ} 58',9$	$64^{\circ} 07',2$
H = componente orizzontale	0.19680	0.20324
X = componente Nord	0.18991	
Y = componente Ovest	0.5160	
Z = componente verticale	0.42167	0.41889
F = forza totale	0.46535	0.46559

I dati sopra esposti corrispondono alla media degli elementi magnetici nel 1901 a Val-Joyeux (bibl. 3) e nel 1960 a Chambon-la-Forêt. Il controllo del passaggio da una all'altra stazione e delle variazioni che ne possono derivare, permette di accettare l'omogeneità delle serie trattate. Per questo esame vengono considerati solo gli scarti delle diverse componenti.

Furono in particolare riportate le serie degli scarti diurni mensili e medie annuali della declinazione e componente orizzontale e verticale (dati tolti dalla bibl. 1) (tab. I, II, III, IV), elaborati statisticamente e con l'analisi periodale. Inoltre furono controllate le serie annuali del giorno scelto e riportate quelle per la componente verticale 3 luglio, ore 12.00. Prendendo gli scarti diurni mensili vengono eliminate le fluttuazioni secolari.

TABELLA I

Media annuale degli scarti diurni e mensili delle declinazioni a Parigi (1883 - 1955). In minuti ('). Valori non perequati.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1880	—	—	9.89	10.95	9.65	9.01	8.35	7.76	7.22	7.80
1890	9.20	10.29	11.16**	10.61	10.01	9.05	8.10	8.19	7.90	7.44
1900	7.38	7.41	8.36	9.00	9.89	9.74	9.93	9.55	8.81	8.50
1910	7.68	7.36	7.77	7.76	8.79	9.85	11.15	10.36	10.15	9.45
1920	8.59	8.05	7.35	7.70	9.00	9.80	9.80	10.50	9.90	8.70
1930	8.20	7.20	7.40	7.50	8.40	9.90	10.40	10.80	9.70	9.50
1940	8.20	6.90	6.50	7.10	7.90	9.60	11.90	10.60	10.30	8.60
1950	8.10	6.80	6.20*	6.50	6.90					

* valore minimo

** valore massimo

TABELLA II

Scarti diurni del mese di gennaio delle declinazioni a Parigi (1833 - 1955). In minuti ('). Valori non perequati.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1880	—	—	5.6	7.0	5.3	5.6	5.6	5.1	3.1	4.6
1890	4.8	6.4	6.2	6.8	4.7	5.6	4.7	4.1	4.4	3.2
1900	4.2	4.6	4.7	4.4	5.5	5.1	5.8	4.6	5.4	5.5
1910	4.2	3.5	4.3	2.9*	4.1	4.4	5.3	6.7	5.9	7.0
1920	4.5	4.2	4.2	3.5	5.0	5.9	5.9	6.5	6.0	5.8
1930	3.3	5.3	5.3	5.3	4.6	5.0	6.2	7.0	4.5	5.9
1940	5.1	5.5	5.8	5.1	4.5	5.1	5.5	6.1	7.8**	5.8
1950	6.1	7.0	4.9	4.4	4.0					

* valore minimo

** valore massimo

TABELLA III

Media annuale degli scarti diurni mensili della componente verticale a Parigi (1883 - 1955). In γ CGS di 5° ordine. Valori non perequati.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1880	—	—	18.1	21.6	22.6	21.3	18.7	18.4	17.7	17.7
1890	23.2	25.0	25.2	24.2	22.0	21.8	18.4	19.0	16.1	16.2
1900	15.2	15.0	15.7	17.5	21.7	21.5	23.1	20.9	20.7	19.2
1910	18.0	15.1	15.7	16.9	19.5	21.9	22.2	22.3	22.7	18.2
1920	16.8	16.6	13.3*	15.0	18.0	21.0	20.0	20.0	22.0	22.0
1930	16.0	15.0	16.0	16.0	18.0	22.0	26.0	28.0	27.0	27.0
1940	24.0	22.0	20.0	17.0	21.0	28.0	32.0**	29.0	28.0	25.0
1950	27.0	22.0	20.0	19.0	19.0					

* valore minimo

** valore massimo

TABELLA IV

Media annua degli scarti diurni mensili della componente orizzontale a Parigi (1883 - 1955). In γ CGS di 5° ordine. Valori non perequati.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1880	—	—	32.3	31.6	29.3	30.0	25.6	23.5	20.0	23.6
1890	23.0	38.7	37.2	37.2	33.6	30.0	25.0	23.8	23.7	19.3
1900	19.5	18.2	28.8	22.3	25.8	24.4	25.2	29.6	24.8	26.8
1910	23.5	19.3	19.0	20.6	25.5	31.8	32.0	32.0	27.7	28.2
1920	24.0	22.8	18.6	20.0	26.0	29.0	30.0	33.0	29.0	34.0
1930	23.0	25.0	22.0	21.0	25.0	31.0	34.0	36.0	31.0	32.0
1940	26.0	18.0	23.0	23.0	22.0	32.0	40.0**	35.0	26.0	22.0
1950	22.0	20.0	17.0	14.0*	15.0					

* valore minimo

** valore massimo

TABELLA V

Serie annuale della componente verticale del 3 luglio ore 12.00 a Parigi (1915 - 1955). In γ CGS di 5° ordine. Valori non perequati.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1910	—	—	—	—	589	634	630	680	632	567
1920	512	520	501	501	489	489	521	457	512	509
1930	574	583	649	579	644	672	393	456	471	473
1940	501	524	547	580	619	649	686	664	699	716
1950	742	764	765	758	783					

TABELLA VI
Serie elaborate e discusse nel presente studio

<i>Pos.</i>	<i>Genere della serie</i>	<i>Intervallo</i>	<i>Figure</i>	<i>Tabelle</i>	<i>Osservazioni</i>
1	Declinazione media annua	1883 - 1955	10, 14	I, XI	Analisi periodale. Curva di Gauss
2	Declinazione serie annuale di gennaio, aprile, luglio, ottobre	1883 - 1950	11, 15	II, XVII, XVIII, XIX, XX	Analisi periodale
3	Componente verticale serie annuale da gennaio a dicembre	1883 - 1955	8, 18	IX, XXI, XXII, XXIII, XIV	Analisi periodale. Curva di probabilità
4	Componente verticale media annua	1883 - 1955	13	III, XIII	Analisi periodale. Curva di Gauss
5	Componente orizzontale media annua	1883 - 1957	12	IV, XII	Analisi periodale. Curva di Gauss
6	Componente verticale serie annuale del 3 gennaio, 3 aprile, 3 luglio, 3 settembre, ore 12.00	1915 - 1955	16	V, XVI, XXVII, XXVIII, XXIX	Analisi periodale
7	Declinazione mesi	1914 - 1950	3, 4, 5, 6, 7	VII	Curva di probabilità
8	Componente orizzontale serie annuale del mese di gennaio, aprile, luglio, ottobre	1883 - 1955	9	VIII, XV, XXIV, XXV, XXVI	Analisi periodale. Curva di probabilità
9	Componente verticale serie annuale del 3 gennaio, 3 aprile, 3 luglio, 3 settembre, ore 24.00	1915 - 1955		XXVII, XXVIII, XIX	Analisi periodale
10	Componente verticale del 3 aprile, media giornaliera	1915 - 1955	17		Analisi periodale

Le definizioni degli scarti per l'ampiezza delle variazioni diurne sono le seguenti :

Per la *declinazione* lo scarto diurno mensile è definito dalla differenza tra la media della massima e la media della minima per l'insieme delle giornate del mese ; il massimo ed il minimo notati per ogni giornata sono quelli che corrispondono a ciò che si chiamava variazione diurna regolare (che è in generale abbastanza chiaramente marcata per la declinazione), vale a dire che il massimo è quello della curva diurna all'inizio del dopopranzo ed il minimo quello della curva nella mattinata, facendo astrazione delle punte accidentali. Sono espressi in minuti (').

Per la componente *orizzontale* e *verticale* si stabilisce per ogni mese la variazione diurna media dell'elemento (sui valori orari istantanei) ; lo scarto diurno per il mese è definito dall'ampiezza di questa variazione diurna media, la stessa è espressa in unità CGS di 5° ordine.

Le curve di probabilità calcolate per l'intervallo 1883 - 1957 sono pure interpretate per l'intervallo 1914 - 1957 (fig. 7 ecc.), per ragioni comparative, con studi precedentemente pubblicati (bibl. 39 - 45).

IV. ANALISI STATISTICA E VARIAZIONI DIVERSE

Gli elementi del campo magnetico terrestre sono definiti secondo la /2/ e la /3/ e dove la forza totale è espressa dalla /1/.

Le osservazioni di un solo anno sono sufficienti per definire la variazione diurna, che è più forte durante la notte che di giorno e presenta un minimo accentuato al mattino. Il minimo del mattino ha luogo più presto in inverno che in estate (bibl. 7). Il massimo della notte è più marcato in inverno che in estate : in estate appare un massimo supplementare nelle ore calde della giornata.

L'esistenza di una variazione diurna della perturbazione del campo magnetico è stata segnalata da diversi autori. Non tutti sono concordanti nelle ore dei massimi o minimi, forse per il sistema un po' arbitrario di valutazione delle perturbazioni, come è rilevabile dai dati seguenti :

<i>Autore</i>	<i>Luogo</i>	<i>Massimi</i>	<i>Minimi</i>
Van Bemmelen	Buitenzorg (presso Batavia)	0—1 ^h	6—7 ^h
	Zi-ka-wei	23—24	5—6
	Potsdam	22	11—12
	Val-Joyeux	22	8
Eblé Maurain			
I. de Moidrey	Lu-kia-pong (presso Shangai)	23—24	5
	Antartico	21	10

La variazione diurna dell'agitazione magnetica presenta delle analogie con quella della categoria dei « parassiti » che disturbano le comunicazioni radio e telefoniche, ecc., come già accennato nel capitolo precedente.

Le variazioni diurne mensili interpretate secondo il calendario sono rappresentabili con le serie armoniche di Fourier, tema che sarà sviluppato in altra sede.

a) *Variazioni mensili*

Si interpretano solo le variazioni diurne, prese come eventi mensili. Raggruppate secondo la frequenza per gli elementi della declinazione (tab. VII), componente verticale (tab. IX), componente orizzontale (tab. VIII), per gli intervalli dal 1883 al 1955, per una classe opportunamente scelta. Da queste tabelle si nota che le frequenze si spostano, per tutti gli elementi, verso maggiori intensità per i mesi estivi e verso la minore intensità per i mesi invernali. Con i massimi in maggio per la declinazione, in luglio ed agosto per la componente verticale ed in maggio per la componente orizzontale. Portando sottoforma di curva cumulata per ogni singolo mese possiamo ricavare la funzione di ripartizione del tipo

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{z/\sqrt{2}} e^{-x^2/2} dx \quad /4/$$

$$z = a x + b \quad /5/$$

$$z = a \log(x + x_0) + b \quad /6/$$

come eseguito per la declinazione (fig. 3, 4, 5, 6), limitatamente all'intervallo 1914 - 1955 e per le ragioni già dette nel capitolo precedente (bibl. 41 - 45).

Da questa curva è possibile costruire le curve di probabilità in modo semplice, partendo dai valori osservati, e cioè applicando la formula seguente

$$W(z) = 1 - P(z) \quad /7/$$

che dà le frequenze relative espresse in %. Ne furono ricavate le probabilità seguenti :

$W(z) = 0,1$	10 %
$W(z) = 0,25$	25 %
$W(z) = 0,50$	50 %
$W(z) = 0,75$	75 %
$W(z) = 1,0$	100 %

Per 100 % si intendono i valori minimi raggiunti dedotti dalle tabelle di frequenza (tab. VII).

Per rapporto alla declinazione si osserva (fig. 7) una punta massima nel mese di aprile eccettuato per i valori estremi (10 %) dalla curva di probabilità, ossia dopo l'equinozio di primavera, la curva però presenta una certa simmetria nell'anno.

Per le componenti orizzontale e verticale si nota un'asimmetria, la prima con valori massimi verso l'autunno, la seconda verso la primavera,

FIGURA 3 : *Declinazione. Intervallo 1914-1956 (anni 42). Curve di durata degli scarti diurni mensili. Gennaio, febbraio, marzo.*

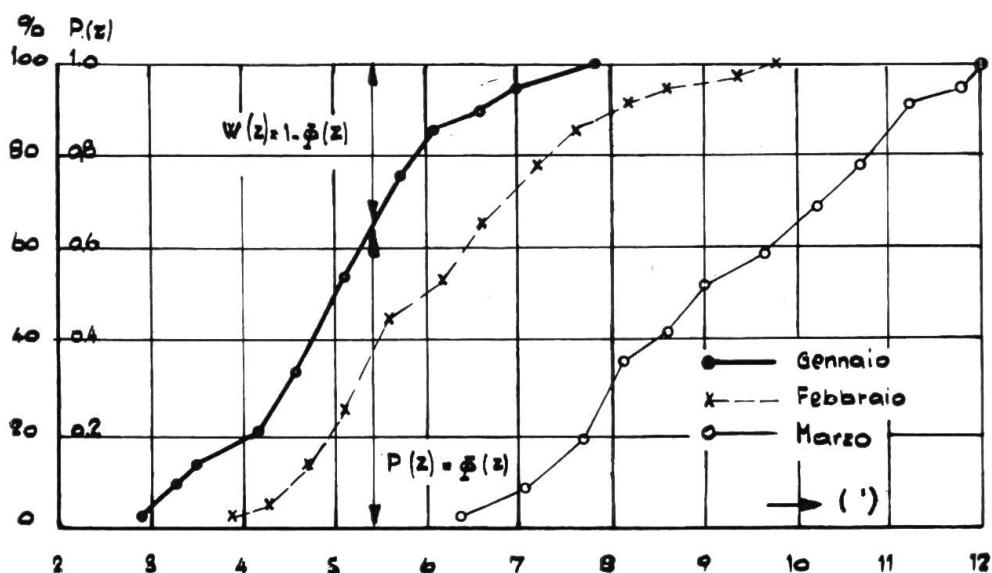


FIGURA 4 : *Declinazione. Intervallo 1914-1956 (anni 42). Curve di durata degli scarti diurni mensili. Aprile, maggio, giugno.*

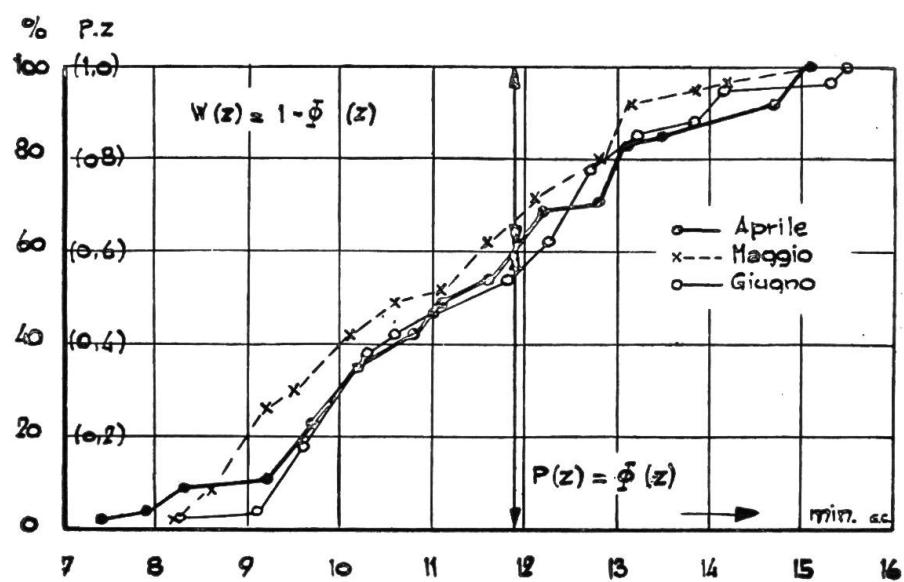


FIGURA 5 : Declinazione. Intervallo 1914-1956 (anni 42). Curve di durata degli scarti diurni mensili. Luglio, agosto, settembre.

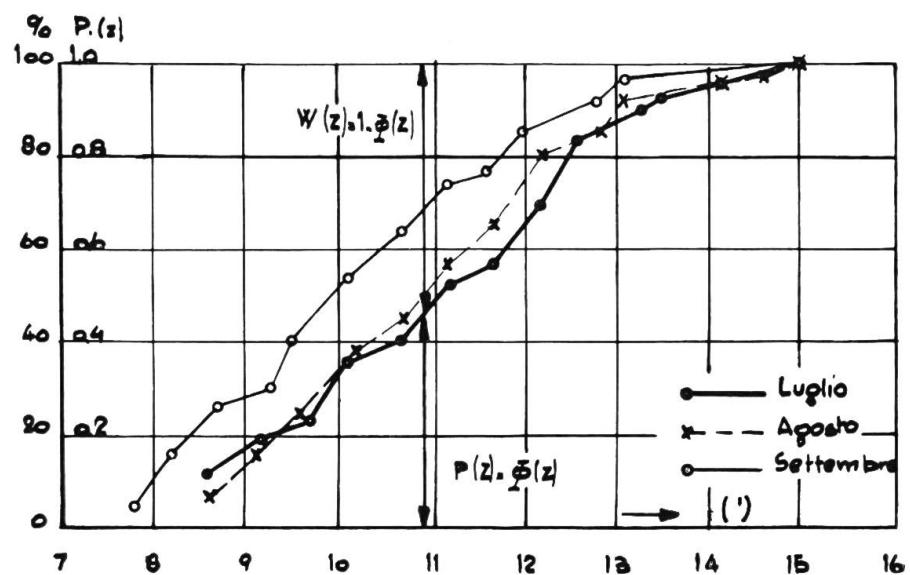


FIGURA 6 : Declinazione. Intervallo 1914-1956 (anni 42). Curve di durata degli scarti diurni mensili. Ottobre, novembre, dicembre.

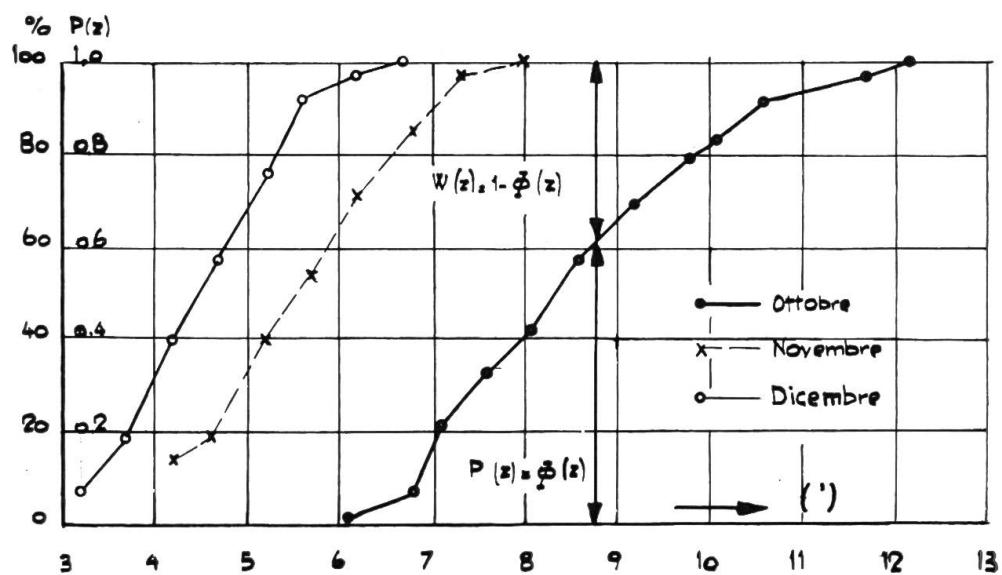


TABELLA VII

*Campo magnetico terrestre. Declinazione. Frequenze per mesi e per anno
dell'intervallo 1883 - 1955. Anni 73. Classe $\Delta = 0.5$ minuti*

Mesi → (°)	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
1.0- 1.5													1
1.5- 2.0													11 14
2.0- 2.5													14 17
2.5- 3.0	1												1
3.0- 3.5	3												
3.5- 4.0	2	1											
4.0- 4.5	12	3											11 15 41
4.5- 5.0	12	9											9 10 40
5.0- 5.5	13	10											14 12 49
5.5- 6.0	16	13											9 8 46
6.0- 6.5	6	7	1										1 10 2 27
6.5- 7.0	3	6											3 10 1 23
7.0- 7.5	4	10	4	1									10 8 37
7.5- 8.0	1	4	6	1									2 11 1 26
8.0- 8.5		5	11	2	1								7 8 1 35
8.5- 9.0		2	9		4	1	5	3	9	11			44
9.0- 9.5		1	7	5	12	1	7	7	5	7			52
9.5-10.0		2	3	6	3	10	5	4	10	6			49
10.0-10.5			7	9	9	14	9	13	6	7			74
10.5-11.0			6	8	5	5	6	7	11	5			53
11.0-11.5			11	5	5	7	8	10	6	1			53
11.5-12.0			4	4	6	6	7	7	4	2			40
12.0-12.5			3	8	7	6	6	8	5	1			44
12.5-13.0				6	5	9	7	3	5				35
13.0-13.5				6	9	5	7	6	2				35
13.5-14.0				1	3	2	2	3	1				12
14.0-14.5					1	3	3	1	1				9
14.5-15.0					3		1		2				6
15.0-15.5					5	1	1	2	1	1			11
15.5-16.0							2						2
16.0-16.5													
16.5-17.0						1							1
Totale	Σ	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	876

TABELLA VIII

*Campo magnetico terrestre. Componente orizzontale. Frequenze per mesi e per anno
dell'intervallo 1883 - 1955. Anni 73. Classe $\Delta = 2 \gamma$*

Mesi → γ	Gennaio	Febbraio	März	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
6 - 8	1												1 2
8 - 10	2	1											4 7
10 - 12	4	3										1 9	17
12 - 14	9	10	4									4 12	39
14 - 16	13	9	5		1							5 4	37
16 - 18	11	9	5	2	2					1	13	11	54
18 - 20	11	12	8	2	5						6	16	60
20 - 22	7	6	10	6	7	1	1			6	10	5	59
22 - 24	2	6	9	4	6	2			5	9	9	6	58
24 - 26	9	5	6	10	5	3	6	3	7	10	9	3	76
26 - 28	3	5	8	4	7	9	4	10	7	10	5	2	74
28 - 30	1	1	3	5	2	8	3	6	8	3	6		46
30 - 32	2	5	7	6	5	14	5	10	11	3			68
32 - 34		3	7	10	11	13	6	8	2				60
34 - 36	2	1	8	9	8	6	10	6	4	2			56
36 - 38		3	7	3	6	2	6	9	7				43
38 - 40	2	1	3	2	3	5	6		3				25
40 - 42		1	2	4	6	5	6	4	1				29
42 - 44			2	1	4	3	1	5	2				18
44 - 46				1	1	2	5	7	1	2			19
46 - 48		1	3	1		2	2	1	1				11
48 - 50				1	2		1						4
50 - 52					2	3	1	2					8
52 - 54					1		2		1				4
54 - 56													
56 - 58													
58 - 60													
60 - 62													
62 - 64													
64 - 66							1	1					2
Totali Σ	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	876

TABELLA IX

*Campo magnetico terrestre. Componente verticale. Frequenze per mesi e per anno
dell'intervallo 1883 - 1955. Anni 73. Classe $\Delta = 2 \gamma$*

Mesi → γ	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALE
4 - 6	5											2	7
6 - 8	15	4									2	14	35
8 - 10	15	13									10	17	55
10 - 12	19	8								1	12	17	57
12 - 14	10	15	2					1	1	7	16	12	64
14 - 16	5	12	8				1		4	14	16	7	67
16 - 18	1	6	3						15	9	11	3	48
18 - 20	2	7	11	1		4	4	13	7	15	5		69
20 - 22	1	4	9	4	2	5	13	10	11	12	1	1	73
22 - 24		2	8	6	3	11	11	11	12	5			69
24 - 26		2	7	8	5	7	11	13	11	5			69
26 - 28			11	10	13	15	10	6	4	2			71
28 - 30			5	13	8	14	4	6	2	3			55
30 - 32			3	9	10	4	6	8	3				43
32 - 34				7	11	2	6	1					27
34 - 36			2	3	6	4	3	2	1				21
36 - 38			1	3	3	1	1	2	1				12
38 - 40			1	5	1	3			1				11
40 - 42				3	7	3	3						16
42 - 44			1	1	2								4
44 - 46			1										1
46 - 48					2								2
48 - 50													
Totale	Σ	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	876

FIGURA 7 : Declinazione. Probabilità del 10 %, 25 %, 50 %, 75 % e 100 % che un evento mensile (scarto diurno) sia raggiunto o superato nell'intervallo 1883-1955.

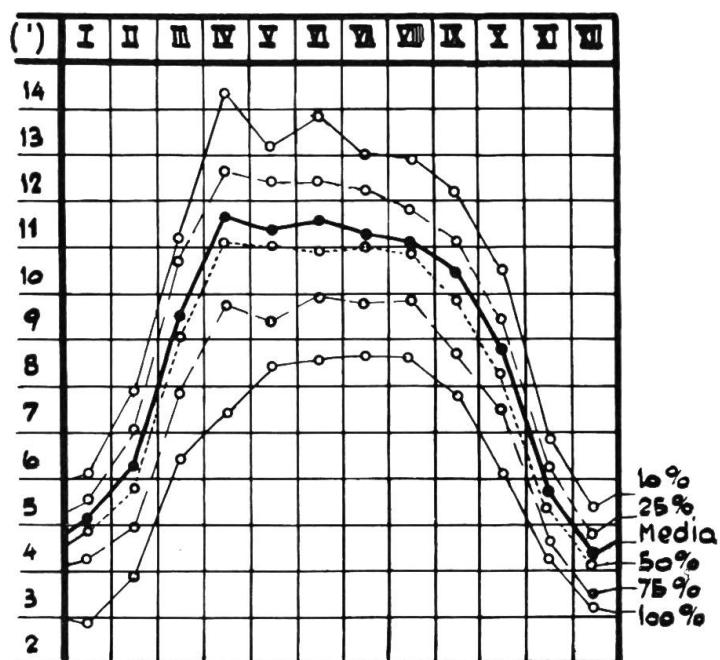


FIGURA 8 : Componente verticale. Probabilità del 10 %, 25 %, 50 %, 75 % e 100 % che un evento (scarto) mensile sia raggiunto o superato nell'intervallo 1914-1955.

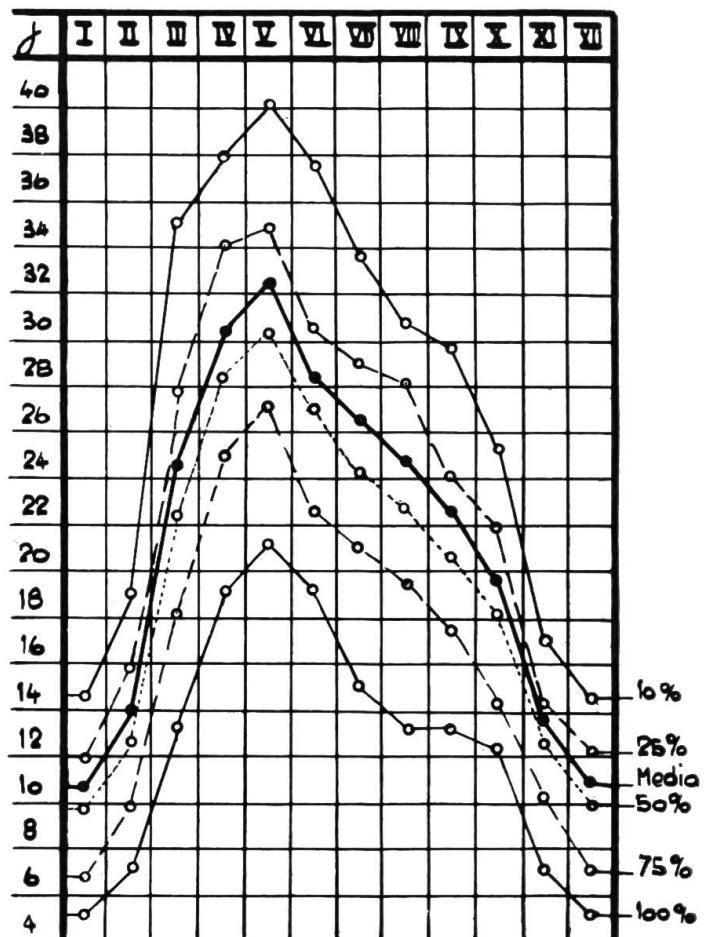
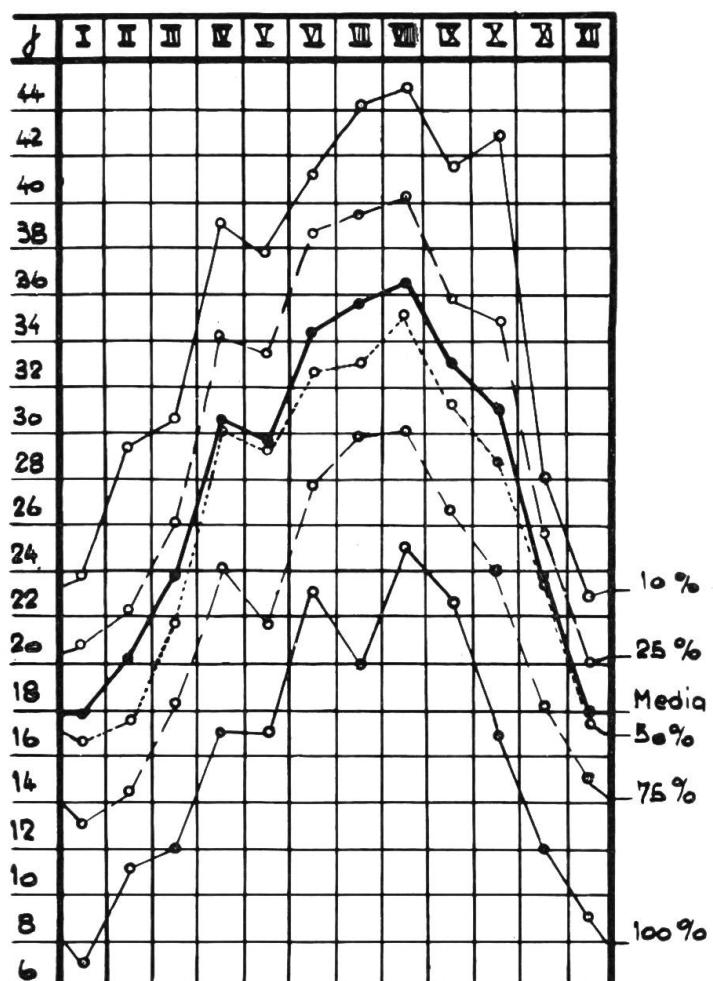


FIGURA 9 : Componente orizzontale. Probabilità del 10 %, 25 %, 50 %, 75 % e 100 % che un evento (scarto) mensile sia raggiunto o superato nell'intervallo 1914-1955.



ciò è attribuito alla posizione dell'asse di rotazione e dell'asse magnetico rispetto all'eclittica, riferita al luogo d'osservazione (fig. 1 e 2). I minimi sono sempre nei periodi invernali ed i massimi nei periodi estivi. Queste caratteristiche permangono anche per intervalli maggiori (1883 - 1955).

b) *Variazioni annuali*

Si sono volute analizzare le variazioni diurne per i diversi elementi presi quali medie annuali per il periodo 1883 - 1955 per rapporto alla ripartizione gaussiana, che si appoggia alle formule seguenti :

$$f(z) = \frac{n \Delta f}{\delta \sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} \quad /8/$$

$$v = \frac{\lambda}{\delta \sqrt{2}} \quad \Delta f = f_i - f_{i+1}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (f - f_m)^2}{n-1}} = \text{dispersione} \quad /9/$$

Δf = classe

n = numero delle osservazioni

f_m = anno medio

I coefficienti adottati e calcolati sono contenuti nella tabella seguente e valgono tutti per l'intervallo 1883 - 1955.

TABELLA X

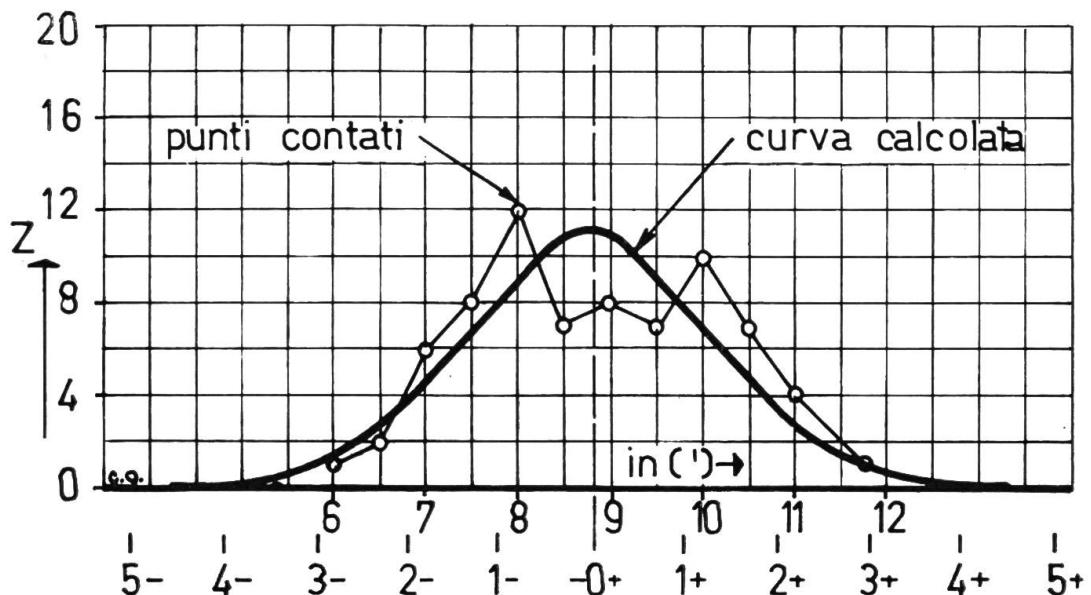
*Valore della media, della dispersione, della classe,
per il calcolo della curva gaussiana*

	n	f_m	$\pm \delta$	Δf	misura
Declinazione media annua	73	8.81	1.325	0.5	(')
Declinazione gennaio	73	5.17	1.025	0.5	(')
Componente orizzontale	73	26.22	5.845	2	γ
Componente verticale	73	19.36	4.422	2	γ

Per la declinazione si è ottenuta la formula seguente :

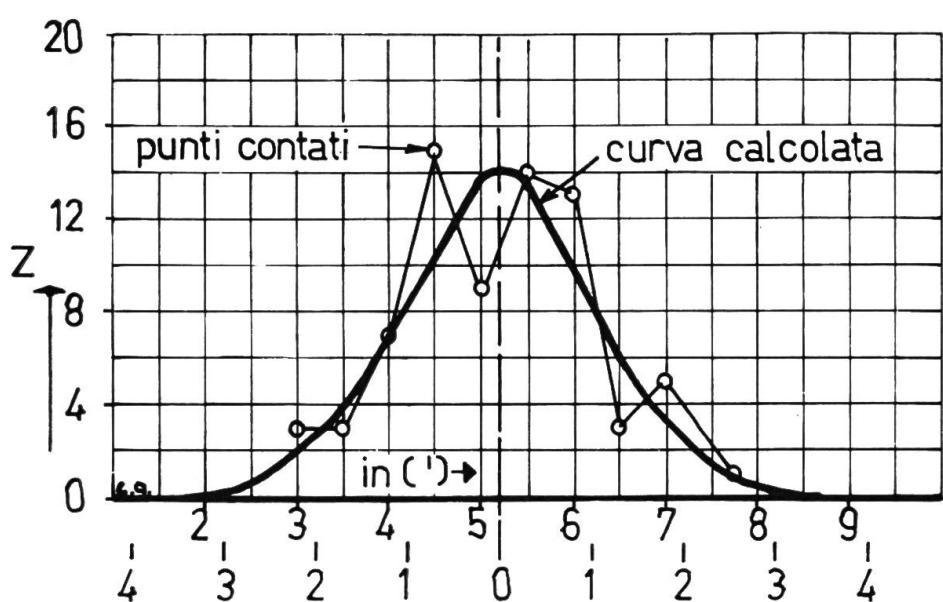
$$z = 19.48 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} \quad \text{serie media annua (fig. 10)} \quad /10/$$

FIGURA 10 : Curva di ripartizione normale di Gauss per la serie della media annua degli scarti della declinazione. Intervallo 1883 - 1955.



$$z = 25.179 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} \quad \text{per serie del mese di gennaio (fig. 11) /11/}$$

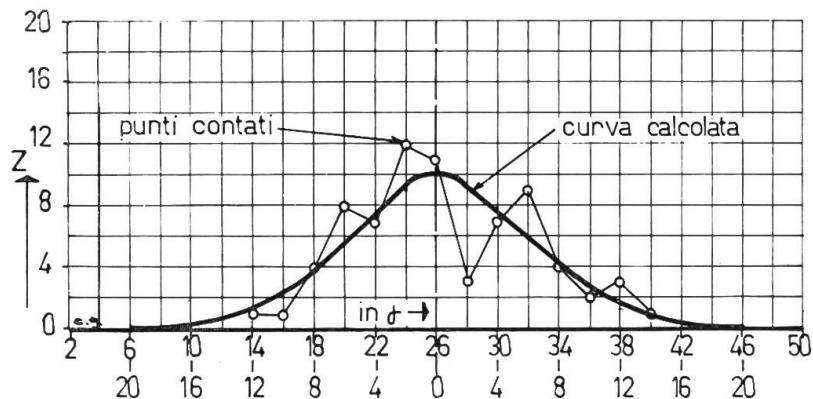
FIGURA 11 : Curva di ripartizione normale di Gauss per la serie del mese di gennaio degli scarti della declinazione. Intervallo 1883 - 1954.



Per la componente orizzontale (fig. 12) :

$$z = 17.66 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} \quad /12/$$

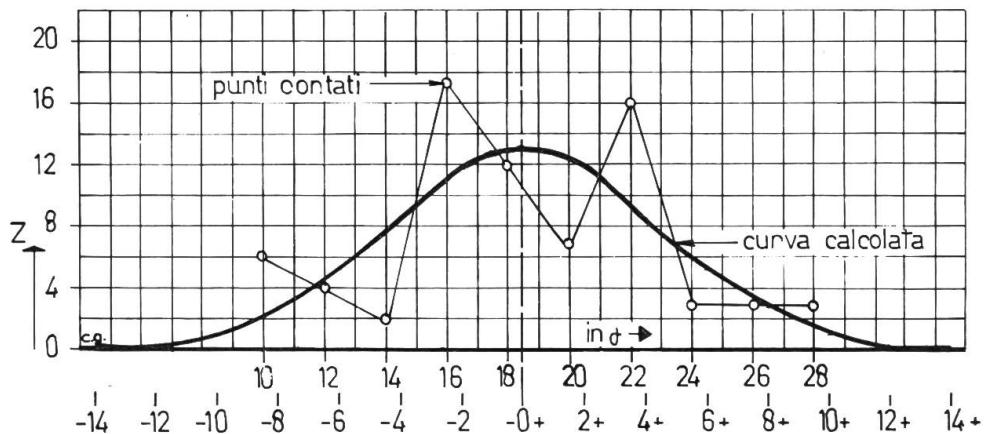
FIGURA 12 : *Curva di ripartizione normale di Gauss per la media annua degli scarti della componente orizzontale. Intervallo 1883 - 1955.*



Per la componente verticale (fig. 13) :

$$z = 23.347 \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-v^2} \quad /13/$$

FIGURA 13 : *Curva di ripartizione normale di Gauss per la media annua degli scarti della componente verticale. Intervallo 1883 - 1955.*



c) *Variazioni annuali*

Per queste variazioni riferite alle serie cronologiche si rimanda al capitolo seguente (V) illustrante le periodicità.

d) *Variazioni secolari*

Come è noto, le diverse componenti del campo magnetico terrestre variano secondo un andamento che supera il periodo della vita umana, perciò difficilmente seguibili con la propria esperienza. Questa variazione è chiamata variazione secolare.

Esaminando i diversi aspetti possiamo dire per i singoli elementi quanto segue :

Declinazione

La variazione secolare della declinazione ha un andamento complicato, malgrado che essa sia regolare da un anno all'altro.

Inclinazione

La variazione dell'inclinazione è molto meno regolare di quella della declinazione. Probabilmente dipende dal modo con cui l'elemento viene determinato. L'inclinazione è calcolata ad ogni ora per rapporto ai valori di Z e H rilevati dalle curve del registratore, i quali non danno altro che le variazioni. Per dedurre i valori assoluti ci si serve della determinazione diretta di H e di I fatta più volte al mese : se ne deduce per queste epoche i valori di Z confrontati con le indicazioni del registratore. I valori orari di I sono dunque il risultato di una lunga serie di osservazioni e di calcoli che diminuisce necessariamente di molto la precisione dei risultati ottenuti.

Componente orizzontale

La componente orizzontale è in costante aumento dal 1884 al 1907, mentre quella della declinazione era in diminuzione. Essa aumenta parallelamente alla *componente Nord*, quando dunque la declinazione diminuisce.

Componente Ovest

La variazione della declinazione ha un'influenza preponderante in quella della componente Ovest. Essa è in diminuzione dunque come la declinazione.

Componente verticale e forza totale

Questi due elementi possono essere considerati assieme con il rapporto $Z/F = \sin I$. Le irregolarità sono soprattutto attribuite alle incertezze provenienti dal modo di calcolo di Z e di F . Infatti esse sono calcolate con le formule /2/ e /3/ e da esse derivate.

Fu messa in evidenza una variazione regolare della declinazione con un minimo circa nel 1580 ed un massimo nel 1816 che indicherebbero una periodicità circa di 470 a 480 anni.

Le osservazioni di Londra hanno indicato uno stesso periodo di 476 anni, valore praticamente uguale a quello di Parigi.

Per orientazione possiamo dire che fu trovata una periodicità di circa 435 anni anche nelle serie delle macchie solari ricavate con l'analisi periodale, però tale periodo è approssimativo, data l'esiguità dell'intervallo (bibl. 43). D'altra parte il periodo di 480 anni trovato nel campo magnetico terrestre potrebbe essere la sovrapposizione di un periodo più corto, 430 anni, e più lungo, 520 anni.

Si ritornerà con un altro studio su questo problema.

V. ESAME DELLE PERIODICITA'

Non si vuol entrare nella discussione delle periodicità in genere, poichè trattate ampiamente in diversi altri scritti (bibl. 39 - 40).

L'analisi delle serie pluviometriche, termometriche, barometriche, dei deflussi, dell'ozono atmosferico, ha permesso di precisare che tutte le serie sono scindibili in onde elementari del tipo

$$P_2 - P_3 - P_{4.0} - P_{5.6} - P_8 - P_{11.2} - P_{22}$$

analizzate con il metodo proposto da Vercelli e Labrouste, secondo la formula seguente :

$$y = A_0 + \sum_i^n A_i \sin \frac{2\pi}{T_i} (t + a_i) \quad /14/$$

Per queste analisi furono mantenuti gli stessi filtri come per le serie della temperatura e serie pluviometriche, ecc. (bibl. 41).

Le serie del campo magnetico terrestre, come già accennato, rivestono una non indifferente importanza per il fatto che certe variazioni dipendono direttamente dal sole e con ciò più facilmente determinabili le correlazioni risultanti dalla posizione della terra nella sua orbita, perciò le serie annuali dei mesi possono essere ricondotte alle posizioni eliocentriche rispettive.

Il complesso delle serie trattate è contenuto nella tab. VI, alla quale si rimanda per le descrizioni. Interessa maggiormente stabilire relazioni di periodicità, sfasamenti e diversi rapporti d'ampiezza per ogni genere di serie, per poterne generalizzare le caratteristiche valevoli in certi limiti di osservazione.

Non si è voluto riportare il dettaglio delle analisi per non sovraccaricare il presente elaborato. Le tabelle che seguono, Nri. XI a XXIX, danno il risultato delle periodicità trovate, le ampiezze massime di ogni periodicità e le ampiezze medie, come pure i rapporti $P_{11.2}/P$. Le tab. XVIII - XXIX riassuntive danno la media dei valori per le serie dello stesso grado.

L'onda P_{16} riportata è sempre tralasciata o considerata inesistente, poichè nel calcolo del resto, ossia nella somma delle onde meno l'andamento originale, si è sempre rivelata superflua e d'altra parte è irregolare e con lunghezza d'onda variabile; fu riportata poichè diversi autori la riconoscono come realmente esistente, ciò che finora si è accertato solo in pochissime analisi.

L'onda P_{22} risultante dal calcolo dev'essere presa al 50 % poichè contenuta nell'asse medio anche per il calcolo del resto e la P_{35} è solo indicativa, contenuta pure essa nell'andamento dell'asse medio. Si rimanda per la conferma alle fig. 14 a 17 rappresentanti serie tipiche di questi andamenti.

TABELLA XI

Risultati dell'analisi periodale della serie degli scarti della declinazione media annua dal (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		Ampiezza media		Amp. mass. Amp. media
	(')	P 11.2/P	(')	P 11.2/P	
2	0.40	8.62	0.28	10.00	1.42
3	0.80	4.31	0.80	3.52	1.00
4.1	0.60	5.75	0.60	4.70	1.00
5.6	2.42	1.42	1.12	2.51	2.16
8.3	1.88	1.83	1.36	2.07	1.38
11.2	3.45	1.00	2.82	1.00	1.22
16 *	0.99	3.48	0.85	3.31	1.16
22 **	0.94	3.67	0.73	3.86	1.28
35 *	1.00	3.45	0.90	3.13	1.11

$$2 \sum A = 10.02$$

* non conteggiate

** non ridotta del 50 % (0.47) per il calcolo di A

TABELLA XII

Risultati dell'analisi periodale per la serie della media annua degli scarti diurni mensili della componente orizzontale (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		Ampiezza media		Amp. mass. Amp. media
	γ	P 11.2/P	γ	P 11.2/P	
2	3.80	2.90	1.79	5.50	2.12
3	4.80	2.30	2.39	4.12	2.00
4.1	6.30	1.75	2.72	3.62	2.31
5.6	5.28	2.09	3.21	3.06	1.64
8.3	7.10	1.55	6.29	1.56	1.12
11.2	11.04	1.00	9.85	1.00	1.12
16 *	4.40	2.50	3.03	3.25	1.45
22 **	4.30	2.56	2.59	3.80	1.66
35 *	4.10	2.69	2.76	3.56	1.51

$$2 \sum A = 40.47$$

* non conteggiate nel resto

** non ridotta del 50 % (2.15) per il calcolo di A

TABELLA XIII

Risultati dell'analisi periodale per la serie degli scarti diurni di Marzo della componente verticale (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		Ampiezza media		Amp. mass.
	γ	$P_{11.2}/P$	γ	$P_{11.2}/P$	
2	5.20	1.68	1.88	4.12	2.76
3	8.90	0.98	4.90	1.58	1.81
4.1	5.80	1.50	3.47	2.23	1.67
5.6	12.10	0.72	5.76	1.34	2.10
8.3	7.25	1.20	4.95	1.56	1.46
11.2	8.74	1.00	7.76	1.00	1.12
16 *	3.85	2.27	3.01	2.57	1.27
22 **	3.57	2.44	4.30	1.80	0.31
35 *	5.40	1.61	—	—	—

* non calcolate nel resto

** non ridotta del 50 %

TABELLA XIV

Risultati dell'analisi periodale per la serie degli scarti diurni di Giugno della componente verticale (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza media		Ampiezza massima		Amp. mass.
	γ	$P_{11.2}/P$	γ	$P_{11.2}/P$	
2	4.70	2.15	1.74	5.44	2.70
3	6.80	1.48	2.89	3.27	2.35
4.1	3.50	2.89	1.82	5.20	1.92
5.6	6.60	1.53	3.58	2.64	1.84
8.3	5.07	1.99	3.65	2.59	1.38
11.2	10.12	1.00	9.47	1.00	1.06
16 *	3.30	3.06	1.84	5.14	1.79
22 **	5.25	1.92	—	—	—
35 *	4.50	2.24	—	—	—

* non calcolate nel resto

** non ridotta del 50 %

TABELLA XV

Risultati dell'analisi periodale per la serie degli scarti diurni di Gennaio della componente orizzontale (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P_1$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		ampiezza media		Amp. mass. Amp. media
	γ	$P_{11.2}/P_1$	γ	$P_{11.2}/P_1$	
2	6.0	1.3	2.6	2.7	2.3
3	5.2	1.5	2.9	2.4	1.7
4.1	5.0	1.6	2.6	2.7	1.9
5.6	5.7	1.4	2.8	2.5	2.0
8.3	5.8	1.3	4.6	1.5	1.2
11.2	8.0	1.0	7.1	1.0	1.1
16 *	2.4	3.3	1.6	4.4	1.5
22 **	3.1	2.5	1.8	3.9	1.7
35 *	2.7	2.9	1.8	3.9	1.5

* non considerate nel resto

** non ridotta del 50%

TABELLA XVI

Risultati dell'analisi periodale per la serie annuale del 3 di Gennaio ore 12.00, della componente verticale (1915 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P_1$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		Ampiezza media		Amp. mass. Amp. media
	γ	$P_{11.2}/P_1$	γ	$P_{11.2}/P_1$	
2	42.0	3.1	17.5	6.5	2.4
3	48.0	2.7	31.6	3.6	1.5
4.1	63.0	2.0	36.5	3.1	1.7
5.6	72.6	1.8	44.6	2.5	1.6
8.3	91.3	1.4	60.9	1.8	1.4
11.2	132.2	1.0	113.8	1.0	1.1
16 *	121.0	1.0	—	—	—
22 **	102.9	1.2	—	—	—
35 *	80.0	1.6	—	—	—

* non considerate nel resto

** non ridotta del 50%

TABELLA XVII

Risultati dell'analisi periodale per la serie degli scarti diurni di Gennaio della declinazione (1883 - 1955). Periodi trovati. Ampiezza massima e ampiezza media dell'intervallo. Rapporto $P_{11.2}/P$ e rapporto tra ampiezza massima e media.

Periodi trovati in anni	Ampiezza massima		Ampiezza media		Amp. mass. Amp. media
	(')	$P_{11.2}/P$	(')	$P_{11.2}/P$	
2	1.00	2.30	0.57	2.82	1.75
3	1.00	2.30	0.82	1.96	1.21
4.1	1.30	1.76	0.65	2.47	2.00
5.6	1.32	1.74	0.66	2.43	2.00
8	1.88	1.22	1.04	1.54	1.80
11.2	2.30	1.00	1.61	1.00	1.42
16 *	0.77	2.98	0.69	2.33	1.11
22 **	0.73	3.15	0.59	2.72	1.23
35 *	0.70	3.28	0.53	3.03	1.32

$$2 \quad \Sigma A = 9.17$$

* non considerate nel resto

** non ridotta del 50 % (0.37)

TABELLA XVIII

Declinazione. Rapporto tra $\frac{\text{amp. mass.}}{\text{amp. media}}$ dei singoli periodi per gennaio I, aprile IV, luglio VII, ottobre X e media

Periodi trovati in anni	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	1.75	2.50	1.73	2.55	2.13
3	1.21	1.86	1.76	1.85	1.67
4.1	2.00	2.35	2.61	1.69	2.16
5.6	2.00	1.60	1.76	1.48	1.71
8.3	1.80	1.68	1.82	1.29	1.64
11.2	1.42	1.16	1.08	1.13	1.19
16 *	1.11	1.22	1.83	1.19	1.33
22	1.23	1.36	1.60	1.55	1.43
35	1.32	0.93	1.30	1.51	1.26

* solo indicativa

TABELLA XIX

Declinazione (1883-1955). Rapporto $P_{11.2}/P$ dell'ampiezza massima trovata per i mesi di gennaio, aprile, luglio, ottobre e media

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	2.30	2.95	2.87	2.58	2.68
3	2.30	2.95	2.30	2.38	2.48
4.1	1.76	2.58	2.02	2.57	2.23
5.6	1.74	2.09	1.56	2.81	2.05
8.3	1.22	1.42	1.48	1.42	1.38
11.2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16 **	2.98	2.50	1.84	3.13	2.61
22 *	3.15	3.04	2.05	2.69	2.73
35 *	3.28	5.17	2.02	3.10	3.39

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XX

Declinazione (1883-1955). Rapporto $P_{11.2}/P$ dell'ampiezza media trovata per i mesi di gennaio, aprile, luglio, ottobre e media

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	2.82	6.35	4.60	5.78	4.88
3	1.96	4.74	3.74	3.88	3.58
4.1	2.47	5.23	4.89	3.83	4.10
5.6	2.43	2.89	2.54	3.67	2.88
8.3	1.54	2.06	2.50	1.61	1.92
11.2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16 **	2.33	2.63	3.11	3.27	2.83
22 *	2.72	3.56	3.02	3.67	3.24
35 *	3.03	4.13	2.44	4.12	3.43

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XXI

Componente verticale (1883-1955). Ampiezza massima $P_{11.2}/P$. Tutti i mesi e media.

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ n
2	1.45	2.13	1.68	2.73	2.68	2.15	2.95	1.07	1.37	1.23	1.46	1.72	1.88
3	1.29	1.11	0.98	1.60	2.62	1.48	2.10	1.54	1.26	1.10	1.51	1.38	1.49
4.1	1.09	2.09	1.50	1.86	1.80	2.89	1.62	1.81	1.41	1.26	1.32	1.22	1.65
5.6	1.00	2.42	0.72	2.11	4.62	1.53	2.36	1.02	1.19	1.59	2.00	1.56	1.84
8.3	1.43	2.69	1.20	1.73	2.38	1.99	2.03	1.12	1.98	1.67	1.52	1.81	1.79
11.2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16 **	2.09	2.09	2.27	2.64	3.04	3.06	2.02	1.86	2.09	2.39	3.00	5.01	2.63
22 *	—	2.23	2.44	2.60	2.55	1.92	1.62	1.63	1.48	2.07	1.99	3.51	2.18
35 *	—	3.00	1.61	3.00	3.55	2.24	1.73	1.74	1.64	1.97	2.20	2.76	2.31

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XXII

Componente verticale (1883 - 1955). Ampiezza media $P_{11.2}/P$. Tutti i mesi e media.

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ n
2	2.03	4.36	4.12	5.35	6.01	5.44	5.53	2.69	2.57	2.92	2.93	3.00	3.91
3	1.78	1.90	1.58	2.27	4.21	3.27	3.30	2.43	2.05	2.01	2.34	2.00	2.42
4.1	1.41	2.95	2.23	2.59	3.36	5.20	3.54	2.84	1.87	1.71	2.58	1.64	2.66
5.6	1.46	3.25	1.34	2.60	3.57	2.64	4.07	1.89	1.95	2.11	2.38	2.72	2.49
8.3	1.39	1.93	1.56	2.55	2.46	2.59	2.48	1.58	1.67	2.56	1.99	1.92	2.05
11.2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16 **	—	1.72	2.57	3.15	3.20	5.14	2.66	2.98	2.30	3.01	2.83	4.68	3.11
22 *	—	2.19	1.80	4.08	2.88	—	—	—	—	2.38	2.02	2.71	2.58
35 *	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.98	2.98

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XXIII

Componente verticale (1883 - 1955). $\frac{\text{Amp. mass.}}{\text{amp. media}}$ *Tutti i mesi e media.*

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ n
2	1.47	3.02	2.76	2.41	2.81	2.70	2.28	2.86	2.38	2.77	2.23	2.33	2.50
3	1.65	2.51	1.81	1.74	2.01	2.35	1.91	1.79	2.06	2.13	1.73	1.94	1.96
4.1	1.53	2.08	1.67	1.93	2.34	1.92	2.64	1.79	1.67	1.59	2.18	1.80	1.92
5.6	1.76	1.48	2.10	1.51	0.97	1.84	2.10	2.11	2.07	1.55	1.33	2.33	1.76
8.3	1.15	1.05	1.46	1.81	1.30	1.38	1.48	1.61	1.07	1.79	1.46	1.42	1.41
11.2	1.19	1.47	1.12	1.23	1.25	1.06	1.21	1.14	1.26	1.17	1.11	1.33	1.21
16 *	—	1.21	1.27	1.47	1.32	1.79	1.60	1.82	1.39	1.47	1.05	1.25	1.42
22	—	1.44	0.31	1.92	1.41	—	—	—	—	—	1.13	1.03	1.20
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.44 (1.44)

* solo indicativa

TABELLA XXIV

*Componente orizzontale (1883-1955). Rapporto tra $\frac{\text{amp. mass.}}{\text{amp. media}}$
dei singoli periodi per gennaio, aprile, luglio, ottobre e media*

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	2.3	2.1	3.7	1.8	2.4
3	1.7	2.2	1.9	2.8	2.1
4.1	1.9	2.2	1.8	2.4	2.0
5.6	2.0	1.6	2.1	2.6	2.0
8.3	1.2	1.1	1.6	1.1	1.2
11.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.2
16 *	1.5	2.2	1.3	1.0	1.5
22	1.7	1.7	1.7	1.0	1.5
35	1.5	1.6	1.4	—	1.5

* solo indicativa

TABELLA XXV

*Componente orizzontale (1883 - 1955). Rapporto $P_{11.2}/P$
dell'ampiezza massima trovata per i mesi di gennaio, aprile,
luglio, ottobre e media*

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	1.3	2.3	1.3	4.0	2.2
3	1.5	1.2	1.7	1.9	1.5
4.1	1.6	1.2	1.6	2.0	1.6
5.6	1.4	1.6	1.1	1.2	1.3
8.3	1.3	1.6	1.2	1.7	1.4
11.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16 **	3.3	1.4	2.6	3.2	2.6
22 *	2.5	2.1	2.1	2.1	2.2
35 *	2.9	2.6	2.3	2.2	2.5

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XXVI

*Componente orizzontale (1883 - 1955). Rapporto $P_{11.2}/P$
dell'ampiezza media trovata per i mesi di gennaio, aprile,
luglio, ottobre e media*

<i>Periodi trovati in anni</i>	I	IV	VII	X	$\frac{\Sigma}{4}$
2	2.7	3.7	4.0	5.8	4.0
3	2.4	2.0	2.8	4.4	2.9
4.1	2.7	2.0	2.5	3.8	2.7
5.6	2.5	2.0	2.1	2.5	2.2
8.3	1.5	1.3	1.7	1.5	1.5
11.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16 **	4.4	2.2	3.0	2.5	3.0
22 *	3.9	1.7	3.0	1.8	2.6
35 *	3.9	1.6	2.7	—	2.7

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

TABELLA XXVII

Componente verticale (1915 - 1955). Ampiezza media P_{11.2}/P. Serie del giorno e dell'ora

Periodi trovati in anni	3 genn. ore 12.00	3 aprile ore 12.00	3 luglio ore 12.00	3 ottobre ore 12.00	Media	3 genn. ore 24.00	3 aprile ore 24.00	3 luglio ore 24.00	3 ottobre ore 24.00	Media	Media totale
2	6.5	4.6	3.0	3.9	4.5	6.2	4.7	3.9	4.1	4.7	4.6
3	3.6	3.2	1.7	2.5	2.7	3.7	5.5	2.3	2.5	3.5	3.1
4.1	3.1	2.1	1.7	1.6	2.1	2.7	2.5	3.4	1.6	2.5	2.3
5.6	2.5	1.5	1.5	1.6	1.7	2.4	2.1	2.3	1.5	2.0	1.9
8.3	1.8	1.6	1.0	1.7	1.5	1.9	2.3	1.5	2.3	2.0	1.7
11.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16 **	—	0.6	0.4	—	0.5	—	—	—	—	—	0.5
22 *	—	0.6	0.4	—	0.5	—	—	—	—	—	0.5
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

** solo indicativa

* valori non ridotti del 50 %

TABELLA XXVIII

Componente verticale (1915 - 1955). $\frac{\text{Ampiezza massima}}{\text{Ampiezza media}}$ *Serie del giorno e dell'ora.*

<i>Periodi trovati in anni</i>	<i>3 genn. ore 12.00</i>	<i>3 aprile ore 12.00</i>	<i>3 luglio ore 12.00</i>	<i>3 ottobre ore 12.00</i>	<i>Media</i>	<i>3 genn. ore 24.00</i>	<i>3 aprile ore 24.00</i>	<i>3 luglio ore 24.00</i>	<i>3 ottobre ore 24.00</i>	<i>Media</i>	<i>Media totale</i>
2	2.4	2.2	2.0	1.6	2.0	2.4	1.8	2.1	1.5	1.9	2.0
3	1.5	1.9	2.4	1.6	1.8	1.3	2.1	2.0	1.3	1.6	1.7
4.1	1.7	1.7	1.7	1.4	1.6	1.5	1.5	1.9	1.2	1.5	1.5
5.6	1.6	1.4	1.4	1.7	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4
8.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.2	1.5	1.7	1.4	1.4
11.2	1.1	1.6	1.8	1.1	1.4	1.1	1.0	1.2	—	1.1	1.1
16 *	—	1.2	1.2	—	1.2	—	—	—	—	—	1.2
22	—	1.4	1.5	—	1.4	—	—	—	—	—	1.4
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* solo indicativa

TABELLA XXIX

Componente verticale (1915 - 1955). Ampiezza massima $P_{11.2}$ /P. Serie del giorno e dell'ora.

Periodi trovati in anni	3 genn. ore 12.00	3 aprile ore 12.00	3 luglio ore 12.00	3 ottobre ore 12.00	Media	3 genn. ore 24.00	3 aprile ore 24.00	3 luglio ore 24.00	3 ottobre ore 24.00	Media		Media totale
2	3.1	3.2	2.8	2.7	2.9	2.8	2.8	2.6	2.6	2.7		2.8
3	2.7	2.6	1.3	1.8	2.1	3.2	2.8	1.5	1.8	2.3		2.2
4.1	2.0	2.0	1.8	1.3	1.7	2.0	1.7	2.1	1.3	1.7		1.7
5.6	1.8	1.7	1.9	1.1	1.6	1.7	1.6	1.9	1.0	1.5		1.5
8.3	1.4	1.8	1.3	1.3	1.4	1.4	2.0	1.1	1.3	1.4		1.4
11.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0
16 **	1.0	0.8	0.7	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8		0.8
22 *	1.2	0.7	0.6	1.0	0.8	1.5	1.1	1.0	1.0	1.1		1.0
35 *	1.6	0.9	0.7	1.4	1.1	1.7	1.5	1.6	1.2	1.5		1.3

* valori non ridotti del 50 %

** solo indicativa

FIGURA 14 : *Analisi periodale della serie della declinazione media annua (1883-1955) degli scarti diurni mensili :*

- 1) *Andamento originale (A.O.)*
- 2) *Asse medio (A.M.)*
- 3) *Periodicità prossima a 22 anni*
- 4) *Periodicità prossima a 11.2 anni*
- 5) *Periodicità prossima a 8.3 anni*
- 6) *Periodicità prossima a 5.6 anni*
- 7) *Periodicità prossima a 4.0 anni*
- 8) *Periodicità prossima a 3.0 anni*
- 9) *Periodicità prossima a 2.0 anni*
- 10) *Resto (R) differenza tra l'andamento generale e la sintesi delle onde.*

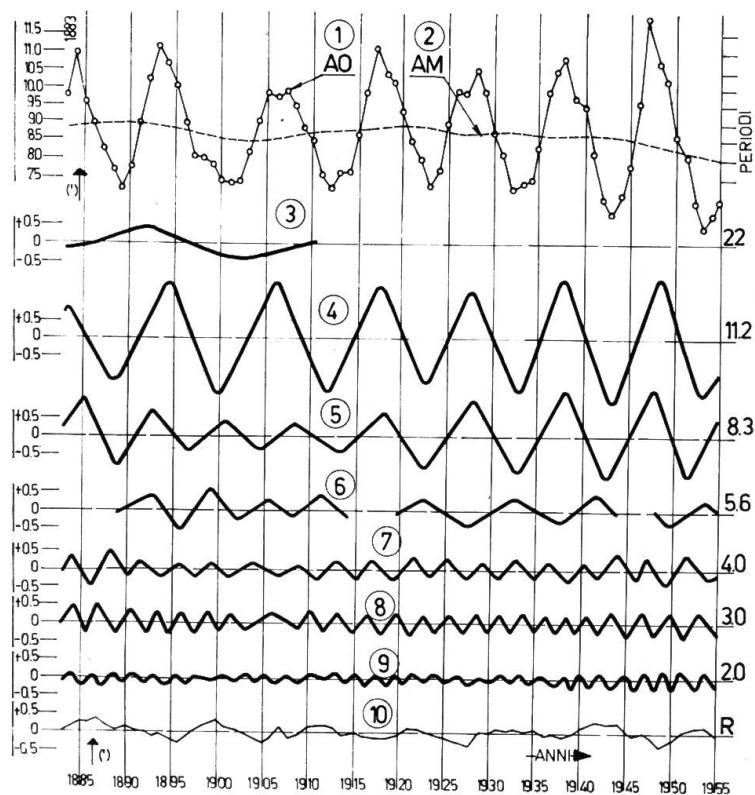


FIGURA 15 : *Analisi periodale della serie degli scarti diurni di gennaio (1883 -*

1955), della declinazione :

- 1) *Andamento originale (A.O.)*
- 2) *Asse medio (A.M.)*
- 3) *Periodicità prossima a 22 anni*
- 4) *Periodicità prossima a 11.2 anni*
- 5) *Periodicità prossima a 8.3 anni*
- 6) *Periodicità prossima a 5.6 anni*
- 7) *Periodicità prossima a 4.0 anni*
- 8) *Periodicità prossima a 3.0 anni*
- 9) *Periodicità prossima a 2.0 anni*
- 10) *Resto (R) differenza tra l'andamento generale e la sintesi delle onde.*

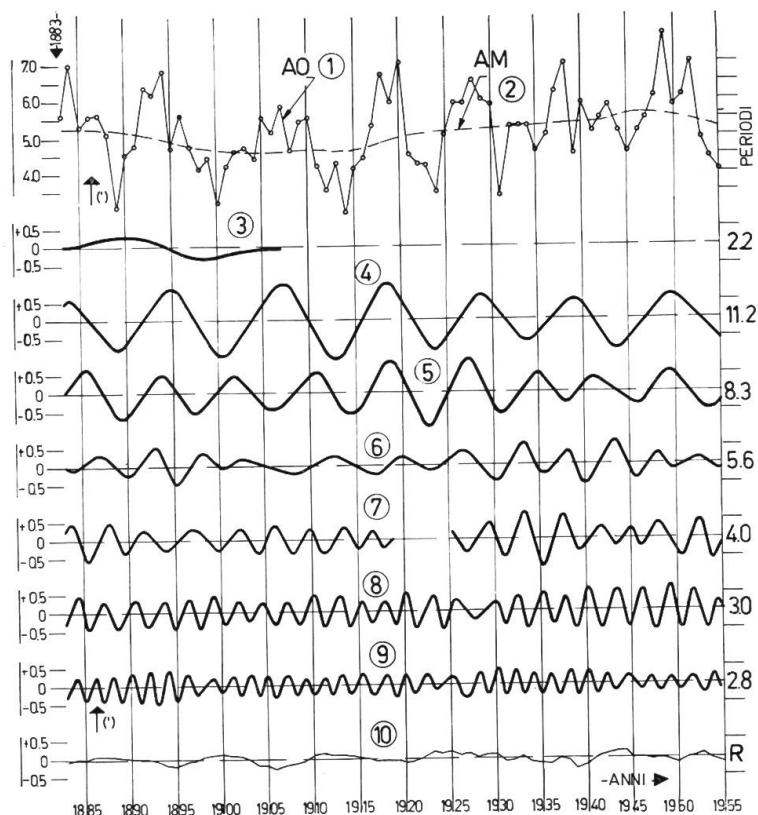


FIGURA 16 : Analisi periodale della serie annua della componente verticale, registrata il 3 luglio alle ore 12.00 (1915 - 1955) :

- 1) Asse medio (A.M.)
- 2) Andamento originale (A.O.)
- 3) Periodicità prossima a 22 anni
- 4) Periodicità prossima a 11.2 anni
- 5) Periodicità prossima a 8.3 anni
- 6) Periodicità prossima a 5.6 anni
- 7) Periodicità prossima a 4.0 anni
- 8) Periodicità prossima a 3.0 anni
- 9) Periodicità prossima a 2.0 anni
- 10) Resto (R) differenza tra l'andamento generale e la sintesi delle onde.

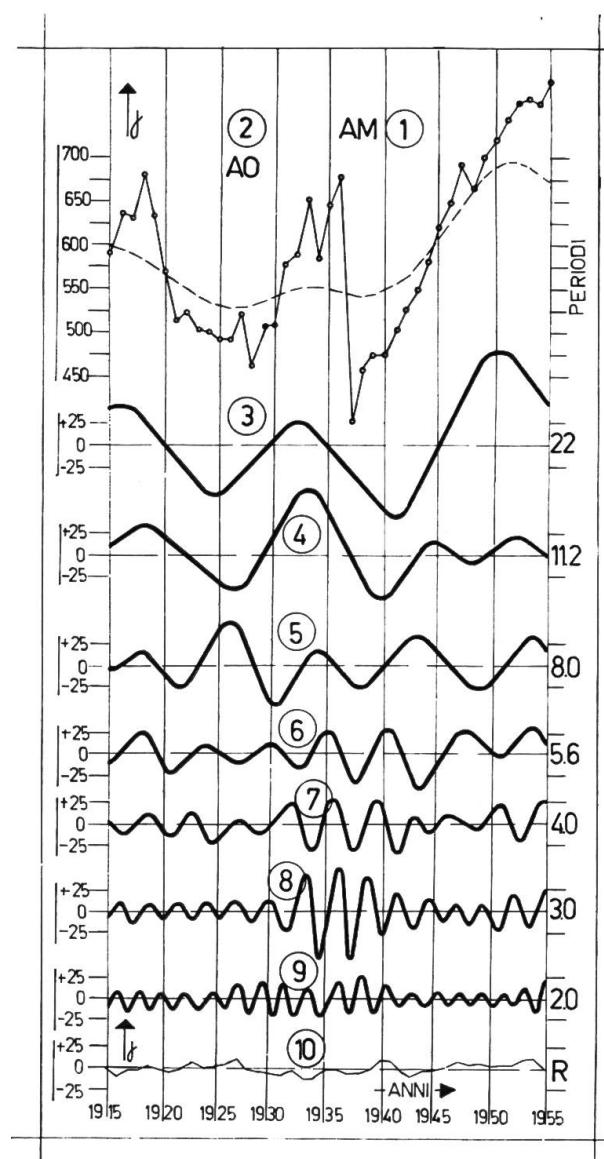


FIGURA 17 : Analisi periodale della serie annua della componente verticale media

del 3 aprile (1915 - 1955) :

- 1) Asse medio (A.M.)
- 2) Andamento originale (A.O.)
- 3) Periodicità prossima a 22 anni
- 4) Periodicità prossima a 11.2 anni
- 5) Periodicità prossima a 8.3 anni
- 6) Periodicità prossima a 5.6 anni
- 7) Periodicità prossima a 4.0 anni
- 8) Periodicità prossima a 3.0 anni
- 9) Periodicità prossima a 2.0 anni
- 10) Resto (R) differenza tra l'andamento generale e la sintesi delle onde.

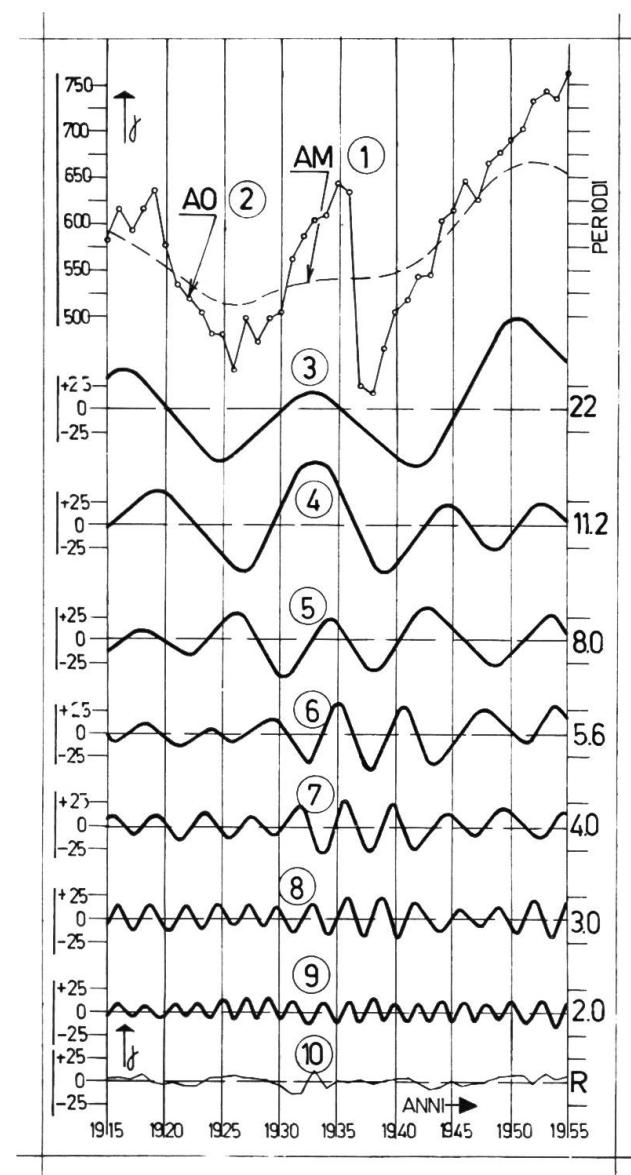
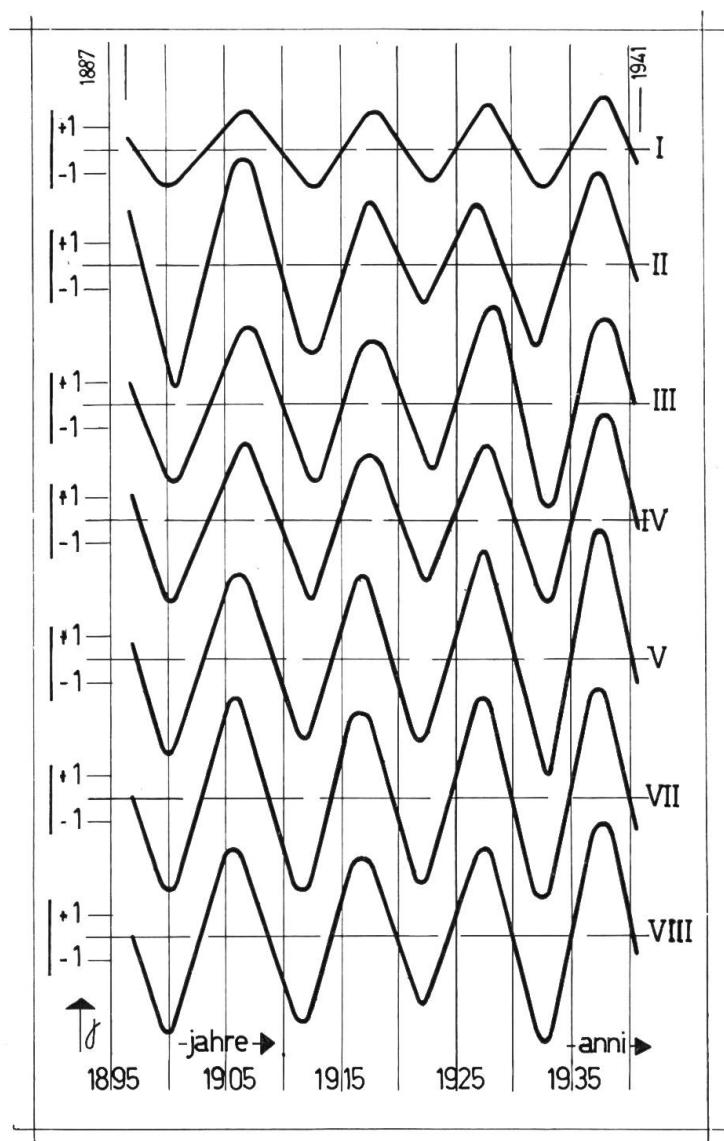


FIGURA 18 : *Componente verticale. Onda di 11.2 anni ricavata dalla serie annuale del mese di gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, giugno, luglio. Intervallo (1883 - 1955). Senza ricostruzione della serie.*



Per la discussione delle singole onde si adottano i simboli seguenti, a titolo semplificativo, e cioè :

$$A = \frac{A_{11,2 \text{ massima}}}{A_i \text{ massima}} = \frac{\text{Aampiezza massima onda 11.2 anni}}{\text{Aampiezza massima delle altre onde}}$$

$$B = \frac{A_{11,2 \text{ media}}}{A_i \text{ media}}$$

$$C = \frac{\text{Aampiezza massima}}{\text{Aampiezza media}}$$

ed inoltre si indicherà semplicemente anno, mese e giorno, per le serie annuali della media annua, o del mese, o del giorno scelto.

Di ogni serie fu considerata l'ampiezza massima e l'ampiezza media, i valori risultanti devono essere considerati senza perdere di vista l'intervallo.

VI. ESAME DELLE ONDE

Onda di 2 anni

L'onda di periodo due anni si presenta trascurabile ed ha carattere casuale. Non presenta delle amplificazioni così marcate come le serie meteorologiche, in special modo le serie della media annua. Per le serie del mese e del giorno si notano delle modulazioni d'ampiezza, con periodo (N_i) dell'ordine di 10, 12, 15 anni (fig. 12).

Serie annuale del	A	B	C (Simboli vedi sopra)
anno	5.5	8.0	1.3
mese	2.3	4.3	2.3
giorno	2.8	4.6	2.0

Queste onde hanno una intensità trascurabile come quelle solari.

Onda di 2.8 - 3 anni

Alquanto regolare per tutti gli intervalli. Modulazioni in complesso ridotte per le serie annuali e mensili, più marcate per le serie giornaliere, periodo delle modulazioni d'ampiezza (N_i) di ca. 17 - 22 anni (fig. 12), con centro nel 1937.

Serie annuale del	A	B	C
anno	3.3	3.8	1.5
mese	1.8	2.9	1.9
giorno	2.2	3.1	1.7

27

Onda di 4.1 anni

Regolare per quasi tutto l'intervallo. Modulazioni d'ampiezza regolari di ca. 25 - 30 anni.

Serie annuale del	A	B	C
anno	3.2	4.1	1.7
mese	1.8	3.1	2.0
giorno	1.7	2.3	1.5

Onda di 5.6 anni

E' regolare per tutti gli intervalli, ma è da notare un cambiamento di fase tra il 1915 ed il 1925 in tutte le serie trattate (fig. 11 e 10). Amplificazioni d'ampiezza più marcate per le serie annuali del mese e giorno, dell'ordine di 40, 50 anni. I rapporti medi A, B, C, dedotti dalle tabelle precedenti sono :

Serie annuale del	A	B	C
anno	1.8	2.0	1.9
mese	1.7	2.5	1.8
giorno	1.5	1.9	1.4

Onda di 8 - 8.3 anni

Onda molto regolare, è la seconda in ampiezza, con modulazioni di ampiezza espressive, che potrebbero essere nell'ordine di 80, 90 anni, come si può dedurre dalle fig. 10, 11, corrisponde al periodo delle macchie solari, sia per ampiezza, come per periodicità.

Serie annuale del	A	B	C
anno	1.7	1.8	1.2
mese	1.5	1.8	1.4
giorno	1.4	1.7	1.4

Onda di 11.3 anni

E' il periodo più regolare ed il più marcato, corrisponde a quello delle macchie solari. Fu controllata la variazione di fase delle serie annuali del

mese, ma queste non presentano spostamenti, vedi ad esempio la fig. 14 per la componente verticale, ciò indica chiaramente che l'influsso della posizione della terra sull'eclittica per rapporto a delle osservazioni globali dell'ordine di mesi non ha un influsso rimarchevole. Le modulazioni d'ampiezza possono essere dell'ordine di 120 anni, naturalmente l'intervallo d'osservazione è così corto che impone una stima grossolana.

Onda di 16 anni

Quest'onda, come del resto risulta dubbia anche sulle serie meteorologiche, è pure incerta in quelle magnetiche. Nel calcolo del resto non è stata presa in considerazione.

Onda di 20 - 24 anni

Compare solo a periodi parziali e di ampiezza ridotta per le serie medie annuali e medie mensili, mentre risulta con forte ampiezza nelle serie annuali del giorno. I valori sono indicativi a causa del corto intervallo di osservazione.

Serie annuale del	A	B	C
anno	3.1	3.8	1.4
mese	2.7	2.8	1.4
giorno	1.0	0.5	1.4

Onda di 35 anni

Quest'onda non è stata riportata sul grafico, poichè contenuta parzialmente nell'asse medio. Si presenta essa pure ad intervalli non regolari, cosicchè non si può definirla di realtà fisica e persistente, occorrono serie pluricentennali per discuterla.

Serie annuale del	A	B	C
anno	3.0	3.3	1.3
mese	2.7	3.0	1.4
giorno	1.3	0.5	—

Asse medio

Si presenta molto regolare per le serie del giorno, segue l'andamento secolare, che sarà oggetto di altri studi particolari (fig. 16, 17). Essa è in aumento fino al 1950. Sembra che ci sia in prevalenza l'influsso locale e non si è trovata correlazione con l'attività solare.

Curva residua

Data dalla differenza tra l'andamento originale (A.O.) e la sintesi delle periodicità più asse medio (A.M.). Nel grafico si è riportato il resto con deduzione delle onde seguenti :

$$R = A.O. - (A.M. + P_2 + P_{2.9} + P_{4.1} + P_{5.6} + P_{8.0} + P_{11.2} + P_{20} \quad 50\%)$$

In generale la curva residua dà il grado di attendibilità delle analisi, infatti più il resto tende a zero, più le onde componenti sono esatte. Essa ha valori minimi prendendo il 50 % di P_{22} .

Ricapitolazione delle onde trovate

Il metodo dell'analisi periodale ha dimostrato ancora una volta l'utilità di questo genere di ricerche. Le onde selezionate sono del genere sopra esposto e si presentano in tutte le serie selezionate. Non è possibile, dato il corto intervallo d'osservazione, trarre delle conclusioni sulla realtà fisica delle onde di corto periodo, e cioè inferiori a 4 anni. Le onde selezionate si manifestano con modulazioni d'ampiezza che possono essere considerate solo per le onde di corto periodo, mentre per quelle maggiori di 8 anni sono grossolanamente stimate. Queste modulazioni d'ampiezza possono essere intuite anche esaminando il rapporto tra $\frac{\text{ampiezza massima}}{\text{ampiezza media}}$ riportato nelle tabelle precedenti. Nella tabella seguente si dà il rapporto tra l'escursione massima (Δ) e la somma delle ampiezze massime ($\sum A$) d'onda ricavate dalle analisi, ossia il fattore

$$C = \frac{\Delta}{\sum A_i} \quad /15/$$

Il valore massimo raggiungibile, composto secondo il criterio seguente

$$y_{tmas} = y_m + \sum A_i \quad /16/$$

(vedi bibl. 46), dove y_m = anno medio dell'intervallo

$\sum A_i$ = ampiezza massima raggiungibile
(tab. XI - XII).

TABELLA XXX

Escursione massima, ampiezza massima raggiungibile A, media y_m e valore massimo-massimo = y_{mas} con riferimento alle prescrizioni della tab. VI, secondo la /16/.

Pos.	Tab.		$\sum A_{mas}$	C	y_m	Valore massimo-massimo	
Declinazione media annua (')	1	XI	4.96	5.01	0.99	8.81	13.82
Declinazione gennaio (')	2	XVII	4.9	4.59	1.07	5.17	9.76
Componente verticale media annua		XIII	18.7	12.30	1.52	18.36	30.66
γ							
Componente orizzontale media annua	5	XII	26.0	20.23	12.85	26.22	46.45
γ							

Le onde selezionate si suddividono in due gruppi come quelle solari e cioè 5.6, 11.2, 22.4 e 4, 8, 16, 32. Per le onde di 16 e di 32 anni si deve osservare che non si presentano in queste analisi, in modo speciale quella di 16 anni.

L'analisi periodale mette chiaramente in risalto la relazione tra i periodi undecennali delle serie della media annua, che si trovano in fase con quelli solari, come pure le serie annuali del mese scelto, ciò porta il fattore di correlazione rispetto a quest'onda fino a $K = 1$.

Il fattore di correlazione per serie cicliche dovrebbe essere studiato sulla base delle onde selezionate, poichè, come fu già messo in risalto altre volte, le onde di corto periodo portano ad un alto grado di casualità e sono quelle che fanno scendere il fattore ad un limite d'incertezza. Lo sfasamento influisce sul fattore di correlazione per periodicità di uguale lunghezza d'onda, secondo la formula seguente :

$$k = \cos \alpha \quad /17/$$

(k), fattore di correlazione è espresso da

$$k = \frac{\sum (y - y_m) (y' - y'm)}{\sqrt{\sum (y - y_m)^2 \sum (y' - y'm)^2}} \quad /18/$$

dove α dà la fase iniziale.

Senza addentrarsi in questo calcolo si osserva che k tende a 1 per le serie delle medie annuali e mensili, mentre per le serie del giorno scelto, essendovi spostamenti di fase, il fattore di correlazione è $\neq 1$.

Le periodicità P_{20} sono in fase nelle diverse serie, come pure la P_8 per le serie di uguale grado. La $P_{5.6}$ presenta delle deformazioni e la P_4 e P_3 degli spostamenti di fase ed in fase per gruppi di anni, sempre in relazione ad onde di uguale lunghezza. Per le componenti verticali 3 aprile e 3 luglio, ore 12.00, tutte le onde selezionate nel periodo 1915 - 1955 sono in *fase alterna tra di loro*.

VII. RELAZIONI TRA FENOMENI SOLARI E MAGNETICI

E' probabile che le perturbazioni del campo magnetico terrestre siano dovute a cause diverse, esaminando i grafici ottenuti da diversi osservatori, si nota che è difficile classificare questi disturbi secondo un tipo determinato.

Lo studio statistico (bibl. 6) relativo a queste perturbazioni per un intervallo dal 1883 al 1955 e l'impiego di filtri d'analisi come quelli della bibl. 5, può precisare e mettere in evidenza delle caratteristiche di un tipo particolare e cioè quelli che dipendono dall'emissione corpuscolare ed ondulatoria solare. L'autore della bibl. 6 ha calcolato il numero dei giorni con perturbazione magnetica ed ha studiato come si comportano le macchie del sole nei cinque, quattro, tre, due giorni antecedenti ed uno, due, tre giorni seguenti un'avvenuta perturbazione magnetica e constata che la media dell'attività solare passa per un massimo che è pressapoco due giorni e mezzo prima della giornata con perturbazione magnetica.

Sul totale degli anni 1883 - 1923 il numero dei giorni con perturbazione magnetica risulta di 855, ciò che corrisponde al 5.7 % del numero dei giorni totale d'osservazione.

L'autore (bibl. 6) è arrivato alle seguenti conclusioni :

- 1) La corrispondenza tra le macchie solari e perturbazione magnetica nota dei massimi quando c'è un massimo di macchie solari e dei minimi per un minimo di macchie.
- 2) Le perturbazioni magnetiche sono dello stesso ordine di grandezza nelle differenti epoche, maggiori in media nelle epoche dei massimi delle macchie solari.
- 3) La perturbazione magnetica può essere collegata ad un fenomeno solare determinato (sembra essere il caso generale) ma non dipende dall'insieme dell'attività solare.
- 4) Dal lavoro statistico generale si manifesta una relazione netta tra l'agitazione magnetica e l'attività delle macchie, con un ritardo medio di ca. 2 giorni e mezzo dalla prima alla seconda; la ricerca dettagliata di una corrispondenza mostra che molte perturbazioni magnetiche non sono precedute dall'esistenza di nessuna macchia solare visibile alla quale si possa collegarla.

(Con la misura delle righe spettrali, con un sistema spettroscopico, è permesso di notare delle macchie non visibili a vista, ciò indica l'esistenza in questo posto di un campo magnetico, caratteristico delle macchie solari).

- 5) L'andamento medio annuale delle perturbazioni magnetiche non manifesta una relazione così netta con le macchie solari, ciò che può far pensare ad un legame non principale con le stesse.

Si può supporre che manifestazioni solari non registrate e manifestazioni magnetiche totalmente registrate possano essere causa di queste differenze, si arriva così alle considerazioni esplicative seguenti :

Il sole emette particelle elettrizzate che sono all'origine delle perturbazioni magnetiche. Esse possono avere velocità differenti a seconda della natura e dell'intensità del fenomeno solare corrispondente. L'azione del campo magnetico solare esterno può avere su queste un'influenza ritardatrice varia.

Una teoria attribuisce l'origine delle perturbazioni magnetiche all'azione indiretta dell'emissione del sole di particelle elettrizzate. L'arrivo di queste particelle avrebbe per effetto di far variare la ionizzazione dell'alta atmosfera terrestre e delle correnti dovute sia alla esistenza di un campo elettrico, sia all'induzione prodotta dal campo magnetico terrestre sull'atmosfera conduttrice in movimento. Si avrebbero così delle variazioni che sarebbero all'origine delle perturbazioni. Insomma pare probabile che le ripartizioni annuali delle perturbazioni dipendano a volte dall'inclinazione per rapporto all'eclittica, da una parte dall'asse di rotazione del sole e dall'altra parte dall'asse di rotazione della terra.

Inoltre fu attribuita l'origine delle perturbazioni magnetiche all'azione delle correnti prodotte nell'interno del globo per induzione delle azioni elettromagnetiche esterne.

L'andamento delle variazioni annuali delle perturbazioni magnetiche non si presenta come quello della declinazione o della componente verticale ed orizzontale; sarebbe interessante studiarlo in rapporto alla pressione atmosferica ed all'umidità relativa.

Sempre secondo la bibl. 6 il numero annuale dei giorni a perturbazione magnetica ed il valore medio annuale delle macchie solari non hanno una corrispondenza netta. Per esempio, durante gli anni 1905 e 1906, che appartengono ad un'epoca di forte attività solare, il numero delle perturbazioni magnetiche è al contrario particolarmente debole.

Questi fatti possono essere interpretati ammettendo che parte delle perturbazioni magnetiche siano legate alle macchie solari e parte di origine differente. Non è necessariamente indispensabile che le perturbazioni della prima categoria dipendano direttamente dalle macchie. Potrebbe darsi che le macchie da una parte e le perturbazioni magnetiche dall'altra siano la manifestazione di uno stesso stato quasi periodico del sole. Nella seconda categoria si allineano una gran parte di perturbazioni che si producono

durante i periodi di debole attività delle macchie. L'origine di queste perturbazioni potrebbe riallacciarsi allo stesso stato periodico del sole ed a quello delle perturbazioni della prima categoria. Un argomento in questo senso proviene dal fatto che una statistica su un intervallo di debole attività delle macchie manifesta nell'insieme delle perturbazioni magnetiche, le stesse relazioni con l'attività delle macchie malgrado che la statistica generale dia dei caratteri un po' differenti.

Sarebbe interessante ed importante per il progresso della teoria delle perturbazioni magnetiche di precisare ogni qualvolta è possibile l'intervallo di tempo che separa una perturbazione di un fenomeno solare ed il fenomeno con cui si vuol collegare.

Si potranno distinguere forse diverse categorie.

I risultati indicano un valore medio dell'ordine di due giorni e mezzo, valore che si estende fino a tre giorni e $\frac{3}{4}$ per le epoche di minima attività solare.

Si sono sovente indicati degli intervalli più corti, per esempio degli intervalli da uno a due giorni tra le violente perturbazioni magnetiche ed il passaggio al meridiano centrale del sole di una macchia o di un gruppo di macchie che si può supporre essere l'origine delle perturbazioni.

Se si ammette che la perturbazione magnetica è dovuta realmente ad un fenomeno solare osservato, si deve attribuire sia ad un'azione elettromagnetica diretta dal sole sulla terra, sia all'arrivo in vicinanza della terra di particelle elettrizzate aventi una velocità vicina a quella della luce.

Occorre chiedersi se questa quasi simultaneità riscontrata in tanti casi sia casuale (difatti l'origine dei fenomeni terrestri è di due categorie, corpuscolari ed ondulatorie).

Sembra che la variazione annuale delle perturbazioni possa essere riallacciata alla variazione della posizione della terra per rapporto al piano dell'Equatore solare, ma quest'ultimo fenomeno non interviene solo nella ripartizione annuale delle perturbazioni. Le stagioni terrestri hanno un ruolo importante nella ripartizione delle perturbazioni del fenomeno. Infatti le macchie vengono contate e perciò sono indipendenti dalla grandezza, quindi una macchia grossa ha lo stesso valore di una macchia piccola, ciò vuol dire che il numero relativo ci illustra la frequenza di un determinato fenomeno ancora quantitativamente sconosciuto.

Partendo da queste considerazioni si è voluta esaminare la serie dei numeri relativi delle macchie solari basandosi su questo concetto più ampio.

Si vogliono segnalare e sottolineare le relazioni che furono trovate da diversi autori (Baur, Polli, ecc.) coi fenomeni terrestri. In particolare furono trovate delle relazioni nell'esame delle serie meteorologiche, (temperatura, precipitazione, serie barometriche, annuvolamento, serie climatiche, circolazione dell'aria, serie dell'ozono atmosferico) delle serie geofisiche (campo magnetico terrestre, campo elettrico, variazione gravimetrica, ecc.),

serie idrologiche, insomma in tutte le serie che rappresentano un aspetto di un fenomeno sul globo. Inoltre il periodo di 11.2 anni fu trovato pure nelle serie della rotazione dell'atmosfera di Giove (bibl. 43).

Tali costatazioni permettono insomma di concludere in senso positivo sulla realtà fisica dei valori trovati con le nostre analisi, sia riguardo alle periodicità maggiori di 4 anni, sia riguardo all'ampiezza. Naturalmente i risultati dovranno essere migliorati e confrontati con quelli di molte altre ricerche.

CONCLUSIONI

- 1) Le serie del campo magnetico terrestre, riferite in particolar modo alle variazioni diurne, per esempio quelle della declinazione componente verticale e componente orizzontale, sono scindibili in onde elementari del tipo

$$P_2 - P_{2.9} - P_4 - P_{5.6} - P_8 - P_{11.2} - P_{22}$$

come quelle solari

$$P_2 - P_3 - P_{4.1} - P_{5.6} - P_{8.3} - P_{11.3} - P_{22}$$

Le serie meteorologiche sono presenti con delle lunghezze d'onda prossime a quelle sopraelencate.

- 2) Resta dimostrato l'alto grado di correlazione con le serie solari per rapporto alle singole onde selezionate delle serie della declinazione e componente verticale ed orizzontale.
- 3) Gli sfasamenti si notano tra le serie della media annua e mensili con quelle del giorno scelto (serie elaborate vedi tab. VI). Gli sfasamenti tra le serie del campo magnetico terrestre sono contenute nella tabella XXXI.

TABELLA XXXI

Sfasamenti delle singole periodicità relative a quelle della declinazione media annua. Posizioni riferite alla tab. VI, + in fase, — in opposizione di fase approssimative.

Periodo	Pos.	P_2^*	P_3^*	P_4^*	$P_{5.6}$	P_8	$P_{11,2}$	P_{22}
Declinazione media annua	1		serie di riferimento					
Declinazione gennaio	2	+ e (—)	+ e (—)	+	+	+	+	+
Componente orizzontale media annua	5	+ (—)	+ e (—)	+ e (—)	+	+	+	?
Componente verticale media annua	4	+ e (—)	+ e (—)	+ e (—)	— e (+)	+	+	?
Componente verticale 3 luglio ore 12.00	6	+	— (+)	—	—	—	—	?
Componente verticale 3 aprile	6	—	— (+)	—	—	—	—	?

* maggioranza dei casi

() qualche intervallo limitato

- 4) Le ampiezze stanno in un rapporto variabile in limiti talvolta pronunciati, dovuto al corto intervallo d'osservazione e si possono ripartire nelle tre categorie dipendenti dal genere delle serie, vale a dire secondo la media annua, la mensile e la giornaliera. Questi valori sono contenuti nelle tabelle risultanti dal cap. V.
- 5) I rapporti tra le ampiezze $P_{11.2}/P_i$ delle serie solari aumentano in modo inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda, come pure quelli del campo magnetico terrestre per le medie annue e per quelle mensili in modo minore.
- 6) Le modulazioni d'ampiezza (N) sono dell'ordine per ogni periodicità di

periodo anni	T_i	T_2	3	4	5.6	8.3	11.2	22
periodo anni	N_i	10-15	17-22	25-30	40-50	80-90	120	?

(dato il corto intervallo di osservazione hanno carattere indicativo)

- 7) L'istogramma (fig. 10 - 13) della serie della media annua degli scarti della declinazione, componente verticale ed orizzontale presenta delle punte indicanti che la ripartizione più adeguata debba essere composta di più curve gaussiane, ciò si nota in particolare nelle serie della componente verticale.
- 8) L'andamento secolare è in diminuzione fino al 1925, indi in aumento fino al 1952 (fig. 16 e 17).
- 9) Non può essere ancora raggiunta la valutazione per una previsione degli eventi nel campo magnetico terrestre, occorrono indagini su altre serie per poterne definire meglio i limiti di validità, queste indagini saranno completate ulteriormente, in particolar modo sulle serie giornaliere delle variazioni diurne.

Giugno 1962

RIASSUNTO

Furono esaminate le registrazioni del campo magnetico terrestre a Parigi, pubblicate nel giugno 1962.

Esse rappresentano un intervallo dal 1883 al 1955 di osservazioni continue ed omogenee.

Vengono ricercate le onde componenti le serie formanti i diagrammi oscillanti con il metodo di Vercelli e Labrouste.

Se ne conclude la scindibilità di tutte queste serie in onde prossime ai periodi seguenti :

$$P_2 - P_{2.9} - P_4 - P_{5.6} - P_8 - P_{11.2} - P_{22}$$

come quelli ricavati dalle serie solari.

Le onde di 4 anni ricavate dalle serie delle medie annuali del campo magnetico terrestre, sono in buona fase con quelle solari, come pure le serie annuali del mese.

La periodicità $P_{11.2}$ ha un alto grado di persistenza, con una possibile modulazione di ampiezza, più marcata per le onde P_8 e $P_{5.6}$.

I rapporti $P_{11.2}/P_i$ per l'onda di ordine i relativa ad ogni serie, differenziano poco dalla loro media e ciò può essere utile per l'estrapolazione dei dati.

Bibliografia

1. Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris et du Bureau Central de Magnétisme Terrestre. Les Presses Universitaires de France, 49, Boulevard Saint-Michel, Paris, 1923.
2. *Ch. Maurain*: Les Observations Magnétiques en France jusqu'en 1921 (bibl. 1 vol. I).
3. *M. A. Angot*: Les variations périodiques du magnétisme terrestre à Paris (bibl. 1 vol. I).
4. *Ch. Dufour*: Observations magnétiques. Faites au Val-Joyeux 1915-1921 (bibl. 1 vol. I).
5. *C. E. Brazier*: Etude statistique de l'agitation magnétique au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux et de ses relations avec l'activité solaire (bibl. 1 vol. II).
6. *Ch. Maurain*: Sur les relations entre les perturbations magnétiques terrestres et l'activité solaire (bibl. 1 vol. V).
7. *Ch. Maurain et L. Eblé*: Variation diurne de l'agitation magnétique au Val-Joyeux près Paris (bibl. 1 vol. VII 1929).
8. *E. Mathias, Ch. Maurain, L. Eblé*: Distribution générale des éléments magnétiques en France. Formules représentatives. Définition numérique des anomalies (bibl. I vol. VIII 1930).
9. *V. A. Kostitzin*: Sur l'agitation magnétique et ses relations avec l'activité solaire (bibl. 1 vol. VIII 1930).
10. *L. Eblé*: Variations séculaires de la distribution des éléments magnétiques. Application au tracé des cartes (bibl. 1 vol. IX 1931).
11. *Mlle G. Homery*: Etude sur la variation de la déclinaison en France depuis 1681 (bibl. 1 vol. IX 1931).
12. *P. Smentana*: Recherches statistiques sur les relations entre les phénomènes solaires et les phénomènes magnétiques terrestres (bibl. 1 vol. X 1932).
13. *Ch. Maurain*: Sur l'intervalle de temps entre le phénomènes solaires et les perturbations magnétiques terrestres (bibl. 1 vol. XII 1934).

14. *J. P. Rothé*: Observations magnétiques au Scoresby Sund pendant l'année polaire 1932 - 1933 (bibl. 1 vol. XIII 1935).
15. *Jean Jung*: La géologie profonde de la France d'après le nouveau réseau magnétique et les mesures de la pesanteur (bibl. 1 vol. XI 1933).
16. L'Astronomie. Bulletin de la Société Astronomique de France. Paris, Hôtel des Sociétés Savantes, 28, rue Serpente.
17. *Em. Thellier*: Résultats récents des recherches sur le champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique (bibl. 16 1957).
18. *J. C. Pecker*: Activité solaire et magnétisme terrestre (bibl. 16 1958).
19. *A. Nodon*: Relation entre le perturbations électromagnétiques sismiques et solaires (bibl. 16 1929).
20. *Commandant G. Zeil*: Sur l'amplitude de l'oscillation principale de la variation diurne de la déclinaison magnétique (bibl. 16 1930).
21. *Emile Thellier*: Recherche de l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé: premiers résultats (bibl. 1) 1937 Tome XV.
22. *V. Mironovitch e R. Viart*: Meteorologische Abhandlungen — Institut für Meteorologie und Geophysik der Freien Universität Berlin — Band VII / Heft 3.
Interruption du courant zonal en Europe Occidentale et sa liaison avec l'activité solaire.
Contribution à l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres.
Verlag von Dietrich Reimer in Berlin — 1958.
23. *Gottfried Wurlitzer*: Meteorologische Abhandlungen — Institut für Meteorologie und Geophysik der Freien Universität Berlin — Band VII / Heft 2 — Das Verhalten des Luftdruckes am Boden bei Schwankungen der erdmagnetischen Aktivität - Verlag con Dietrich Reimer in Berlin — 1958.
24. *G. Rougier*: Champ magnétique et loi de périodicité des taches solaires (bibl. 1) 1924.
25. *G. Rougier*: Le champ magnétique général du soleil (bibl. 1) 1921.
26. Colloque du comité national français d'Astronomie « Soleil et relations soleil - terre » (Paris, 3 - 10 juin 1960), bibl. Astronom.).

27. *C. Depietri*: Sulla variazione secolare del campo magnetico terrestre nella regione dell'emisfero boreale compresa tra 350° ed 80° di longitudine Est. *Geofisica e Meteorologia* (vol. VIII, Nri. 5 - 6) 1960.
28. *Brooks C. E. P.*: The relations of solar and meteor. Phenomena. 7me Rapp. de la Commission pour l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres (U.N.E. S.C.O.) 1951.
29. *S. Chapman J. Bartels*: *Geomagnetism*, vol. I - II. Oxford at the Clarendon Press, 1940.
30. *J. Bartels*: Tägl. erdmagn. Charakterzahlen 1884 - 1950. Abhand. d. Akad. Wissensch. in Göttingen, 1951.
31. *J. Needham*: Contribution chinoise au développement du compas de marine. *Scientia* VII, 1961.
32. *M. Bossolasco, D. Digiesi, A. Caneva, A. Elena*: Sulla variazione secolare della componente orizzontale del campo geomagnetico in Italia. *Geofisica e Meteorologia*, vol. IX, Nri. 3 - 4, 1961.
33. *A. Elena*: Alcune caratteristiche delle tempeste geomagnetiche, anche in rapporto alle corrispondenti manifestazioni eletro-telluriche. *Geofisica e Meteorologia*, vol. VI, Nri. 5 - 6, 1958.
34. *M. Cimino*: Fenomeni elettromagnetici in astrofisica con particolare riguardo ai fenomeni solari. Atti dei Convegni di Venezia e Napoli della Società Astronomica Italiana, settembre 1955 - settembre 1957. Pavia, 1959.
35. *F. Mariani, F. Molina*: Perturbazioni geomagnetiche, aurorali, ionosferiche e dei raggi cosmici : interdipendenze e relazioni con l'attività solare. *Annali di Geofisica*, vol. XIII, No. 1, 1960.
36. *S. K. Runcorn*: *The Magnetism of the Earth's Body. Encyclopedia of Physics*. Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg, 1956.
37. *F. Ward, R. Shapiro*: Influence of Sunspots on Geomagnetic Disturbance. *Journal of Geophysical Research*, vol. 66, No. 11, 1961.
38. *V. Mironovitch*: Sur l'évolution séculaire de l'activité solaire et ses liaisons avec la circulation atmosphérique générale. *Meteorologische Abhandlungen*, Band IX, Heft 3. Dietrich Reimer Verlag, Berlin, 1960.
39. *A. Rima*: Delle « probabilità nelle misurazioni idrografiche e meteorologiche nella Svizzera Italiana ». *Rivista Tecnica della Svizzera Italiana*, No. 6, 1958.

40. *A. Rima:* Andamento climatico annuale e attività solare nel Cantone Ticino. Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali. Anno LIII 1958 - 59.
41. *A. Rima:* Analisi periodale di due serie pluviometriche nel Cantone Ticino : San Gottardo (1908 - 1957) e Mo-sogno (1901 - 1957). Monatsbulletin Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern. 1960.
42. *A. Rima:* Sulla correlazione tra osservazioni mensili solari e terrestri. Bollettino della Società Ticinese di Scienze Naturali. 1960 - 61.
43. *A. Rima:* Contributo allo studio di Giove. Bollettino della Società Astronomica Ticinese. Anno I, 1961.
44. *A. Rima:* Considerazioni sul periodo undecennale dei fenomeni solari. Geofisica e Meteorologia, vol. IX, Nri. 1 - 2. 1961.
45. *A. Rima:* Sulla variazione della quantità totale di ozono atmosferico in Arosa (1926 - 1958). Geofisica e Meteorologia, vol. X, Nri. 3 - 4. 1961.
46. *A. Rima:* Sui valori estremi nei fenomeni naturali. Geofisica e Meteorologia, vol. X, Nro. 3 - 4. 1962.
47. *R. Abetti, G. Righini,
N. Carrara,
A. Colacevich,
C. Morelli, S. Polli,
F. Vercelli:* Lo studio delle relazioni fra fenomeni solari e terrestri. Accademia Nazionale dei Lincei, Roma. 1948.
48. *C. Gaibar - Puertas:* Variacion secular del campo geomagnetico. Sugrañes Hnos., Editores, Tarragona, 1953.

