



Magyar Tudományos Akadémia
Energiatudományi Kutatóközpont

Neutronzaj diagnosztika



Lipcsei Sándor
Reaktor Monitorozó és Szimulátor Laboratórium

NJSzT Informatika Történeti Fórum, 2015. október 29. Óbudai Egyetem

Tartalom

- ➔ **A zajdiagnosztikai módszer**
- ➔ **Történeti áttekintés**
- ➔ **Szakértői vizsgálatok technikája és módszertana**
- ➔ **Zóna anomáliák lokalizációja**
- ➔ **Hűtőközeg áramlási sebességének mérése**
- ➔ **A moderátor-hőmérséklet reaktivitás együtthatójának (MTC) in-situ becslése**
- ➔ **A számított eredmények hosszú távú trendjei**
- ➔ **Az eredmények hasznosítása**

A zajdiagnosztikai módszer (1)

Mi a zajdiagnosztika?

- A diagnosztika fő célja a különféle rendellenességek okának feltárása
- Különösen fontos, hogy korai stádiumban megtörténjen az észlelés, mielőtt jelentősebb károkat okozna egy anomália
- Minden rendszerben találhatunk olyan változókat, amelyek jellemzik a rendszer működését (állapotváltozók)
- Az állapotváltozók alapérték körüli kismértékű ingadozását vizsgálja a zajdiagnosztika

A zajdiagnosztikai módszer (2)

Zajdiagnosztikára használható jelek Pakson

- Üzemviteli detektorok jeleinek fluktuáló tartalmát vizsgáljuk
- Ezeket a detektorokat a reaktor üzemviteli paramétereinek mérésére tervezték, dinamikai tulajdonságaik zajdiagnosztikai szempontból nem optimálisak
- **Rendelkezésre álló jelek**
 - ▶ SPND láncok, $36 \times (7+1)$ db
 - ▶ Termoelemek
 - hideg- és melegági hurokhőmérsékletek, 12-12 db
 - zóna kilépő hőmérsékletek, 228 db
 - ▶ távlatilag: ionizációs kamra jelek (ex-core), 6 db

PAZAR-K Zajdiagnosztikai kiértékelő rendszer

PAZAR-K Zajdiagnosztikai kiértékelő 1. blokk

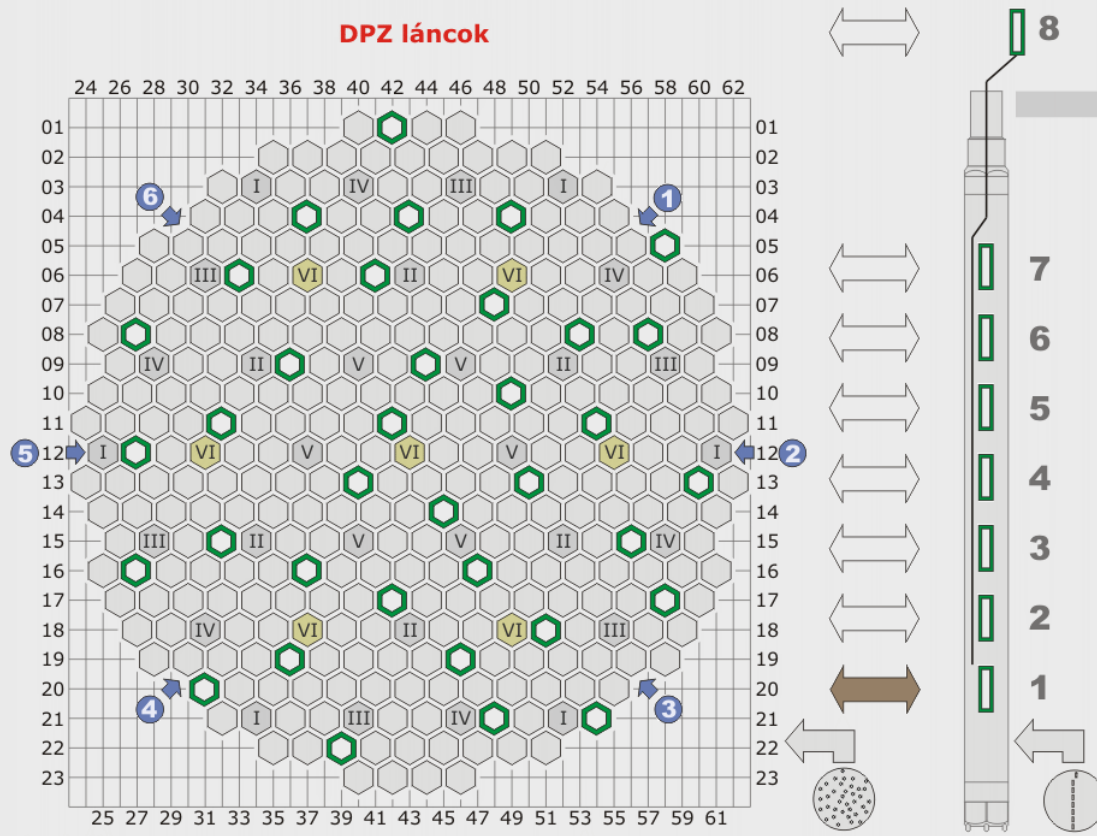
P1BL 2008-02-20 10.18.42.MEAS.LOG.XML

Alap konfiguráció

DPZ LÁNCOK

AC Idősr

DPZ láncok



01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62

25 27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61

elérhető/kijelölt/kiválasztott detektor I VI SZBV kazetta hurok pozíció

Összes jel

Jel szűrés

- 10YG11X142
- 10YG11X242
- 10YG11X342
- 10YG11X442
- 10YG11X542
- 10YG11X642
- 10YG11X742
- 10YG11X842
- 10YG04X137
- 10YG04X237
- 10YG04X337
- 10YG04X437
- 10YG04X537
- 10YG04X637

Jelek: 352 / 352 Kijelölt: 0

Kiválasztott jelek

Jelek: 0 Kijelölt: 0

sch:spnd.bmp

A zajdiagnosztikai módszer (3)

Mérési követelmények

- **A reaktor állandósult állapota**
(a statisztikai kiértékelési módszerek miatt)
- **Legalább 50%-os reaktorteljesítmény**
(a detektorok érzékenységi korlátai miatt)



Történet

PDR rendszer (1979-1983)

- **adatgyűjtés magnóval, off-site kiértékelés**

CARD (1992-97)

- **32 csatornás számítógépesített rendszer**

PAZAR (2004-2007)

- **352 csatornás autonóm adatgyűjtő rendszer**

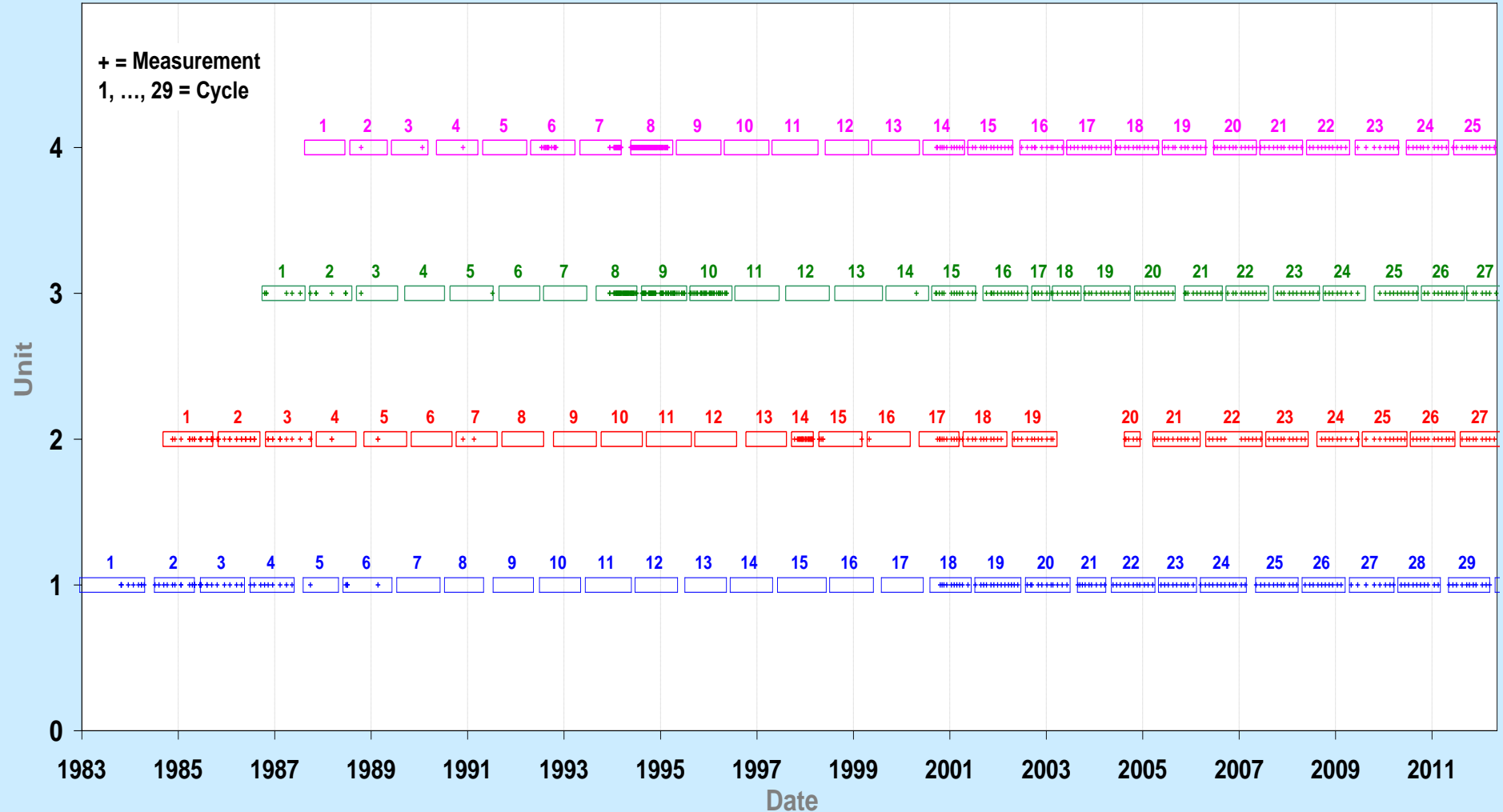
PAZAR-K (2007-2008)

- **kiértékelő rendszer**



Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

Noise Diagnostic Measurements at Paks NPP



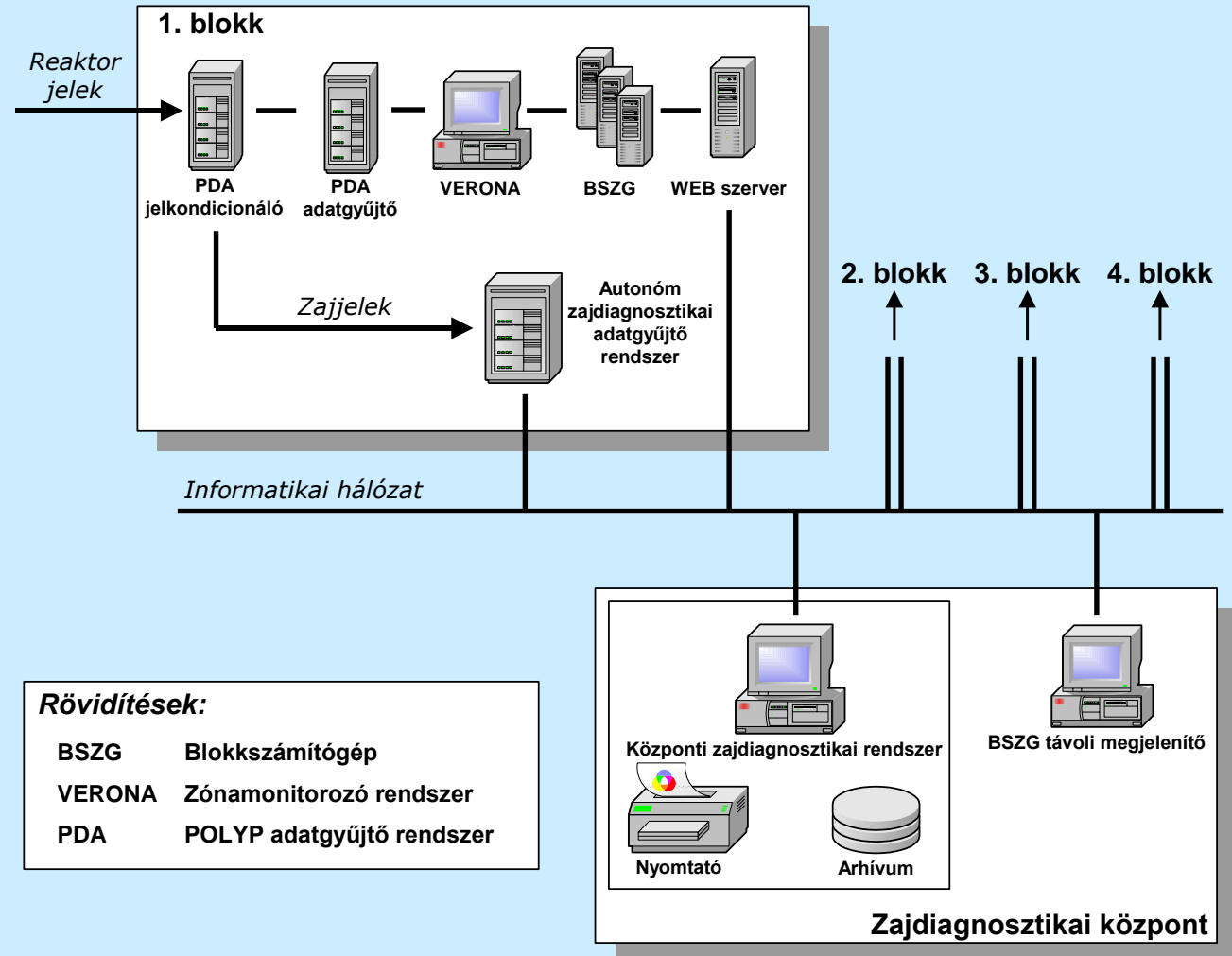
PAZAR rendszer

Megvalósítás Pakson

- Paksi Autonóm Zajdiagnosztikai Adatgyűjtő Rendszer (PAZAR)
- PAZAR-K kiértékelő rendszer



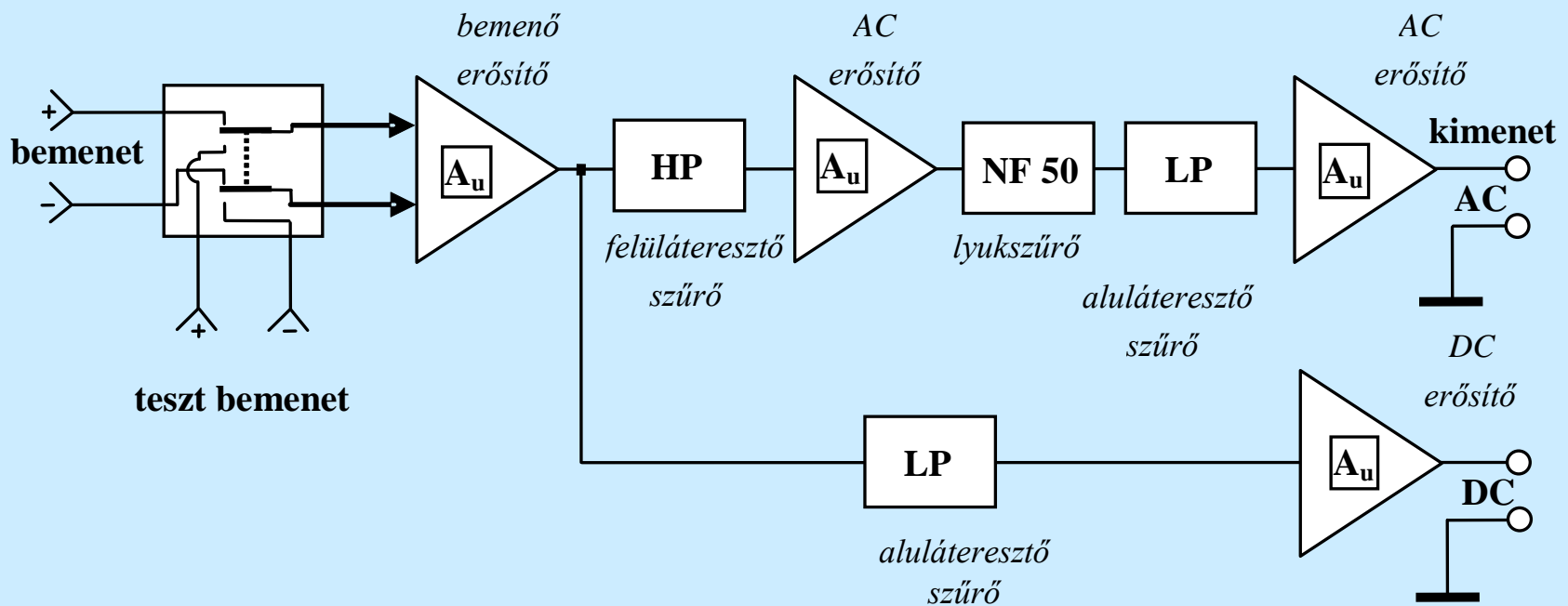
PAZAR architektúra



A PAZAR
rendszer
architektúrája

PAZAR jelkondicionálás

A PAZAR rendszer jelkondicionálásának sémája



Szakértői vizsgálatok

Időtartománybeli jellegzetességek vizsgálata

- Különféle jeltípusok viselkedése
- Tranziensek megjelenítése

Frekvenciatérbeli vizsgálatok

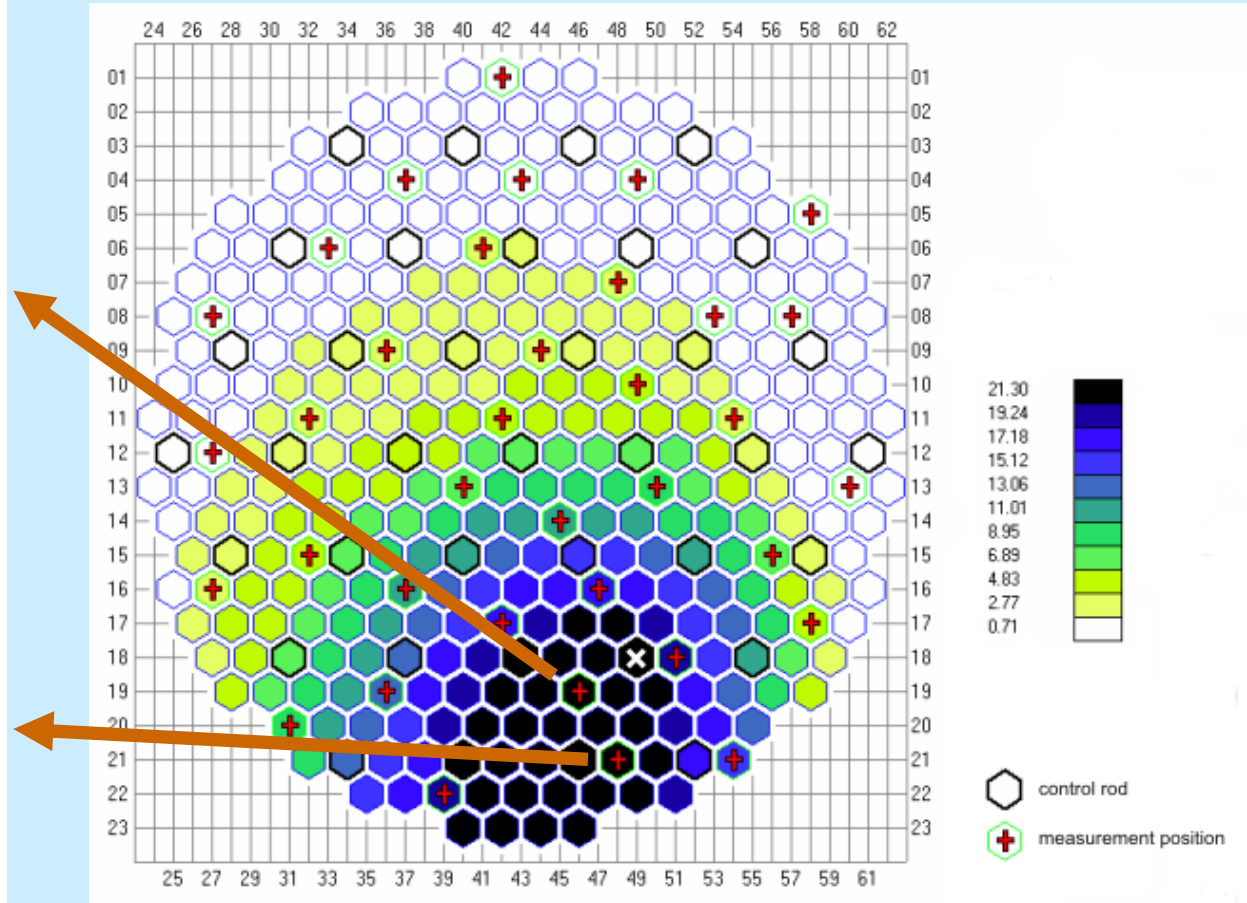
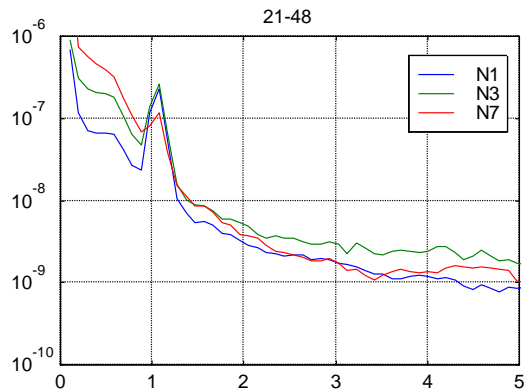
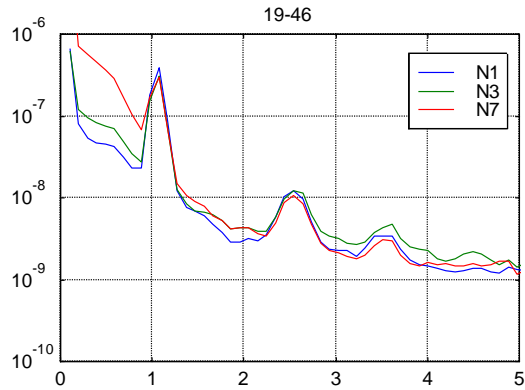
- Statisztikai mennyiségek, függvények
 - ▶ APSD, CPSD, koherencia, átviteli függvény, fázis
 - ▶ auto- és keresztkorreláció, impulzusválasz-függvény

Zónabeli rezgések monitorozása

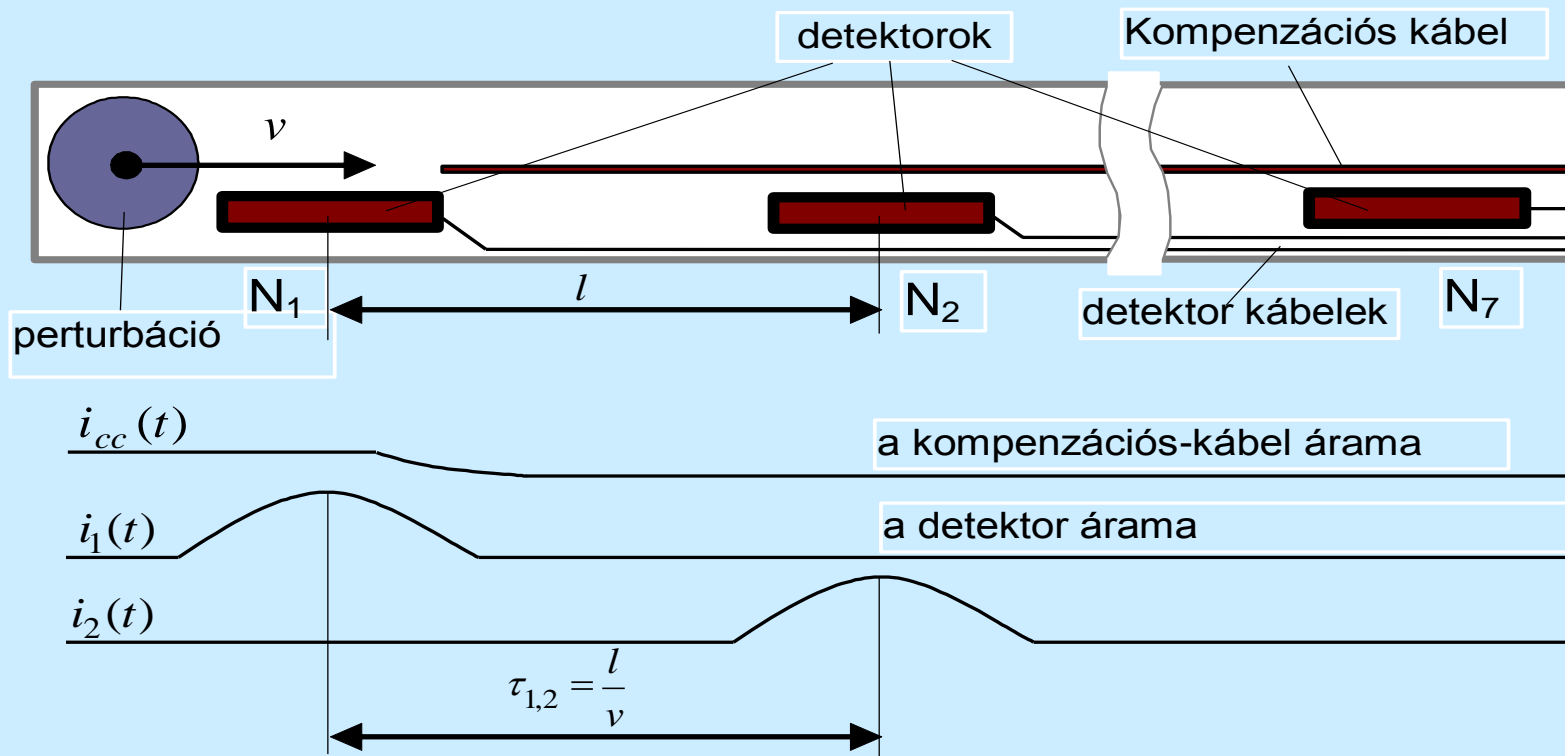
Zónán belüli rezgések

- a zónában nincsenek rezgésdetektorok
- mérés SPND detektorokkal
- csak olyan rezgéseket lehet így kimutatni, amelyek neutronfluktuációt keltenek
- abszorbens rezgések észlelése 3-4 kazetta távolságon belül
- frekvenciacsúcs az APSD-ben, határozott fázisinformáció a közeli detektorjelek között
- Rezgési frekvencia, sáv szélesség, csúcs talppontjai, háttér, amplitúdó, rezgés iránya fázisból, rezgés helyének lokalizációja zajtérképpel

4. blokk, 2001, enyhe SZBV rezgés



Hűtőközeg áramlási sebességének mérése (1)



Hűtőközeg áramlási sebességének mérése (2)

A fáziskésés hatásának megjelenése a spektrumokban

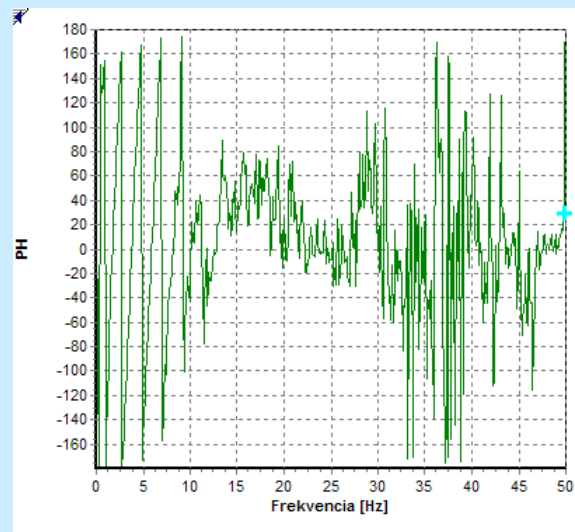
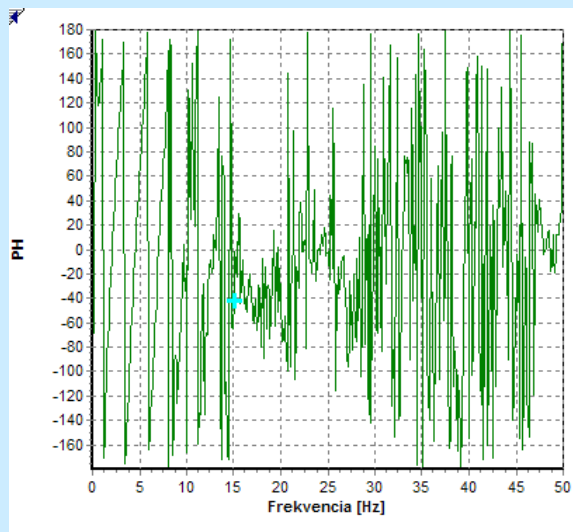
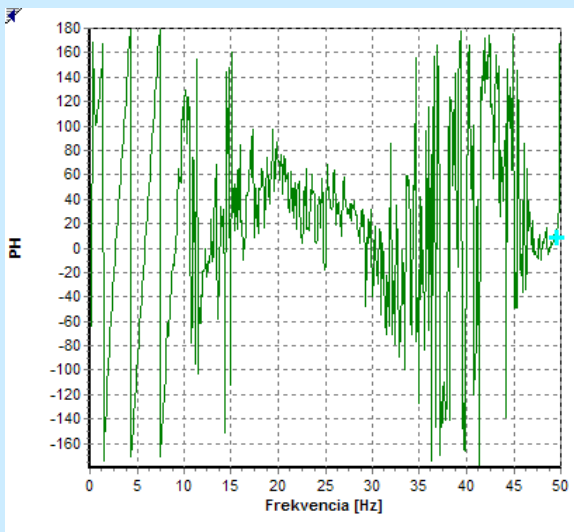
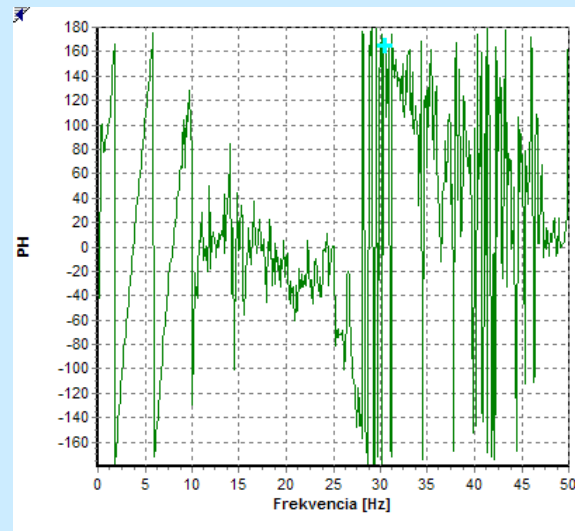
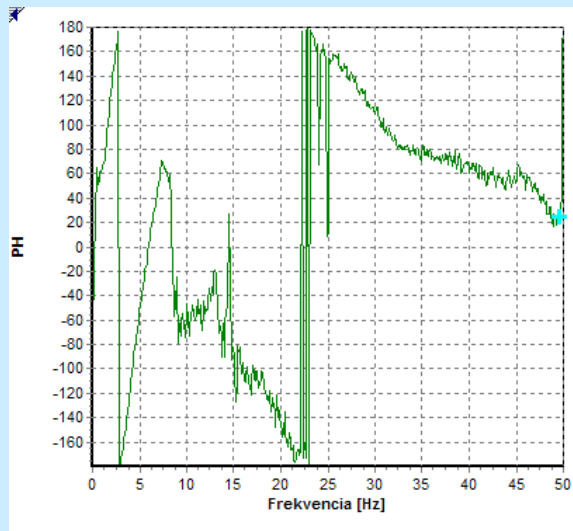
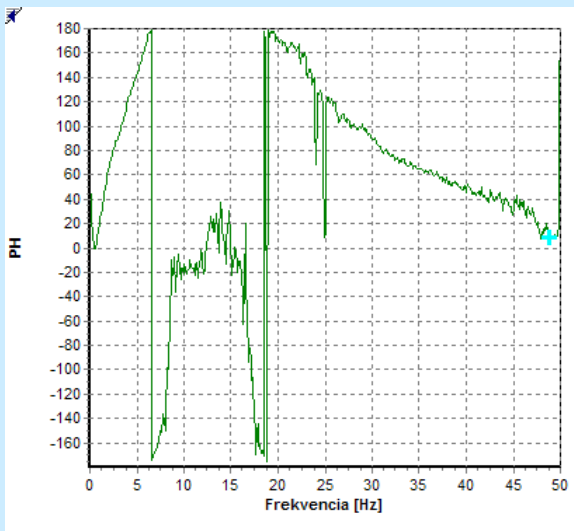
- az időkéséssel arányos meredekségű lineáris fázismenet
- csúcs a keresztkorrelációs függvényben
- élesebb csúcs az impulzusválasz-függvényben

A kiértékelés menete

- FFT alapú spektrumok (esetleg szűréssel)
- keresztkorreláció és impulzusválasz-függvények
- a csúcsok azonosítása
- validálás
- átlagsebesség képzése
- hibabecslés

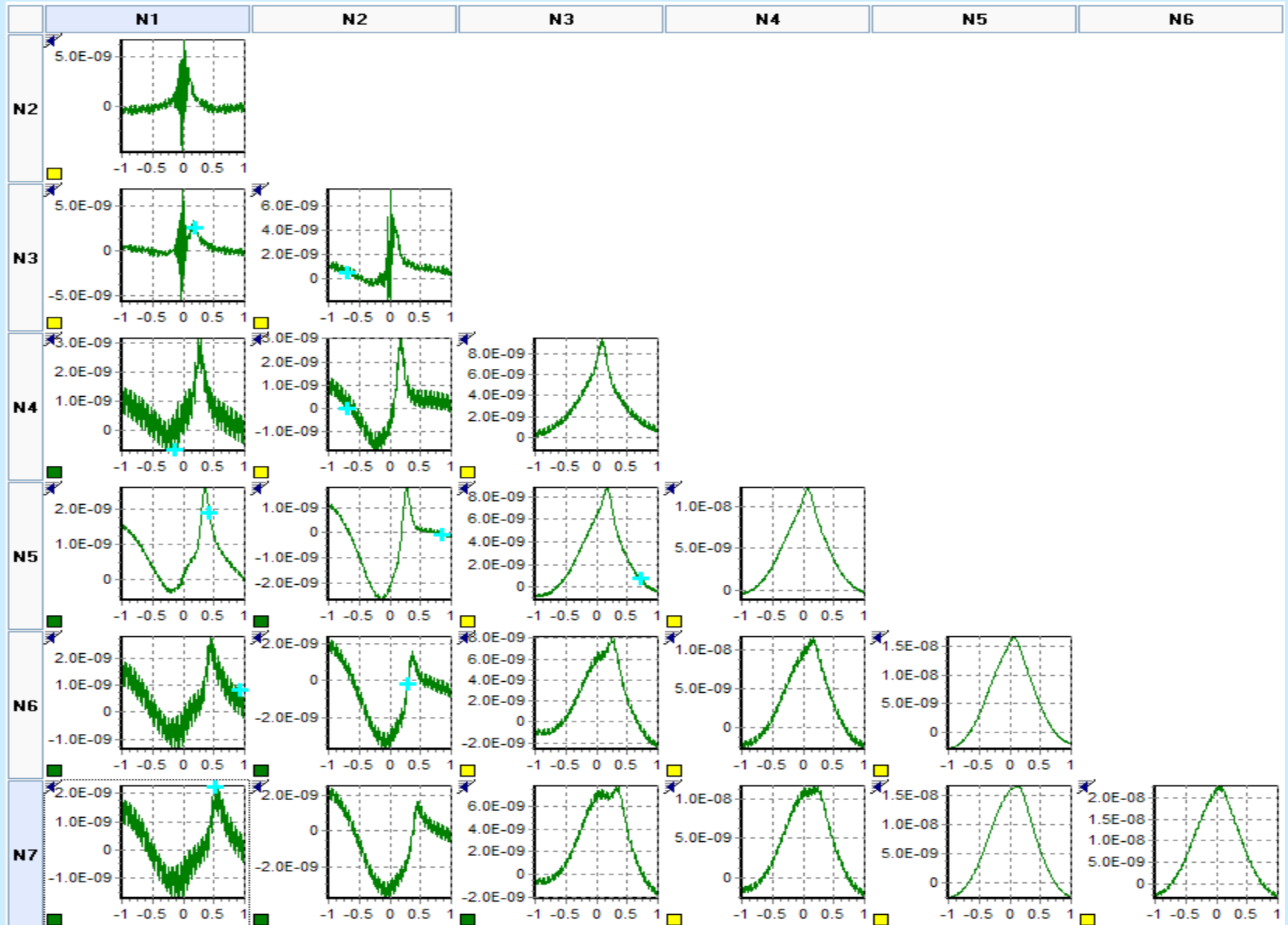


Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont



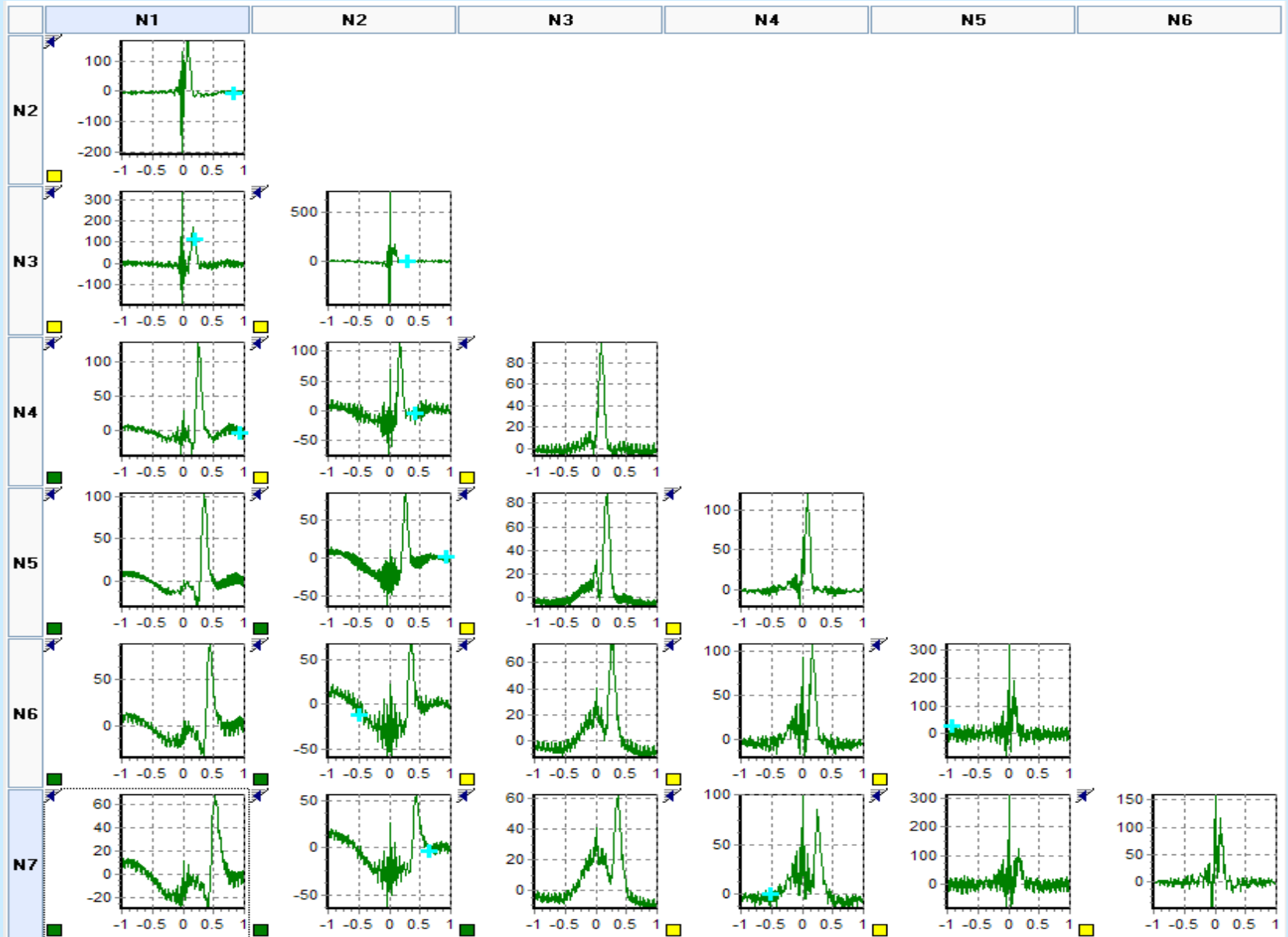


Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

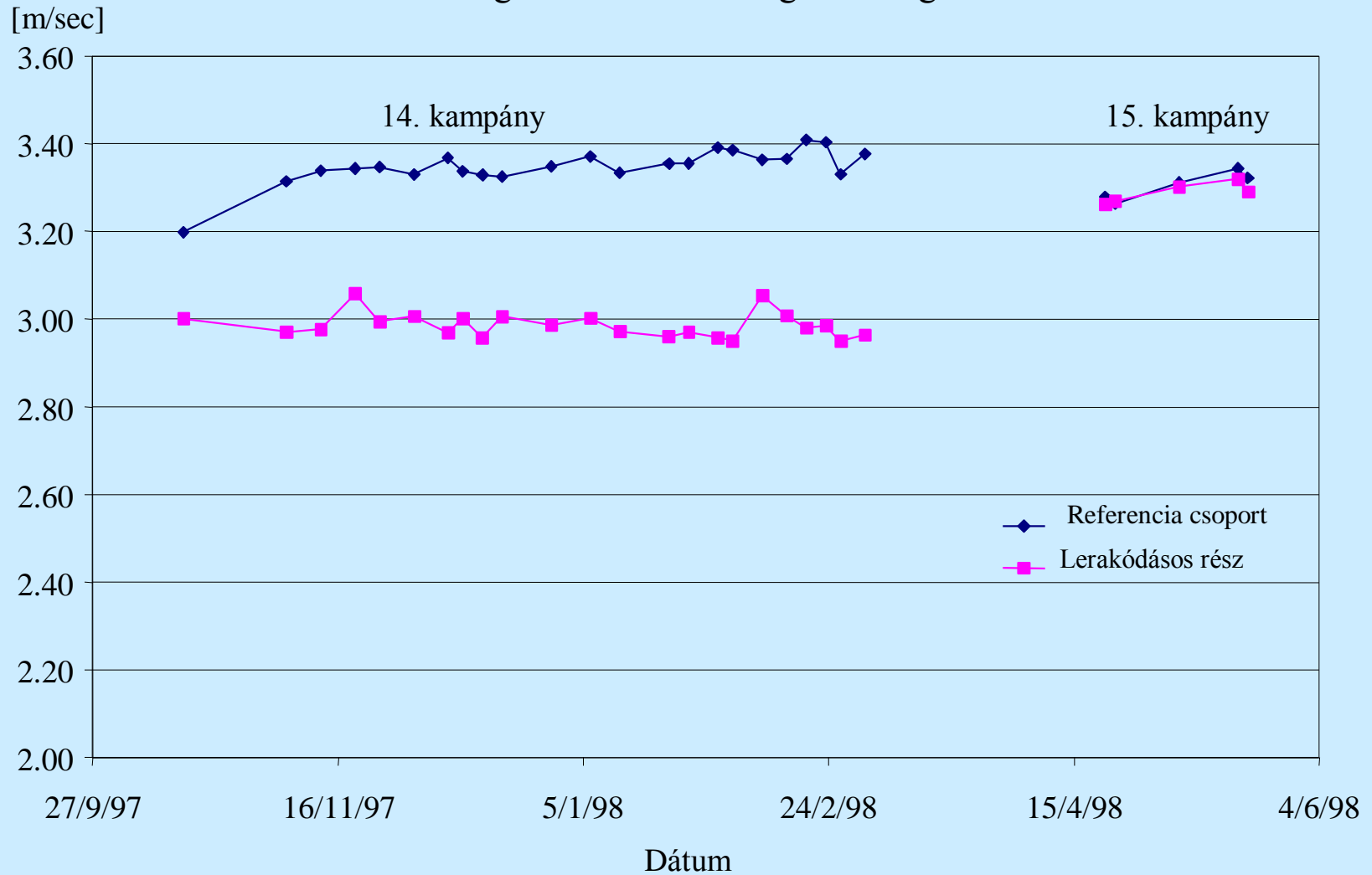




Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont



Átlagos mért hűtőközeg sebességek



Az MTC becslése (1)

MTC (Moderator Temperature Coefficient): a reaktivitás moderátorhőmérséklet együtthatója

- **a reaktortöltet fontos, a biztonságos üzemet jellemző paramétere**
 - ▶ a Doppler-effektussal együtt negatívnak kell lennie
 - ▶ erősen negatív sem lehet, mert rontja a reaktor stabilitását
 - ▶ a paksi VVER-440 reaktoroknál $-70 \text{ pcm}/^\circ\text{C} < \text{MTC} < 0 \text{ pcm}/^\circ\text{C}$
- **általában MET állapotban mérik, a kampány elején**
- **hagyományos módszerekkel csak a normál üzemmenettől eltérő reaktorállapot beállításával mérhető**

Az MTC becslése (2)

▪ ANSI definíció (1997)
$$MTC = \frac{\delta\rho(t)}{\delta T_m^{ave}(t)}$$

▪ a reaktivitás közelíthető, mint
$$\delta\rho(\omega) = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{\delta\phi(r, \omega)}{\phi_0(r)}$$

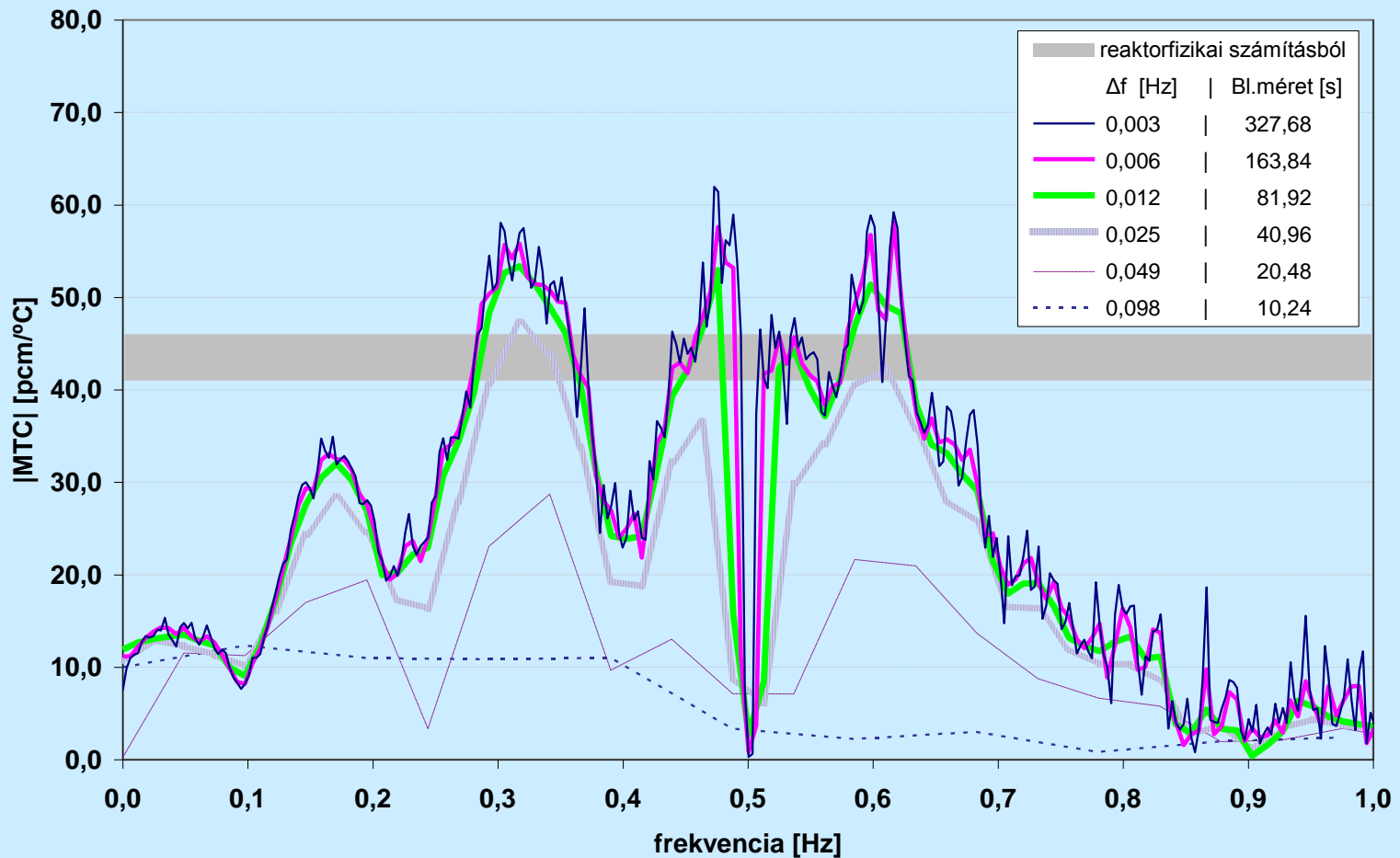
▪ az MTC zajdiagnosztikai alapú becslői

$$H_1 = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{CPSD_{\delta\phi / \phi_0, \delta T_m^{ave}}(\omega)}{APSD_{\delta T_m^{ave}}(\omega)}$$

$$H_2 = \frac{1}{G_0(\omega)} \cdot \frac{APSD_{\delta\phi / \phi_0}(\omega)}{CPSD_{\delta T_m^{ave}, \delta\phi / \phi_0}(\omega)}$$

Módosított H₁ MTC becslő, 1. blokk, 2008. 02. 22.

T_{eff}: 276-281 nap



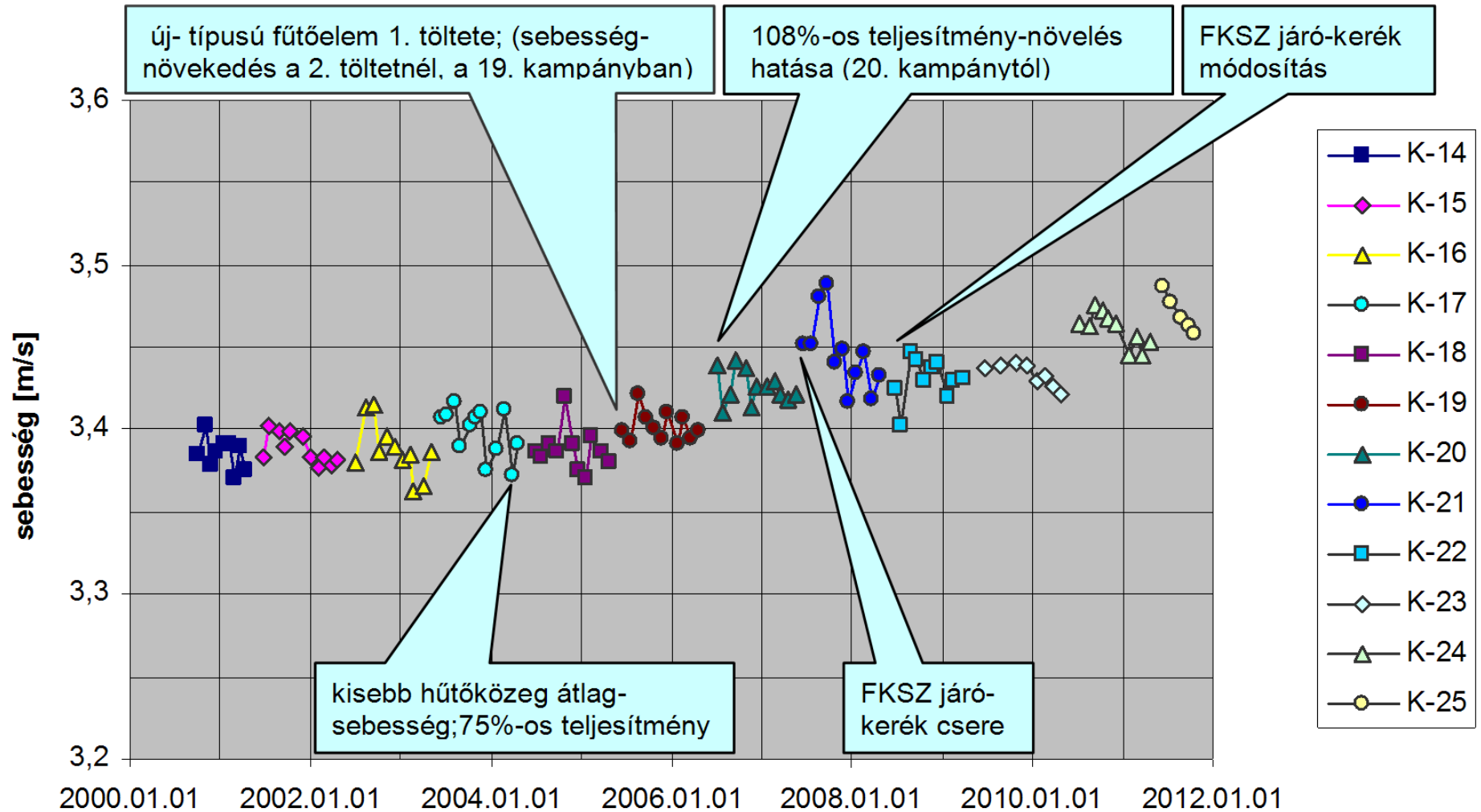
Hosszú távű trendek (1)

A diagnosztika elsősorban a változások észleléséről szól.

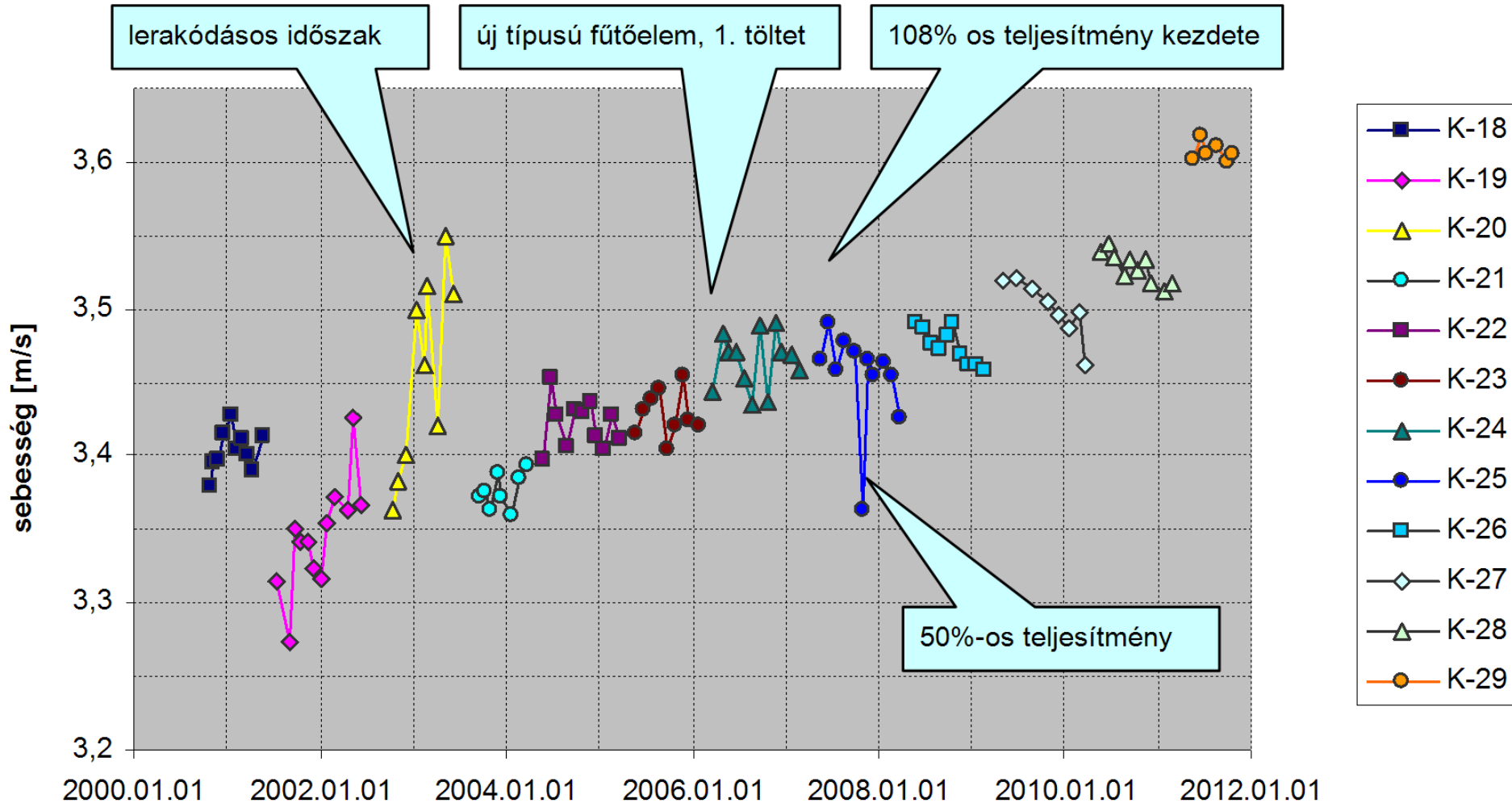
Vannak olyan változások, amelyek lassan alakulnak ki.

Az ilyen változások jól követhetők a hosszú távű trendeken.

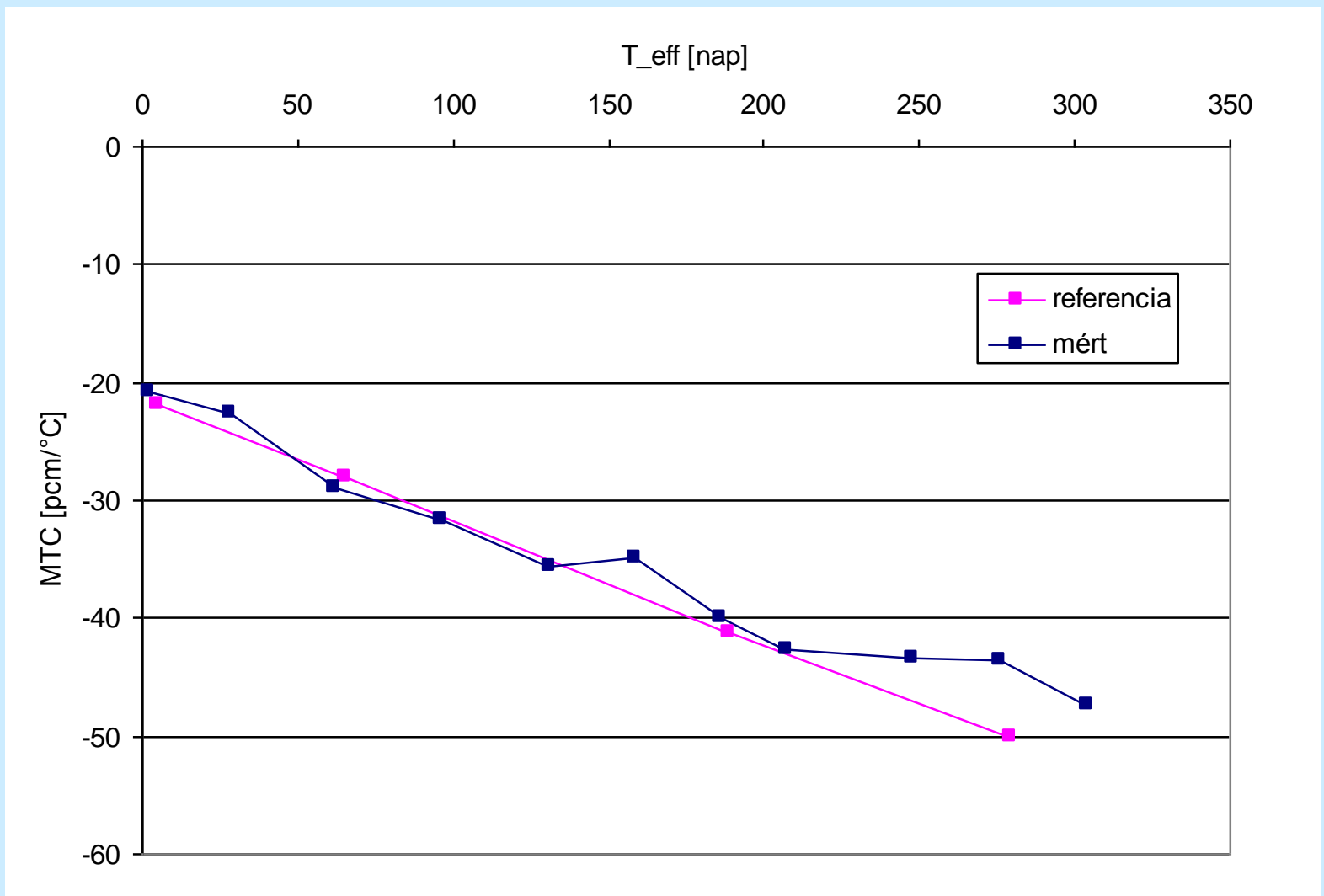
Fontos a kampányok közötti eltérések figyelése is.



A hűtőközegsebesség trendje, Paks, 4. blokk



A hűtőközegsebesség trendje, Paks, 1. blokk



MTC trend egy kampány során, Paks, 1. blokk

Az eredmények hasznosítása

**1985-86: sikeres abszorbens rezgés
lokalizáció**

**1997: Lerakódások alkalmával hatékony
segítség annak eldöntésében, hogy
üzemelhet-e tovább a reaktor**

**MTC monitorozás üzemszerű
használatának kialakítása folyamatban**