

# NOTAT

Oppdragsnr. 58120.2

Dato 27.06.83

GÅR TIL

Orientering

Uttalelse

Behandling

Efter avtale

RYGGFONN PROSJEKTET

MALINGER GJORT UNDER SKRED 23.04.83

23 APRIL 1983

GÅR TIL	Orientering	Uttalelse	Behandling	Efter avtale
EDB	X			
KSo	X			
GAS	X			
HN			X	X
OEH	X			
(NVE)				X
NGI's arkiv	X			

Avd.leder EDB

Saksbeh. TK/GAS

## INNLEDNING

For beskrivelse av instrumentering og dataregistrering referes det til (1). Følgende notasjon gjelder:

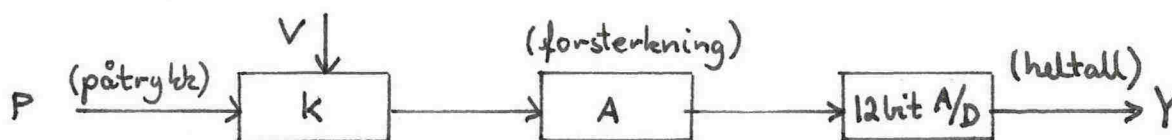
- TC = 18 cm diameter last-celle på voll
- SC = sensor for aksialt strekk i kabel
- LC = last-celle på "betong-kloss"
- RM = vibrasjons sensor.

Det ble spillt inn data i ca. 8 min. under skredet 23. april 1983. Det viser seg at alle kanaler har tilnærmet 0 utgangssignal utenfor en ca. 3 min. periode. Data utover disse 3 min. er derfor utelatt i de benyttede datafiler. Hver kanal ble punktprøvet med frekvens 333.33 ganger/sek. og hver datafil er på 58340 verdier. Alle kanaler er referert til et synkroniseringssignal som ble lagt inn under målingen; her angitt som tid 0. (Tid 0 er 1 t 3 min 40 s etter synkroniseringssignalet.)

PCM-systemet som ble benyttet er et 12-bit (4096 tilstander) digitalt system. Hver digitale tilstand er tilegnet en heltallsverdi fra -2047 til +2048. Følgende omregningsfaktorer gjelder for beregning av ingeniørstørrelser:

Sensor	Kalibrering (k)	Brospenning (V)	Omregningsfaktor (S) (Oppløsning)
--------	-----------------	-----------------	--------------------------------------

TC-1	5,98 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kPa}$	9,409 V	0,109 {kPa}
SC-1	9,87 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kN}$	9,163 V	0,135 {kN}
SC-2	9,87 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kN}$	9,159 V	0,135 {kN}
SC-4	9,85 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kN}$	9,336 V	0,133 {kN}
SC-5	9,87 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kN}$	9,335 V	0,132 {kN}
SC-6	9,82 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kN}$	9,335 V	0,133 {kN}
LC-1	2,45 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kPa}$	8,004 V	0,622 {kPa}
LC-2	2,45 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kPa}$	8,002 V	0,623 {kPa}
LC-3	2,45 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kPa}$	7,992 V	0,623 {kPa}
RM-1	15,3 $\mu\text{V}/\text{V}/\text{kPa}$	-	0,160 {mm/s}



$$P \cdot k \cdot V \cdot A \cdot \frac{4096}{10} = Y \Rightarrow P = Y \cdot S$$

$$\text{hvor } S = \frac{10}{k \cdot V \cdot A \cdot 4096}$$

Dataene foreligger på fil-struktur gitt av dataprogrammet SANTO, se (2) for nærmere beskrivelse. Første fil inneholder endel informasjon inklusive de ovennevnte omregningsfaktorer mens de påfølgende filer inneholder data fra en og en kanal. Alle data er spilt inn på data-bånd og beskrivelse av dette er gitt i vedlegg 1.

Under plotting av data ble det forsøkt å benytte en rutine som midler 4 og 4 rå-dataverdier for å minske antall plotte-punkter. Det viste seg imidlertid at denne rutinen midlet ut hurtigvarierende effekter slik at direkte bruk av kurvene til analyse ble unøyaktig. Alle rå-datapunktene ble derfor benyttet. Kanal SC-5 viste seg å ha tilnærmet lineær drift (trolig fra forsterker) i måleperioden; likeledes hadde flere kanaler konstant

DC verdi. Disse effekter ble korrigert. Plott av de korrigerede tidsseriene er gitt i vedlegg 2.

I tillegg til plotting av de målte tidsserier ble det foretatt en diskret fourier-transform (DFT) for å sjekke frekvensinnholdet i signalene. Dette er nødvendig for å vurdering av eventuelle feilkilder i dataene og for kontroll av knekk-frekvens for det valgte lavpass filteret i PCM-systemet. Her ble det forsøkt å benytte kun ca. 1/3 av de aktuelle data-verdiene for å holde datamaskin-kostnadene nede. Det viste seg imidlertid at interessante resonanstopper forsvant slik at en valgte å benytte alle 58340 verdier under utregningen av DFT. For å unngå såkalt "lekkasje" (generering av falske frekvenskomponenter p.g.a. at analyse-intervallet ikke inneholder heltallsverdier av perioder av de forskjellige sykliske komponenter) plusset en på like mange 0 verdier som egentlige verdier til slutt i data-filene (totalt 110 000 verdier). Dette har samme effekt som å benytte en vindus-funksjon. Plott av effekt-tetthets-speteret (PSD) er gitt i vedlegg 3.

#### NØYAKTIGHET

Vi kan dele opp hver enkelt kanal i flere seksjoner som hver og en bidrar til den totale målefeil. Typiske effekter er angitt nedenfor:

- Basis sensor; ulinearitet, hysteres, temperatureffekter, repeterbarhet.
- Sammensatt måler; i tillegg til effekter fra basis sensoren(e), hysteres, temperatureffekter, friksjon, feil angrepspunkt, dynamiske effekter.
- Målekrets og overføring; ukjente spenningsfall usymmetrisk i målebro, temperatureffekter, elektrisk støy.

- Registreringssystem; forsterkerstøy, filterdempning, digitaliseringsfeil.

Kun noen få av disse effektene er kjent, men det er likevel grunn til å anta at de kjente data ihvertfall gir oss en viss oppfatning av nøyaktigheten. Typiske verdier for basis sensor og digitaliseringsnøyaktighet er oppgitt nedenfor.

Sensor	Fullt område Se (1, Appendix A)	Nøyaktighet Se (1, Appendix A)	Digitaliseringstrinn Oppløsning = S
TC	193 kPa	~ 2 kPa	~ 0,1 kPa
SC	222 kN	~ 0,4 kN	~ 0,13 kN
LC	817 kPa	~ 0,2 kPa	~ 0,62 kPa
RM	7,9 mmxf(Hz)	~ 5% av målt verdi	~ 0,16 mm/s

Uansett de over oppgitte verdier bør ikke nøyaktigheten antas å være bedre enn 1% av den målte verdi i noe tilfelle.

Hvis en har dynamiske signaler som varierer mange digitaliseringstrinn fra en punktprøve til neste får en ekstra feilbidrag. Dette er beskrevet nærmere i (3, kap. 4). For de aktuelle data gjør dette seg kun gjeldende for LC-1, her må en regne med en maksimal unøyaktighet på 20 kPa ved de spisse "impulstoppene". Detaljer av LC-1 signalet fra  $t = 7,60$  s til  $t = 14,60$  s er vist i vedlegg 4.

Hvis en ønsker å bedre nøyaktigheten (eventuelt sjekke nøyaktigheten) er det mulig å kalibrere målerne i felt, noe som imidlertid er komplisert. I spesielle tilfeller vil det være interessant å kjenne resonansfrekvenser for den sammensatte måler, disse vil også kunne måles i felt.

## DISKUSJON AV MÅLERESULTATER

Flere av kanalene bærer preg av at den valgte forsterkning, se (1, tabell 1) har vært for lav i forhold til det aktuelle påtrykk. For kanal SC-1, 4, 2, 5, TC-1 og RM-1 kan en tydelig se at det registrerte signal ikke skifter nivå for mange punktprøveverdier etter hverandre. Dette henger direkte sammen med digitaliseringsfeilen omtalt tidligere.

Vibrasjons-sensoren viser seg å ha så stor dempning at kun en og en enkelt svingeperiode kan sees ved den benyttede forsterkning. Det er imidlertid verdt å merke seg at utslagende henger nøye sammen med "impulstoppene" på LC-1. Detaljer av RM-1 kurven er vist fra  $t = 8,70$  s til  $t = 9,40$  s i vedlegg 4.

Fra effekt-tetthets-spektrene viser det seg at energien i signalene er fordelt ved langt lavere frekvens enn filter knekkfrekvensen på 75 Hz. SC-signalene inneholder riktignok komponenter opp til ca. 25 Hz. I de tilfeller en ønsker å benytte tidsseriene direkte for sammenligning av ulike kanaler og for avlesning av ekstremalverdier bør de forskjellige frekvenskomponenter forsinkes like mye i filteret slik at forvregning unngås. Dette oppnås for den type filter som er benyttet for frekvenskomponenter typ. under 25 Hz, se (1, fig. 8). Hvis høyere frekvenskomponenter eksisterer vil det være mulig å korrigere de fourier transformerte data for denne ulineære fasekarakteristikk effekten.

Effekt-tetthets-spekteret for RM-1 viser typisk karakteristikk av hvit støy slik en kunne forvente utifra tidsserien som består av tilnærmelsesvis tilfeldig digitaliseringsfeil.

Ved å studere tidsforløpene for SC-sensorene kan en tydelig se at de ihvertfall må bestå av frekvenskomponenter i to områder. En detalj fra  $t = 7,60$  s til  $t = 16,60$  s er vist i vedlegg 4 for SC-1. I effekt-tetthets-spekteret i logaritmisk skala er de

høyere komponentene rundt 7 - 8 Hz tydelig synlig. Spekteret for SC-6 er også gitt i linear skala i vedlegg 3 og her vil en ikke se disse høyere komponentene på et plot.

#### ANALYSE

Dataregistreringen foregår ved å punktprøve signalene multi-plekset i tid. D.v.s. at punktprøver fra ulike kanaler er tatt ved ulike tidspunkt. I de tilfeller signalene varierer mye fra en punktprøve til neste kan en få problemer ved sammenligning av kanaler (addisjon, subtraksjon, etc.) i tidsplanet. Dette kan omgås ved interpolasjon mellom datapunkter for å oppnå simultane verdier for de forskjellige kanaler. Slik interpolasjon av dataene er ikke foretatt til nå. En skal også være oppmerksom på at mange operasjoner med fordel kan foretas i frekvensplanet og at en deretter invers-transformerer dataene tilbake i tidsplanet.

Enkle operasjoner som addisjon og subtraksjon av signaler vil være enkelt å foreta selv om disse rutiner ikke foreligger i aktuelle program. Dette kan f.eks. være aktuelt for å finne total last på betongklossen.

Dataprogrammet SANTO, (2), er benyttet til å finne DFT og PSD for de aktuelle data. SANTO inneholder en lang rekke aktuelle subrutiner for analyse av målte tidsserier f.eks. beregning av kryss-korrelasjon og koherens. En kort beskrivelse av SANTO er gitt i vedlegg 5. Kryss-korrelasjonen gir informasjon om sammenhengen mellom to signaler, mens koherensen gir et mål på til hvilken grad to signaler er resultat av samme påtrykk. Disse rutiner kan f.eks være aktuelle ved sammenligning av signaler fra hver side av et kabelstreck; likeledes ved sammenligning av signaler fra hver last-celle på betongklossen. SANTO inneholder også rutiner for bestemmelse av maksimalverdier.

## OPPSUMMERING

Selv om forsterkningen for dette skredet var liten for flere kanaler er det naturlig å anta at andre skred vil forårsake langt større signalnivåer; RM-1 bør imidlertid settes opp fra forsterkning 1 til 50. Utifra de foregående betraktninger om feil p.g.a. for lav punktprøvefrekvens og filter-forvregning synes den valgte punktprøvefrekvens å være tilstrekkelig. Filter knekk-frekvensen er gitt av punktprøvefrekvensen slik at foldningsfeil unngås, se (3, kap. 4). Utifra den foreløpige sjekk av dataene er det ingenting som tyder på spesielle problemer og feil med instrumentering og dataregistreringssystem.

Referanser:

- (1) The Ryggfonn Project - Description of instrumentation and data registration system. By Terje Kvisterøy 58120-3, 10th June, 1983
- (2) User manual to SANTO.A computer program to analyse measured time series. Rev. 1. By Ole Edv. Hansteen 51512-6, 1st February, 1983.
- (3) Måling av dynamiske signaler. Av Terje Kvisterøy 55119-1, 3st June, 1982.

V E D L E G G 1

Beskrivelse av utlegging på databånd.



## BESKRIVELSE AV UTLEGGING DATABÅND.

## ASCII

1600 bpi, 9-track

Logical record size = 120

Blocking factor = 1

## FILE 1

1st Record	Identification text (20A4)
2nd Record	Number of samples (I10)
3rd Record	Time interval between samples, s (F10.5)
4th Record	Names of channels (A4, 2X)
5th Record	Files on which data stored (I3)
6th Record	Conversion factors (F10.5)
7th Record	Units (A4, 2X)
8th Record	Number of data files to follow (I10)

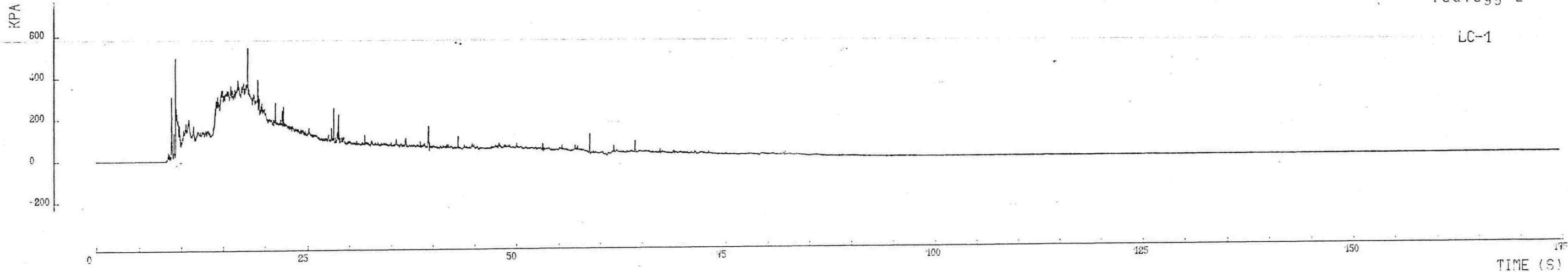
Remaining files are data files - one file for each channel.

Eight (8) data values stored in each record. (8 F15.8).

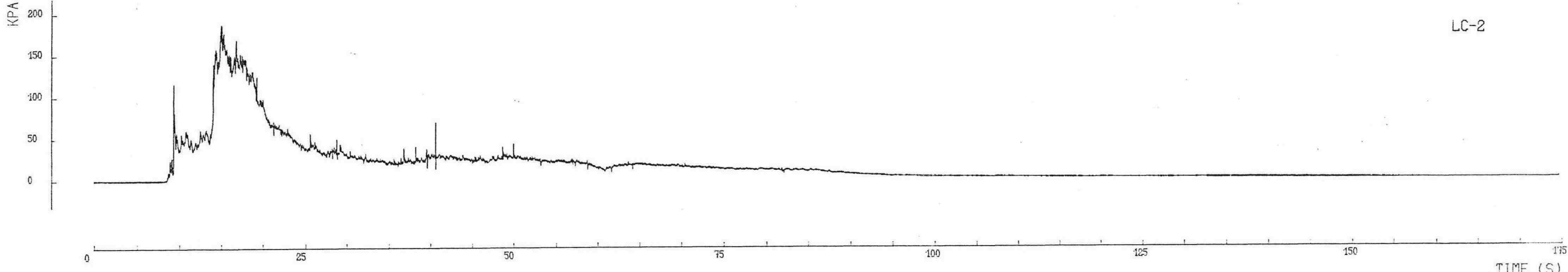
V E D L E G G 2

Plott av korrigerte tidsserier skalert i ingeniørverdier.

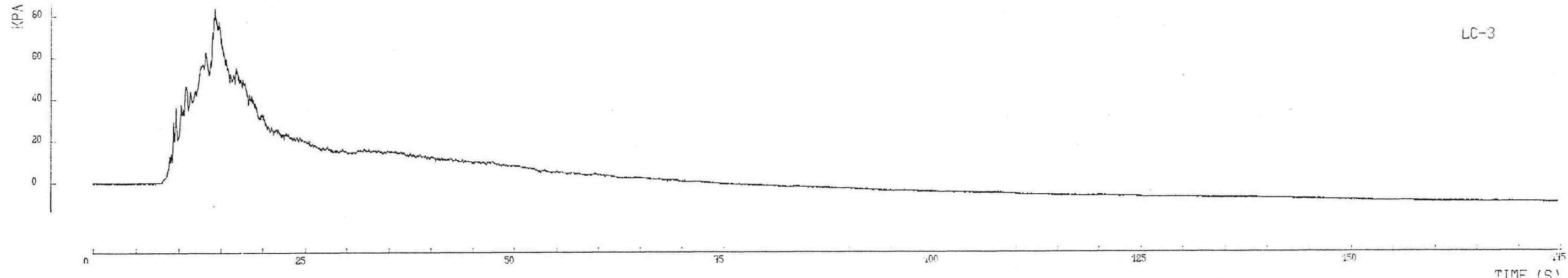
LC-1

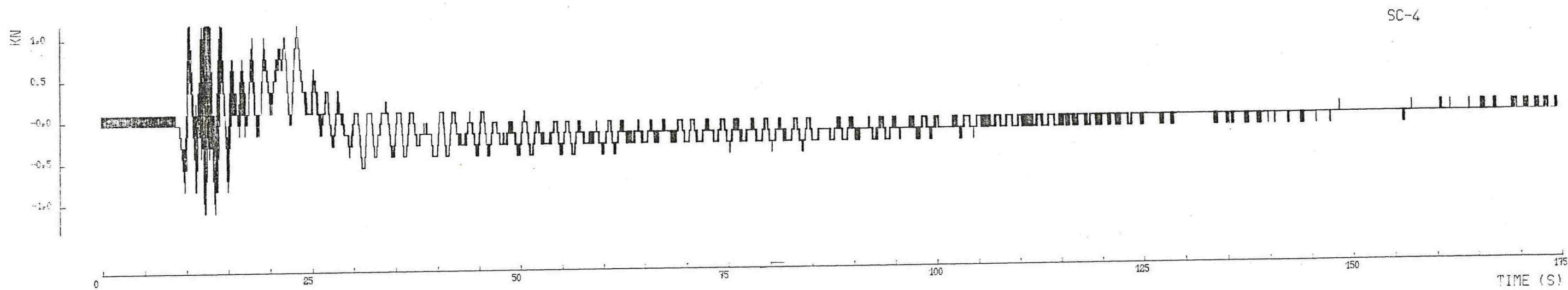
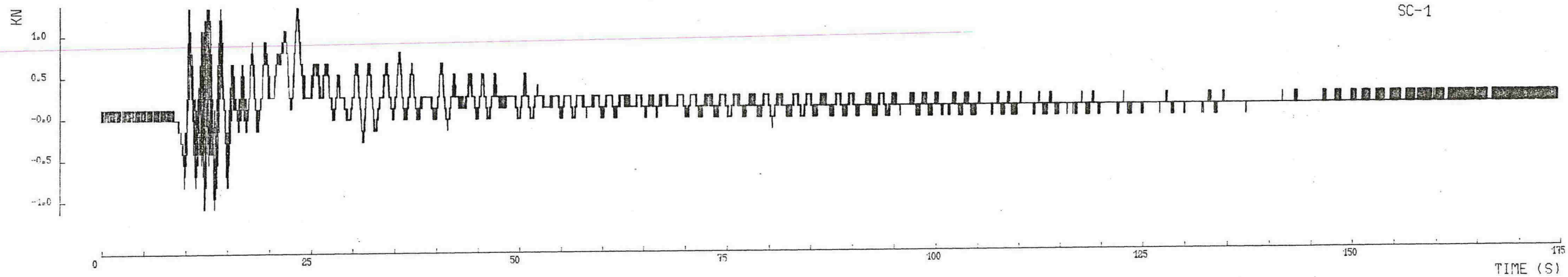


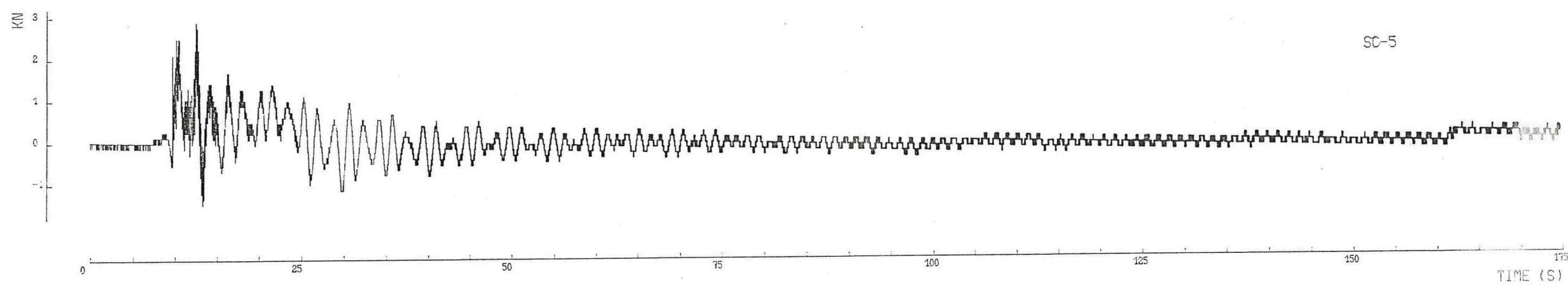
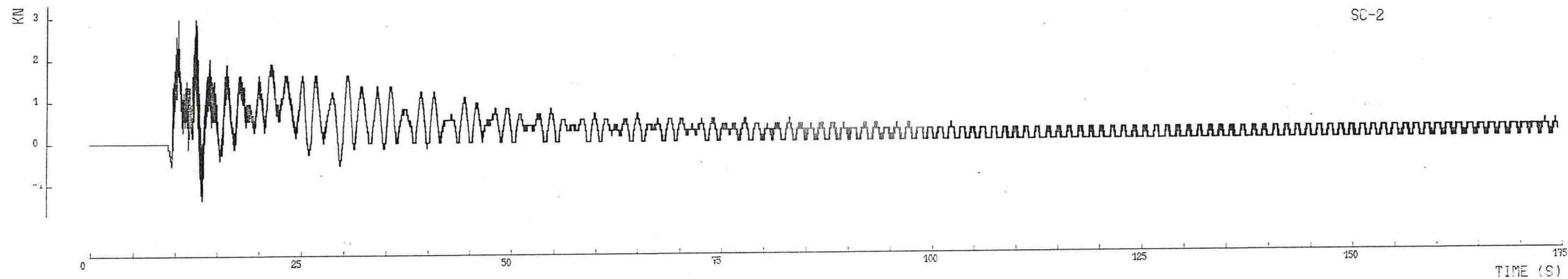
LC-2



LC-3

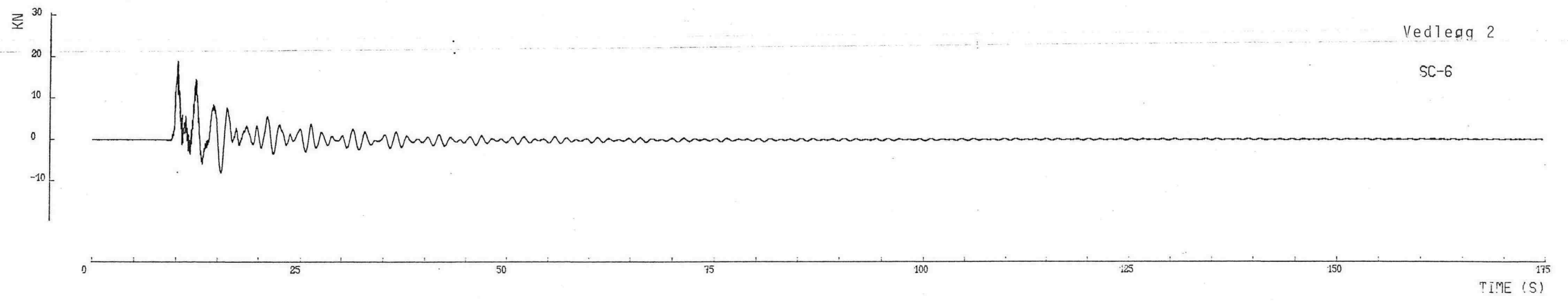




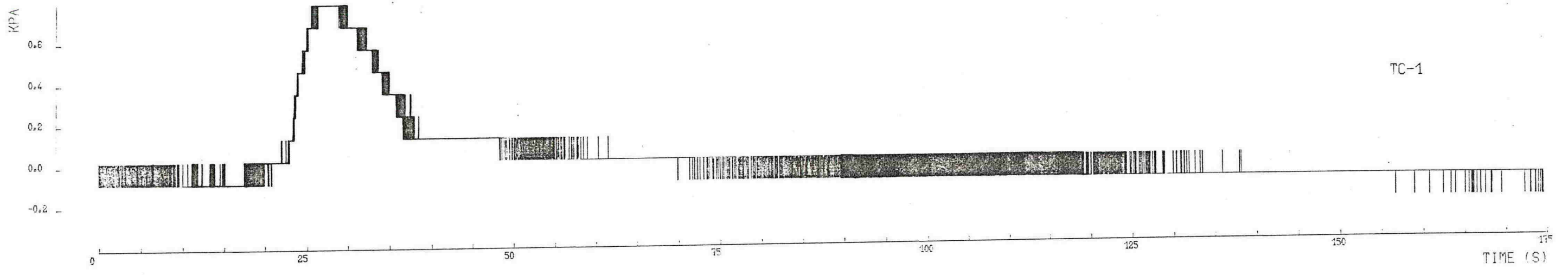


Vedlegg 2

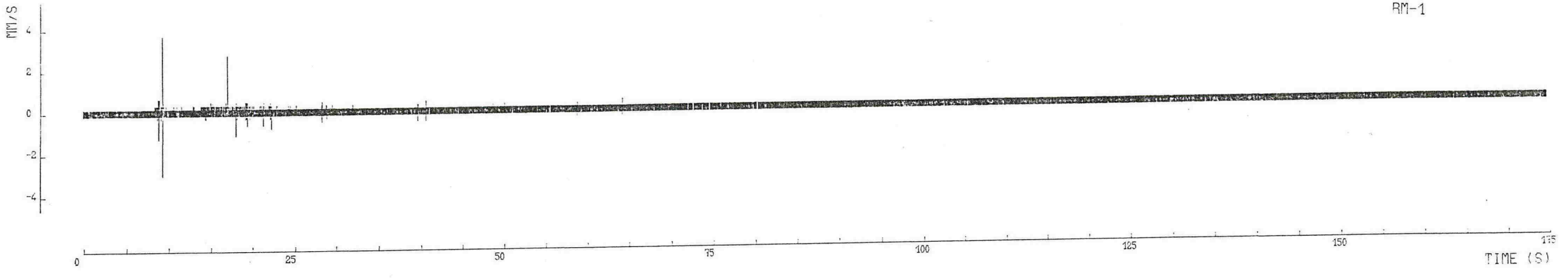
SC-6



TC-1



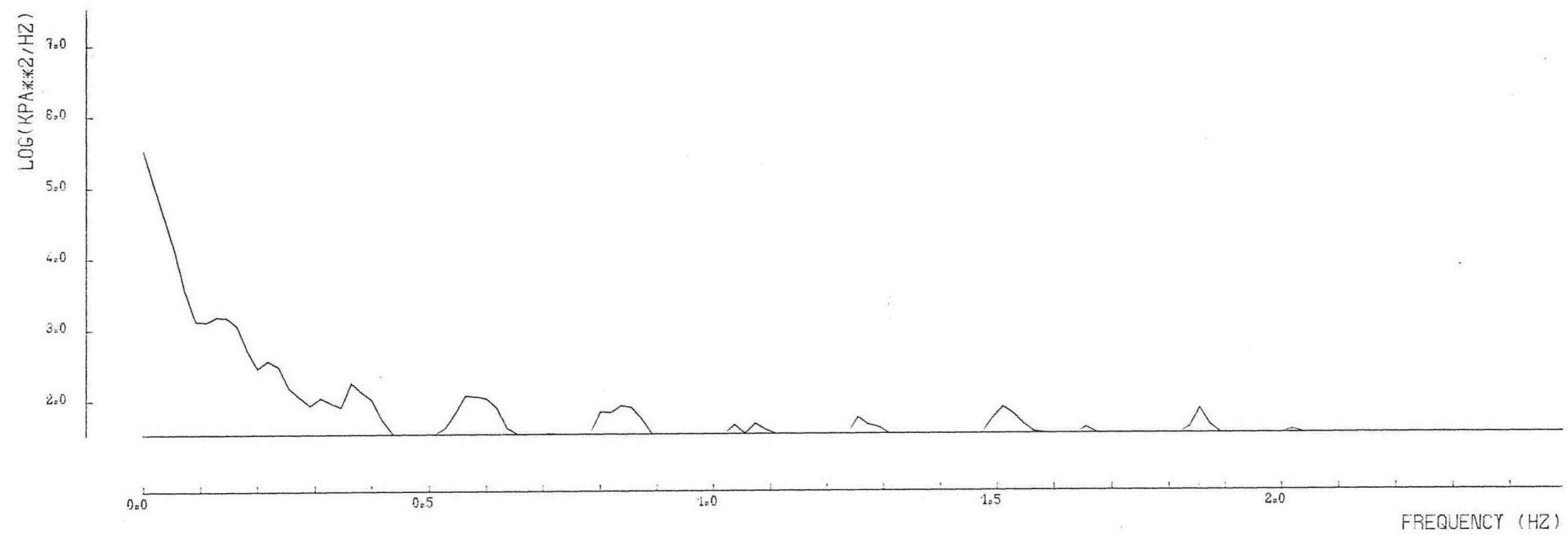
RM-1



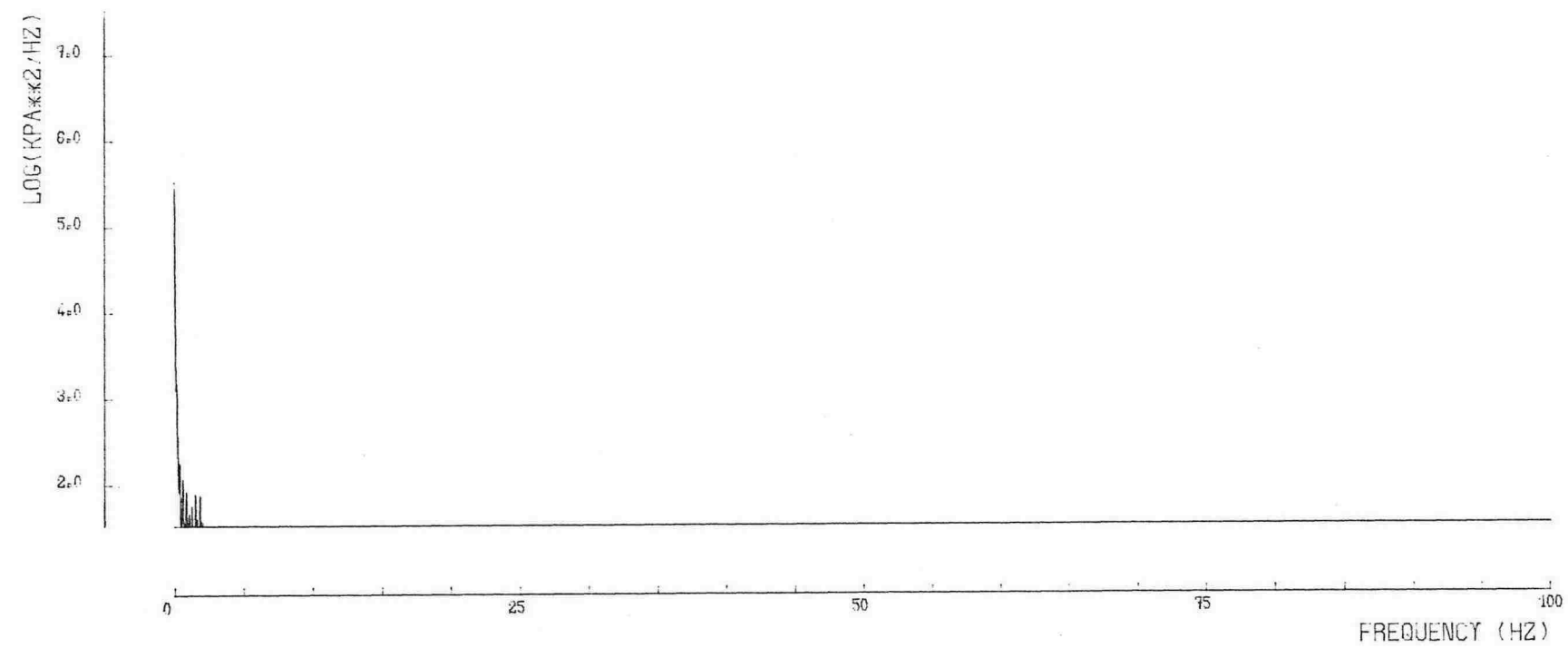
V E D L E G G 3

Plott av effekt-tetthets-spektra.

LC-1

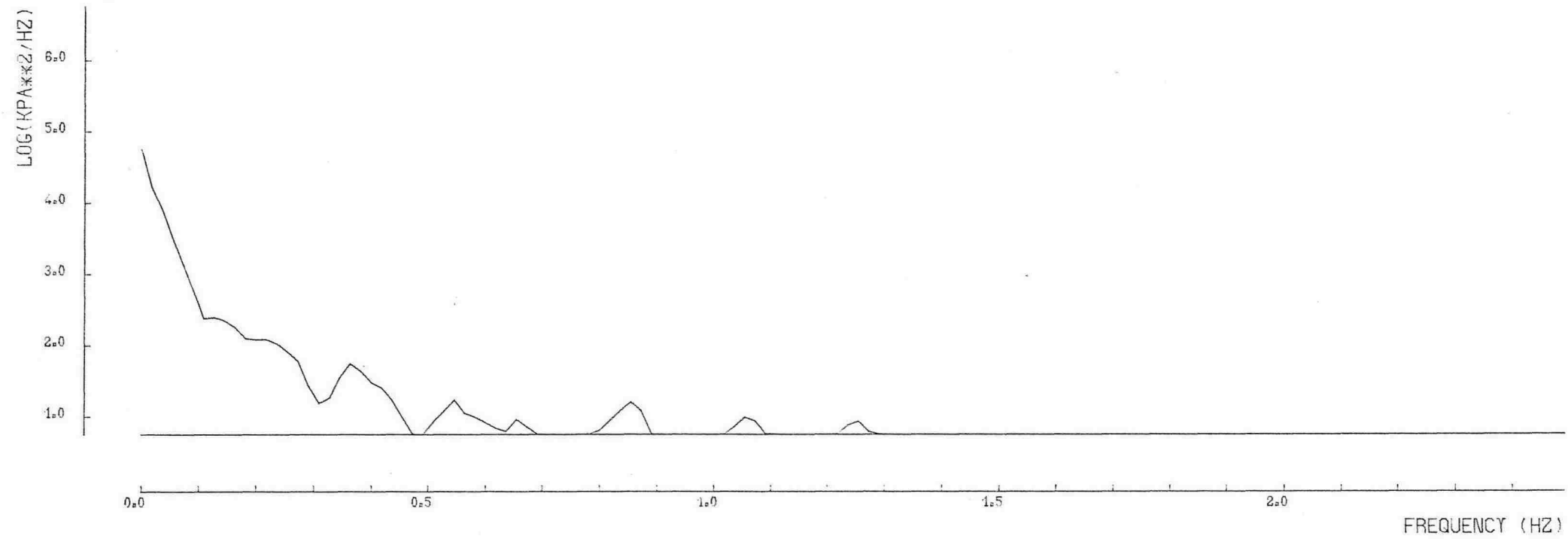


LC-1

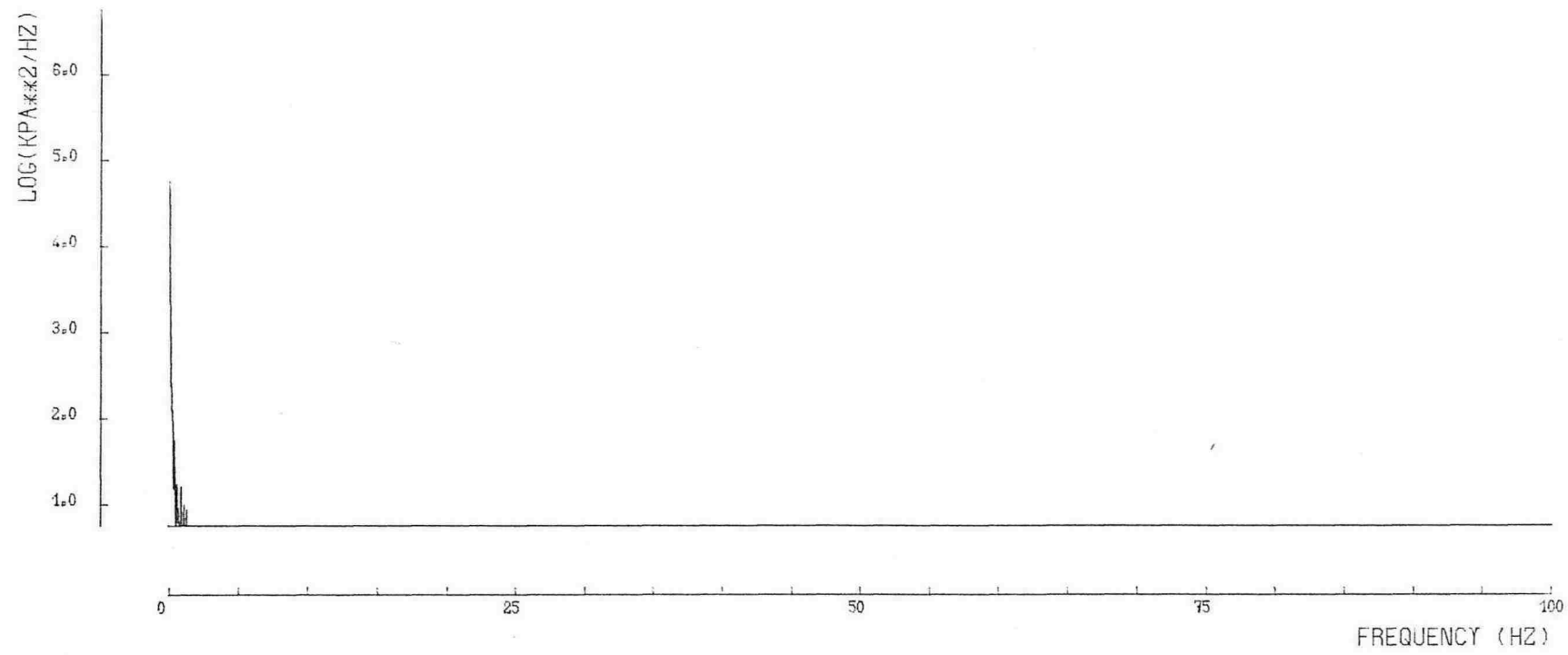




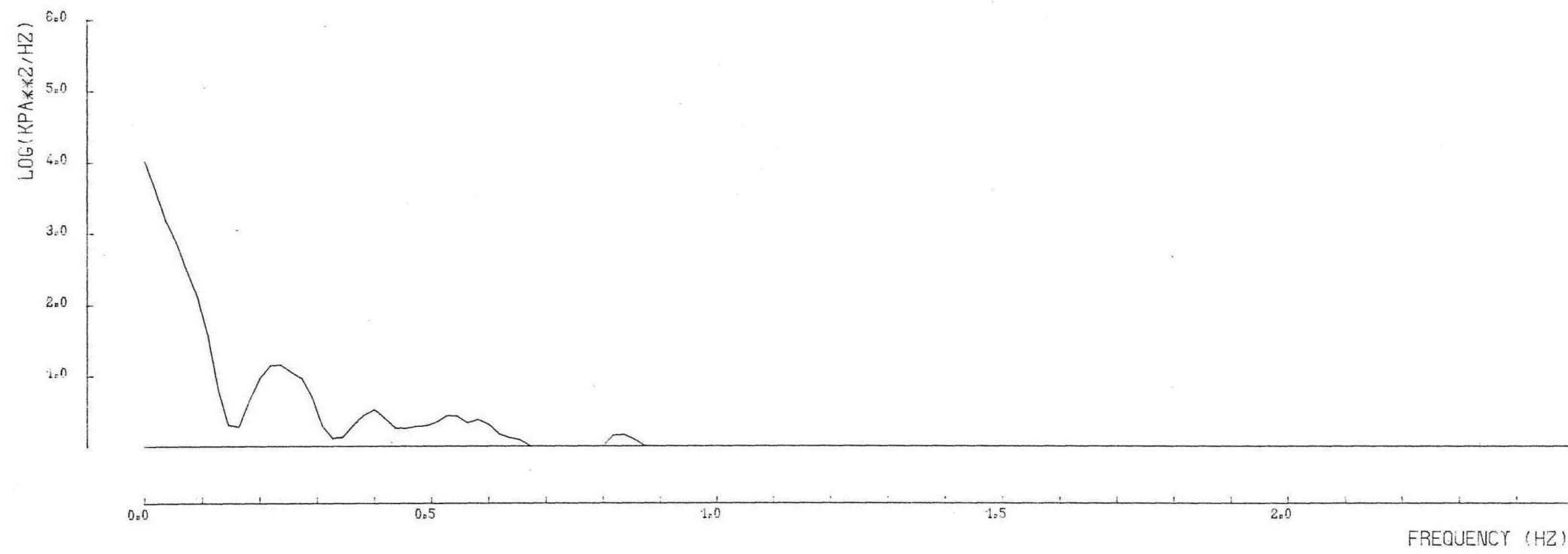
LC-2



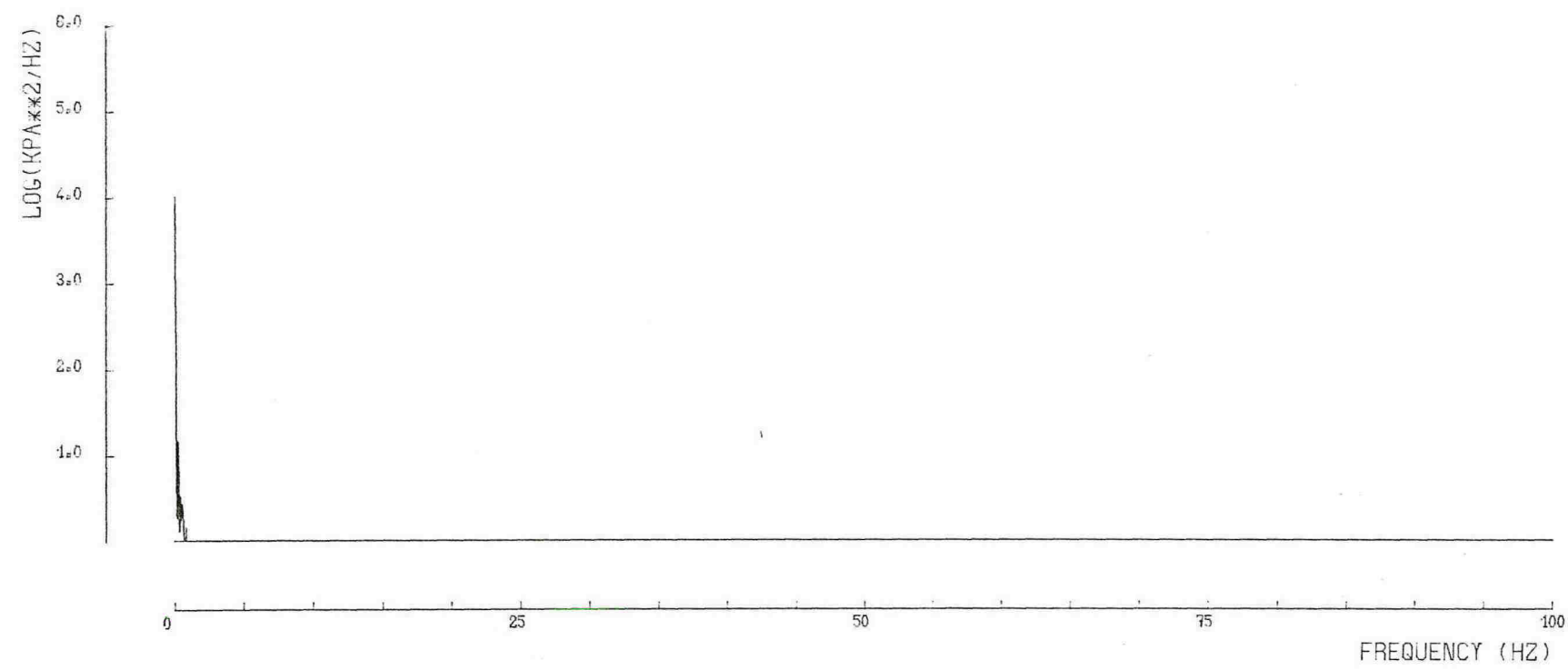
LC-2



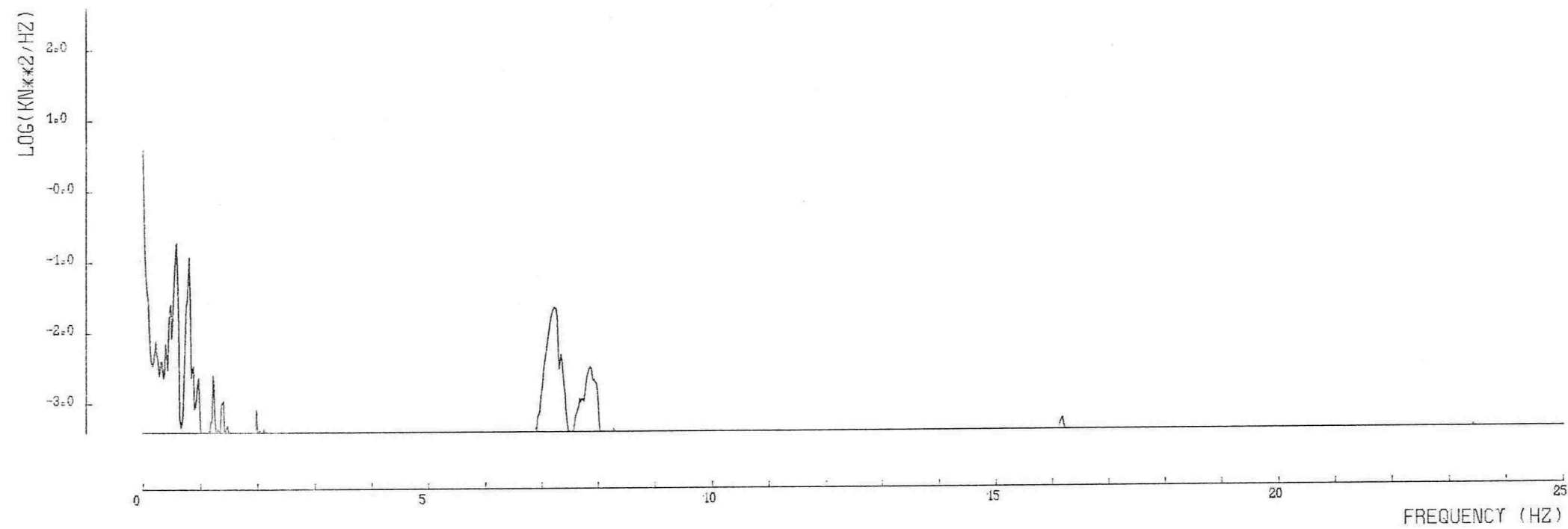
LC-3



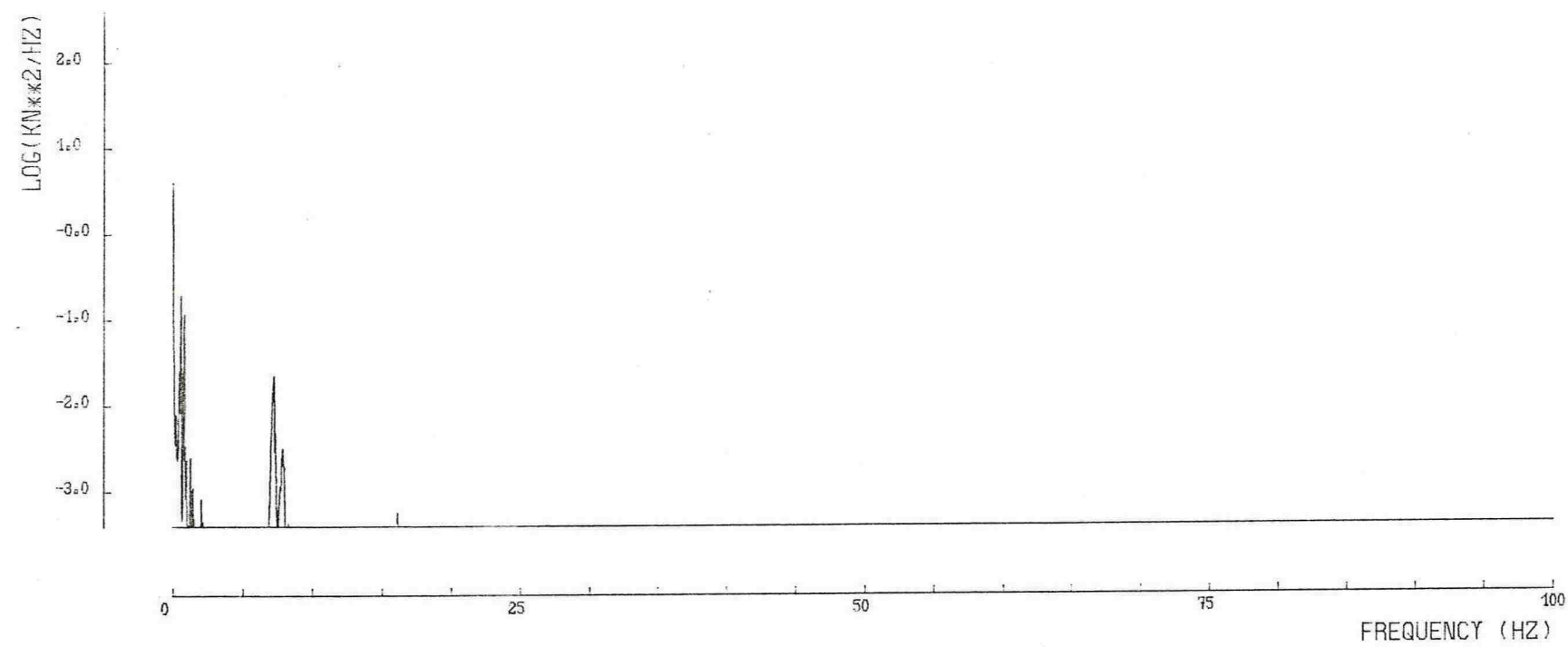
LC-3



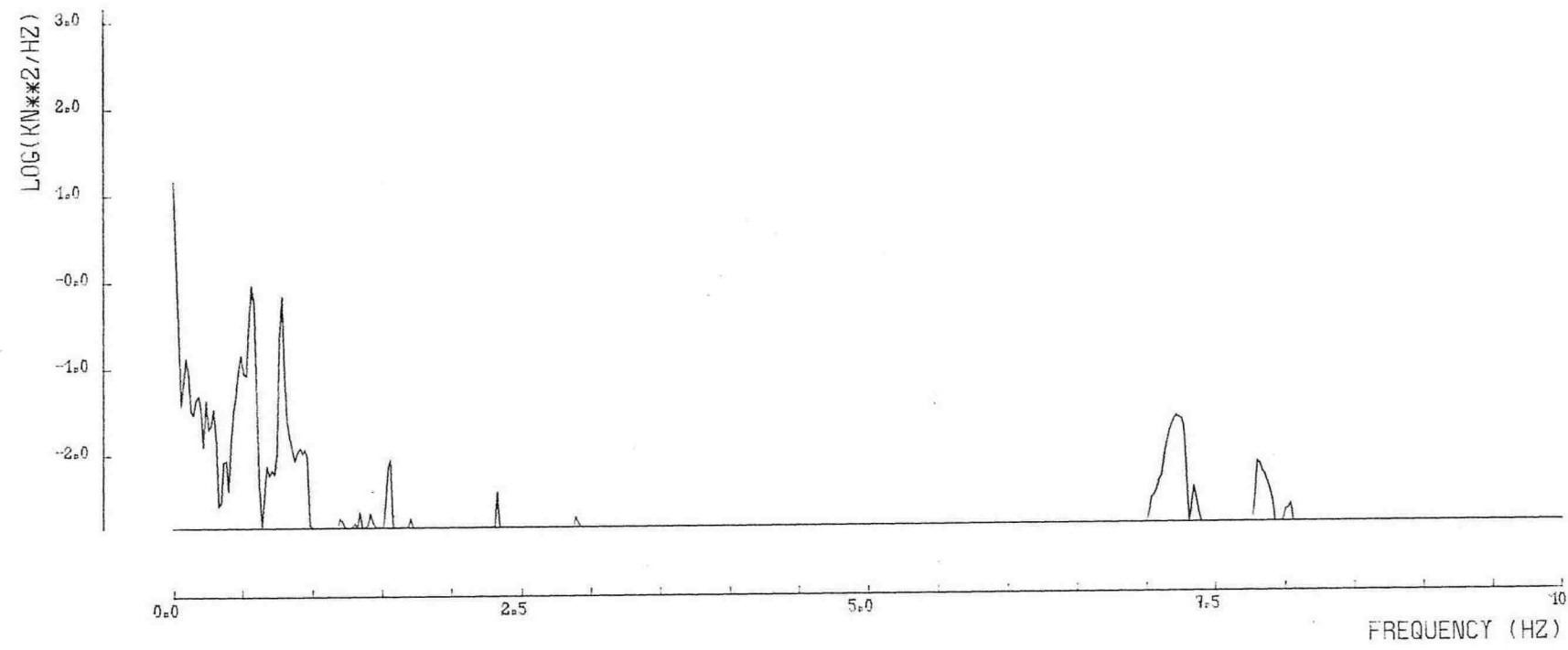
SC-1



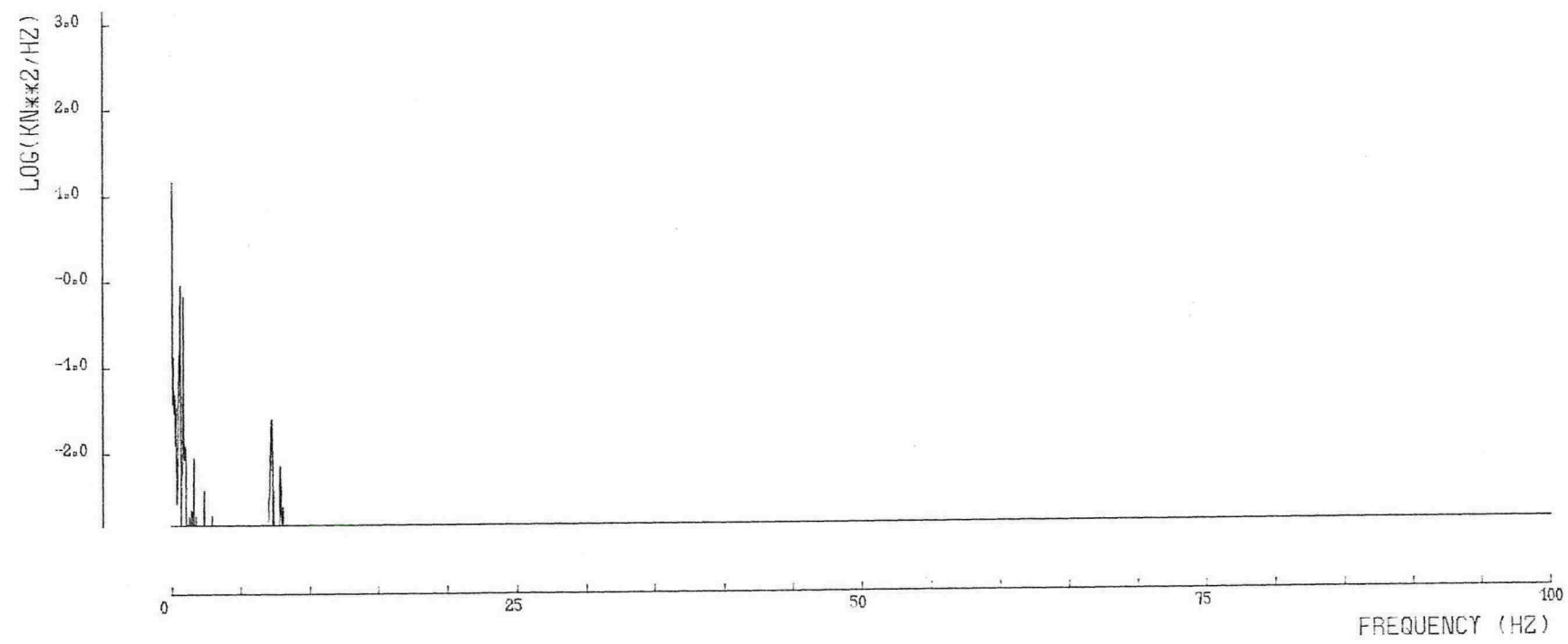
SC-1



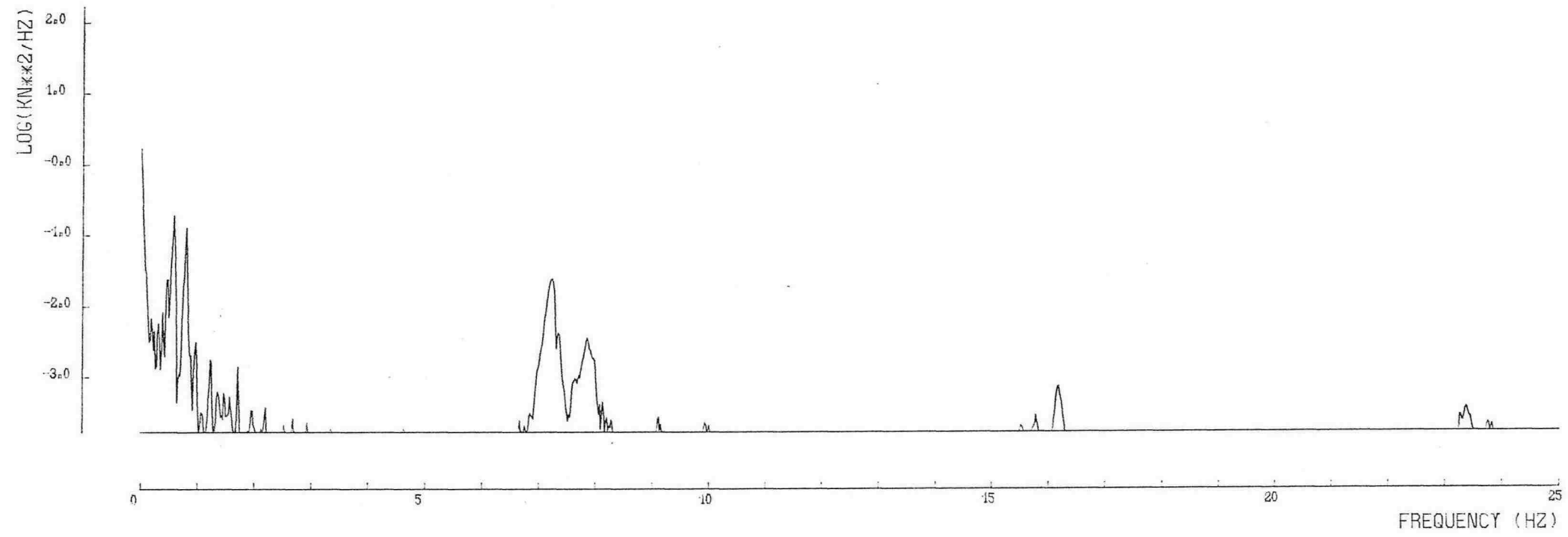
SC-2



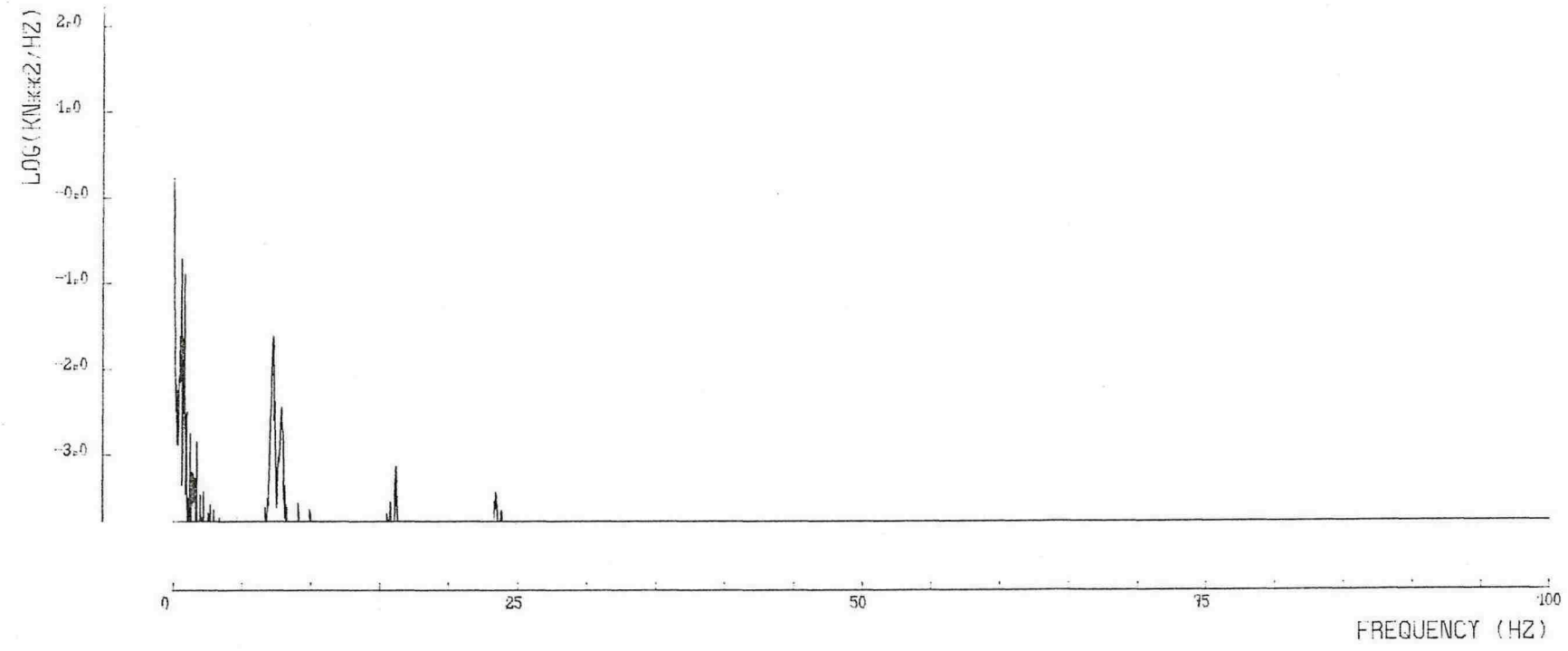
SC-2

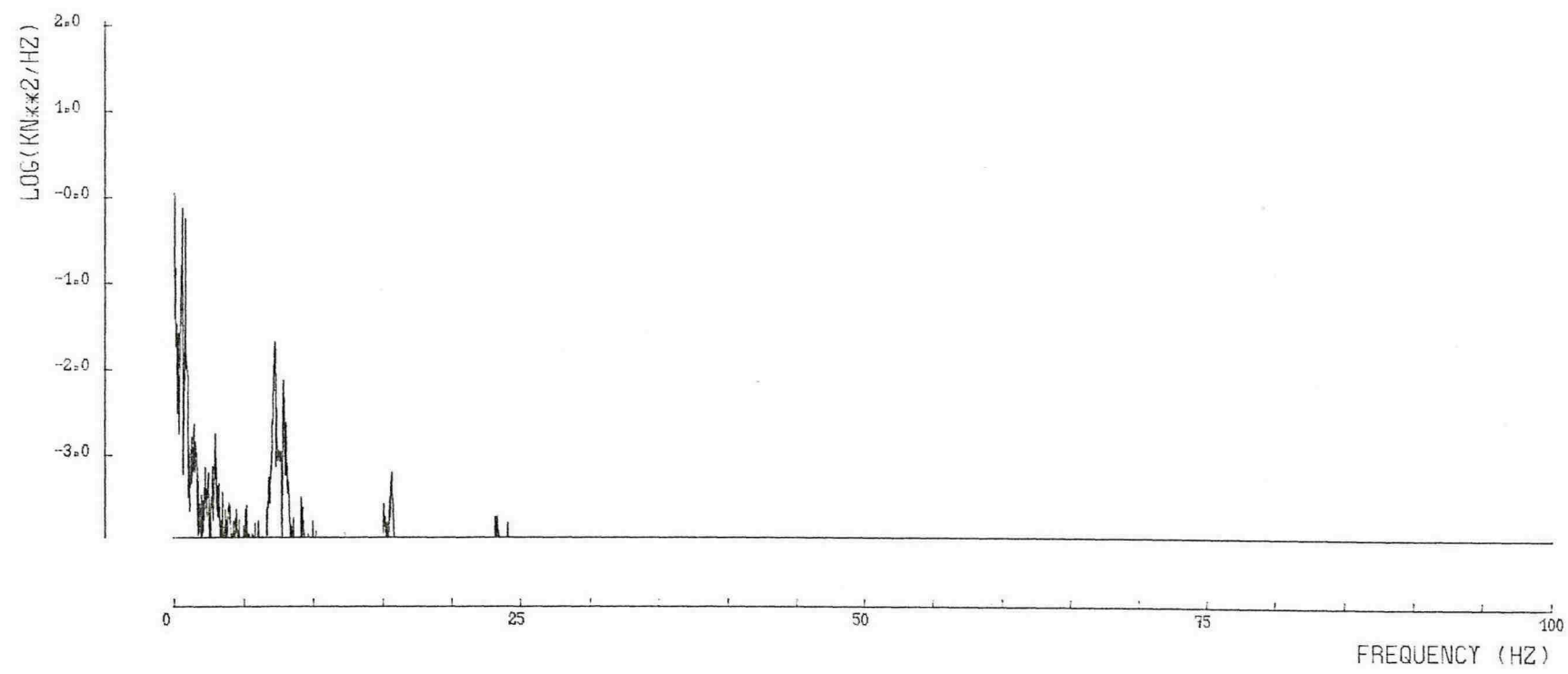
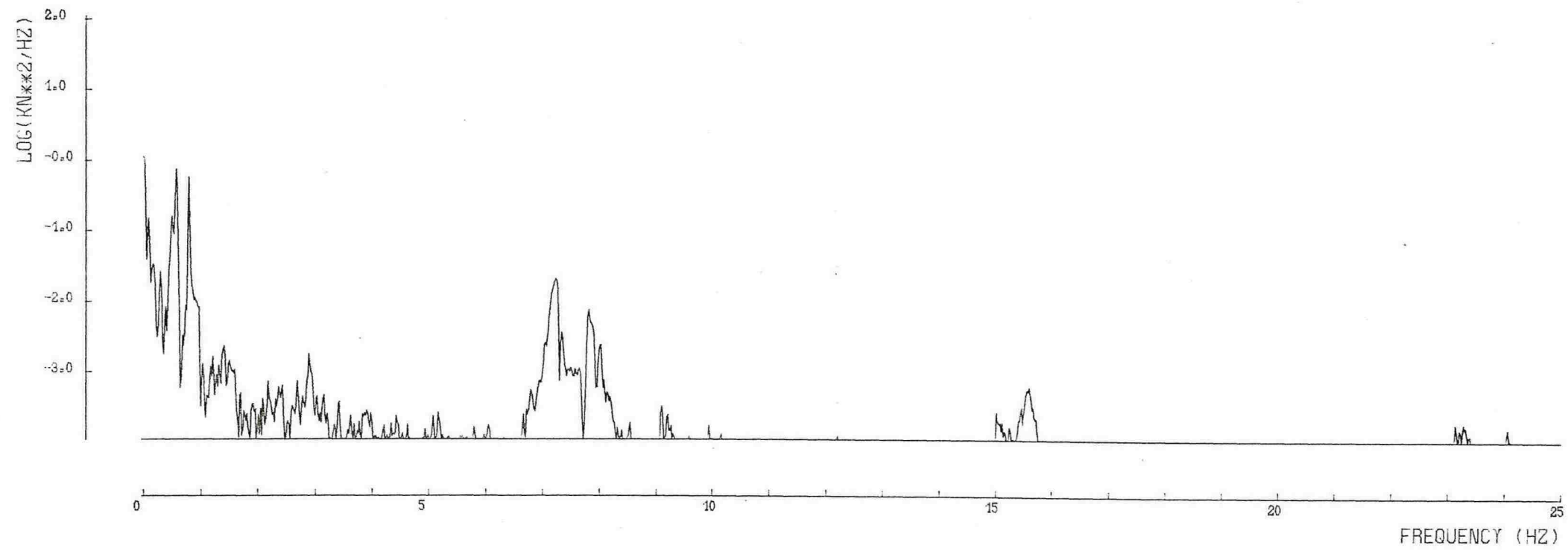


SC-4

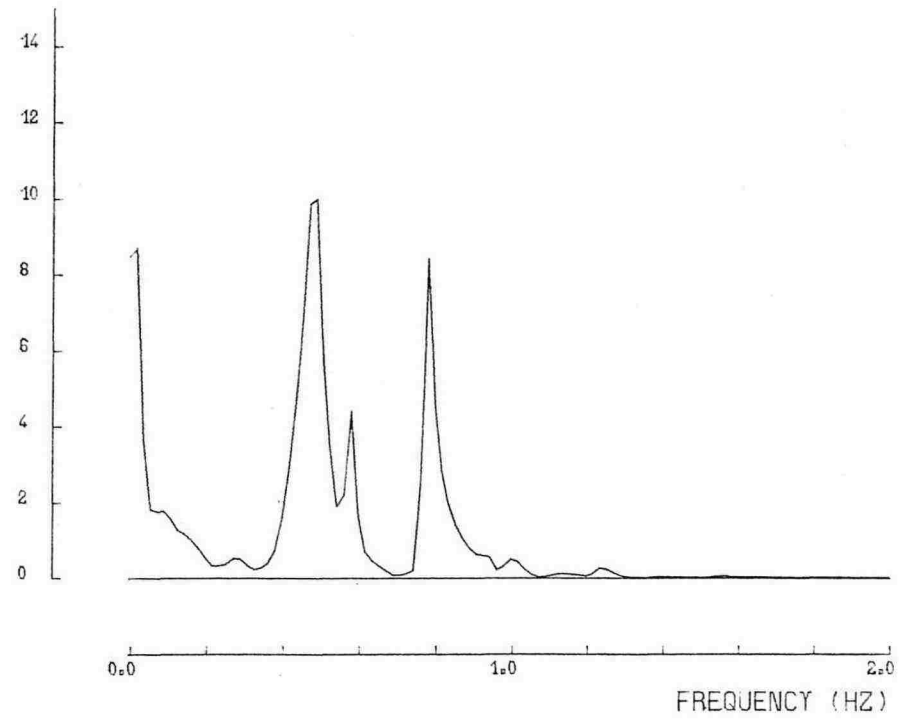


SC-4

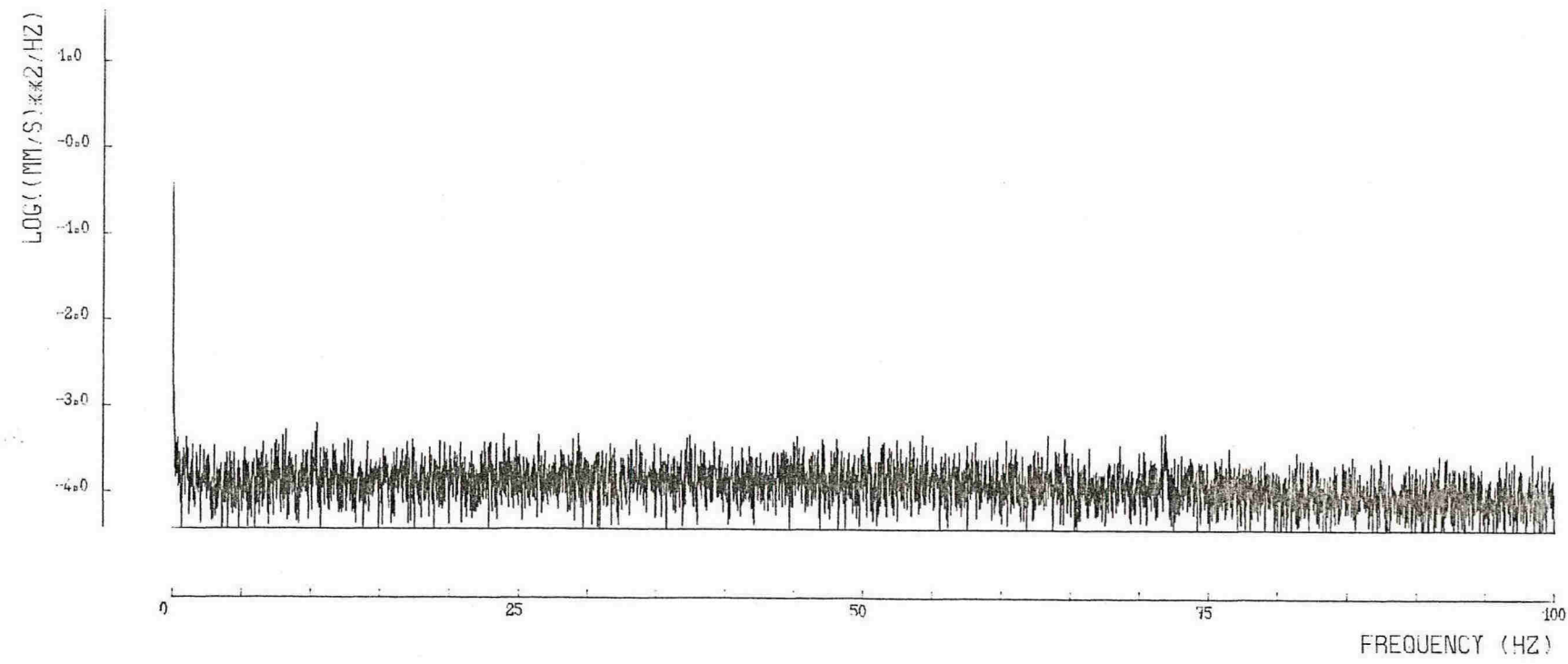




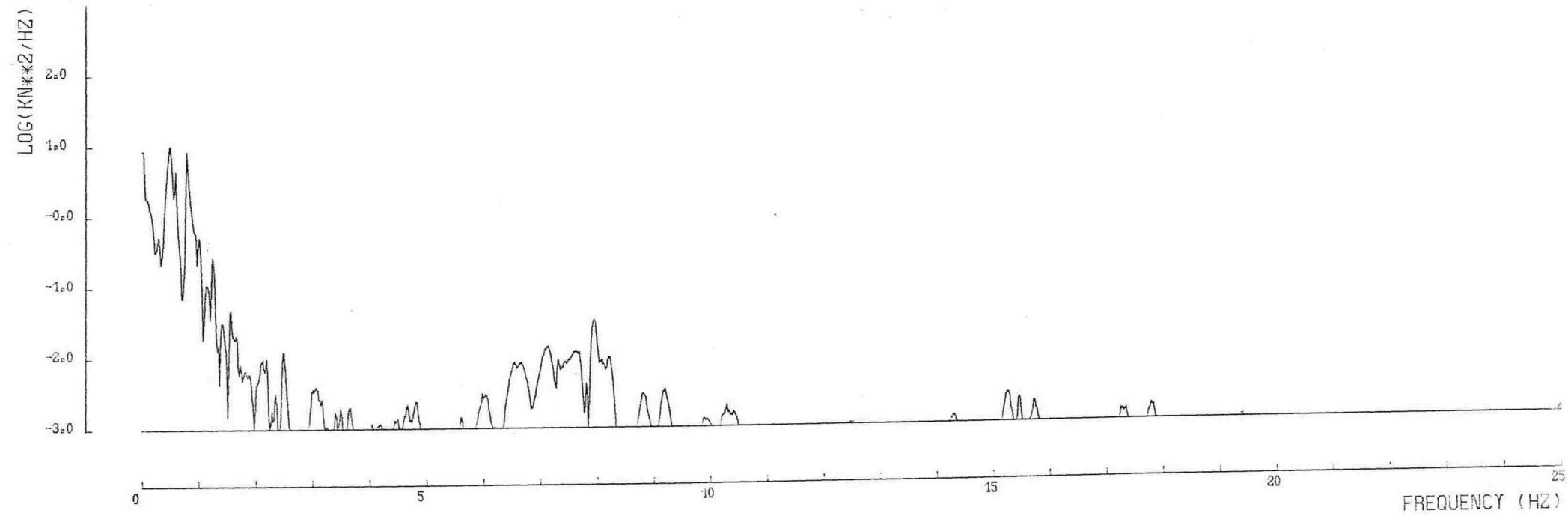
SC-6



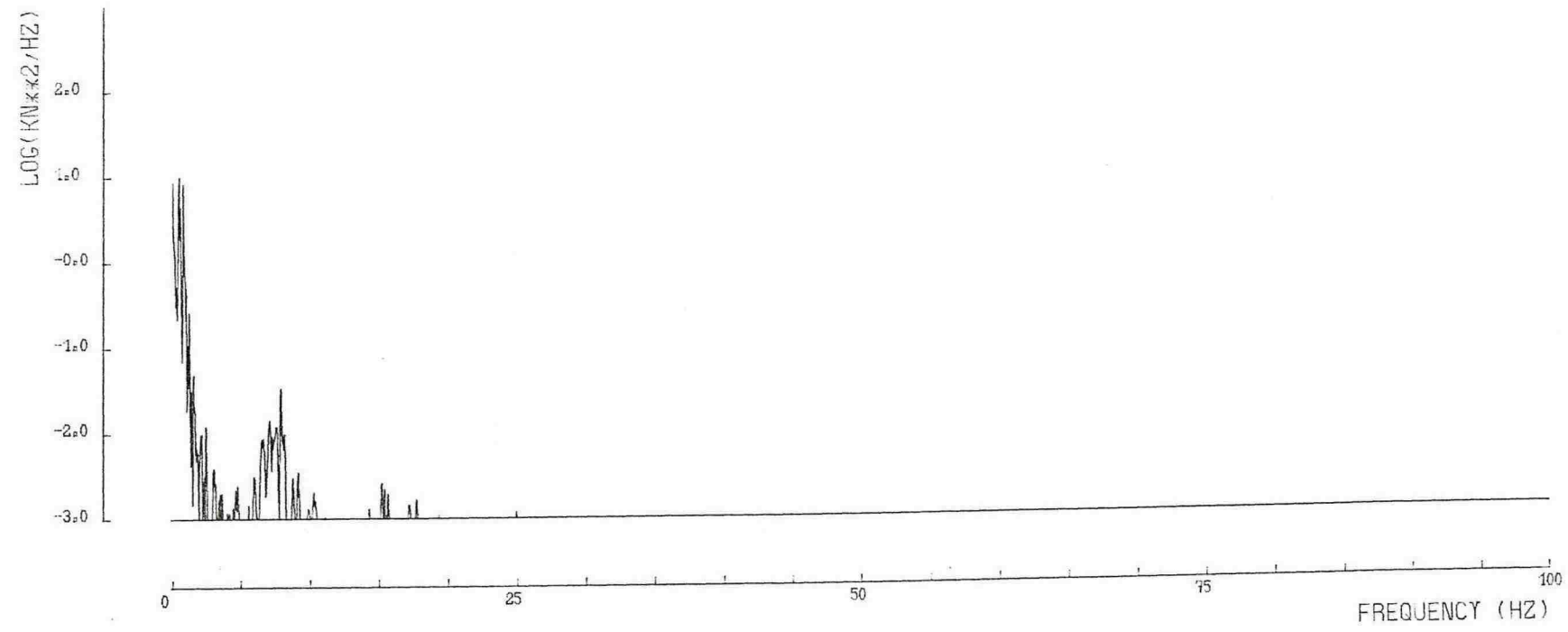
RM-1



SC-6

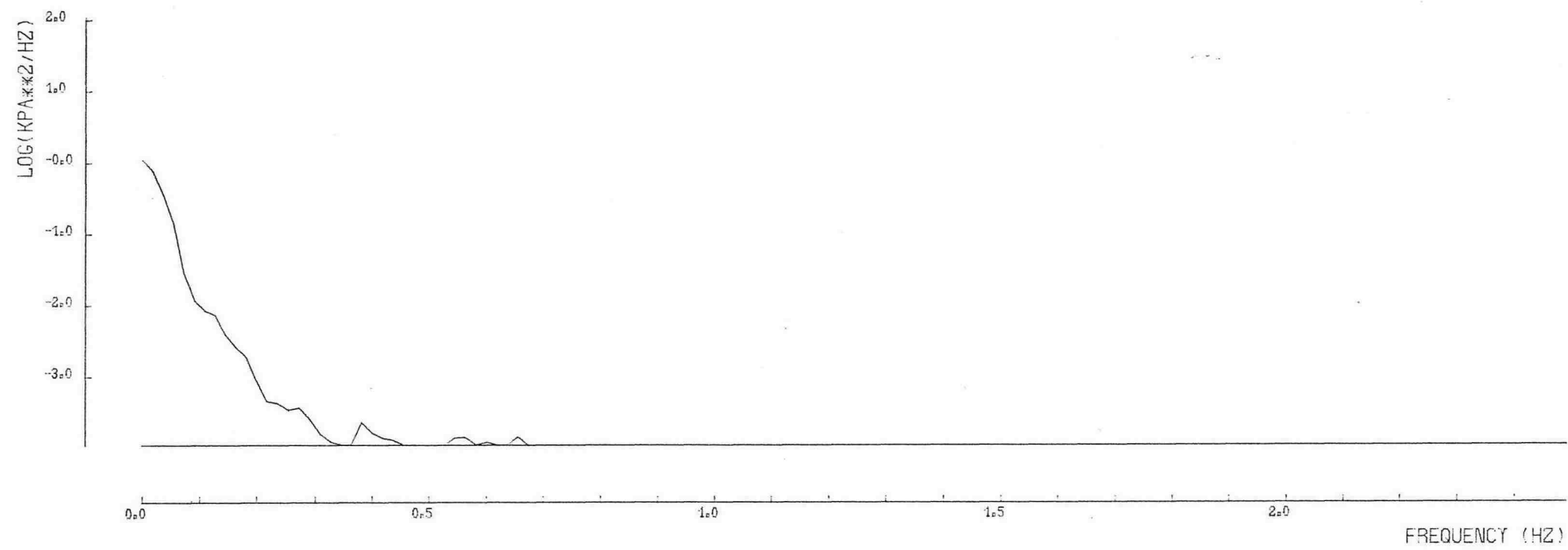


SC-6

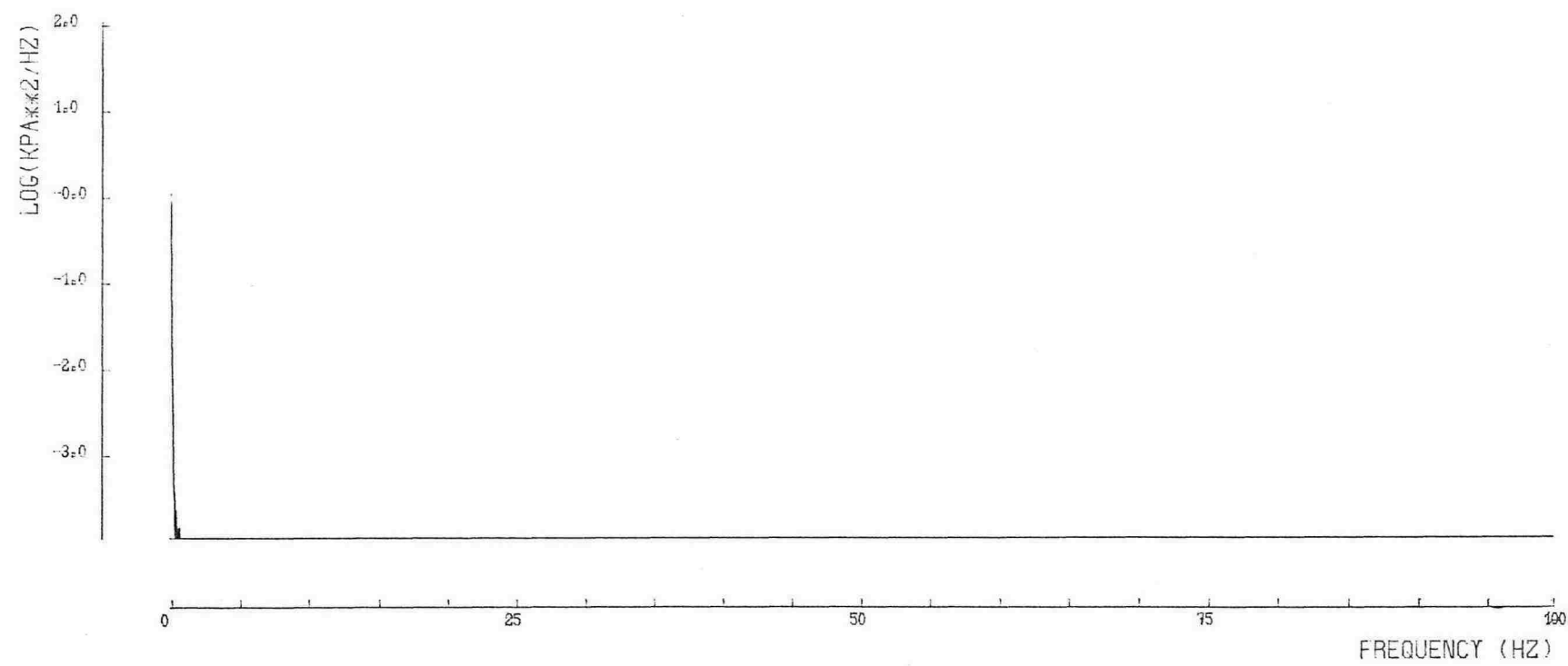




TC-1

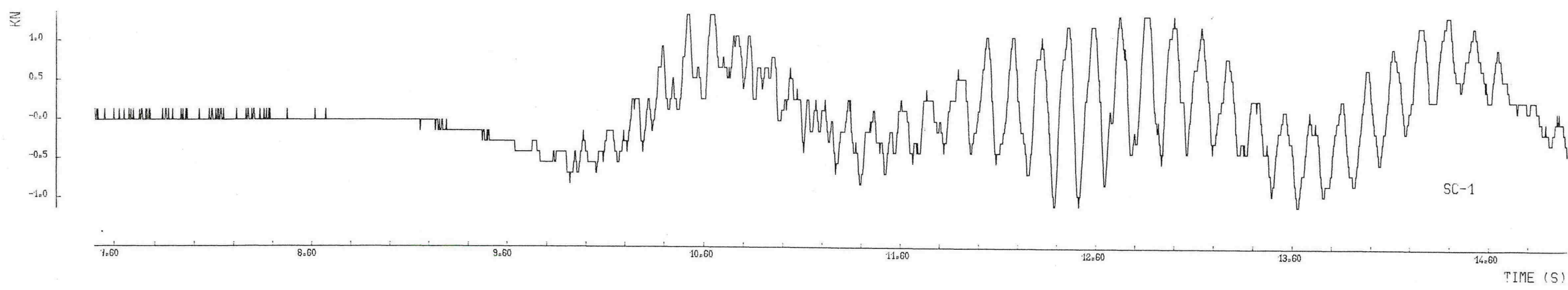
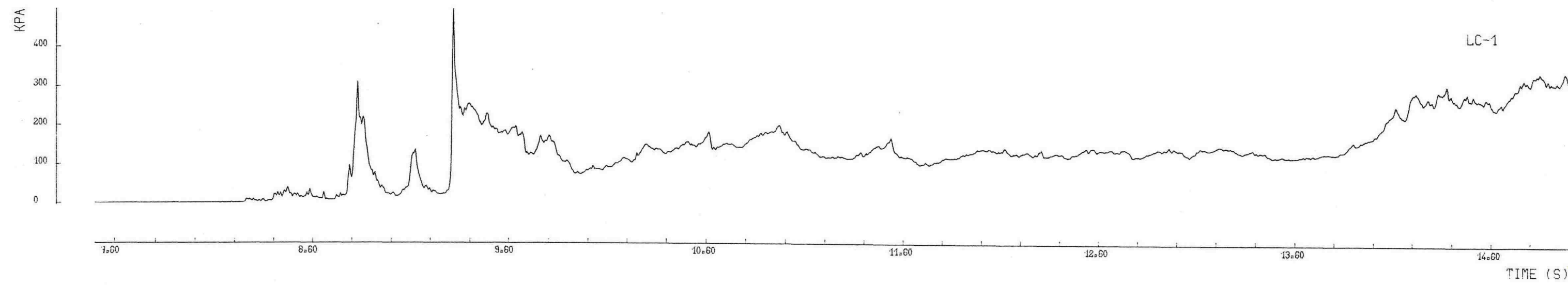
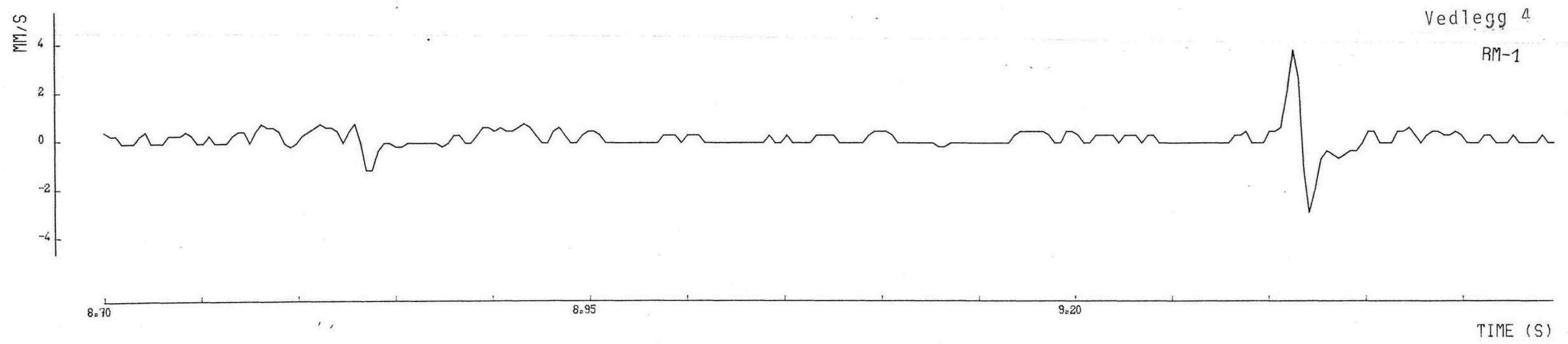


TC-1



V E D L E G G 4

Detaljer fra LC-1, RM-1 og SC-1 signalene.



V E D L E G G 5

Kort beskrivelse av SANTO, (2).

SANTO IS A COMPUTER PROGRAM TO ANALYSE AND PRESENT MEASURED DATA  
IN THE FORM OF TIME SERIES

The original objective in development of the program was to create an efficient tool for analysis and presentation of measured data representing the dynamic behaviour of offshore platforms, such as accelerations, strains etc. While this still is a primary objective, the program has also been used to analyse and present data from field tests with cyclic loading on piles, field tests with self-boring pressuremeters, and results from earthquake response analyses. Other uses are anticipated.

The modular structure of the program makes it relatively easy to incorporate new modules. In this first revision of the program several have been included at user request, and suggestions for further additions or improvements are welcomed.

THE BULK OF INPUT DATA AND OUTPUT DATA ARE ON COMPUTER DISK FILES

The large amount of data involved in typical SANTO applications has dictated that the bulk of input and output data to/from SANTO resides on computer disk files. A typical SANTO module will use one disk file as input, and deliver the output on another disk file. Each file will typically contain several channels, where each channel represents the signal from one sensor.

There are several types of files recognized and used by SANTO. A description of the SANTO data format is found in Appendix B. The input and the output files reside in the same PRIMOS User File Directory. There is a special SANTO module to attach to this UFD, and the UFD to which the user is attached when invoking SANTO is therefore immaterial.

SANTO MODULES ARE INVOKED BY GIVING COMMANDS FROM THE TERMINAL.  
PARAMETERS GOVERNING THE DETAILS OF MODULE OPERATION ARE ALSO  
GIVEN FROM THE TERMINAL.

All SANTO modules provide a printer output on FORTRAN unit 6 (PRIMOS Funit 2). This printer file must be opened by the user before invoking SANTO.

If SANTO plotting modules are to be used, the user must also assign the plotter before invoking SANTO.

All other file opening and closing is handled by SANTO automatically (abnormal abort will, however, normally result in open files after exit).

SANTO is invoked by the PRIMOS command

```
SEG [UFD>]#SANTO
```

where UFD is a tree-name where SANTO is present. The user then enters the ATTACH command in SANTO (see Appendix A), serving to attach him/her to the UFD where the input/output data files reside. When exiting from ATTACH, the user is returned to the

main SANTO level.

SANTO signals that it is at the main level by the prompt >>. The program then expects the user to type a command at his terminal. A summary of SANTO commands is given below, and a detailed description of each command is given in Appendix A.

After having interpreted the particular command invoked by the user, SANTO goes into the command level. Here, the input and output files named by the user are found/created and opened, and default values given to the parameters of the command. The user may then modify the parameters by giving his own. SANTO signals that it is at command level and is ready to receive parameters by the prompt : (colon).

When the user types ; (semicolon), it is taken by SANTO to mean that all relevant parameters to the current command have been given, and the command is executed. Upon completion of the execution, the program returns to main SANTO level, gives the prompt >> on the terminal, and is ready to receive the next command.

The SANTO session is terminated by giving the END command (see Appendix A).

SUMMARY OF IMPLEMENTED COMMANDS.AMP

Computes Fourier amplitude spectrum

.ATTACH

Attaches the user to the UFD where the data files reside.

.AUT

Computes autocorrelation function, estimates natural period and damping ratio.

.COHER

Computes the coherence function between channels.

.CSD

Computes the Cross Spectral Density function between channels.

.DELETE

Deletes a SANTO file.

.DFT

Transforms the signals from the time domain to the frequency domain by means of the Fast Fourier Transform.

.END

Ends the SANTO session.

.EXTEND

Extends a time history signal by appending zeroes.

.FRES

Filters digitally and resamples time histories.

.IDFT

Transforms the signal from the frequency domain to the time domain by means of the Fast Fourier Transform. Frequency domain filtering may be applied.

.INT

Integrates or differentiates the signals in the frequency domain. Frequency domain filtering may be applied.

.LCT

Combines linearly the signals in different channels. Operates on Fourier Transforms. Frequency domain filtering may be applied.

.PCOH

Plots coherence functions.

.PCS

Plots Cross Spectral Density functions.

.PFIL

Computes and plots frequency response of digital filter.

.PPS

Plots Power Spectral Density functions.

.PRESS

Computes and plots earthquake response spectra.

.PSD

Computes Power Spectral Density functions.

.PTH

Plots time histories.

.SMOOTH

Smooths and resamples time histories



.TRAF

Computes transfer function between two signals.

.TREND

Computes and (if desired) removes low-frequency trends in time histories. If desired, also performs wild-point editing. Performs simple statistical evaluation of signal.

.WINDOW

Tapers off time series signal at both ends with a cosine-tapered window.