

# A nagy időfelbontású kamerák következő generációja: EDICAM

## Bevezető

- A gyorskamerák korlátai

## Az EDICAM fejlesztés

- Hardver
- NDR kiolvasás
- Intelligens funkciók

## Alkalmazás

- Wendelstein 7-X

## Szepesi Tamás

Pellet és videódiagnosztika csoport (PFO)

Cseh Gábor, Kocsis Gábor,  
Szabolics Tamás, Zoletnik Sándor  
Bodnár Gábor, Ilkei Tamás

MTA Wigner FK



## Tipikus gyorskamera adatmennyiség

- pl.  $1024 \times 1024 \times 12 \text{ bit @ } 7000 \text{ fps} = 11 \text{ GByte/s}$
- fúziós plazmakísérlet ma  $\sim 10\text{s} \rightarrow 110 \text{ GB / kamera}$
- fúziós plazmakísérlet a következő évtizedekben  $\sim 1\text{h} \rightarrow \sim 40 \text{ TB / kamera}$

## Tipikusan: ideiglenes adattárolás a kamerában

- jelenleg max. kb. 64 GB



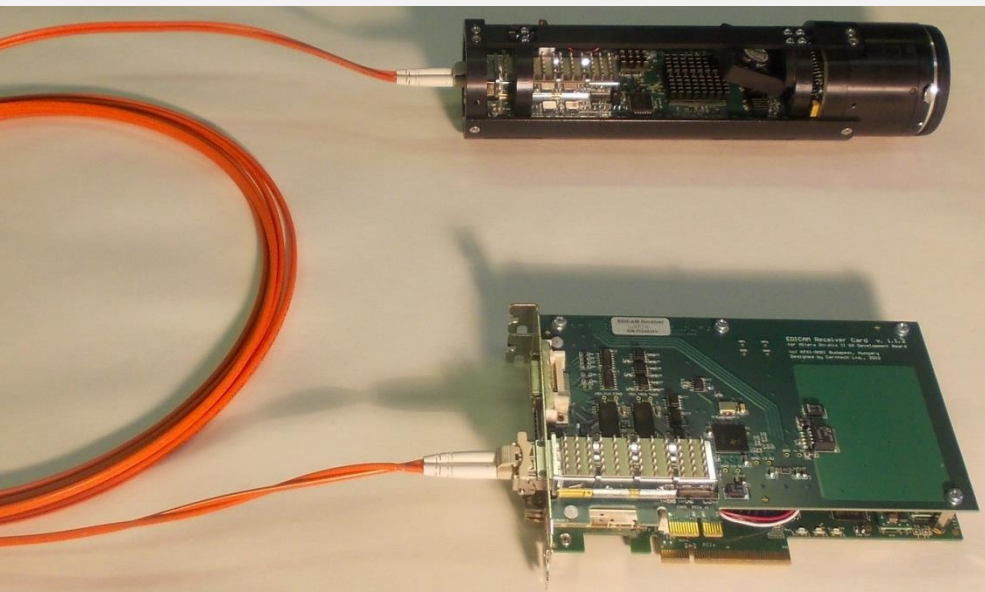
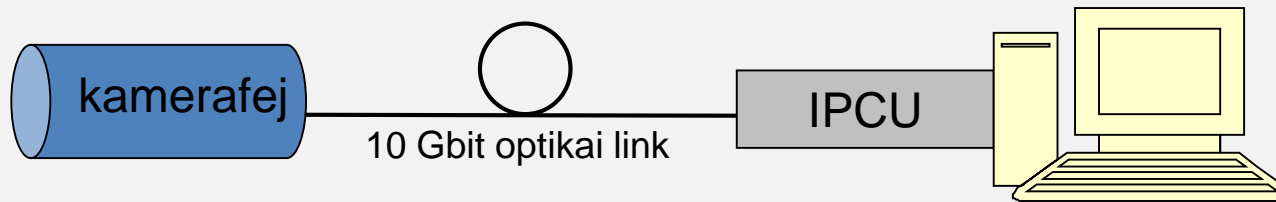
## További problémák

- a gyűjtött adatok jelentős része „értéktelen”  
 $\rightarrow$  valódi információ = túl a szénakazalban

**Létező megoldások:** többszöri trigger (plusz rendszer), metaadatok generálása

## Event Detection Intelligent CAMera

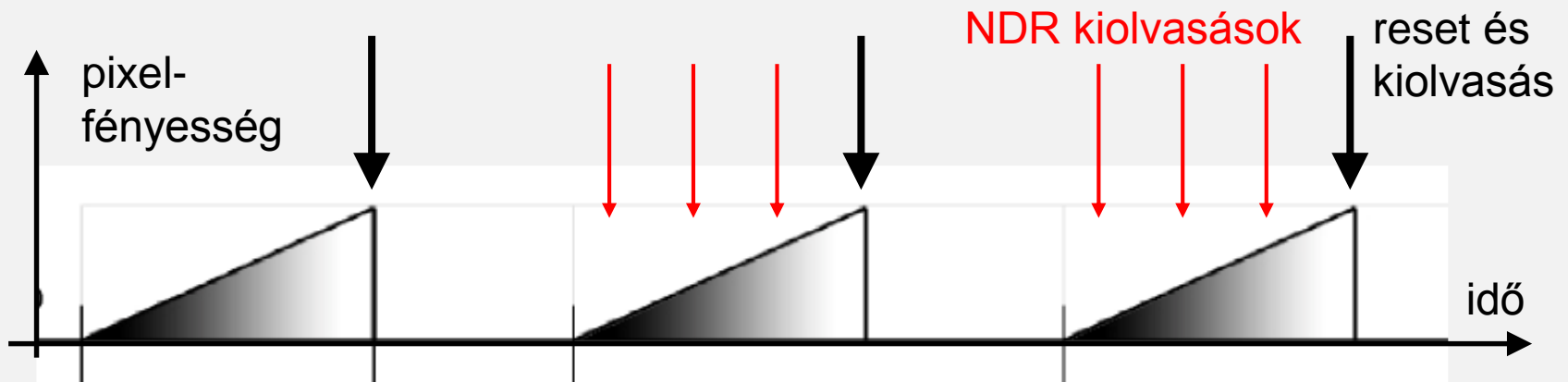
- 12 bit CMOS szenzor: pl. 1280x1024 @ 440 fps, 32x32 @ 100.000 fps
- moduláris felépítés: kamerafej + (intelligens) vezérlőegység (IPCU)



- kis kamerafej:  $\varnothing$  6 cm × 20 cm
- közvetlenül helyezhető megfigyelőportokba
- minimális elektronika (FPGA)
- mágneses térben is működik (3T-ig tesztelve)

## Lupa-1300 CMOS szenzor

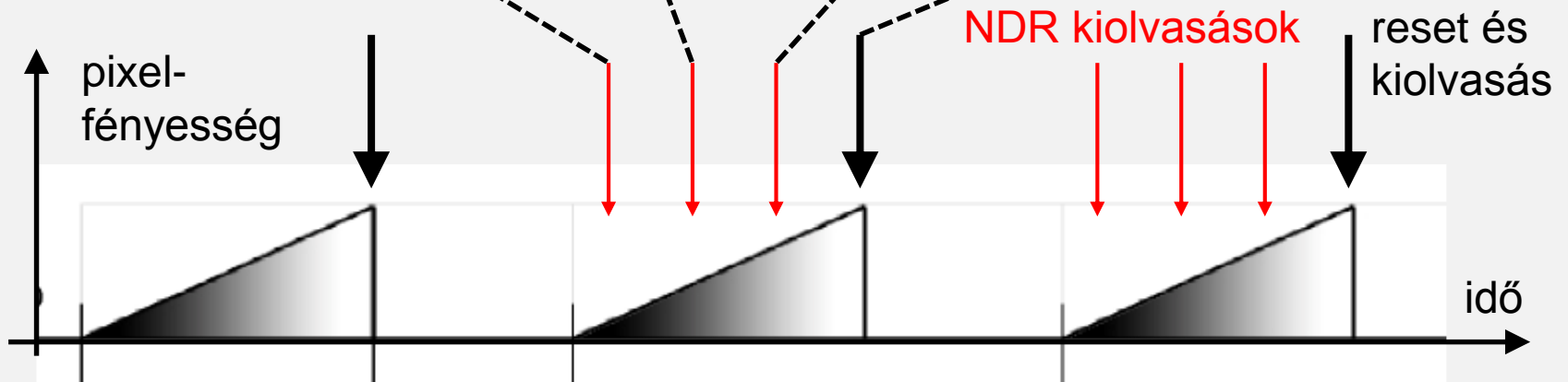
- 1280x1024 @ 440 fps, pl. 32x32 @ 100.000 fps
- nagyon flexibilis ROI (region-of-interest) választás
  - méret és pozíció szabadon választható (32,1) pixel lépésközzel
- **nem-destruktív kiolvasás (non-destructive readout, NDR)**
  - **kép kiolvasása a szenzorból a reset nélkül**



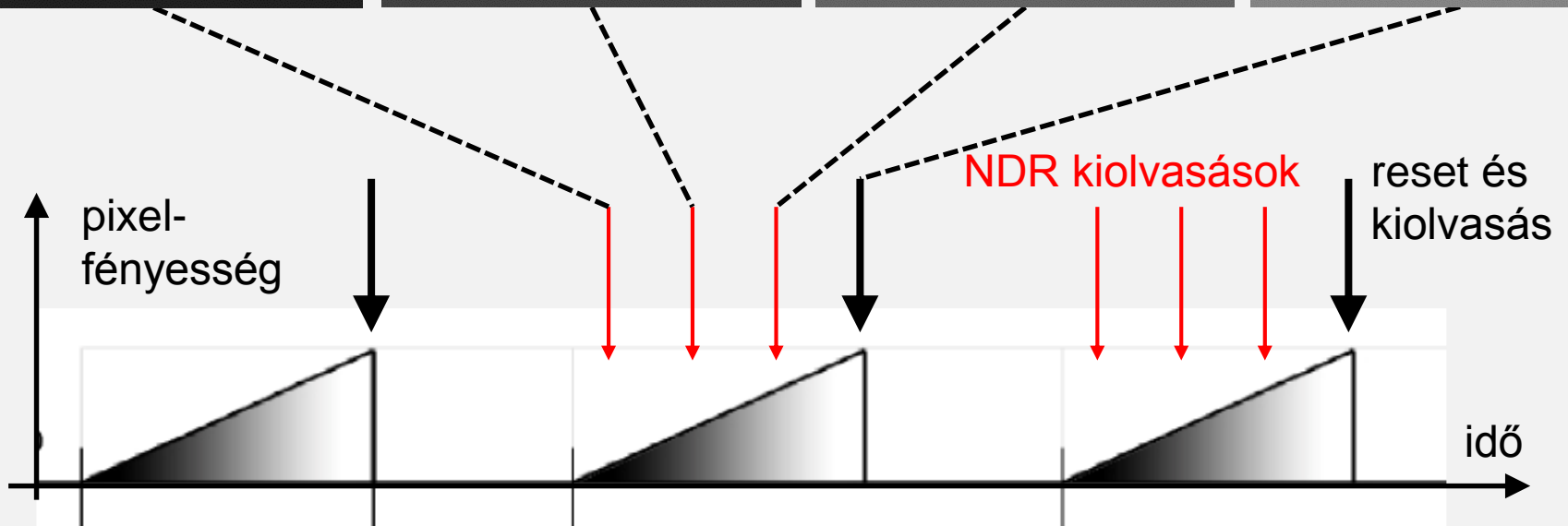
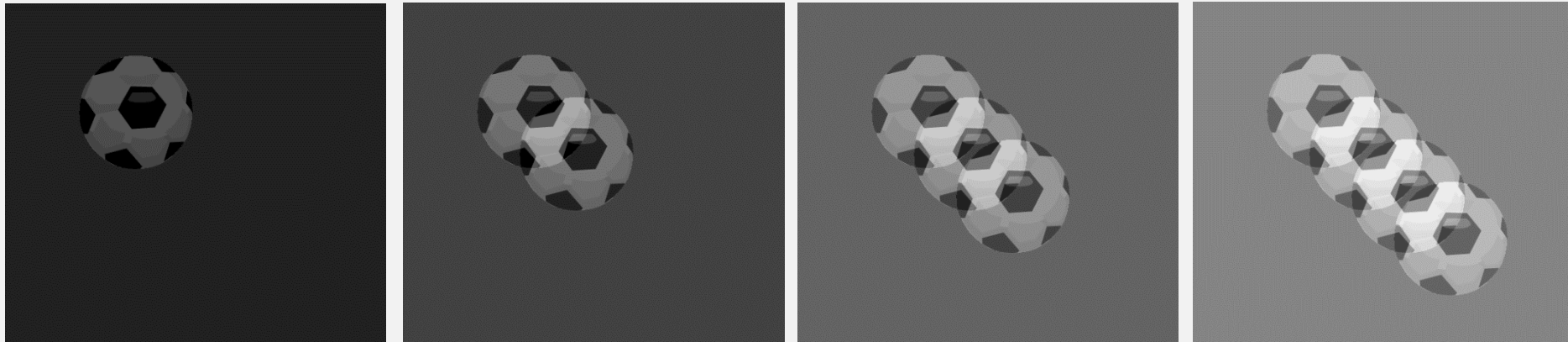
Álló objektumra:



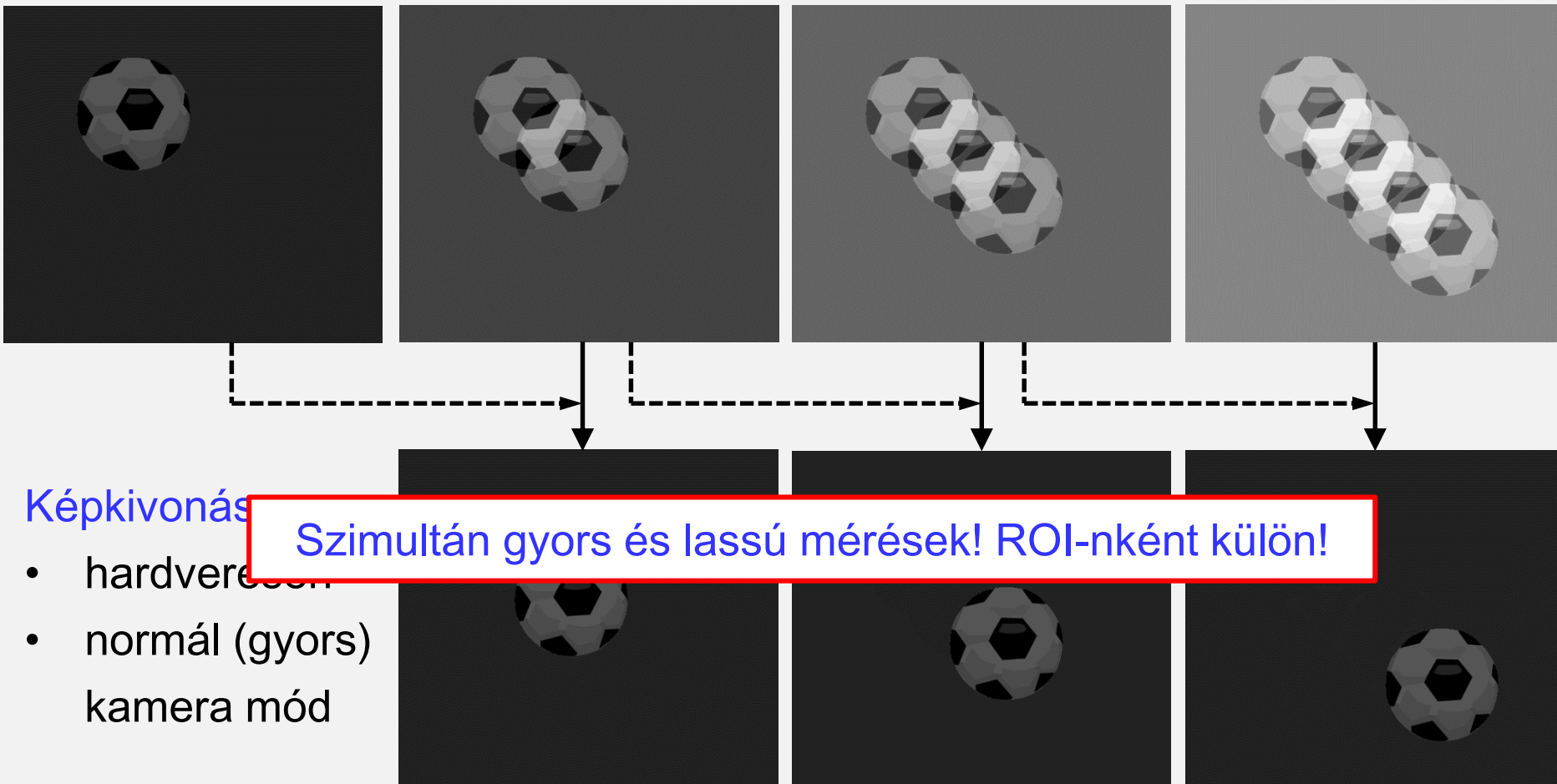
Túlexponálási probléma kiküszöbölése! (pl. fényes esemény)



Mozgó objektumra:



Mozgó objektumra:

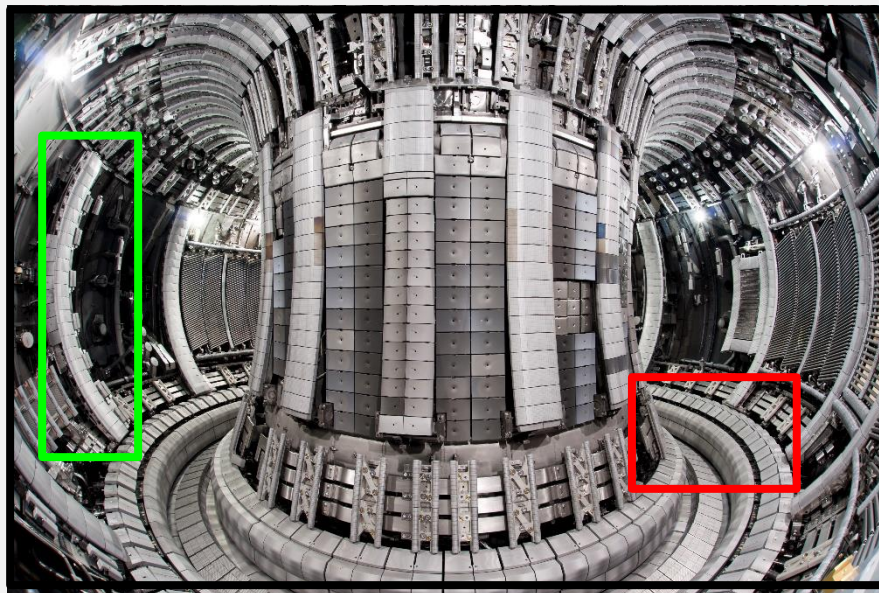
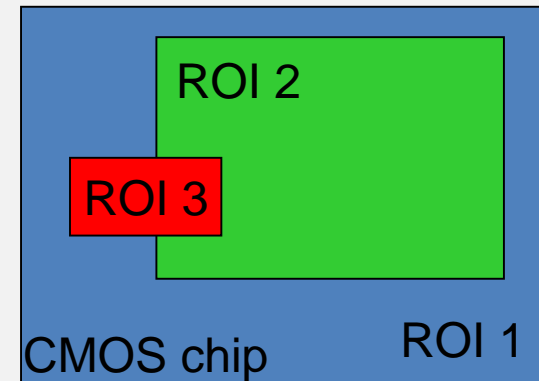




## Több ROI szimultán használata

- Példa

- ROI 1: 1280x1024 @ 50 fps
- ROI 2: 640x480 @ 1.000 fps
- ROI 3: 160x64 @ 10.000 fps





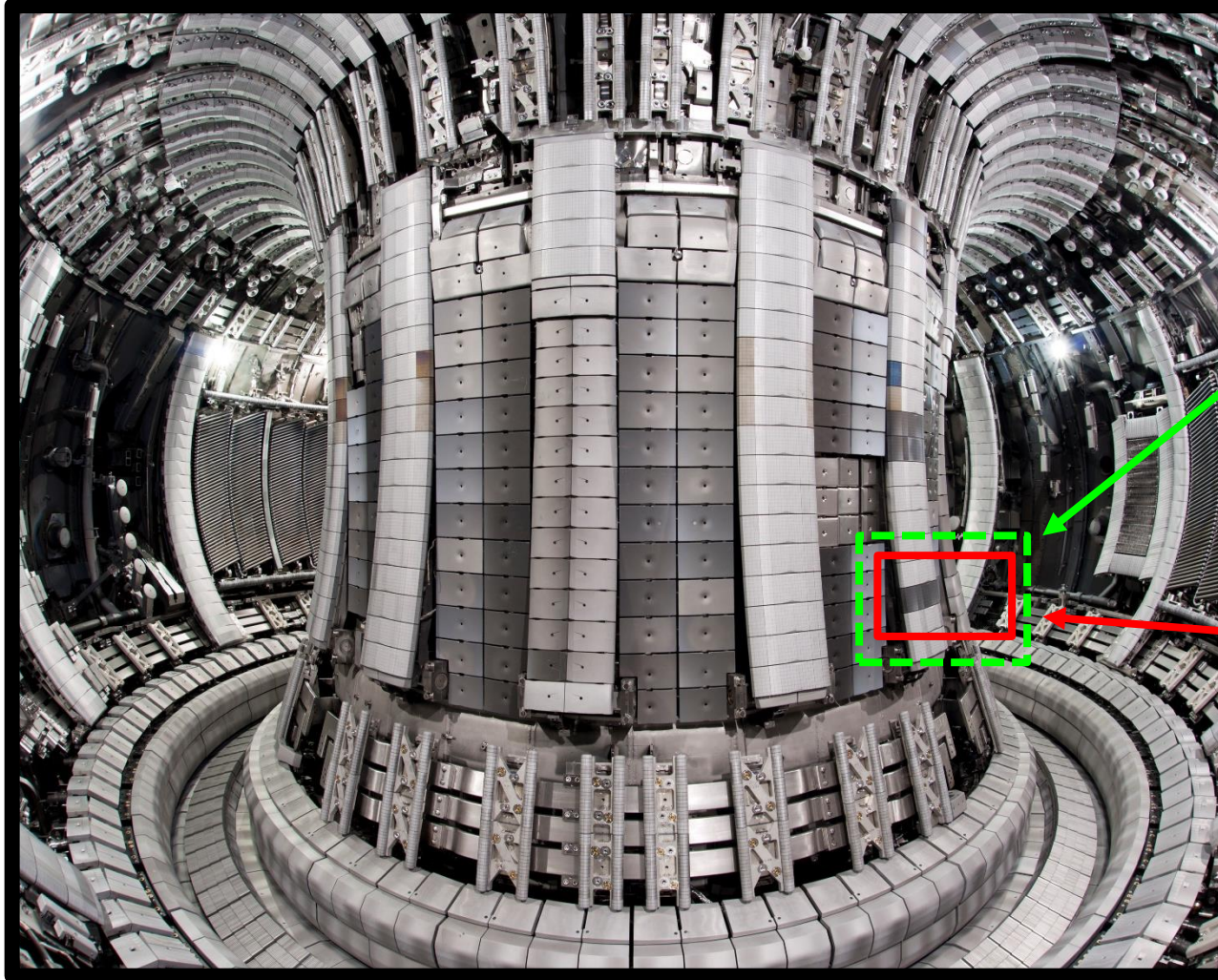
## Eseménydetektálás

- valós idejű adatfeldolgozás (FPGA): sub-ROI (ROI-hoz kötött)
- előre definiált események: intenzitás-változás, tipikusan küszöbérték  
→ automatikus észlelés
- trigger (kamera indítás) is esemény

## Eseményvezérelt műveletek

- az események alap logikai műveletekkel összeköthetők
- előre definiált műveletek: → adattárolás ki/be  
→ ROI indítás/leállítás (fps változás)  
→ külső trigger
- műveletek automatikus végrehajtása esemény bekövetkeztekor

## Eseménydetektálás



Teljes kép (ROI 1):

JET tokamak  
(nyomtatott képe)

10 fps

Sub-ROI (ROI 1)

a ROI kis része

→ LED ki/be kézzel

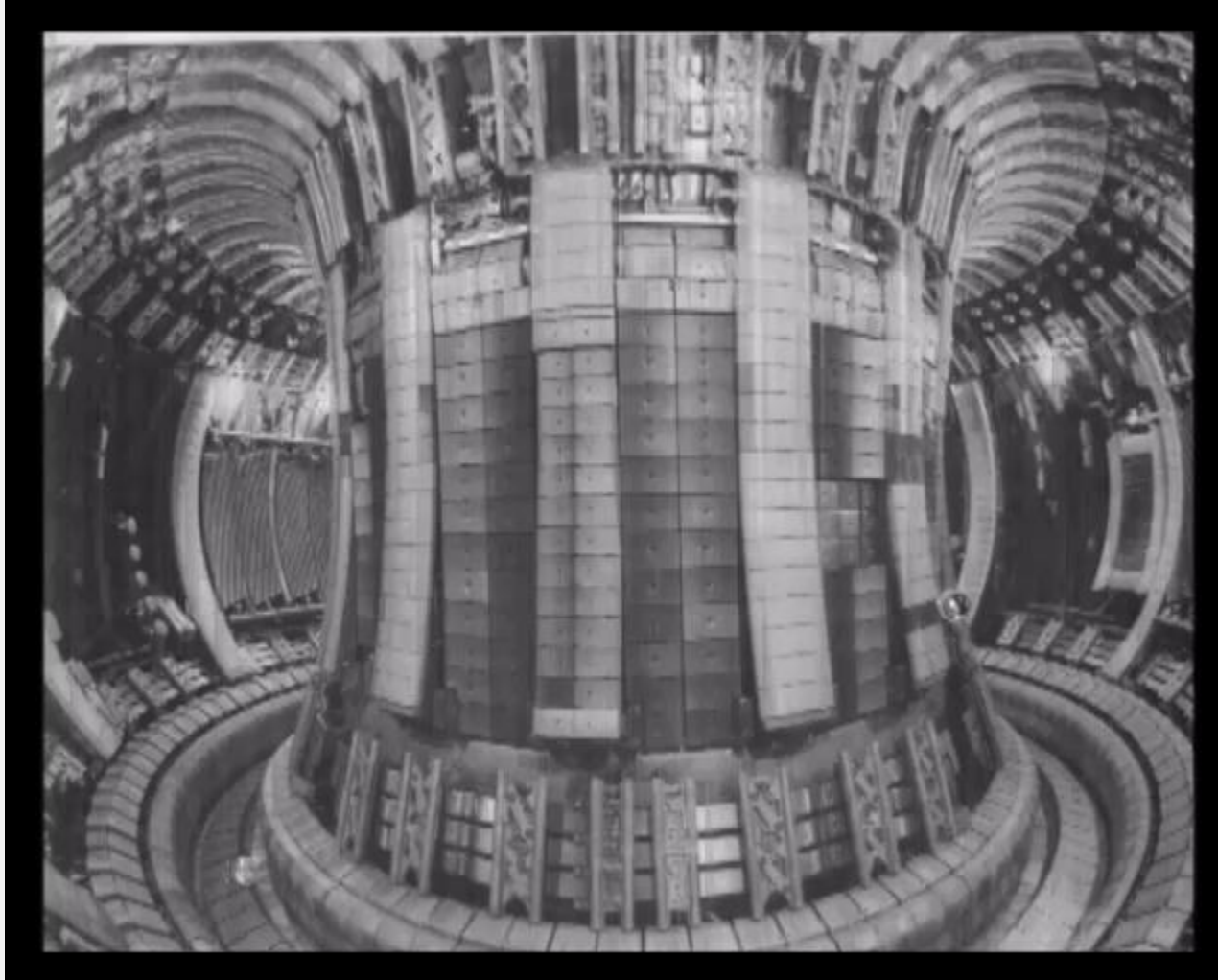
ROI 2

a kép kis része

1000 fps

→ esemény: ki/be

## Eseménydetektálás



Teljes kép (ROI 1):

JET tokamak  
(nyomtatott képe)

10 fps

Sub-ROI (ROI 1)

a ROI kis része

→ LED ki/be kézzel

ROI 2

a kép kis része

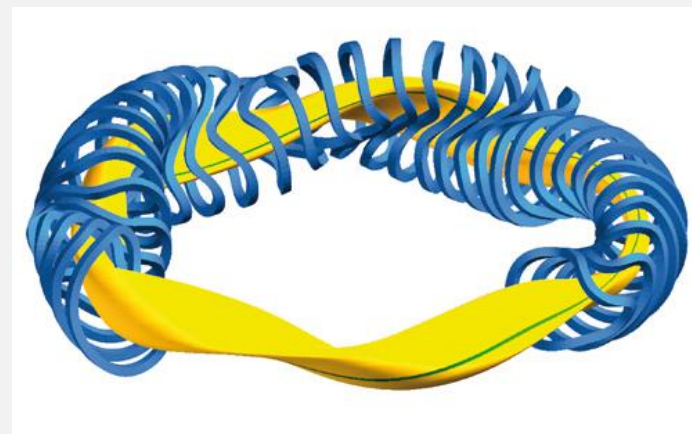
1000 fps

→ event: ki/be



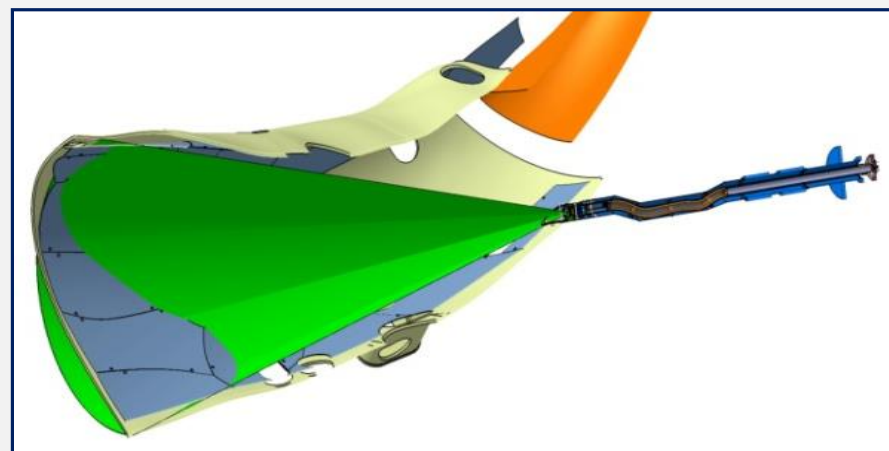
## Wendelstein 7-X szupravezető sztellarátor

- az eddigi legbonyolultabb fúziós kísérlet
- ~1 milliárd EUR (80% Németország)
- fél órás plazmakisülés



## 10 kamerás EDICAM-rendszer

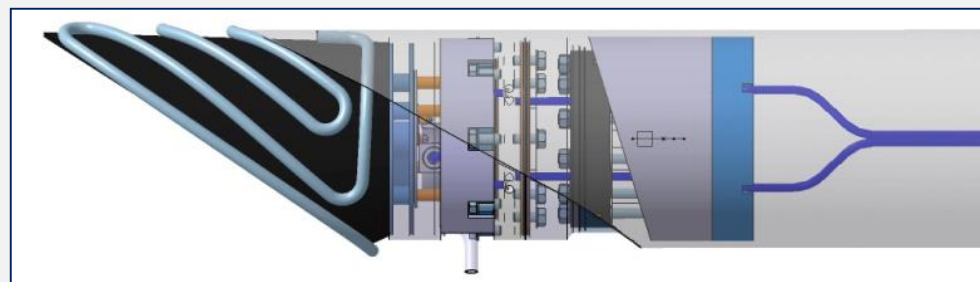
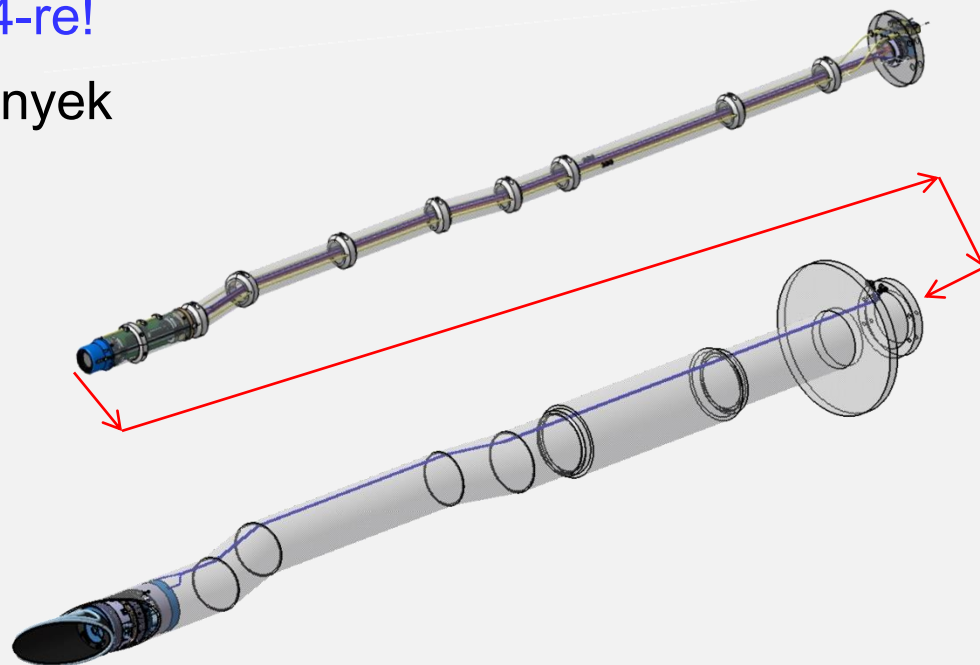
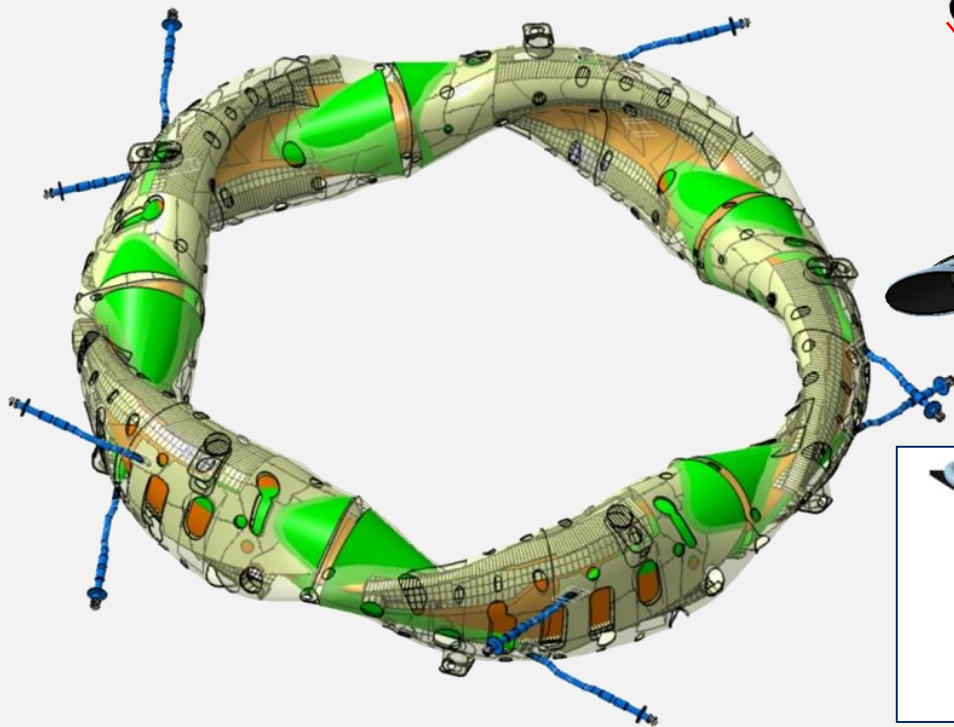
- biztonság: plazma-fal kölcsönhatás
- plazma alakja, helyzete
- váratlan (veszélyes) események
- fizikai folyamatok vizsgálata



## 10 kamerás EDICAM-rendszer – 2014-re!

- bonyolult mechanikai követelmények
- barátságtalan környezet

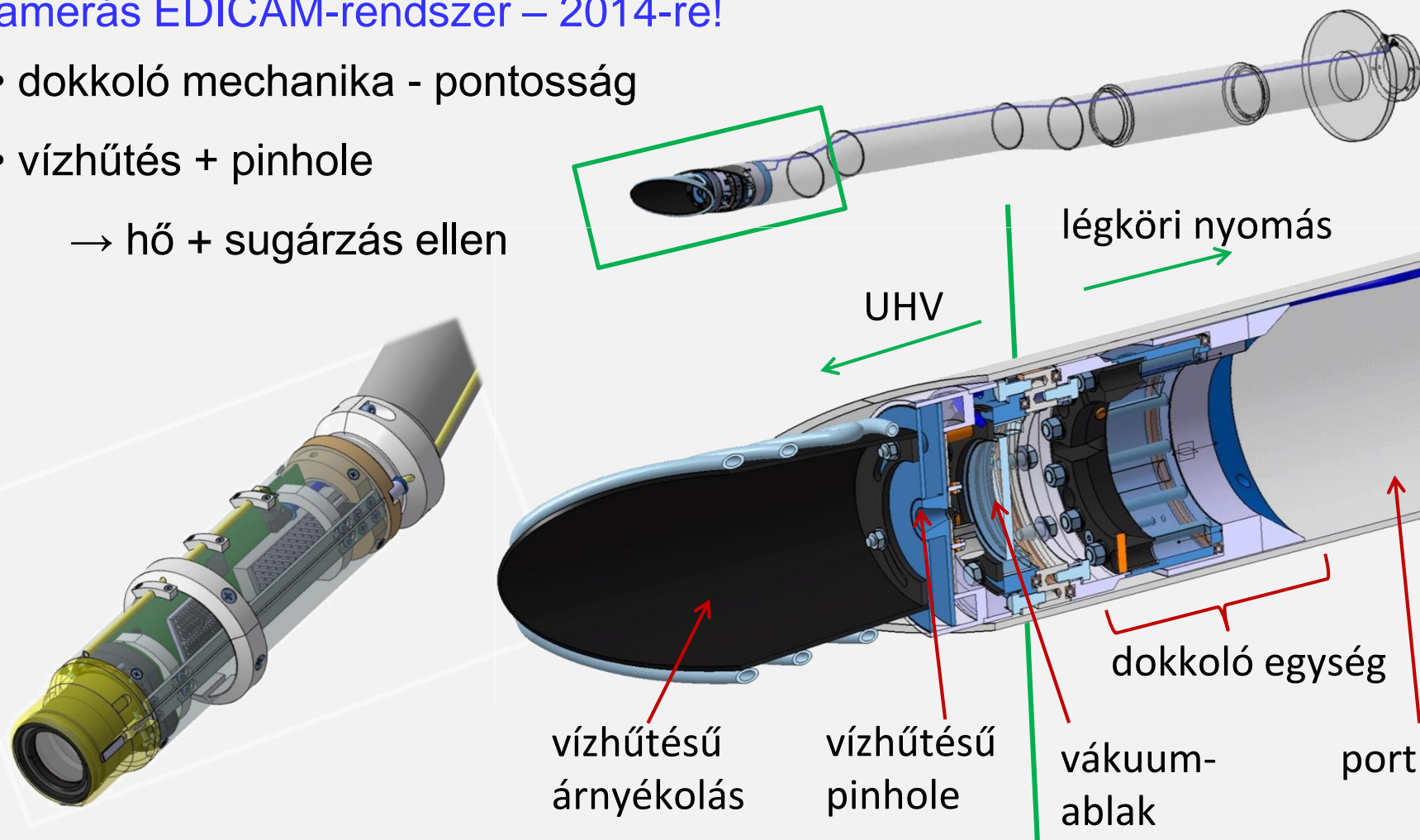
~3T + hő + sugárzás



# Alkalmazás – Wendelstein 7-X sztellarátor

## 10 kamerás EDICAM-rendszer – 2014-re!

- dokkoló mechanika - pontosság
- vízhűtés + pinhole  
→ hő + sugárzás ellen



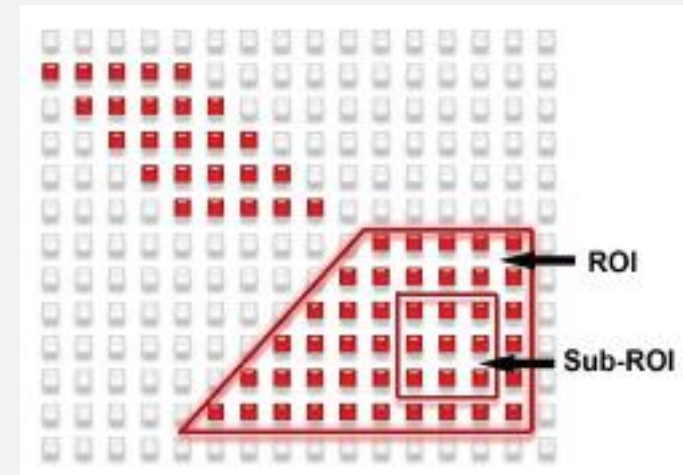


## Még rugalmasabb ROI definíció

- bármilyen alakú, összefüggő terület
- sub-ROI (hozzá rendelt téglalap alakú ROI)

## Eseménydetektálás

- új események definiálása  
→ pl. súlypont, alakfelismerés



## Mozgó ROI

- térben mozgó, kisméretű események vizsgálatához
- automatikus, dinamikus ROI pozíció  
→ eseménnyel, pl. súlypont