

TK 155.568

KFKI-1983-119

IZSAK É.  
PÓR G.  
VALKÓ J.

KUTATÁSI JELENTÉS

OKKFT A/11-5.3.1

A FELMELEGÍTÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA  
A NYOMÁSFLUKTUÁCIÓK SPEKTRUMAIBAN

(MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS INTERPRETÁCIÓK)  
(PAKS, I. BLOKK, MELEGJÁRATÁS)

*Hungarian Academy of Sciences*

CENTRAL  
RESEARCH  
INSTITUTE FOR  
PHYSICS

BUDAPEST

2017

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

Faint, illegible text and markings, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

KUTATÁSI JELENTÉS  
OKKFT A/11-5.3.1

A FELMELEGÍTÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA  
A NYOMÁSFLUKTUÁCIÓK SPEKTRUMAIBAN  
(MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS INTERPRETÁCIÓK)  
(PAKS, I. BLOKK, MELEGJÁRATÁS)

MTA  
Központi Fizikai Kutató Intézete  
Atomenergia Kutató Intézet

*Készítette: Izsák Éva  
Pór Gábor  
Valkó János*

11-10-1919

RECEIVED

NOV 10 1919

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

OFFICE OF THE ASSISTANT SECRETARY

WASHINGTON, D. C.

11-10-1919

11-10-1919

11-10-1919

11-10-1919

## Bevezetés

Az atomerőmű primerkörében uralkodó nyomás és hőmérsékleti viszonyok jelentősen befolyásolhatják a rezgés és nyomásfluktuációk mért spektrumait. Ennek a hatásnak az ismerete fontos a zajdiagnosztika szempontjából. Ilyen mérések végzésére csak ritkán, az erőmű indításakor van lehetőség. Normál, üzemi indítások során megfelelő statisztikájú zajdiagnosztikai felvételekre a gyorsan változó paraméterek miatt nincs lehetőség. Az erőmű első indításakor a Melegjáratás alatti hosszú stabil időszakok lehetővé teszik e kérdés tanulmányozását. A nyomásjelek spektrumát alacsony /0 - 12,5 Hz/ frekvenciatartományban vizsgáltuk, mivel a reaktor neutronfluktuáció átviteli függvénye sem terjed ezen frekvenciatartomány fölé.

## 1. A mérések leírása

A felmelegítés időszakában végzett méréseket az I.sz. táblázat foglalja össze. 50-, 110-, 160-, 188-, 208°C-ról és az üzemi 260°C-ról készítettünk felvételeket. A felvételek alatt a primérgör kvázi stabil állapotban volt /kivételt képez a 187°C-os méréssorozat M15, M16/. Ezalatt azt értjük, hogy noha az FKSz-k a táblázat harmadik oszlopában jelzett konfigurációban üzemeltek, a hőmérséklet emelkedés a felvétel időszakában nem lépte túl az 1°C-t. Ezt elsősorban szekunderköri hőelvezetéssel érték el. Az egyes hőlépcsőkön az üzemelő FKSz-k konfigurációját, az üzemi nyomást stb., a felvételkor az üzem által megkívánt /vagy egyéb külső körülmények által diktált/ feltételek határozták meg. Ez és a segédberendezések időnkénti járatása nagyon nehezíti a spektrumok interpretációját. Célszerű lenne, ha a 2. blokk indításakor megteremtenék annak a feltételét, hogy a diagnosztikai felvételek "azonos" mellékparaméterek mellett valósulhassanak meg az egyes hőlépcsőkön.

A bemutatásra kerülő spektrumok a nyomásjelek feldolgozásából kerültek ki. Elsősorban a hűtőközeg hőmérséklet változásából következő nyomásfluktuáció-spektrumok változásait kívántuk nyomon követni.

A jelek feldolgozása a KFKI-ban a PDR-11/10 kisszámítógépen felépített FIGURA kiértékelő programmal valósult meg [1].

## 2. A mért spektrumok bemutatása és diszkussziója.

Mint a bevezetőben már említettük, vizsgálódásaink fő célja, hogy interpretációs alapot biztosítsunk a neutronspektrumok vizsgálatához. Közismert, hogy a moderátor sűrűség fluktuációi,

a nyomásfluktuációk és a reaktor különböző részeinek rezgései a neutrondetektorokkal mért spektrumokban is jelentkezhetnek. Mivel a reaktor általános /globális/ átvitele körülbelül 2 Hz táján kezd erősen csökkenni, és a különböző helyi /lokális/ technológiai zajok átvitele a neutronok segítségével csak néhányszor tíz Hz-ig terjed, figyelmünket a lehetséges zajforrások vizsgálatainál is elsősorban az 50 Hz alatti tartományra /főleg a 0-12,5 Hz-es tartományra; 2.3 pont/ összpontosítottuk.

A magasabb frekvenciatartományokban végzett feldolgozásoknak két fő szempontja van. Az egyik fizikai: a zajforrások kiterjedtebb vizsgálata /0-100 Hz, 0-500 Hz tartományban/ megkönnyíti a zajforrások természetének megértését. A másik ok inkább technikai: A  $\Delta t$  mintavételezési idő megában hordozza az un. aliasing lehetőségét - vagyis az

$$f_N = \frac{1}{2\Delta t}$$

határfrekvenciánál magasabban fekvő frekvenciakomponensek befordulását a vizsgált spektrumrészbe. Ezt előzetes szűrők alkalmazásával  $2f_{\text{szűrő}} \leq f_N$  szokás elkerülni. Egy 80-100 dB/dekád-os szűrő sem képes azonban elnyomni nagyon közeli és erős spektrumösszetevőket. Ezek biztonságos elkülönítéséhez szükséges a vizsgálatnál szélesebb frekvenciatartomány előzetes megismerése.

## 2.1 APSD-k a 0-500 Hz-es frekvenciatartományban

A 2.1.1 - 2.1.5 ábrákon 0-500 Hz-es tartományban /közel 4 Hz-es frekvenciafelbontással/ ábrázoltuk a mért nyomásjelek teljesítménysűrűség-spektrumát /APSD/. Szinte valamennyi ábrán jól azonosítható az 50 Hz-es hálózati frekvencia és felharmonikusai. Több érzékelő spektrumában

jól elkülönül a 125 Hz-es csucs, amely az irodalomban általánosan elfogadott vélemény szerint az FKSz fordulatszámának /25 fordulat/sec/ és lapátszámának /5 lapát/ szorzata.

A későbbiekben részletesen tárgyalt alacsonyfrekvenciás csucsek alig különböztethetők meg, ami a viszonylag gyenge / 4 Hz-es/ felbontás és Hanning időablak használatának következménye.

Az egyes jelek spektrumában szereplő csucsek a II. táblázatban összesítettük.

## 2.2 A 0-100 Hz közötti teljesítménysűrűség spektrum

Ezt a középső frekvenciatartományt /amelyben a felbontás közel 1 Hz-es/ elsősorban azért mutatjuk be, hogy meggyőződjünk arról, hogy a vizsgált tartományban az 50 Hz-es hálózati frekvencián kívül nincs prominens csucs. Ezekután előre számítható, hogy kisebb frekvenciasávval mintavételezett spektrumokban ez milyen hibát fog jelenteni. Például az általunk majd részletesen vizsgált 0-12.5 Hz-es frekvenciasávban 12.5 Hz-es töréspontu, 80 dB/dekádos szűréssel az eredeti csucs 1 %-a fog hamis frekvenciaösszetevőként jelentkezni /0 Hz-nél/ így megállapítható, hogy ez a mért spektrumot nem zavarja.

A 2.2.1 - 2.2.5 ábrákon már külön-külön is jelentkeznek azok az alacsonyfrekvenciás csucsek, amelyeket a következő pontban tárgyalunk. Nagyon fontos a 25 Hz-es csucs, amely csak a P47, P49, P50 és P44 jelekben jelentkezik. Ezt a csucset az irodalomban sokan az FKSz saját fordulatszámának a következményeképpen tárgyalják. Ez azonban szükségképpen csak akkor domináns, ha az öt lapát nyomása közül legalább az egyik eltér a többitől. Tulajdonképpen e csucs nem domináns megjelenése az FKSz

lapátok kiegyensúlyozottságáról árulkodik. Jelenléte számunkra mégis jelentős, mert éppen abban a frekvenciatartományban van, ahol a neutronspektrumban a lokális típusu technológiai zajok jelentkezhetnek. A 0-125 Hz tartományban észlelt csúcsoakat a III.sz. táblázatban összesítettük.

### 2.3 Teljesítménysűrűség spektrumok a 0-12,5 Hz közötti tartományban és változásaik a hőmérséklettel

A frekvenciatartományba eső csúcsok összefoglaló táblázatból /IV.táblázat/ jól látható, hogy a következő fő maximumhelyek jellemzik a nyomásspektrumokat:

0.3 - 0.9 Hz

1.2 Hz

2.0 - 2.8 Hz

3.8 - 4.5 Hz

5.4 - 5.6 Hz

7.5 - 9.5 - 10.2 Hz

Ebből a hat csúcsból egy-egy spektrumban általában csak három jelenik meg. A többi vagy nem felbontható, vagy nem jelentkezik. A fent jelölt hat frekvenciasáv az egyes csúcsoknak a mérések során különböző üzemállapotokban fellépő frekvenciahelyének összességét fedik le. Vizsgáljuk végig, milyen jellegzetességeket találunk a teljes méréssorozat folyamán /50°C-260°C/ között.

A teljesítménysűrűség spektrumok változásainak bemutatását a P43 és P44 nyomásfluktuáció érzékelők spektrumaival kezdjük. A későbbi neutronfluktuációk tanulmányozásához természetesen e két érzékelő által mutatott spektrum a legdöntőbb,

hiszen a zóna belépő /P43/ és kilépő /P44/ nyomásfluktuációkról feltételezhetjük, hogy jól jellemzik a zónában uralkodó nyomásviszonyokat. Márpedig a nyomásfluktuációk a moderátor sűrűségfluktuációján keresztül közvetlenül jelentkeznek a neutrondetektorokkal mérhető spektrumokban is.

A P43 nyomástávadó jele az  $50^{\circ}\text{C}$ -os állapotban csucokban gazdag spektrumot mutat /3.1.1 ábra/. Jelentkezik a 0.6 Hz-es, a 2.8 Hz-es, a 4.0 Hz-es, az 5.6 Hz-es és 7 Hz-es csucs, határozott, több összetevőből álló csucs 9.5-10 Hz között. Azaz, legkevesebb hat különböző csucspot lehet megkülönböztetni ezen az alacsony hőfokon / $50^{\circ}\text{C}$ / és kis nyomáson /36 bar/, noha csak három főkeringtető szivattyú /1.-5.-6 számú/ működött. A további hőfokon /3.1.2 - 3.1.5 sz. ábrán/ soha nem jelentkezik ennyi csucs. Általában három csucsból áll a spektrum. Ez azonban nem jelenti feltétlenül azt, hogy ténylegesen eltűntek a csucskok. Inkább arról van szó, hogy új, erős összetevők olyan markánsan jelentkeznek, hogy elnyomják az ábrákon a többi. Erre egyik legjobb példa az  $50^{\circ}\text{C}$ -on 7 Hz-nél jól megfigyelhető /legnagyobb amplitudójú/ csucs. Noha ez a többi hőfokon nem válik ki külön csucsként, minden ábrán érzékelhető a jelenléte:  $260^{\circ}\text{C}$ -on határozottan, csaknem különálló csucsként, de jól látszik a  $160^{\circ}$  és  $188^{\circ}$ -os méréseknél is mint az ujonnan jelentkezett 8-9 Hz-es csucs baloldalának kicsiny hajlata. Ez az utóbbi csucs is /amely üzemi állapotban a legmarkánsabb csucs a ennek a spektrumrésznek/ láthatóan legalább két összetevőből áll. Vessük össze a  $160^{\circ}\text{C}$ -on,  $188^{\circ}\text{C}$ -on és  $260^{\circ}\text{C}$ -on végzett méréseket /3.1.3 - 3.1.5 ábrák/. Láthatjuk, hogy az említett összetett csucsban a két komponens váltakozó sullyal szerepel. Ennek a variációnak az okát nem ismerjük.

A P44-es jel spektrumi mindenben megegyeznek a P43-aséval. /3.2.1 - 3.2.6 ábrák/. Ne felejtjük azonban el, hogy a melegjáratás alatt a reaktortartályban zónaimitátor foglalt helyet, amely ugyan fojtást jelent, de a valódi zónát szimuláló zajforrásnak nem tekinthető.

Ezekután vizsgáljuk meg a 6.sz. hurokban az FKSz előtt és után elhelyezett P50 és P49 jelű nyomásfluktuáció távadók teljesítménysűrűség spektrumait /3.3.1 - 3.4.4 ábrák/. A P50 APSD-je  $50^{\circ}\text{C}$ -on két fő csucst tartalmaz  $3.8\text{ Hz}$ -nél és  $7-9\text{ Hz}$  között. A másik három kis csucs  $0.6$ ;  $2.5$  és  $5.5\text{ Hz}$ -nél éppen hogy kiemelkedik a közös háttérből.  $110^{\circ}\text{C}$ -nál a spektrum megnövekszik, a  $7-9\text{ Hz}$ -es csucsnak a már  $50^{\circ}\text{C}$ -nál is érzékelhető két komponense különválik / $8.0$  és  $9.5\text{ Hz}$ /. A  $4\text{ Hz}$ -es és  $2.5\text{ Hz}$ -es csucs is annyira megnőtt, hogy a többi korábbi csucst teljesen elfedik.  $160^{\circ}\text{C}$ -nál további amplitudónövekedést észlelünk, de ezt főleg az átlagos háttér megnövekedése okozza. A spektrum egyes összetevői feljebb csuszna frekvenciában / $3.0\text{ Hz}$ ,  $4.5\text{ Hz}$ ,  $9.0\text{ Hz}$  ill.  $\sim 11\text{ Hz}$ -nél jelentkeznek/. A  $188^{\circ}\text{C}$ -os APSD az előzővel egybevágó képet mutat, de tovább csökken a spektrum dinamikája. Ezalatt azt értjük, hogy az említett csucskiemelkedése az általános fehérzajból relative kisebb /azaz a fehérzaj megnőtt/. Nincs egyértelmű magyarázatunk erre, de felhívjuk a figyelmet, hogy a  $160^{\circ}\text{C}$   $188^{\circ}\text{C}$  /és a  $208^{\circ}\text{C}$ -os/ felvételek más FKSz kombinációnál készültek, mint a  $110^{\circ}\text{C}$ -os. Ugyanigy még egy FKSz bekapcsolásával magyarázható az, hogy  $260^{\circ}\text{C}$ -nál újra más jellegűvé válik a spektrum. /Leginkább az  $50^{\circ}\text{C}$ -osra emlékeztet, egyébként ott is járt az 1.sz. FKSz/. A  $7-9\text{ Hz}$ -es csucs lassu, fokozatos eltolódása, egészen  $11\text{ Hz}$ -ig, figyelhető meg a hőmérséklet növekedésével.

Hasonlítsuk össze a P49 és P50 APSD-jét  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $188^{\circ}\text{C}$ ,  $208^{\circ}\text{C}$  és  $260^{\circ}\text{C}$ -nál /3.3.3 - 3.4.4 ábrák/. A spektrumok sokban hasonlítanak egymásra. A legszembevetőbb különbség a 4-4,5 Hz körüli csúciban mutatkozik. Míg a P49 jelben ez kicsiny, a P50-ben erős /nagyobb amplitudójú, mint a 2.5-3 Hz-es csúcs, amely mindkettőben körülbelül ugyanakkora/. Ezt tehát az FKSz hatásának tulajdoníthatjuk. A hőmérséklettel a változás ugyanaz, mint a P50 jelben volt.

Végül tekintsük át még két nyomásjel, a P45 és P48-as teljesítménysűrűség spektrumait /3.5.1 - 3.5.4 ill. 3.6.1 - 3.6.5 ábrák/. Ahol az 1.sz. FKSz működik, ott a 7-9 Hz-es csúcs 7-8 Hz-es összetevője, ahol a 2 FKSz működik, ott a 9-10 Hz-es összetevője létezik. A 2 - 2.5 Hz közötti csúcs magasabb frekvencia felé tolódik a hőmérséklet emelésével. Hasonló tendenciát találunk az 1 Hz körüli csúcsnál is, bár ennek mozgását nem tudjuk pontosan követni. Ugyanigy a 3.6.3 és 3.6.5 ábrák arra mutatnak, hogy a 7 Hz körüli összetevő az 1.FKSz működésétől függ /v.ö. még 3.6.1 és 3.6.4 ábrákkal/. Mindazonáltal, a felmelegítés következtében bekövetkező változásokat nehéz egyértelműen megfogalmazni.

#### 2.4 Néhány koherencia és fáziskép vizsgálata

A 4.1.1 - 4.4.3 ábrákon, valamint az V. táblázatban a P44 nyomástávadó jele és négy másik távadó jele /P43, P50, P45 és P48/ közötti koherencia és fázisviszonyokat mutatjuk be a különböző hőfokokon.

A P43 és P44 között szinte végig teljes a koherencia /és zérus a fázis/. Mint már mondtuk, a zóna helyén csak zóna-

imitátor volt. Annál figyelemreméltóbb az a tény, hogy az 1 Hz alatti csucs és a 2-3 Hz közötti csucs mennyire különbözik. A 2-3 Hz közötti csucsnak a fázisa  $180^\circ$ . Azaz, a zóna be- és kilépésénél ellenfázisban van. Ez a fázisváltás /3 Hz felett végig zérus a fázis/ matematikailag magyarázza a koherencia letörését 3.2 Hz környékén [5]. Azonban a 1.0 és 2.0 Hz közötti szélesebb koherenciahiányt már nem lehet ezzel magyarázni. Így az 1.0 Hz alatti jelentős koherencia elkülönülése a 2.0 Hz felettiektől már magában is egy indikáció e zajok eltérő eredetére.

Ha összevetjük a 4.2.1, 4.3.1, és 4.4.1 ábrát /az  $50^\circ\text{C}$ -on mért koherenciákat/ jól látható, hogy 0.6, 4.0 és 5.3 Hz-nél nagy a koherencia. Jelentős koherenciát találunk 7 és 8 Hz között, valamint 10 Hz környékén. Érdekes, hogy magasabb hőfoknál ezek a koherenciák az egyetlen, 1.0 Hz alatti csucstól kivéve mind eltűnnek, vagy legalábbis 20 % alá süllyednek. Ebből megint az következik, hogy az 1.0 Hz alatti zaj eredete más, mint a többié, és olyan, amely független a huroktól és a hőmérséklet növekedésétől. Az összes többi észlelt csucs magasabb hőmérsékleten a különböző hurkokban különbözőképpen jelenik meg. Feltételezhető, hogy a 3 Hz feletti csucskok az egyes hurkokban kialakuló sajátrezgésekkel kapcsolatosak.

Végül megvizsgálva a P49 és P50 közötti fázist és koherenciát különböző hőfokokon /4.5.1 - 4.5.4 ábrák/, láthatjuk, hogy itt szó sincs a koherencia eltűnéséről 1 Hz-nél magasabb frekvenciákon. Sőt, éppen az 1 Hz alatti csucstól nem leljük. Ezt még egyszer annak igazolására hozzuk fel, hogy az 1 Hz alatti csucs eredete valahol a hurkokon kívül keresendő, amíg az 1 Hz felettieké a hurkokban magukban, hiszen a P49 és P50 is azonos /6.sz./ hurokban található.

Itt is ellenfázist találunk 2 és 3 Hz között. Ebből az következik, hogy egy hurkon belül az FKSz a választóvonal ebben az ellenfázis kérdésben. Összegezve a két ellenfázis képet: az FKSz-től az aktiv zóna bemenetéig lévő rész ellenfázisban van a kimenettől az FKSz-ig mért hurokrész fluktuációjával 2 és 3 Hz között.

### 3. Néhány javaslat a további vizsgálatokra

Összegezve az eddig elmondottakat, meg kell állapítanunk, hogy a felmelegítés alatt mért spektrumok interpretációját jelentősen megnehezítette az a tény, hogy a mérések folyamán az üzemviteli paramétereket nem igazították a zajdiagnosztika kívánságaihoz. Ahhoz, hogy a sok változás okát külön tudjuk választani, a 2.blokk indítási méréseinél törekedni kell az azonos üzemeltetési paraméterek elérésére. Például, figyelmet kell fordítani a térfogatkompenzátor vízszintjére, az FKSz-ek azonos konfigurációjára, a tápvizszivattyuk azonos üzemére, stb.

A jelenlegi mérésekből magának a felmelegítésnek a hatását csak ezután lehet egyértelműen tisztázni, ha az FKSz indítások hatásainak vizsgálata, a térfogatkompenzátor és más berendezések hatásának vizsgálata is befejeződött. Ugy gondoljuk, hogy a jelen anyag csak az említett vizsgálatokkal együtt nyújthat biztos támpontot a nyomásfluktuációk elemzésében.

Hivatkozások

- 1 Valkó J.: FIGURA zajdiagnosztikai feldolgozó és adattároló rendszer PDP kisszámítógépre KFKI-1983-
- 2 Pór G., Valkó J., Izsák É., Czibók T.: Elszabadult alkatrész detektálhatóságának vizsgálata a Paksi Atomerőmű I.sz. blokkjának Melegjáratásakor KFKI-1982-95
- 3 Pór G., Izsák É.: FKSz indítások hatása a zajspektrumokra a Paks I.-ben KFKI-1983-
- 4 Pór G.: Zajdiagnosztikai jelek jelalakok vizsgálata a Paks I. Kismelegjáratáskor Kutatási jelentés, KFKI 1983, PDR-700/O3/82.
- 5 G. Pór: Report ECN-131-81.

I. Táblázat

A felmelegítés időszaka alatt végzett mérések összefoglalása

Mérés azonosító	Hőfok /°C/	Reaktor állapot	Felvett jelek
M10	46	p=36bar h <sub>TK</sub> =7900mm 1,5,6 FKSZ 2.TK jár	nyomás: 43,44,45,48,50 rezgés: 12,17,18,19,20,25,29,41
M11	110	p=123 bar 6. FKSZ áll összes FTZ nyitva 2.TK jár	nyomás: 43,44,45,48,50 rezgés: 12,17,18,19,20,25,29,41
M12	160	p=128bar 1.FKSZ áll összes FTZ nyitva 2.TK jár	nyomás: 45,48,49,50 rezgés: 14,17,18,19,20,23,33,40,41
M13			nyomás: 43,44,46 rezgés: 11,12,13,2,4,15,22,27,28,30
M14			nyomás: 46,47,49,50,51 rezgés: 1,15,17,19,20,6,21,42
M15	186	p=124bar 1.FKSZ áll ö.FTZ nyitva 1.TK jár	nyomás: 46,47,49,50,51 rezgés: 1,6,15,17,19,20,21,42
M16	188	ua, mint M15-nél	nyomás: 44,45,46,48,49,50 rezgés: 17,18,19,20,27,34,41
M18/I	208	p=50bar ua, mint M16-nál *	nyomás: 48,49,45,50 rezgés: 14,17,18,19,20,23,33,40,41
M18/II			nyomás: 43,44,46 rezgés: 2,4,11,12,13,15,22,27,28,30
M20	260	p=123bar minden FKSZ jár	nyomás: 43,46,47 rezgés: 2,4,10,11,12,15,22,27,28,30

\*Megjegyzés: 188 °C-ig a nyomást nitrogénpárna segítségével biztosították. 208 °C-nál már megtörtént a nitrogénpárnáról gőzre való áttérés.

II. táblázat A nyomásjelek teljesítményspektrumában mutatkozó csucok helye frekvencia-  
tartományonként /Hz-ben, 450 Hz-ig, 186 °C-on/

Jel	0 - 50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400	400-450
P46	10;25;50	65;100	118;150	200				400	
P47	10;25;50	65;100	115;125;150	200				400	
P49	10;25;50	65;100	120;125;150	200				400	
P50	12;25;50	65	115;150		225;250			400	
P44	10;25;50	65	125;150	165;180;200	250				

III. táblázat A nyomásjelek teljesítményspektrumában mutatkozó csucok helye frekvencia-  
tartományonként /Hz-ben, 125 Hz-ig, 186 °C-on/

Jel	0 - 10	10-20	20 - 30	30-40	40 - 50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-125
P46	2;4;7	18	23;26		46;50		61			100	115
P47	2;6	20	25;28,5		50		64			100	112
P49	3;10		25;30	33	50	54	64		99		117;124
P50	3;9	11	25		43,5;50		63		90	100	112
P44	3;8		25;28	40	45;50		65			100	125

IV. táblázat A különböző nyomásjelek teljesítményspektrumában mutatkozó csucok helye a különböző hőmérsékleteken

P50

50°C	0,5Hz	2,55Hz	3,85Hz	5,4Hz	7,5-8Hz
110°C	/0,45Hz/	2,7Hz		4,1Hz	7,8-9-9,3Hz
160°C	/0,3Hz/	2,85Hz		4,4Hz	8,8-9,3Hz
188°C	0,9Hz	2,85Hz		4,2Hz	8,5-9,5-10,6Hz
208°C	0,7Hz	2,7Hz		4,45Hz	8,2-9,2-10,2Hz
260°C	0,6-1Hz	2,75Hz		4,7Hz	6,7-7,3Hz

P49

160°C		2,75Hz		4,3Hz	8,8-9,3
188°C		1,2Hz	2,8Hz	4,2-4,5Hz	8,5-9,5-10,7Hz
208°C	0,7Hz		2,65Hz	/4,2Hz/	8,2-9,2-10,2Hz
260°C	0,7Hz		2,7Hz	/4,5-5,4Hz/	/6,6-7Hz/ 10,2-10,9Hz

P48

50°C	0,6Hz	2,2Hz	3,8Hz	5,4Hz	6,7-7,3Hz
110°C	0,8Hz	2Hz	3,3Hz	5,2Hz	8,9Hz
160°C	/0,6Hz/	2,2Hz	3,8Hz	4,5Hz	8,2-8,5Hz
188°C	0,3Hz	1,2Hz	3,8Hz		8,3Hz
260°C	0,6Hz	2,25Hz			6,7Hz 8,2-8,5Hz

IV. táblázat /folytatás/

P44

50°C	0,6Hz		3Hz; 3,8Hz	5,4-6,9Hz	9,5-10Hz
110°C	0,75Hz	2,75Hz		5,8Hz	
160°C		1,6Hz	3Hz		7,8-8,3Hz
188°C		1,2Hz	3Hz		8,2Hz
208°C	0,7Hz		3Hz		7,8Hz; /10,1Hz/
260°C	0,7Hz	2,5Hz			7Hz; 8,2Hz

P43

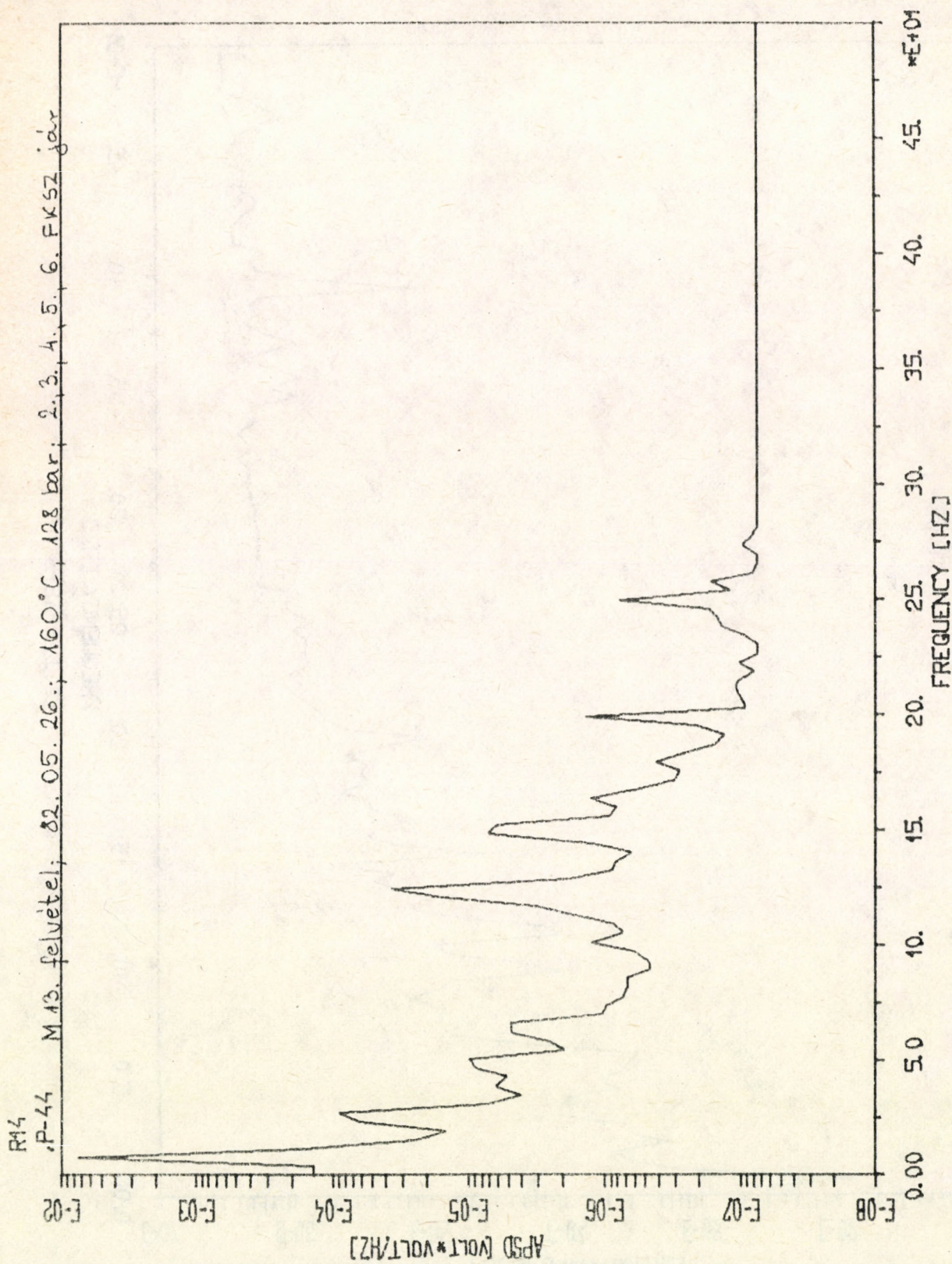
50°C	0,6Hz	2,8Hz	3,8Hz	5,4-6,9Hz	9,5-9,9Hz
110°C	0,8Hz	2,7Hz		5,9Hz	
160°C			3Hz		/7,9Hz/-8,3Hz
208°C	0,7Hz		3Hz		7,7Hz; /9,9-10,2Hz/
260°C	0,7Hz	2,3Hz		6,8Hz	8Hz

P45

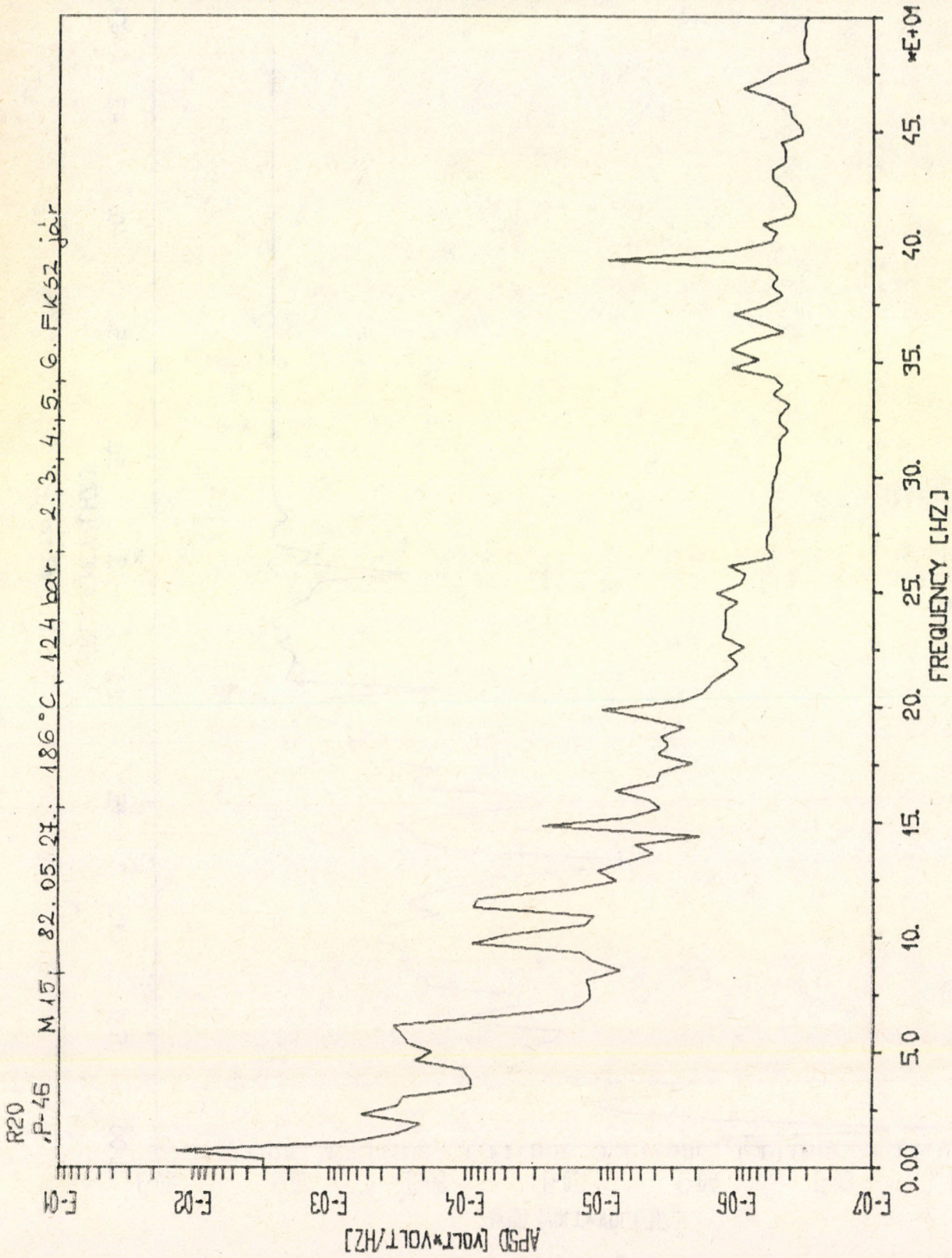
50°C	0,6Hz	2,3Hz	3,9Hz	5,35Hz	7,7Hz
110°C	0,8Hz	2,2Hz	3,9Hz		7,1-8,9Hz
160°C		2,3Hz	4,3Hz	/5,5Hz; 6,8Hz/	8,7Hz; 11,2Hz
188°C	1,2Hz	2,3Hz	4,3Hz	5,75Hz	8,5Hz; 11,3Hz

V. táblázat Koherencia és fázisviszonyok a különböző jelpárosítások esetében, frekvencia-  
tartományonként, a különböző hőmérsékleteken  
(frekvencia [Hz] - fázis [rad] /koherencia [%])

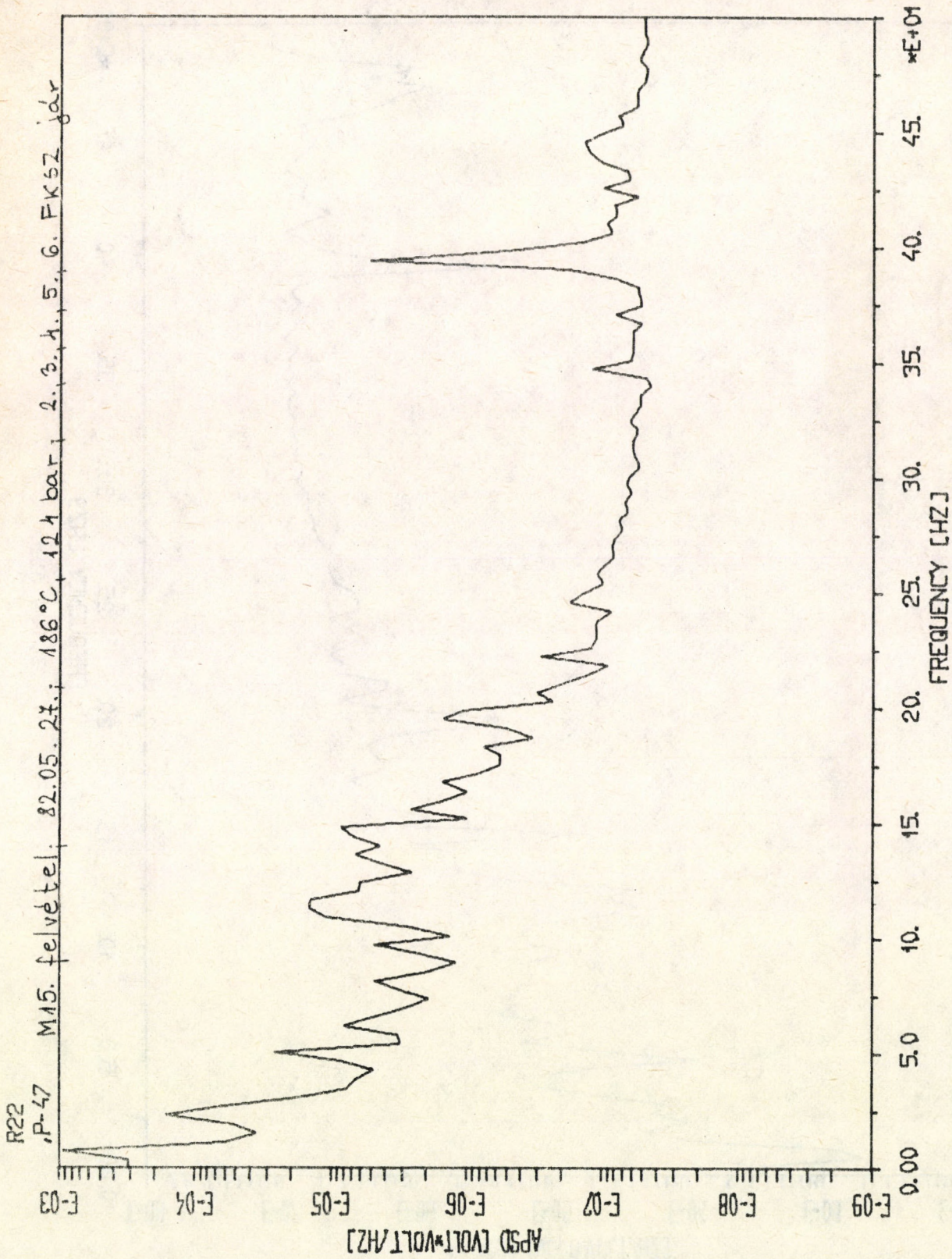
Jelpár	Hőm.	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 6	6 -	8 -
P43, P44	50°C	0,6 -0/90		2,8 - $\pi$ /85	3,8 -0/95		0/100	
	110°C	0,7 - $\pi$ /65		2,7 - $\pi$ /95			0/100	
	160°C	0,5 -0/70	1,6 - $\pi$ /25	3 - $\pi$ /90			0/100	
	208°C	0,2-0,7 -0/95	1,5 - $\pi$ /40	3 - $\pi$ /90			0/100	
	260°C	0,6 - $\pi$ /85		2,3 - $\pi$ /95			0/100	
P44, P50	50°C	0,5 -0/45			3,8 -0/95	$\pi$ /50		
	110°C	0,8 -0/45		2,7 - $\pi$ /8			0/15	
	188°C		1,2 -0/20					
P44, P45	50°C	0,6 -0/80			3,8 - $\pi$ /90	5,4 -0/50		
	110°C	0,7 -0/50						
	188°C		1,2 -0/75			5 -0/15		
P44, P48	50°C	0,6 -0/87			3,8 - $\pi$ /85	5,4 -0/50		
	110°C	0,7 -0/40						
	188°C		1,2 -0/45					8,2 - $\pi$ /20
P49, P50	160°C			2,7 - $\pi$ /80		4,3 -0/75	7 -0/100	0/100
	188°C		1,2 -0/20	2,8 - $\pi$ /80		4,2 -0/55	7 -0/100	0/100
	208°C	0,6 -0/80		2,5 - $\pi$ /75	3,8 - $\pi$ /50		6 -0/100	
	260°C			2,3 - $\pi$ /98		4,5 - $\pi$ /50	9 -0/100	



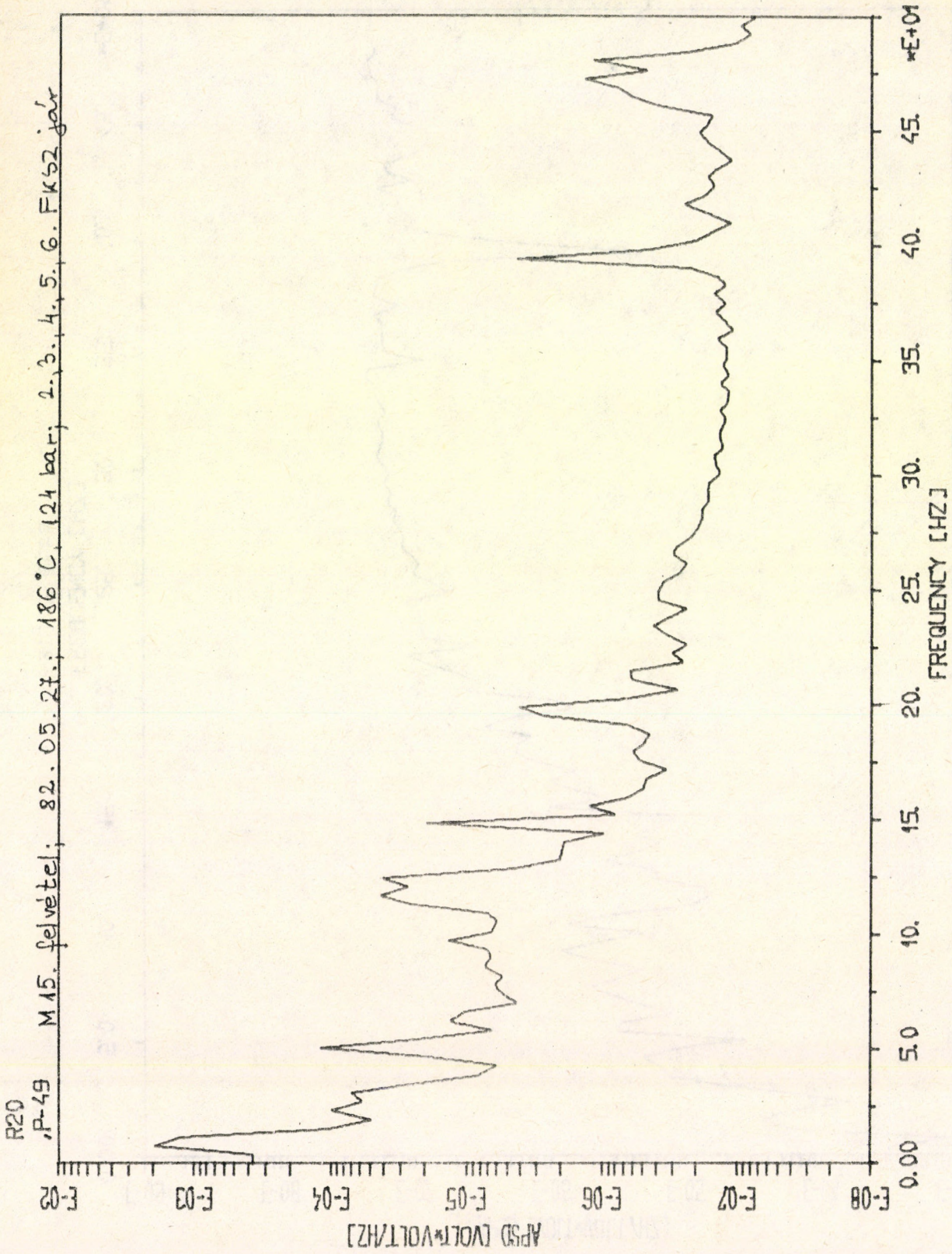
2.1.1 ábra



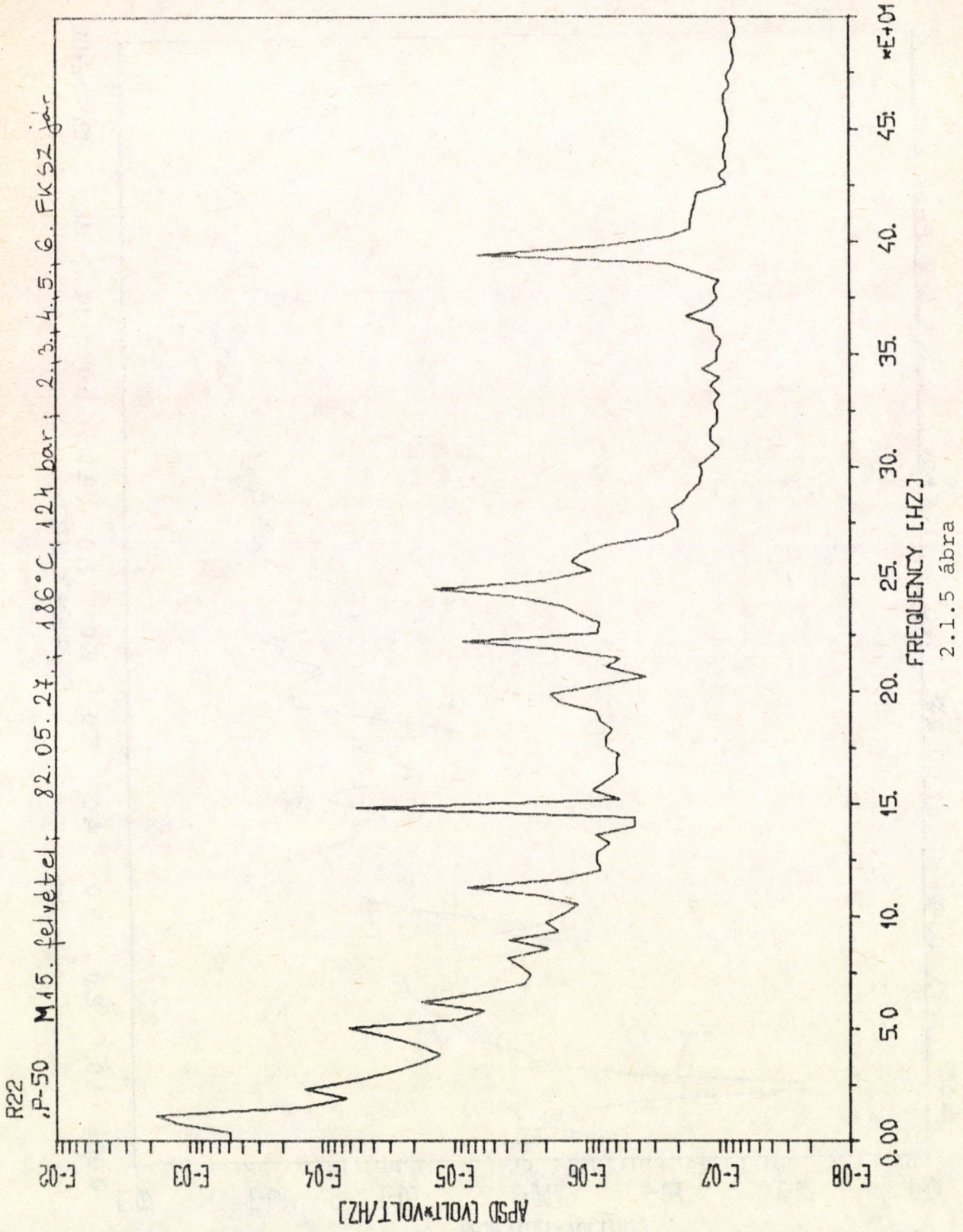
2.1.2 ábra

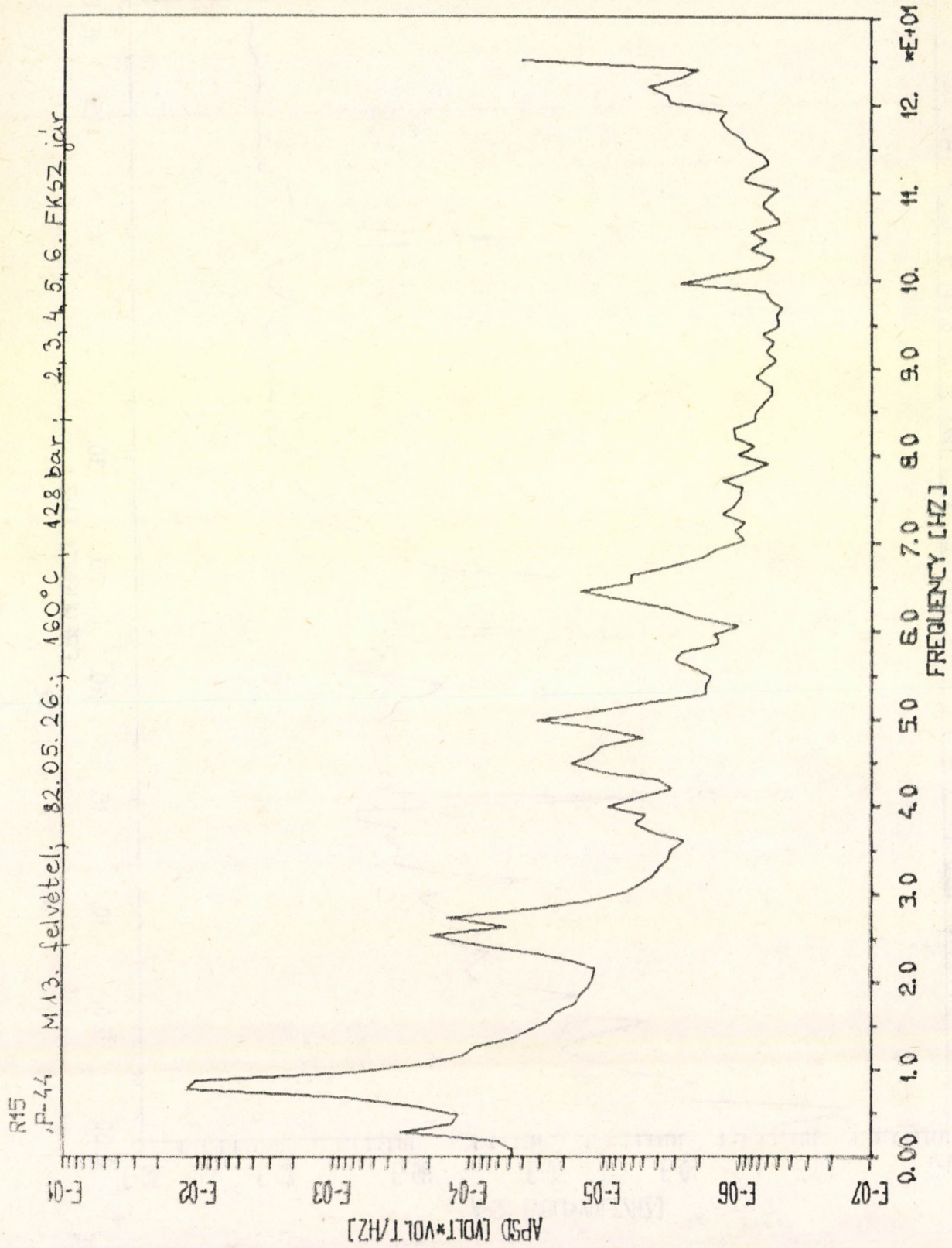


2.1.3 ábra

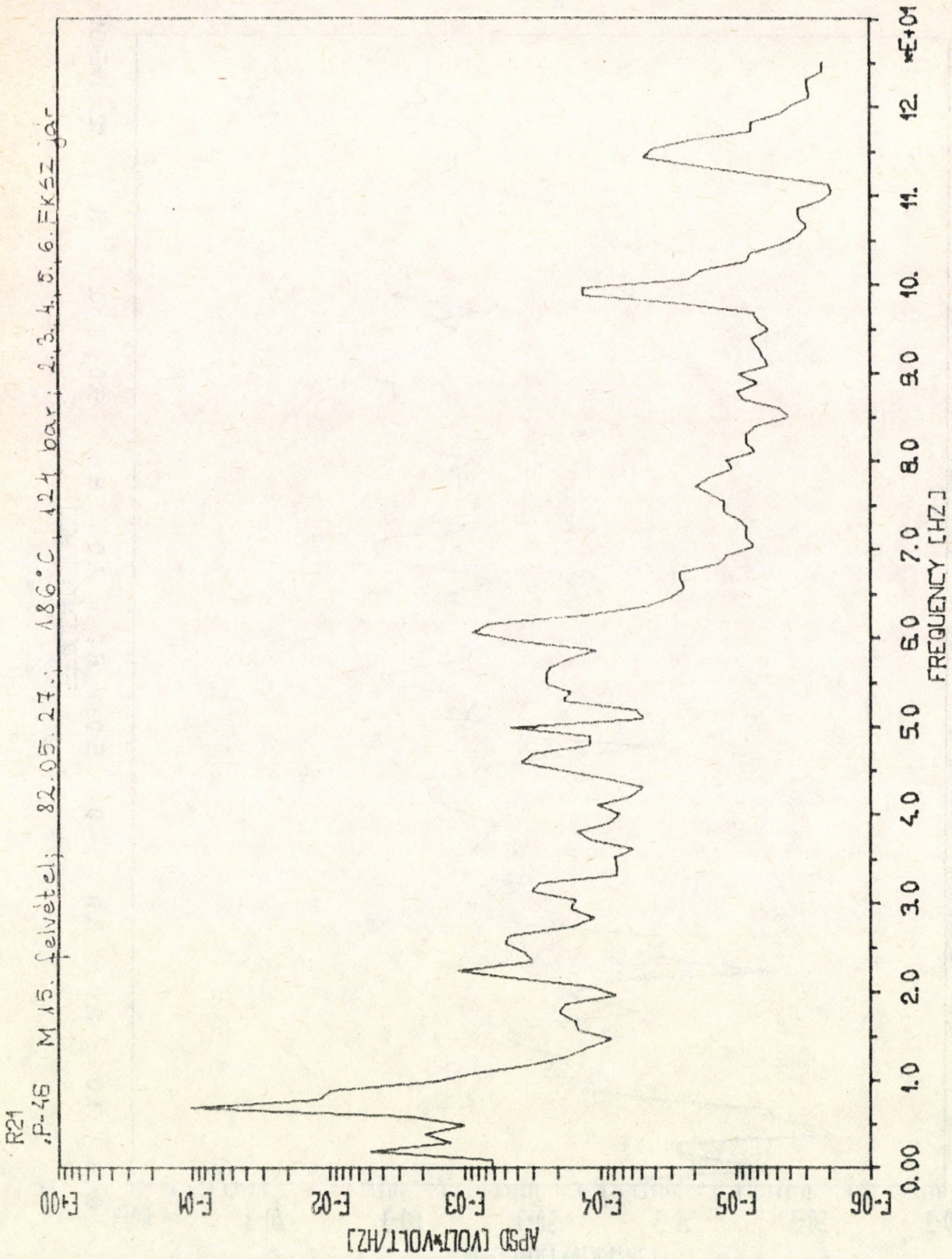


2.1.4 ábra

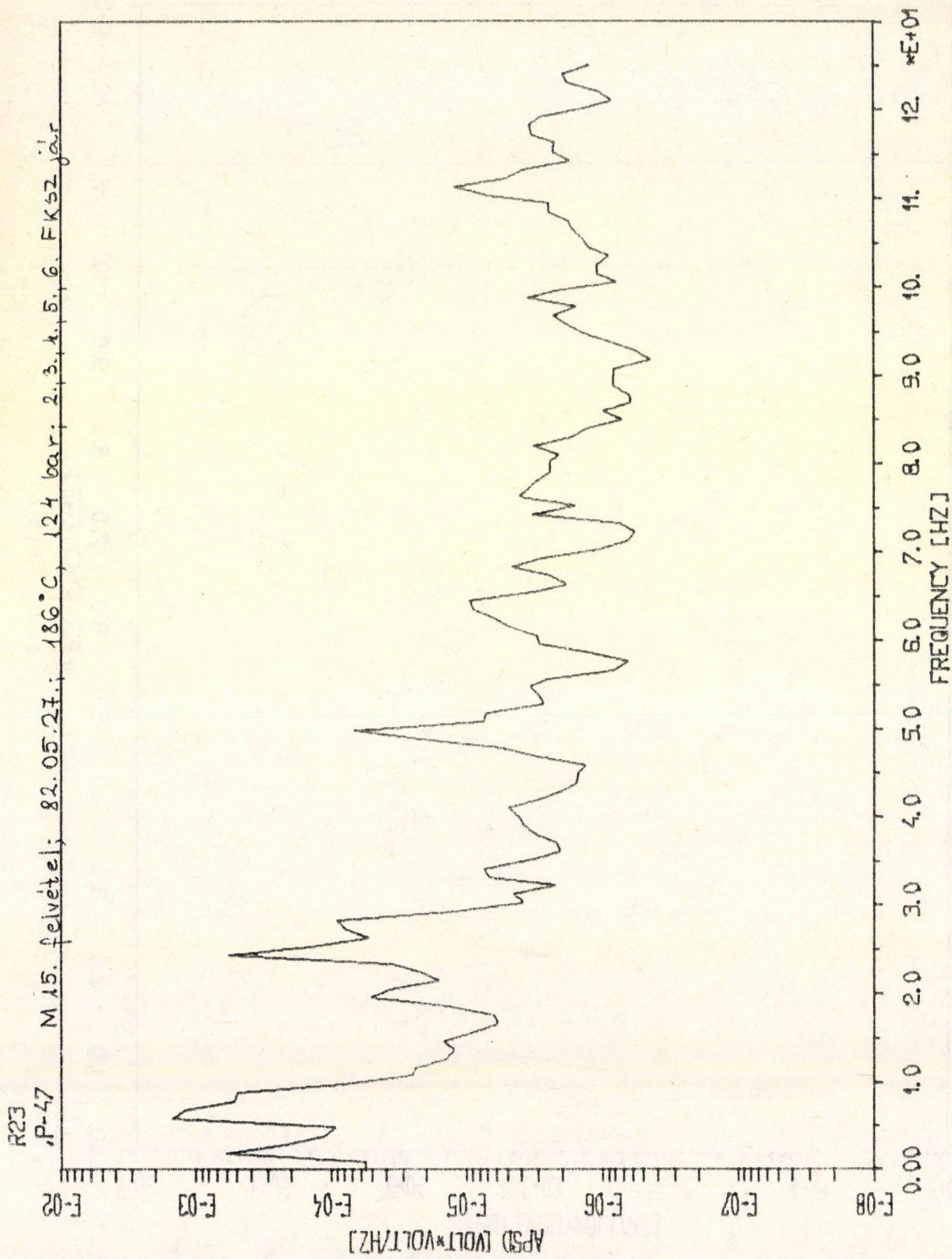




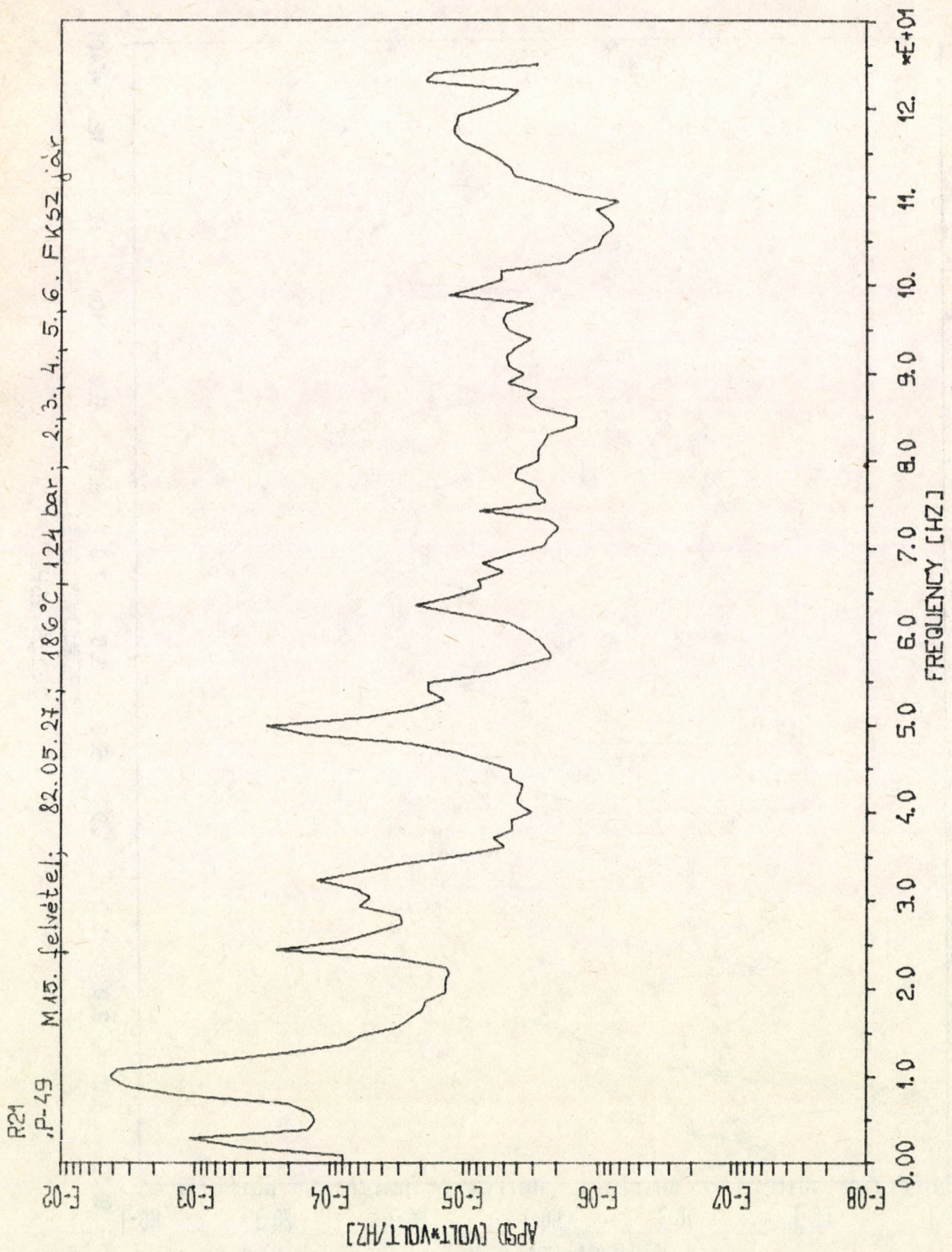
2.2.1 ábra



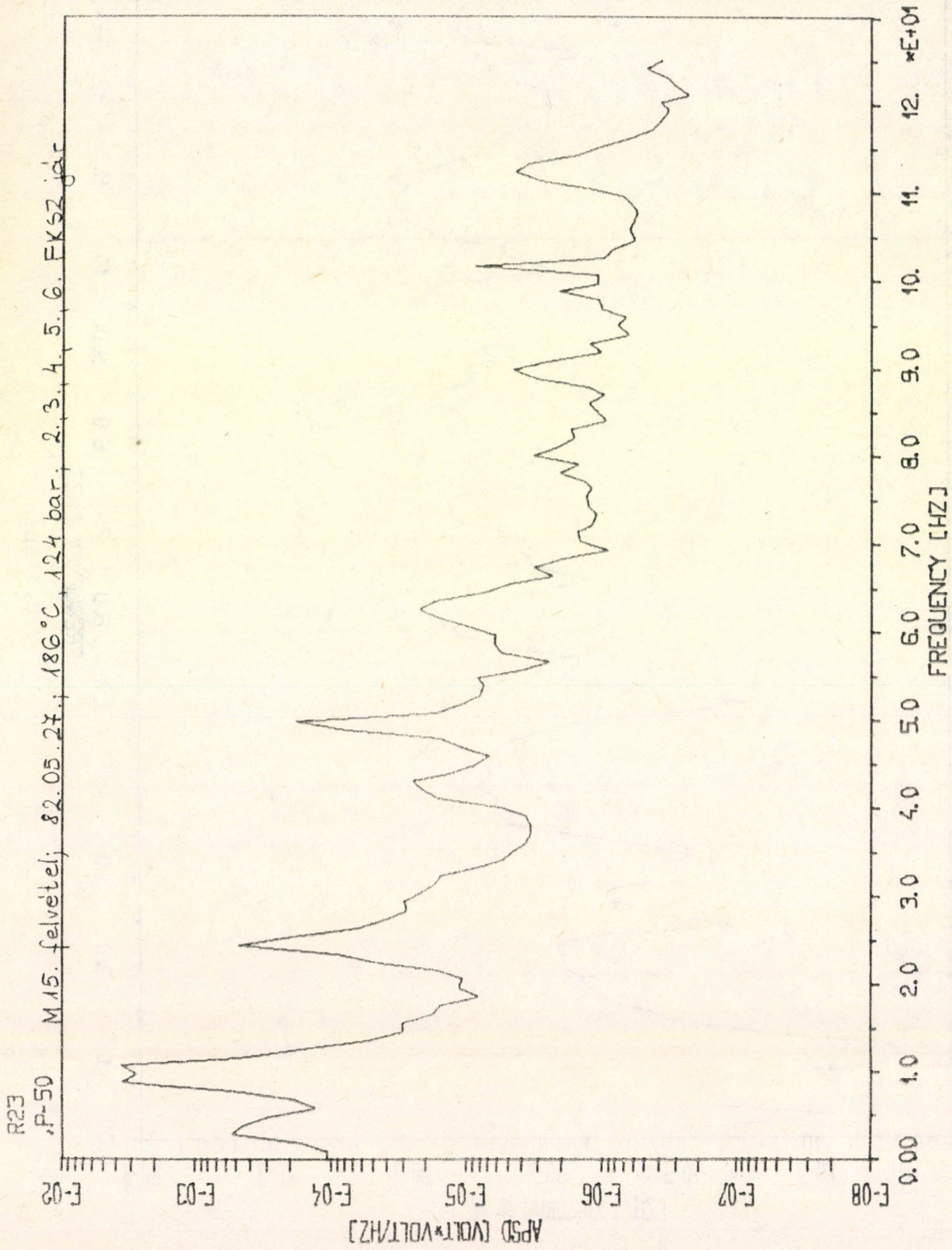
2.2.2 ábra



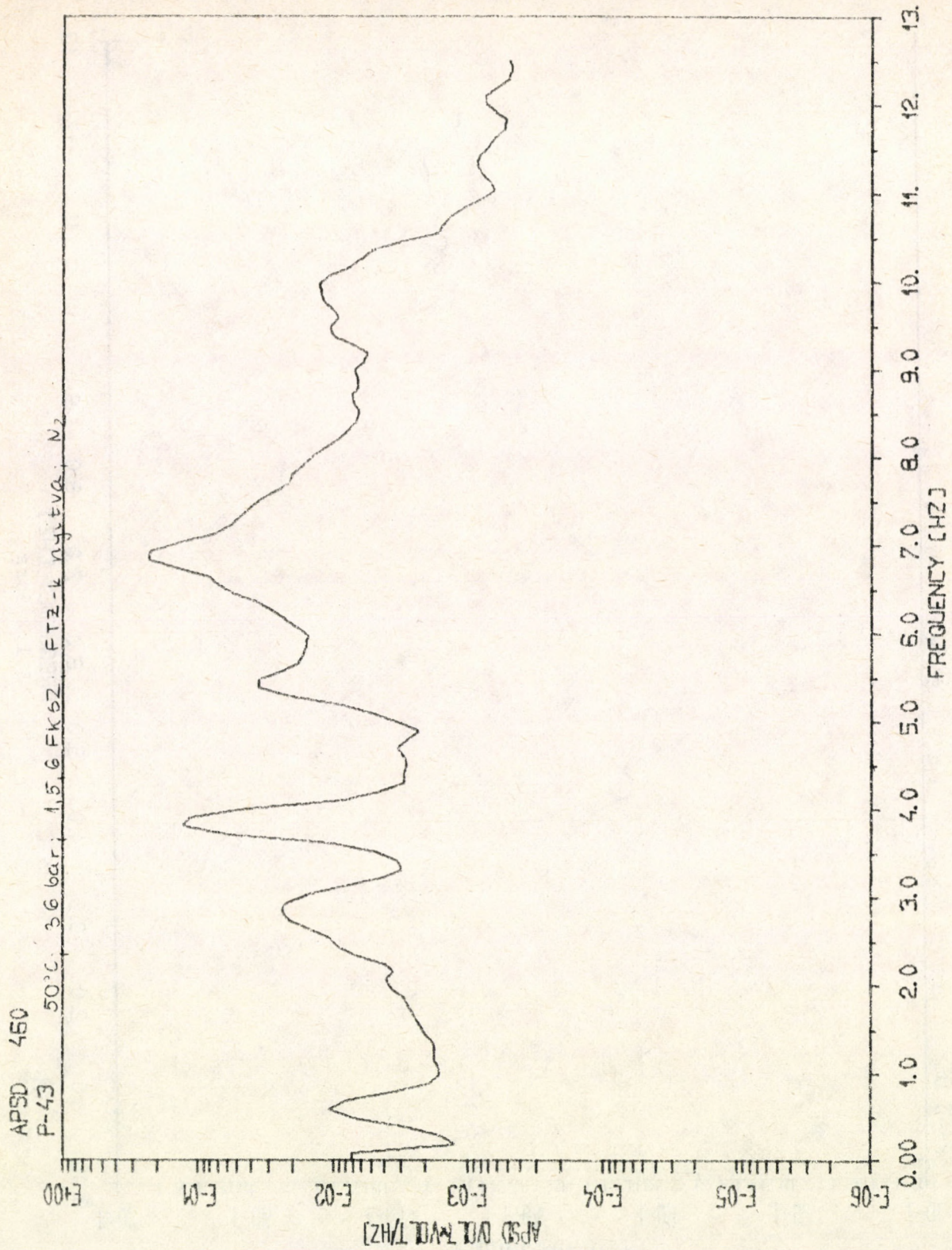
2.2.3 ábra

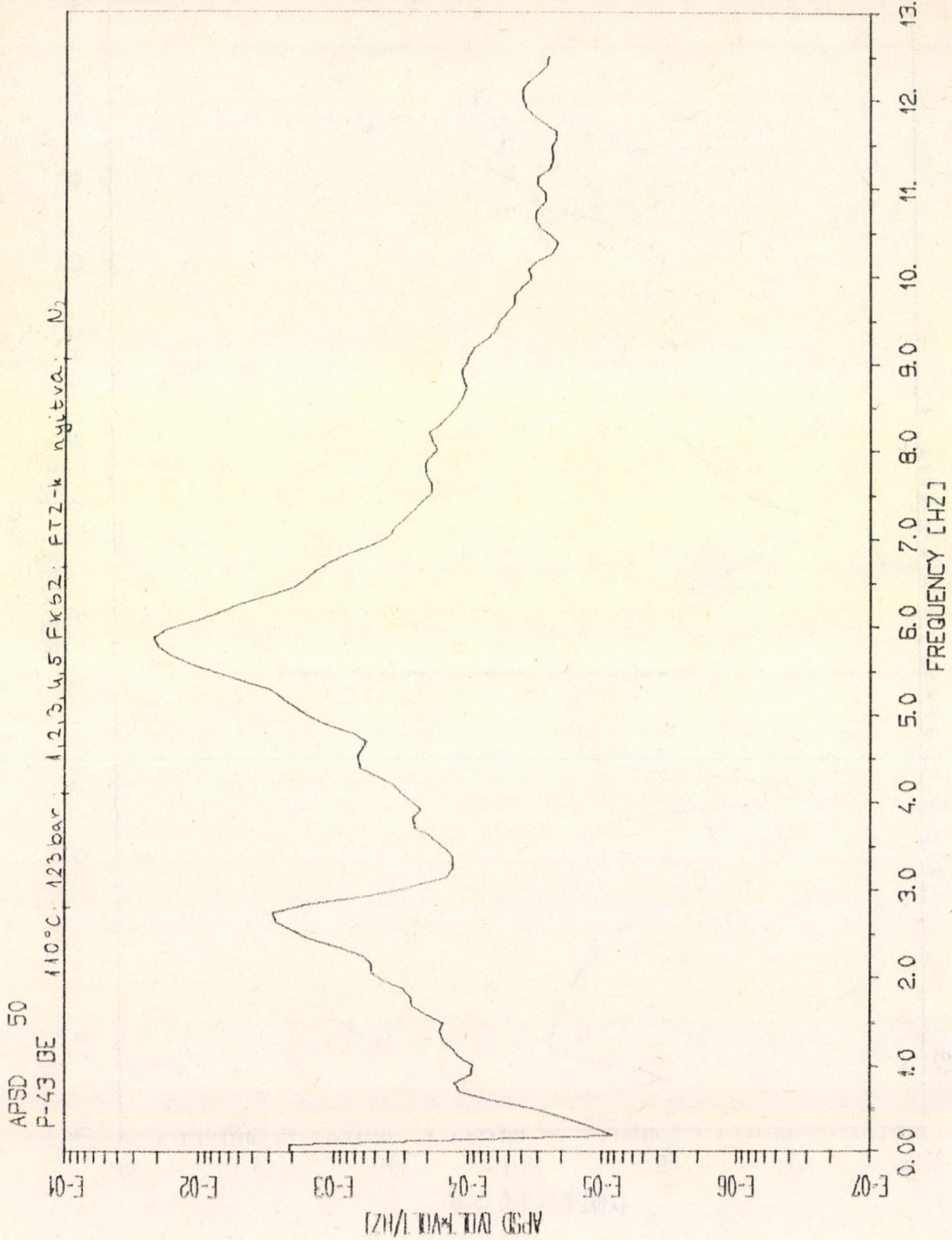


2.2.4 ábra

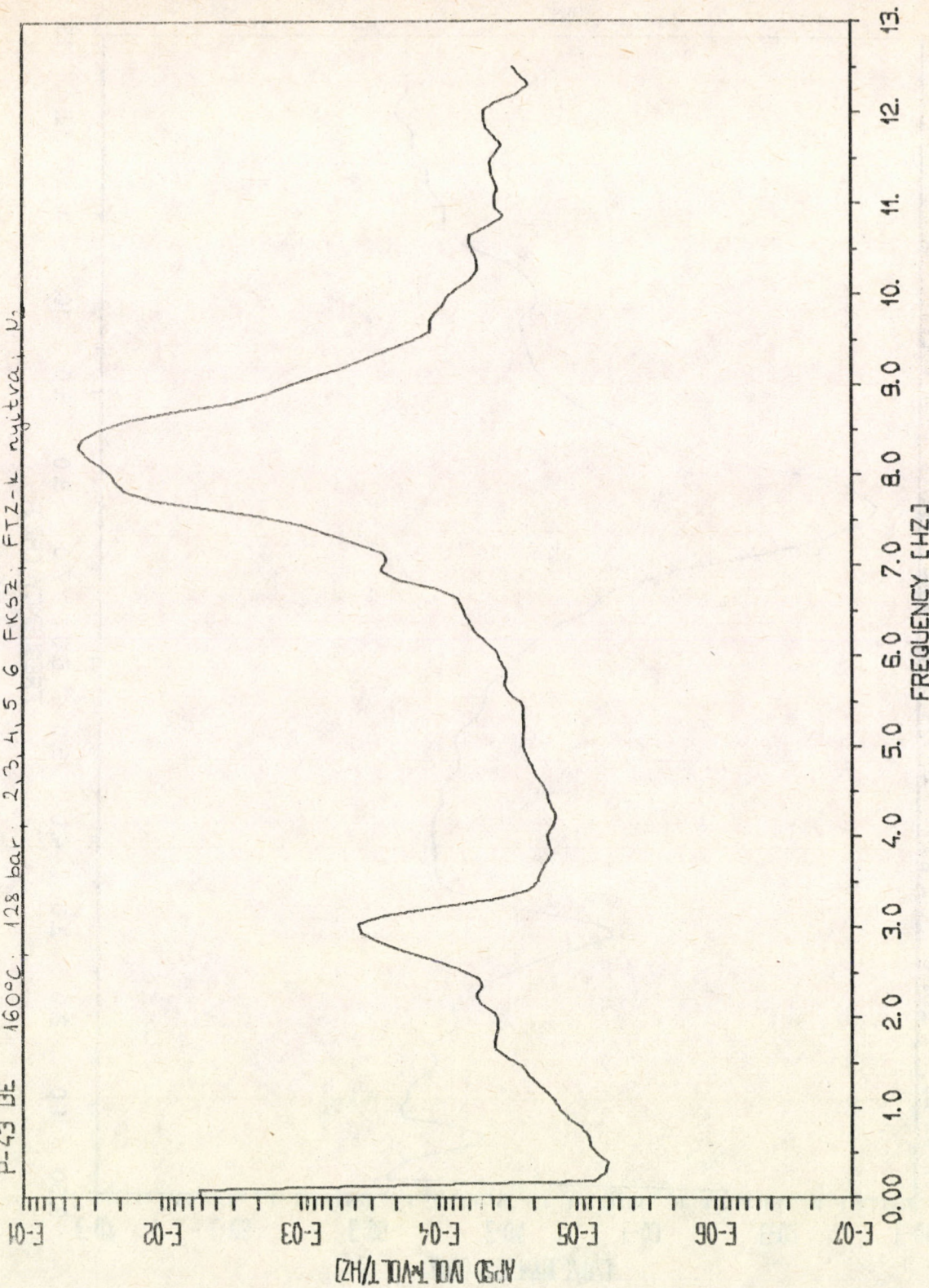


2.2.5 ábra

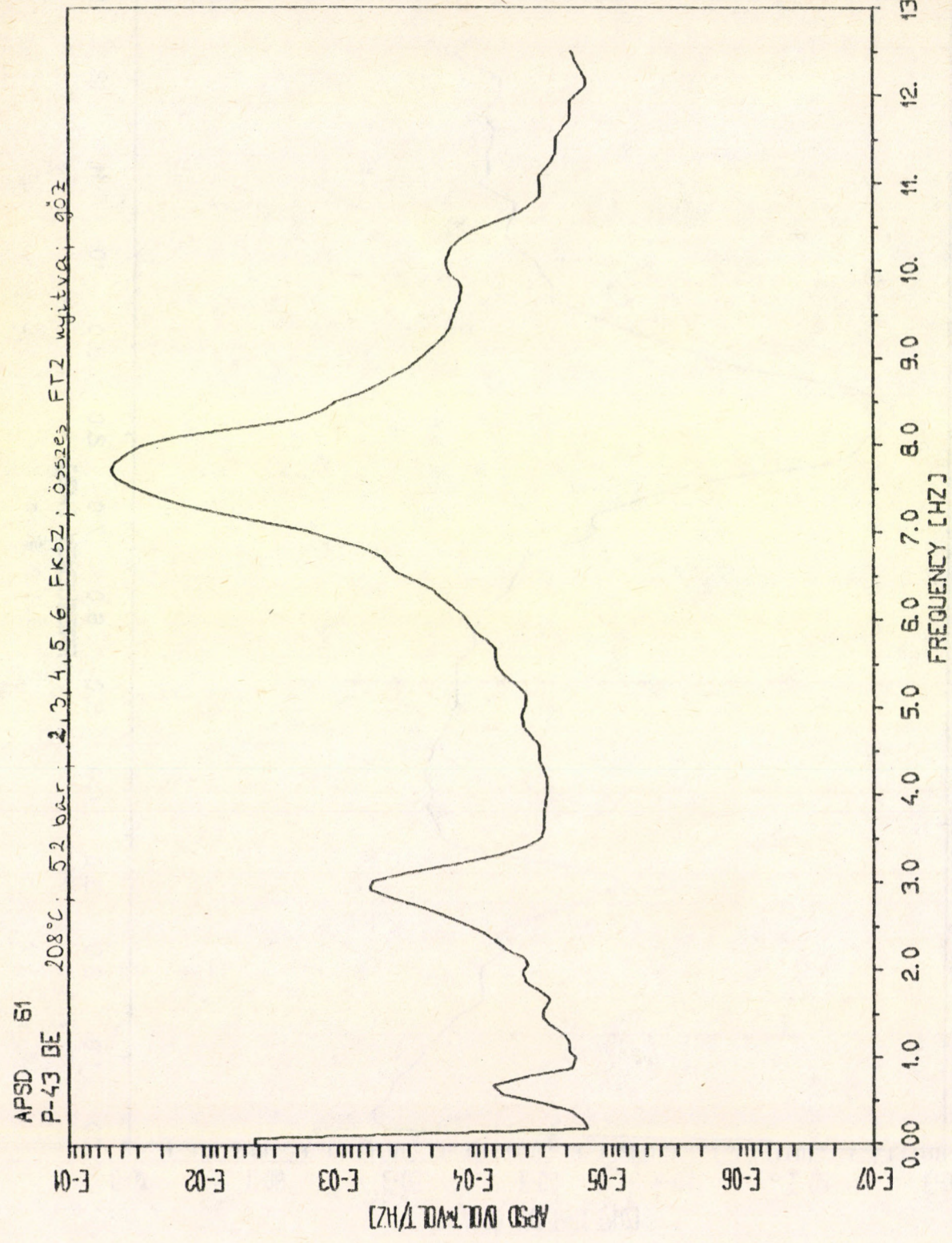




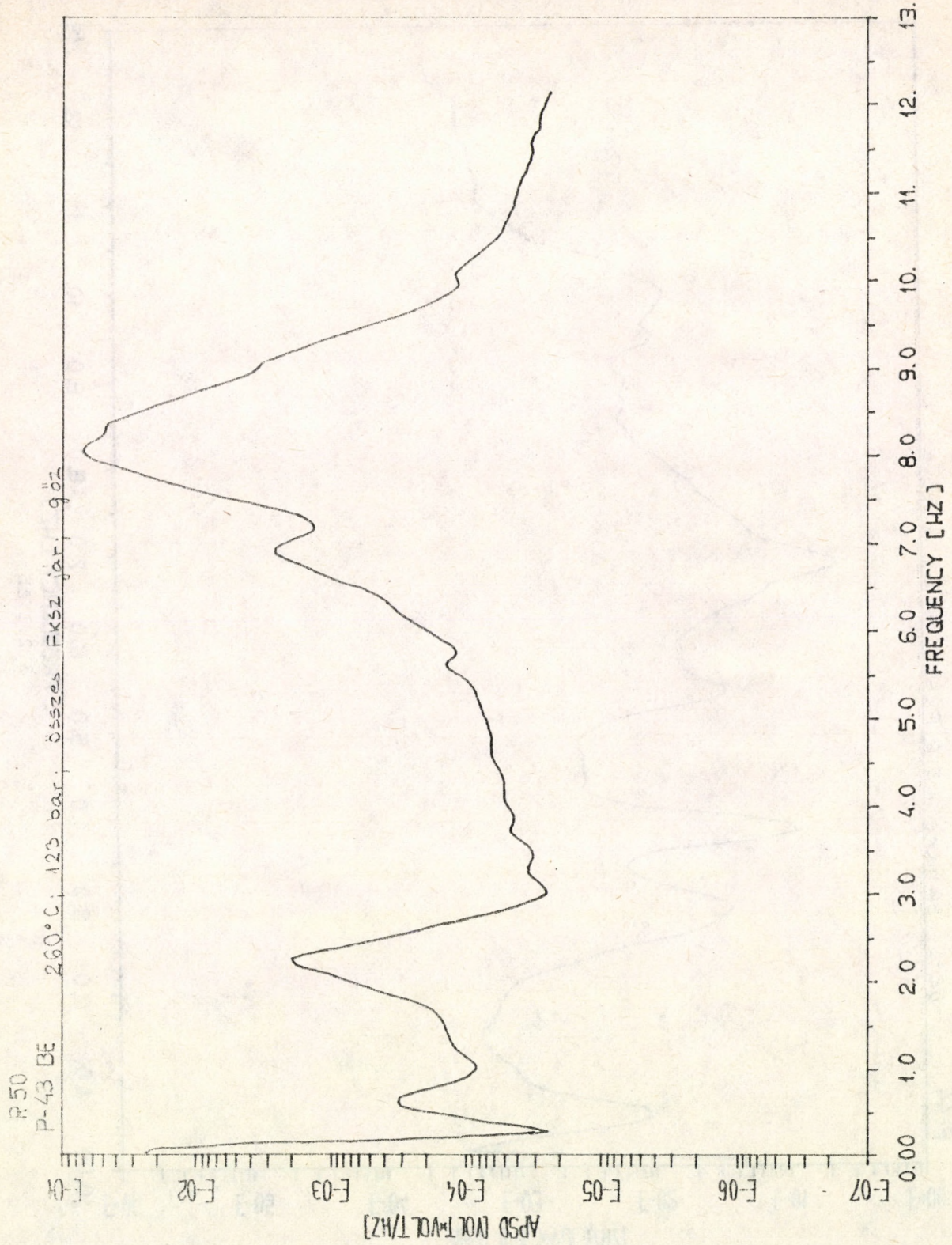
APSD 54  
P-43 DE 160°C; 128 bar; 2, 3, 4, 5, 6 FKSZ; FITZ-k nyitra, U<sub>2</sub>



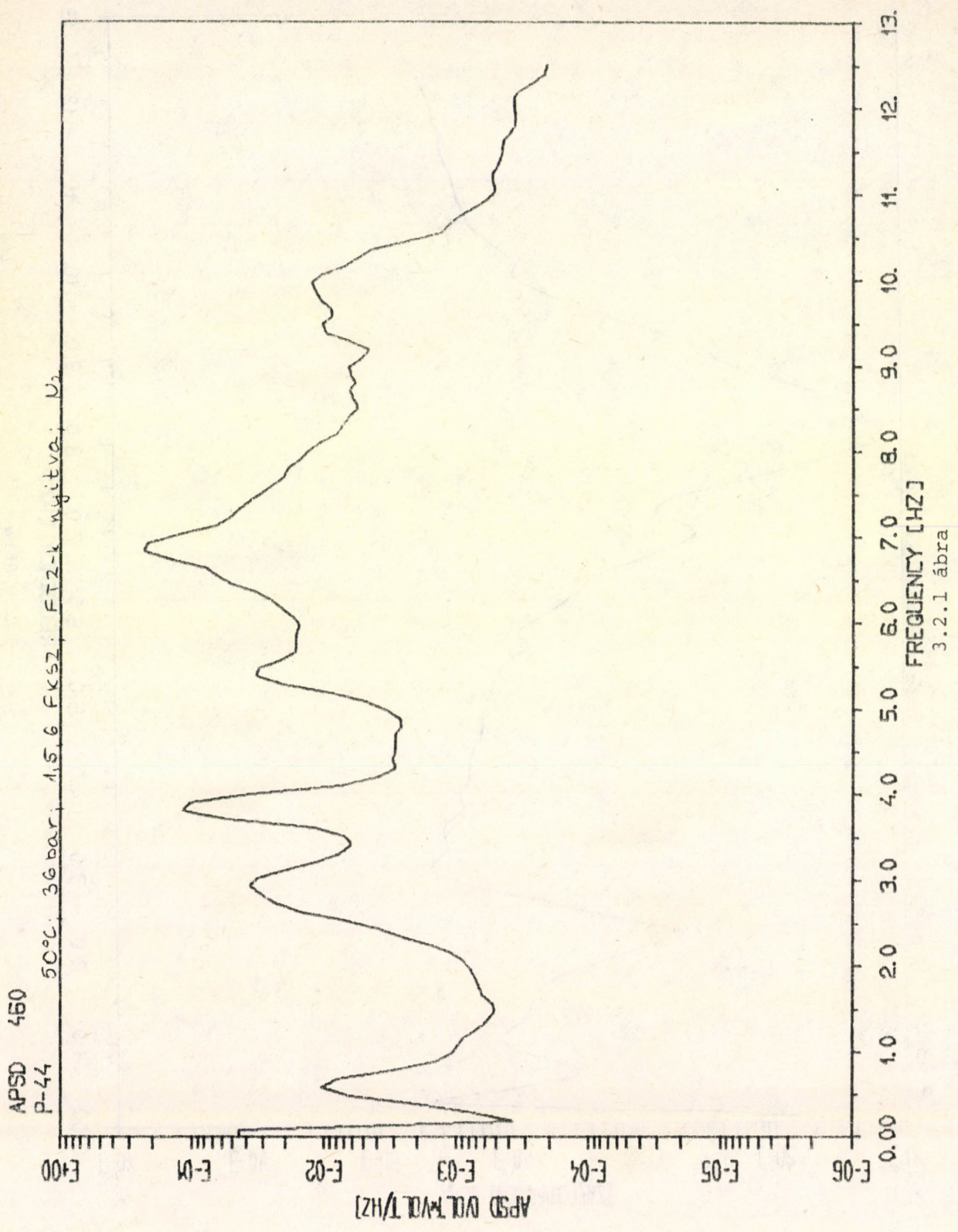
3.1.3 ábra

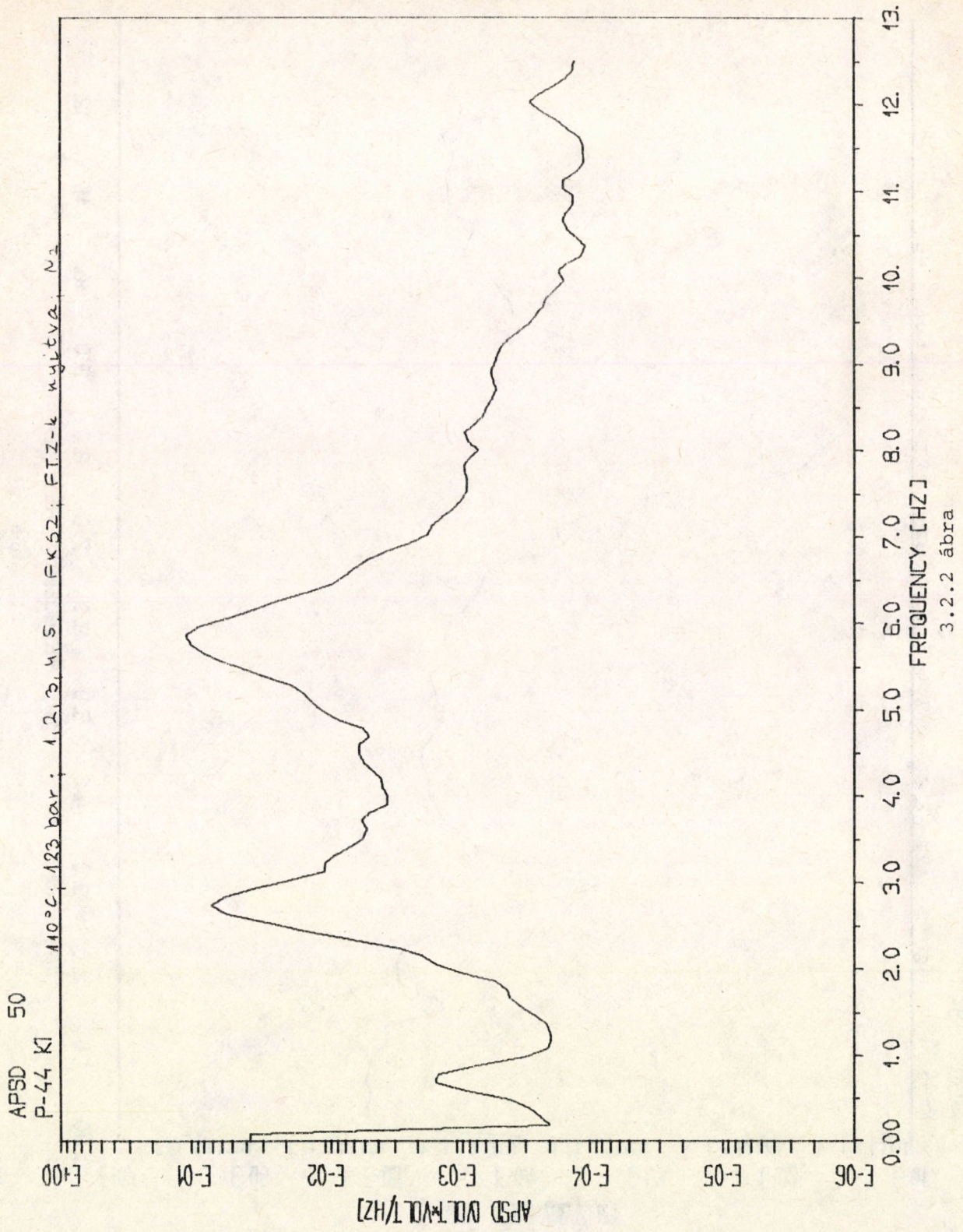


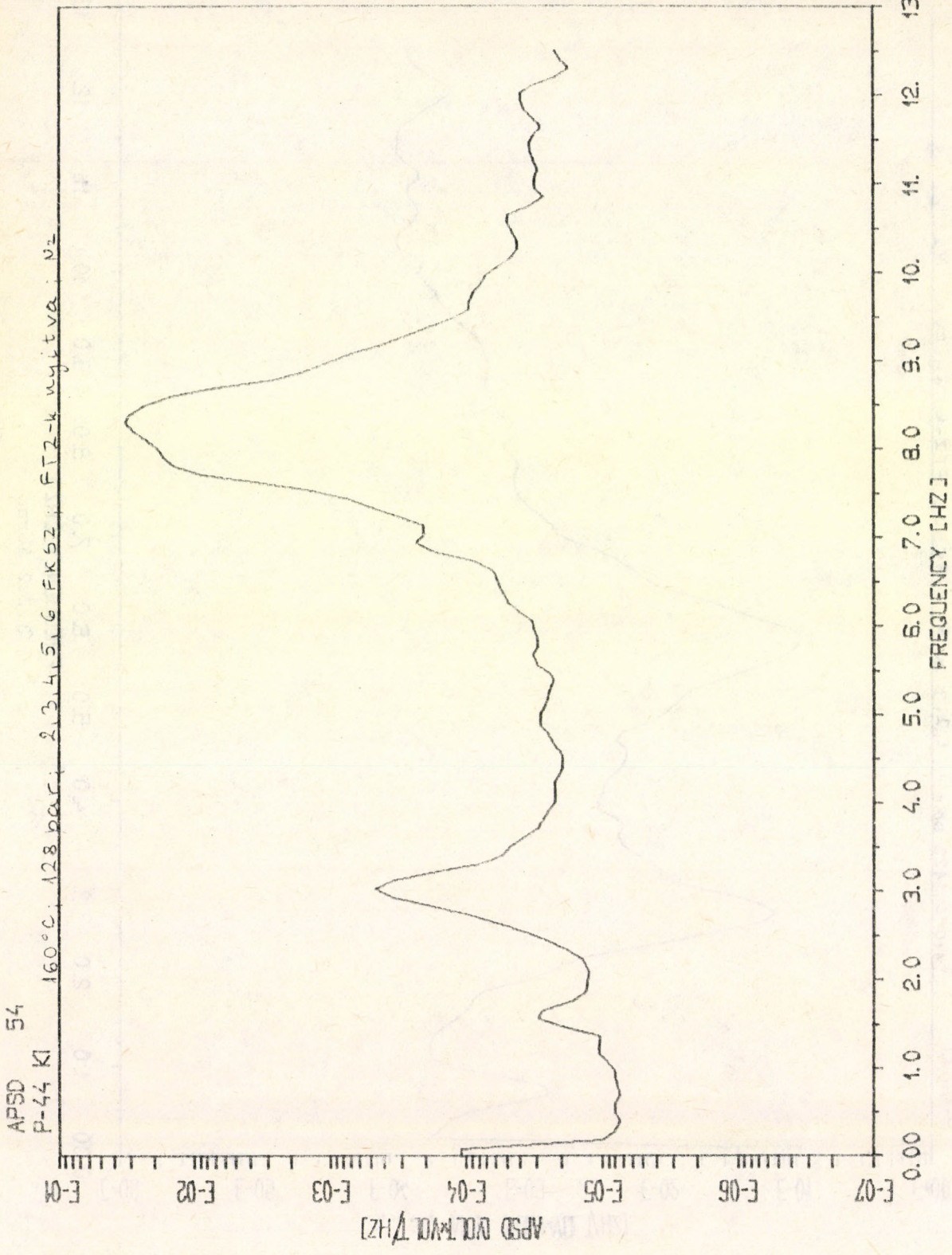
3.1.4 ábra



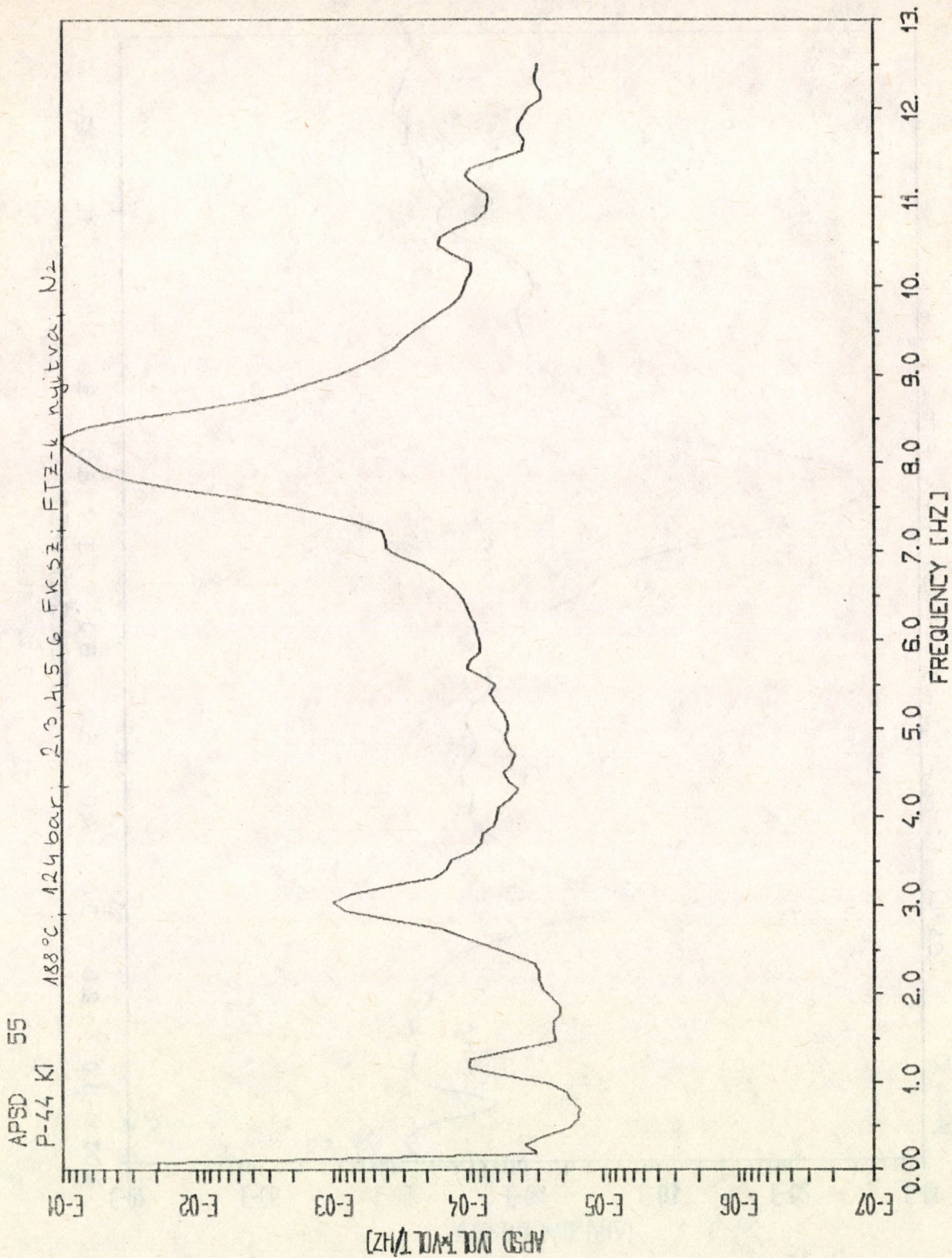
3.1.5 ábra



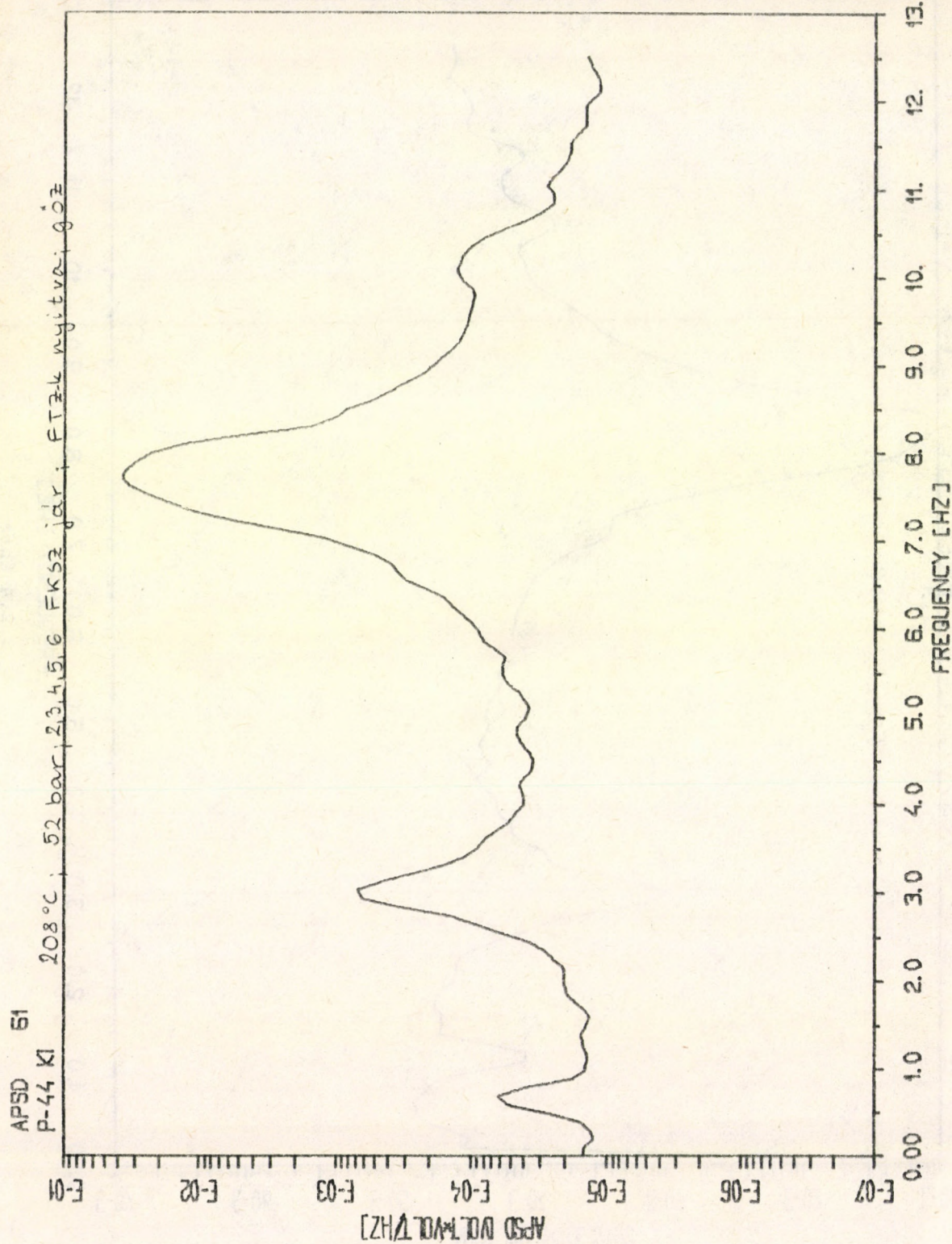




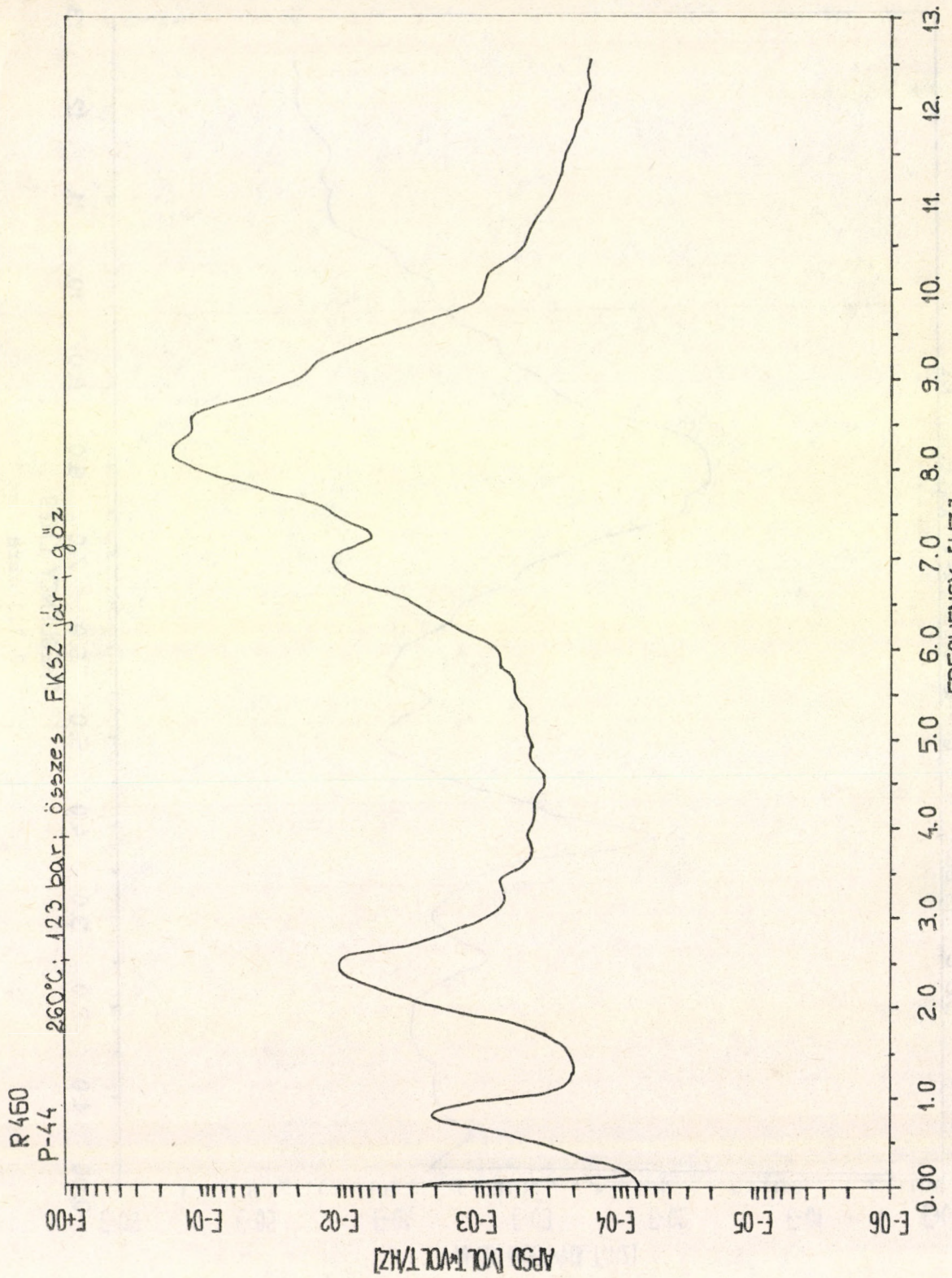
3.2.3 ábra



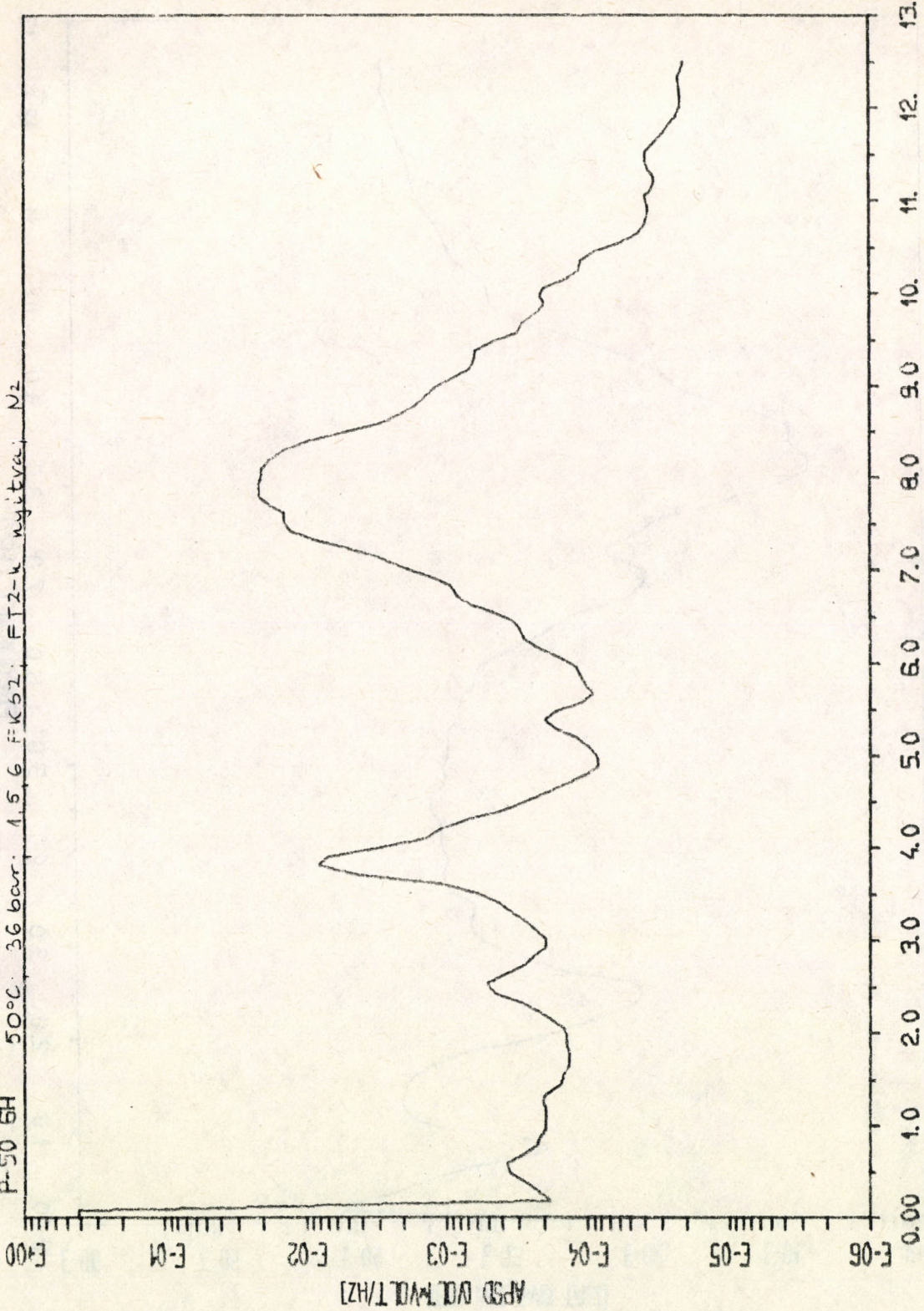
3.2.4 ábra



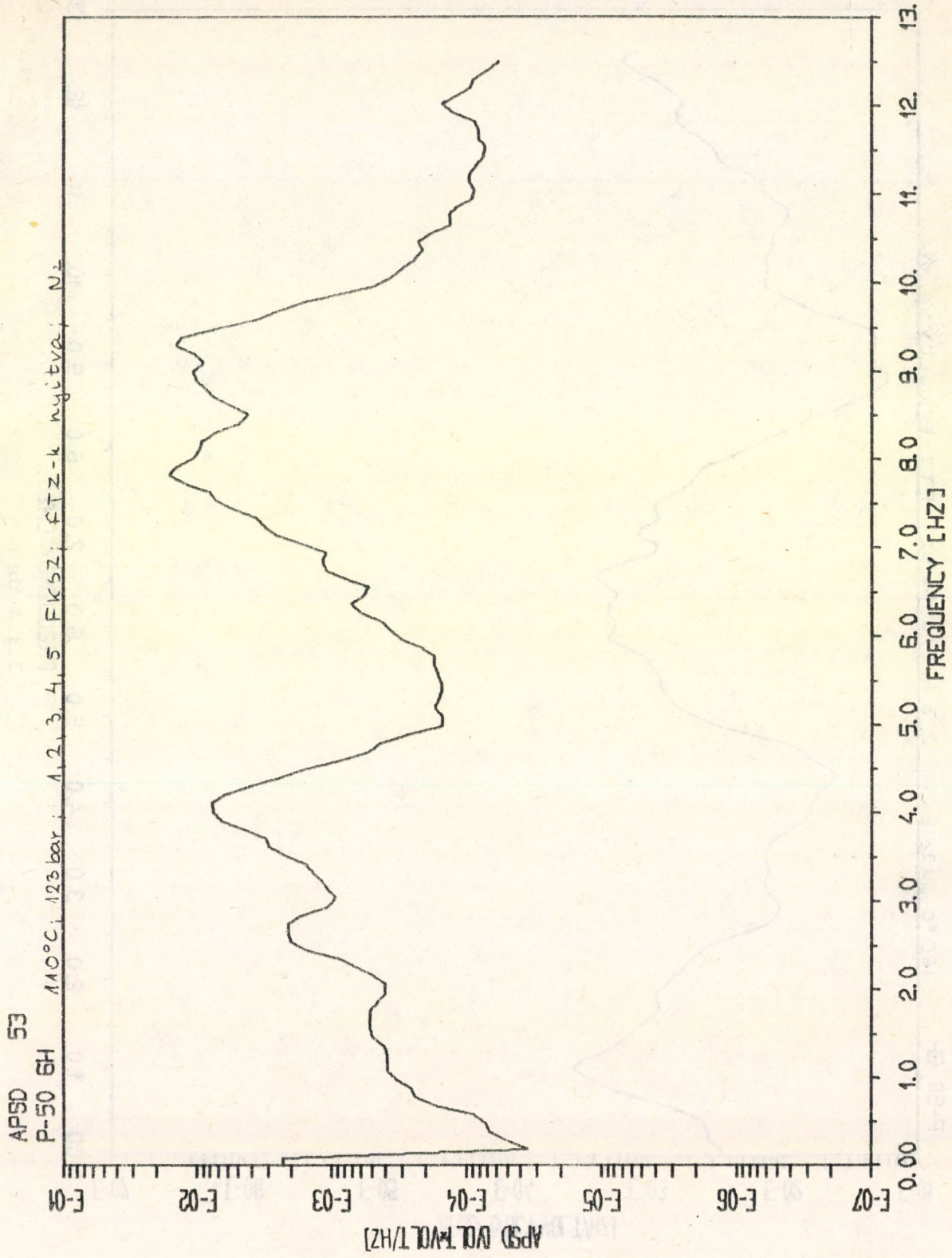
3.2.5 ábra



APSD 49  
P-50 6H 50°C 36 bar: 1,5,6 F12-k nyugtalan N2

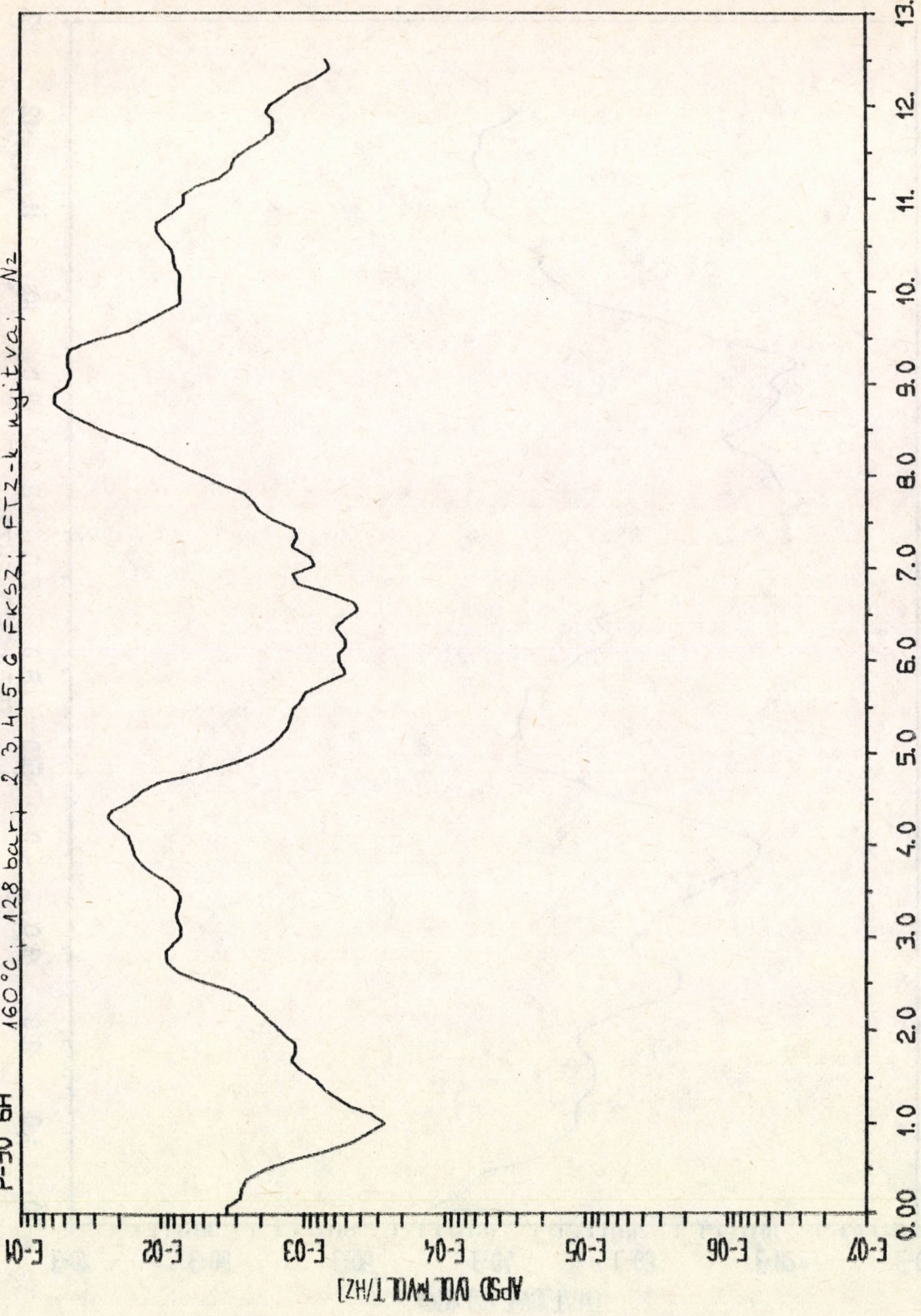


3.3.1 ábra

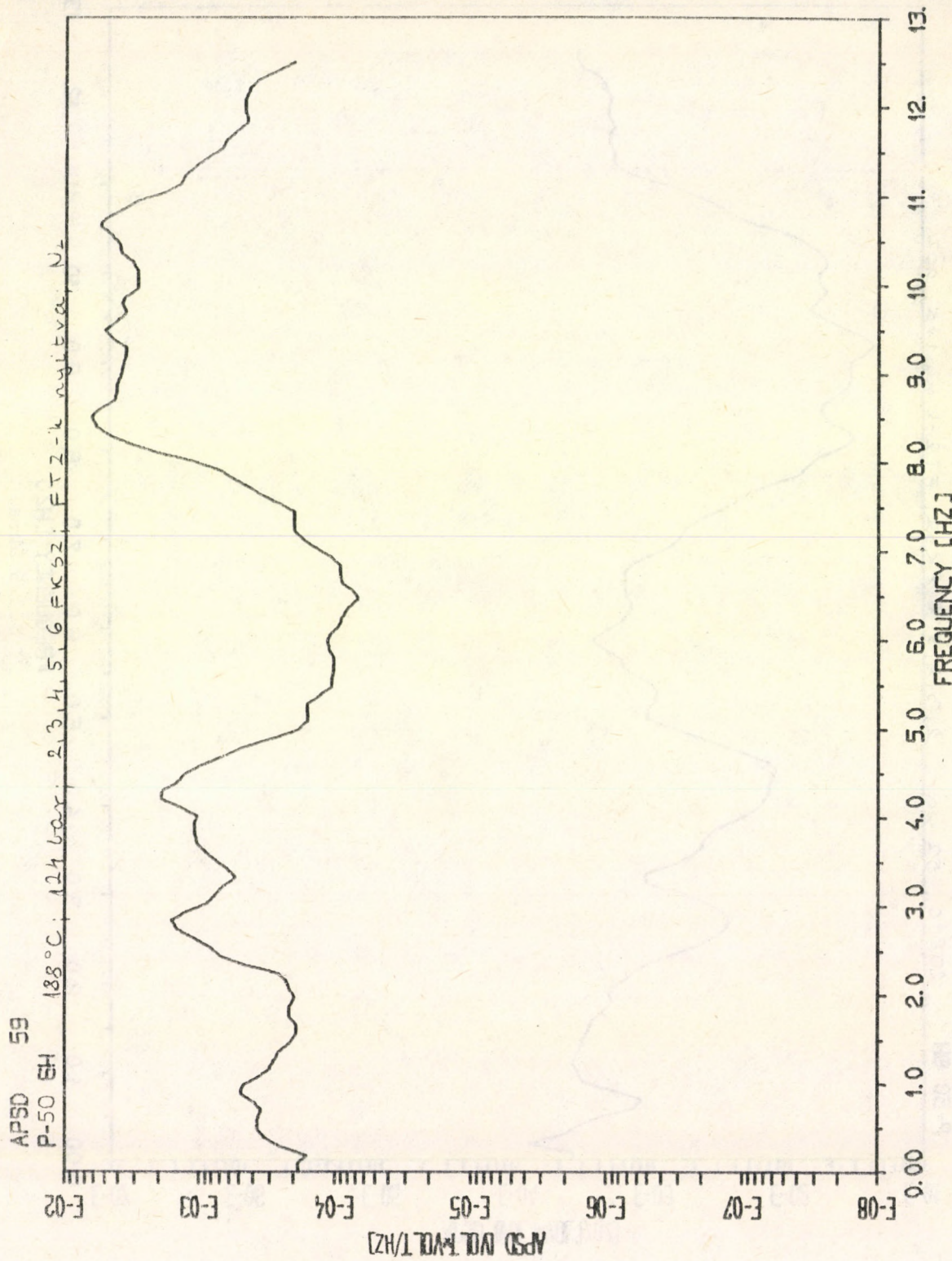


3.3.2 ábra

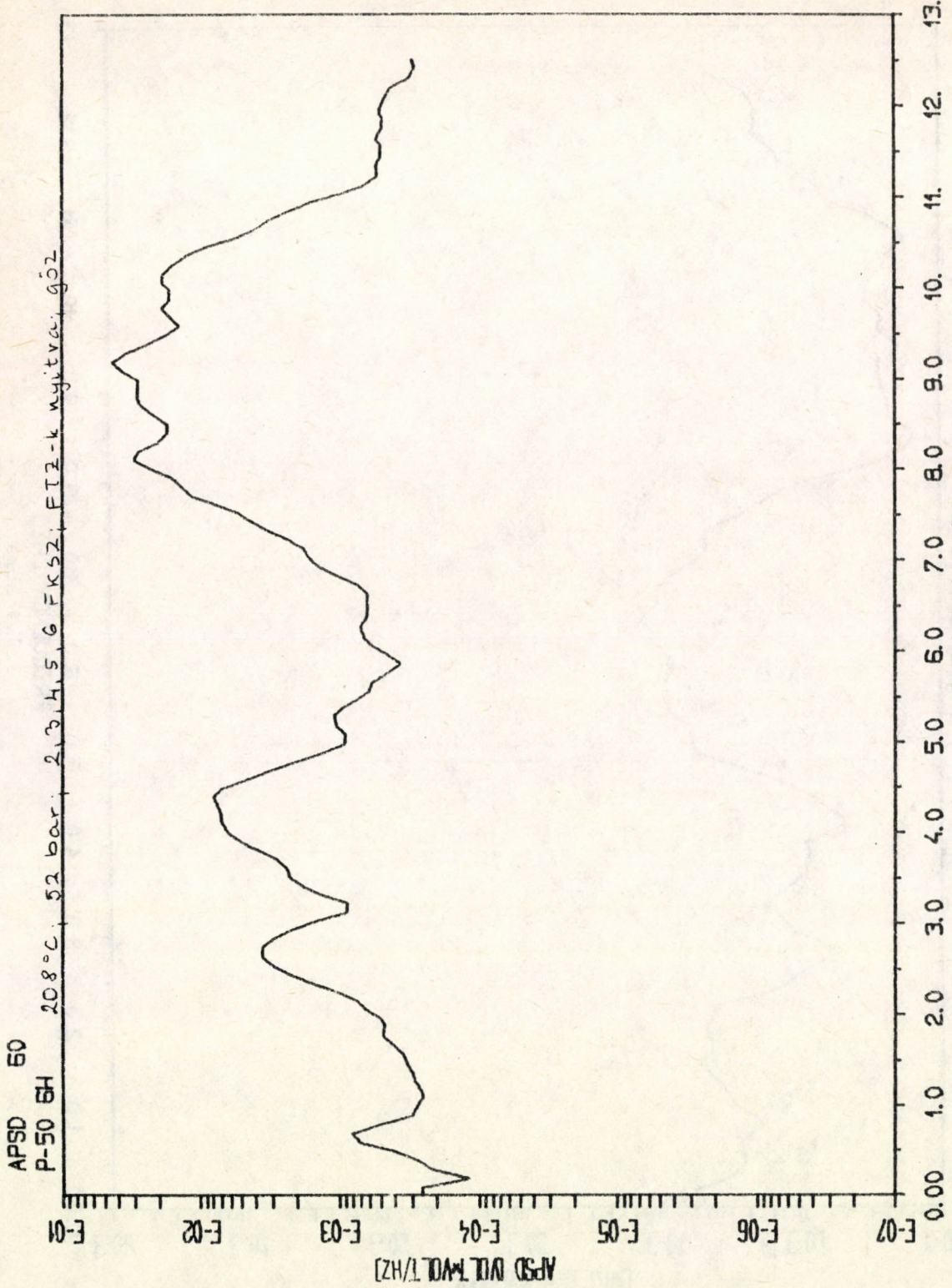
APSD 58  
P-50 6H  
160°C; 128 bar; 2, 3, 4, 5, 6 FKSZ; FTZ-k nyitva; N<sub>2</sub>



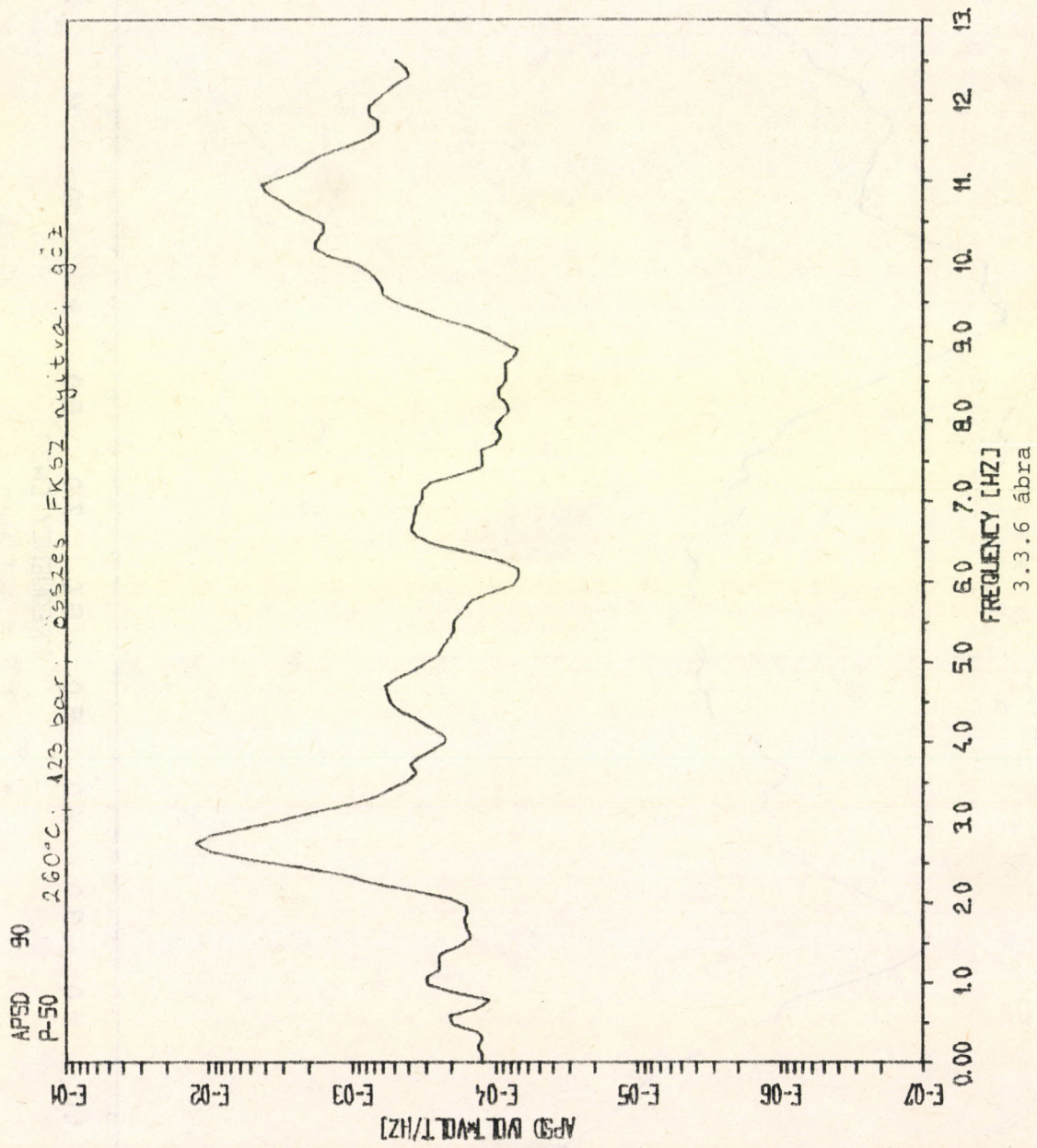
3.3.3 ábra



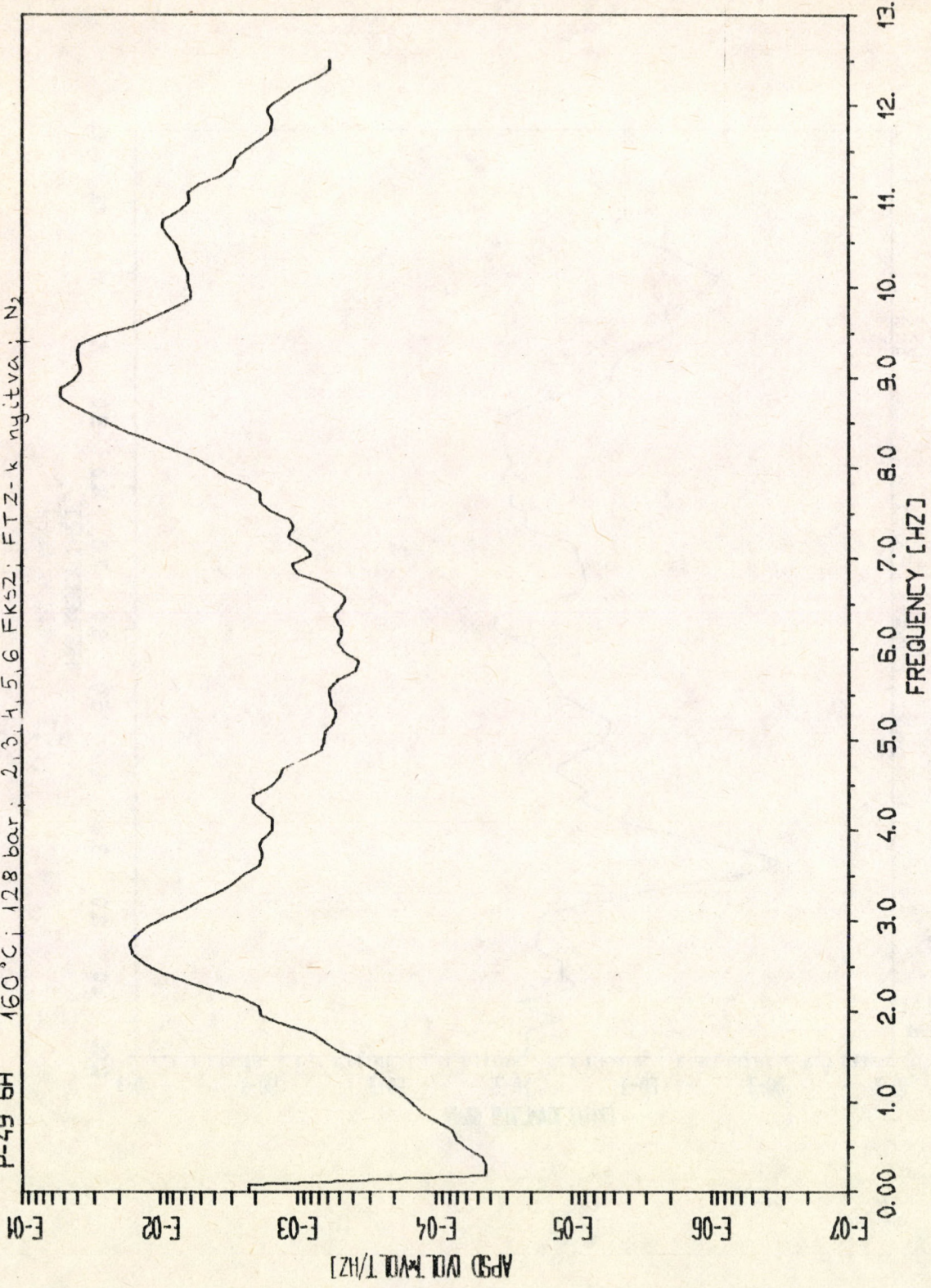
3.3.4 ábra



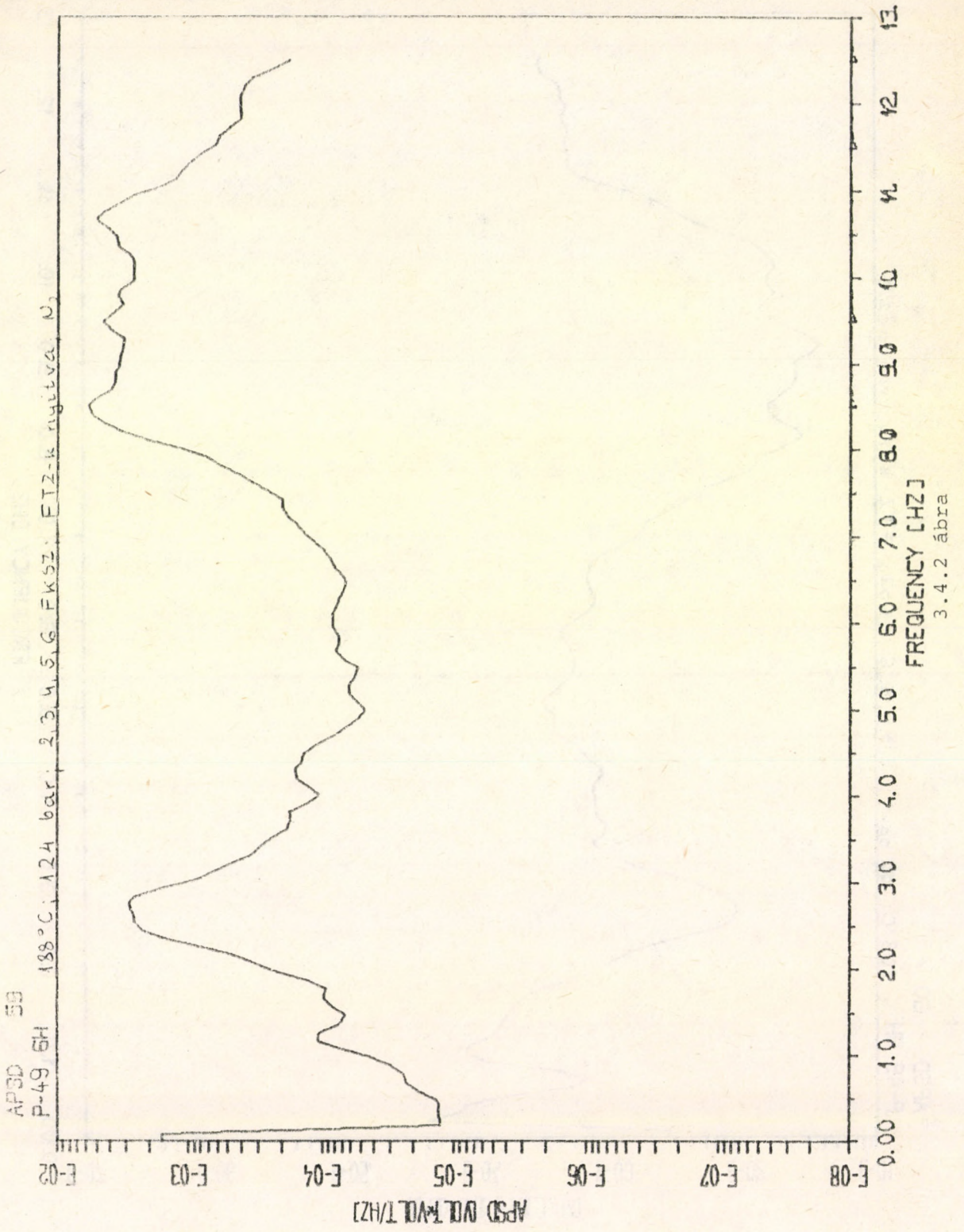
3.3.5 ábra

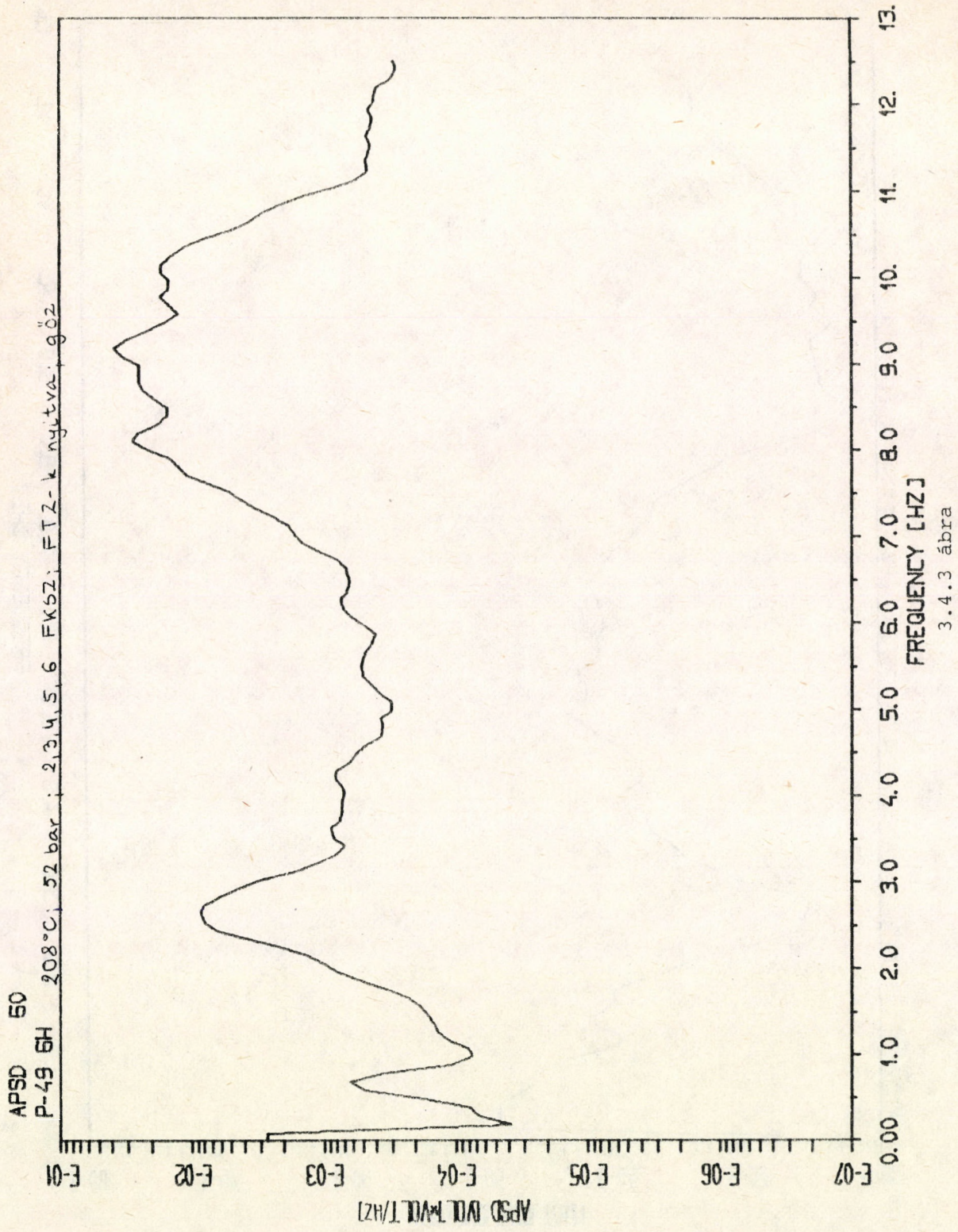


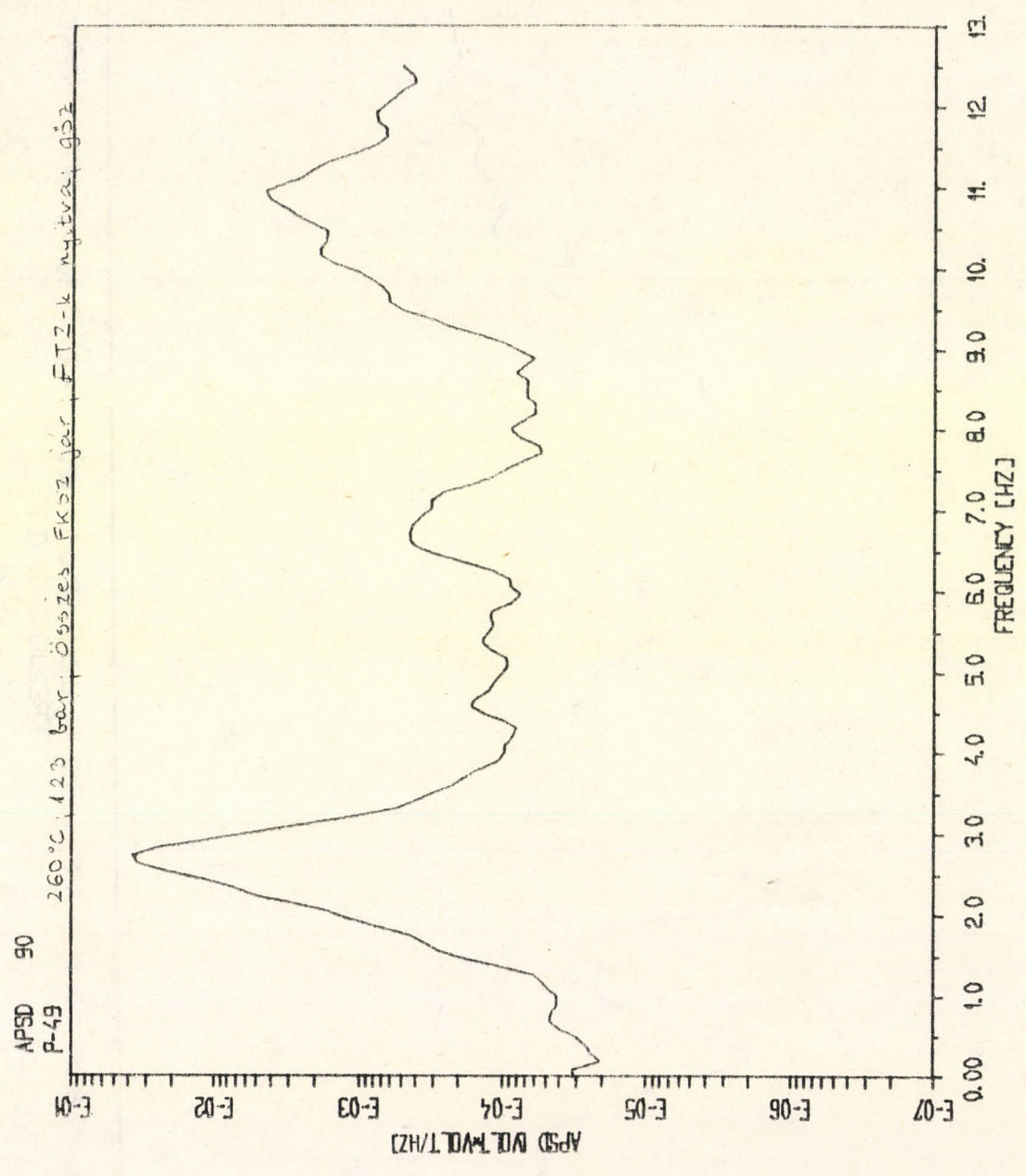
APSD 58  
P-49 5H 160 °C; 128 bar; 2, 3, 4, 5, 6 FK52; FTZ-k nyitva; N<sub>2</sub>



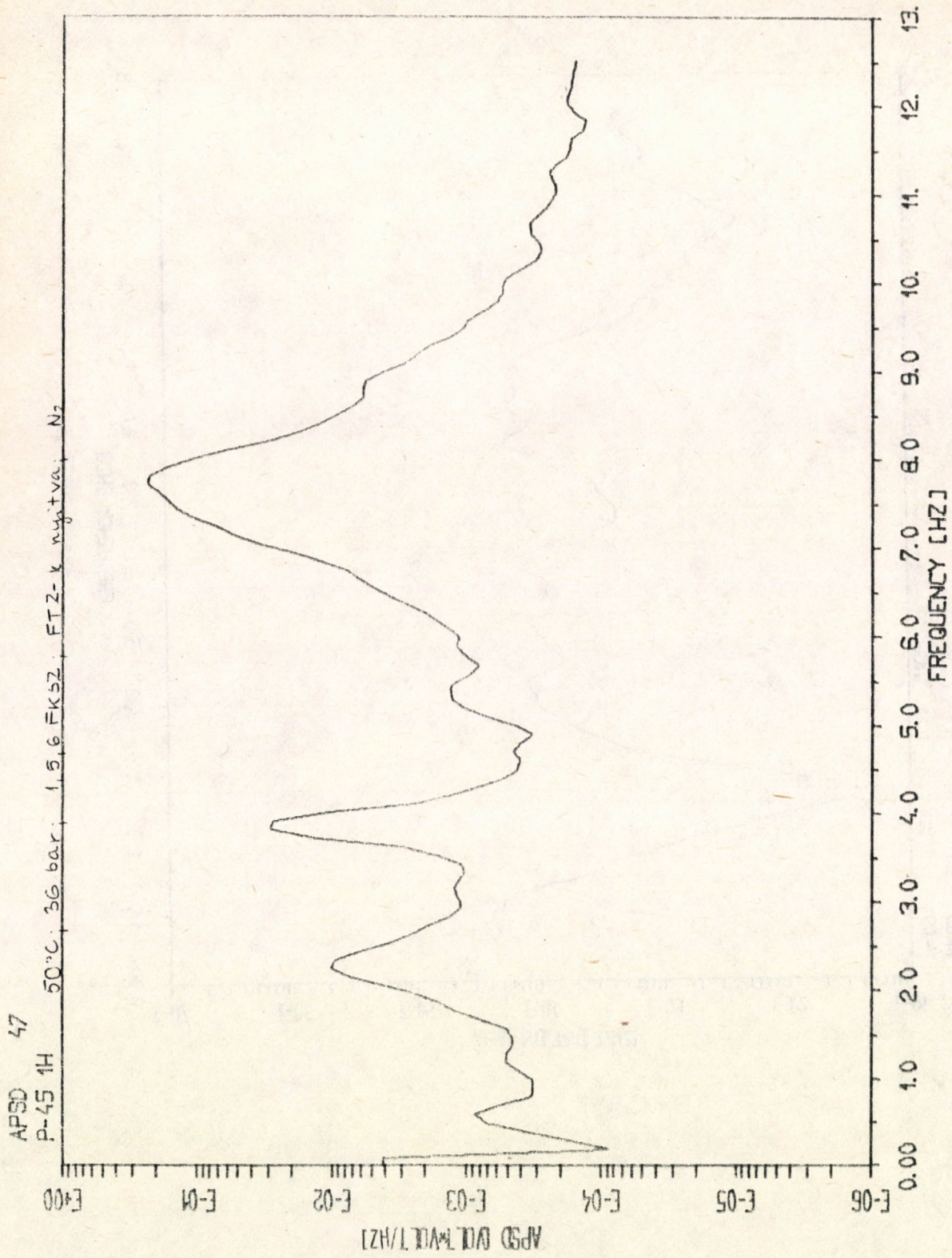
3.4.1 ábra



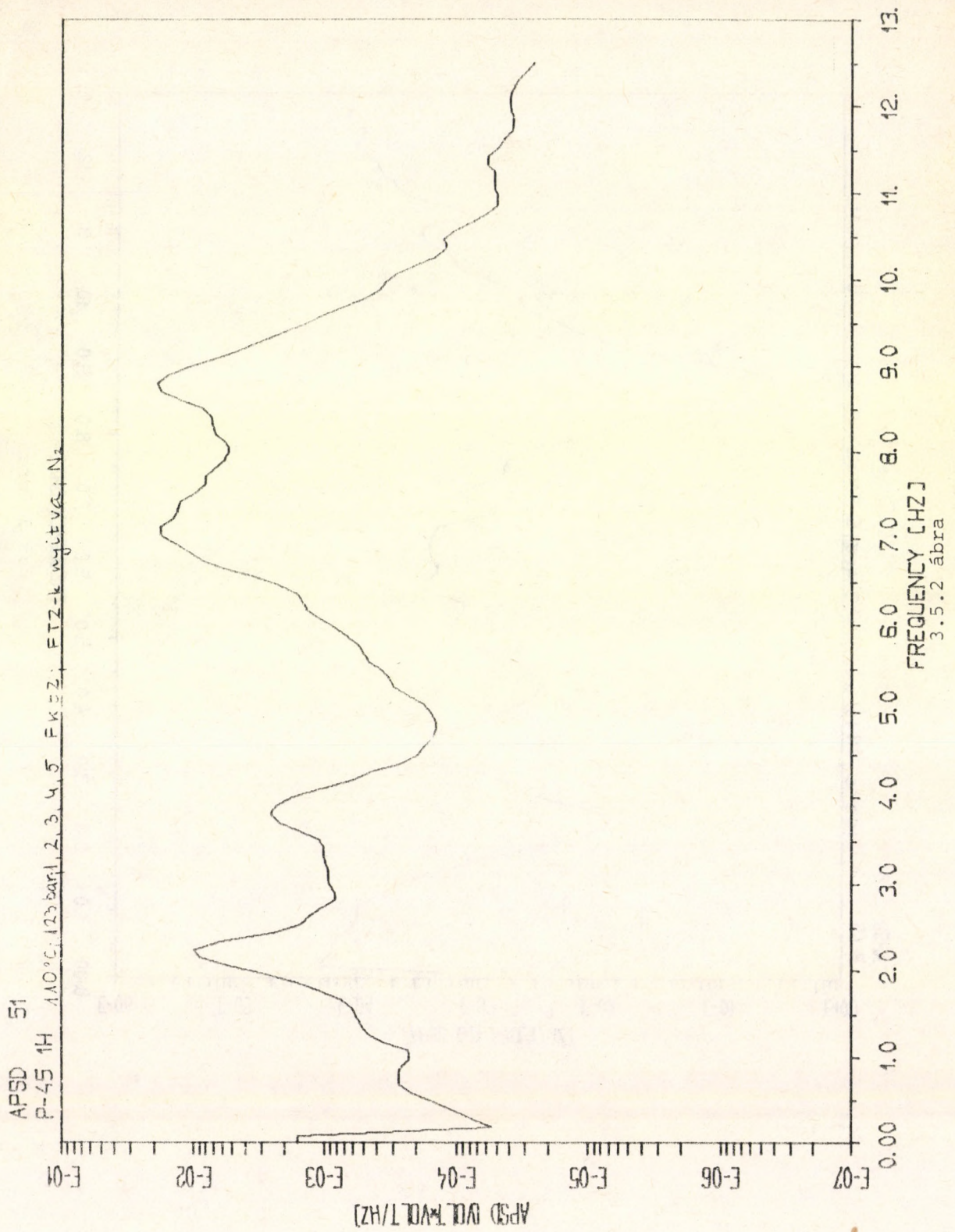


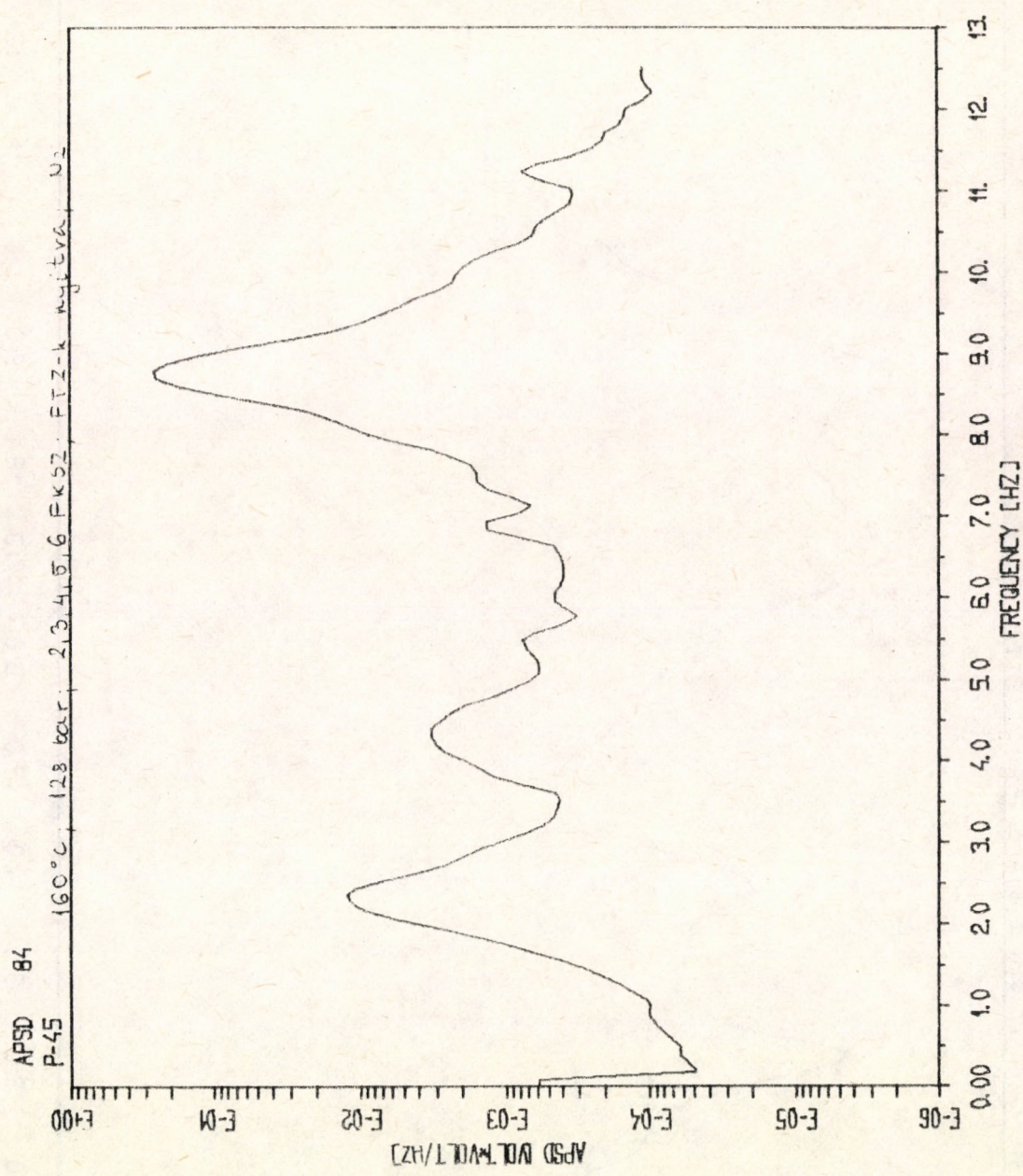


3.4.4 ábra



3.5.1 ábra



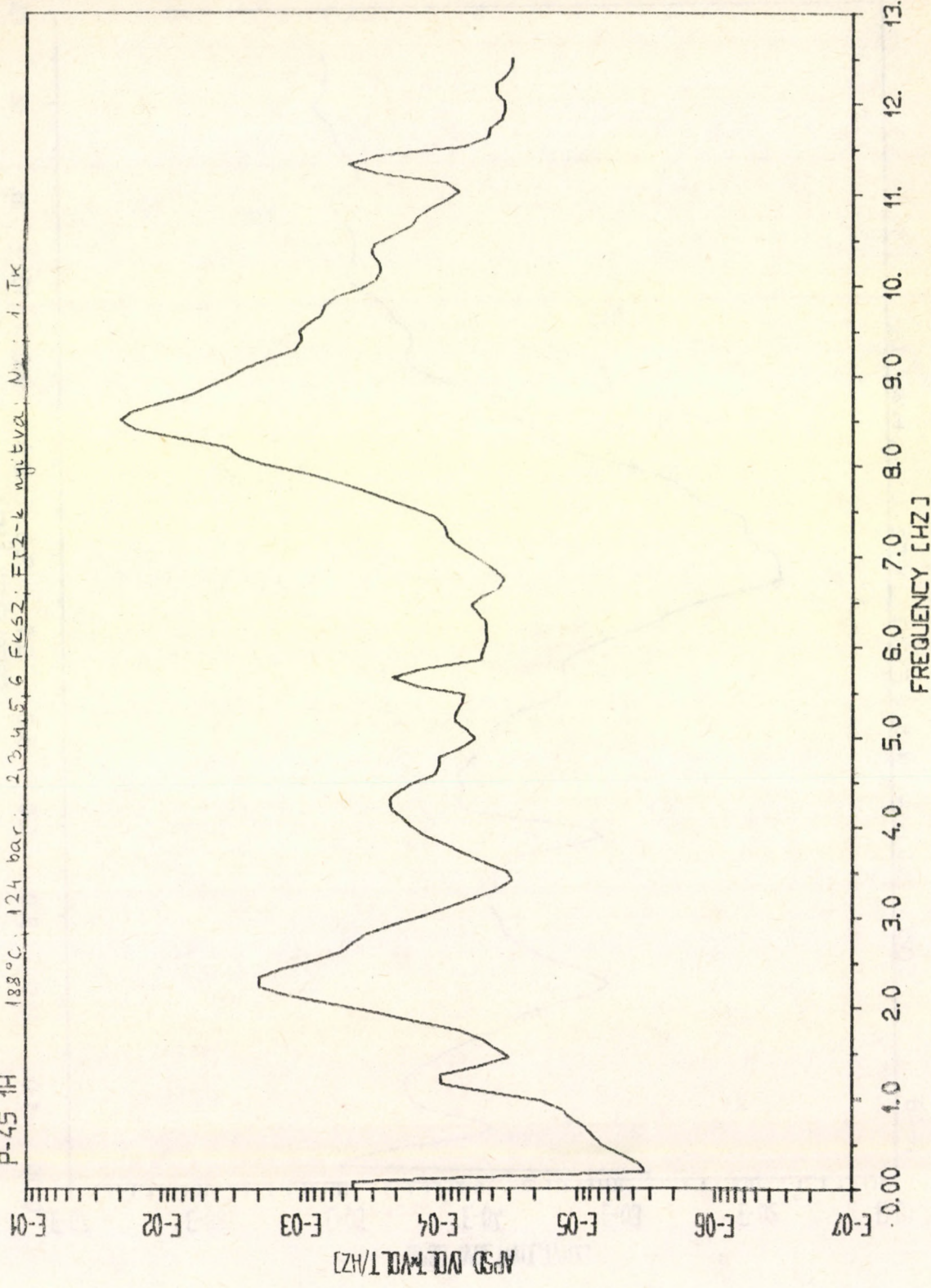


3.5.3 ábra

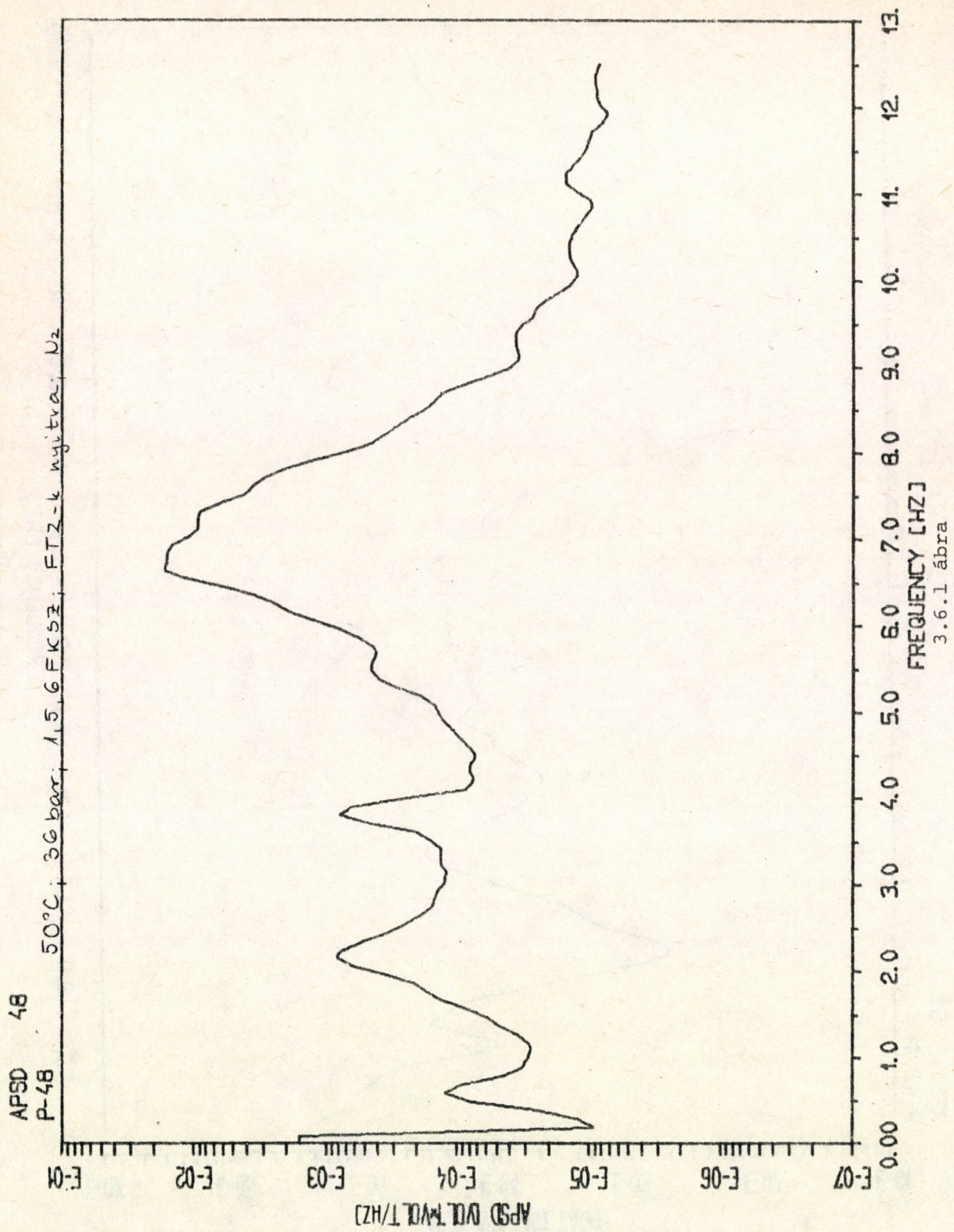
AFSD 55

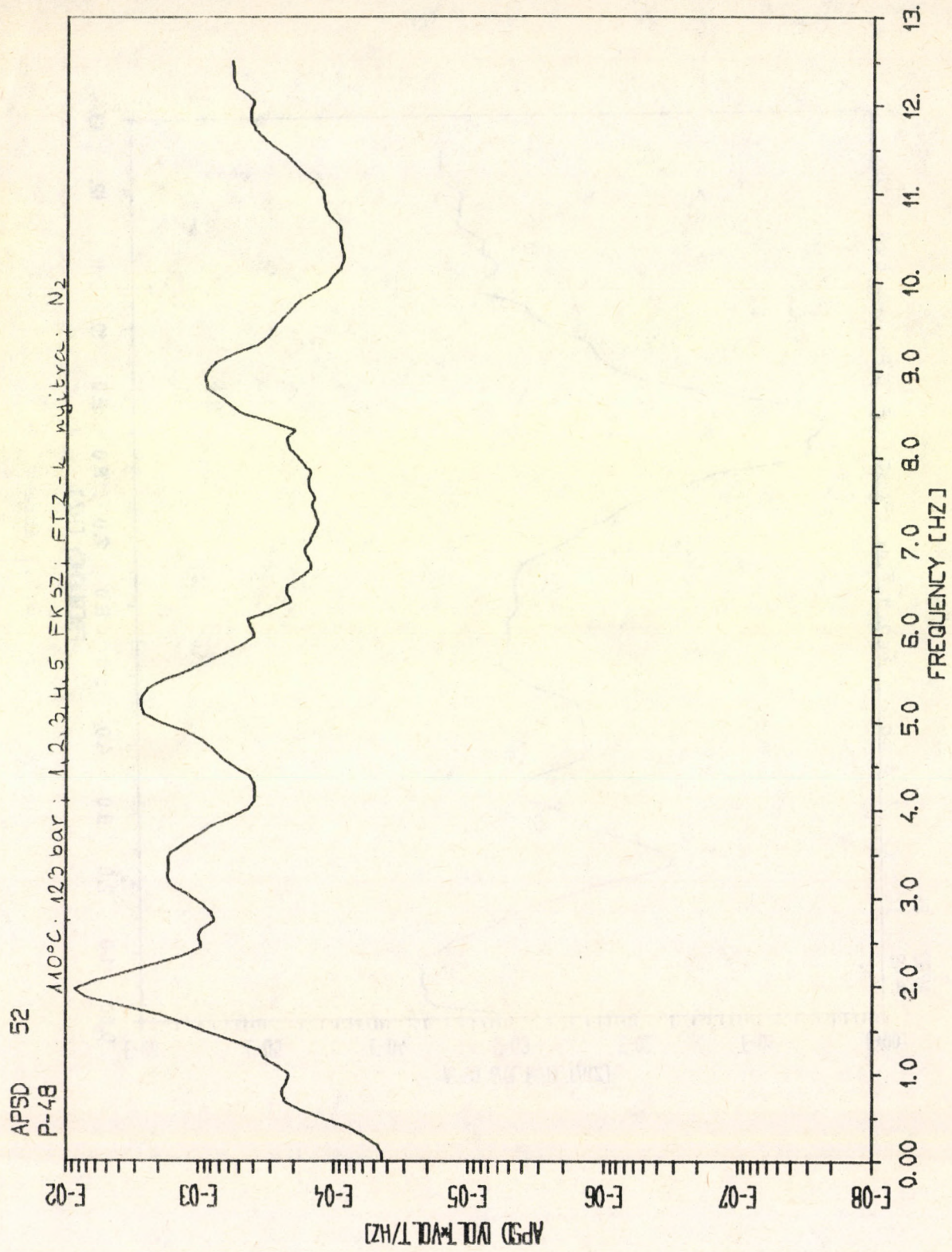
P-45 1H

183°C, 124 bar, 2,3,4,5,6 FkSZ; FI2-k nyitva; N<sub>2</sub>; 1. Tk

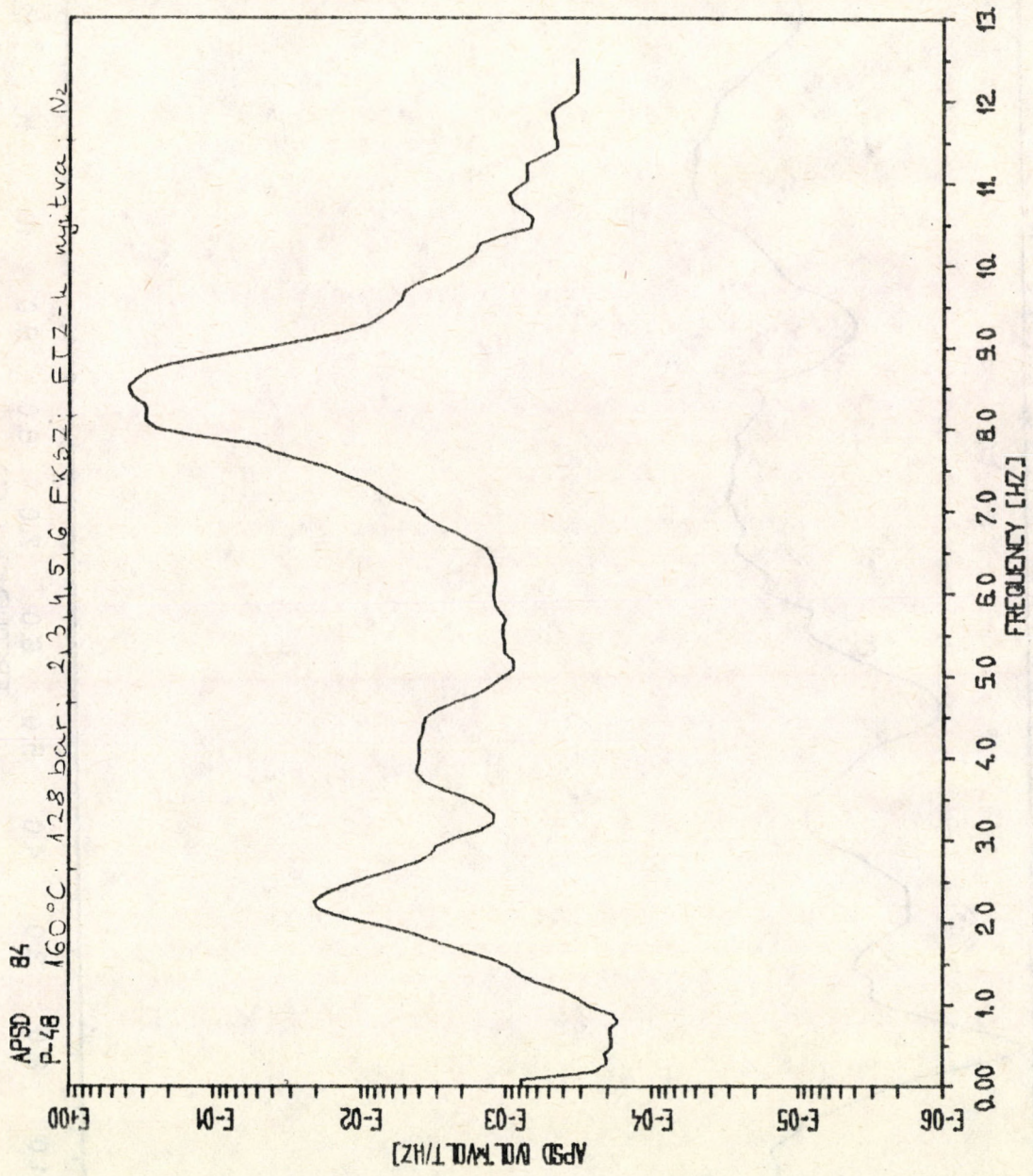


3.5.4 ábra





3.6.2 ábra

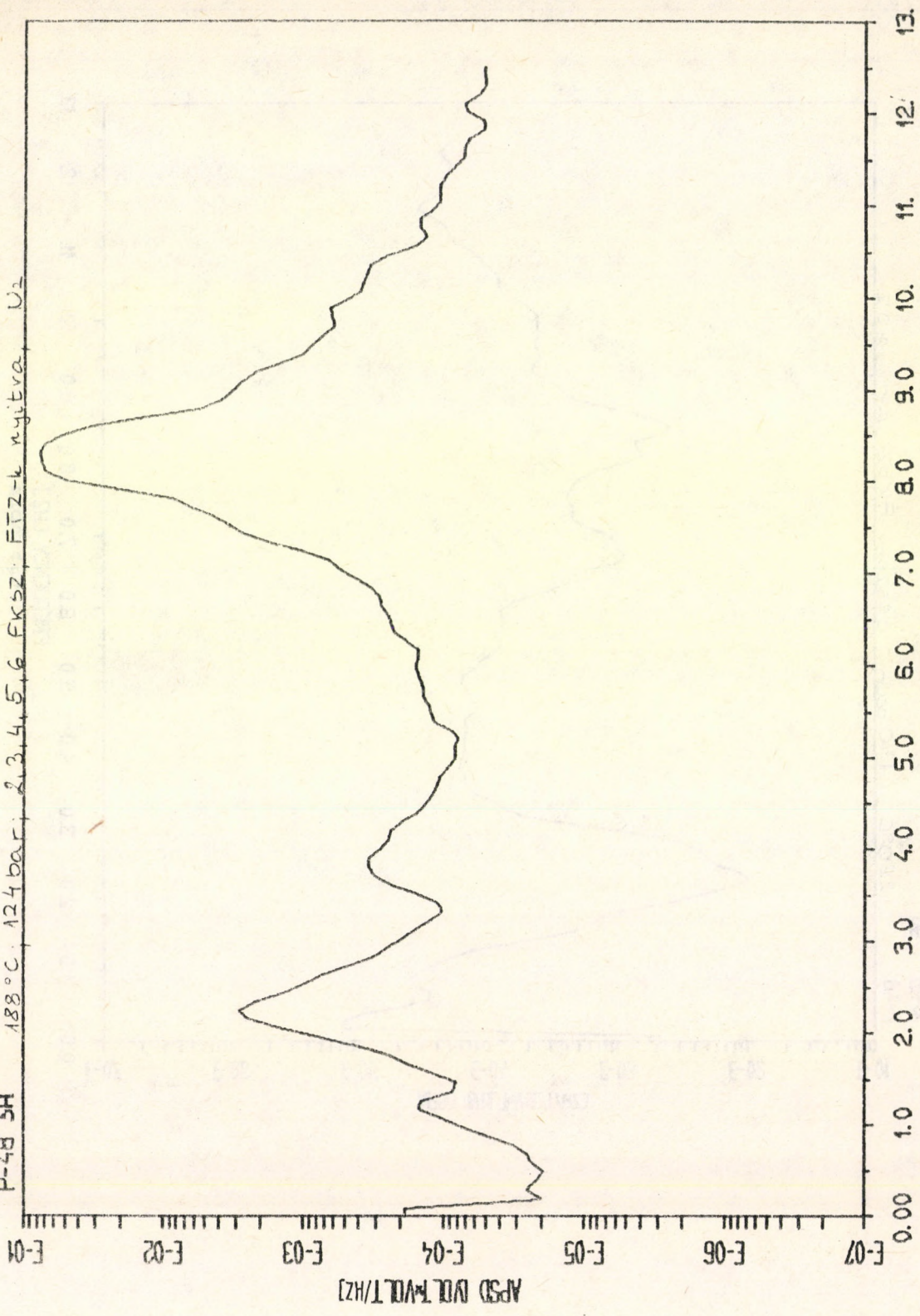


3.6.3 ábra

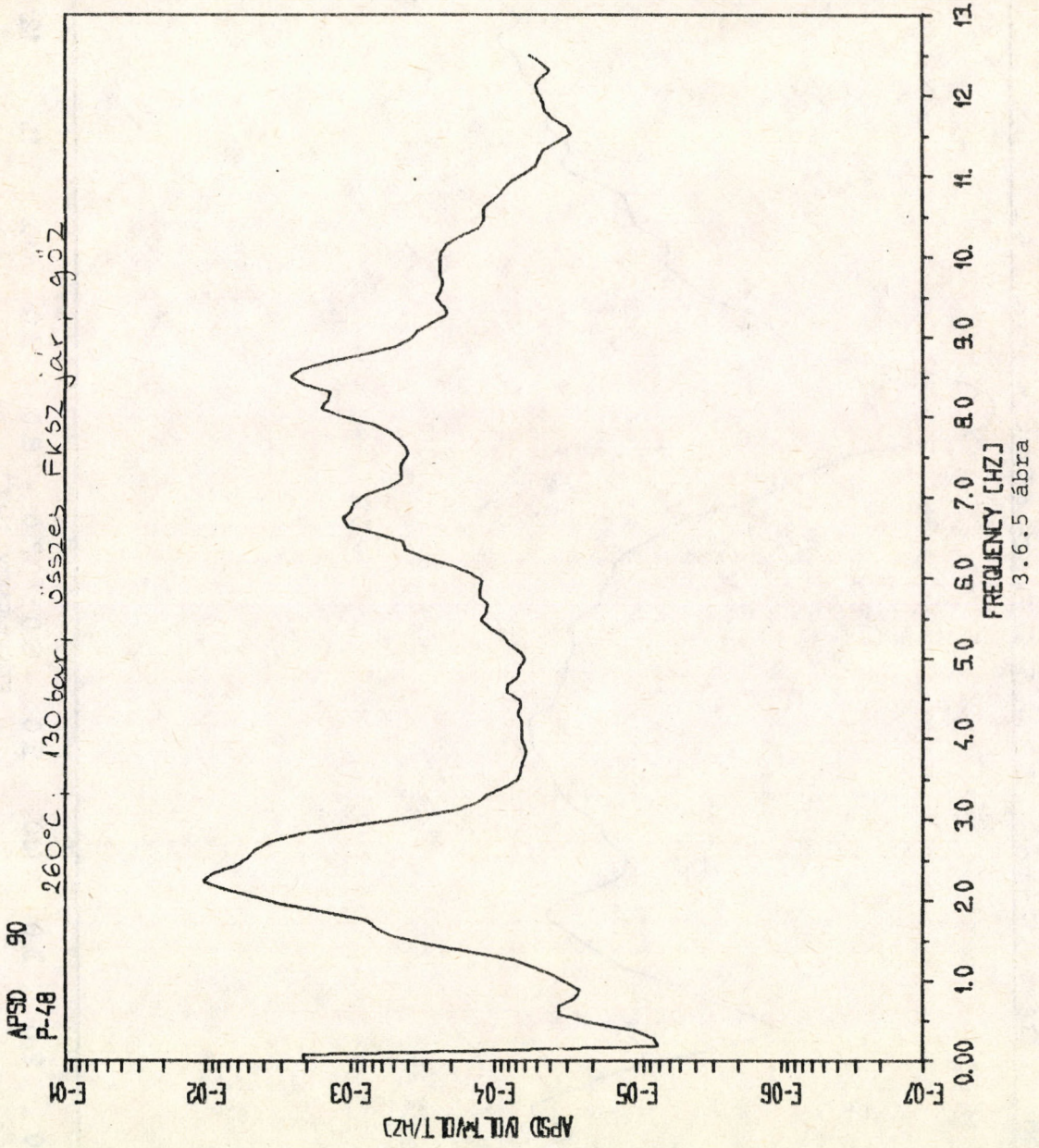
APSD 56

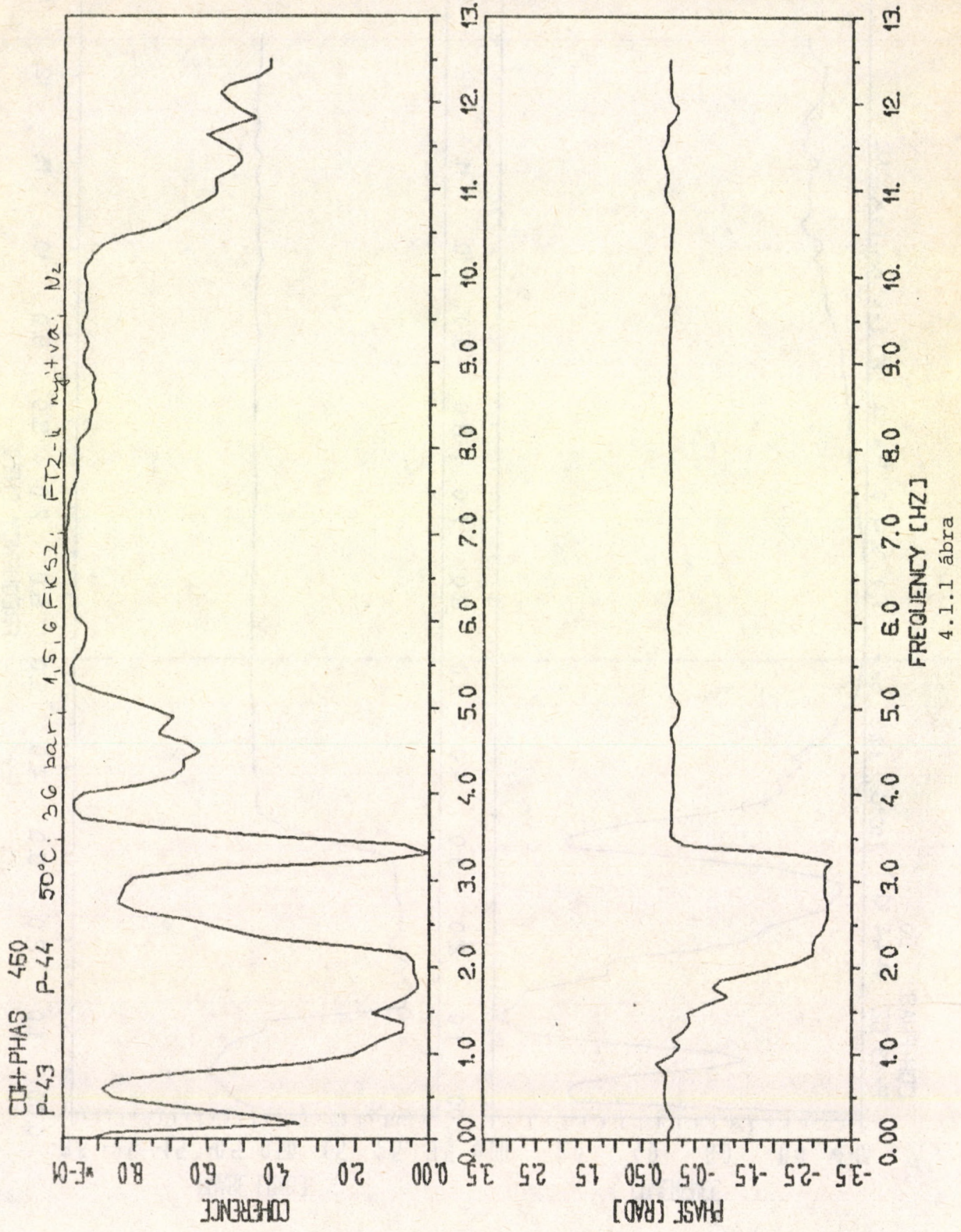
P-48 5H

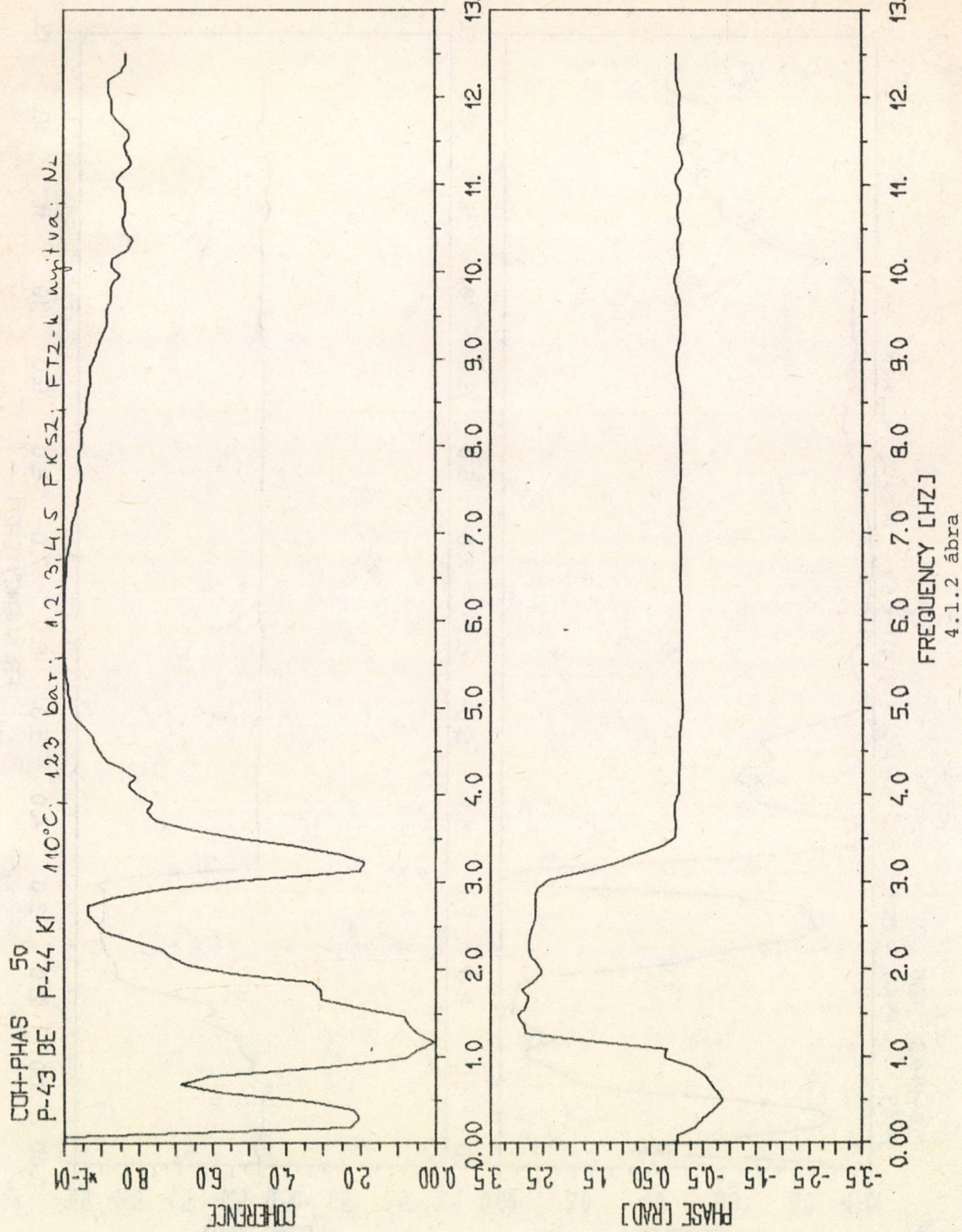
188°C 124 bar 2,3,4,5,6 FK52 FTZ-k nyitra, U<sub>2</sub>



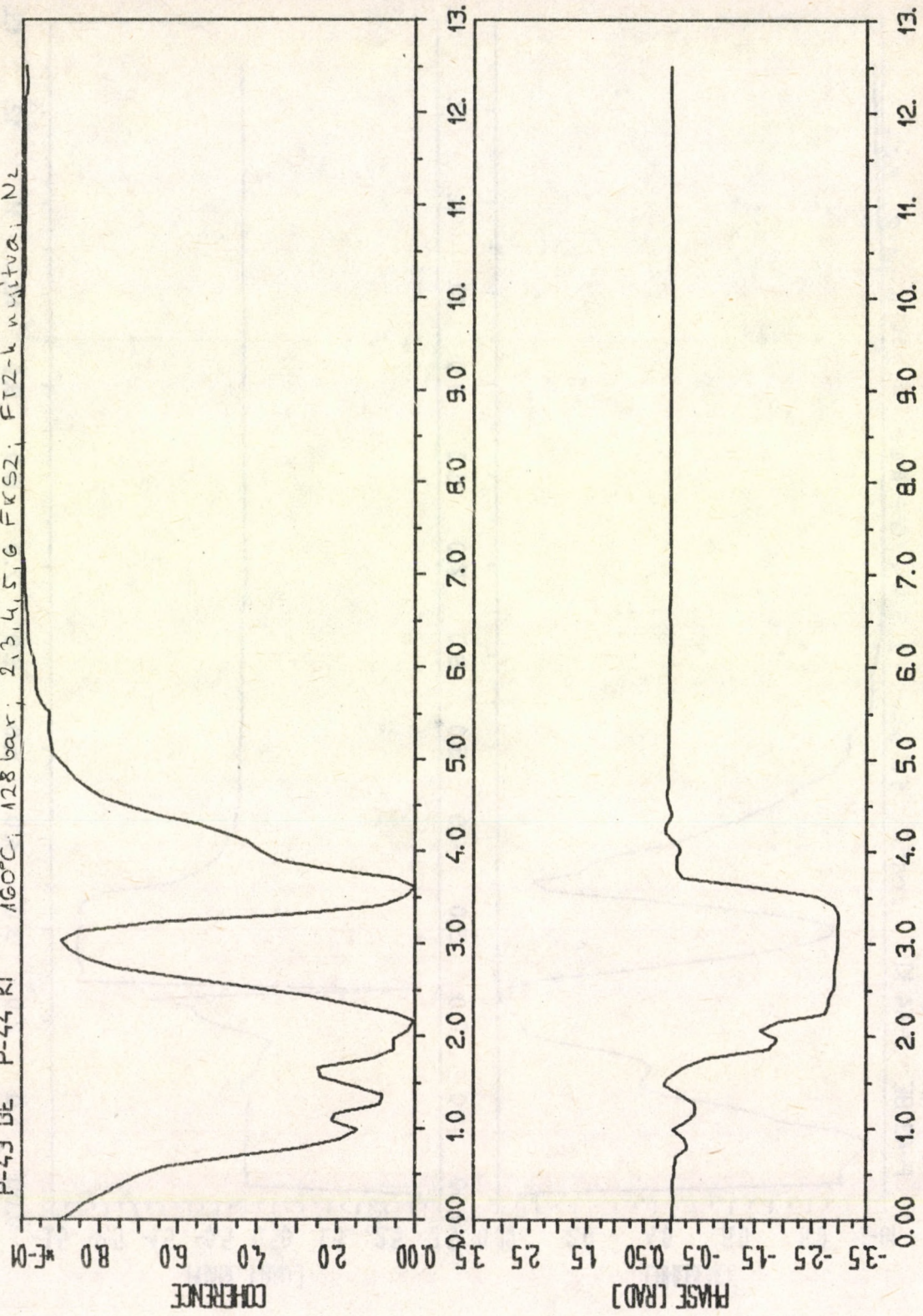
3.6.4 ábra





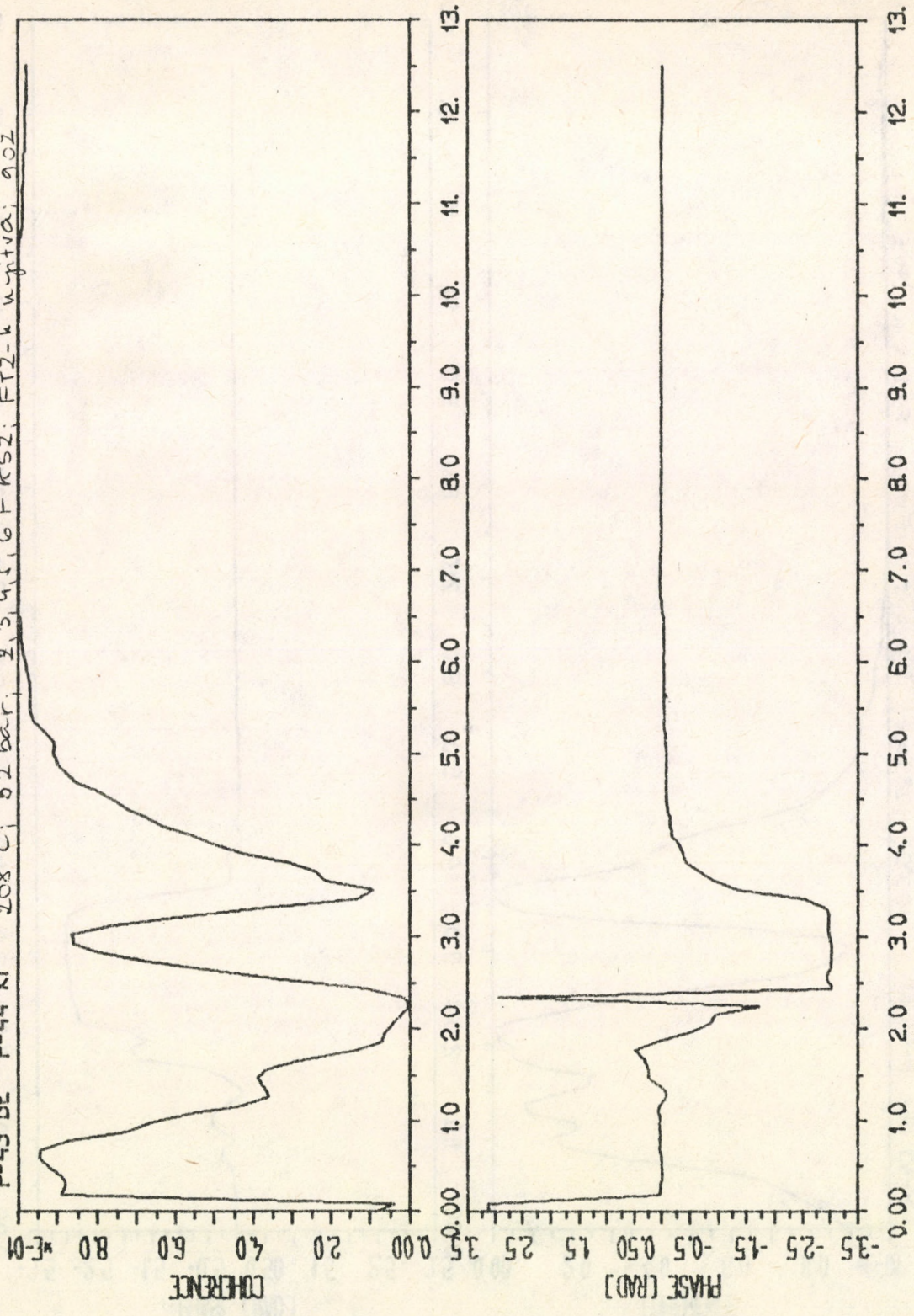


CO+PHAS 54  
P-43 DE P-44 KI 128 bar; 160°C; 2,3,4,5,6 FK52; FTZ-k nyitva; N<sub>2</sub>

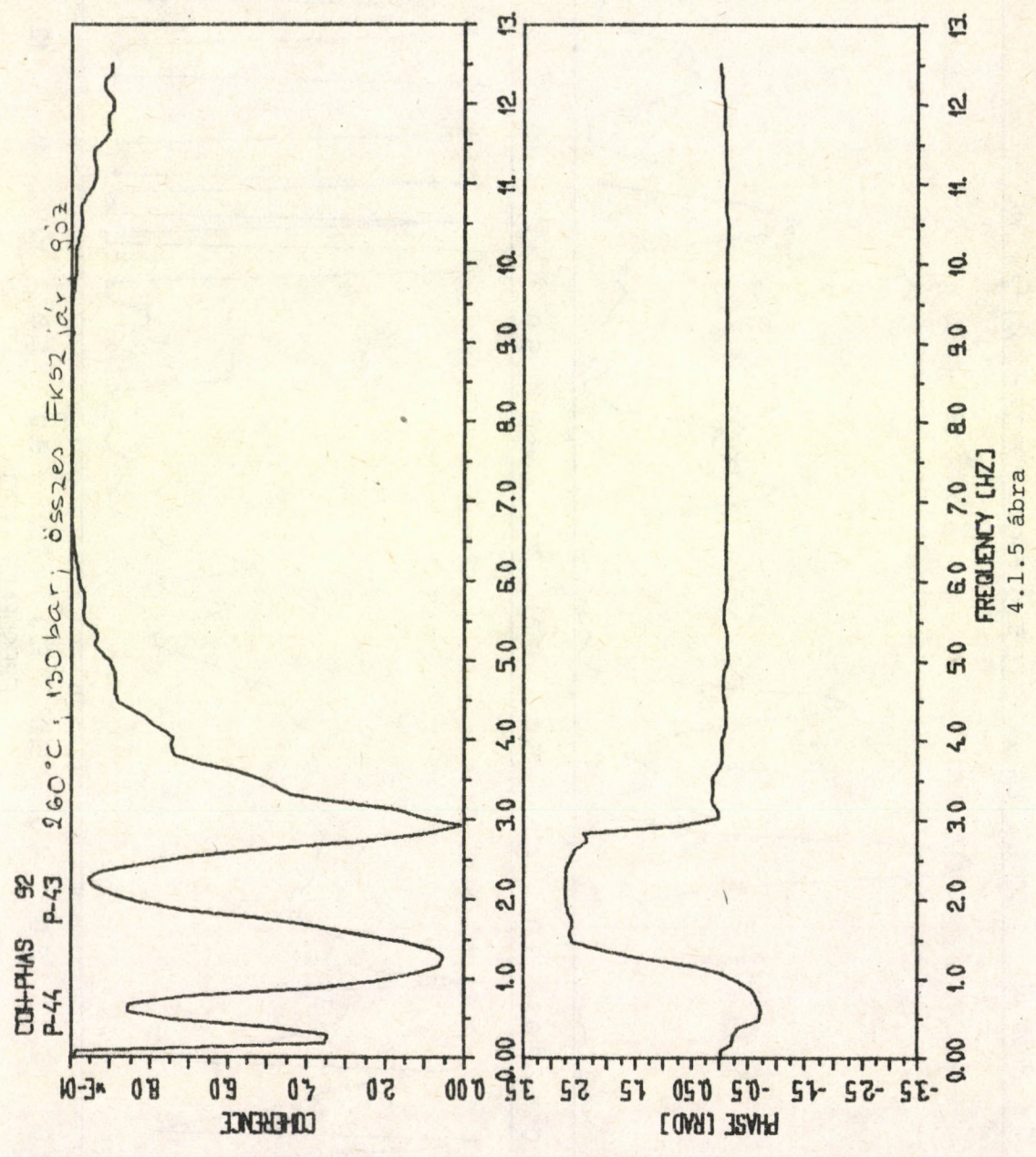


4.1.3 ábra

COH-PHAS 61  
P-43 BE P-44 KI 203°C; 52 bar; 2,3,4,5,6 F K SZ; FTZ-k ujtva; gőz



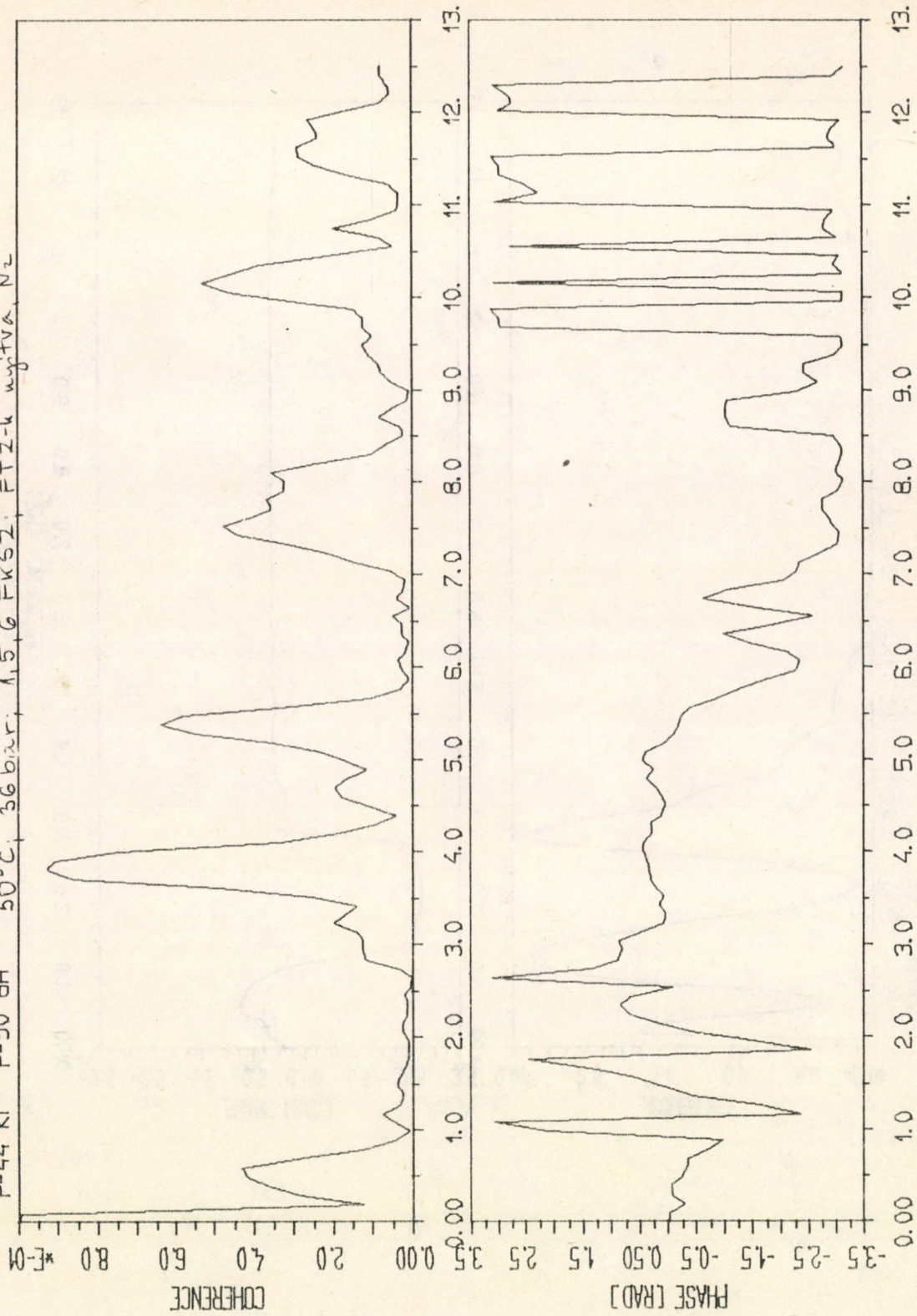
4.1.4 ábra



COH-PHAS 49

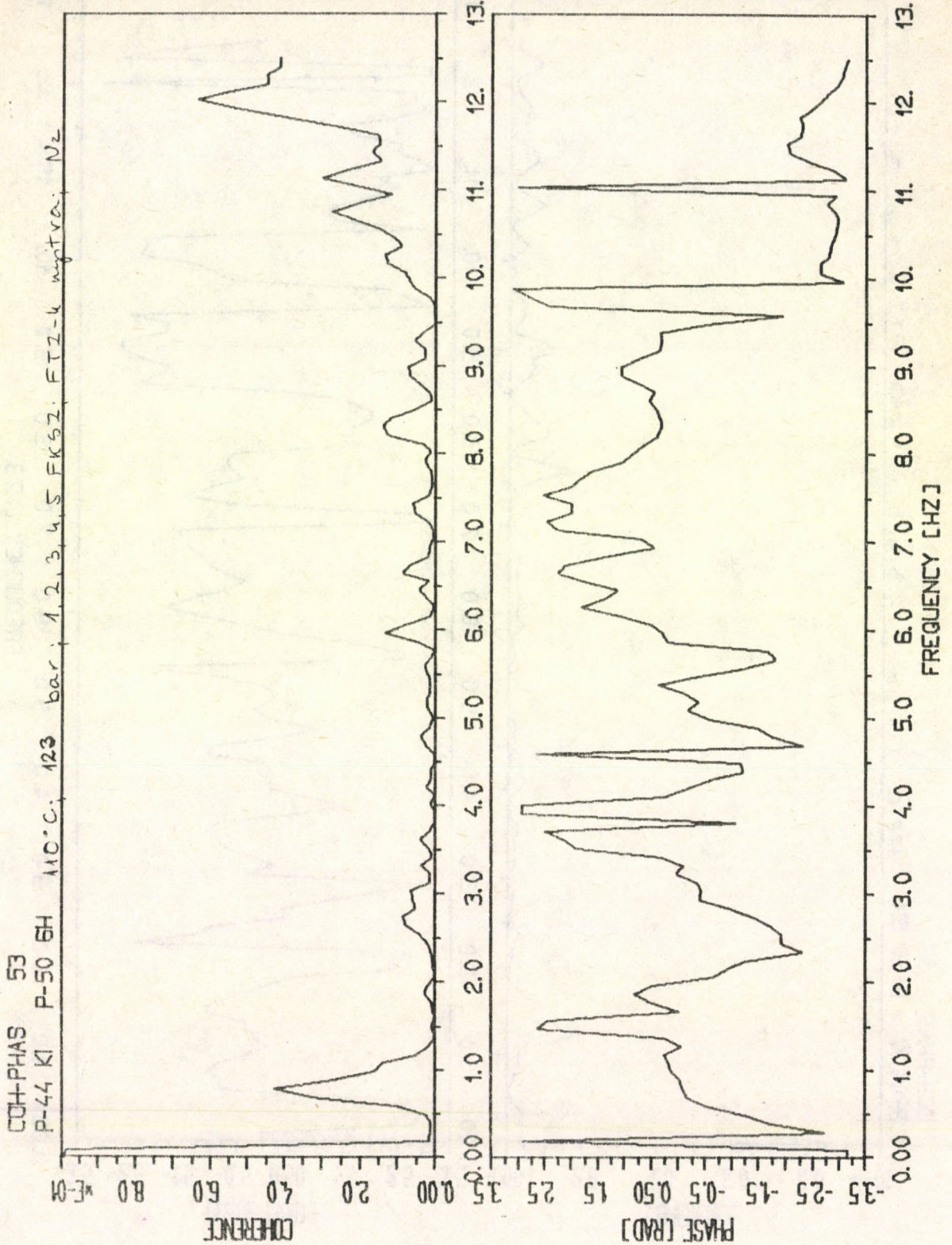
P-44 KI P-50 6H

50°C 36 b. r. 1,5 6 FK52 FTZ-k uj. tva Nz



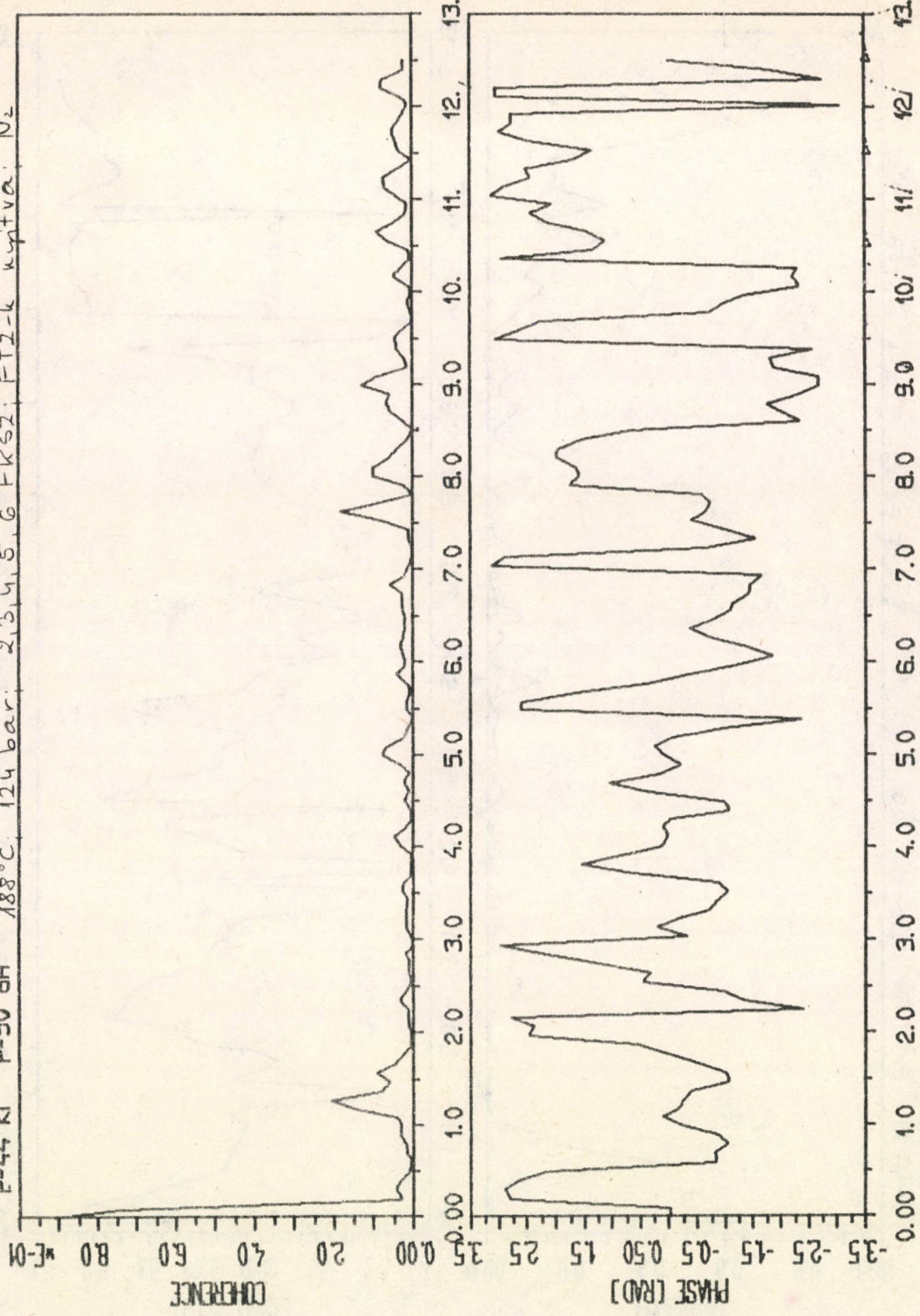
FREQUENCY [HZ]

4.2.1 ábra



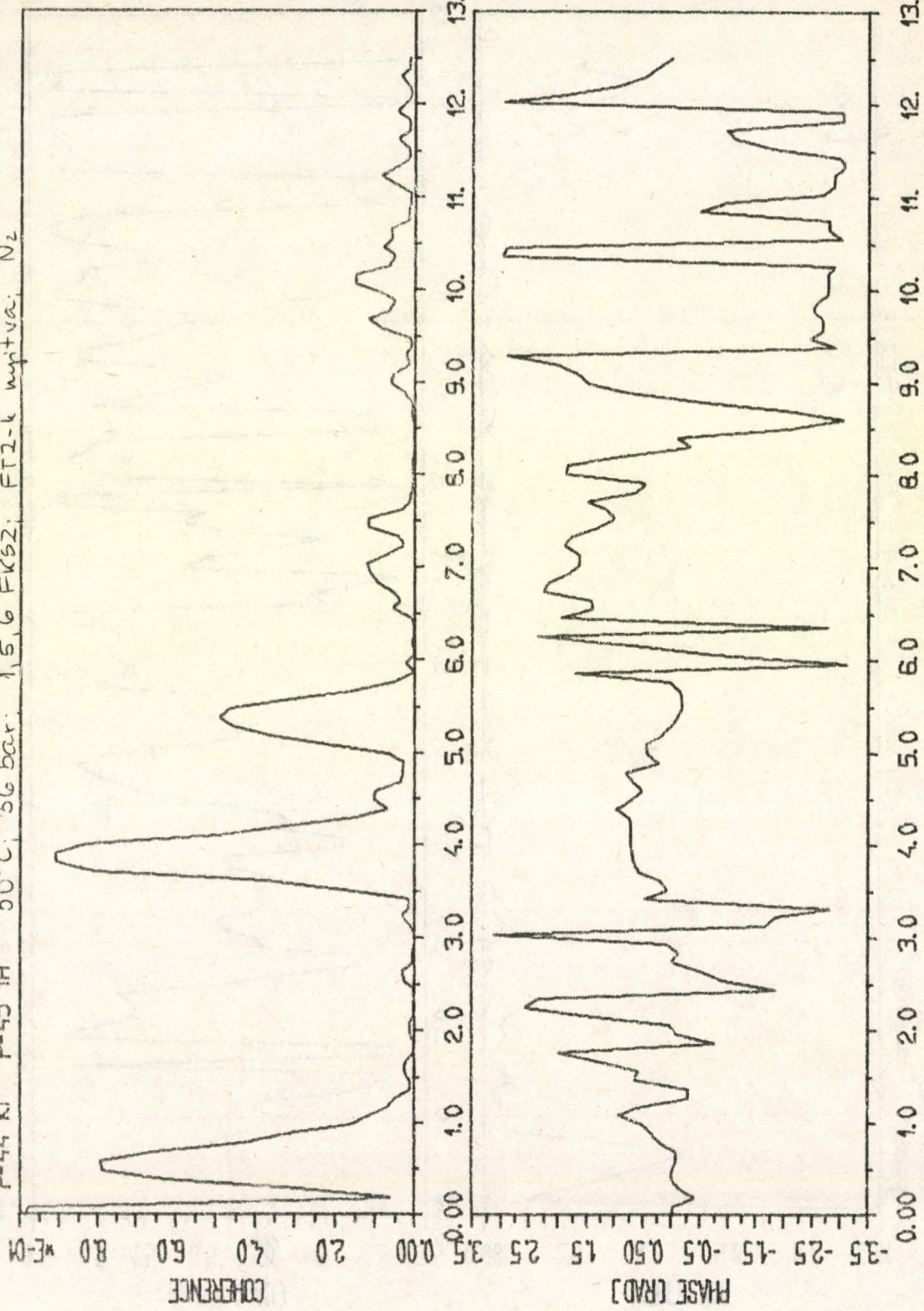
4.2.2 ábra

CZH-PHAS 57  
P-44 KI P-50 6H 188°C 124 bar 2,3,4,5,6 FK52: FT2-k kytva: N<sub>2</sub>

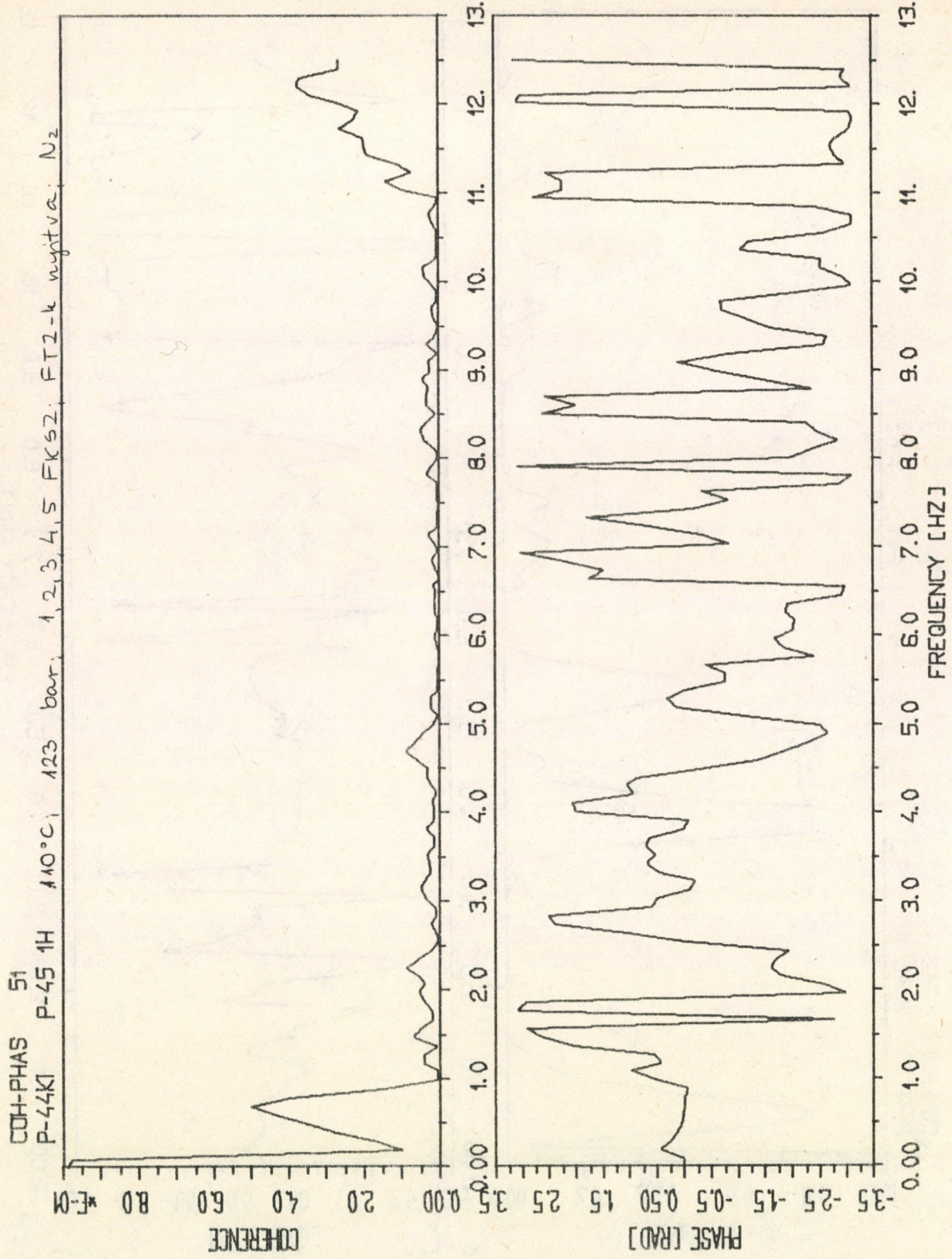


4.2.3 ábra

COH-PHAS 47  
P-44 KI P-45 1H 50°C 3G bar 1,5,6 FKSZ: FT2-k nyitva: N<sub>2</sub>

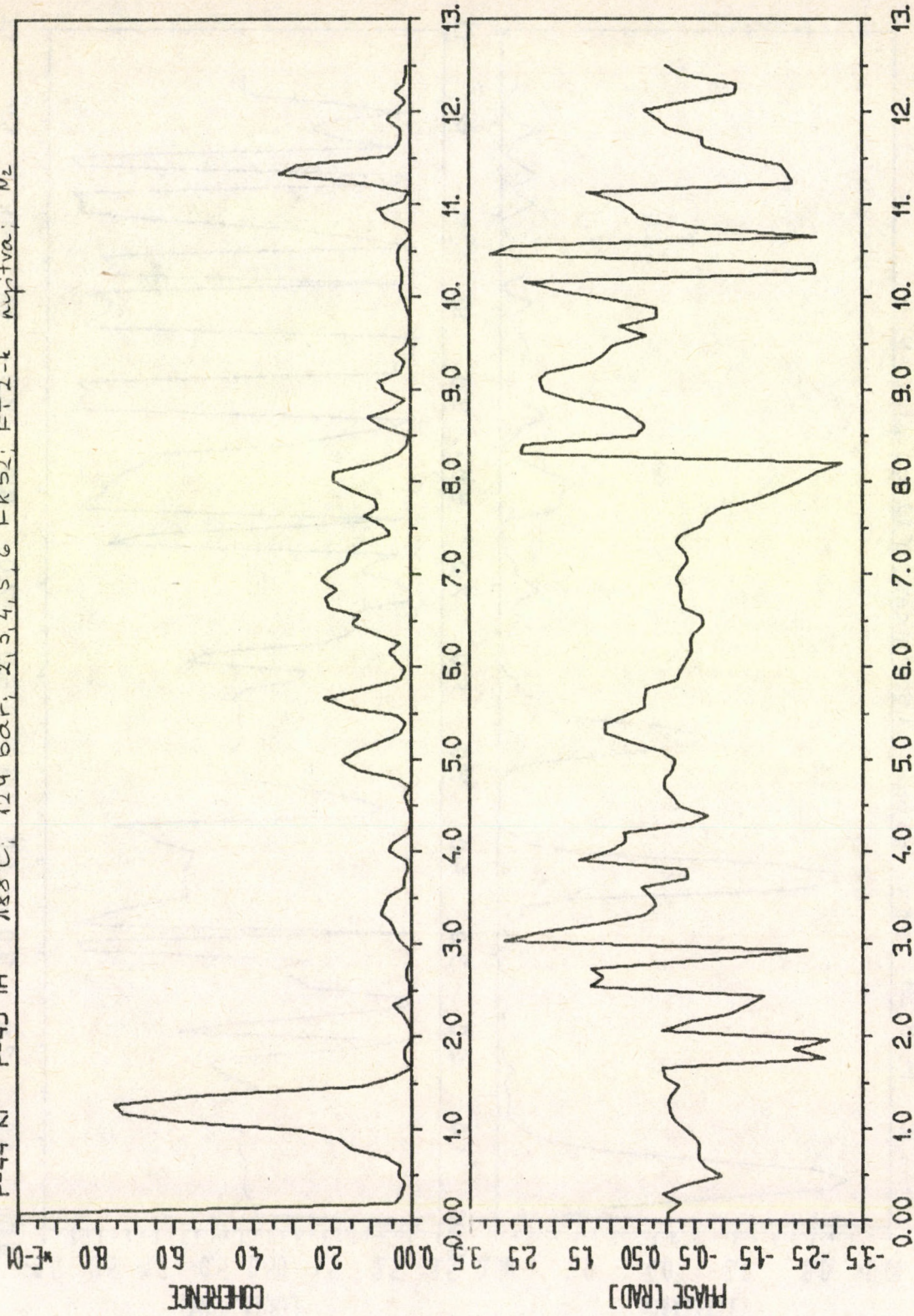


4.3.1 ábra



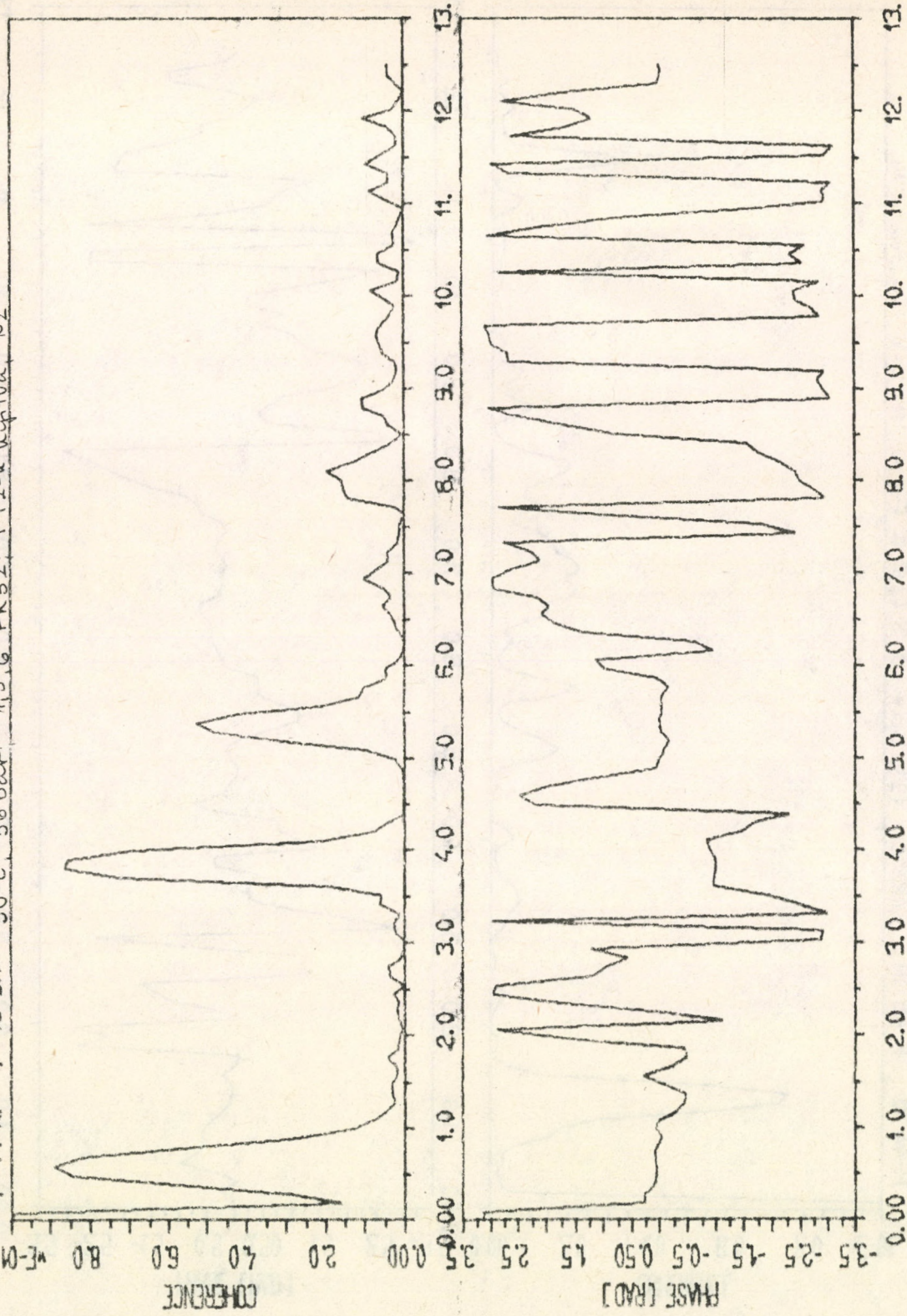
4.3.2 ábra

COH-PHAS 55  
P-44 KI P-45 1H 188°C; 124 bar; 2,3,4,5,6 FK52; FT2-k nyitva; M<sub>2</sub>



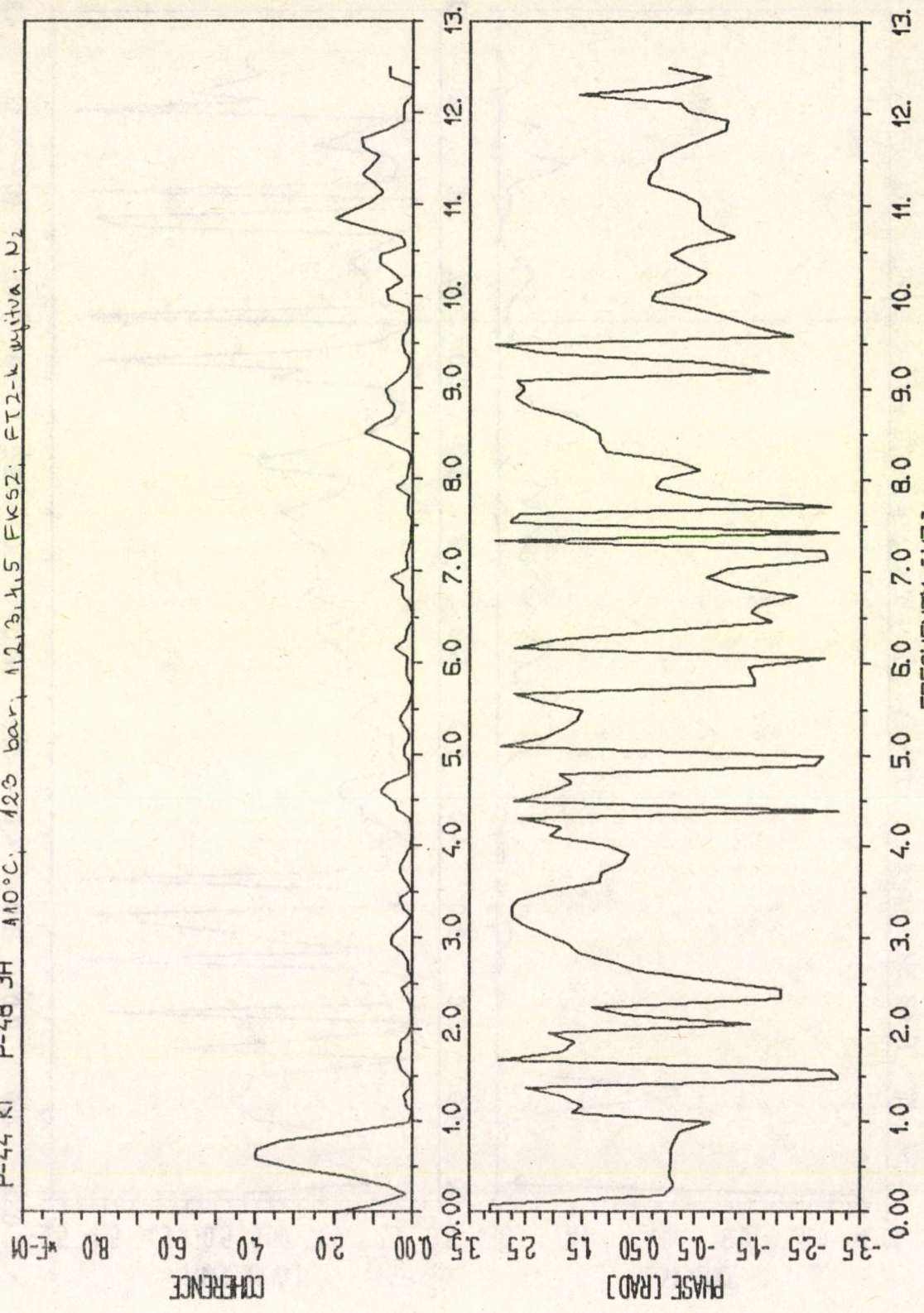
4.3.3 ábra

COH-PHAS 48  
P-44 KI P-48 3H 50°C. 36 bar. 1,5,6 FK52; FT2-k. N<sub>2</sub>

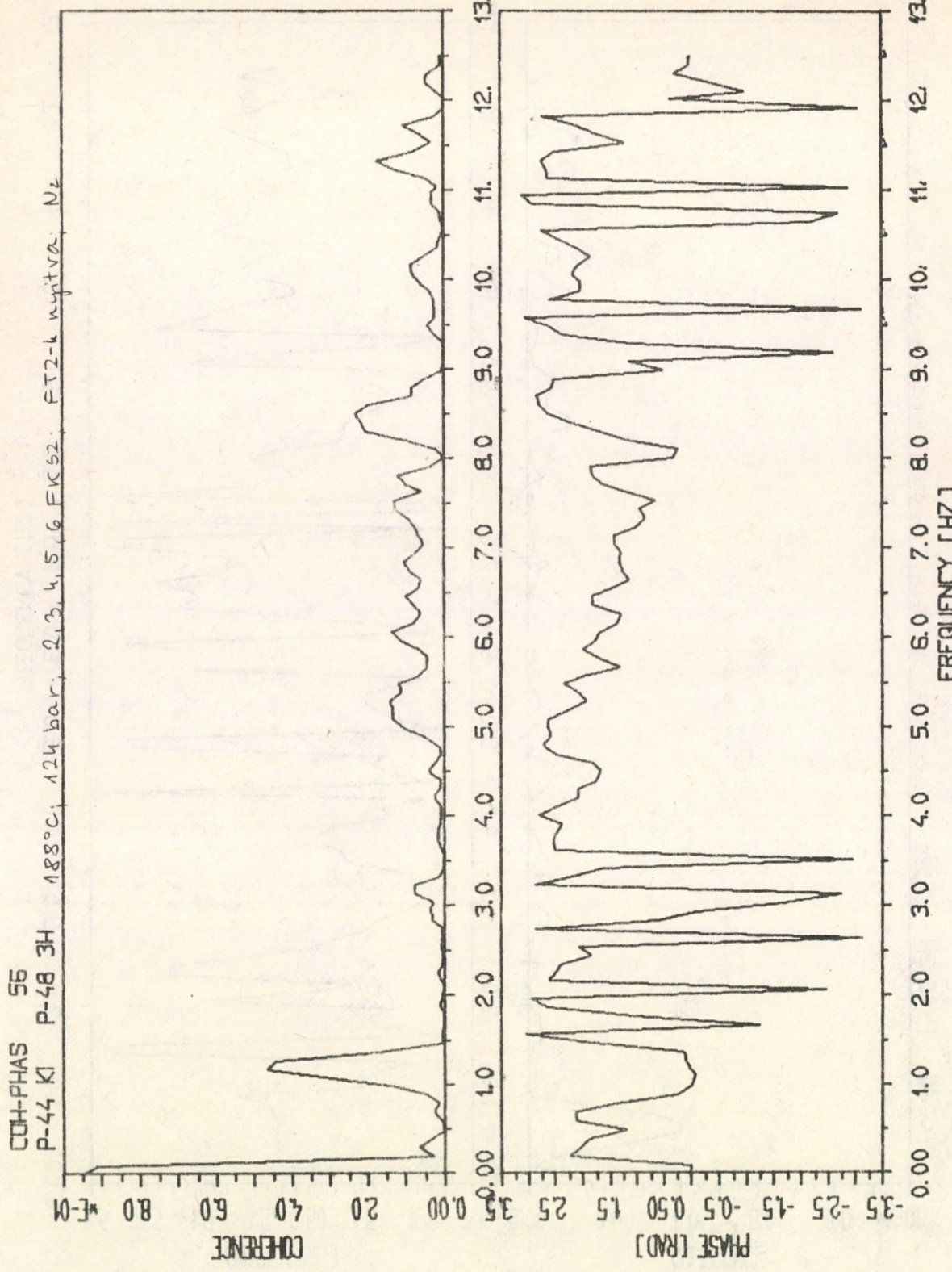


4.4.1 ábra

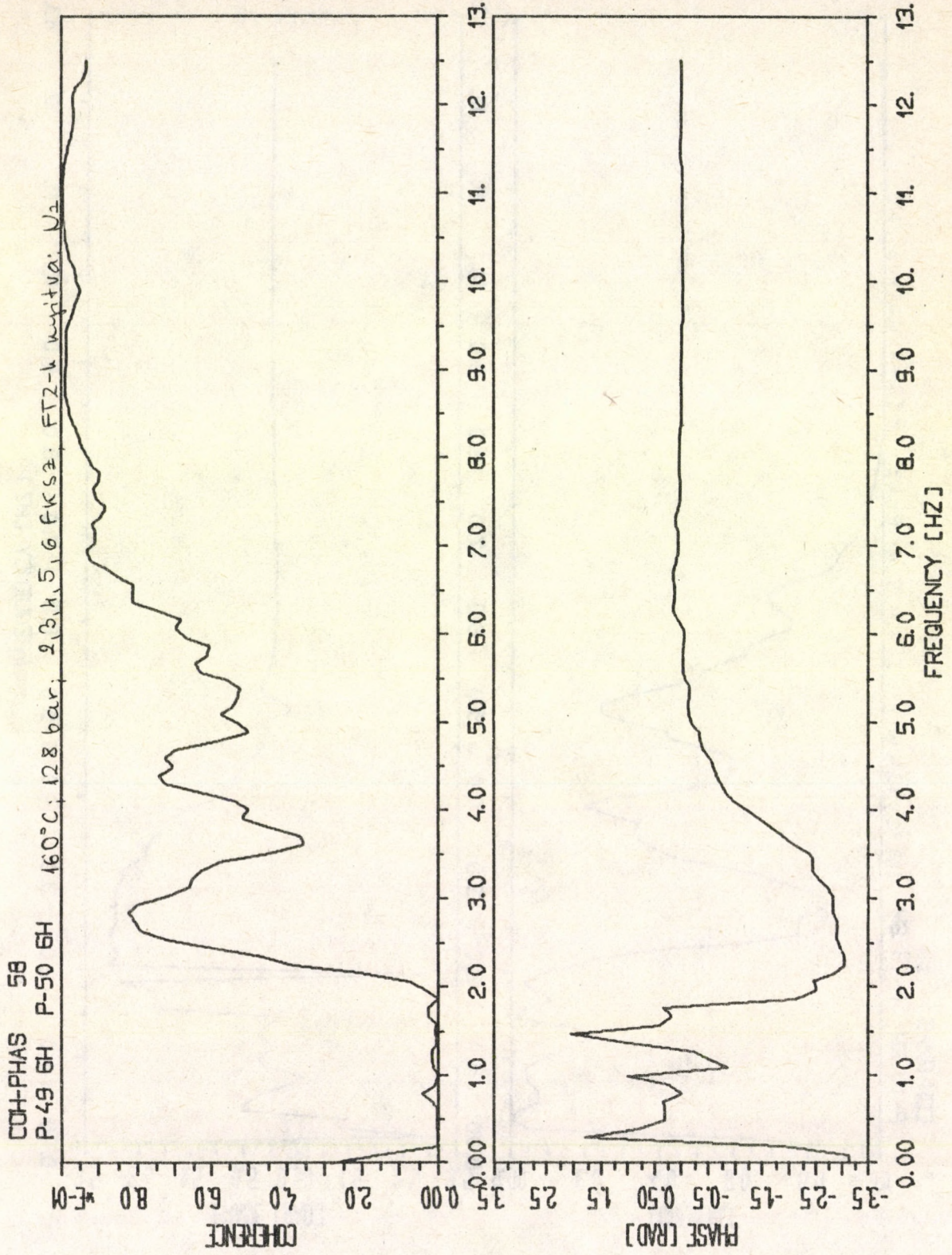
COH+PHAS 52  
P-44 KI P-48 3H A10°C, 123 bar, 1,2,3,4,5 FK52; FI2-k útva; N<sub>2</sub>



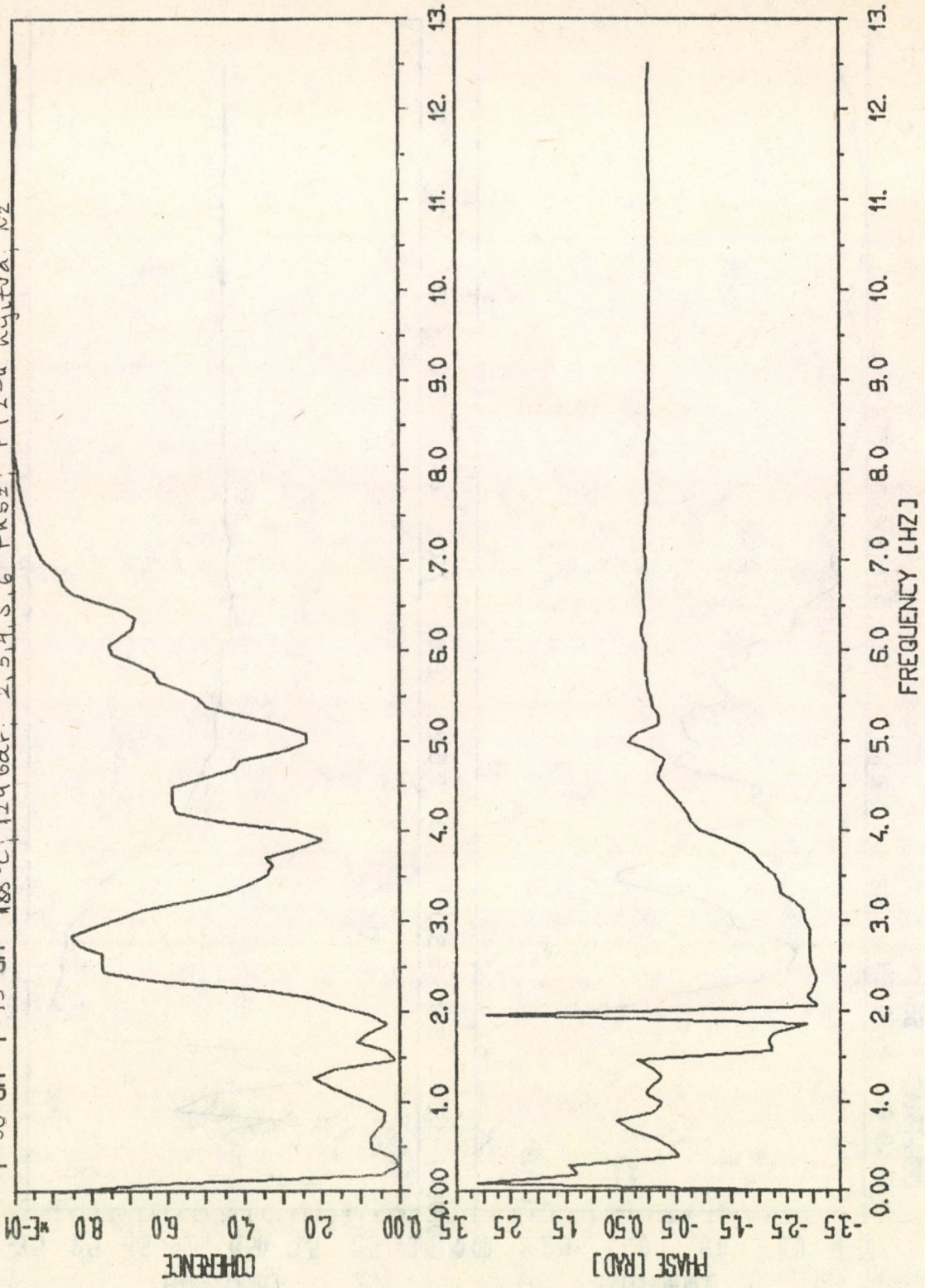
4.4.2 ábra



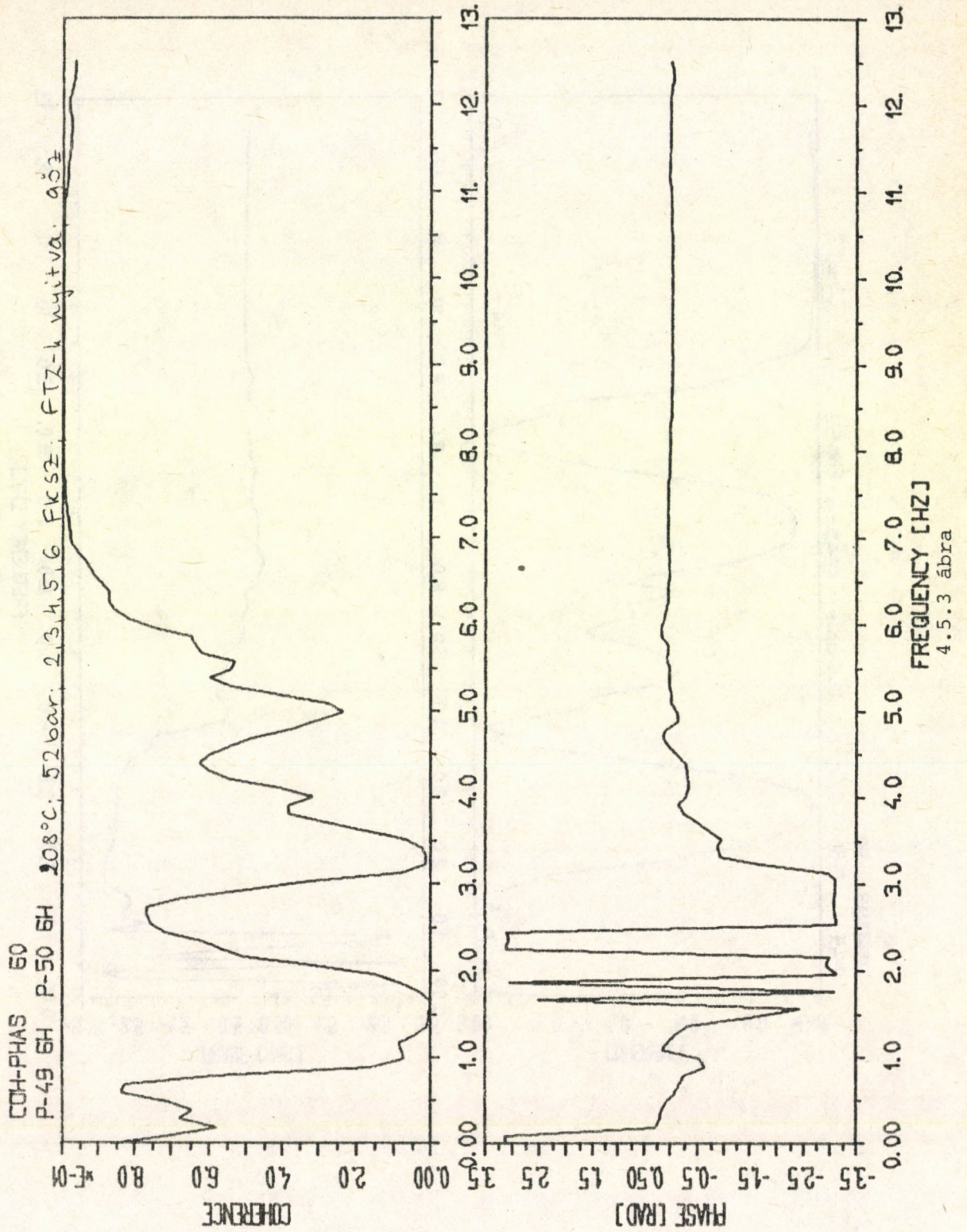
4.4.3 ábra

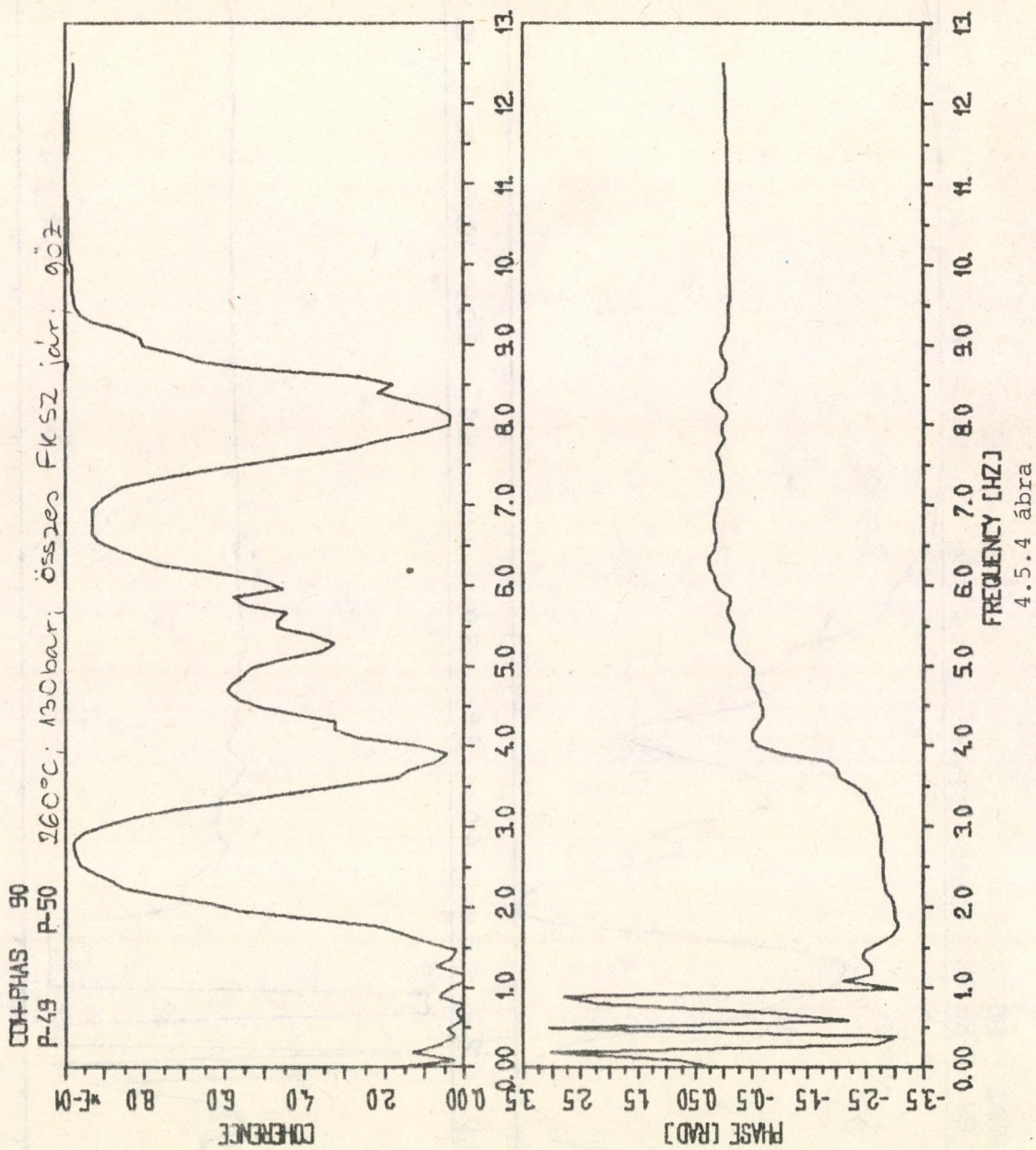


COH-PHAS 59  
P-50 5H P-49 5H 188°C; 124 bar; 2,3,4,5,6 Fks3; FT2-4 nyitva, N2



4.5.2 ábra







63.452



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet  
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán  
Szakmai lektor: Czibók Tamás  
Példányszám: 54 Törzsszám: 83-701  
Készült a KFKI sokszorosító üzemében  
Felelős vezető: Nagy Károly  
Budapest, 1983. november hó