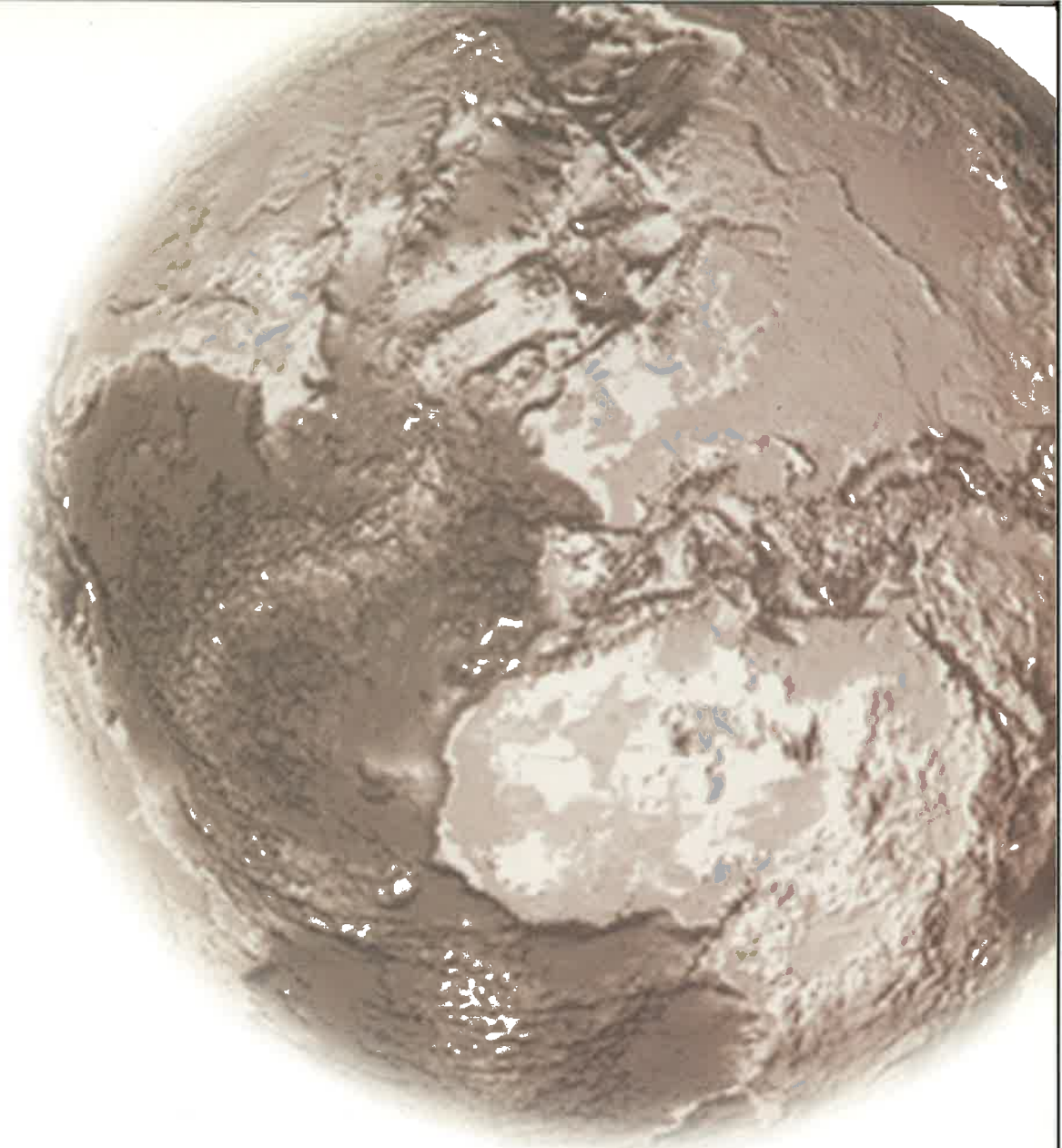




2002

Guida per la lettura delle forme d'onda su sistema automatico

Luciano Giovani

n. 2

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

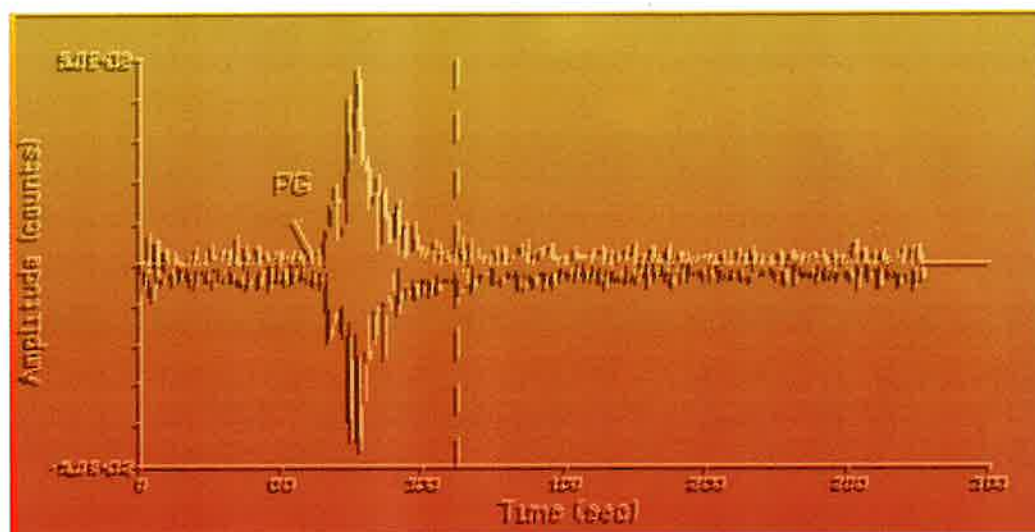
Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel. 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



GUIDA PER LA LETTURA DELLE FORME D'ONDA SU SISTEMA AUTOMATICO



Guida facilitata alla lettura delle forme d'onda su sistema automatico

Con questo opuscolo si vogliono dare alcune informazioni e suggerimenti per facilitare la lettura delle forme d'onda a tutti coloro che sono interessati a imparare a leggere i sismogrammi

Per analizzare le forme d'onda dal sistema automatico occorre operare su computer a modalità grafica.

Se si vogliono usare le stazioni grafiche della sala sismica e sul computer non compaiono finestre aperte, allora bisogna procedere come segue:

sul pannello in basso posizionarsi sull'icona rappresentante un computer, far scorrere la tendina sino alla voce tektronix. *Cliccare qui*

- comparirà una finestra vuota con il prompt raffigurante un dollaro.
- *digitare in minuscolo telnet ing750.INGV.it* (oppure *ingla2* comparirà la scritta user name
- *digitare ingnet* e successivamente la password
- comparirà come prompt un 6> (oppure lab2)
- *digitare rework*
- comparirà tutta una serie di indicazioni al termine della quale ci sarà come prompt un asterisco (*) (Figura 1)

rework

```
-----
      tipi annessi di fase:
      P, ICP, IDP, PG, ICPG, IDPG, PN, ICPN, IDPN,
      S, IS, SG, ISG, SN, ISN,
      pP, IpP, sP, IsP, IC, ID,
      PKP, ICPKP, IDPKP, PP, P-,
      PKP1, PKP2, IDPKP1, IDPKP2, ICPKP1, ICPKP2,
      PcP, PS, SP, PKiKP, PKPab, PKPbc, PKPdf
      comando FILE:
      dopo aver visionato un evento battere FILE (return);
      vengono creati due file di nomi mmgg.hhhh (IPO)
      e mmggghhh.HYP (HYPOINVERSE).
      comando LOC:
      attiva procedure alternative di localizzazione e di estrazione
      dei comuni piu' vicini all'ultimo epicentro visionato o calcolato.
      -----
```

```
%DCL-I-SUPERSEDE, previous value of SYS$INPUT has been superseded
*
```

- *digitare shtrg (Show trigger)*
- comparirà : fornire data e ora iniziali
- *digitare la data con giorno e mese separate da uno / e ora e minuti separati da due punti (gg/mm hh:mm)*
- comparirà una stringa comprendente giorno, mese, anno, ora minuti e secondi di un eventuale terremoto registrato, la sigla della stazione che ha registrato l'evento, una P?, ampiezza, periodo e durata dell'evento (Figura 2).

rework

```
-----
      tipi ammessi di fase:
      P, ICP, IDP, PG, ICPG, IDPG, PN, ICPN, IDPN,
      S, IS, SG, ISG, SN, ISN,
      pP, IpP, sP, IsP, IC, ID,
      PKP, ICPKP, IDPKP, PP, P-,
      PKP1, PKP2, IDPKP1, IDPKP2, ICPKP1, ICPKP2,
      PcP, PS, SP, PKiKP, PKPab, PKPbc, PKPdc,
      comando FILE:
      dopo aver visionato un evento battere FILE (return);
      vengono creati due file di nomi mmhgg.hhmm (IPO)
      e mmhggghmm.HYP (HYPOINVERSE).
      comando LOC:
      attiva procedure alternative di localizzazione e di estrazione
      dei comuni piu' vicini all'ultimo epicentro visionato o calcolato.
      -----
```

```
XDCL-I-SUPERSEDE, previous value of SYS$INPUT has been superseded
*shtrg
Fornire data e ora iniziali (GMT): 20/12 04
20/12/01 4:00:35.88 VULDE (t) P? A= 285 P= 0.10 D= 27. ? n
20/12/01 4:00:41.95 VULDN (t) P? A= 246 P= 0.10 D= 59. ? n
20/12/01 4:02:45.20 AQU (t) P? A= 46 P= 0.40 D= 21. ? n
20/12/01 4:09:12.61 FB9E (t) P? A= 53 P= 0.20 D= 23. ? n
20/12/01 4:10:58.34 AQU (t) P? A= 78 P= 0.32 D= 30. ? n
20/12/01 4:11:33.54 MA9 (t) P? A= 227 P= 0.22 D= 0. ?
```

- Dare un return e avremo la forma d'onda richiesta.

Nel caso in cui dovesse comparire una stringa con data diversa da quella precedentemente digitata, generalmente compare una data posteriore a quella digitata, significa che il data base su cui è registrato il periodo da analizzare è stato chiuso. (Figura 3)

6>rework

```
-----
      tipi ammessi di fase:
      P, ICP, IDP, PG, ICPG, IDPG, PN, ICPN, IDPN,
      S, IS, SG, ISG, SN, ISN,
      pP, IpP, sP, IsP, IC, ID,
      PKP, ICPKP, IDPKP, PP, P-,
      PKP1, PKP2, IDPKP1, IDPKP2, ICPKP1, ICPKP2,
      PcP, PS, SP, PKiKP, PKPab, PKPbc, PKPdc,
      comando FILE:
      dopo aver visionato un evento battere FILE (return);
      vengono creati due file di nomi mmhgg.hhmm (IPO)
      e mmhggghmm.HYP (HYPOINVERSE).
      comando LOC:
      attiva procedure alternative di localizzazione e di estrazione
      dei comuni piu' vicini all'ultimo epicentro visionato o calcolato.
      -----
```

```
XDCL-I-SUPERSEDE, previous value of SYS$INPUT has been superseded
*shtrg
Fornire data e ora iniziali (GMT): 12/12 13
13/12/01 14:24:36.59 OR0 (t) P? A= 545 P= 0.16 D= 0. ?
```

A questo punto digitare prima Q e poi ex per uscire da rework.

- comparirà il prompt 6>
- digitare work
- comparirà una serie di informazioni su due colonne in cui compaiono il file rinominato con anno mese giorno e ora in cui il data base è stato chiuso (colonna di sinistra) il numero dei blocchi e il giorno mese anno e ora minuti secondi di quando è stato aperto (colonna di destra). Alla fine della lista, viene richiesto il processo da attivare (es. rework).
- digitare rework

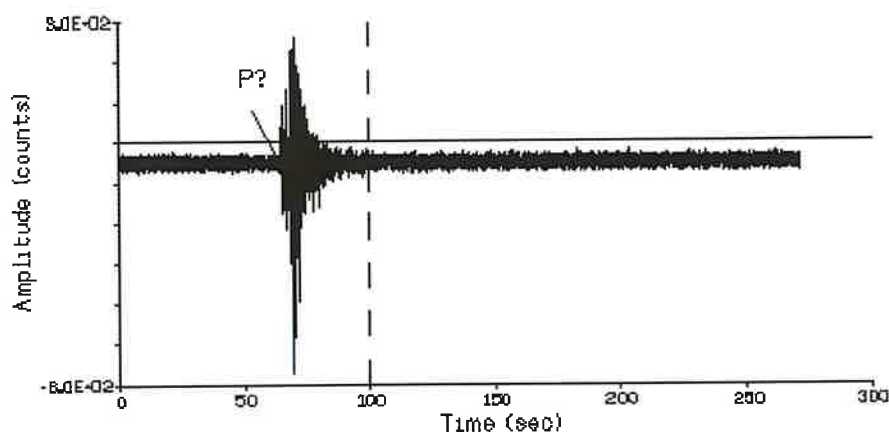
- comparirà file rinominato (A) o non rinominato (B)?
- digitare A
- comparirà fornire il nome del file da analizzare:
- a questo punto dalla lista dei data base rinominati (a sinistra della lista) prendere quello che comprende il periodo che interessa e digitare (es.: per i terremoti avvenuti nella giornata del 2 novembre, utilizzerò il data base aperto il 31 ottobre 01 e chiuso il 7 novembre 01 e che è stato rinominato con anno mese giorno e ora di chiusura – 01110709).
- *digitare quindi 01110709*
- comparirà una serie di informazioni terminanti con un prompt (*), come visto precedentemente.

01080609.ED1;1	162	31-JUL-2001	08:50:22.85
01081023.ED1;1	180	6-AUG-2001	09:26:17.58
01081716.ED1;1	234	10-AUG-2001	23:35:59.84
01082216.ED1;1	198	17-AUG-2001	16:20:34.44
01082918.ED1;1	270	22-AUG-2001	16:15:54.80
01090409.ED1;1	198	29-AUG-2001	18:07:19.70
01091010.ED1;1	108	4-SEP-2001	09:07:33.99
01091608.ED1;1	162	10-SEP-2001	10:05:11.79
01091920.ED1;1	48	19-SEP-2001	21:31:51.32
01091921.ED1;1	54	16-SEP-2001	08:45:50.05
01092517.ED1;1	252	19-SEP-2001	21:27:27.77
01100209.ED1;1	240	25-SEP-2001	17:24:39.55
01101013.ED1;1	320	2-OCT-2001	09:54:57.87
01101709.ED1;1	160	10-OCT-2001	13:09:44.53
01102314.ED1;1	240	17-OCT-2001	09:26:34.51
01103109.ED1;1	280	23-OCT-2001	14:25:46.95
01110709.ED1;1	280	31-OCT-2001	09:06:09.32
01111608.ED1;1	160	7-NOV-2001	09:01:13.54
01112612.ED1;1	560	16-NOV-2001	08:56:56.15
01120409.ED1;1	320	26-NOV-2001	12:02:52.42
01121315.ED1;1	280	4-DEC-2001	09:17:49.16

- digitare shtrg
- comparirà la stringa con la richiesta di data e ora iniziali.
- una volta digitati i dati possiamo operare come detto precedentemente rispondendo alle richieste fino ad arrivare alla forma d'onda da analizzare.

Questa comparirà ,se si tratta di terremoto, con un inizio più o meno netto, (P?) seguito da un altro picco con un'ampiezza più grande rispetto all'inizio che va gradualmente diminuendo fino a terminare con una coda che si confonde con il rumore sismico ed è delimitata da una retta verticale tratteggiata, (Figura 4-5-6)

Figura 4 esempio di terremoto locale



CSLB F 26/11 10:58:10.79 A = 401 $\tau = 0.2$ B D = 35. W = 0

Figura 5 esempio di terremoto regionale

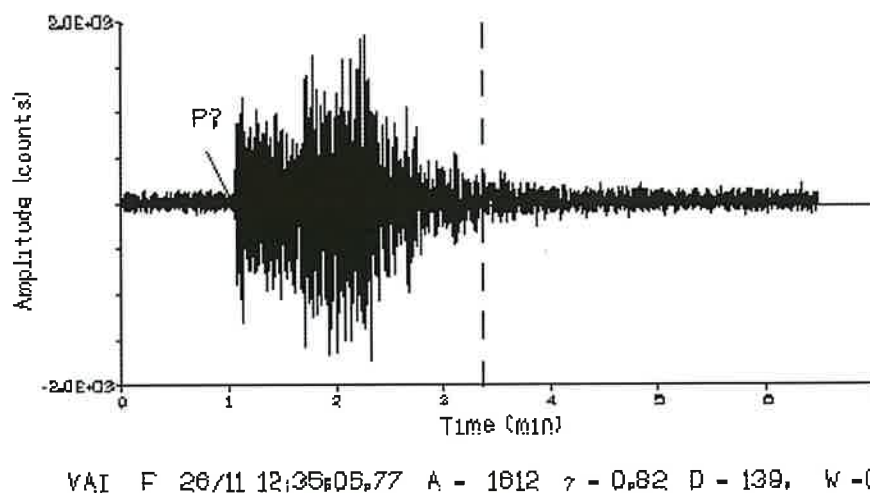
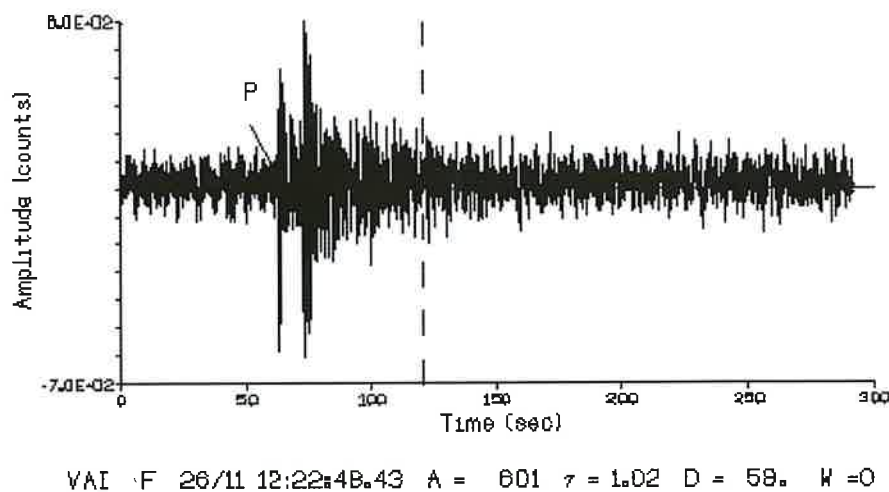


Figura 6 esempio di terremoto telesismico



Quando invece abbiamo delle forme d'onda che non hanno le caratteristiche sopra elencate, allora si tratta di un disturbo (Figura 7-8)

Figura 7 esempio di disturbo generico

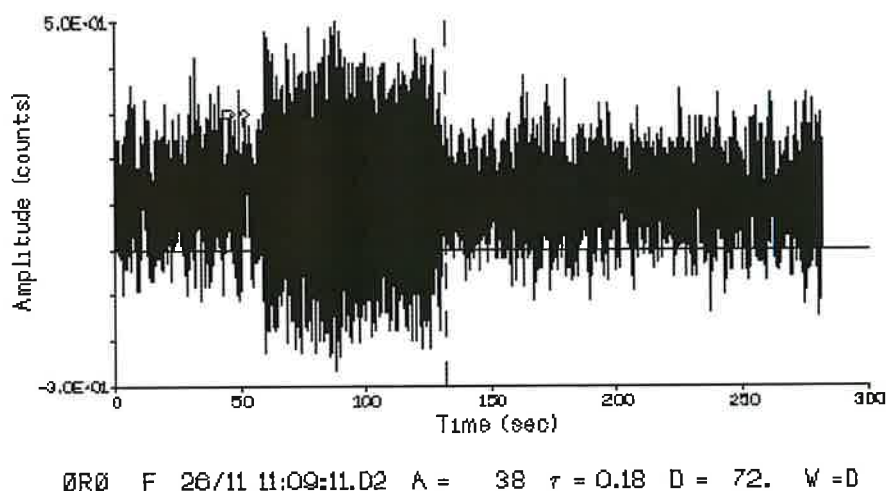
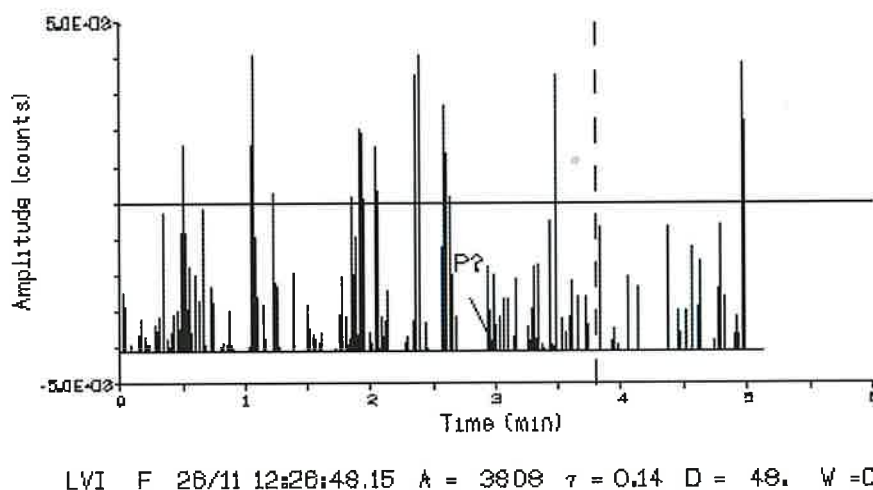


Figura 8 esempio di disturbo Telecom



La retta verticale tratteggiata che compare in ogni esempio indica la fine della registrazione del terremoto stesso.

Sotto la parte grafica compaiono delle indicazioni che, procedendo da sinistra verso destra, riportano la sigla della stazione che ha registrato l'evento, giorno e mese, ora di inizio del primo arrivo identificato con una P?, ampiezza, periodo e durata del terremoto.

Premesso ciò bisogna comunque capire se la stringa che ci compare si riferisce ad un terremoto piuttosto che a un disturbo quindi è necessario scorrere anche le stringhe successive e poi confrontarle.

Esaminiamo una stringa di questo tipo:

26/11/01 12:34:20.75 PGD (t) ICPG A= 4096 P= 0.44 D= 220.

e supponiamo che la stringa si riferisca ad un terremoto con durata $D = 220$.

Questa durata farebbe pensare ad un evento con magnitudo tale da essere registrato anche da altre stazioni per cui scorriamo le stringhe successive e se la supposizione è esatta queste avranno i tempi di arrivo del primo impulso diversi solo nei secondi

26/11/01	12:34:22.11	RSM (t)	P?	A= 2635	P= 0.80	D= 189.	?	n
26/11/01	12:34:22.30	FB9E (t)	P?	A= 2330	P= 0.34	D= 185.	?	n
26/11/01	12:34:22.59	FSSB (t)	P?	A= 2208	P= 0.36	D= 205.	?	n
26/11/01	12:34:22.80	ARU (t)	P?	A= 467	P= 0.12	D= 89.	n	
26/11/01	12:34:24.56	CSMT (t)	P?	A= 2835	P= 0.54	D= 188	?	n
26/11/01	12:34:26.30	SNTG (t)	P?	A= 3058	P= 0.36	D= 0.	?	n
26/11/01	12:34:30.06	BRSN (t)	P?	A= 1213	P= 1.14	D= 87.	?	n
26/11/01	12:34:31.06	GRFL (t)	P?	A= 850	P= 0.46	D= 168.	?	n
26/11/01	12:34:34.36	PII (t)	P?	A= 3221	P= 0.50	D= 0.	?	

Nel caso in cui, scorrendo le stringhe successive, dovessero comparire diversi anche i minuti, allora ci troviamo in presenza di un disturbo.

26/11/01	14:32:41.38	LVI (t)	P?	A= 2477	P= 0.62	D= 34.	?	n
26/11/01	14:34:16.51	SLNA (t)	P?	A= 288	P= 0.18	D= 104.	?	n
26/11/01	14:35:22.72	ORO (t)	P?	A= 78	P= 0.22	D= 46.	?	

Stabilito che la stringa che esaminiamo si riferisce ad un terremoto questa sarà visualizzata solo quando il valore della durata è maggiore o uguale a 20 D (es: D = 20) inviando un return.

Se invece questo numero è inferiore a 20 si passa alla successiva digitando N ed inviare un return mentre per tornare alle precedenti digitare B ed inviare return.

Ricordare perciò che per passare da una stringa alla successiva basta digitare N mentre per tornare alla precedente digitare B.

Scorrendo le stringhe è possibile trovarne alcune che riportano anche una serie di lettere maiuscole dopo la durata come per esempio queste:

26/11/01	12:34:22.11	RSM (t)	P?	A= 2635	P= 0.80	D= 189.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:22.30	FB9E (t)	P?	A= 2330	P= 0.34	D= 185.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:22.59	FSSB (t)	P?	A= 2208	P= 0.36	D= 205.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:22.80	ARU (t)	P?	A= 467	P= 0.12	D= 89.	AJXL?	n
26/11/01	12:34:24.56	CSMT (t)	P?	A= 2835	P= 0.54	D= 188.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:26.30	SNTG (t)	P?	A= 3058	P= 0.36	D= 0.	AJXL?	n
26/11/01	12:34:30.06	BRSN (t)	P?	A= 1213	P= 1.14	D= 87.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:31.06	GRFL (t)	P?	A= 850	P= 0.46	D= 168.	AJXM?	n
26/11/01	12:34:34.36	PII (t)	P?	A= 3221	P= 0.50	D= 0.	AJXL?	

Il che sta a significare che siamo in presenza di forme d'onda associate dal sistema automatico che potrebbero appartenere ad un evento sismico.

Anche in questo caso comunque bisogna fare molta attenzione perché potremmo trovarci in uno di questi due casi più frequenti:

Mancanza di portante su un unico TD

In questo caso avremo un disturbo registrato da tutte le stazioni appartenenti ad una stessa dorsale con tempi di registrazioni uguali o con qualche decimo di secondo di ritardo

27/11/01	3:57:22.75	MPG (t)	P?	A= 324	P= 0.12	D= 50.	AJYD?	n
27/11/01	3:57:22.80	MEU (t)	P?	A= 412	P= 0.16	D= 61.	AJYD?	n
27/11/01	3:57:23.67	MCT (t)	P?	A= 450	P= 0.14	D= 59.	AJYD?	n
27/11/01	3:57:23.96	MNO (t)	P?	A= 407	P= 0.18	D= 57.	AJYD?	n
27/11/01	3:57:31.46	ATN (t)	P?	A= 540	P= 0.10	D= 49.	?	n
27/11/01	3:57:32.47	CGL (t)	P?	A= 427	P= 0.10	D= 34.	AJYD?	

Scossa singola registrata insieme al disturbo

In questo caso avremo che due stazioni registrino un evento e che nello stesso tempo altre stazioni registrino un disturbo con pochi secondi di differenza ma a distanza considerevole

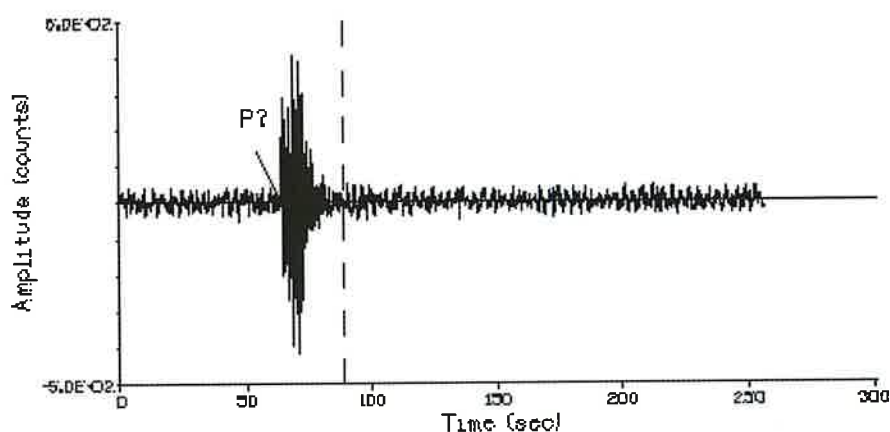
3/12/01	11:50:53.68	CRVI (t)	P?	A= 243	P= 2.42	D= 0.	BFXG?	N
3/12/01	11:51:37.70	SGO (t)	P?	A= 161	P= 2.40	D= 9.	BFXG?	N
3/12/01	11:52:20.80	PTS (t)	P?	A= 318	P= 0.30	D= 32.	BFXG?	

Una volta certi di trovarsi in presenza di un terremoto e dovendo analizzare la forma d'onda occorrerà modificare o aggiungere dei parametri per cui procederemo utilizzando alcuni accorgimenti.

1. Inizio fase poco chiaro?

Non sempre gli eventi registrati sono puliti e quindi di facile interpretazione. Capita alle volte che per il troppo rumore sismico l'inizio di una fase (iniziale P o seconda S) sia disturbato per cui occorre analizzarla in dettaglio. (Figura 1.1)

Figura 1.1 Esempio inizio non chiaro

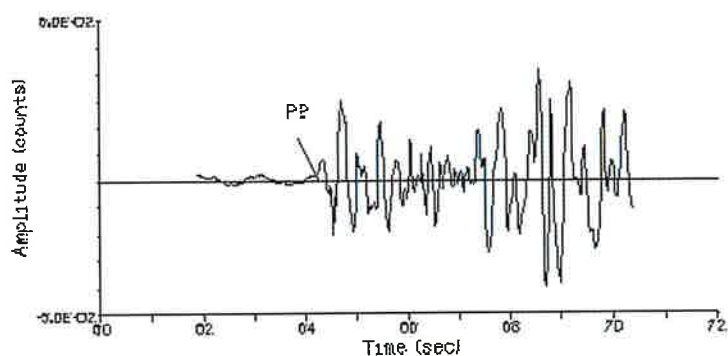


ZCCA F 13/12 19:39:54.24 A = 403 $\tau = 0.44$ D = 24. W = 0

Bisogna aprire quindi una finestra temporale più o meno larga a seconda della porzione di sismogramma che si vuole esaminare.

Per aprire la finestra posizionare il cursore in alto a sinistra prima del picking da analizzare e digitare **W**, posizionare poi il cursore in basso a destra dopo il picking da analizzare facendo attenzione che il sismogramma sia contenuto tra gli estremi da noi scelti e digitare ancora **W**. Per rivedere la finestra aperta basta poi digitare **R** e riapparirà la stessa forma d'onda più allungata. (Figura 1.2)

Figura 1.2 Esempio inizio evidenziato tramite finestra



ZCCA F 13/12 19:39:54.24 A = 403 $\tau = 0.44$ D = 24. W = 0

Se poi vogliamo ritornare sulla forma d'onda iniziale, allora dobbiamo digitare I

Ricordare che per aprire una finestra bisogna digitare W una volta in alto a sx e una volta in basso a dx in modo da contenere il tratto di sismogramma da analizzare mentre per ritornare alla forma d'onda primitiva bisogna digitare I

Se non si vuole selezionare manualmente una finestra, si possono digitare dei numeri in base ai piking i cui tempi compaiono sulla stringa sotto il grafico es: sul sismogramma compaiono quattro piking con i rispettivi tempi indipendentemente dal nome delle fasi ebbene digitando 1 vedrò l'inizio del primo piking, 2 vedrò l'inizio del secondo, 3 quello con il terzo tempo, 4 quello con il quarto tempo ecc. (Figura 1.3-1.6)

Figura 1.3 Esempio di forma d'onda con più piking

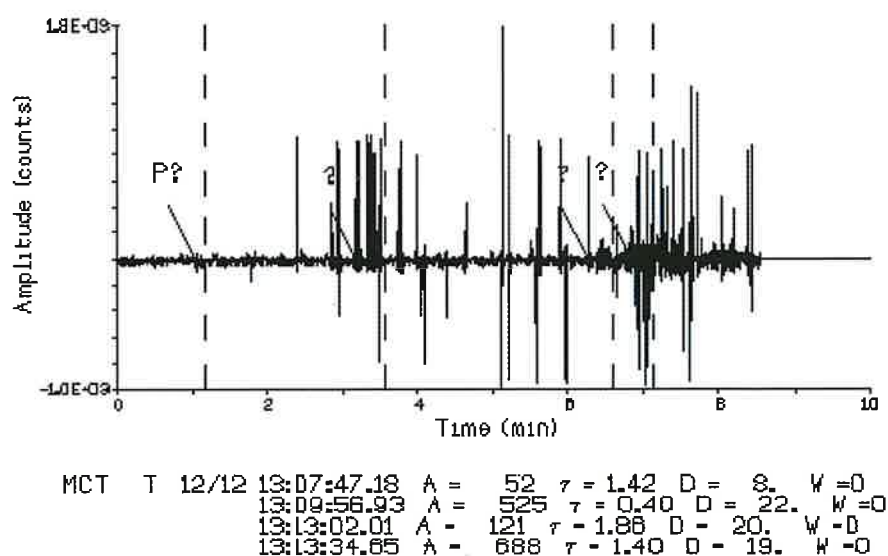


Figura 1.4 Esempio di forma d'onda dopo aver digitato 1 (tempo I°piking)

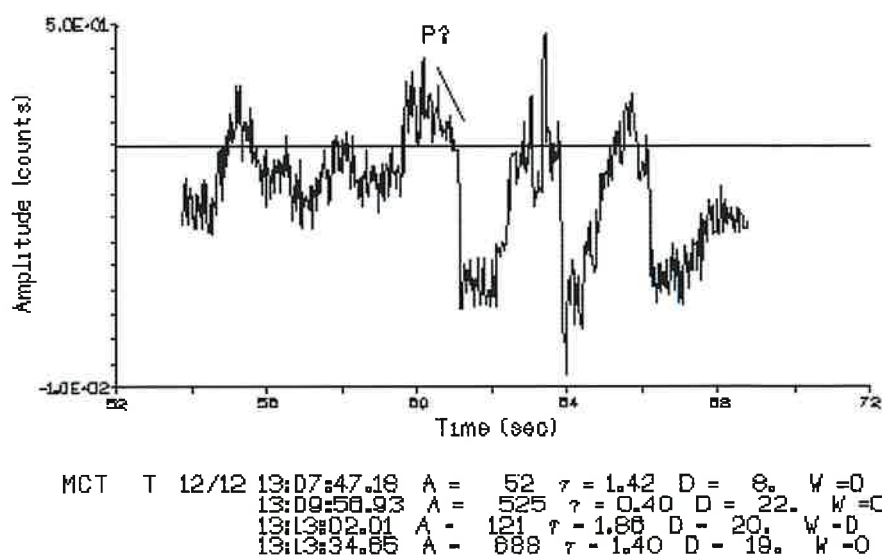
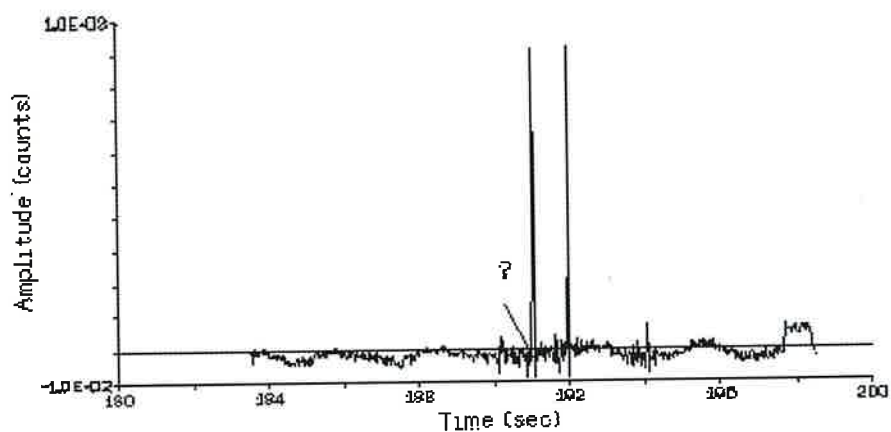
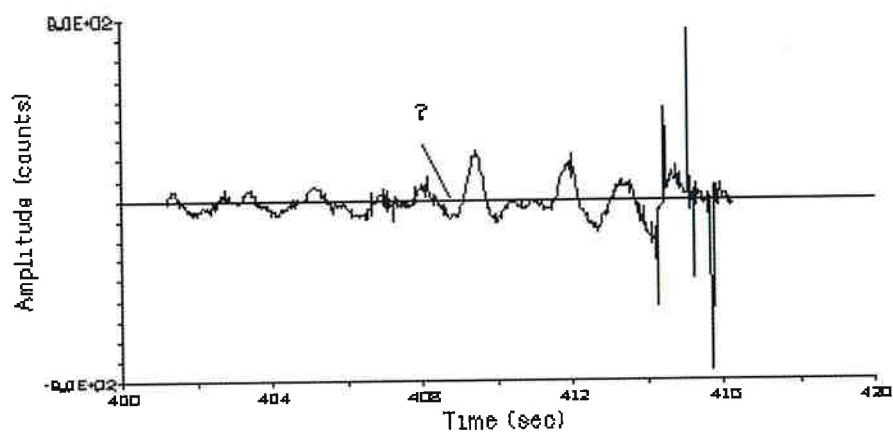


Figura 1.5 Esempio di forma d'onda dopo aver digitato 2 (tempo II° picking)



MCT T 12/12 13:07:47.18 A = 52 τ = 1.42 D = 8. W = 0
 13:09:58.93 A = 525 τ = 0.40 D = 22. W = 0
 13:13:02.01 A = 121 τ = 1.86 D = 20. W = 0
 13:13:34.66 A = 688 τ = 1.40 D = 19. W = 0

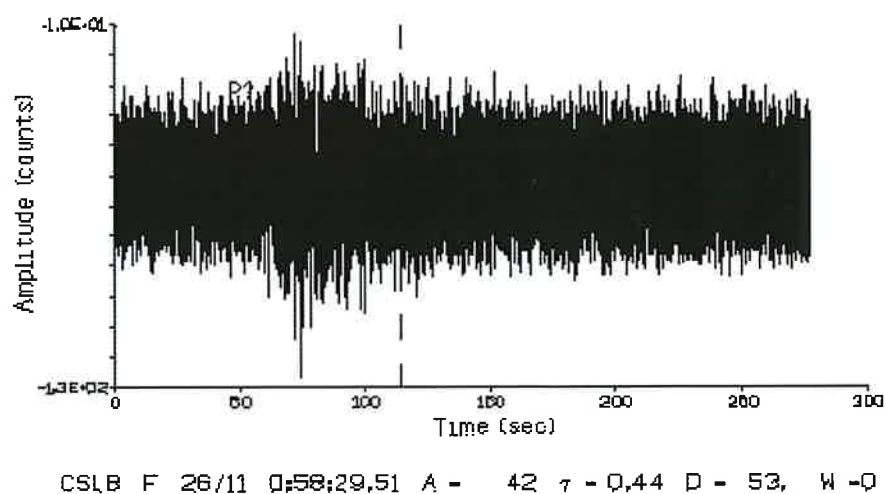
Figura 1.6 Esempio forma d'onda dopo ave digitato 4 (tempo IV° picking)



MCT T 12/12 13:07:47.18 A = 52 τ = 1.42 D = 8. W = 0
 13:09:58.93 A = 525 τ = 0.40 D = 22. W = 0
 13:13:02.01 A = 121 τ = 1.86 D = 20. W = 0
 13:13:34.66 A = 688 τ = 1.40 D = 19. W = 0

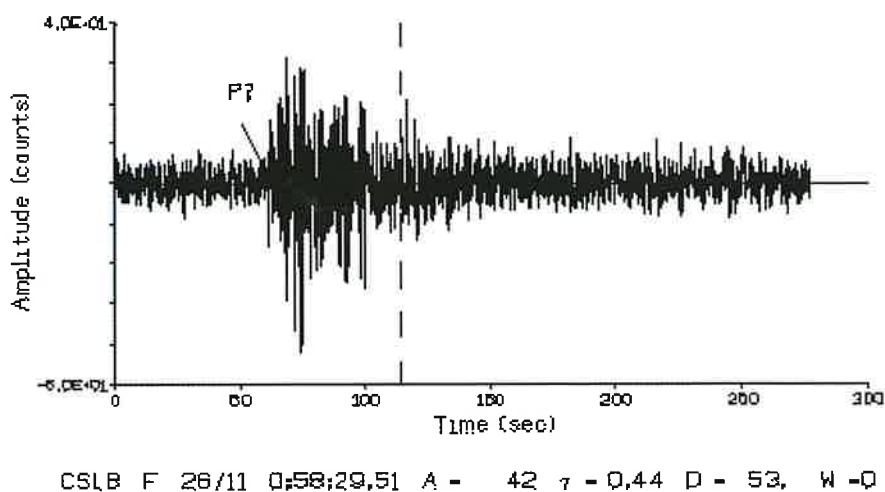
Nel caso in cui il rumore sismico sia tanto elevato da confondere l'inizio della fase o addirittura il terremoto stesso, (Figura 1.7)

Figura 1.7 Esempio di forma d'onda nascosta dal rumore sismico



si consiglia di applicare il filtro standard digitando F (Figura 1.3)

Figura 1.8 Esempio della stessa forma d'onda (Figura 1.7) filtrata con filtro standard



per tornare alla forma d'onda iniziale senza filtro digitare E

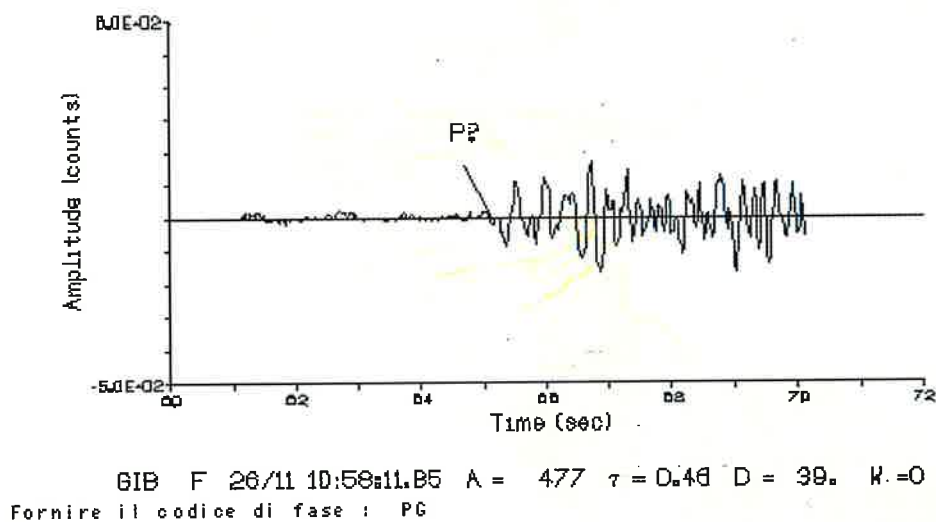
Ricordarsi quindi che se si vuole applicare il filtro standard qualora la forma d'onda sia molto disturbata digitare F mentre per ritornare all'originale digitare E.

2. Modifica del nome della fase P?

Riprendendo una qualsiasi stringa notiamo che dopo la voce relativa alla sigla della stazione, compare una P generica con punto interrogativo che sta a indicare l'eventuale inizio calcolato dal sistema automatico. Noi vogliamo però dare un nome preciso alla fase iniziale e per fare ciò dobbiamo procedere in questo modo:

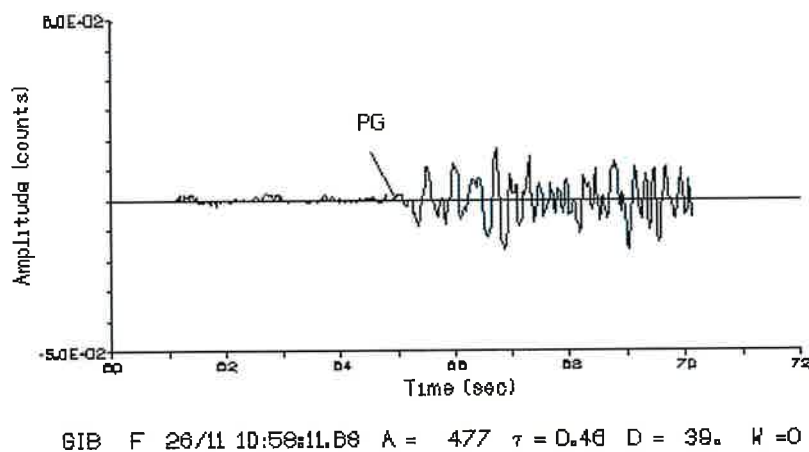
si da un return e comparirà la forma d'onda nella sua estensione, ci si posiziona con il cursore sul punto che riteniamo possa essere l'inizio e si digita T e comparirà sotto la stringa delle informazioni la richiesta del codice di fase. (Figura 2.1)

Figura 2.1 Forma d'onda con picking generico (inizio P?)



Alla richiesta del codice, digiteremo PG, PN, P, PKP a seconda che si tratti di un terremoto locale, regionale o entro l'area del mediterraneo, telesisma fino a 11000 km o telesisma oltre i 12000 km tutte in maiuscolo perché il programma non riconosce le minuscole. Una volta fatta questa operazione se si vuol vedere l'esatta correzione digitare R e ricomparirà la forma d'onda con il nuovo nome della fase iniziale. (Figura 2.2)

Figura 2.2 Esempio forma d'onda con inizio di fase rinominato



Ricordare quindi che per cambiare il nome della fase occorre digitare T mentre per rivedere la correzione digitare R

3. Polarità

Premesso che il movimento della terra può subire un dilatazione o una compressione per effetto delle onde sismiche generate dal terremoto, nella lettura del sismogramma, quando è possibile, bisogna individuare tale movimento che chiamiamo polarità.

Per far ciò, bisogna individuare lo spostamento del primo impulso che caratterizza l'inizio del sismogramma vale a dire si deve vedere se l'inizio è verso l'alto rispetto alla linea centrale oppure verso il basso. (Convenzione internazionale)

Nel caso che l'inizio del terremoto vada verso l'alto, significa che siamo in presenza di una compressione che viene identificata con i simboli $\pm$, C, U dove C sta per compressione e U per UP, se invece è verso il basso, sarà identificato con un -, D, dove D sta per dilatazione e Down.

Quando riusciamo a stabilire la polarità significa che l'impulso che caratterizza l'inizio del terremoto è netto per cui dobbiamo identificarlo e farlo capire anche agli addetti ai lavori e per far questo basta accompagnare la nostra lettura con questi simboli.

I = impetus inizio netto

E = emersio inizio appena accennato

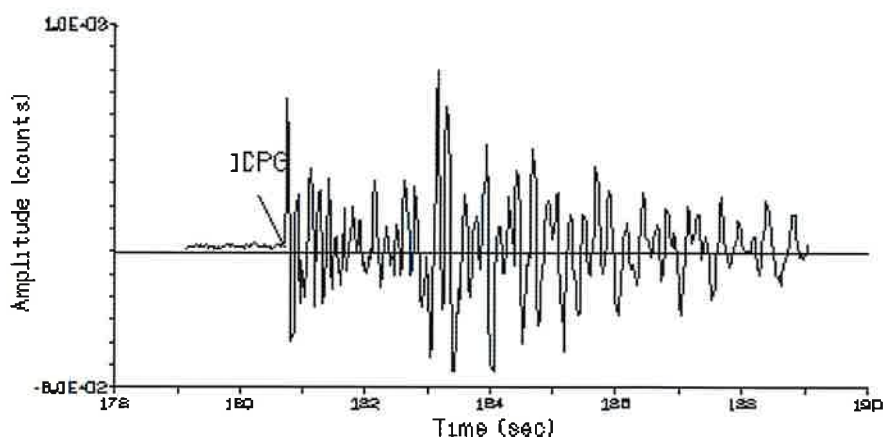
+, C, U, compressione (simboli convenzionali)

-, D dilatazione (simboli convenzionali)

PG, PN, P, PKP, PKP1, PKP2, tipi di fase che caratterizzano l'inizio del Terremoto.

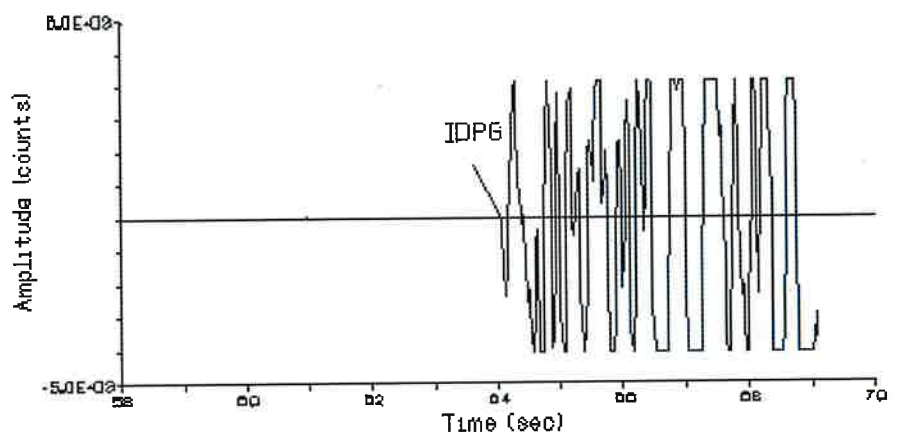
Perciò se devo comunicare che il terremoto è locale ed ha un inizio netto verso l'alto non devo far altro che scrivere **ICPG** (Figura 3.1) oppure nel caso contrario (cioè verso il basso) sarà **IDPG** (Figura 3.2)

Figura 3.1 Esempio di terremoto con inizio caratterizzato da compressione



CRE F 26/11 12:00:57.99 A = 631 $\tau = 0.36$ D = 25. W = 0

Figura 3.2 Esempio di terremoto con inizio caratterizzato da dilatazione



CRE F 26/11 12:36:27.06 A = 4096 $\tau = 0.42$ D = 44. W = 0
 12:34:15.89 A = 0 $\tau = 0.00$ D = 0. W = 0

E bene ricordare che la polarità deve essere espressa solo quando si è sicuri del verso e non si deve mai riportare quando la forma d'onda è stata filtrata a causa della distorsione che può essere prodotta dal filtro digitale.

Nei vecchi bollettini, si poteva trovare la polarità espressa anche su terremoti il cui inizio era appena percettibile e lo si poteva intuire dalla sigla iniziale come per **ezPn 23242500** + oppure **ezDPN 23242600**.

Queste sigle significano che il terremoto ha avuto un inizio con compressione e con dilatazione appena accennato e non netto.

Con il sistema automatico siamo costretti comunque a usare la lettera I maiuscola perché tale sistema non riconosce le minuscole per cui le nostre polarità saranno solo e comunque delle I.

4. Inserimento nuovo picco (o fase)

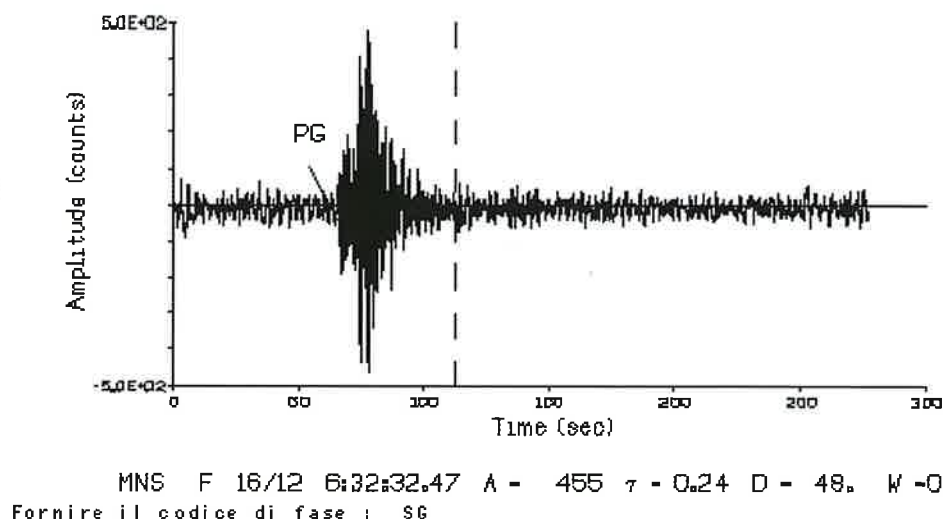
Conclusa la parte relativa all'inizio del terremoto, si passa ora all'esame di un eventuale altro picco da intendere quale fase seconda.

In primo luogo è consigliabile affidarsi al colpo d'occhio esaminando il sismogramma originale, così come ci compare nella prima schermata ed individuare il punto che riteniamo essere l'inizio di un'altra fase.

Posizionarsi con il cursore su tale punto il cursore e digitare **P**.

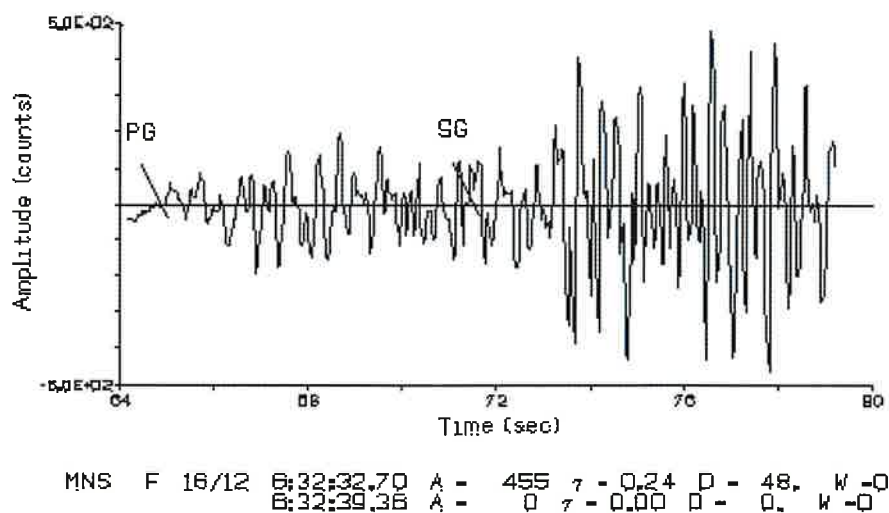
Verrà richiesto il codice di fase che potrebbe essere una SG, SN o altre in casi veramente rari. (Figura 4.1)

Figura 4.1 Forma d'onda con l'inserimento di fase supplementare supposta



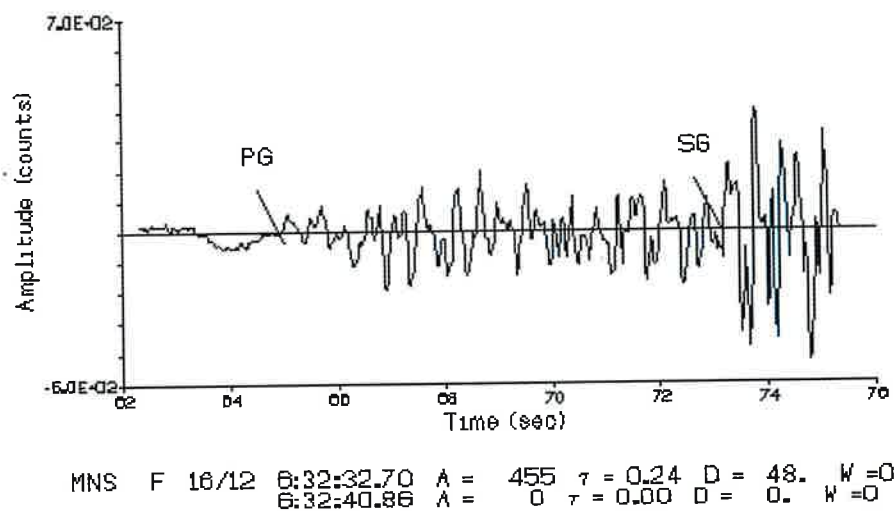
Una volta inserita la fase supplementare è necessario visualizzare la forma d'onda per verificare se la fase stessa è stata inserita al punto giusto per cui si può procedere nei modi precedentemente analizzati selezionando manualmente una finestra temporale oppure digitando 2. (Figura 4.2)

Figura. 4.2 Forma d'onda visualizzata dopo aver inserito un'altra fase



Una volta visualizzata la forma d'onda se la fase supplementare (II fase) è stata messa in un punto sbagliato, si può correggere ricorrendo all'applicazione della T e procedere di conseguenza. (cap. 2) (Figura 4.3)

Figura 4.3 Forma d'onda con seconda fase corretta



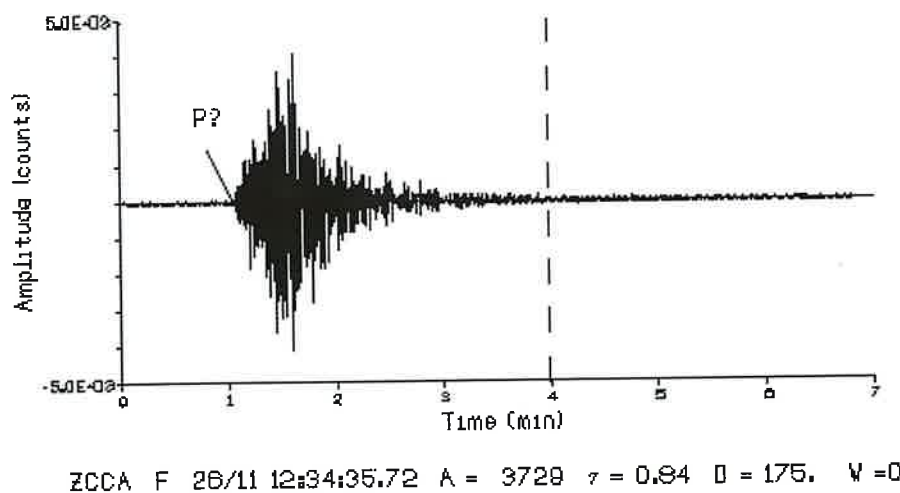
Ricordarsi quindi che per inserire una nuova fase, bisogna digitare P mentre per rivederla R

5. Durata

Tornando alla nostra stringa, notiamo che alla fine compare una D seguita da un numero che rappresenta la stima della lunghezza (durata) della registrazione del terremoto calcolata dal sistema automatico.

Nella forma d'onda estesa, questa lunghezza è delimitata da una linea verticale tratteggiata, (Figura 5.1)

Figura 5.1 Forma d'onda con durata delimitata dalla linea verticale tratteggiata



Esaminiamola:

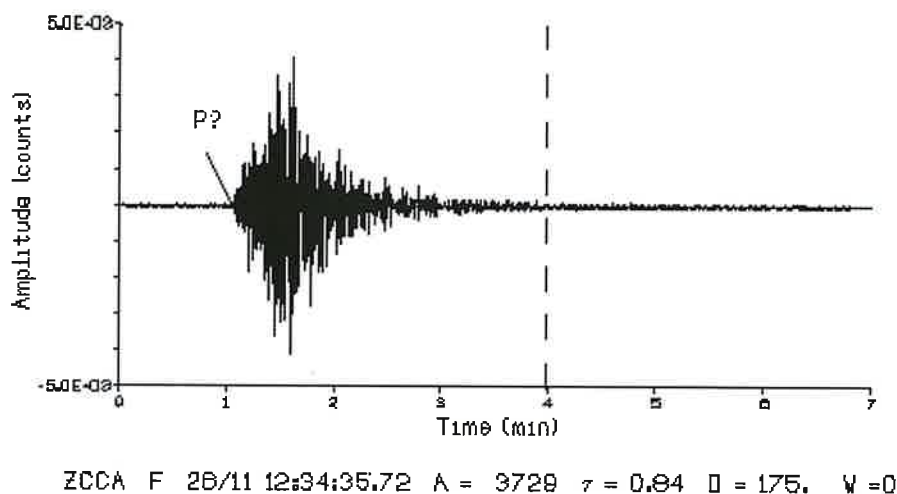
poiché il sistema automatico non è infallibile, si consiglia sempre di vedere il sismogramma nella sua estensione per verificare la veridicità della stima del sistema stesso.

E' bene ricordare a questo proposito che la lunghezza del terremoto si considera tale fino al punto in cui la coda si perde nel rumore microsismico.

Apriamo una finestra in modo da contenere entro il limite superiore ed inferiore anche la linea tratteggiata per vedere se questa combacia con la fine della registrazione del terremoto.

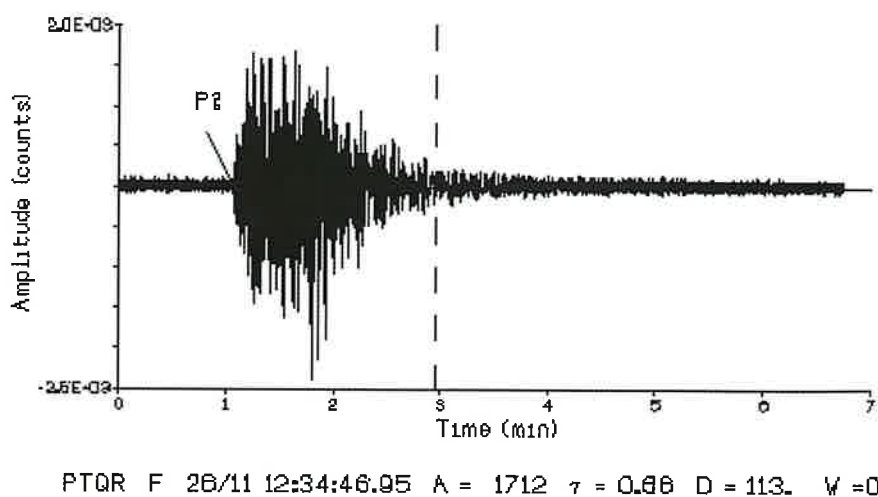
Se la stima fatta dal sistema automatico è giusta, la si accetta, (Figura 5.2)

Figura 5.2 Forma d'onda con la stima della durata corretta



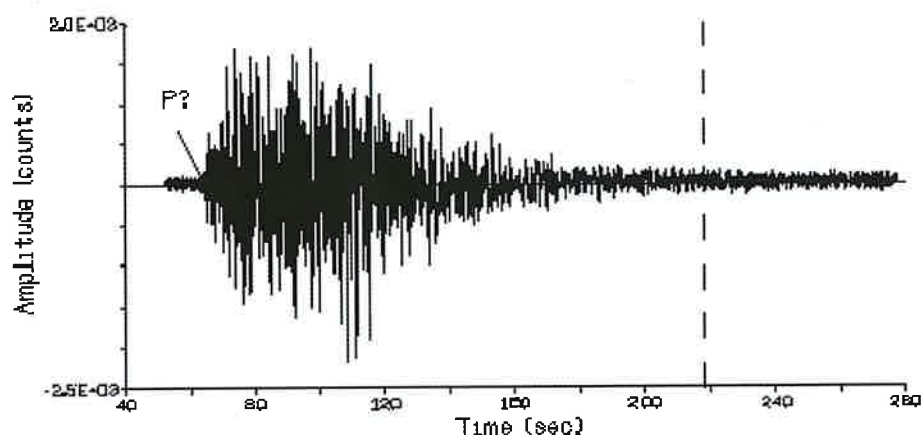
se invece la giudichiamo errata (Figura 5.3) la possiamo cambiare con una semplice operazione.

Figura 5.3 Forma d'onda con la stima della durata errata



Si posiziona il cursore sull'inizio del terremoto e si digita **M**, poi si posiziona il cursore sul punto che crediamo essere la fine della coda e si digita nuovamente **M** quindi si digita **R**, apparirà la forma d'onda, (Figura 5.4) se l'operazione è stata eseguita correttamente, con la nuova durata.

Figura 5.4 Forma d'onda con la stima della durata riveduta e corretta



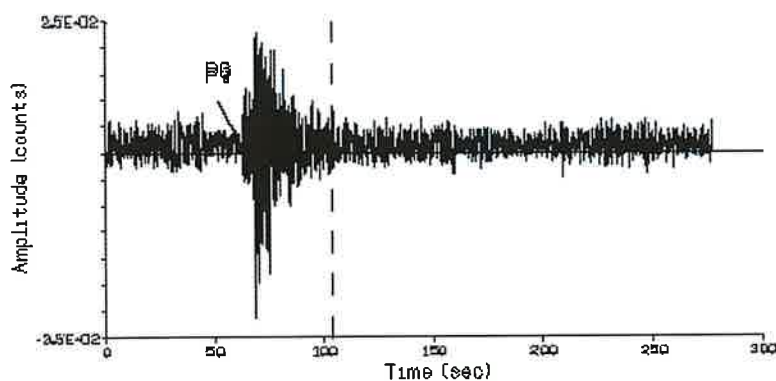
PTQR F 20/11 12:34:46.95 A = 1712 $\tau = 0.66$ D = 154. W = 0

Ricordarsi perciò che per cambiare la lunghezza del terremoto basta digitare **M** all'inizio ed alla fine del terremoto e **R** per rivederla.

6. Eliminazione di un dato

Può capitare anche che nella lettura di un sismogramma si possa commettere qualche errore come per esempio digitare una P piuttosto che una T ed avere una doppia fase con nomi diversi, con tempi diversi e doverle correggere. (Figura 6.1)

Figura 6.1 Forma d'onda di una stessa fase con nomi diversi

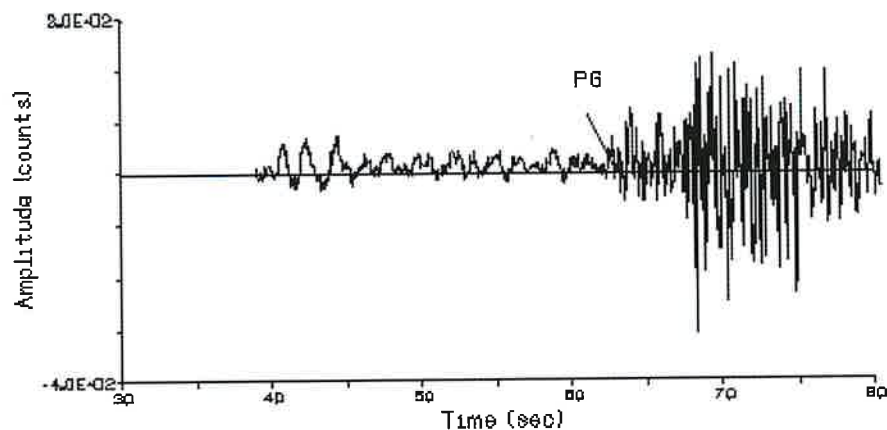


RDP F 16/12 0:32:30.50 A = 261 $\tau = 0.26$ D = 41. W = 0
0:32:30.62 A = 0 $\tau = 0.00$ D = 0. W = 0

Il modo più semplice è quello di eliminarne una.

Si posiziona il cursore sulla fase da eliminare e si digita **D** e la fase viene eliminata sia nella parte grafica che come tempo, digitare **R** e si avrà la nuova forma d'onda con le correzioni eseguite. (Figura 6.2)

Figura 6.2 Forma d'onda corretta



RDP F 16/12 0:32:30.62 A = 0 τ = 0.00 D = 0. W = 0

Ricordarsi che per eliminare un dato basta posizionarsi con il cursore sul dato da eliminare e digitare **D ma soprattutto fare massima attenzione sul dato da eliminare**

7. Nomenclatura delle fasi più usate

Nella prima parte di questa guida durante la procedura di avvio alla lettura delle forme d'onda, s'è visto che digitando il processo rework, compariva tutta una serie di informazioni tra cui anche le fasi riconosciute dal sistema. (Figura 7.1)

Figura 7.1 Fasi ammesse dal sistema automatico

```
rework
-----
      tipi ammessi di fase:
      P, ICP, IDP, PG, ICPG, IDPG, PN, ICPN, IDPN,
      S, IS, SG, ISG, SN, ISN,
      pP, IpP, sP, IsP, IC, ID,
      PKP, ICPKP, IDPKP, PP, P-
      PKP1, PKP2, IDPKP1, IDPKP2, ICPKP1, ICPKP2,
      PcP, PS, SP, PKiKP, PKPab, PKPbc, PKPdc
      comando FILE:
      dopo aver visionato un evento battere FILE (return);
      vengono creati due file di nomi hhgg.hhhh (IPO)
      e hhggghhhh.HYP (HYPOINVERSE).
      comando LOC:
      attiva procedure alternative di localizzazione e di estrazione
      dei comuni più vicini all'ultimo epicentro visionato o calcolato.
      -----
      XDCL-I-SUPERSEDE, previous value of SYS$INPUT has been superseded
      *
```

Ma quando dobbiamo chiamare le fasi Pg - Sg , Pn - Sn?

Volendo ragionare per gradi, la consuetudine indica come terremoti domestici (d) i terremoti la cui distanza epicentrale non supera i 100 Km, vicini (v) quelli la cui distanza va da 101 a 1500 Km, remoti (r) quelli da 1000 a 12000 ed ultimi quelli oltre i 12000 mentre la moderna nomenclatura prevede :

- L'inizio della registrazione di un dato gruppo di onde, **fase**, viene indicato con **i** (impetus) se si tratta di un impulso netto ed inequivocabile, con **e** (emersio) se ciò non avviene.

iN (impetus sulla componente N-S) iE (impetus sulla componente E-W)

Infine per la componente verticale si indicherà una C o D (+ o -) a seconda che l'inizio è caratterizzato da una compressione o da una dilatazione.

- o Pg onde longitudinali dirette che si propagano solo nello strato del granito
- o P* (Pb) onde longitudinali che hanno compiuto parte del tragitto nello strato del basalto
- o Pn onde longitudinali rifratte che hanno compiuto parte del loro percorso al disotto della superficie di Mohorovicic (Moho)
- o Px₁ , Px₂ , Sx₁, Sx₂ onde miste che hanno attraversato i vari strati della crosta compiendo un tratto ad esempio come longitudinali ed un altro come trasversali
- o Sg , S* (Sb), Sn onde trasversali corrispondenti

Figura 7.1a Schema della propagazione delle onde longitudinali dei terremoti vicini

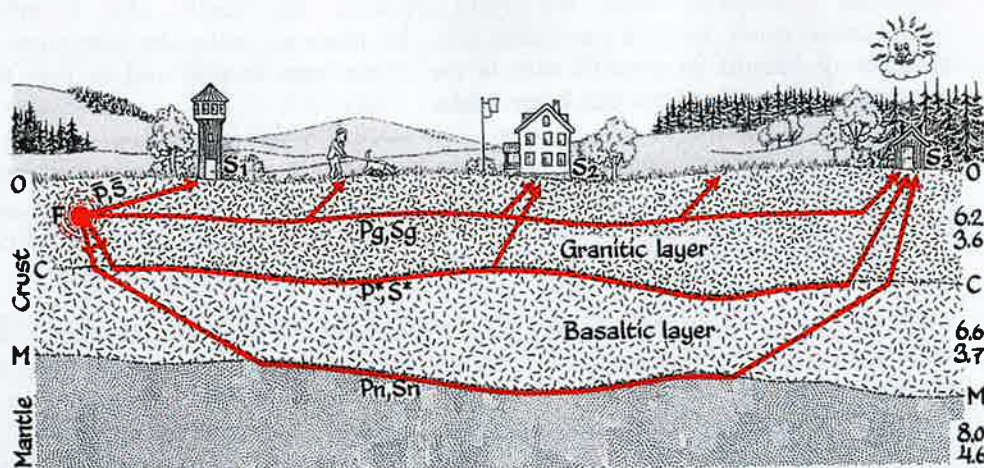


Fig. 10. Principles of the wave propagation through a continental crust consisting of two layers with dipping and non-planar interfaces. Symbol *C* designates the Conrad discontinuity and figures in the right margin give approximate velocities of propagation in km/s for *P* (upper figures) and *S* waves (lower figures). Conventions as for Fig. 9.

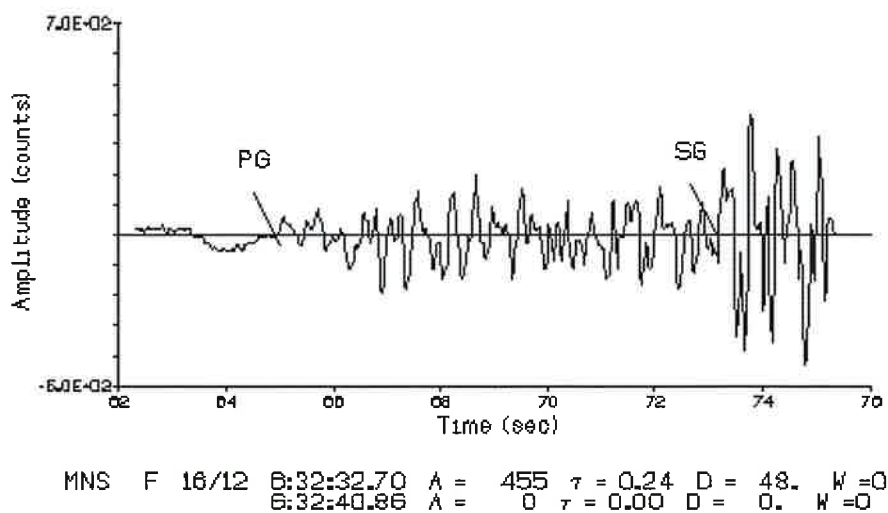
- o RiPg onde longitudinali riflesse dalla discontinuità di Conrad

- o RiSg onde trasversali corrispondenti
- o PgPg onde longitudinali riflesse dalla superficie della terra
- o SgSg onde trasversali corrispondenti

La distanza ipocentrale, che serve per il riconoscimento delle fasi, viene determinata dalla conoscenza dei tempi di registrazione delle varie fasi utilizzando tabelle che forniscono i tempi di tragitto dei vari tipi di onde in funzione della distanza.

In particolare per terremoti locali, (inizio con Pg e Sg) potremo avvalerci anche della formula $(t_2 - t_1) K$ dove t è il tempo di arrivo delle S, t il tempo di arrivo delle P e $k = 7.2$ ca (Figura 7.2)

Figura 7.2 Calcolo della distanza con la differenza dei tempi per fattore K



Analizzando il sismogramma notiamo che la differenza tra l'arrivo della Pg e quello della Sg è di 8.16 sec per cui applicando la formula $(t_2 - t_1) k = (40.86 - 32.70) K = 8.16 \times 7.2 = 58.7$ Km ca troviamo che il terremoto ha una distanza ipocentrale di circa 59 Km dalla stazione.

Aumentando la distanza il sismogramma si complica con la registrazione di onde riflesse e rifratte; a partire dai 200 Km (secondo le dromocrone di Caloi e anche quelle della Marcelli per terremoti di profondità normale) l'inizio è caratterizzato da una Pn seguita da una Pg generalmente più ampia; analogamente si ha una Sn e quindi una Sg con quest'ultima più netta della prima.

Oltre alla differenza dei tempi di arrivo delle fasi, per riconoscere che tipo di terremoto stiamo analizzando possiamo regolarci anche con il periodo espresso nella stringa di presentazione dell'evento.

Infatti se il periodo è compreso tra 0.1 e 0.5 sec si tratta di terremoto locale con inizio Pg.

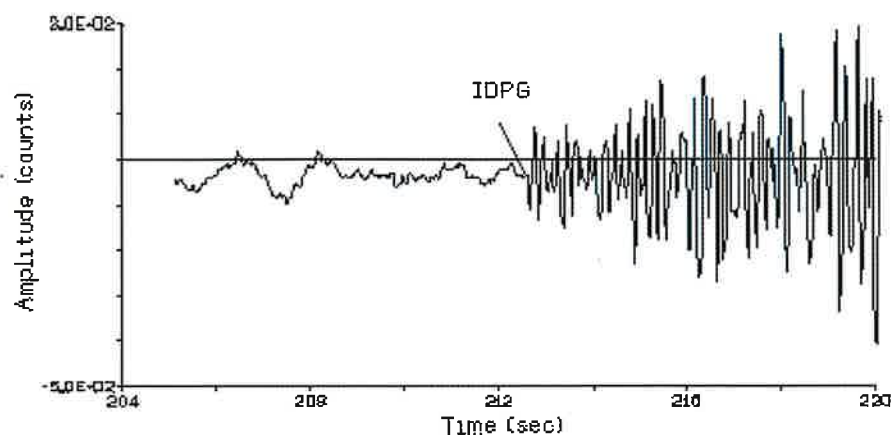
Con periodo compreso tra 0.6 e 1.0 sec si tratta prevalentemente di terremoto tra i 200 ed i 1500 km il cui inizio è caratterizzato da una Pn

Con periodo superiore a 1.0 sec ci troviamo in presenza di un telesisma con inizio caratterizzato da una P o da una PKP se la distanza è superiore a 12000 Km.

Ricapitolando

- Terremoto locale: inizio generalmente netto con una i (impetus) e fase Pg per la prima Sg per la seconda Figura 7.3

Figura 7.3 Terremoto locale con inizio PG

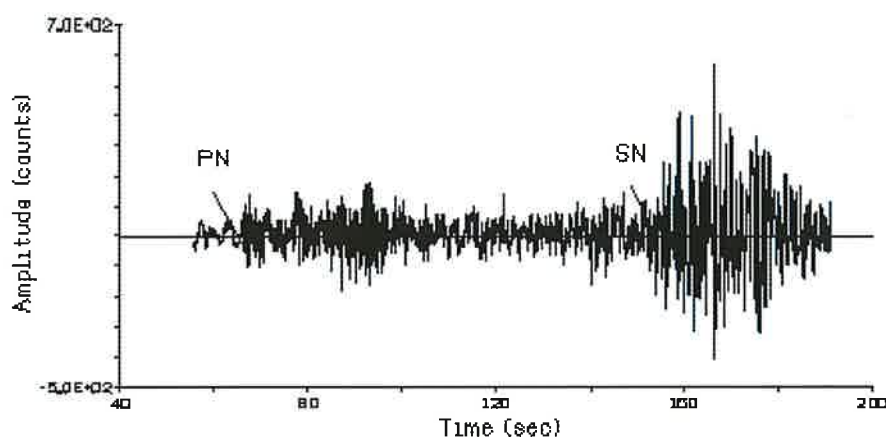


FSSB F 4/01 16:21:09.15 A = 1556 τ = 0.26 D = 66. W = 0
 16:21:17.79 A = 0 τ = 0.00 D = 0. W = 0

Si tratta di un evento locale in cui si può vedere l'inizio rappresentato da un impetus con fase Pg e periodo 0.26 sec con distanza entro i 100 Km per la precisione a circa 65 Km dalla stazione. La distanza calcolata con la differenza dei tempi tabellare è comparabile con quella ricavata dalla formula $(t_2 - t_1) \times K$

- Terremoto compreso tra 201 e 1500 km: inizio appena accennato con una e (emersio) e fase Pn per la prima ed Sn per la seconda Figura 7.4

Figura 7.4 Terremoto compreso tra 200 e 1000 Km con inizio PN



FVI F 6/01 4:20:52.77 A = 499 τ = 0.66 D = 145. W = 0
 4:22:21.55 A = 0 τ = 0.00 D = 0. W = 0

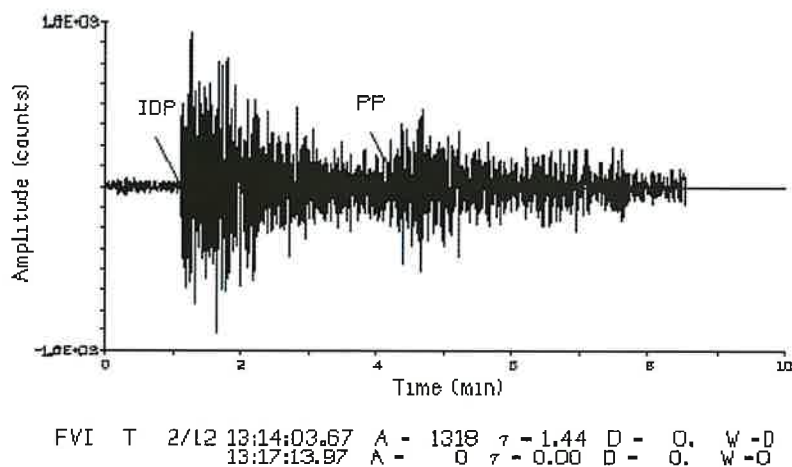
esempio di terremoto compreso tra i 200 e 1000 km con inizio caratterizzato da una e (emersio) con fase Pn come prima fase.

La distanza calcolata con le tabelle (dromocrone) di circa 840 Km è data dalla differenza dei tempi di arrivo della Sn - Pn (1' 28.78")

Per terremoti con inizio Pn non vale più la formula della differenza dei tempi di arrivo per il fattore K.

Terremoto telesismico con inizio P : sono i telesismi che sono compresi tra i 1500 e 11000 Km ($14^\circ \leq \Delta \leq 105^\circ$) il cui inizio è caratterizzato da una fase P generica intesa come primo arrivo. Con la strumentazione che viene usata attualmente dalla R.S.N.C. si riesce a registrare soltanto le onde longitudinali (P) e le sue riflesses (PP). (Figura 7.5)
Nel caso di terremoti molto forti è possibile qualche volta individuare anche le S

Figura 7.5 Esempio di Telesisma con P e le riflesse PP



Telesisma registrato dalla stazione di FVI con inizio netto (impetus) e polarità (dilatazione). Sono visibili anche le riflesse (PP) ed è evidente la mancanza della seconda fase S. Oltre l'assenza della fase S è da notare anche il valore del periodo abbastanza lungo 1.44 sec.

Tra gli 11670 e 12200 km ($105^\circ \leq \Delta \leq 110^\circ$) esiste la cosiddetta zona d'ombra in cui compaiono le P diffratte che vengono registrate soltanto da alcune stazioni della rete. Queste onde sono seguite dopo circa quattro minuti dalle PKP

Figura 7.5 Esempio di propagazione delle onde P diffratte.

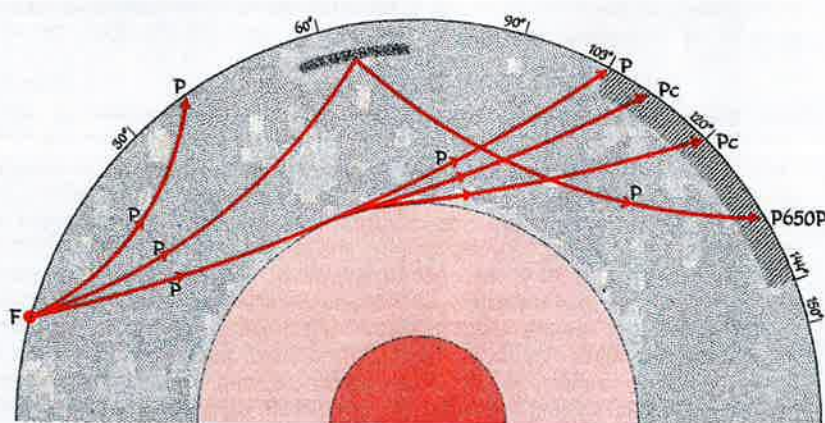


Fig. 16. Examples of propagation paths of direct P waves, P waves diffracted around the core-mantle boundary and P waves reflected downwards at a discontinuity at 650 km depth. The discontinuity and the shadow zone (103-144°) are shaded. Conventions as for Fig. 14.

Nel caso specifico che tutte le stazioni della rete abbiano registrato uno stesso evento in circa 20, 25 sec max significa che il terremoto è avvenuto oltre gli 11000 km ($\Delta \geq 105^\circ$) e quindi le onde per arrivare alle nostre stazioni, hanno attraversato il nucleo per cui l'inizio non sarà più una P ma una PKP dove K significa proprio l'attraversamento del Nucleo esterno

Figura 7.6 Esempio di propagazione delle onde PKP.

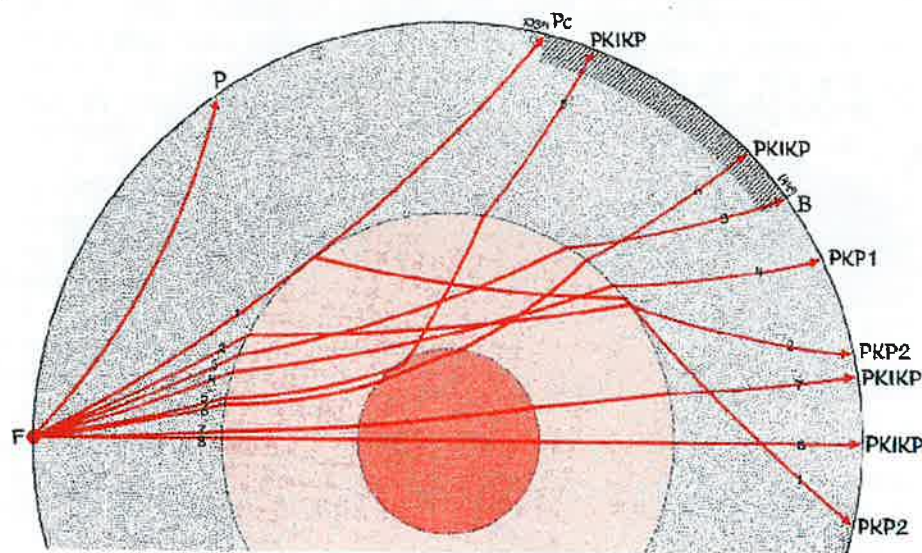
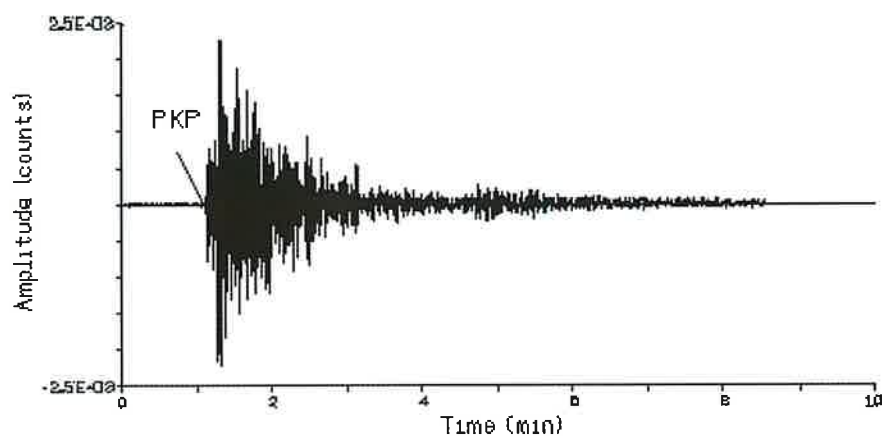


Fig. 17. Examples of propagation paths of *P* waves traveling through the Earth's core. The shadow zone between 103° and 144° is shaded and *B* denotes the caustic point. Rays are numbered in the order of increasing steepness of the initial descent. For details see the text. Conventions as for Fig. 14.

Figura 7.6a Esempio telesisma oltre gli 11000 Km con inizio PKP

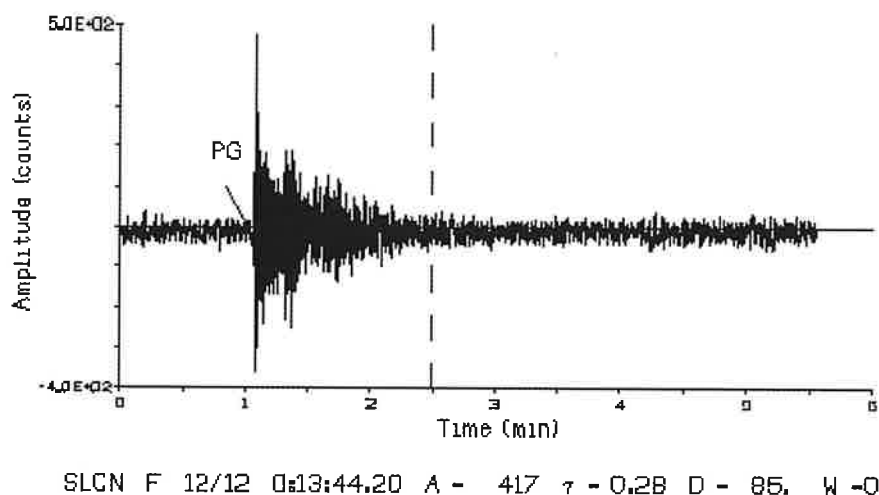


RSM T 2/01 17:42:28.68 A = 2235 $\tau = 1.20$ D = 0. W = 0

- Terremoto profondo: generalmente riguarda la zona del basso tirreno e si presenta con un inizio netto, seconda fase poco chiara o addirittura inesistente, fase superficiale nulla e i tempi di arrivo alle stazioni che registrano l'evento si differenziano di pochi secondi insomma si potrebbe scambiare per un telesisma.

Per riconoscere se il terremoto è profondo, oltre all'esperienza, occorre analizzare il periodo che in questi casi non supera il mezzo secondo Figura 7.7

Figura 7.7 Terremoto profondo



Il sismogramma è quello di un terremoto profondo. Come si può vedere l'inizio è netto, la fase superficiale inesistente ed il periodo è intorno a 0.3.

Ultima osservazione la fase iniziale definita con Pg è errata in quanto essendo profondo oltrepassa lo strato del granito per cui è più corretto chiamarla con una P generica.

Alle volte, nel leggere i bollettini sismici dell'ING, si poteva trovare una fase AP o APKP.

Questa fase nella nomenclatura classica è chiamata pP o pPKP ed è quella che viene definita **fase di profondità**.

Sono onde che dal fuoco si propagano verso la superficie libera che le riflette poi nel mantello e che si identificano con una **p** per le longitudinali e **s** per le trasversali. (figura 7.8)

Nel sismogramma sono riconoscibili perché la differenza di tempo (pP - P) è costante su tutte le stazioni che le registrano e poi perché il loro inizio è molto più netto rispetto alla P.

Secondo la profondità e la distanza il ritardo di queste onde rispetto alla P o alla PKP può oscillare:

per profondità normale	33 Km da 9 ^s a 11 ^s e distanze 22° ≤ Δ ≤ 180°
per profondità	95 Km da 20 ^s a 26 ^s con distanze 26° ≤ Δ ≤ 180°
per profondità	160 Km da 26 ^s a 43 ^s con distanze 20° ≤ Δ ≤ 180°
per profondità	700 Km da 107 ^s a 153 ^s con distanze 37° ≤ Δ ≤ 180°

Figura 7.8 Esempio di propagazione delle onde pP

