



# Hangszintézis, és ami utána jön avagy

Eddigi kutatásom és jövőbeli terveim

---

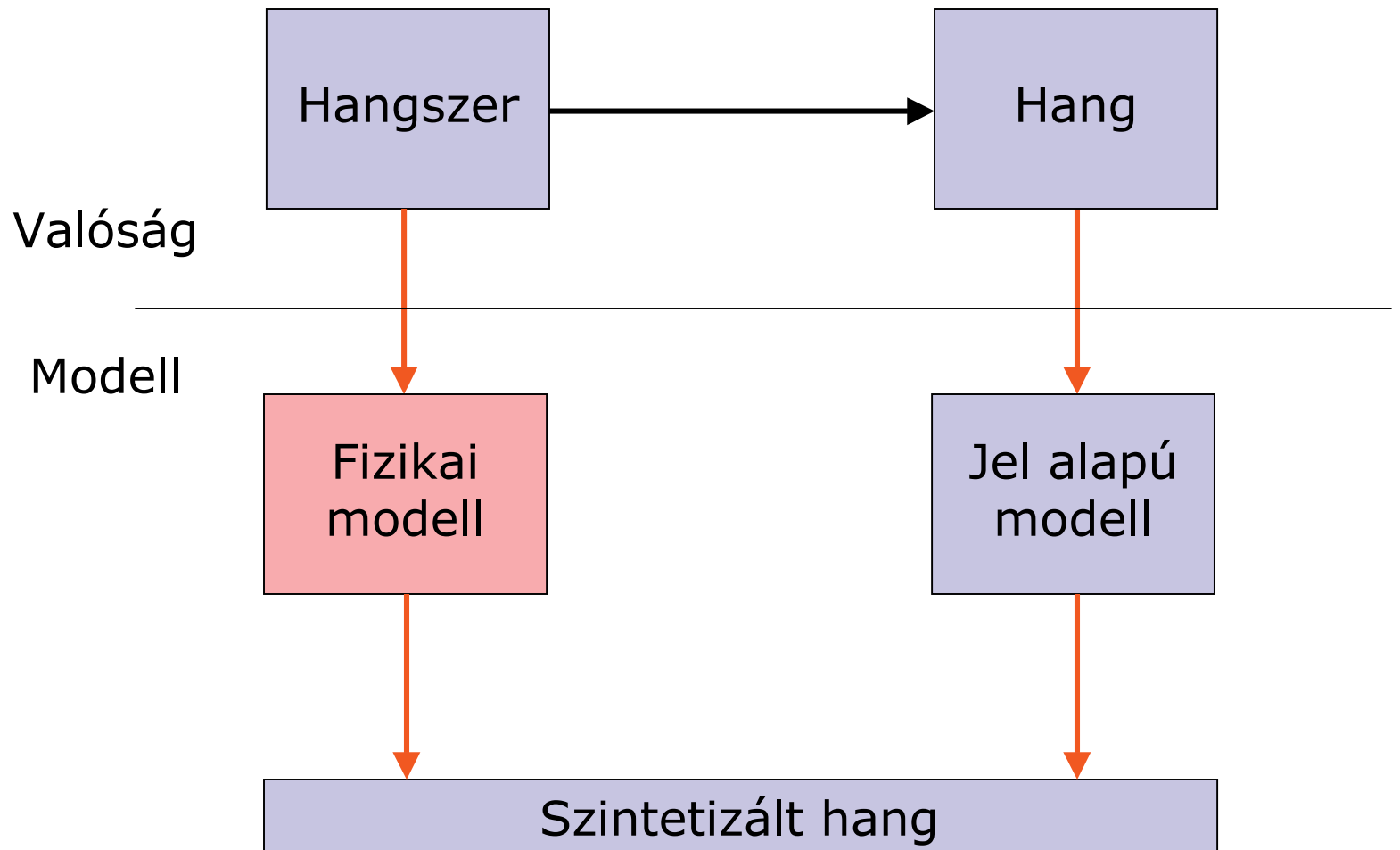
Bank Balázs

MIT szakmai előadás, 2009. április 1.

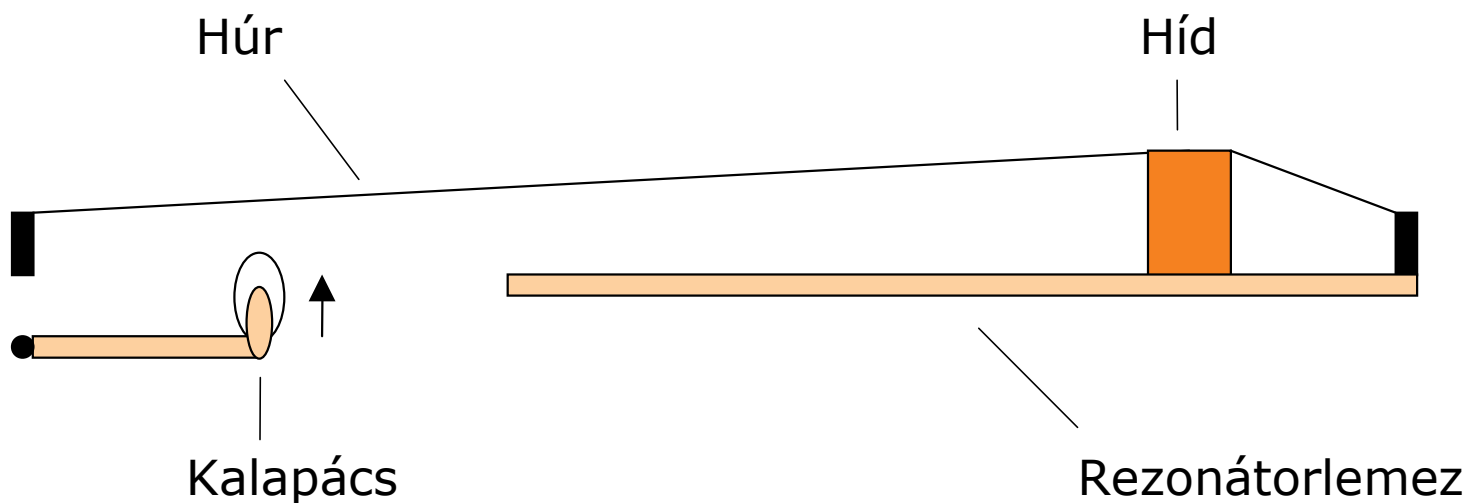
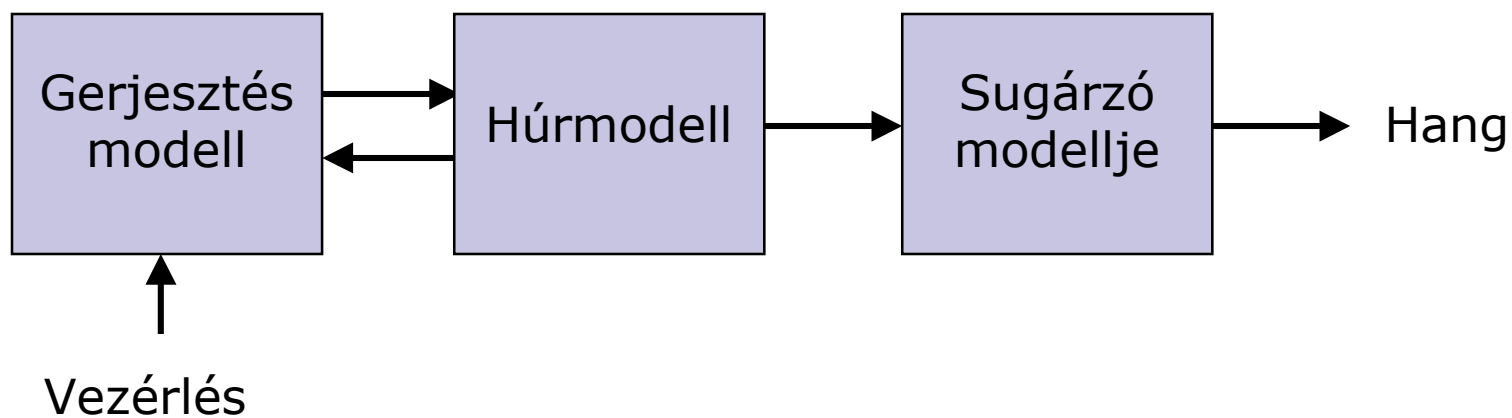


# Hangszintézis

---



# Fizikai alapú modellezés





## Lépések

---

**Fizika, akusztika:** A hangszer működésének megértése, elmélet és mérések.



A hangszert leíró, precíz folytonos idejű modell (pl. differenciálegyenlet).

**Pszichoakusztika:** hangérzeti alapú egyszerűsítések (amit nem hallunk, ne modellezzük)

**Jelfeldolgozás:** a folytonos idejű egyenletek diszkrét idejű megoldása, hatékony modellezési eljárások kidolgozása.



Valós időben futtatható algoritmus



## Eredményeim

---

Alapvetően a zongora szintéziséhez kapcsolódnak, de más húros hangszerek esetén is alkalmazhatóak

**Paraméterbecslés:** a korábban kidolgozott modellek paramétereinek pontosabb meghatározása (pl. húrmodell által generált felhangok lecsengésének beállítása)

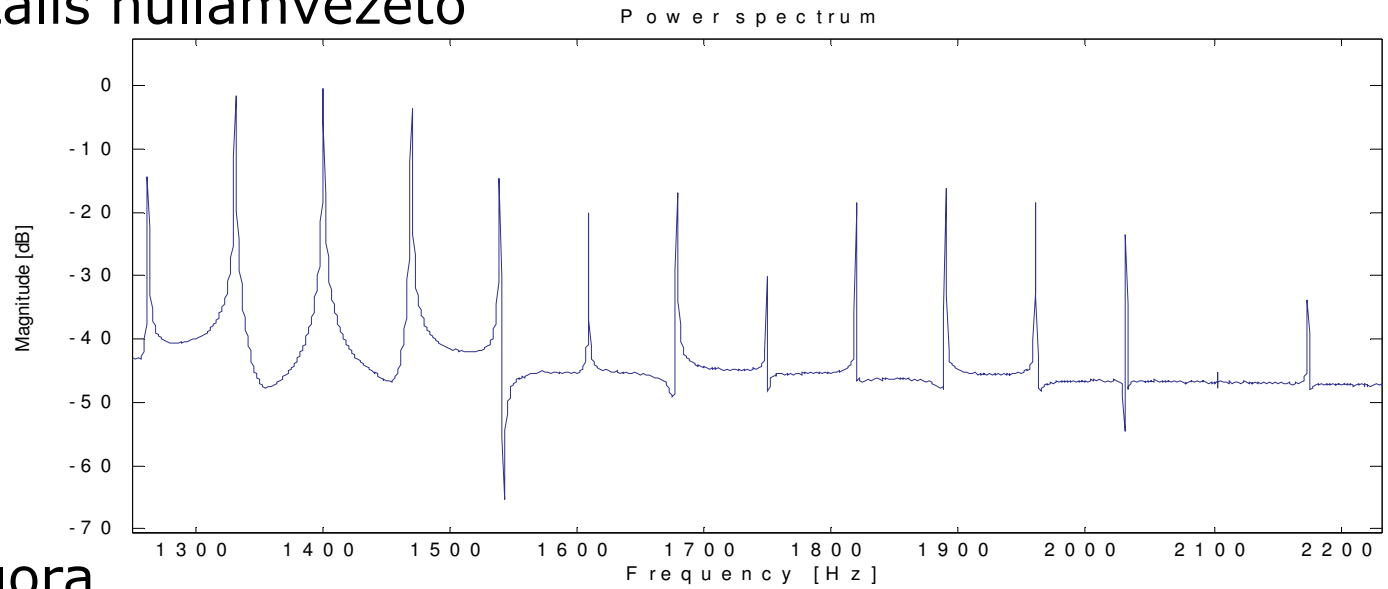
**Hatékonyabb algoritmusok:** a már létező modellek helyett hatékonyabb eljárások kidolgozása (pl. multi-rate algoritmusokkal)

**Eddig nem modellezett jelenség figyelembevétele:** fizika + pszichoakusztika + jelfeldolgozás

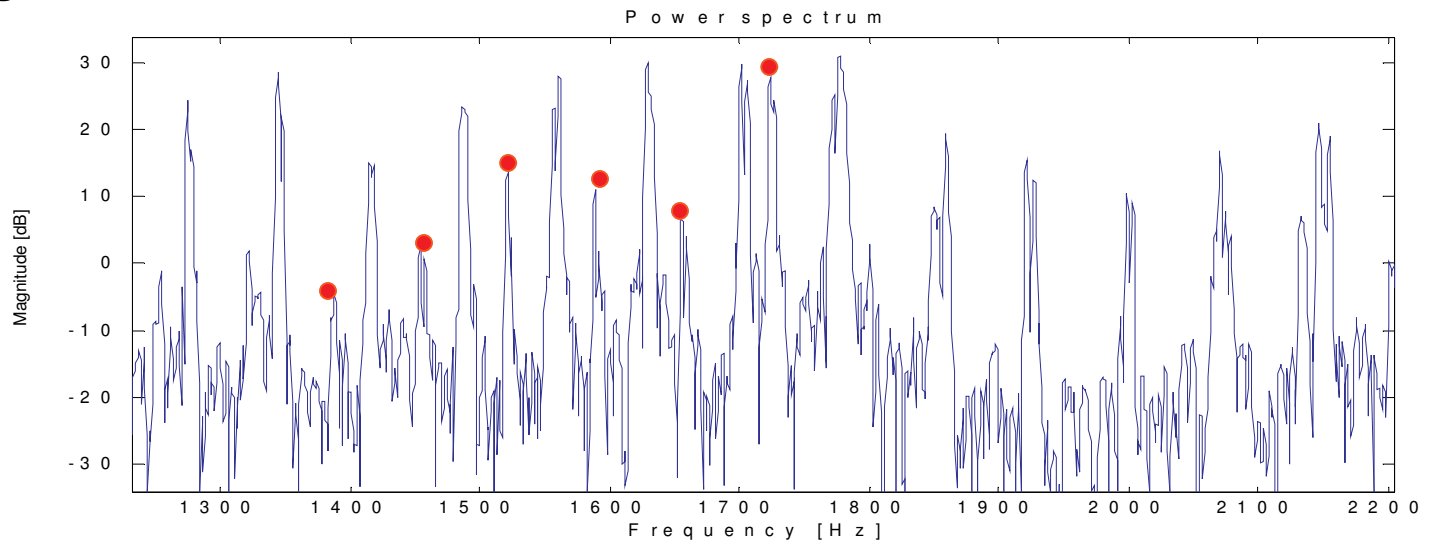


# Lineáris modell ↔ valóság

## Digitális hullámvezető

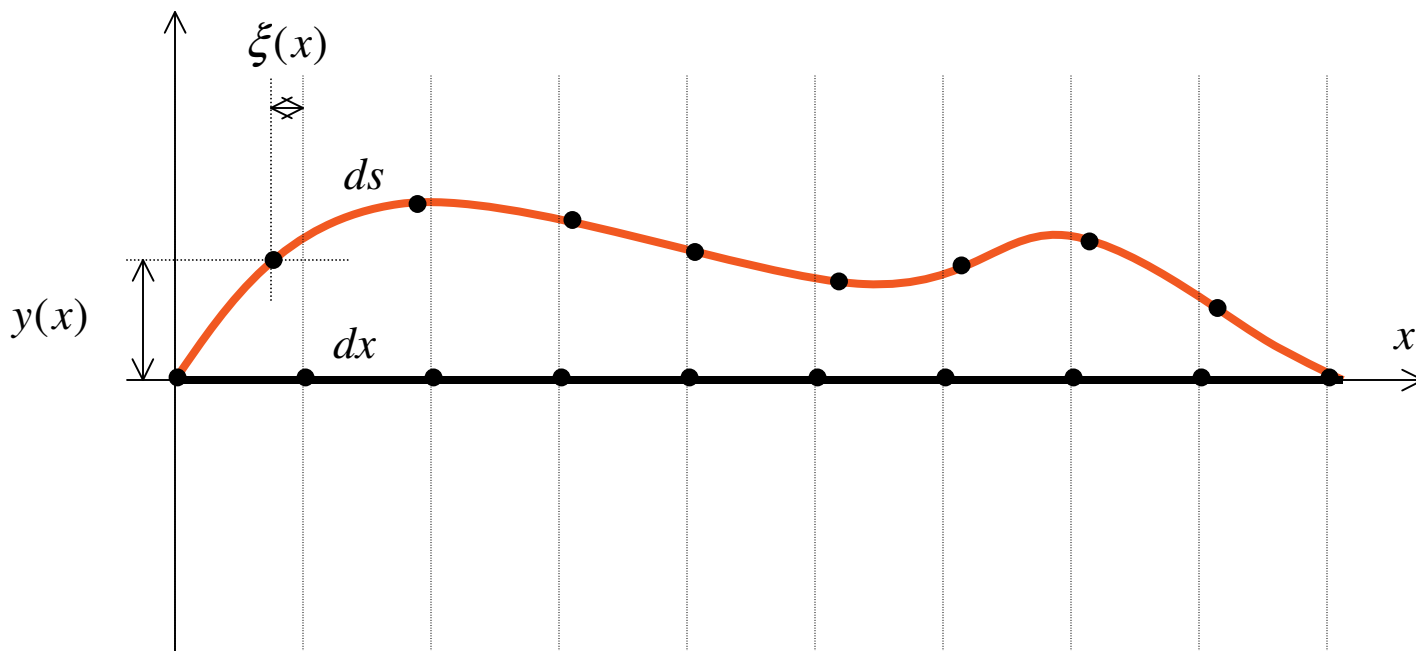


## Zongora



# A geometriai nemlinearitás

---





## Modellezés

---

Gerjesztés (kalapács, pengető, stb.)



Lineáris transzverzális  
húrmodell



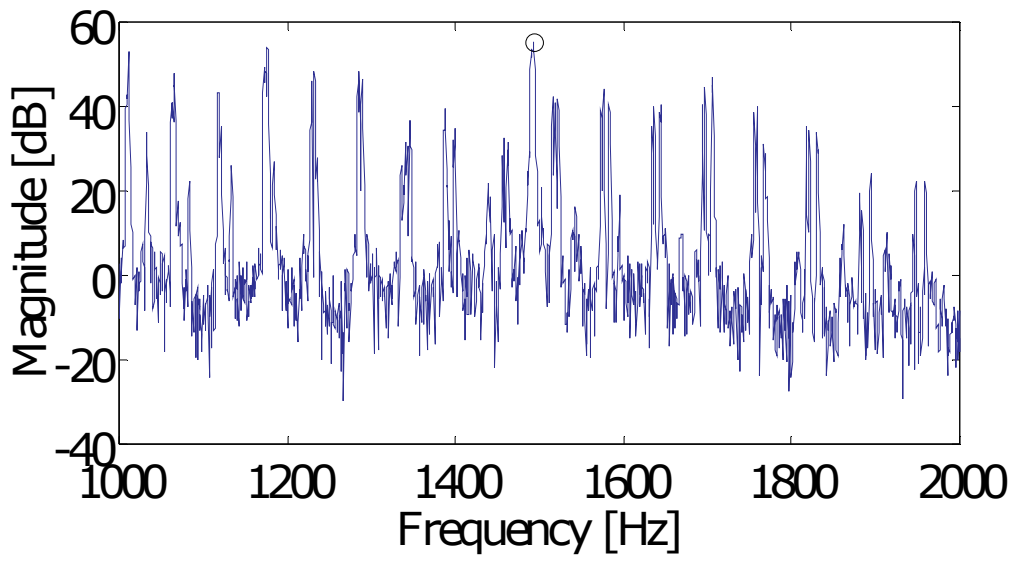
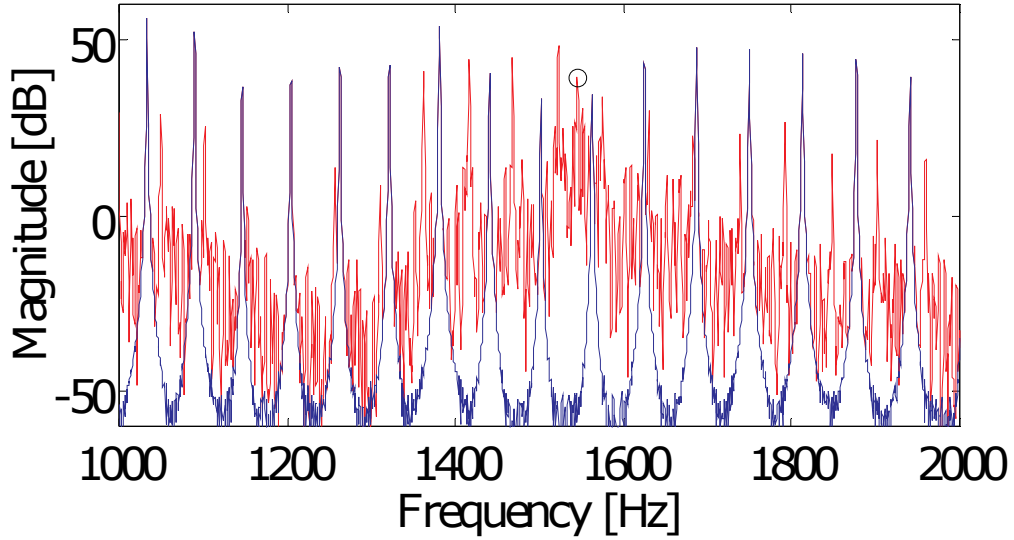
Statikus nemlinearitás

Lineáris longitudinális  
húrmodell





# A spektrum



Szintetizált  
Longitudinális  
Transzverzális

Eredeti

eredeti



szint.



# Fizikai modellezés az iparban

2006: Pianoteq szoftver plugin



## Fizikai modellezés az iparban

2009: Roland Vpiano digitális zongora



Valahol egy kis olasz faluban...



# Viscount és a Veronai Egyetem együttműködése

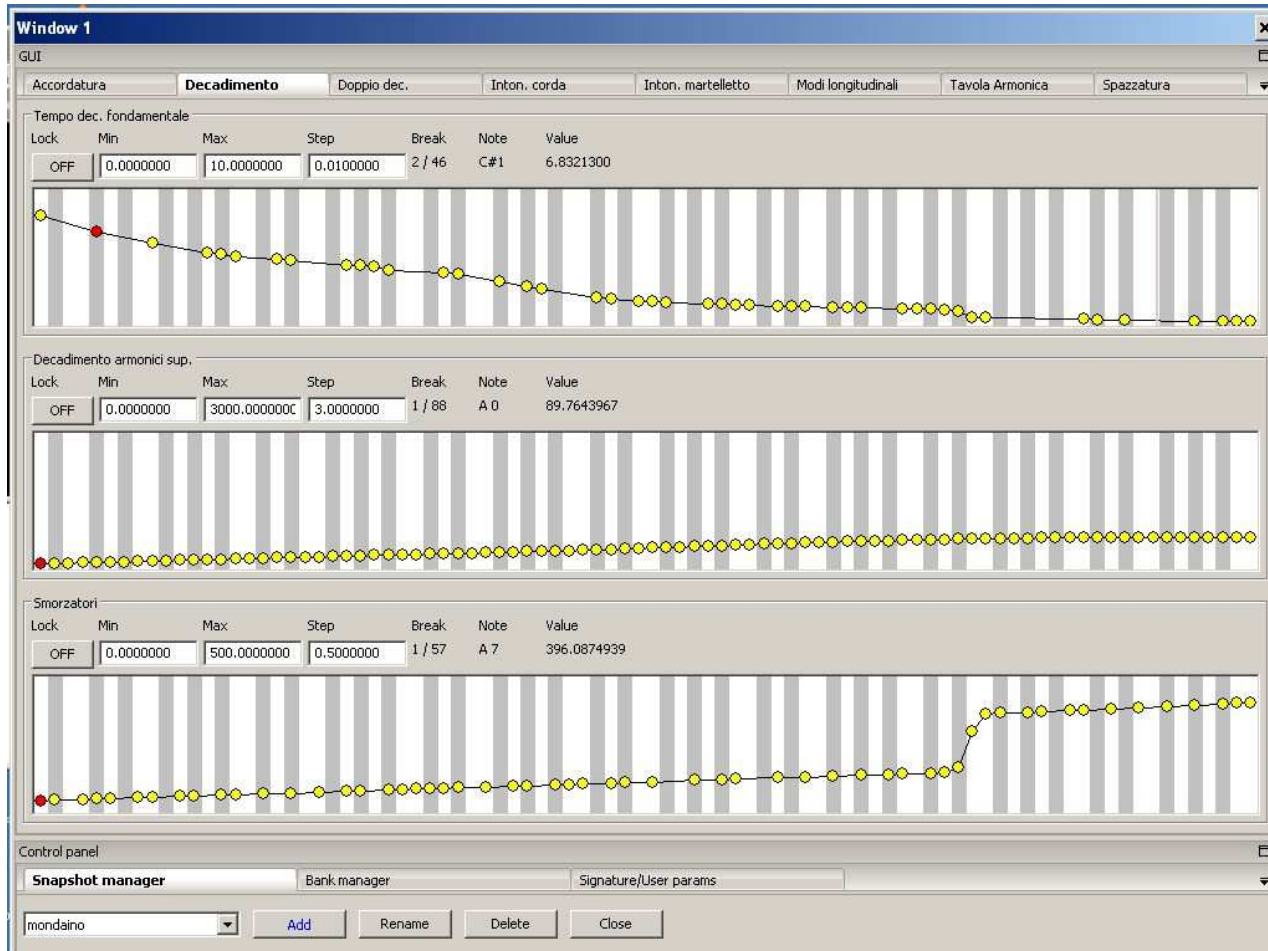
- Modális alapú modell
- Longitudinális rezgés modellezése is!
- Egyelőre szoftver prototípus





# A szoftver prototípus

40% terhelés egy gyors PC-n



DEMÓ!

Mi lesz ezután?

Minden Finnországban kezdődött...





## Mit csináltam Finnországban?

- Meghallgatásos teszt: melyik hangokra hallható a longitudinális rezgés
- Logaritmikus frekvenciafelbontású szűrőtervezés
  - hangszerest modellezés
  - passzív szűrőtervezés
  - hangszóró átvitel modellezés
  - hangszóró átvitel kiegyenlítés



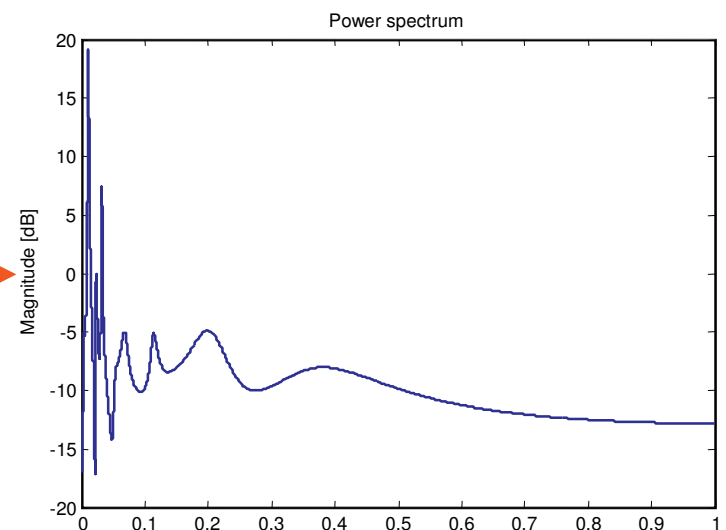
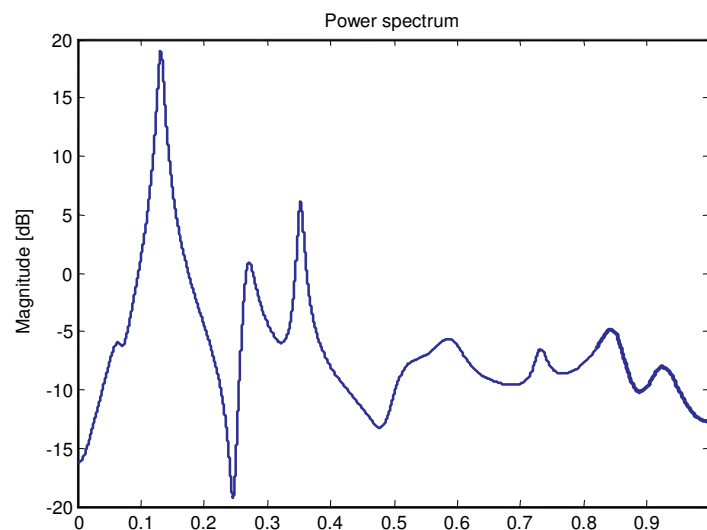
# Logaritmusos frekvenciafelbontású szűrőtervezés

- Hagományos FIR és IIR szűrők frekvenciafelbontása lineáris
- Csak sajnos ezt a fülünk nem tudja

Eddig megoldások:

- Súlyozás (numerikus problémák)
- Frequency warping

$$z^{-1} \leftarrow D(z) = \frac{z^{-1} - \lambda}{1 - \lambda z^{-1}}$$



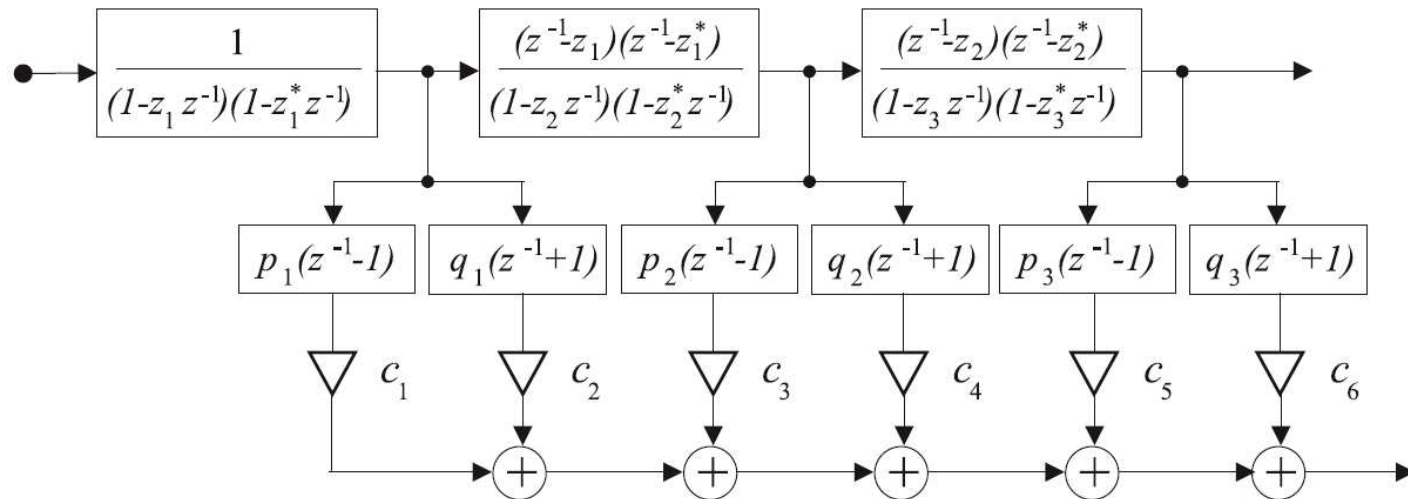
## Eddigi megoldások: Kautz szűrő

$$H(z) = \sum_{k=1}^K w_k G_k(z)$$

Szabad paraméterek

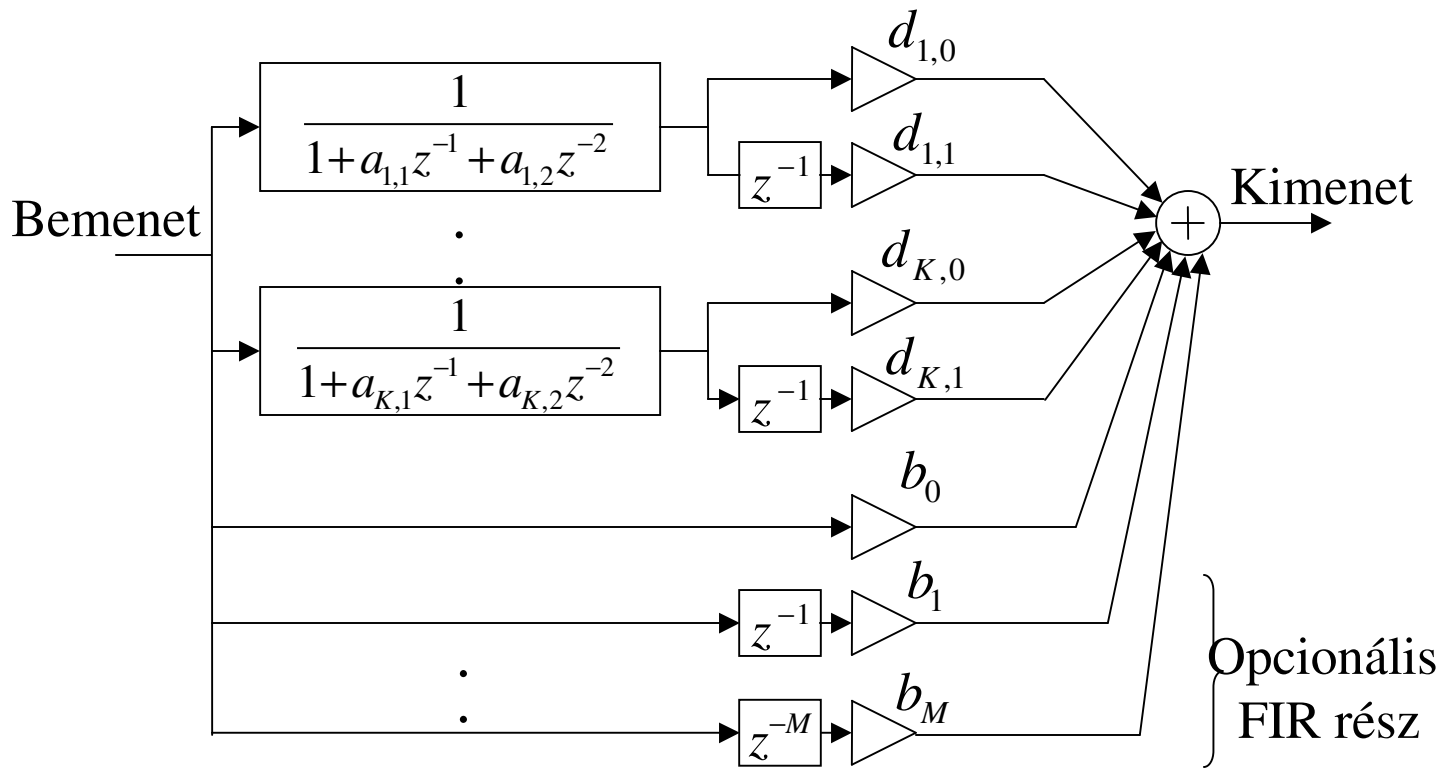
Ortogonalis bázisfüggvények

A felbontást az ortogonalis bázisfüggvények pólusai határozzák meg



# Párhuzamos szűrő

Mint a Kautz szűrő, de nem ortogonalizálunk



# Paraméterbecslés

Pólusokat előre meghatározzuk a kívánt felbontás szerint

$$H(z^{-1}) = \sum_{k=1}^K \frac{d_{k,0} + d_{k,1}z^{-1}}{1 + a_{k,1}z^{-1} + a_{k,2}z^{-2}} + \sum_{m=0}^M b_m z^{-m}$$

Szabad paraméterek

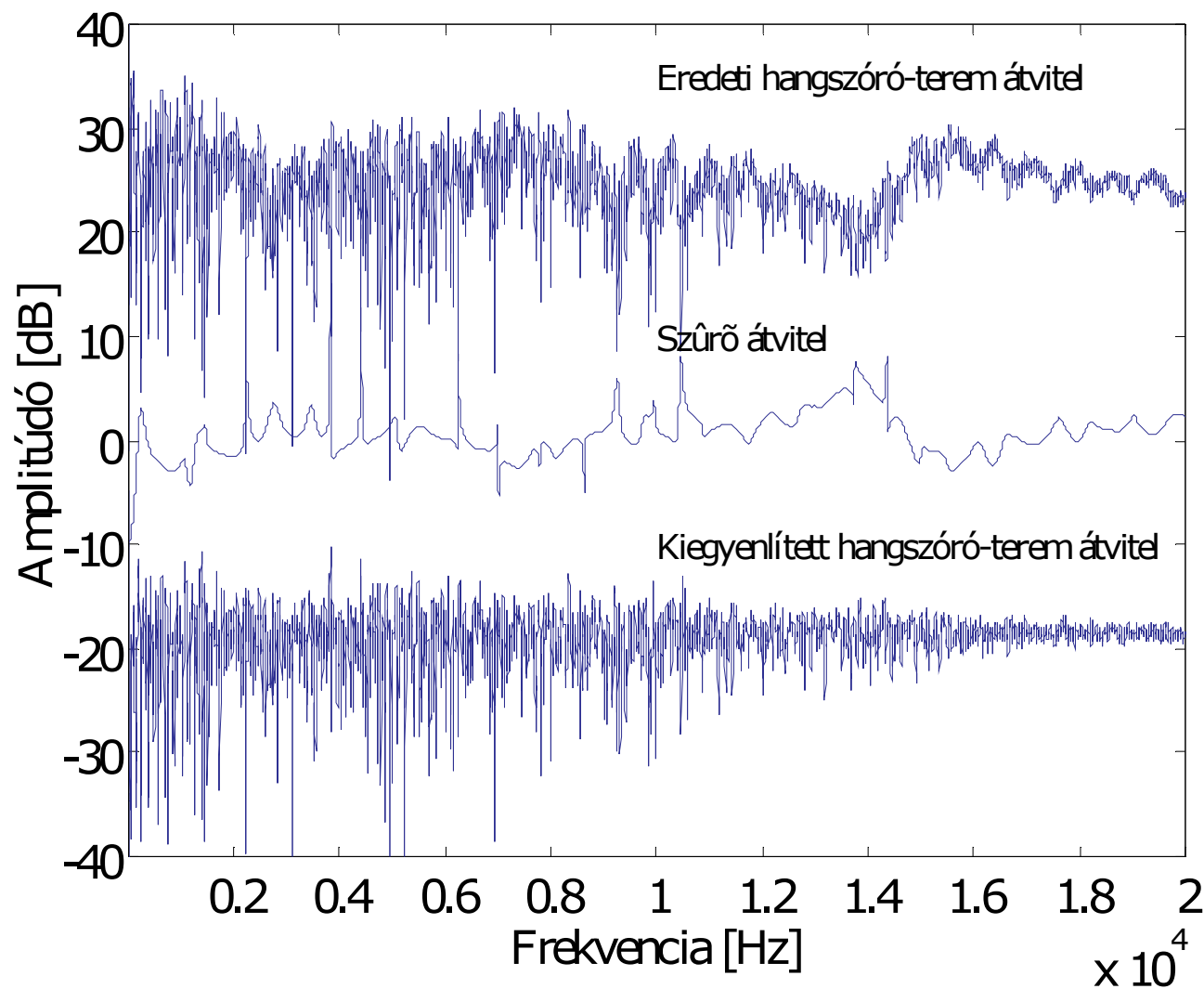
FIR rész

Bázisfüggvények

Szabad paraméterek: legkisebb négyzetek módszere

# Hangszóró átvitel kompenzálás (a nappalim)

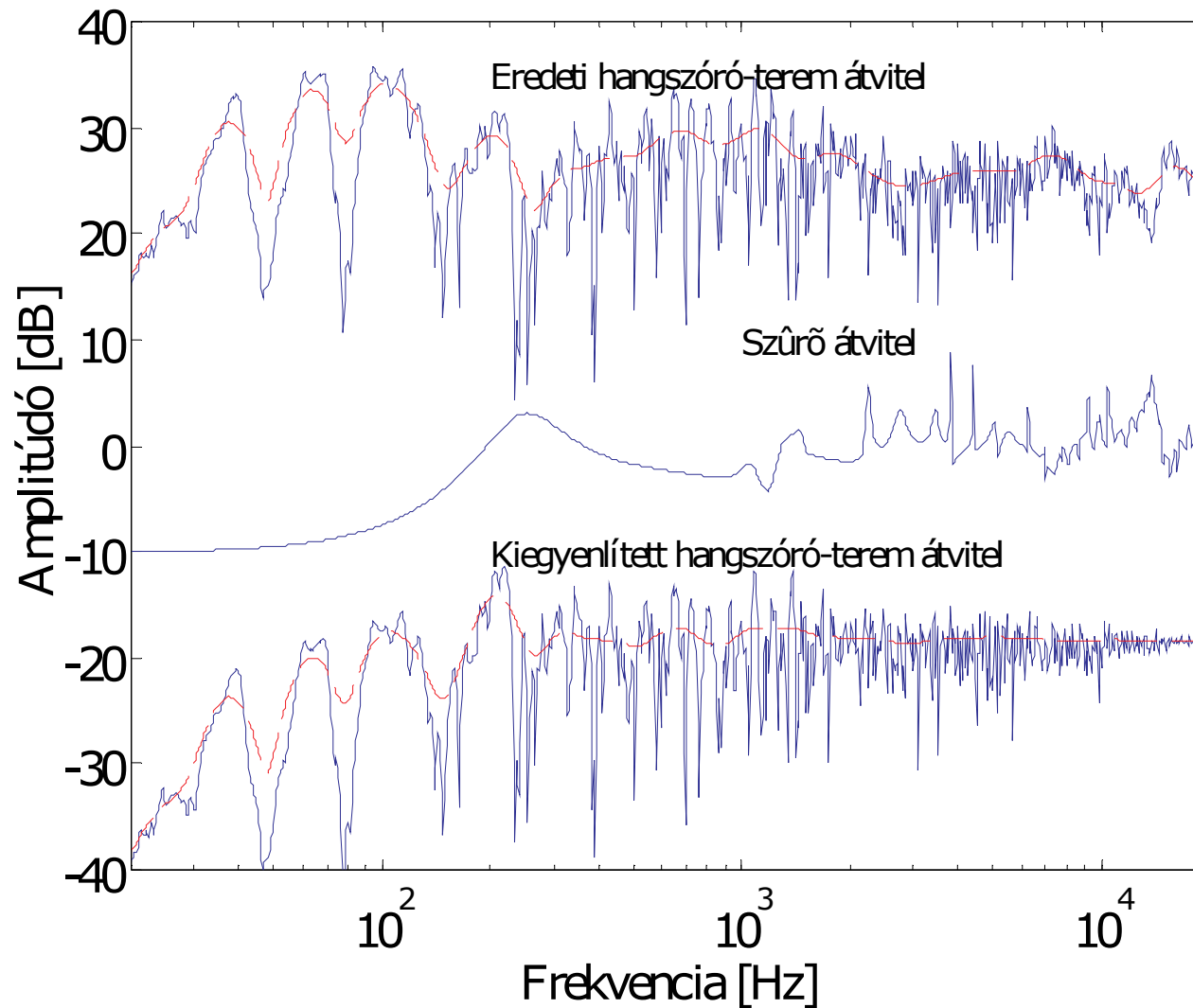
100-adfokú IIR szűrő (Steiglitz-McBride)





# Hangszóró átvitel kompenzálás

Ugyanez logaritmikus felbontásban

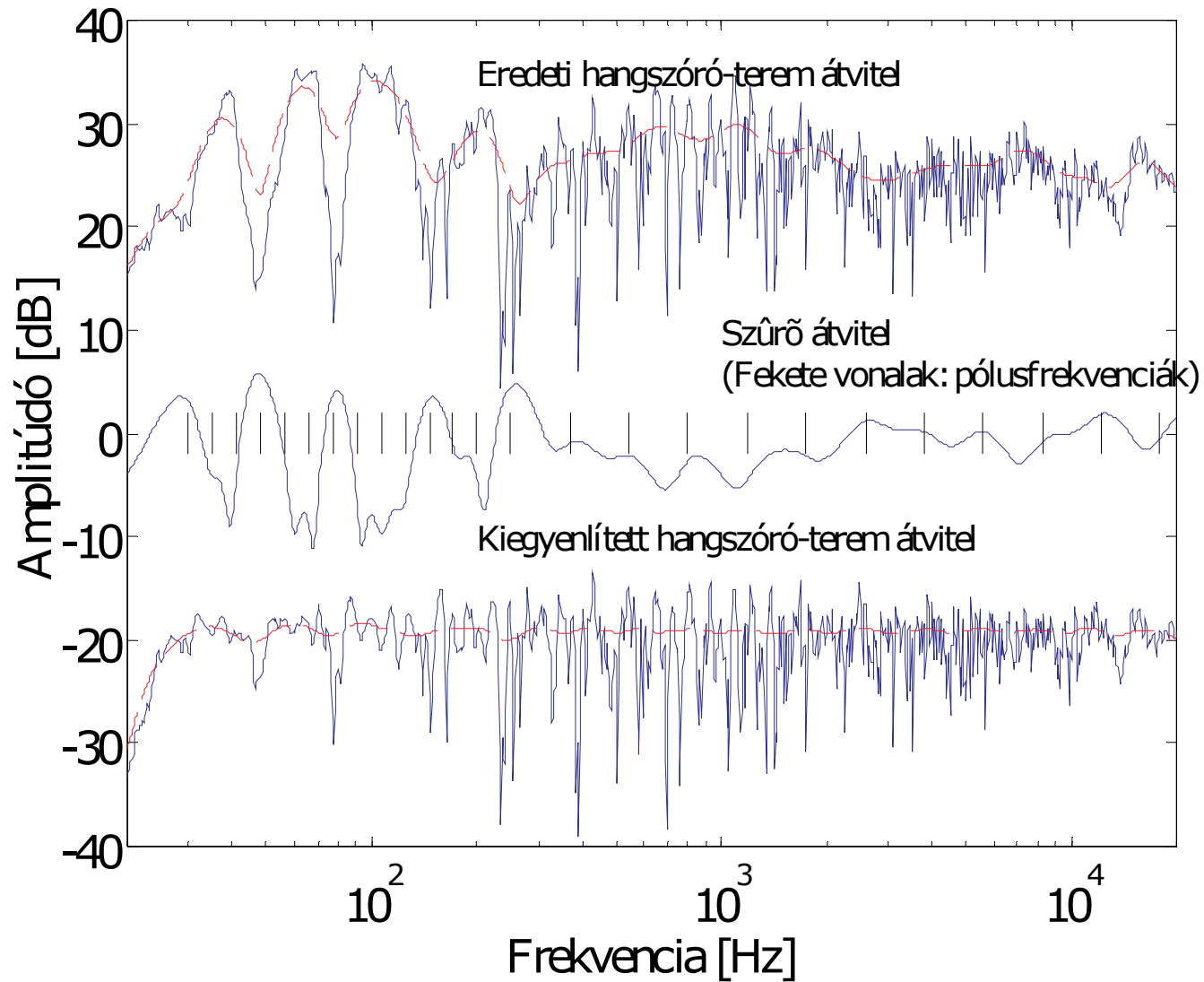




# Párhuzamos szűrő

---

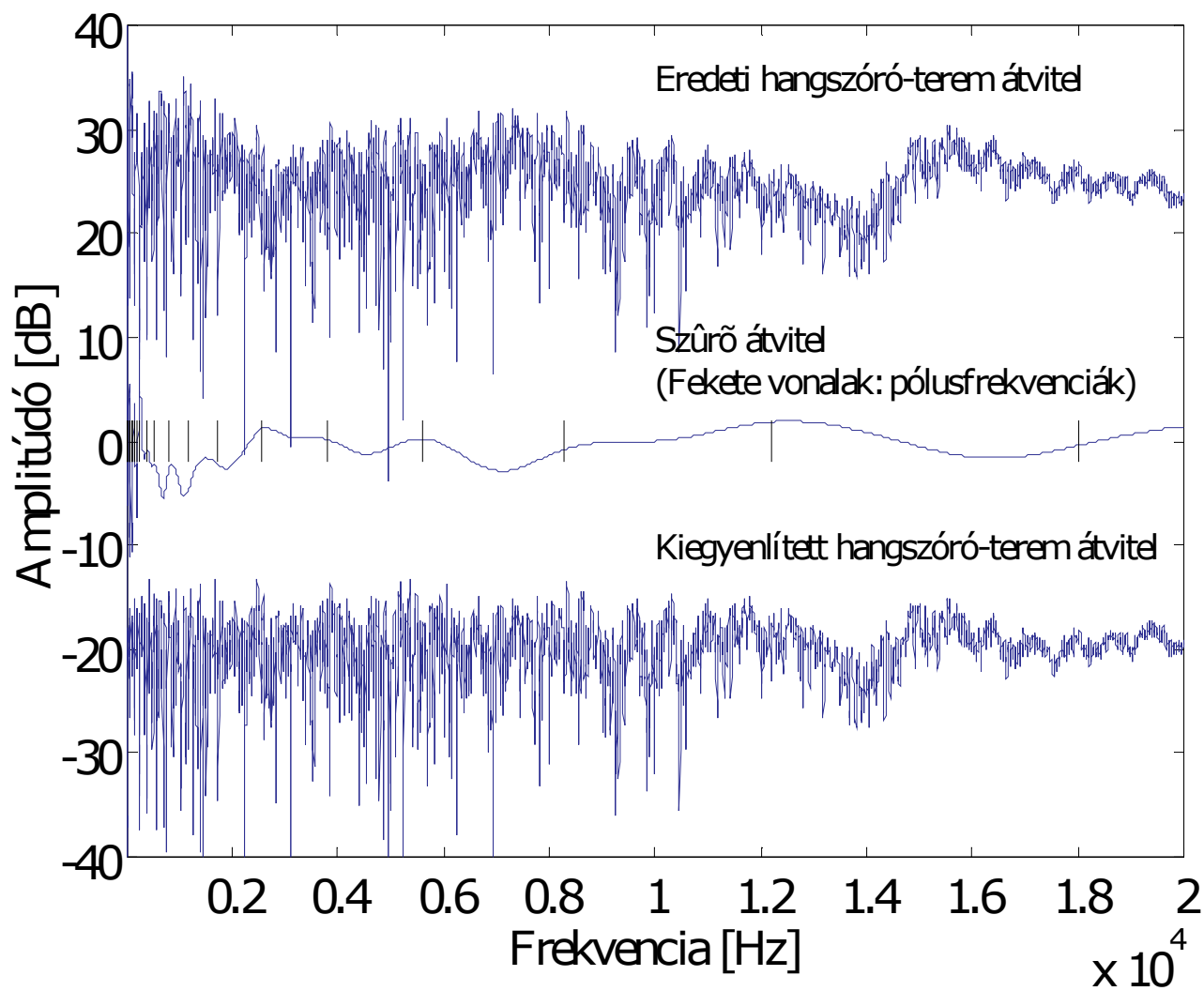
50-ed fokú szűrő (25 póluspár)



# Párhuzamos szűrő

---

Ugyanez lineáris frekvenciatengelyen







## A következő két év

---

Magyary Zoltán Felsőoktatási Közalapítvány ösztöndíja

1. **A párhuzamos szűrő további vizsgálata:** kapcsolat a Kautz szűrővel, más módszerekkel összehasonlítás
2. **Kiterjesztés MIMO esetre:** hatékony paraméterbecslés kidolgozása, alkalmazás hangszertest modellezésére és többcsatornás hangszóró ekvalizációra
3. **Gyengén nemlineáris rendszerek modellezése:** megfelelő struktúra megválasztása, paraméterbecslés, és alkalmazás a hangszórómembrán nemlineáris rezgésének modellezésére

**Egyéb alkalmazások?** Pl. rendszeridentifikáció?

